

# Eristerappauksen kuntotutkimus

case: ohutrappaus-eristejärjestelmä

Kai Yli-Valkama

OPINNÄYTETYÖ  
Elokuu 2024

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Kiinteistöpitoteknikka ja korjausrakentaminen

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Kiinteistöpitotekniikka ja korjausrakentaminen

Kai Yli-Valkama  
Eristerappauksen kuntotutkimus  
Case: Ohutrappaus-eristejärjestelmä

Opinnäytetyö 112 sivua, joista liitteitä 43 sivua  
Elokuu 2024

---

Eriste-rappausjärjestelmillä toteutettujen julkisivujen rappausalustana toimii lämmöneriste, joka on kiinnitetty mekaanisesti tai laastitartunnan avulla osaksi rakennuksen kantavaa runkoa. Lämmöneristekerroksen päälle asennetaan rappausverkolla vahvistettu, mekaanisesti tai laastitartunnan avulla eristekerrokseen kiinnitetty rappauskerros, jonka tehtävänä on suojata alusrakennetta, rappausalustaa ja antaa rakennukselle halutunlainen julkisivu. Eristerappausjärjestelmillä toteutetut julkisivut ovat tuulettumattomia julkisivuja ja ne voidaan jakaa ohut- ja paksurappaus-eristejärjestelmiin toteutustavan mukaan.

Osana opinnäytetyötä tehtiin ohutrappaus-eristejärjestelmällä toteutetun julkisivun kuntotutkimus Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n asiakaskohteeseen. Tutkimuksen perusteella kohteeseen laadittiin korjaustapaehdotukset sisältävä tutkimusselostus. Työssä käydään läpi ohutrappaus-eristejärjestelmään kuuluvat materiaalit ja tuotteet sekä esitellään julkisivu kuntotutkimuksen tutkimusmenetelmiä, rasisitustekijöitä ja vauriomekanismia case-kohteeseen soveltaen.

Kuntotutkimuksen kohteena oli vuonna 2015 valmistunut 4 rappuinen, 2–8. kerroksinen betonielementtirunkoinen asuinkerrostalo. Kerrostalon julkisivut ovat 1. kerroksesta ylöspäin eristerapattuja. Ensimmäinen kerros on betonisandwich-rakenteinen ja kerrokset 2–8 eristerapattuja betonielementtejä, joihin on jo tehtaalla asennettu lämmöneriste- ja suojalaastikerros. Varsinainen rappaus on asennettu kohteessa.

Tutkimuksen tilaajan tavoite oli selvittää kohteen julkisivujen kunto, mahdolliset vauriot ja puutteet, niiden laajuus sekä kohteeseen soveltuva korjaustapa.

Opinnäytetyössä tarkastellaan kohteessa havaittuja vaurioita ja puutteita, niiden vaikutusta vaurioiden syntyyn, vaurioitumismekanismia sekä erilaisia julkisivuihin kohdistuvia rasisitustekijöitä.

Tutkimustulosten ja havaintojen analysoinnin perusteella ohutrappauksessa esiintyvät vauriot ovat todennäköisesti usean tekijän yhteisvaikutuksesta syntyneitä. Ohutrappaus-eristejärjestelmällä toteutettujen julkisivujen vikaherkkyys kasvaa toteutusvaiheessa tapahtuvien puutteiden ja virheiden takia. Puutteita esiintyy järjestelmätoimittajien ohjeistuksen noudattamisessa, asennusolosuhteiden hallinnassa ja detaljitason toteutuksissa.

Asiasanat: ohutrappaus-eristejärjestelmä, kuntotutkimus, rasisitustekijä, vauriomekanismi

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering

YLI-VALKAMA, KAI:  
Condition Survey for a Façade with  
External Thermal Insulation Composite Systems  
Case study: External Thermal Insulation Composite Systems with Thin Rendering

Bachelor's thesis 112 pages, of which appendices 43 pages  
August 2024

---

The objective of this study was to perform a facade condition survey for a customer company of Vahanen Rakennusfysiikka Oy. The client's objective was to determine the condition of the facades, possible damages and deficiencies, their extent and suitable repair method for the facades. The building to be investigated was an eight-storey precast apartment building completed in 2015. Based on the study, a research report containing suggestions for repair methods was prepared for the customer.

In this study are presented the materials and products included in External Thermal insulation Composite Systems with thin rendering as well as the stress factors and damage mechanisms found in the research object. The thesis also examines the damage and deficiencies observed at the facade, their impact on the occurrence of damage, damage mechanisms and various stress factors on facades.

As a result of this study, the damages found in the External Thermal insulation Composite Systems with thin rendering were likely to be caused by combination of several factors. It appears that the Fault susceptibility increases due to shortcomings in the implementation phase, installation, and work errors.

---

Key words: External Thermal insulation Composite Systems (ETICS), thin rendering, damage mechanisms

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	KUNTOTUTKIMUKSEN VAIHEET .....	8
	2.1 Tavoite ja tarkoitus .....	8
	2.2 Esiselvitysvaihe .....	8
	2.3 Tutkimussuunnitelma .....	10
	2.4 Kenttätutkimukset .....	11
	2.5 Raportointi .....	12
3	KUNTOTUTKIMUKSEN VAIHEET CASE-KOHTEESSA .....	16
	3.1 Esiselvitysvaihe .....	16
	3.2 Case- kohteen tutkimussuunnitelma .....	18
4	ERISTERAPPAUS .....	21
	4.1 Ohutrappaus .....	22
	4.1.1 Rappauslaastit .....	22
	4.1.2 Pinnoitteet .....	24
	4.1.3 Verkot ja vahvikkeet .....	25
	4.1.4 Liikuntasaumot ja liittymät .....	27
	4.1.5 Eristeet ja alusrakenne .....	32
	4.1.6 Ohutrapattujen julkisivujen huolto .....	34
	4.2 Ohutrappaus-eristejärjestelmien vaatimukset .....	34
	4.3 Case kohteen ohutrappaus- eristejärjestelmä .....	35
5	Rasitustekijät ja vauriomekanismit case-kohteessa .....	38
	5.1 Kosteusrasitus .....	38
	5.2 Lämpötilanvaihtelu .....	41
	5.3 Pakkovoimat .....	42
	5.4 Mekaaninen rasitus .....	43
6	Case- kohteessa havaitut vauriot .....	44
	6.1 Pakkovoimien aiheuttamat vauriot .....	44
	6.2 Pakkasrapautuminen .....	46
	6.3 Tartunnanheikkeneminen .....	47
	6.4 pinnoitevauriot .....	49
	6.5 Työnaikaiset vauriot .....	50
7	Tutkimusmenetelmät CASE-kohteessa .....	56
	7.1 Aistinvarainen havainnointi .....	56
	7.2 Vasarointi ja raaputus .....	58
	7.3 Näytepalat ja rakenneavaukset .....	58
8	Tulokset, case ohutrappaus-eristejärjestelmä .....	62

8.1 Havainnot.....	62
8.2 Johtopäätökset.....	63
8.3 Case- kohteeseen suositellut korjaustapaehdotukset tiivistetysti.	64
9 Pohdinta.....	66
LÄHTEET.....	67
LIITTEET .....	69
Liite 1. Tutkimusselostus As Oy xx eristerappauksen kuntotutkimus..	69

**LYHENTEET JA TERMIT**

ETAG	External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering (ohutrappaus-eristejärjestelmä)
ETA	European Technical Approval (CE- merkinnän myöntävä eurooppalainen tekninen arviointi)
Kopo	Rappauksessa oleva alue, jossa ei ole tartuntaa rappausalustaan
Liikuntasauama	Liitosrakenne, jonka avulla rakenteet jaetaan rakennusteknisiin kenttiin, jotka kestävät materiaalin pakko-voimista johtuvat liikkeet särkymättä
Ohutrappaus	Verkotuslaastista, rappausverkosta ja pintakäsittelystä koostuva suoraan lämmöneristeen päälle tehtävä rappaus
Rappaus	Pintakäsittelymenetelmä, jossa laastilla pinnalle saadaan haluttu tasaisuus ja ulkonäkö. tehdään yhtenä tai useampana rappauskerroksena käsityönä tai koneellisesti.
Rappausalusta	Alusta johon rappaus kiinnittyy
Rappausverkko	Rappauksen vahvistamiseen käytetty kudottu tai piste-hitsattu korroosio- ja alkalisuojattu lasikuitu- tai teräsverkko

## 1 JOHDANTO

Julkisivujen kuntotutkimuksen tarkoituksena on selvittää tutkittavien julkisivujen kunto, toimivuus ja korjaustarve. Julkisivu tutkitaan systemaattisesti vaurioiden syiden, laajuuden ja korjaustarpeen selvittämiseksi. Tutkimusten tuloksena syntyvän tutkimusselostuksen tarkoituksena on toimia apuvälineenä tilaajalle julkisivujen korjaustarpeiden ja huollon suunnittelussa sekä toimia lähtötietolähteenä mahdolliselle korjaussuunnittelulle.

Työssä käsitellään julkisivujen kuntotutkimuksen eri vaiheita kirjallisuudesta ja tutkimuksista löytyvän informaation kautta yleisesti sekä case-tutkimukseen soveltaen. Tutustutaan eristerappausjärjestelmissä käytettäviin materiaaleihin ja tuotteisiin, tyypillisempiin vauriomekanismeihin ja vaurioiden syntyyn vaikuttaviin tekijöihin. Lisäksi työssä perehdytään ohutrapatun julkisivun kuntotutkimusmenetelmiin, ohjeistuksiin ja laatuvaatimuksiin.

Osana tätä opinnäytetyötä tehtiin Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n asiakaskohteeseen ohutrappaus-eristejärjestelmällä toteutetun julkisivun kuntotutkimus. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää julkisivujen kunto, mahdolliset vauriot, syyt vaurioiden syntyyn, niiden laajuus sekä laatia tutkimustulosten pohjalta kohteeseen soveltuva korjaustapaehdotus.

Tutkittava kohde on vuonna 2015 valmistunut 2–8-kerroksinen teräsbetonielementtirunkoinen kerrostalo, johon on vuonna 2019 tehty osittaisia julkisivujen rappauskorjauksia. Kohteen tutkimusselostus on tämän työn liitteenä. Kohteen yksilöllivät tiedot on tilaajan pyynnöstä jätetty pois.

## 2 KUNTOTUTKIMUKSEN VAIHEET

### 2.1 Tavoite ja tarkoitus

Julkisivujen kuntotutkimuksen tavoitteena on tuottaa luotettavaa informaatiota tutkittavan kiinteistön julkisivujen kunnosta. Tulosten avulla voidaan selvittää vaurioiden laajuus, syyt vaurioiden syntyyn, niiden eteneminen tulevaisuudessa sekä soveltuvat korjaustavat niiden korjaamiseksi ja ehkäisemiseksi. Tutkimuksen tulee sisältää riittävä määrä systemaattisin ja rinnakkaisin menetelmin kerättyä tietoa julkisivun kunnosta luotettavien johtopäätösten ja analyysien pohjaksi.

(by 75 2021, 106; JUKO eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje 2019, 1.)

Kuntotutkimuksen tavoite määrittää tutkimuksessa käytettävät tutkimusmenetelmät ja analyysit. Käytettävien menetelmien ja analyysien tulee tukea ja tuottaa tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi tarvittavaa informaatiota rakenteen kunnosta, materiaaliominaisuuksista, suunnitelmien mukaisuudesta, laadusta tai struktuurista. (by 75 2021, 106–107.)

Tutkimustavoitteet voidaan Suomen betoniyhdistyksen julkaisun by 75 (2021, 106) mukaan jaotella kiinteistön elinkaaren ja tilaajan tavoitteiden mukaan seuraavasti:

1. korjaustarpeen ja soveltuvien korjaustapojen määrittely
2. muuraus- tai rappauustyön laadun toteutuksen tarkastelu
3. rakennuksen kunnossapidon suunnittelu

### 2.2 Esiselvitysvaihe

Kuntotutkimus aloitetaan perehtymällä kohteen suunnitteluasiakirjoihin. Julkisivupiirustukset, rakenne- ja elementtipiirustukset, liittymädetaljit, järjestelmäkuvaukset, työselostukset, työmaapäiväkirjat, muutos- ja korjaussuunnitelma sekä huoltokirjat ovat hyödyllisiä asiakirjoja kun arvioidaan rakennusosien vaurioherkyyttä, rasiustasoa, kosteusteknistä toimivuutta tai tarvitaan tietoa asennusajankohdasta tai olosuhteista, tehdyistä muutos-, korjaus- ja huoltotoimenpiteistä sekä niiden vaikutuksesta julkisivun toimivuuteen tai siinä havaittujen vaurioiden syntymekanismeihin. Asiakirjoihin perehtyessä on syytä muistaa, että rakenteita,



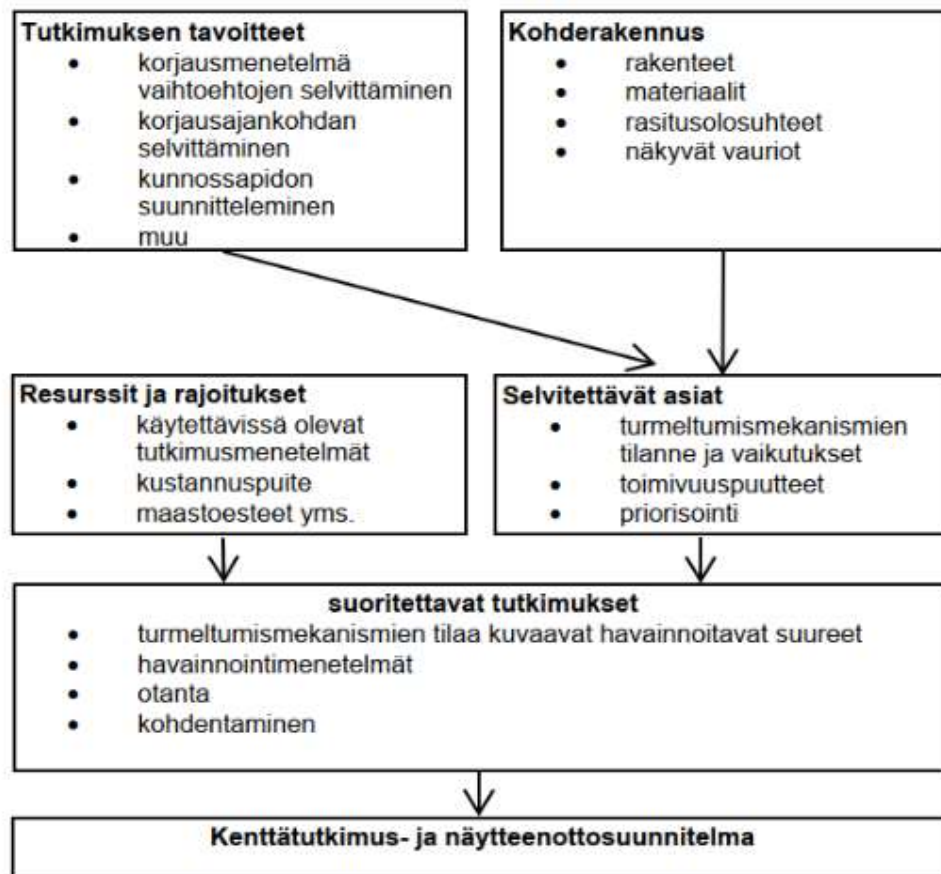
korjauksia tai huoltotoimenpiteitä ei välttämättä ole toteutettu asiakirjojen mukaisesti. (by 42 2019, 63–63; by 75 2021 107–108.)

Alla luetteloitu esiselvitysvaiheen tyyppisiä tehtäviä

- suunnitelmiin perehtyminen
- rakennejärjestelmä
- käytetty eristerappausjärjestelmä
- silmämääräinen tarkastelu
- korjaus ja huoltohistoria
- tutkimussuunnitelman laadinta

(by 75 2021, 108.)

Tutkittavaan kohteeseen on esiselvitysvaiheessa hyvä tutustua silmämääräisesti. Silmämääräisen tutkimuksen avulla voidaan tarkastella rakennuksen ympärillä olevaa maastoa, kasvillisuutta ja muita rakennuksia, jotka voivat vaikuttaa tutkittavien julkisivujen rasiustasoon. Maantasosta käsin voidaan tarkastella julkisivujen suojapellityksiä, liittymiä, saumauksia ja mahdollisesti silmällä nähtävissä olevia vaurioita, sekä niiden sijaintia julkisivussa. Tarkastelun yhteydessä on syytä arvioida myös kuntotutkimuksen käytännön tekemiseen liittyviä seikkoja, kuten henkilönostimen käyttöön liittyviä teknisiä vaatimuksia, esteitä ja rajoitteita. Onko kaikkia julkisivunosia teknisesti mahdollista tutkia, aiheuttaako ympäröivä maasto, kadut tai liikenne joitain rajoituksia tai rajauksia tutkimuksen toteutukselle? Nämä seikat on syytä ottaa huomioon tutkimussuunnitelmaa laadittaessa. (by 42 2019, 64; by 75 2021, 108.)



Kuva 1. Kuntotutkimuksen sisällön määräytyminen (by 75 2021, kuva 6.1. s.111, muokattu)

Tehtyjen havaintojen perusteella pyritään arvioimaan näkyvien vaurioiden määrää ja sijaintia, kohteessa käytettyjen rakennetyyppien vaurioherkkyyttä sekä näkyvien vaurioalueiden rasitustasoa. Kerättyjen lähtötietojen perusteella voidaan suunnitella kenttätutkimusten sisältöä ja työjärjestystä (by 75 2021, 107–108.)

### 2.3 Tutkimussuunnitelma

Tutkimussuunnitelmasta tulee julkaisun by 75 (2021, 108) mukaan selvitä ainakin seuraavia asioita:

- tutkittava rakennus, rakennuksen korjaus ja huoltohistoria
- tutkittava rakenne/järjestelmä
- mahdolliset vauriomekanismit ja toimivuuspuutteet
- tutkimuksen tavoite
- käytettävät menetelmät

- käytettävä kalusto ja sen käyttöön liittyvät rajoitteet
- näytteenotto ja sen tarpeellisuus sekä lisäksi alustavat määrät, paikat, ja tehtävät analyysit

Näytteiden määrässä ja kohdistuksessa tulee huomioida riittävän suuri otos, jotta voidaan muodostaa luotettava kuva tutkittavan eristerappaus-järjestelmän kunnosta, ominaisuuksista ja vaurioista. Otantaan tulee sisältyä näytteitä vaurioituneilta alueilta, julkisivujen säärasitetuimmilta alueilta sekä vertailunäytteiltä ehjiltä alueilta. Rinnakkaisnäytteitä, jotka edustavat vastaavia vaurioita, rakenteita ja olosuhteita tulee olla vähintään kolme, jotta materiaaleissa esiintyvien ominaisuuksien hajonta voidaan huomioida luotettavasti. (by 75 2021, 122; JUKO, eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje 2019, 58.)

Tarkkoja näytteenottopaikkoja ei ole järkevää ilman pakottavaa syytä määritellä tutkimussuunnitelmassa. Lopulliset näytteenottopaikat varmistuvat vasta kenttätutkimusten yhteydessä aistinvaraisesti tehtyjen havaintojen perusteella. (by 75 2021, 108.)

Tutkimussuunnitelmaa laadittaessa on tärkeää kohdentaa käytettävissä olevat resurssit harkitusti. Tutkimusten tulisi keskittyä tutkimuksen tavoitteiden mukaisesti oleellisten seikkojen ja asioiden tutkimiseen ja varmistamiseen. Suunnitteluvaiheessa on hyvä ottaa huomioon, että kenttätutkimuksen yhteydessä saattaa ilmetä asioita, jotka vaativat suunniteltua tutkimusta laajemmat selvitykset tai ettei kaikki suunniteltuja tutkimuksia tarvitse tehdä suunnitellussa laajuudessa. Olennaista on päästä riittävän lähelle lopullista sisältöä ja asetettuja tavoitteita. (by 42 2019, 64–65.)

## **2.4 Kenttätutkimukset**

Julkisivujen kenttätutkimuksissa käytetään tarvittaessa apuna joko henkilönostinta tai nostokoriautoa, jolloin päästään riittävän lähelle tutkittavaa rakennetta tai liitosta. Julkisivut tarkastetaan kauttaaltaan aistinvaraisesti. Erityistä huomioita tulee kiinnittää havaittavissa oleviin halkeamiin sekä niiden sijaintiin julkisivussa. Liittymien, saumausten ja erilaisten detaljitason toteutusten toimivuuden arviointi

sekä niissä mahdollisesti havaittavissa olevien puutteiden silmämääräinen tarkastus ovat osa julkisivujen kenttätutkimusta. (by 75 2021, 109; JUKO, eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje 2019, 64.)

Tutkimuselostuksen liitteeksi tulevaan vauriokarttaan merkitään kenttätutkimuksissa tehdyt havainnot vaurioista, kuten halkeamista, virheistä, puutteista, aiemmista korjauksista, paikkauksista, näytteenottopaikoista ja rakenneavauksista. (by 75 2021, 134; JUKO, eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje 2019, 64.)

Suomen betoniyhdistyksen julkaisun by 75 (2021, 109) mukaan tyypillisiä kenttätutkimusvaiheen tehtäviä ovat:

- rakenteiden aistinvarainen tarkastaminen
- rakenteidenliitosten, saumojen ja detaljien silmämääräinen tarkastus
- vaurioiden, kuten halkeamien pituuden/leveyden mittaaminen
- rakenteen koputtelu / raaputtaminen
- rakennekerrosten tutkiminen
- näytteenotto

## 2.5 Raportointi

Tutkimuksen eri vaiheissa kerätyt tiedot, havainnot ja tulokset, sekä niiden avulla tehdyt analyysit ja johtopäätökset kootaan lopuksi yhteen kuntotutkimusraportiksi. Raporttiin tallennetaan kaikki oleellinen kuntotutkimuksen tieto suunniteltua käyttöä varten (kunnossapito, korjaussuunnittelu, laadunvarmistus). Raportin sisällön tulisi olla sellainen, että muutkin kuin rakennusalan ammattilaiset voivat saada sen avulla tarvitsemansa tiedon tutkitun julkisivun kunnosta. (by 75 2021, 159)

Kuntotutkimusraportin sisältö pääkohdittain julkaisun by 42 (2019, 117–118) mukaan on seuraava:

1. tiivistelmä; tässä esitetään tutkimuksen keskeisimmät tulokset
2. sisällysluettelo
3. kohteen tiedot
4. tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

5. tutkittujen vaurioiden esittely
6. tutkimuksessa tehdyt toimenpiteet ja käytetyt tutkimusmenetelmät
7. havainnot ja mittaustulokset sekä niiden tarkastelut
8. johtopäätökset rakenteiden kunnosta
9. turvallisuutta ja terveellisyyttä heikentävät tekijät
10. ehdotetut toimenpidevaihtoehdot ja niiden tarkastelu
11. mahdollisesti tarvittavat lisä- ja jatkotutkimukset
12. liitteet

Tiivistelmässä kerrotaan lyhyesti tutkimukset keskeiset tulokset, rakennuksen kunto ja suositellut korjaustoimenpiteet. Sisällysluettelon avulla raportin luettavuus ja käytettävyys paranee. Raporttiin kirjattavien kohdetietojen tarkoituksena on muodostaa kuva tutkittavasta kohteesta sitä tuntemattomalle lukijalle. Raporttiin kirjattavien tavoitteiden ja rajausten avulla lukija voi muodostaa kuvan tutkimuksen sisällöstä. Lyhyet kuvaukset tutkituista vaurioista ja niiden vaikutuksista parantavat raportin luettavuutta ja ymmärrettävyyttä. Käytettyjen tutkimusmenetelmien ja tehtyjen tarkastelujen avulla lukija voi tarkentaa käsitystään tutkimuksen sisällöstä ja tarkkuustasosta. (by 75 2021, 160.)

Suurin osa raportin sisällöstä käsittelee tehtyjä havaintoja, mittauksia ja tuloksia. Ne tulisi esittää rakenne- ja vauriotyypeittäin siten, että ensin käsitellään piirustuksista tai muista asiakirjoista löytyneet tiedot. Tämän jälkeen esitetään silmämääräisesti ja kenttätutkimuksissa tehdyt havainnot ja mittaustulokset. Tällä tavoin esiteltynä lukijan on helpompi muodostaa kuva siitä mihin selvityksiin, tuloksiin ja havaintoihin tutkimuksessa olevat johtopäätökset perustuvat. (by 75 2021, 161.)

Johtopäätökset on hyvä kertoa selkeästi vauriotyyppi kerrallaan. Tässä vaiheessa kerrotaan arvio tutkittavan rakenteen nykytilasta ja sen etenemisestä, vaikutuksista korjattavuuteen sekä turvallisuuteen ja terveellisyyteen. Tarkasteltavaksi on otettava myös tutkimuksen tulosten luotettavuus ja niihin liittyvät epävarmuustekijät. (by 75 2021, 161–162.)

Erityisen tärkeää on by 75 (2021, 162) mukaan tarkastella turvallisuuteen vaikuttavien tulosten luotettavuutta. Mikäli tutkimuksessa havaitaan turvallisuuteen ja

terveellisyyteen vaikuttavia asioita, on nämä tekijät syytä kirjata raporttiin omaksi luvukseen. (JUKO eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje 2019, 101.)

Tutkimuksen tilaajaa kiinnostaa, millaiset korjaustoimenpiteet ovat tutkimustulosten perusteella aiheellisia, ja mitkä ovat eri korjausvaihtoehtojen vaatimat kustannukset. Erilaisiin korjaustoimenpidevaihtoehtoihin liittyen on syytä esittää kyseisen toimenpiteen

- edut ja haitat
- odotettavissa oleva käyttöikä
- huollon tarve
- syntyvät kustannukset
- riskit ja epävarmuustekijät.

(by 42 2019, 121.)

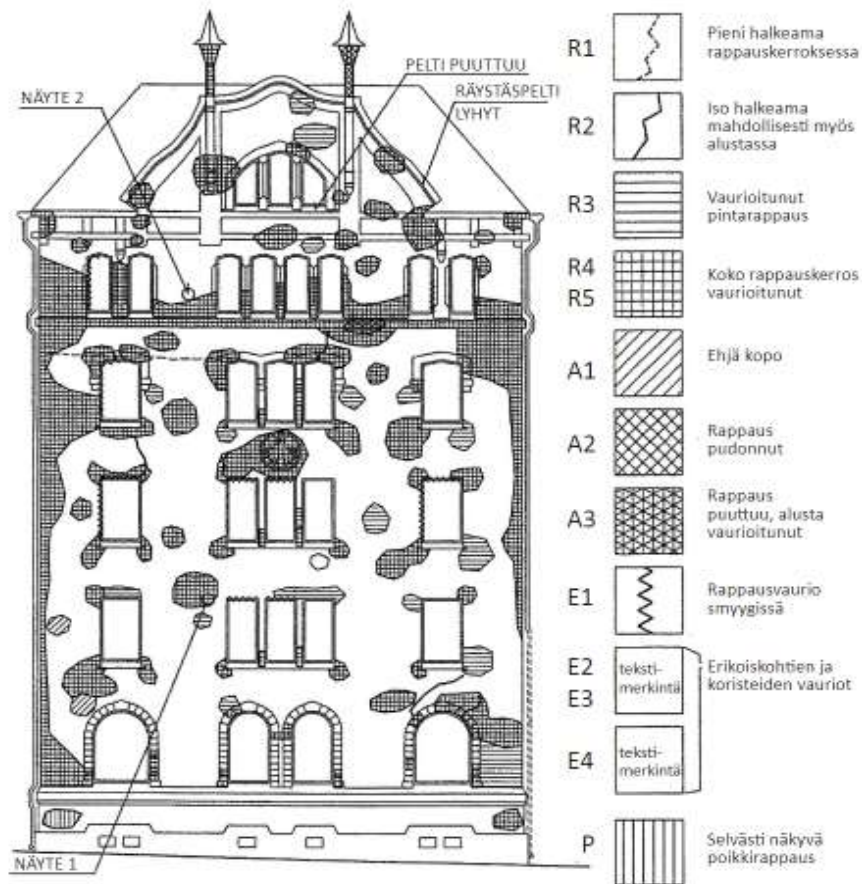
Tässä yhteydessä voidaan esittää myös se vaihtoehto, ettei korjauksia tehdä ollenkaan ja analysoida niin sanotun nollavaihtoehdon vaikutuksia mahdollisesti havaittuihin vaurioihin, niiden kehitykseen sekä tulevaisuudessa edessä oleviin korjauskustannuksiin. (by 42 2019, 121.)

Kenttätutkimusten yhteydessä saattaa ilmetä asioita, jotka vaativat lisätutkimuksia, mutta jotka eivät sisälly nyt tehtävään tutkimukseen tai joiden tutkiminen on järkevää tehdä esimerkiksi tulevien korjaustöiden yhteydessä. Nämä asiat kirjataan omaksi kohdaksi raporttiin. (by 42 2019, 121.)

Suomen Betoniyhdistyksen julkaisun by 75 (2021, 163) mukaan: varsinaisen raportin sisällön selkeyttämiseksi ja tekstiosuuden lyhentämiseksi raportin liitetietoihin voidaan sisällyttää

- julkisivujen vaurio- ja näytteenottokartat
- Kaikki tehdyt havainnot ja mittausarvot
- laboratoriotutkimusten tutkimusselostukset
- keskeisimmät rakennepiirustukset
- valokuvat havainnoista, vaurioista rakennedetaljeista ja -liittymistä

Alla esimerkki raporttiin liitettävistä vauriokartasta.



Kuva 2. Kenttätutkimusvaiheessa piirrettävä vauriokartta, johon on merkitty esimerkiksi vaurioiden sijainnit ja laajuus, havaitut puutteet sekä näyteenottoaikat. ([https://issuu.com/betonyhdistys/docs/tilaajan\\_ohje\\_muurattujen\\_ja\\_rapattujen\\_julkisivujujen\\_kuntotutkimus\\_2022](https://issuu.com/betonyhdistys/docs/tilaajan_ohje_muurattujen_ja_rapattujen_julkisivujujen_kuntotutkimus_2022), 15)

### 3 KUNTOTUTKIMUKSEN VAIHEET CASE-KOhteESSA

#### 3.1 Esiselvitysvaihe

Ohutrappauksella toteutetun eristerapatunjulkisivun kuntotutkimus tehtiin Pirkanmaalla sijaitsevaan vuonna 2015 valmistuneeseen 4 rappuiseen 2–8 kerroksiin asuinkerrostaloon.

Tutkimuksen lähtötietoina oli käytettävissä tilaajan toimittamia seuraavia asiakirjoja ja dokumentteja

- muistio, julkisivun reklamaatio katselmus
- tarkastusmuistio, rappauskorjaukset
- rappauksen sisältö, tarjousasiakirja
- käytetyn eristerappausjärjestelmän järjestelmätiedot
- työmaapäiväkirjat
- rakennepiirustuksia

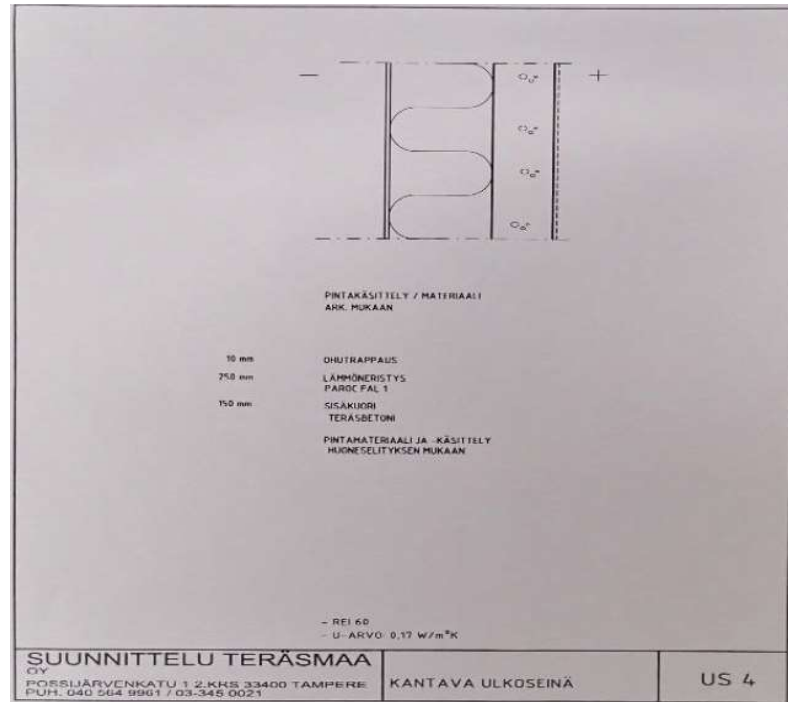
Lähtötietojen mukaan rakennus on betonielementti valmisteinen, jonka ensimmäinen kerros on betonisandwich- rakenteinen ja kerrokset 2–8 ovat ohutrapattuja mineraalilamellivilla eristeisiä betonielementtejä.

Kohteessa käytetyn eristerappausjärjestelmän tiedot olivat osittain puutteellisia, koska ne eivät sisältäneet tietoja tutkittavassa kohteessa käytetyistä laasteista. Puutteellisten materiaalitietojen takia, käytetyn järjestelmän suunnitelmien mukainen kokonaispaksuus jäi varmentamatta. Käytetyn järjestelmän kokonaispaksuus riippuu käytetyistä laasteista ja niiden yhdistelmistä sekä valitun pinnoitteen raekoosta. (Alsecco Prewis1, järjestelmäkuvaus.)

Saatavilla ei ollut käytetyn eristerappausjärjestelmän suunnitelma- ja laadunvarmistusasiakirjoja tai dokumentteja tehdyistä mallitöistä. Kohteessa ei ollut pidetty rappaustyönaikaista työmaapäiväkirjaa, josta selviäisi työskentelyolosuhteet ja tehdyt jälkihoitotoimenpiteet.

Lähtötiedoista selvisi, että suunnitelmien mukaisen ohutrappauksen paksuuden tulisi olla 10 mm ja eristeinä käytetyn mineraalilamellivillan tulee olla paksuudeltaan 250 mm (Suunnittelu Teräsmä Oy 22.09.2014, US 4.)





Kuva 3. Case kohteen suunnitelmien mukainen ulkoseinärakenne (Suunnittelu Teräsmaa Oy 22.09.2014, US 4.)

Käytävissä olleiden asiakirjojen ja muistioiden perusteella kahteen etelänpuoleiseen julkisivuun oli tehty korjaustoimenpiteitä vuonna 2019. Tehdyistä korjauksista, niiden suunnitelmista tai laajuudesta ei ollut dokumentteja saatavilla, joten käytetty korjaustapa ei ollut tiedossa.

Kohdekäynnin yhteydessä voitiin maantasosta silmämääräisesti tarkastellessa havaita rakennusten etelänpuoleisilla julkisivuilla runsaasti halkeamia sekä alueita, joista rappaus oli jo irronnut tai irtoamassa. Kohdekäynnin yhteydessä havaittiin tilaajan jo sulkeneen kulun pahiten vaurioituneen rakennuksen edustalla.

Tutkittavat rakennukset sijaitsivat maastossa siten ja ovat muodoiltaan ja korkeudeltaan sellaisia, että suurimmat sään aiheuttamat rasitukset kohdistuvat etelänpuoleisille julkisivuille ja niiden yläosiin sekä rakennusten reuna-alueille. Lännen puoleiset julkisivut ovat korkean puuston suojaamia, idän- ja pohjoisen puoleiset julkisivut ovat parkkialueille päin ja osittain ympäröivän maaston ja rakennusten suojaamia.

Kohdekäynnin yhteydessä kartoitettiin kenttätutkimuksiin tarvittavan nostokoriaton teknisiä vaatimuksia, joista määrääviä oli riittävän suuri ulottuvuus ja toisaalta taas sopivan kompakti koko käytettävissä olevaan tilaan nähden. Kaluston valintaan vaikutti myös se, että valittavalla kalustolla on kyettävä tutkimaan kattavasti eniten rasittuneimmat alueet julkisivuista, kun taas suojaisille julkisivun alueille riittävät vähemmän kattavat tutkimukset.

Työmaapäiväkirjoista selvisi rappaustöiden ajoittuneen vuoden 2015 huhtikuun puolenvälin ja syyskuun puolenvälin väliselle ajanjaksolle. Merkintöjä julkisivujen sääsuojauksesta tai telinetöistä ei löytynyt. Ilmeisesti rappaustyö on suoritettu nostokorista käsin. Työmaapäiväkirjoista selvisi myös rappausajankohtana vallinneet sääolosuhteet sekä eri julkisivuosien rappausajankohta. Etelänpuoleisella julkisivulla rappaustyöt ovat ajoittuneet kesäkuun puolenvälin ja heinäkuun loppupuolen väliseen ajanjaksoon. Keskipäivällä olosuhteet rappaustyön onnistumiselle sääsuojamattomilla, erityisesti etelänpuoleisilla julkisivuilla, voivat olla lämmön ja tuulen yhteisvaikutuksesta tapahtuvan kosteuden nopean haihtumisen vuoksi erittäin haasteelliset. (by 75 2021, 52.)

### **3.2 Case- kohteen tutkimussuunnitelma**

Tutkittavasta kohteesta laadittiin tilaajalta saatujen tavoitteiden, rajausten, lähtötietojen ja kohdekäynnillä tehtyjen havaintojen perusteella tutkimussuunnitelma. Suunnitelman mukaan kohteeseen tehdään kaikki julkisivut kattava eristerappauksen vauriokartoitus. Kartoituksessa selvitetään havaittujen vaurioiden syntymekanismeja sekä laaditaan toimenpide-ehdotukset julkisivujen vaatimista korjaustoimenpiteistä. Parveketaustaseinät rajattiin tutkimusten ulkopuolelle. Lisäksi joitain julkisivu alueita ei voitu nostoteknisien syitten takia tutkia. Tutkimussuunnitelmaa ei esitetä tässä yhteydessä kokonaisuudessaan, koska se sisältää liikesalaisuuksiksi luokiteltavia tietoja. (Vahnen Rakennusfysiikka Oy:n ja tilaajan väliset sähköposti keskustelut).

Lähtötietojen perusteella tehtiin alustava riskiarvio tutkittavista rakenteista. Arviossa tutkittiin liittymien ja saumojen toteutuksia sekä käytiin läpi kohteeseen soveltuvia tutkimus- ja analysointi menetelmiä.

Tutkimussuunnitelmassa on esitetty lieriöporalla otettavien näytteiden määräksi 2...5 kpl / rakennusosan julkisivu. Tarkemmat näytteenottoapaikat valikoituisivat silmämääräisesti tehtävän tarkastelun yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella. Otetuista näytteistä analysoitaisiin seuraavat asiat:

- rappauksen kunto
  - käytetyn järjestelmän suunnitelmien mukaisuus
  - rappauksen paksuus
  - rappausverkon tyyppi ja sijainti
  - eri rappauskerrosten välinen tartunta
  - eristeiden kunto

Tutkimussuunnitelman mukaan seuraavat asiat havainnoidaan silmämääräisesti ja mittaamalla

- liittymät ja detaljit
  - suunnitelmien mukaisuus
  - vauriot ja puutteet
- halkeamat
  - sijainti
  - leveydet, pituudet ja syvyydet

Tutkimuksen yhteydessä selvitetään ja raportoidaan havaittujen vaurioiden, puutteiden ja virheiden

- laajuus ja sijainti
- merkitys rakenteille
- suositellut korjaustoimenpiteet ja korjaustoimenpiteiden laajuus

(Vahanen Rakennusfysiikka Oy CASE -kohteen tutkimussuunnitelma 2022 ja ti-laajan väliset sähköposti keskustelut).

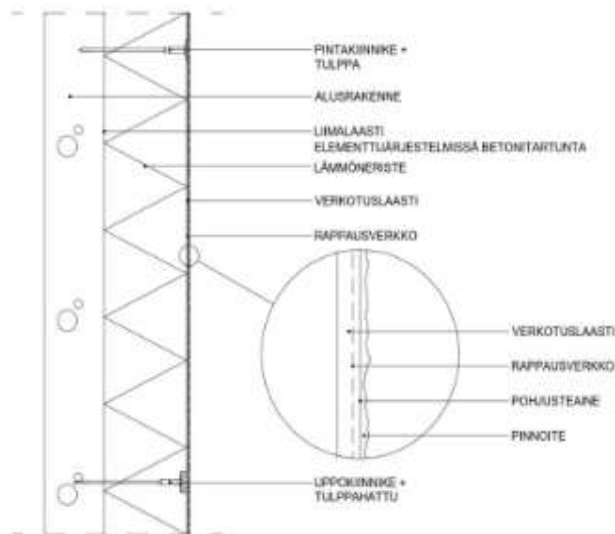
Tutkimussuunnitelman mukaan näytteille ei tehdä laboratoriossa tehtävää ohuthietutkimusta. Tutkimussuunnitelman laadinta vaiheessa päädyttiin jättämään ohuthietutkimus pois, koska sen tarjoamien tulosten ei nähty tuovan lisäarvoa tämän tutkimuksen tavoitteisiin. Julkaisun by 75 (2021, 142–143), mukaan rappauksen ohuthienäytteestä ei välttämättä saada vastaavia tietoja halkeilun syistä

tai huokosrakenteesta, kun betoninäytteistä, sillä referenssinäytteitä, joihin silmämääräinen vertailu tehtäisiin, ei ole vielä riittävästi saatavilla, eikä pakkasenkesto-ominaisuuksien arvioimiseen ole vastaavaa ohjeistusta kuin betonilla.

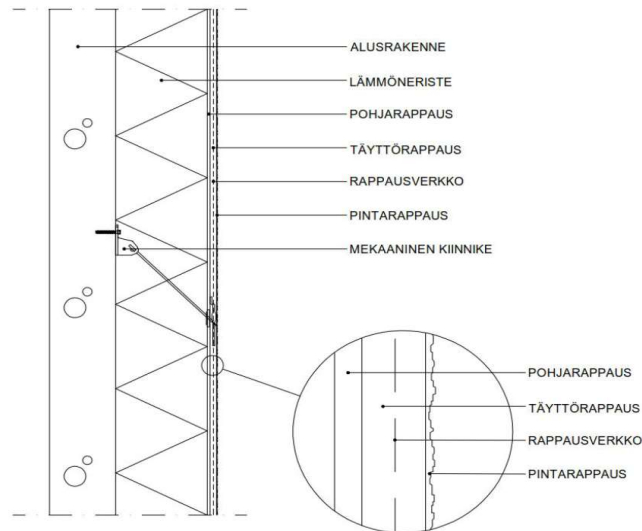
#### 4 ERISTERAPPAUS

Eristerappausjärjestelmillä tarkoitetaan suoraan lämmöneristeen päälle tehtävää rappausta. Rappaus on lasikuitu- tai teräsverkolla vahvistettu ja rappausalustana toimii joko mineraali- tai solumuovilämmöneriste. Eriste kiinnitetään yleensä kiiviainepohjaiseen rakenteeseen liimalaastilla tai betonitartunnalla. Edellisen lisäksi voidaan käyttää myös mekaanisia kiinnikkeitä. Niiden tarkoitus on varmistaa rappausalustan kiinnittyminen alusrakenteeseen. Eristerappausjärjestelmät jaetaan ohut- ja paksurappaus eristejärjestelmiin. Ohutrappaus koostuu verkotuslaastista, lasikuituverkosta ja pintakäsittelystä. Elementtitehtaalta esivalmisteinä tulevissa eritebetonielementeissä on tehtaalla asennettu noin 1... 2 mm paksuinen suojalaastikerros, jonka tarkoitus on suojata eristeitä mm. UV-säteilyltä. Ohutrappauksen kokonaispaksuus on yleensä noin 5...10 mm. Paksurappaus muodostuu kolmesta eri rappauskerroksesta, pohja-, täyttö- ja pintakerroksesta sekä mahdollisesta pintakäsittelystä, rappausverkkona käytetään sinkittyä teräsverkkoa. Paksurappauksessa käytetään aina mekaanisia kiinnikkeitä varmistamaan rappausalustan kiinnitys alusrakenteeseen. Järjestelmän paksuus on normaalisti noin. 20...25 mm (by 75 2021, 38; by 57 2016, 9.)

Kuvissa 3 ja 4 on esitelty ohutrappaus- ja paksurappaus- eristejärjestelmien rakennetyypit.



Kuva 3. Ohutrappaus-eristejärjestelmän rakennetyypit. Kaikki järjestelmätoimitajat eivät käytä mekaanisia kiinnikkeitä. (kuva Tampereen yliopisto)



Kuva 4. Paksurappaus-eristejärjestelmän rakennetyyppi. Paksurappaus-eristejärjestelmään kuuluu aina mekaaninen kiinnike. (kuva Tampereen yliopisto)

Tässä opinnäytetyössä keskitytään ohutrappaus-eristejärjestelmään ja siihen kuuluviin rakenteisiin ja materiaaleihin.

#### 4.1 Ohutrappaus

Ohutrappaus-eristejärjestelmien käyttö on alkanut 1980-luvun puolenvälin jälkeen. Järjestelmän rakennetyypit ovat pysyneet samanlaisina alkuajoista lähtien, mutta järjestelmien toimivuutta ja toteutettavuutta on pyritty kehittämään. Markkinoilla on useita järjestelmätoimittajia. Yleisesti ohjeistetaan käyttämään vain samaan järjestelmään kuuluvia tuotteita keskenään. (by 75 2021, 40.)

Ohutrappaus-eristejärjestelmillä saadaan kauttaaltaan laastilla lämmöneristeen ulkopintaan kiinnittynyt yhtenäinen, sitkeä ja elastinen lasikuituverkolla lujitettu levymainen rakenne. Ohutrappaus-eristejärjestelmiin ei suunnitella liikuntasauvoja kuin rakennuksen rungon liikuntasauvojen kohdille. Tämä mahdollistaa suuret yhtenäiset saumattomat julkisivupinnat. (by 57 2016, 10.)

##### 4.1.1 Rappauslaastit

Rappauslaasteina käytetään sekä orgaanisia, että epäorgaanisia sementtilaasteja tai niiden yhdistelmiä. Lämmöneristeiden kiinnittämiseen käytetään erityisiä

liimalaasteja. Rappauslaasteilla luodaan yhdessä pinnoitteen kanssa julkisivulle halutunlainen ulkonäkö, suojataan lämmöneristekerros sekä rappausalusta kosteudelta sekä muilta sää aiheuttamilta rasituksilta. Julkisivuissa käytettävien laastien täytyy olla hyvin pakkasen kestäviä. (by 57 2016, 11; by 75 2021, 38.)

Elementtitehtaalla esivalmistetut eristebetonielementit suojataan eristerappausjärjestelmään kuuluvalla laastilla ennen työmaalle siirtoa. Noin 1...2 mm paksuisen suojalaastikerroksen tehtävänä on suojata tehtaalla elementteihin kiinnitetty eristekerros säärasitusta vastaan (mm. auringon UV-säteiden vanhentava vaikutus). (by 57 2016, 51.)

Verkotuslaastit ovat pääsääntöisesti runsaasti polymeerejä sisältäviä sementtilaasteja, mutta myös orgaanisia laasteja käytetään. Polymeerejä lisätään laasteihin niiden ominaisuuksien parantamiseksi. Tällaisia ominaisuuksia ovat mm. työstettävyys, tarttuvuus, lujuus ja säänkestävyys. Tyypillisesti polymeerejä on noin 3–5 % sementtilaastin massasta (Lutz & Bayer 2010, 568; by 75 2021, 38; by 46 2005, 26.)

Verkotuslaastikerros vahvistetaan muovipinnoitetulla alkalinkestävällä lasikuituverkolla. Verotuslaastikerros toimii pinnoitteen alustana. Verkotuslaastikerroksen paksuus sekä rappausverkon sijainti laastikerroksessa määrittää rappauksen halkeilu käyttäytymistä. Verkotuslaastin levityksessä ja verkonasennuksessa tulee noudattaa materiaalitoimittajan ohjeita ja kerrospaksuuksia. Liian ohut kerros lisää halkeilua, koska rappausverkko ei toimi ohuessa laastikerroksessa suunnitelmien mukaan. Liian paksu laastikerros taas kasvattaa rappauksen vetolujuutta ja voi rappauksen haljetessa aiheuttaa myös rappausverkon repeämisen. (by 57 2016, 25–26.)

Liimalaasteja käytetään rappausalustana toimivien lämmöneristeiden (mineraalivilla, solumuovieriste) kiinnittämiseksi betoniin tai muihin kiviainespohjaisiin materiaaleihin. Liimalaasti sisältävät runsaasti polymeerejä, joiden avulla pyritään parantamaan niiden tartuntaa sekä lämmöneristeeseen, että alustaan. (by 57 2016, 11.)

#### 4.1.2 Pinnoitteet

Ohutrappaus-eristerappausjärjestelmissä käytettävän pintakäsittelyn tulee olla tiivis, jolloin estetään ulkopuolisen kosteuden pääsy rakenteeseen. Toisaalta pinnoitteen täytyy olla myös riittävän hyvin vesihöyryä läpäisevä, että rakenne ja verkotuslaasti kerros pääsevät kuivumaan diffuusion avulla ulospäin (by 57 2016, 13.)

Yleisesti käytetään keinoharts- tai silikonihartsipinnoitteita, laasteja tai maaleja, joilla on hyvät vedenhylkimisominaisuudet, mutta kuitenkin hyvä vesihöyrynläpäisevyys (by 46 2005, 41.)

Ennen 2000-luvun alkupuolta tehdyissä ohutrappaus-eristejärjestelmissä on saatettu käyttää pinnoitteena myös polymeerejä sisältäviä sementtilaasteja (by 75 2021, 40.)

Normaalisti verkotuslaastikerros käsitellään pohjusteella ennen varsinaisen pinnoitteen asentamista. Pohjuste yhdessä pinnoitteen kanssa varmistaa rappauksen kosteusteknistä toimintaa, hidastaen kosteuden imeytymistä rakenteeseen, mutta edesauttaen myös sen poistumista rakenteesta sekä parantaen pinnoitteen tartuntaa alustaan. (by 75 2021, 38.)

Pinnan lopullinen struktuuri saadaan aikaan valitsemalla halutun värinen pinnoite, käsittely ja raekoko. Pinta voidaan jättää mm. ruiskupintaiseksi, harjatuksi tai hierrettyksi. Pinnan käsittely yhdessä valitun raekoon kanssa muodostavat rappaukselle halutunlaisen struktuurin. Ohutrappaus voidaan pinnoittaa myös siliikaatti-, silikoniharts- tai keinohartsimaaleilla. Korkeiden lämpötilojen aiheuttamat liikkeet ja rappauspinnan liiallinen lämmönousu on huomioitava erityisesti tummilla väreillä. Eristerappauksissa tuleekin käyttää vain värejä, joiden heijastusarvo on vähintään 20 %. Pinnoitteita, jotka muodostavat tiiviin kalvon rakenteen pintaan, estäen rakenteen kuivumisen, ei suositella käytettäväksi. (by 57 2016, 14, 23.)



Alla kuva pintatekstuurin vaikutuksesta havaittuun väriin.



Kuva 5. Erilaisia pintatekstuureja (verkkojulkaisu 6–13 /1.10.2018, 42 Weber-Julkisivuratkaisut.pdf)

#### 4.1.3 Verkot ja vahvikkeet

Ohutrappaus-eristejärjestelmissä käytettävät rappausverkot ovat muovipinnoitettuja tai muuten alkalinkestäviksi käsiteltyjä lasikuituverkkoja, joiden silmäkoko vaihtelee 3,5 x 3,5 mm ja 6 x 6 mm välillä. Verkko muodostaa yhdessä verkotuslaastin kanssa yhtenäisen levymäisen rakenteen. Rappausverkkojen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat alkalinkestävyys sekä vetolujuus. Vetolujuuden tulee olla ETAG 004- ohjeen (2013, 78) mukaisessa testissä yli 20 N/mm. Verkon käytöllä vahvistetaan rappautta sekä pyritään estämään ja hallitsemaan rappaukseen mahdollisesti syntyviä halkeamia. Verkon tehtävänä on välittää rappauksen vetovoimat mahdollisesti syntyvien halkeamien ylitse ja näin pienentämään halkeamaleveyksiä. (by 75 2021, 40.)

Verkkojen lisäksi ohutrappaus-eristejärjestelmissä käytetään muita rappausta vahvistavia vahvikkeita. Lisärappausverkkoja käytetään aukkojen nurkissa, elementtien vaaka- ja pystysaumoissa suojaamaan rappausta pakkovoimien aiheuttamilta vaurioilta. Rappauksen kulmissa käytetään erilaisia vahvikekulmia, jotka ovat joko rappausverkosta tehtyjä kulmakappaleita tai erilaisia muovisia kulmaprofiileja, joihin on kiinnitetty rappausverkko valmiiksi. Kulmavahvikkeilla pyritään hillitsemään kulmissa esiintyviä vastakkaissuuntaisia pakkovoimia sekä ehkäisemään rappauksen halkeamavaurioita. Päätö-, sokkeli- ja aloituslistoja käyttämällä pyritään parantamaan liittymien ja detaljien toimivuutta sekä lisäämään rappauksen kestävyyttä ja ulkonäköä. Paikoissa, joissa rappaus saattaa altistua voimakkaammalle mekaaniselle rasitukselle, voidaan käyttää rappausverkon lisäksi vetolujuusominaisuuksiltaan kestävämpää panssariverkkoa. (by 75 2021, 42; by 57 2016, 13, 41.)

Rappausverkon tulee sijaita verkotuslaastikerroksen puolella välissä tai ylimmäisessä kolmanneksessa. Verkon oikealla sijainnilla on merkitystä saavuttaako rappaus suunnitelmien mukaisen vetolujuuden. Rappausverkot, lisäverkot, kulmavahvikkeet ja muut käytettävät verkolliset listat ja profiilit tulee limittää keskenään noin 100 mm. Verkot asennetaan auki kammattuun verkotuslaastiin oikealle syvyydelle, jonka jälkeen laasti oikaistaan ja päälle levitetään vielä toinen kerros verkotuslaastia, joko ensimmäisen kerroksen kuivuttua tai märkää märälle periaatteen mukaan. Tärkeää on noudattaa materiaalitoimittajan ohjeita ja varmistaa verkon oikea sijainti verkotuslaastissakerroksessa laadunvarmistuskokein. (by 57 2016, 40–41.)

Alla esimerkkikuvia rappauksen kulmissa ja aukkojen reunoissa käytettävistä profiileista.



Kuva 6. Kulma- ja ikkunaprofiili ([https://www.fi.weber/search-content/content\\_type/product/activities/listat-ja-profiilit-1126](https://www.fi.weber/search-content/content_type/product/activities/listat-ja-profiilit-1126))

#### 4.1.4 Liikuntasaumat ja liittymät

Ohutrappaus-eristejärjestelmän yhtenäisen levymäisen rakenteen takia liikuntasaumojia ei tarvita kuin kahden erilaisen julkisivumateriaalin liittymäkohdissa ja rakennuksen rungon liikuntasaumoissa. Ohutrapattuun julkisivuun tulevat liikuntasaumat pyritään mahdollisuuksien mukaan tekemään materiaalintoimittajan järjestelmään kuuluvilla liikuntasaumaprofiileilla. Liikuntasaumojia voidaan tehdä myös jälkisahaamalla ja käyttämällä näissä saumoissa paisuvanauhaa tai pohjanauhaa sekä saumamassaa. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa ongelmakohta on sauman tiivistäminen sadevedenpitäväksi ja tiivistysmassan tartunta rappaukseen. Ohuen paksuuden takia elastisen sauman tartunta rappaukseen saattaa jäädä vajavaiseksi. (by 75 2021, 40; by 57 2016, 44.)

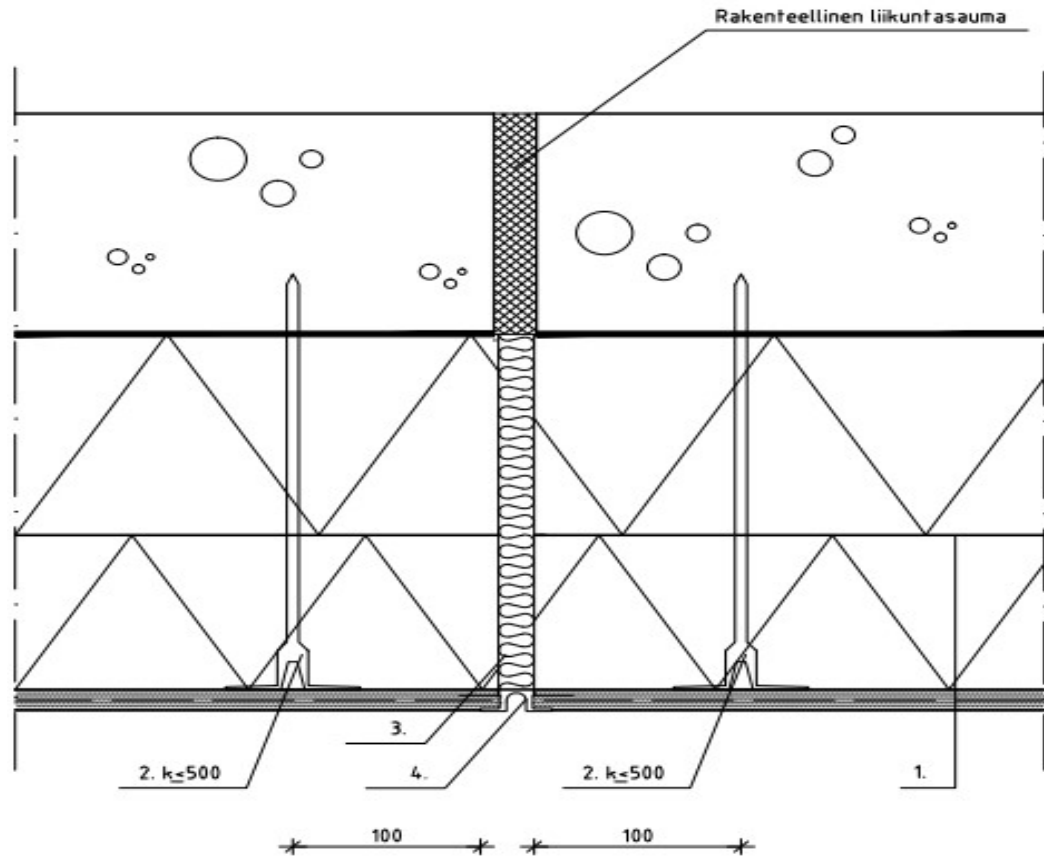
Alla esimerkkikuvia erilaisista liikuntasaumoissa käytettävistä liikuntasaumaprofiileista.



Kuva 7. liikuntasauma profiileita ([https://www.fi.weber/search-content/content\\_type/product/activities/listat-ja-profiilit-1126](https://www.fi.weber/search-content/content_type/product/activities/listat-ja-profiilit-1126))

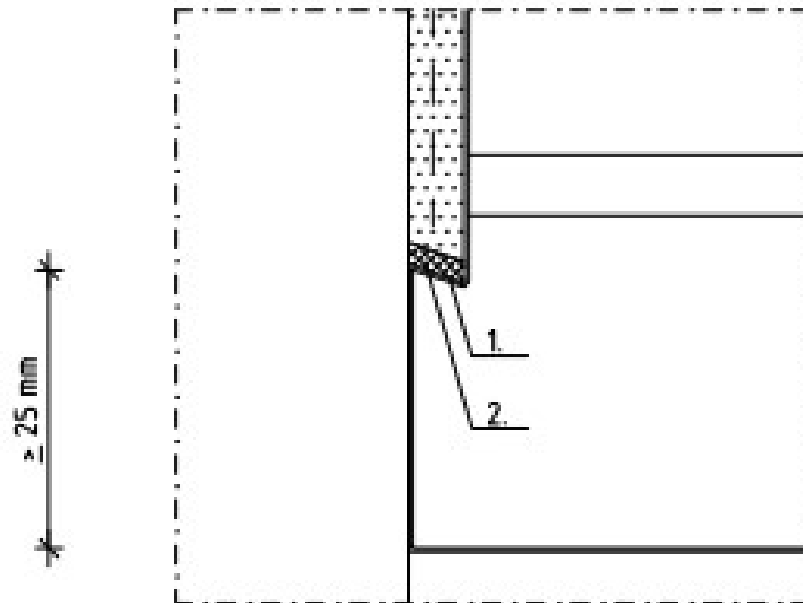
Ohutrapattuun julkisivuun muodostuu sateella nopeasti vesikalvo, joka tuulen vaikutuksesta kulkeutuu pitkin julkisivun pintaa erisuuntiin ja tunkeutuu mahdollisista epätiiviyshkohdista rakenteen sisään. Erilaisilla suojaPELLITYKSILLÄ pyritään ohjaamaan ja estämään viistosateen ja tuulen aiheuttama sadevesien tunkeutuminen julkisivupinnoilta rakenteeseen. (by 57 2016, 48.)

Alla esimerkkikuvia suojapellitysten ja liikuntasaumojen mallitoteutuksista.



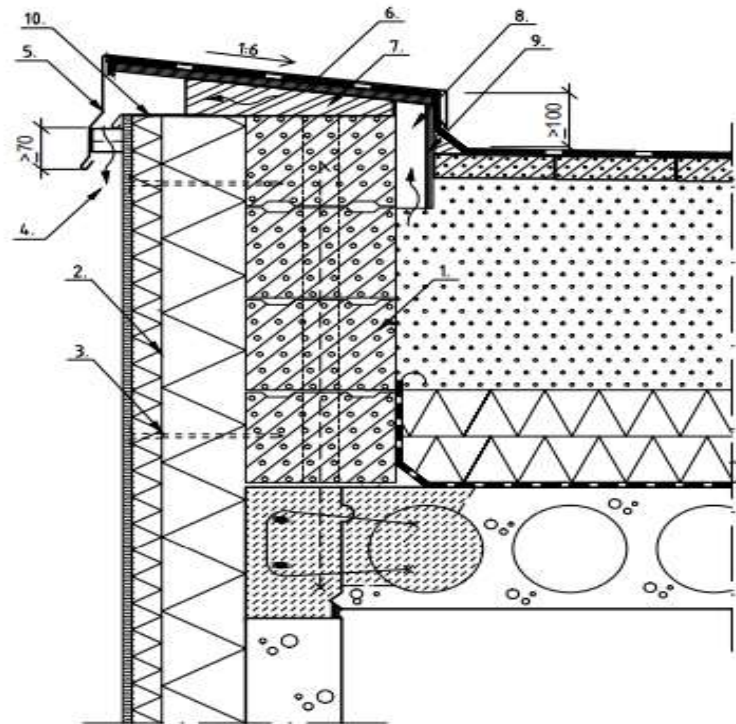
1. Rakenne ja kerrokset ks. F310651, F310652
2. weber STR U 2G tai H1 eco Kiinnike
3. Mineraalivillatilke
4. Rappauksen liikuntasäuma  
- weber 6327 Leveä liikuntasäumaprofiili tai

Kuva 8. pystysuuntaisen liikuntasäuman toteutus ( <https://www.fi.weber/mallidetailit/detailit-julkisivut/serpomin-eristerappauksen-detailit-uudisrakentaminen>).

Leikkaus a - a

1. Vesipellin vedenohjaimen rappausreuna
2. Illbruck TP600 Saumanauha

Kuva 9. Ikkunan vesipellin pieliliittymän ylösnoston rappausreunallinen toteutus (<https://www.fi.weber/mallidetajit/detajit-julkisivut/serpomin-eristerappauksen-detajit-uudisrakentaminen>).



1. Leca-harkkomuuraus
2. Mineraalivillatelevy  
- Paroc Linio 15 tai Paroc Linio 80  
- Rockwool Facade Batts tai Facade Lamella
3. weber STR U 2G Kiinnike + STR Kiekkö EPS tai H1 eco Kiinnike
4. Tuuletusaukot  
Aukon suojana verkko, silmäkoko - 4mm
5. Räystäspellitys
6. Säänkestävä muottivaneri
7. Viistetyt kestopuut k600
8. Kestopuu 50x50 k600
9. Säänkestävä muottivaneri
10. Myrskypeltti

Kuva 10. Räystäs rakenteen suojapellitys (<https://www.fi.weber/mallidetajit/detailit-julkisivut/serpomin-eristerappauksen-detailit-uudisrakentaminen>).

Julkisivun yläreunassa käytetään myrskypelttiä estämään veden kulkeutuminen ylöspäin verkotuslaasti- ja lämmöneristekerrokseen sekä yläpohjarakenteeseen. Myrskypellin ja rappauksen välinen liittymä tiivistetään elastisella saumamassalla. Vesipeltien avulla ohjataan ikkuna- ja pielipintoja pitkin valuva sadevesi pois julkisivu pinnoilta ja estetään sadevesien kulkeutuminen verkotuslaasti- ja lämmöneristekerrokseen. Vesipeltien liittymä pielirakenteeseen tulee olla tiivis. Parhaiten se voidaan toteuttaa käyttämällä rappausreunallista vesipeltiä, joka asennetaan ennen verkotuslaastikerrosta. Asennuksessa on syytä huomioida, että vesipellin alle jäävään ikkunapenkkiin on asennettu verkotuslaastikerros ja rappausverkko, johon julkisivun rappausverkko limitetään ennen pellin asennusta. Aina ei kuitenkaan ole mahdollista käyttää rappausreunallisia vesipeltejä. Näissä tapauksissa vesipellin alle jäävä ikkunapenkki tulisi myös pinnoittaa ja vesipellin

ylösnostojen ja rappauksen välinen liitos tiivistää huolellisesti pinnoitemateriaaliin sopivalla tiivistysmassalla. Vesipellin asennuksessa huomioitavia asioita ovat tiiviit liittymät ympäröiviin rakenteisiin, kiinnitys- ja tiivistysikkunapenkkiin sekä ikkunoiden karmirakenteeseen. (by 57 2016, 44–49; RT-tietoväylä 80–11202.)

Erialaisten katosten, ulokkeiden ja tasoerojen kohdalla syntyy tarve vesikatteiden ylösnostoilille. Ylösnostoisissa käytetään erityyppisiä pellityksiä suojaamaan ja varmistamaan näiden liittyminen tiiveys ympäröiviin rakenteisiin. Näissä detaljitoteutuksissa on tärkeää varmistaa rappauksen liikemahdollisuuden säilyminen sekä ylösnostojen että pellitysten tiivisasennus. (by 57 2016, 50.)

#### **4.1.5 Eristeet ja alusrakenne**

Ohutrappaus-eristejärjestelmissä käytettävät lämmöneristeet ovat pääsääntöisesti mineraalivillasta valmistettua levy- tai lamellieristeitä sekä eristerappausta varten valmistettua, tehtaalla jo valmiiksi vanhennettua solumuovilevyä (yleisesti EPS). Ohutrappauksissa on käytetty myös jonkin verran muita solumuovieristeitä (PUR, PIR, XPS) mutta näiden käyttö on kuitenkin ollut vähäistä. (by 57 2016, 12–13; Lemberg 2019, 29; Weber et al 2016, 20–21)

Ohutrappaus-eristejärjestelmissä lämmöneristeet sekä niiden kiinnittämiseen mahdollisesti käytettävät mekaaniset kiinnikkeet välittävät rappaukseen kohdistuvat kuormat alusrakenteeseen. Lämmöneristeeltä vaaditaan riittävää leikkauslujuutta estämään rappauskerroksen painuminen sekä vetolujuutta tuulen aiheuttamaa imua vastaa. Riittävää puristuslujuutta tarvitaan tuulikuormien siirtämiseksi alusrakenteeseen ja mekaanisia rasituksia vastaan. (by 57 2016 32–33.)

Mineraalivilloista, lamellivillan, rakenne ja mekaaniset ominaisuudet poikkeat normaalista levyvillasta. Lamellivillan kuidut ovat kohtisuoraan julkisivutasoon nähden, kun normaalissa levyvillassa ne ovat julkisivutason suuntaisesti. Lamellivilla kiinnitetään alusrakenteeseen kauttaaltaan liimallaastilla ja tarvittaessa käytetään myös mekaanisia kiinnikkeitä. Levyvillan kiinnityksessä käytetään liimallaastin lisäksi aina mekaanista kiinnitystä. EPS-eristeiden kiinnittäminen alusrakenteeseen



seen tapahtuu myös liimalaastin ja järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaan tarvittaessa mekaanisin kiinnikkein. Elementtiratkaisuissa lämmöneristeen kiinnittämiseen voidaan käyttää myös betonitartuntaa. (by 75 2021, 39; by 57 2016, 12.)

EPS-eristeet ja mineraalivillat ovat lämmönjohtavuudeltaan hyvin lähellä toisiaan ja kumpikaan eristetyyppi ei juurikaan ime kapilaarisesti vettä ja niiden veden imunopeudet ovat hyvin pieniä. Suurin ero eristeiden ominaisuuksissa on niiden vesihöyrynläpäisevyydessä. EPS-eristeet päästävät hyvin hitaasti vesihöyryä lävitseen verrattuna mineraalivilla eristeeseen. Mineraalivilla eristeessä vesi pääsee kulkeutumaan alaspäin, kun taas EPS-eristeessä veden kulkeutuminen on mahdollista vain eristelevyjen saumakohdissa. (by 57 2016, 25.)

Ohutrappaus-eristejärjestelmissä alusrakenne on yleensä kiviainespohjainen, kuten betoninen tai muurattu, mutta myös teräs- tai puurankarunkoisia rakenteita voidaan käyttää, tällöin on kuitenkin kiinnitettävä erityistä huomiota rakenteen kosteustekniseen toimivuuteen (by 57 2016, 9–10). Alusrakenteen tehtävänä on toimia seinän kantavana rakenteena sekä välittää eristerappausjärjestelmien kuormat rakennuksen perustuksille. Alusrakenteen pinnan tulee olla riittävän luja, puhdas ja tasainen ennen lämmöneristeinen kiinnitystä. Mahdolliset korkoerot tulee tasoittaa ennen eristeiden kiinnitystä. Eristerappauksella ei ole mahdollista tasoittaa pinnan epätasaisuuksia. (by 75 2021, 39; by 57 2016, 52.)

Betonielementti rakentamisessa ohutrapattuja julkisivuja tehtäessä tulee kiinnittää erityistä huomiota elementtien välisten saumojen toteutukseen ja ulkopintojen tasaisuuteen. Mineraalivillaeristettyjen elementtien asennuksen yhteydessä saumaan asennetaan 5 mm saumaa paksumpi samaa materiaalia muun eristeen kanssa oleva villakaista, joka puristuu elementtien asennuksen yhteydessä tiukasti elementtien eristettä vastaan. Vastaavasti elementtisaumoihin voidaan sulloa mineraalivilla tilke asennuksen jälkeen. EPS- tai muita solumuovi pohjaisia eristeitä käytettäessä saumat voidaan tilkitä PU-vaahtoa käyttämällä. Saumojen tilkitsemisen jälkeen sauma-alueet verkotetaan ja rapataan samaan tapaan kuin muutkin julkisivun alueet. (by 57 2016, 52–53.)

Asennuksen tai kuljetuksen yhteydessä vaurioituneet eristeet poistetaan ja korvataan uudella samaa tyyppiä olevalla eristeellä. Korjattujen alueiden eristeiden tulee olla yhtenäisiä ja samassa tasossa kuin muutkin eristeet. (by 57 2016, 53.)

#### **4.1.6 Ohutrapattujen julkisivujen huolto**

Keskeinen tekijä ohutrapattujen julkisivujen pitkäikäisyyden saavuttamiseksi on hyvän suunnittelun ja toteutuksen lisäksi säännölliset yläpito- ja huoltotoimenpiteet. Vesi yhdessä pakkasen kanssa on yksi merkittävimmistä vaurioista ja julkisivujen pitkäikäisyyteen vaikuttavista tekijöistä. Ohutrapatun julkisivun tulee olla vesitiivis myös kaikkien liittyvien rakenteiden ja liitosten osalta. Näiden kunnosta huolehtiminen ja tarvittaessa uusiminen ja korjaaminen kuin myös muiden rapauspinnoilla havaittujen vaurioiden oikeanaikaiset korjaus-, pinnoitus-, tai puhdistustyöt kuuluvat kiinteistönomistajan vastuulle. (by 57 2016 128–129.)

#### **4.2 Ohutrappaus-eristejärjestelmien vaatimukset**

Eristerappausjärjestelmille asetetut vaatimukset ja testausmenetelmät on esitetty ohjeessa ETAG 004 (External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering). Eristerappaukset toteutetaan järjestelminä, tarkoittaen että kaikkien siihen kuuluvien materiaalien ja komponenttien tulee kuulua käytettävään järjestelmään. Tällä varmistetaan, että käytettävä eristerappaus järjestelmä toimii kokonaisuutena suunnitellusti ja testatusti. Eri järjestelmätoimittajien tuotteita ei saa käyttää ristiin, koska se saattaa aiheuttaa vaurioitumista eri materiaalien rajapinnoissa. (by 75 2021, 46.)

Ohutrappaus-eristejärjestelmille voidaan hakea CE-merkintää ETA hyväksynnän kautta. Järjestelmän testaus perustuu ETAG 004 – ohjeeseen, joka määrittää testattavat tuote- ja materiaaliominaisuudet. (by 57 2016, 17–18.)

ETA (European Technical Approval) ei huomioi riittävästi järjestelmien pakkasen kestävyyttä ja tästä syystä Suomessa tehdään eristerappaus-järjestelmille Suomen betoniyhdistyksen julkaisun, by 57 Eriste- ja levyrappaus, mukaiset ETAG-ohjetta tiukemmat pakkasen ja säänkestävyys rasisuskokeet. ETAG 004 – ohjeessa vaaditaan tehtäväksi pakkasenkestävyydesti, vain jos verkotuslaastiin tai

pinnoitteeseen imeytyy kapilaarisesti vettä vuorokaudessa yli 0,5 kg/m<sup>2</sup> (ETAG 004 2013, 34). Suomessa rappausjärjestelmä testataan nopeutetulla säärasitus- syklillä, missä perusteellisesti kasteltu koeseinä jäädytetään ensin – 20 °C:ssa, jonka jälkeen se sulatetaan ja lämmitetään säteilylämmittimillä +60 °C:een. Testiä tehdään kahdeksan tunnin sykleissä. Testattavan järjestelmän tulee kestää vähintään 100 peräkkäistä sykliä. Lisäksi Suomessa testataan erikseen vielä laastien pakkasen kestävyyttä laastiprismoista jäädytyskulatuskokeella, jossa prismat upotetaan enintään kahdeksi viikoksi veteen, jonka jälkeen kapilaarisesti vedellä kyllästetyt koekappaleet altistetaan viidellekymmenelle peräkkäiselle jäädytyskulatussyklille (-15°C...+20°C). (by 57 2016, 18–19.)

### 4.3 Case kohteen ohutrappaus- eristejärjestelmä

Julkisivun kuntotutkimuksen case- kohteessa on tilaajalta saatujen lähtötietojen perusteella käytetty ALSECCO- eristerappausjärjestelmän PREWIS 1, järjestelmään kuuluvia materiaaleja ja komponentteja. Järjestelmä täyttää ETAG 004 vaatimusten lisäksi VTT tekemän testin, jossa on testattu järjestelmän ominaisuuksia, mutta testausta ei ole tehty julkaisun, By 57 eriste- ja levyrappaus, mukaisessa laajuudessa. Case- kohteen lähtötiedoista ei selvinnyt mitä järjestelmään kuuluvia laasteja tutkitussa kohteessa on käytetty, myöskään eristekerroksen kiinnittämiseen käytetty liimalaasti tai kiinnitystapa ei selvinnyt lähtötiedoista. (VTT certificate NO. Vtt-C-10787–14.)

Seinäelementteihin on jo tehtaalla asennettu järjestelmään kuuluva lamellimateriaalivillaeriste (Paroc Linio 80 aikaisemmin Paroc FAL 1), joka on kiinnitetty alusrakenteena toimivaan betonielementtiin joko liimalaastilla tai elementin betonivalunyhdydessä tapahtuvalla betonitartunnalla elementin valmistuksen yhteydessä. Käytetty lamellivillaeriste täyttää sille materiaalitoimittajan Saksassa asettamat vaatimukset ollen standardin EN 1607 mukainen (halkaisulujuusarvo 80kPa). Eristekerroksen pintaan on mahdollisesti tehtaalla ruiskutettu n. 1–2 mm paksuinen suojalaasti kerros Armatop MP laastilla. (Alsecco Prewis 1, työselostus/tehdas, 1–2.)

Alla on listaus Alsecco Prewis 1 eristerappausjärjestelmään kuuluvista tuotteista. Käytettävät tuotteet valitaan ensisijaisesti käytettävän verkotuslaastin ja halutun

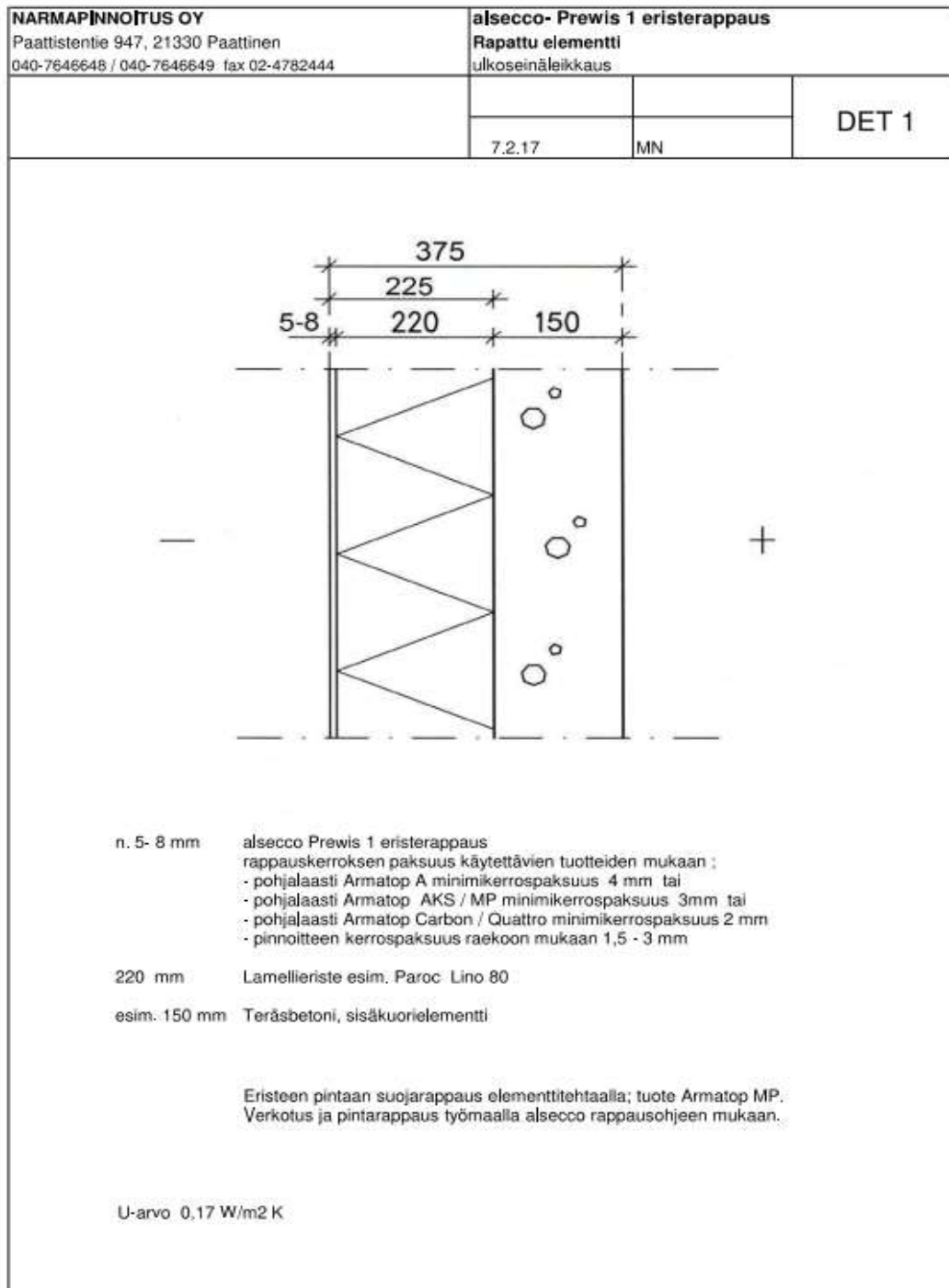
kerrospaksuuden mukaan. Järjestelmän kokonaispaksuus muodostuu valittujen tuotteiden ohjeellisten kerrospaksuuksien mukaan.

Alsecco Prewis 1 eristerappausjärjestelmän mukaiset tuotteet ja ohjeelliset kerrospaksuudet:

- verkotuslaastit:
  - Armatop MP kerrospaksuus 3 mm
  - Armatop A / AK kerrospaksuus 4 ... 5 mm
  - Armatop Quattro / Carbon kerrospaksuus 2 mm
- Lasikuituverkko 32
  - sijainti verkotuslaastikerroksen ylimmäisessä kolmanneksessa ja yli 5 mm kerrospaksuudella, verkotuslaastikerroksen keskellä
- Pohjustus käytettävän pinnoituslaastin mukaan
  - Mineraali-, silikaatti- ja keinohartsilaasti, primeri Haftgrund P
  - silikonihartsilaasti, primeri Haftgrund Sc
- Pinnoite, kerrospaksuus valitun raekoon mukaan 1 ... 4 mm
  - Mineraalilaasti
  - silikaattilaasti
  - keinohartsilaasti
  - silikonihartsilaasti

Rappausjärjestelmän kokonaispaksuus vaihtelee valittujen tuotteiden mukaan 4 ... 8 mm välillä

Järjestelmään sisältyvät tarvittavat liikuntasauva-, sokkeli- ja rajalistat sekä kulmahvikkeet ja pieliliittymät. Käytetty primeri ja pinnoite ei selviä lähtöaineistosta. Pinnoitteen raekoko on ollut 2 mm (Alsecco Prewis 1/työselitys.)



Kuva 11. Case-kohteen ohutrappaus-eristejärjestelmän järjestelmätoimittajan viitteellinen ulkoseinäleikkaus. (Kuva Narmapinnoitus Oy, Alsecco- Prewis 1, DET 1.)

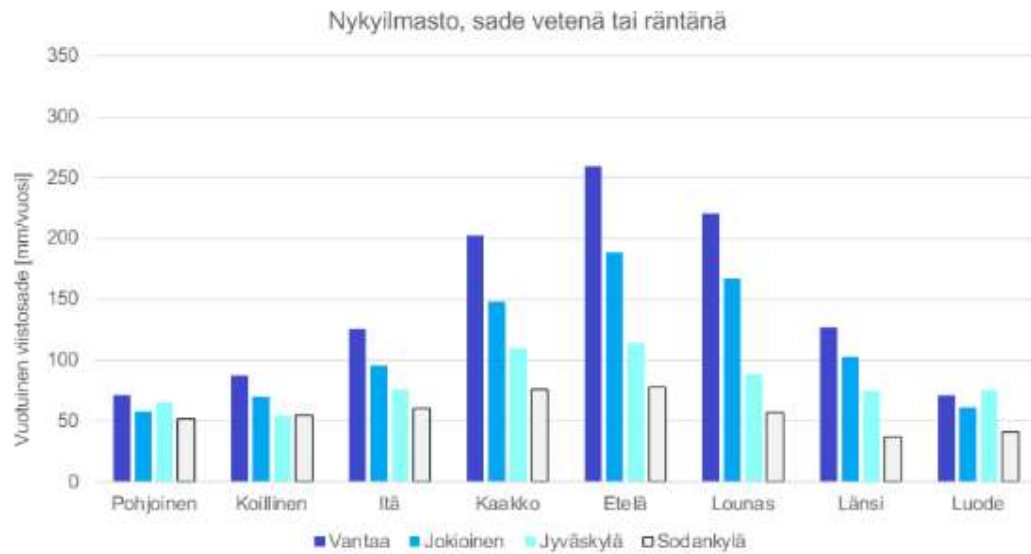
## 5 Rasitustekijät ja vauriomekanismit case-kohteessa

### 5.1 Kosteusrasitus

Sade ja kosteus ovat merkittävimmät rasitustekijät. Julkisivun kannalta merkittävintä on viistosade, joka aiheutuu sateen ja tuulen yhteisvaikutuksesta. Rakennuksen muoto, korkeus, rakennuspaikka sen maastonmuodot ja kasvillisuus vaikuttavat siihen, ettei viistosade kohdistu tasaisesti julkisivuun. Rasitus on suurinta rakennuksen yläosissa ja nurkka-alueilla sekä etelänpuoleisilla julkisivuilla. Eriytyisen voimakasta viistosateen aiheuttama rasitus on silloin kuin tuuli tulee avoimesta suunnasta ja rakennus on ympäröivää maastoa korkeammalla. Viistosateen määrät vaihtelevat suuresti mutta yleisesti eniten viistosadetta saadaan syksyisin, jolloin sataa noin puolet koko vuoden sademäärästä. Syksyisin ulkoilman suhteellisen ja absoluuttisen kosteuden ollessa korkealla on seinärakenteen ulospäin kuivumisen edellytykset erittäin haastavat. (by 75 2021 s. 48.)

Eriytyisesti viistosateen aikana ohutrappaus-eristejärjestelmissä yleisesti käytettyjen pinnoitteiden pintaan syntyy vesikalvo, joka tuulen vaikutuksesta pyrkii tunkeutumaan rakenteeseen siinä olevien halkeamien ja epätiivien liitosten kautta. (By 57 2016, 24.)

Alla kuvattu viistosateen määrää eri ilmansuuntiin ja eri sijainneilla oleville julkisiviille.



Kuva 12. Viistosateen määrä eri ilmansuunnilla ja eri sijainneilla oleville julkisiviille (<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/140946/978-952-03-2438-4.pdf?sequence=2&isAllowed=y> )



Kuva 13. Sateen jälkeen tummiksi rapatuissa julkisivussa olevat halkeamat ovat helposti havaittavissa. (Vahanen Rakennusfysiikka Oy 2021)

Kvanden T. (2018, 6,12) tekemän tutkimuksen mukaan erilaisen liitosten toimivuudessa esiintyvät puutteet ovat suurin syy etenkin ohutrappaus-eristejärjestelmien vaurioitumiseen. Olsson L. (2017, 391) havaitsi tutkimuksessaan, että noin 2 % julkisivuun satamasta viistosateen määrästä voi kulkeutua rakenteen sisään siinä olevien halkeamien kautta. Samassa tutkimuksessa havaittiin, että halkeaman pituus ja tuulenpaine vaikuttivat eniten rakenteeseen päässeeseen veden määrään, ei niinkään halkeaman leveys.

Ulkoseinärakenne altistuu sateen lisäksi myös muille kosteuslähteille kuten lumisade, ulko- ja sisäilmankosteus, rakennuksen käytöstä aiheutuva kosteus, maasta nouseva kosteus, roiske- ja vuotovedet sekä rakennusaikainen kosteus.



Rakennusaikaisen kosteuden torjuntaan toimivin ratkaisu on rakennusaikainen sääsuojaus sekä muut kosteudenhallintasuunnitelman mukaiset suojaus ja varastointi toimenpiteet. (by 57 2016, 24.)

## 5.2 Lämpötilanvaihtelu

Auringonpaiste ja pakkanen aiheuttavat julkisivupinnoille voimakkaita lämpöliikkeitä. Voimakkaimman rasituksen kohteena ovat kaakon-, etelän-, lounaan- ja länsipuolen julkisivut. Lämpötilojen vaihtelut aiheuttavat leikkausjännityksiä etenkin tartuntapinnoilla, mikä voi johtaa rappauskerrosten välisen tartunnan heikkenemiseen ja lopulta irtoamiseen. (by 75 2021, 53.)

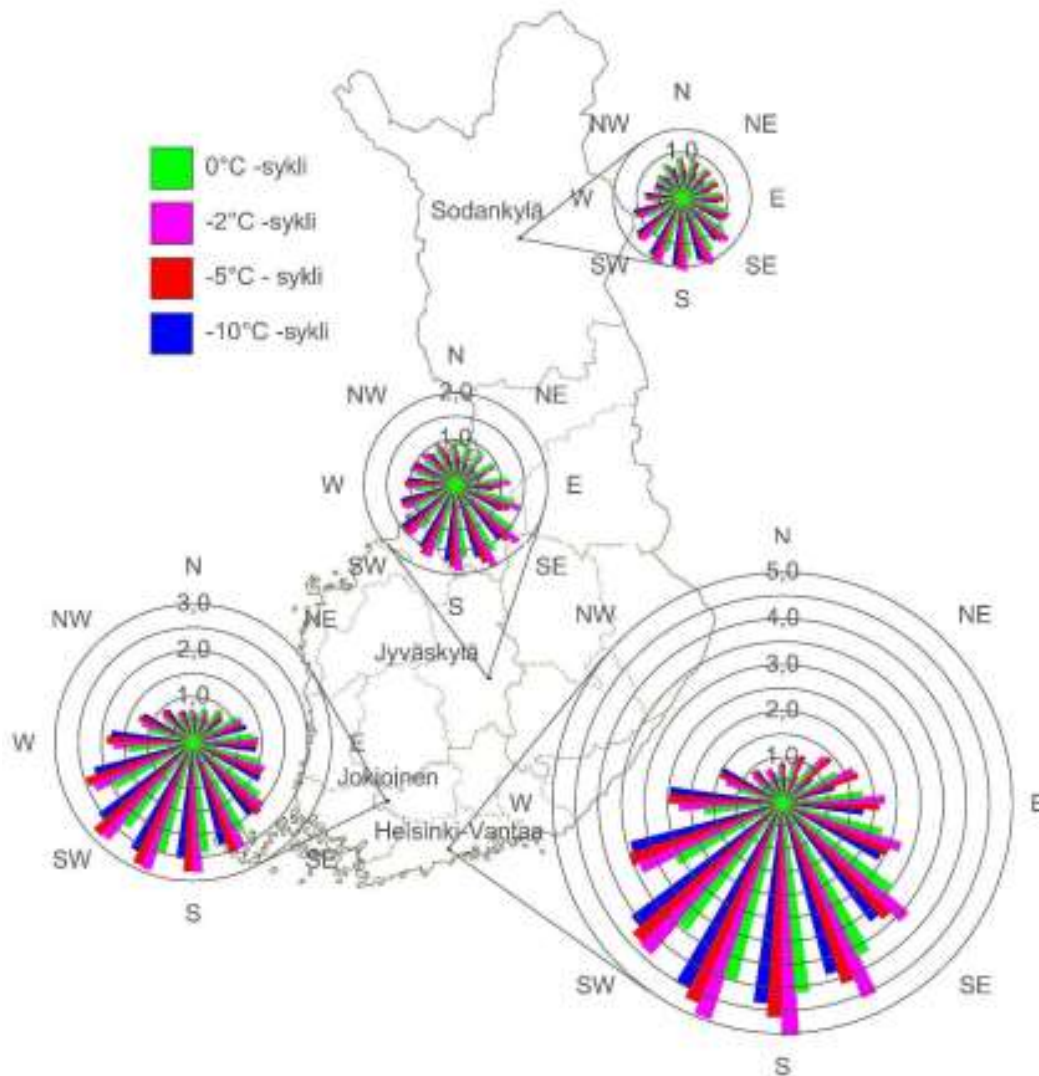
Pakkanen ja toistuva sulaminen ja jäätyminen yhdessä viistosateen aiheuttaman kosteusrasituksen kanssa on merkittävä vaurioiden aiheuttaja etenkin silloin kun materiaalin huokosrakenteen vedellä kyllästymisaste on suuri. Veden jäätyessä sen tilavuus kasvaa, joten jäätyessä veden hydraulinen paine pyrkii työntämään vielä jäätyvätöntä vettä materiaalissa vielä vapaina oleviin huokosiin. Jos huokosissa on vielä tilaa ja ne ovat kyllin lähellä toisiaan, ei pakkasvaurioita synny. Materiaalin huokosrakenteen ollessa täysi aiheuttaa veden jäätyminen materiaalissa hydraulista painetta, joka johtaa pakkasvaurioihin. (by 75 2021, 50.)

Alla olevassa taulukossa on esitetty jäätymissulamissykliä eri paikkakunnilla. (JUKO eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje 2019, 15)

Syklin lämpötila	Helsinki-Vantaa	Jokioinen	Jyväskylä	Sodankylä
0 °C	64,4	71,2	71,3	70,4
-2 °C	35,0	40,4	42,9	43,3
-5 °C	17,7	19,9	23,7	24,0
-10 °C	7,7	9,6	11,5	14,1

Taulukko 1: Jäätymissulamissyklit kun lämpötilaan on laskenut syklin lämpötilaan ja noussut takaisin 0°C. (JUKO eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje 2019, 15)

Alla olevassa kuvassa on esitetty keskimääräinen vapaa viistosade määrä ennen jäätymissulamissykliä, kun ilmansuunnasta on satanut viistosadetta. (JUKO eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje 2019, 16.)



kuva 14. Keskimääräinen vapaa viistosademäärä ilmansuunnittain kolmepäivää ennen syklin alkua, kun ilmansuunnasta on satanut viistosadetta. (JUKO eriste-rappausjärjestelmien kuntotutkimusohje 2019, 16.)

### 5.3 Pakkovoimat

Erityyppiset kiinnikkeet, kiinnitykset liittyviin rakenteisiin, läpivienteihin tai varusteisiin voivat estää pakkovoimien aiheuttamat liikkeet rappauksessa. Liikkeen esytymisestä syntyy jännityksiä ja pakkovoimia. Suurin pakkovoimien synnyttäjä on lämpö ja sen muutokset, mutta myös laastien kutistuminen, muutokset kosteudessa ja rappauksen painuminen aiheuttaa pakkovoimia. Lämpötilan laskiessa syntyy vetovoimia ja sen noustessa puristusvoimia. Erilaisten liittymien, varusteiden ja läpivientien suunnittelussa on huomioitava lämpöliikkeiden vaikutus ja

huolehdittava, että rappaus voi elastisten saumojen ja liikuntasaumalistojen käytöllä säilyä vaurioutumatta pakkovoimista huolimatta. Ohutrappaus-eristejärjestelmässä, rappaus ei pääse liikkumaan alustansa suhteen, mutta alustassa tapahtuvat liikkeet aiheuttavat pakkovoimia myös rappaukseen. (by 75 2021, 63, 71–72.)

#### **5.4 Mekaaninen rasitus**

Rappaukseen kohdistuva mekaaninen rasitus syntyy ulkoisten tekijöiden, kuten ihmisten tai esineiden törmäyksistä, iskuista tai hankauksesta rapattua seinäpintaa vasten. Mekaaniselle rasitukselle alttiimpia ovat julkisivujen alimmat osat, kulkureitit, ovienpielet, parvekkeiden taustaseinät, nurkka-alueet ja erilaiset julkisivuun kiinnitetyt varusteet. (by 57 2016, 22, 64.)

ETAG 004 määrittää luokitus ja vaatimukset rappauksen iskunkestävyydelle eri käyttöluokkien mukaan. Eristerappausjärjestelmien toimittajilla täytyy olla valmiit, suunnitelmat, joilla täytyy myös käyttöluokka 1 vaatimustaso (iskunkestävyys 10J, ei näkyviä vaurioita). Käyttöluokka 1 kuuluvat alimman kerroksen katu- julkisivut ja muut ihmisten aiheuttamille koville iskuille alttiit alueet. (by 57 2016, 22.)

Mekaanista kuormitusta ja rasitusta eristerappaukselle aiheutuu myös rakenteen omasta painosta ja tuulenpaineesta ja tuulen synnyttämästä imuvaikutuksesta. Ohutrappauksissa omapaino on varsin pieni tyypillisesti luokkaa 0,15...0,2 kN/m<sup>2</sup>. Tuulenpaine aiheuttaa eristerappaukseen sekä puristus- että vetovoimia erityisesti rakennuksen yläreunoissa ja nurkka-alueilla. Rakennesuunnittelija ja järjestelmätoimittaja suunnittelee ja määrittää harkintansa mukaan mahdollisesti tarvittavat mekaaniset kiinnikkeet tapauskohtaisesti. Korkeissa rakennuksissa ohutrappaus tulee kiinnittää rakennuksen runkoon yläreunastaan ja nurkka-alueilla rappausverkon läpi asennettavilla mekaanisilla kiinnikkeillä niin kutsutun vetoketjumurron estämiseksi.

(by 46 2005, 103; by 57 2016, 29.)

## 6 Case- kohteessa havaitut vauriot

### 6.1 Pakkovoimien aiheuttamat vauriot

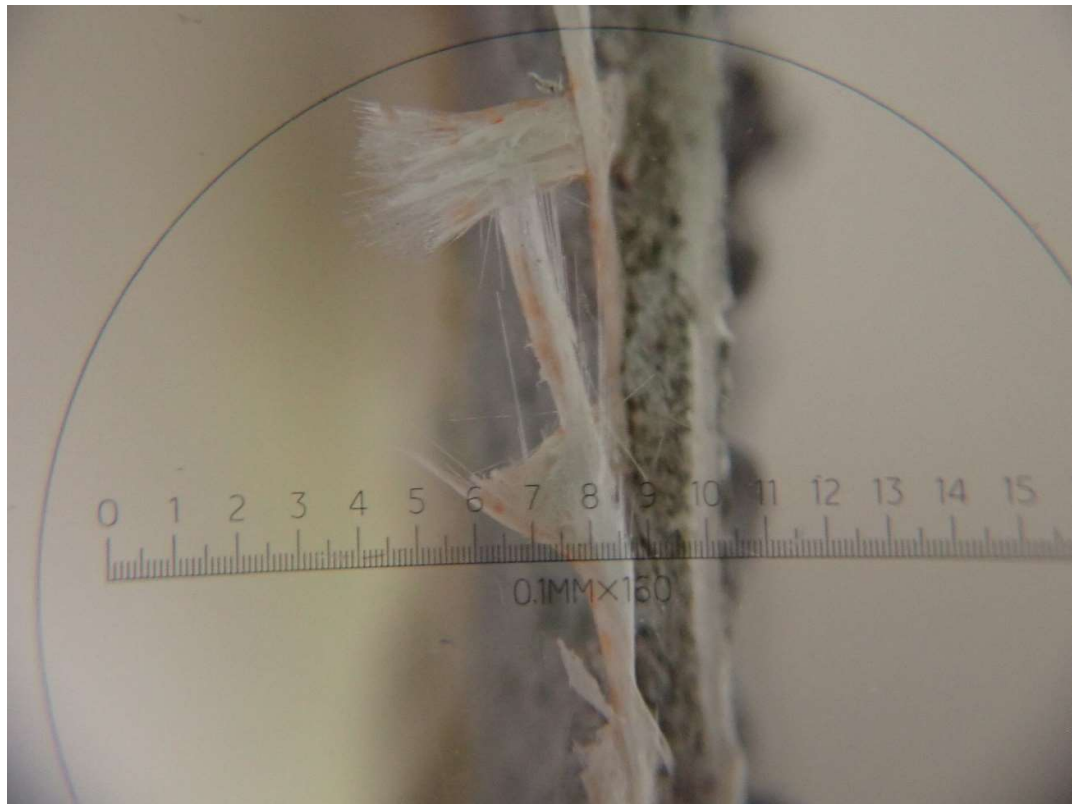
Pakkovoimista syntyy rappaukseen vetojännityksiä, jotka voivat aiheuttaa rappaukseen leveääkin halkeilua laastin vetojännityksen ylittäessä verkon vetolujuuden. Liian lujat laastit tai liian paksu rappauskerros saattavat johtaa siihen, ettei käytetty verkko kykene siirtämään syntyviä vetojännityksiä halkeamien ylitse vaan repeää halkeaman kohdalla. (by 57 2016, 25–26.)



Kuva 15. Kuvassa näkyvässä rappausverkon osittainen repeäminen, joka on aiheuttanut leveän vaakasuuntaisen halkeaman. (Vahanen Rakennusfysiikka Oy 2022)

Kvanden T. (2018, 6) mukaan virheet rappausverkon asennuksessa, kuten verkon väärä sijainti verkotuslaastikerroksessa, liian pienet limitykset jatkoksissa tai nurkka-alueilla sekä verkon aaltoilu laastikerroksessa ovat yleisimpiä syitä rappauksen halkeiluun.

Rappausverkon sijainnilla on vaikutusta rappauksen halkeilukäyttäytymiseen. Verkon ollessa lähellä eristeen ulkopintaa kohdistuu rappauksen ulkopintaan suuremmat vetojännitykset, mikä saa aikaan sen, että halkeamat syntyvät ensin rappauksen ulkopinnan puolelle. Verkon sijaitessa rappauksen keskellä tai ensimmäisessä kolmanneksessa (ulkopinnasta tarkasteltuna), aiheutuu rappauskenttää joko tasaista venymää rappauksen molemmille pinnoille tai suurempaa vetojännitystä rappauksen sisäpinnalle, jolloin mahdolliset alkavat halkeamat sijaitsevat rappauksen sisäpinnan puolella, eivätkä näin aiheuta epätiiviyttä rappauksen ulkopinnalla. (by 75 2021, 63; by 57 2016, 41).



Kuva 16. Kuvassa rappauksesta otettu lieriönäyte, josta nähtävissä rappausverkon sijaitsevan lähellä laastikerroksen sisäpintaa. Laastikerroksen kokonaispaksuuden ollessa noin 2,5...3,0 mm (Vahänen Rakennusfysiikka Oy 2022)



Kuva 17. Kuvassa rappauksesta otettu lieriönäyte, josta nähtävissä rappausverkon sijaitsevan lähes laastikerroksen keskellä. Laastikerroksen kokonaispaksuuden ollessa noin 3,5 mm (Vahanen Rakennusfysiikka Oy 2022)

## 6.2 Pakkasrapautuminen

Ohutrappaus-eristejärjestelmissä käytettävissä laasteissa käytetään suoja-  
huokoistusta ja erilaisia lisäaineita parantamaan laastien pakkasenkesto-ominaisuuksia (by 46 2005, 26). Eronen (2020, 29) pohti opinnäytetyösään, että järjestelmät ovat läpäisseet suomenkin oloissa vaaditut pakkasrasituskokeet laboratorio-olosuhteissa, mutta todellisissa kohteissa pakkasrapautumista syntyy jo, alle viiden vuoden käyttöiällä. Lembergin (2019, 110) tutkimuksessa havaittiin puutteita järjestelmien vikasietoisuudessa, koskien pakkasrapautumista. Tutkituista ohutrappauskohteista pakkasrapautumista havaittiin neljässä kohteessa suhteellisen nopeasti rappauksen valmistumisen jälkeen.

Tehtaalta elementteinä tulevissa ohutrappaus-eristejärjestelmissä on eristeenpinta suojattu ohuella suojalaastikerroksella säärasituksia vastaan. Tämä hyvin ohut ja vettä imevä kerros on usein alttiina korkealle säärasitukselle rakentamisen

aikana ennen lopullisen rappauspinnan valmistumista ja voi näin myös altistua korkealle pakkasrasitukselle. Tästä voi olla seurauksena verkotuslaastin puutteellinen tartunta alustaan (by 75 2021, 69). Työnaikainen nopea lämpötilanlasku pakkaselle laastin sisältäessä vielä runsaasti kosteutta on erityisen haitallista laastin lujuuden kehityksen kannalta (Huovinen et al. 1998, 26).

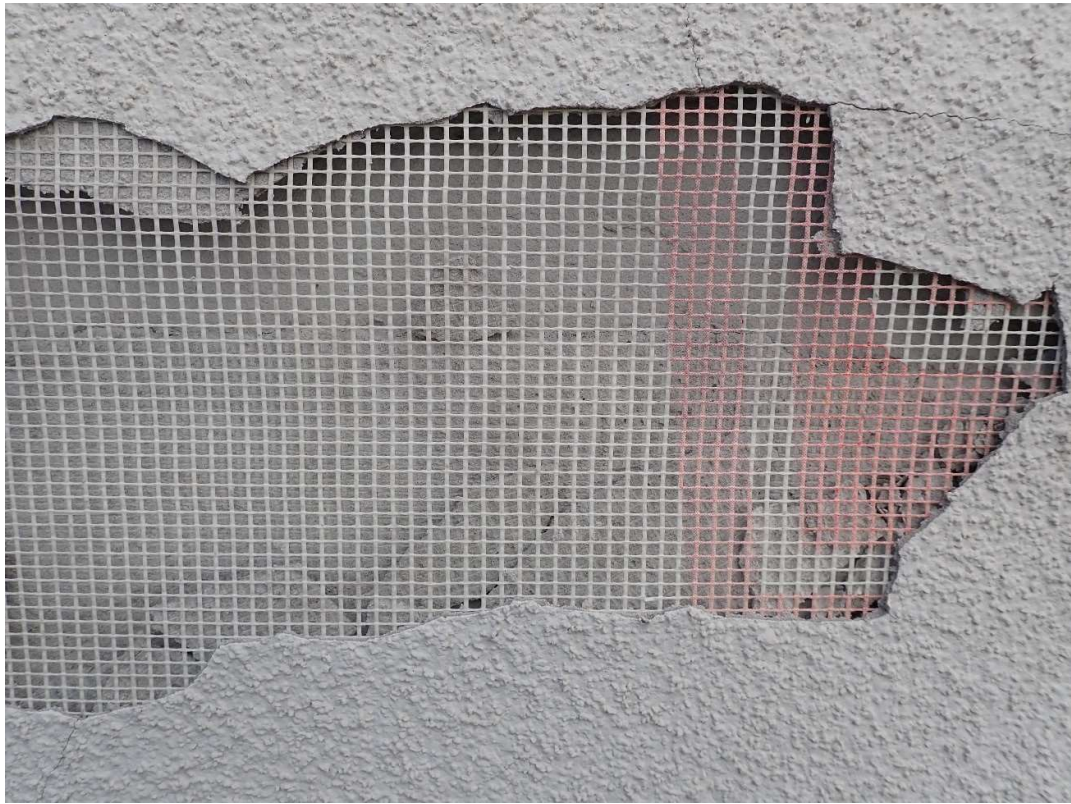


Kuva 18. kuvassa pakkasrapauman aiheuttama vaurio elementin alaosassa. (Vahanan Rakennusfysiikka Oy 2022)

### 6.3 Tartunnanheikkeneminen

Eri rappauskerrosten välinen tartunta voi heiketä tai jäädä puutteelliseksi kerrosten rajapintoihin syntyvien leikkaus- ja vetojännitysten vaikutuksesta. Näitä jännityksiä syntyy mm. eri materiaalien erilaisista lämpöliikkeistä, veden jäätymisestä ja suolojen kiteytymisestä eri kerrosten rajapinnoissa (by 75 2021, 66.)

Rappauskerrosten väliseen tartuntaan vaikuttaa oleellisesti työnaikainen toteutus ja jälkihoito. Alustan puhtaus, lujuus sekä ohutrappaus-eristejärjestelmä toimittajien ohjeiden mukaisella asennuksella on merkitystä onnistuneen lopputuloksen aikaansaamiseksi. Ohutrappatuilla julkisivulla rappauskerrokset kiinnittyvät alustaansa laastitartunnan välityksellä. Eri kerrosten väliset tartuntapuutteet voivat aiheuttavat merkittävän turvallisuusriskin. Tartunnan pettäminen saattaa aiheuttaa kokojulkisivun kokoisen vetoketjumurron, jossa koko julkisivurappaus irtoaa yhdellä kertaa. (by 75 2021, 69.)



Kuva 19. Kuvassa nähtävissä laastikerrosten välisten tartuntojen irtoaminen. Verkotuslaastikerrosten välinen tartunta on jäänyt puutteelliseksi aiheuttaen verkon irtoamisen ensimmäisestä verkotuslaastikerroksesta. (Vahanen Rakennusfyysikka Oy 2022)



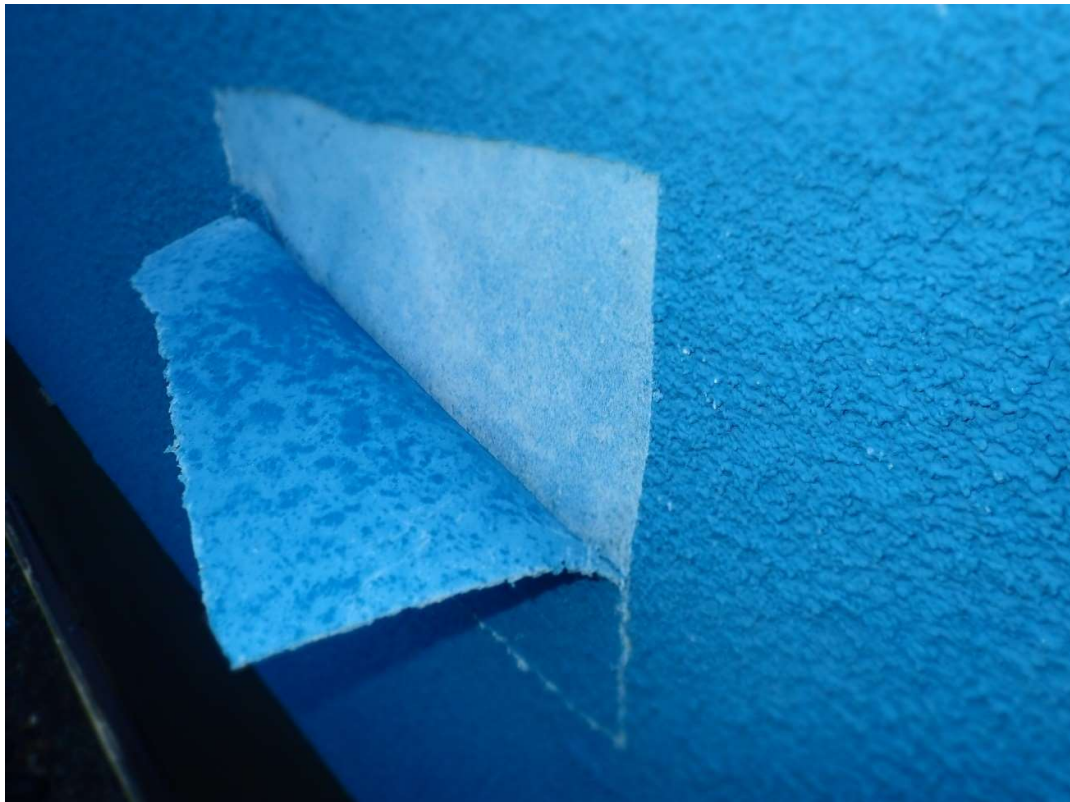
## 6.4 pinnoitevauriot

Rappauksen pinnoitteessa näkyvät vauriot ovat tyypillisesti niitä mitkä viimeistään herättävät kysymyksiä julkisivunkunnosta ja mahdollisesta korjaustarpeesta. Tyypillisesti pinnoitteen tai maalin irtoaminen alustastaan näkyy kuplimisena, etenkin sateen jälkeen kostealla säällä, kun pinnoitteen ja alustan väliin syntyy rako. Kuplat häviävät julkisivun kuivuesssa mutta palaavat jälleen sen kasvuessa. Tätä jatkuu, kunnes pinnoite irtoaa julkisivusta ja putoaa alas (by 75 2021, 62.)



Kuva 20. Pinnoitteessa näkyvää kuplimista. (Vahanen Rakennusfysiikka Oy 2022)

Syy pinnoitteen irtoamiselle voivat olla kosteuden ja lämpötilan muutoksista aiheutuvat veto- ja leikkausjännitykset. Eri materiaalikerrosten muodonmuutosten erilaisuus aiheuttaa leikkausjännityksiä ja eri kerrosten rajapintaan kerääntynyt kosteus aiheuttaa jäätyessään vetojännityksiä. Työnaikaiset olosuhteet vaikuttavat pinnoitteet tartuntaan, liian kuivalle tai märälle alustalle tehdyn pinnoitteen tartunta alastaan voi jäädä puutteelliseksi ja johtaa pinnoitteen irtoamiseen verkotuslaastikerroksesta. (JUKO eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje 2019, 19.)



Kuva 21. Kuvassa pinnoitekerros on irronnut verkotuslaastikerroksesta. (Vahanen Rakennusfysiikka Oy)

Pinnoitteisiin syntyy vaurioita myös kulumisen, hankauksen, UV- säteilyn ja suo-  
lojen kiteytymisen seurauksena. UV- säteily aiheuttaa pinnoitteiden ja maalien  
liituuntumista, joka nopeuttaa lian ja ilmassa olevien epäpuhtauksien tarttumista  
pinnoitteeseen ja näin edesauttamaan erilaisten levä-, sammal-, ja muiden kas-  
vustojen syntyä julkisivupinnoille. Pinnoitteissa olevat vauriot eivät välttämättä  
tarkoita, että vaurioita olisi myös rappauksen alemmissa kerroksissa. (by 75  
2021, 60–62, 79–80.)

### **6.5 Työnaikaiset vauriot**

Työnaikaiset virheet, työjärjestyksessä, asennuksessa, jälkihoidossa ja järjes-  
telmä toimittajien ohjeiden noudattamisessa sekä työskentely olosuhteissa vai-  
kuttavat merkittävästi rapattujen julkisivujen vikaherkkyyteen.

Oikeanlaisella työjärjestyksen suunnittelulla voidaan ehkäistä työnaikaisten vir-  
heiden synty ja varmistaa, että työ on mahdollista toteuttaa järjestelmätoimittajan

suunnitelmien ja ohjeiden mukaan. Asennuksen aikaisella olosuhteella on merkittävä rooli rappauksen erityövaiheiden onnistumiselle. Oikeanlaiset olosuhteet yhdessä olosuhteisiin sopivien menetelmien ja jälkihoitotoimenpiteiden kanssa luovat edellytykset suunnitelmien mukaiselle toteutukselle. Liian kosteat, kuivat, kylmät tai kuumat olosuhteet vaikuttavat merkittävästi laastien ja pinnoitteiden lujuuden ja tartunnan kehittymiseen, pakkovoimien aiheuttamiin vaurioihin, kutistumaan ja halkeiluun sekä vedenimuominaisuuksiin. (by 46 2005, 114–115.)



Kuva 22. Kuvassa julkisivujen kulmassa havaittu työnaikainen asennusvirhe. Kulma-alueen rappausverkkojen limitys puutteellinen. (Vahanen Rakennusfyysikka Oy 2022)



Kuva 23. Kuvassa liittymien ja liikuntasaumojen toteutuksissa havaittuja puutteita. (Vahanen Rakennusfysiikka Oy 2022)

Rappaustyötä voidaan tehdä vain, kun rakenteen lämpötila on yli  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Työtä ei voida myöskään tehdä sateella, suorassa auringonpaisteessa tai korkeassa lämpötilassa, myös tuuli lisää kosteuden haihtumisnopeutta merkittävästi. Työn onnistumisen kannalta tasalaatuisten työskentelyolosuhteiden aikaansaamiseksi suositellaankin, että ohutrappaus-eristejärjestelmät tehdään sääsuojatuilta telineiltä. (by 57 2016, 41.)

Betonivalmisosa rakentaminen aiheuttaa haasteita elementtien asennukseen ja elementtien välisten vaaka- ja pystysaumojen oikeanlaiseen eristämiseen. Rappausalustassa olevat muutokset paksuuksissa, materiaaleissa ja epäjatkuvuuskohdissa vaikuttavat rappauksen halkeilukäyttäytymiseen. Ohutrappaus-eristejärjestelmä on suunniteltu toimivaksi tietyn paksuisena kerroksena, joten muutokset kerrospaksuuksissa sekä eristemateriaaleissa vaikuttavat rappauksen vetojännityksiin ja näin myös halkeamien syntyyn. Tärkeää on noudattaa materiaalin toimittajan ohjeita kerrospaksuuksissa ja rappausverkon sijainnissa. (by 57 2016, 52.)



Kuva 24. Kuvassa elementin yläosaan asennettu suojamuovi, jolla on suojattu elementin avonaiset yläosat kuljetuksen ja välivarastoinnin aikana. Suojamuovi on asennettu elementtitehtaalla elementin valmistuksen yhteydessä lamellivillaeristeen ja betonielementin kantavan sisäkuoren väliin. Tämä vuoksi elementin ylimmät lamellivillaeristeet ovat olleet vain osittain kiinni elementin sisäkuoressa mikä on mahdollisesti edesauttanut vaakasuuntaisten halkeamien syntyyn elementtien vaakasuuntaisten saumojen kohdalla. (Vahanen Rakennusfysiikka Oy 2022)

Alustan suorudella ja rappausverkon oikealla sijainnilla on merkitystä ohutrappaus-eristejärjestelmien vikasietoisuuteen. Verkon tulee sijaita  $1/3 \dots 1/2$  syvyydellä laastikerroksen paksuutta kerroksen ulkopinnasta mitattuna. Alusta tasaisuudella varmistetaan, että laastikerros pysyy tasapaksuna koko työskentely alueella. Ohutrappauksella ei voida oikaista alustassa olevia tasaisuuseroja. Verkotuslaastikerroksen paksuutta ja verkonsijaintia tulee tarkkailla työn aikana kovetuneesta verkotuslaastikerroksesta otettavien poralieriöiden avulla. Lieriöistä voidaan seurata laastikerroksen paksuutta ja verkon sijaintia kerroksessa. Liian ohut tai paksu laastikerros tai verkon väärä sijainti kerroksessa vaikuttaa merkittävästi rappauksen vikasietoisuuteen ja halkeilu käyttäytymiseen. (By 57 2016, 41–42.)



Kuva 25. Kuvassa laastilla ja EPS- eristeen suikaleilla täytettyjä lamellivillaeriste kerroksessa olleita koloja. (Vahanan Rakennusfysiikka Oy 2022)

Asennuksen aikaisella jälkihoidolla ja olosuhteiden hallinnalla luodaan edellytykset rappauksen suunnitelmien mukaisten ominaisuuksien syntymiselle. Tavallisesti verkotuslaastikerros pyritään pitämään kosteana materiaalintoimittajan ohjeistuksen mukaan 1–3 vrk:n ajan. Liian nopea kuivuminen aiheuttaa halkeilua,

lujuuden alenemista, kasvattaa verkotuslaastikerroksen vedenimukykyä, joka taas heikentää laastikerroksen pakkasen kestävyyttä ja lyhentää koko järjestelmän elinkaarta. (by 57 2011, 53.)



Kuva 26. Kuvassa puutteellisesta jälkihoidosta aiheutunutta verkotuslaastikerroksen halkeilua ikkuna-aukon kulmassa. (AFRY Buildings Finland Oy 2023)

Rappausalustana toimivan eristekerroksen materiaali vaikuttaa jälkihoitotoimenpiteisiin. EPS- ja lamellimineraalivillaeristeet ovat vedenimuominaisuuksiltaan erilaisia. Lamellimineraalivillaeriste kykenee imemään sisäänsä runsaasti kosteutta, kun taas EPS-eriste ei juurikaan ime. Tämä aiheuttaa omat haasteensa rappauksen jälkihoidolle ja kuivumisen aikaiselle olosuhteiden hallinnalle. (Kvande T. 2018, 12.)

## 7 Tutkimusmenetelmät CASE-kohteessa

### 7.1 Aistinvarainen havainnointi

Ohutrappaus-eristejärjestelmien kuntotutkimuksiin tulee sisältyä aina silmämääräisesti tehty halkeamakartoitus kaikille julkisivupinnoille. Kartoitus on hyvä tehdä henkilönostimesta tai muusta telineestä käsin siten, että päästään mahdollisimman lähelle tutkittavaa julkisivupintaa, koska eristerapatuilla julkisivulla halkeamat ovat usein kapeita ja vaikeasti havaittavissa. (by 75 2021, 147.)

Halkeamien havainnointia voidaan helpottaa kastelemalla julkisivua (tummat värit) tai ajoittamalla havainnointi siten, että valo tulee mahdollisimman hyvin julkisivupinnan suuntaisesti. Kylmäilma helpottaa halkeamien havainnoita, koska ne ovat silloin leveimmillään. Halkeamien kartoittamiseen voidaan käyttää myös luuppia ja halkeamaleveysviivainta. Selvästi vaurioituneilla julkisivuilla halkeamakartoituksen ei tarvitse olla niin yksityiskohtaista kuin ehjiltä näyttävillä julkisivuilla. Näillä alueilla on syytä käydä järjestelmällisesti läpi kaikki ne alueet, joilla halkeamia tyypillisesti esiintyy. (JUKO eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje 2019, 72.)

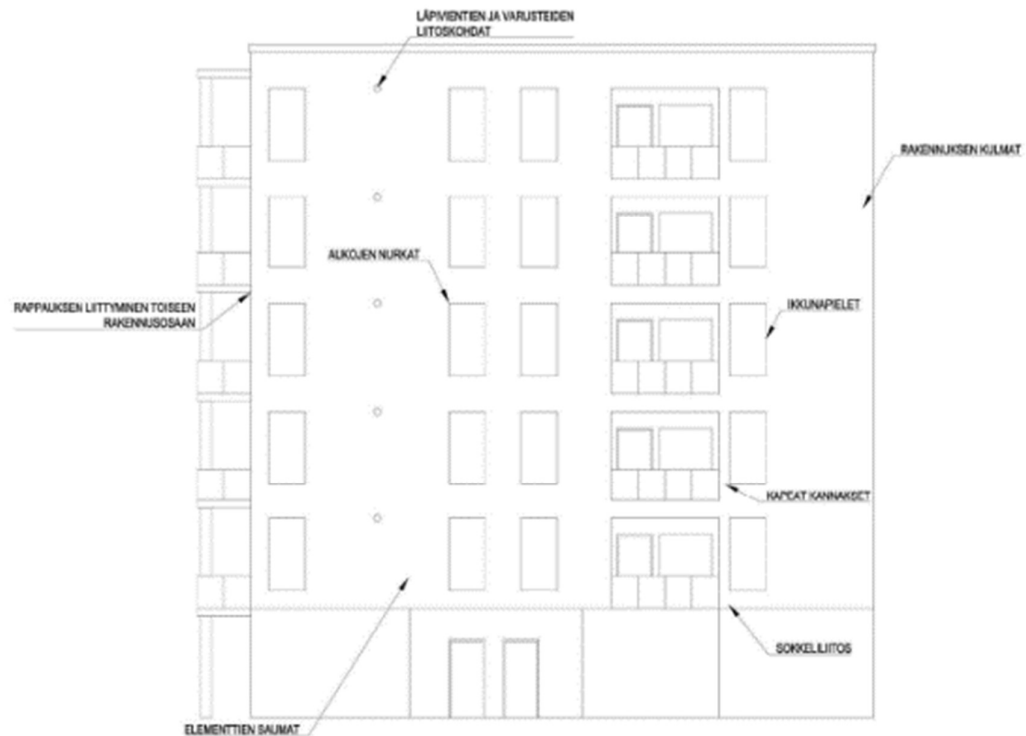
Tyypillisiä halkeamien esiintymispaikkoja ohutrappaus-eristejärjestelmillä esitetty alla olevassa taulukossa 2.

Taulukko 2: Tyypillisiä halkeamien esiintymispaikkoja (by 75 2021, 148.)

<b>Ohutrappaus-eristejärjestelmät</b>	
Aukkojen nurkat	Ikkunapielet
Kapeat kannakset	Sokkeliliitos
Rakennuksen kulmat	Läpivientien ja varusteiden liitokset
Paikallisesti likaantuneet alueet	Liittymät toiseen rakennusosaan
Elementtien saumat	Saumausten vierukset
Listojen ja profiilien jatkoskohdat	Rappausalustan muutos (palokatko)
Lämmöneristeiden saumat	Rungon liikuntasaumot

Havaitut halkeamat merkitään julkisivun vauriokarttaa. Samassa yhteydessä havainnoidaan niiden sijainti, suunta ja muoto, koska niistä voidaan päätellä mahdollisia syitä halkeamien syntyyn (by 75 2021, 147.)





Kuva 27. Kuvassa alueet, joissa tyypillisesti esiintyy halkeilua ohutrappaus-eristejärjestelmissä. (JUKO eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje 2019, 74)

Rappauksen halkeilun ja lohkeilun silmämääräisen tarkastelu yhteydessä tarkastetaan liitosten ja liittymien kosteustekninen toimivuus. Näissä havaitulla puutteilla ja vaurioilla on merkitystä rappauksen kosteusrasitustasoon rappauksen liikkeisiin ja vikasietoisuuteen. Havainnoidaan saumaukset, tiivistykset, suunnitelmien ja ohjeiden mukaisuus, käytetyt materiaalit ja toteutus.

Tarkastettavia kohtia ovat Suomen Betoniyhdistyksen julkaisun by 75 2021 mukaan:

- aukkojen nurkat
- kapeat kannakset
- ikkunanpielet
- elementtinsaumat
- lämmöneristeiden saumat
- rappausalustan muutos
- rungon liikuntasaumot
- tumman ja vaalean rappauspinnan raja

- sokkeliliitos
- listojen ja profiilien jatkoskohdat
- rakennuksen kulmat
- läpivientien ja varusteiden kiinnitys
- liikennöityjen alueiden läheisyys
- liikuntasaumojen ja tiivistysten läheisyys

## 7.2 Vasarointi ja raaputus

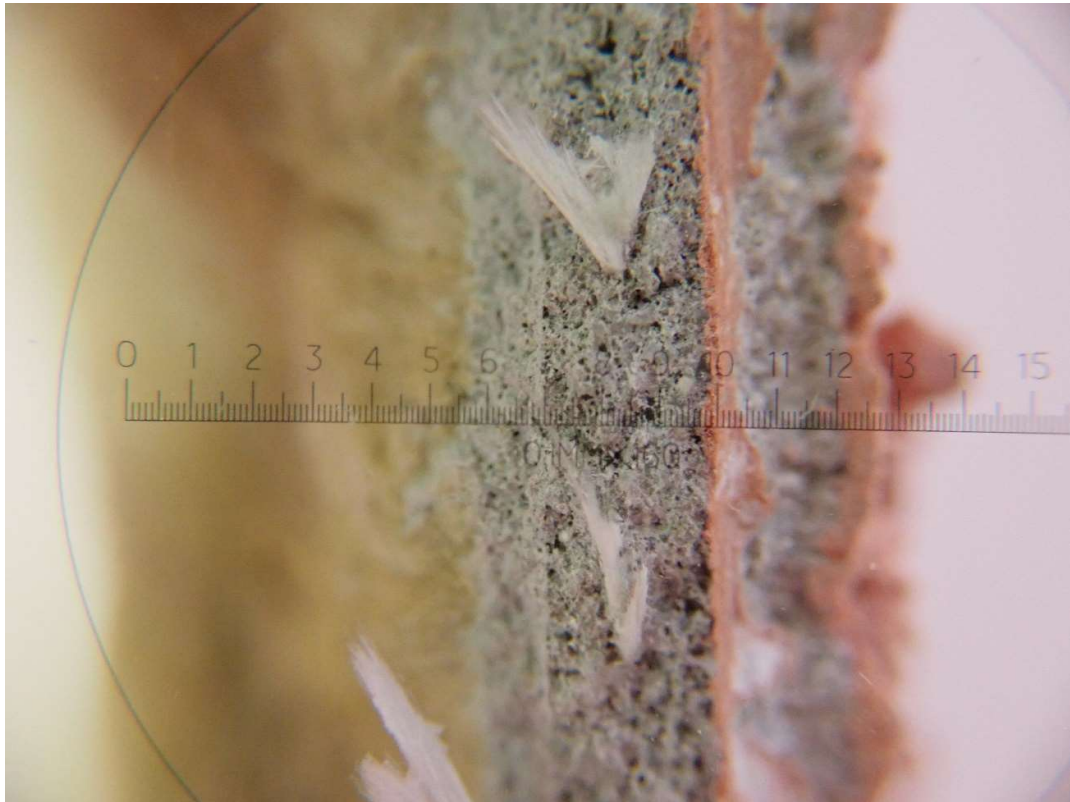
Halkeamakartoituksen yhteydessä kaikille julkisivupinnoille tehdään vasarointi, kevyellä vasaralla kevyesti vasaroiden tai raahaamalla kovaa esisinettä rappauspintaa pitkin. Vasaroinnissa ja raahauksessa tuulee kiinnittää huomiota käytettävän voiman suuruuteen, ettei rappauksen pinta vaurioidu. Ohutrappaus-eristejärjestelmillä vasarointia ei synny yhtä selvää äänieroa rapautuneen ja ehjän rappauksen välillä, joten havainnointi vaatii tarkkaavaisuutta ja taitoa. Eristerappausjärjestelmissä pakkasrapautumien etenee herkästi piilossa ja vain jo pitkälle rapautuneet alueet ovat silmämääräisesti havaittavissa. Tästä syystä sitä kannattaa etsiä erityisesti julkisivualueilta, joihin kohdistuu korkea kosteusrasitus, kuten julkisivun ylä- ja alareunat, nurkka-alueet, halkeamat, vaurioituneet liitokset ja liittymät. (by 75 2021, 149.)

Heikkolujuista ja rapautunutta rappausa voidaan etsiä myös raaputtamalla julkisivunpintaa terävällä työkalulla kuten puukolla, meisselillä, tai taltalla. Terävä esine uppoaa herkemmin rapautuneeseen rappaukseen. (Juko eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje 2019, 77.)

## 7.3 Näytepalat ja rakenneavaukset

Ohutrappaus-eristejärjestelmien kuntotutkimusten yhteydessä otetaan pääsääntöisesti poralieriö näytteitä rappauksesta. Näytteiden ottamisen ja lukumäärän tulee tukea tutkimustarvetta ja olla perusteltua. Näytteiden avulla saadaan tietoa käytetyn järjestelmän suunnitelman mukaisuudesta, rappauksen kunnosta mahdollista vaurioista sekä syistä vaurioiden syntyyn. Näytteestä saadaan selville rappauskerrokset, niiden paksuudet sekä verkon sijainti rappauskerroksessa. Näytteenoton yhteydessä voidaan silmämääräisesti arvioida eri kerrosten välistä

tartuntaa sekä eristeen tartuntaa alustaan. Silmämääräisesti tehtävän rappausnäytteen analysoinnin apuna on hyvä käyttää luuppia tai mikroskooppia. (by 75 2021, 150–151.)



Kuva 28. Kuvassa lieriönäyte korjatusta julkisivun osasta. Näytteessä havaittavissa lähimpänä eristepintaa suojalaastikerros ~1,5 mm, verkotuslaastikerros ~3,0 mm, rappausverkko verkotuslaastikerroksen puolessavälissä, alkuperäinen pinnoitekerros ~1,0 mm, uusi laastikerros ~1,5 mm, jossa ei ole havaittavissa rappausverkkoa sekä uusi pinnoitekerros ~1,0 mm, näytteen kokonaispaksuus ~7,5 mm (Vahanen Rakennusfysiikka Oy 2022)

Ohutrappaus-eristejärjestelmissä käytettyjen laastien koostumusta ei voida selvittää ohuthieestä, niiden polymeeripitoisuuden vuoksi. Ohutrappauksesta otetusta ohuthieestä ei voida myöskään lukea samoja tietoja halkeilun syistä, huokosrakenteesta tai pakkasenkesto-ominaisuuksista kuin sementtipitoisista laasteista. Siitä voidaan selvittää kuitenkin seuraavia asioita:

- rappauskerrosten välinen tartunta
- pinnoitteen tartunta rappaukseen
- eri kerrosten paksuus
- rappausverkon olemassaolo ja sijainti
- pinnoite ja maalikerrosten määrä

- pohjustusaineen käyttö
- (by 75 2021, 142)

Ohutrappaus-eristejärjestelmien toteutusta ja suunnitelmien mukaisuutta tutkittaessa voi ilmetä tarvetta alusrakenteen kunnan selvittämiseen rakenneavauksin. Avauksesta voidaan selvittää eristeen kunto, tartunta alustaan, mekaanisten kiinnikkeiden käyttö, elementtien saumoissa käytetty eristemateriaali, toteutustapa ja lisäverkkojen käyttö.



Kuva 4. Kuvassa elementtien vaakasaumaan tehty rakenneavaus rakenteen selvittämiseksi. Kuvassa havaittavissa mm muovikalvo eristeen takana, huomattavan paksu rappauskerros alemman elementin vaakasauman kohdalla. (AFRY Buildings Finland Oy 2023)

Julkisivusta kerätyt näytteet laitetaan yksitellen suljettaviin pusseihin ja merkitään tunnisteella. Näytteenotto paikka ja tunniste merkitään julkisivun vauriokarttaan. Näytteenotto paikat ja rakenneavaukset pyritään paikkaamaan mahdollisimman hyvin ja säänkestävästi. Jokaisesta näytteenotto ja rakenneavaus paikasta/näytteestä mitataan ja tutkitaan rappauksen paksuus kerroksittain, rappausverkon sijainti, rappauksen tartunta eristekerrokseen, eristeen paksuus ja eristeen tartunta

alusrakenteeseen. Näytteiden vertaamista varten otetaan näytteitä myös julkisivujen ehjiltä alueilta. (JUKO eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje 2019, 91–92.)

## 8 Tulokset, case ohutrappaus-eristejärjestelmä

### 8.1 Havainnot

Case- tutkimuksen kohteena oli asuinkerrostalo, jossa on neljä toisissaan kiinni olevaa rakennusta, joissa on 2–8 asuinkerrosta. Tutkimuksessa tehdyt havainnot käydään seuraavissa kappaleissa läpi tiivistetysti talo kerrallaan. Havainnot kuvineen on esitelty tarkemmin tämän opinnäytetyön liitteenä olevassa case- kohteen tutkimusselosteessa (liite 1).

A-talon etelänpuoleisella julkisivulla on melko runsaasti halkeamia. Halkeilua havaittiin aukkojen kulmissa, kapeilla kannaksilla aukkojen välissä ja parvekelaattojen alapuolella. Ohutta verkkomaista halkeilua havaittiin julkisivun yläosassa. Pinnoitevaurioita ja -puutteita havaittiin vesipeltien alla sekä julkisivun alaosassa. Tiivistys- ja saumaustuotteita havaittiin vesikatteiden ylösnostojen suojaPELLITYSTEN saumauksissa sekä liittymissä muihin rakenneosiin. Pohjoisen-, idän-, ja lännenpuoleisilla julkisivuilla havaittiin vain yksittäisiä joustavia alueita. Rappauksen kokonaispaksuus vaihteli ollen välillä 2,5...7 mm. Tutkituissa lieriönäytteissä rappausverkko sijaitti puoleessa välissä verkotuslaastikerrosta tai sen yläpinnassa.

B-talon etelänpuoleisella julkisivulla oli havaittavissa laajoja alueita, joilta rappaus oli irronnut alustastaan, se oli irtoamassa tai oli jo tippunut alas. Julkisivussa oli merkittäviä turvallisuuteen vaikuttavia vaurioita. Halkeilua havaittiin laajoilla alueilla, rappaus oli voimakkaasti rapautunutta ja eri laastikerrosten välinen tartunta oli puutteellista. Halkeamien kohdalla havaittiin rappausverkon repeämiä sekä puutteita rappausverkkojen limityksissä. Lähtötietojen perusteella julkisivuun oli tehty paikkauskorjauksia vuonna 2019. Korjausalueet olivat osittain silmämääräisesti havaittavissa. Pohjoisen-, idän-, ja lännenpuoleisilla julkisivuilla ei havaittu puutteita. Nostoteknisistä syistä idän- ja lännenpuoleiset julkisivut kyettiin tutkimaan vain osittain. Rappauskerroksen kokonaispaksuus vaihteli ollen välillä 3...7 mm. Lieriönäytteistä voitiin havaita rappausverkon sijaitsevan pääosin verkotuslaastikerroksen yläpinnassa.

C-talon eteläpuoleisella julkisivulla on betonielementtirakenteiset parvekkeet, jotka on rajattu pois tutkimuksesta. Lännen- idänpuoleisilla julkisivuilla havaittiin

runsaasti joustavia alueita, mutta halkeamia ei havaittu. Rakennusosien liittymissä havaittiin saumausten irtoamista vastinpinnoilta sekä puutteita saumausten toteutuksissa. Rappauskerroksen kokonaispaksuus vaihteli ollen välillä 3...5 mm. Tutkituissa lieriönäytteissä rappausverkko sijaitti verkotuslaastikerroksen puolella välissä tai kerroksen yläpinnassa.

D-talon etelänpuoleisessa julkisivussa oli alueita, joilta rappaus oli kokonaan tai osittain irronnut alustastaan. Pitkiä ja leveitä halkeamia havaittiin julkisivun nurkka-alueilla. Lähtötietoaineiston mukaan D-talon julkisivuun oli tehty paikkauskorjauksia vuonna 2019. Korjausalueet olivat aistinvaraisesti havaittavissa julkisivussa. Korjattujen alueiden alla voitiin havaita silmämääräisesti laajoja, koko julkisivun läpi kulkevia halkeamia. Julkisivusta otetuista lieriönäytteistä voitiin havaita, että paikkauskorjaukset on tehty suoraan alemman rappauskerroksen päälle, vanhaa pinnoitekerrosta poistamatta. Idän- ja lännenpuoleisilla sivuilla havaittiin runsaasti ohuita joustavia alueita. Rappauskerroksen kokonaispaksuus vaihteli ollen välillä 4...8 mm. Otetuissa lieriönäytteissä rappausverkon sijainti vaihteli ollen osassa näytteitä verkotuslaastikerroksen ala- tai yläpinnassa, osassa keskellä verkotuslaastikerrosta.

## 8.2 Johtopäätökset

Julkisivuista kerättyjen lieriönäytteiden kokonaispaksuus vaihteli ollen välillä 2...9 mm (suojalaastikerrosta ei huomioitu näytteiden kokonaispaksuuden arvioinnissa). Materiaalitoimittajan työohjeen mukaan rappauksen kokonaiskerrospaksuuden tulisi olla 4...8 mm käytetyn laastiyhdistelmän mukaan. Materiaalitoimittajan ohjeen mukainen kerrospaksuus jäi useilta osin saavuttamatta. Materiaalitoimittajan ohjeistuksista poikkeavat kerrospaksuudet vaikuttavat rappauksen viakaheerkkyyteen.

Rappausverkon osittain virheellinen sijainti verkotuslaastikerroksessa, sekä ohut verkotuslaastikerros vaikuttavat oleellisesti rappauksen halkeama käyttäytymiseen. Ohut laastikerros ja osittain virheellisesti asennettu rappausverkko ei saavuta järjestelmälle asetettua vetolujuutta ollen kykenemätön vastustamaan pakkoimista aiheutuneita vetojännityksiä ja niistä aiheutuvaa halkeilua. Hal-

keamien ja liittymissä havaittujen puutteiden kautta laastikerrokseen ja eristetilaan päässyt vesi ja kosteus yhdessä pakkasrasituksen kanssa, ovat aiheuttaneet erityisesti säärasitetuilla etelänpuoleisilla julkisivuilla rappauksen rapautumista ja eri laastikerrosten välisten tartuntojen heikkenemistä.

Lähtötietojen perusteella B-talon etelänpuoleisen julkisivun rappauustyöt ovat ajoittuneet keskikesään, jolloin varsinkin etelänpuoleisella julkisivulla, saattaa olla hyvinkin haastavat työskentelyolosuhteet. Lämmin ilma, tuuli ja rappausalustana olevan lamellimineraalivillan vedenimuominaisuus voivat yhdessä aiheuttaa laastikerroksessa nopeaa kosteudenhaihtumista. Lähtötiedoista ei selvinnyt onko rappaustyön aikana tehty jälkihoitotoimenpiteitä tai onko asennuksen aikana käytetty sääsuojasta. Laastin liian nopea kuivuminen aiheuttaa sekä työnaikaista halkeilua laastikerroksissa että aikaistaa laastin kypsymistä. Liian varhaisen kypsymisen takia laastinlujuus ei pääse kehittymään laastin ominaisuuksien mukaiseksi.

B- ja D- talojen etelänpuoleisille julkisivulle vuonna 2019 tehdyt rappauskorjaukset on tehty suoraan vanhan rappauspinnan päälle. Käytettyä korjaustapaa voidaan pitää sopimattomana ratkaisuna, koska korjatuilla alueilla havaittiin laaja-alaista halkeilua, rapautumista sekä tartunnan heikkenemistä.

Liittymissä ja saumauksissa havaitut puutteet ja virheet ovat paikallisesti aiheuttaneet vaurioita rappaukseen mahdollistaneen kosteuden kulkeutumisen rakenteeseen.

### **8.3 Case- kohteeseen suositellut korjaustapaehdotukset tiivistetysti**

Case-kohteeseen suositeltiin korjaustoimenpiteinä seuraavia korjaustapoja. A-, B- ja D-talojen etelänpuoleisten julkisivujen rappauspinnoilla havaittujen merkittävien ja kohteen turvallisuuteen vaikuttavien vaurioiden määrästä ja laadusta johtuen (halkeilua, tartunnanpuutteita ja pitkälle edennyttä pakkasrapautumaa) päädyttiin suosittelemaan rappauksen uusimista talojen A, B, ja D etelänpuoleisilla julkisivuilla. Rakennuksen kaikkien julkisivujen kohdalla suositeltiin liittymissä ja saumauksissa havaittujen vaurioiden ja puutteiden korjausta. Lisäksi suositeltiin kaikkien julkisivujen säännöllistä ja systemaattista seuraamista. Julki-



sivujen kunnan systemaattista seuraamista suositeltiin, koska muilla kuin etelänpuoleisilla ei havaittu merkittäviä puutteita ja vaurioita. Rappauskerros on ohut ja paikoin hyvinkin joustava, mutta toistaiseksi halkeilua ei ollut havaittavissa. Julkisivujen ohutkerrospaksuus lisää niiden vikaherkkyttä, joten oikeanaikaiset huolto- ja korjaustoimenpiteen ovat merkittävässä roolissa julkisivujen pitkäkestoisuuden kannalta.

## 9 Pohdinta

Case- kohteena olleen rakennuksen julkisivujen kuntotutkimuksen tulosten ja aiheita käsittelevän kirjallisuuden sekä käytävissä olleiden tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että ohutrappaus-eristejärjestelmällä toteutetuilla julkisivuilla havaitut vauriot johtuvat usein monen tekijän yhteisvaikutuksesta.

Ohutrappaus-eristejärjestelmillä toteutettujen julkisivujen vaurioituminen voi alkaa hyvinkin pian julkisivun valmistumisen jälkeen ja edetä nopeasti vaiheeseen, jossa ainoana vaihtoehtona on koko rappauksen uusiminen. Aikaisemmin käytetyt korjaustavat ovat saattaneet aiheuttaa merkittäviä muutoksia rappauksen ominaisuuksiin aiheuttaen lisävaurioita tai nopeuttaen jo olemassa olleiden vaurioiden etenemistä. Havaittuja vaurioiden korjaamiseksi ei ole mitään varsinaista kansallista ohjeistusta ja vasta viime aikoina alan eri toimijat ja materiaalityöntekijät ovat ryhtyneet kehittämään ja tarjoamaan erilaisia ohjeistuksia ja korjaustapoja vaurioituneiden ohutrappaus-eristejärjestelmillä toteutettujen julkisivujen korjaamiseksi.

RIL 107-2022 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet julkaisussa ohjeistetaan suunnittelun, materiaalinvalintojen, toteutuksen, laadunvarmistuksen ja aktiivisen huollon keinoin luomaan edellytykset eristerappattujen julkisivujen toiminnalle. Julkaisu ei myöskään suosittele eristerappausjärjestelmää käytettäväksi tietyn tyyppisissä tai tietyillä alueilla sijaitsevilla rakennuksissa.

Järjestelmää voidaan pitää ominaisuuksiltaan vikaherkkänä, jonka onnistunut toteutus vaatii hyvää detaljitason suunnittelua ja toteutusta, hyvää ammattitaitoa, oikeanlaista olosuhteiden hallintaa, jatkuvaa työnaikaista laadunvarmistusta ja jälkihoitotoimenpiteitä sekä aktiivista ja oikeanaikaista huoltoa.

Pohdintaa herättää järjestelmän vikaherkkyys. Voidaanko suositella käytettäväksi järjestelmää, joka toimiakseen vaatii kaikkien järjestelmään kuuluvien osaluokkien täydellistä onnistumista ollakseen pohjoismaisiin olosuhteisiin sopiva. Järjestelmän elinkaari on kuitenkin verrattain lyhyt ja korjauskustannukset voivat olla hyvinkin merkittävät.

## LÄHTEET

ETAG 004. Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with Rendering. (2013). European Organisation for Technical Approvals EOTA, Brussels

Eronen M. (2020). Eristerappausjärjestelmien tyypillisten vaurioiden korjausmenetelmät. ylempi AMK. Metropolia Ammattikorkeakoulu

Laamanen, P., Heimonen, I., Mutanen, T., Rajala, L., Souto, A., Turunen, T., Vinha, J. (2022). RIL 107-2022 Veden- ja kosteuden eristysohjeet

Lahdensivu, J., Köliö, A., Pakkala, T., Lemberg, A-M., Eronen, M. (2021). Muurattujen ja rapattujen julkisivujen kuntotutkimus 2021, by 75, Suomen Betoniyhdistys ry, Helsinki

Lahdensivu, J., Weiho, I., Ruuska-Jauhijärvi, K., Pyy, H. (2019). Betonijulkisivun kuntotutkimus 2019, by 42, Suomen Betoniyhdistys ry, Helsinki

Lahdensivu, J., Annala, P., Pikkuvirta, J., (2016). Eriste- ja levyrappaus 2016, by 57, Suomen Betoniyhdistys ry, Helsinki

Lahdensivu, J. (2005). Rappauskirja 2005, by 46, Suomen Betoniyhdistys ry, Helsinki.

Lemberg, A-M., Lahdensivu, J., Köliö, A., Pakkala, T. (Versio 29.11.2019). Julkisivuyhdistys, verkkojulkaisu, Eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje

Lemberg, A-M. (2019). Eristerappausjärjestelmien vauriomekanismit ja kuntotutkimusmenetelmät, Diplomityö. Tampereen tekninen yliopisto

Huovinen, S., Hakkarainen, H., Outinen, K., Salmikivi, T. (1998). Rapattun julkisivu kuntotutkimus, by 44, Suomen Betoniyhdistys ry, Helsinki.

Kvande, T., Bakken, N., Bergheim, E., Thue, J.V. (2018). Durability of ETICS with Rendering in Norway-Experimental and Field Investigations, Trondheim.

Lutz, H., Bayer, R. (2010). Dry Mortars, teoksessa: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

Olsson, L. (2014). Result from laboratory tests of wind driven rain tightness in more than 100 facades and weather barriers, Lund.

RT-tietoväylä 80–11202.

RT-tietoväylä (2019) ohjekortti 103098

Weber, H., de Grave, I., Röhr, E. Altstädt. V. (2016). Foamed Plastics, Teoksessa Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH Verlag GmbH Co. KGaA, Weinheim.

VTT certificate NO. Vtt-C-10787-14

<https://alseccofinland.fi/wp-content/uploads/2019/09/alseccotuotteet.pdf>

<https://alseccofinland.fi/wp-content/uploads/2019/09/alseccoPrewisltehdasts.pdf>

<https://www.fi.weber/mallityoselostukset>

<https://www.fi.weber/mallidetajit/detajit-julkisivut/serpomin-eristerappauksen-detajit-uudisrakentaminen>

[https://www.fi.weber/search-content/content\\_type/product/activities/listat-ja-profiilit-1126](https://www.fi.weber/search-content/content_type/product/activities/listat-ja-profiilit-1126)

[https://issuu.com/betonyhdistys/docs/tilaajan\\_ohje\\_muurattujen\\_ja\\_rapattujen\\_julkisivujen\\_kuntotutkimus\\_2022](https://issuu.com/betonyhdistys/docs/tilaajan_ohje_muurattujen_ja_rapattujen_julkisivujen_kuntotutkimus_2022)

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/140946/978-952-03-2438-4.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

<file:///Downloads/6-13%20Weber-Julkisivuratkaisut.pdf>

Sähköpostit:

Vahanan rakennusfysiikka Oy ja tilaajan väliset sähköpostikeskustelut

**LIITTEET**

Liite 1. Tutkimusselostus As Oy xx eristerappauksen kuntotutkimus

# TUTKIMUSSELOSTUS

AS OY TAMPEREEN XX  
ERISTERAPPAUKSEN KUNTOTUTKIMUS

7.9.2022



7.9.2022

## Sisällys

Sisällys .....	2
1 Yleistiedot tutkimuksesta .....	3
1.1 Tutkimuskohde .....	3
1.2 Tutkimuksen tilaaja .....	3
1.3 Tutkimuksen tekijä ja tutkimuksen ajankohta .....	3
1.4 Tutkimuksen tavoite ja käytetyt menetelmät .....	3
2 Lähtötiedot .....	3
2.1 Tutkimuksen lähtötilanne .....	3
2.2 Käytettävissä olleet lähtötiedot .....	4
3 Havainnot .....	6
4 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset .....	30

7.9.2022

## 1 Yleistiedot tutkimuksesta

### 1.1 Tutkimuskohde

As Oy Tampereen xx  
Tampere

### 1.2 Tutkimuksen tilaaja

xx

### 1.3 Tutkimuksen tekijä ja tutkimuksen ajankohta

Vahanen Rakennusfysiikka Oy  
Tampellan esplanadi 2, 3krs  
33100 Tampere

Yhteyshenkilö:

Aapeli Räihä, DI, puh: 044 7688317, sähköposti: [aapeli.raiha@vahanen.com](mailto:aapeli.raiha@vahanen.com)

Kenttätutkimukset toteutettiin 18-20.7.2022.

### 1.4 Tutkimuksen tavoite ja käytetyt menetelmät

Toimeksianto käsitti kohteen As Oy Tampereen xx eristerapattujen julkisivujen vauriokartoituksen. Tutkimukset suoritettiin tarjouksen (Vahanen Rakennusfysiikka Oy, 7.7.2022) mukaan esitetyssä laajuudessa niin laajasti kuin se oli nostoteknisesti mahdollista.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää:

- julkisivurappauksen kunto
- yksityiskohtien ja liittymien kosteustekninen toiminta
- rakenteissa esiintyvät vauriot ja niiden laajuus
- syyt vaurioitumiseen
- vaurioiden merkitys rakenteille
- tarvittavien korjausten laajuus
- rakenteiden halkeilu ja lohkeilu

Julkisivut tutkittiin silmämääräisesti nostokorista sekä maantasosta käsin. Tutkimuksessa käytettiin nostokoriautoa. Kaikkia kohteen eristerapattuja julkisivupintoja ei ollut nostoteknisesti mahdollista tutkia nostokorista käsin. Alueet, joita ei päästy nostoteknisistä syistä tutkimaan, on esitetty liitteessä 1.

Tutkimuksen arviot ja johtopäätökset perustuvat tutkittuihin rakenteiden alueisiin. Rakenteissa saattaa olla piileviä vaurioita, jota tämän tutkimuksen avulla ei ole saatu selville tai vaurioaste ja laajuus saattavat poiketa tutkimushetkellä todetusta. Näihin seikkoihin tulee varautua korjaussuunnitelma-asiakirjoissa.

## 2 Lähtötiedot

### 2.1 Tutkimuksen lähtötilanne

Kohde on vuonna 2015 (vastaanottotarkastus pidetty 18.12.2015) valmistunut 4-kerkoinen, 2–8. kerroksinen betonielementtirunkoinen asuinkerrostalo. Kohteen julkisivut



7.9.2022

1. kerroksesta ylöspäin ovat eristerapattuja. Alin kerros on betonisandwich-rakenteinen. Lähtötietojen mukaan julkisivuja on korjattu vuonna 2019. Korjauksia on tehty ainakin rakennusten B ja D eteläseinustoille. Tehdyistä korjauksista ei ole käytettävissä asiakirjoja, joten korjaustapa- ja laajuus ei ole tiedossa.

6.7.2022 pidetyssä julkisivun reklamaatiokatselmuksessa todettu seuraavaa:

- B-rapun edustalla akuutti julkisivurappauksen putoamisvaara
- Silmämääräisesti havaittavissa irtoamassa olevaan julkisivurappausta (pusseja, rappaus osittain irronnut alustastaan) ja halkeilua suurella alueella.

Kohteen rappauksissa aikaisemmin havaitut puutteet ovat lähinnä rappauksen halkeilu elementtisaumojen ja liittymien kohdalla.

## 2.2 Käytettävissä olleet lähtötiedot

Tutkimuksessa oli käytettävissä seuraavat asiakirjat:

- Muistio, Julkisivun reklamaatio katselmus. Rapp Valvontakonsultit Oy, 6.7.2022
- Tarkastusmuistio (rappauskorjaukset), Valvontakonsultit rakennuttajatoimisto Oy, 2.9.2019
- As. Oy Tampereen xx, Rappauskorjaukset 5.9.2019
- Rappauksen sisältö tarjousasiakirja
- Työmaapäiväkirjat ajalta: 5.5.2014-31.12.2015
- Rakennepiirustuksia, Suunnittelu Teräsmaa Oy, 22.09.2014

Suunnitelmissa ei ole esitetty käytettyä rappausjärjestelmää mutta rappauksen paksuudeksi on esitetty 10 mm (kuva 1). Tilaaajalta saadun tiedon mukaan tutkittavassa julkisivussa on käytetty Alsecon Prewis 1-järjestelmää.

Rappausjärjestelmän materiaalivalmistajan ohjeiden mukaiset tuotteet ja kerros-paksuudet on esitetty seuraavassa:

- verkotuslaasti: Armatop MP (3,0 mm), Armatop A/AK (4...5 mm), Armatop Quattro/Carbon (2 mm)
  - paksuus 2...5 mm riippuen mitä verkotuslaastia käytetään
  - lähtötiedoista ei ilmene millä verkotuslaastilla rappaus on toteutettu
  - lähtötiedoista ei ilmene millä suojalaastilla elementtien lamellivilla eriste on "limutettu" elementtivalmistajan toimesta.
- verkko: lasikuituverkko 32
  - verkon tulee sijaita laastikerroksen ylimmässä kolmanneksessa
  - yli 5 mm täytöissä verkon tulee sijaita laastikerroksen puolellavälissä
  - verkotus tulisi peittää kauttaaltaan verkotuslaastilla
  - verkkojen limityksen tulee olla min. 100 mm
- pinnoitus: pinnoitteen kerrospaksuus raekoon mukaan
  - paksuus 1,5...4 mm
- rappausjärjestelmän kokonaispaksuus 4...9 mm (ilman suojalaastia)

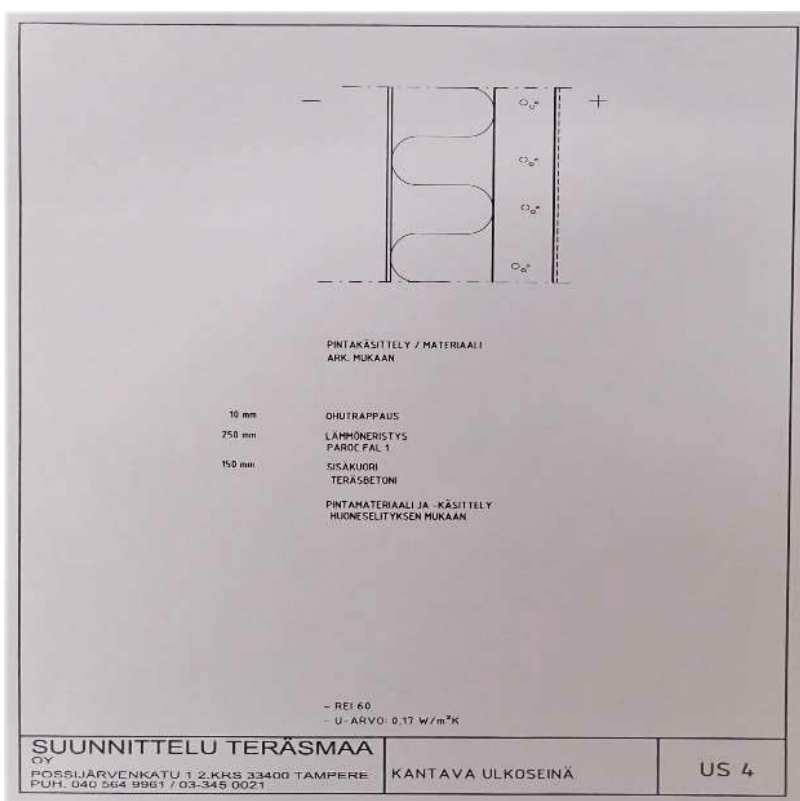
Työmaapäiväkirjojen mukaan rappaukset alkanee 13.4.2015 D-talosta. Työmaapäiväkirjojen mukaan ilmanlämpötila ollut huhtikuun aikana 1–6°C. Pääosin poutaa.

7.9.2022

Työt jatkuneet toukokuussa C- ja D- talojen kohdalla. Säätila pääosin poutaa, lämpötila 9–15°C. Kesäkuun alussa on aloitettu A-talon itäpäädyn ja B-talon länsipäädyn rappaukset. 15.6 aloitettu B-talon eteläpäädyn rappaukset. Kesäkuussa pääosin poutasäätä lämpötilat n. 10–15°C välillä. Kuun puolessa välissä ollut sadetta ja kovaa tuulta. Rappauksissa ollut n. puolentoistaviikon tauko, jatkuneet 29.6 B-talon eteläsi- vulla.

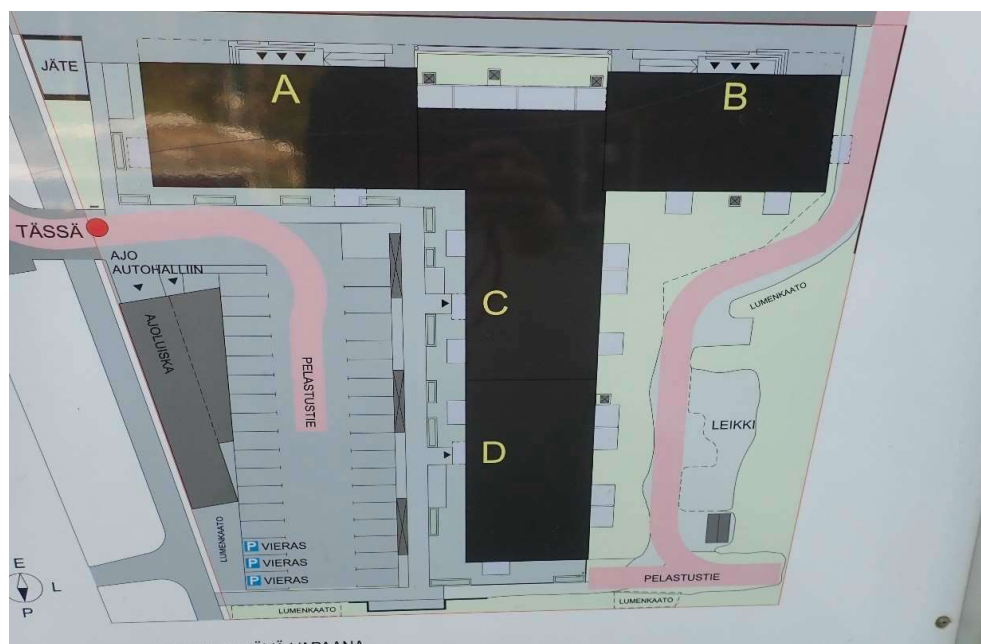
6.7 Aloitettu B-talon länsipäädyn rappaukset. Heinäkuun puolessa välissä aloitettu A- ja C-talojen itäisivujen rappaukset. Sää tavanomainen kesäsää, lämpötilat 15–21°C. A- ja B-talojen rappaustyöt jatkuneet elokuun puoleenväliin saakka, jonka jälkeen ollut n. kahden viikon tauko. Työt jatkuneet 4.9. 2015 A-talon pohjoissivulla. Lämpötilat n. 12°C, pääosin poutasäätä

Työmaapäiväkirjojen mukaan rappaukset valmistuneet 15.9.2015.



Kuva 1. Kantava ulkoseinärakenne. Suunnittelu Teräsmaa Oy, 22.09.2014. Ulkoseinä- rakenteen lämmöneristeen vahvuus rakennesuunnitelman mukaan on 250 mm ja rap- pauskerroksen paksuus 10 mm.

7.9.2022



Kuva 2. Yleiskuva talojen sijoittelusta (A- ja B-talot 8 krs. C-talo 2 krs. D-talo 6 krs.)

### 3 Havainnot

Tutkittavat julkisivut päästiin pääosin tutkimaan nostimesta käsin (vauriokarttoihin merkitty alueet, joita ei nostoteknisistä syistä johtuen voitu tutkia). Julkisivussa on ohutrappaus, joka koostuu kahdesta laastikerroksesta (verkotuslaasti + pintalaasti). Verkotuslaastissa on lasikuituinen rappausverkko. Julkisivuun 2019 tehdyt rappauskorjaukset paikoitellen silmämääräisesti havaittavissa maantasosta käsin. Parvekkeiden kohdalta julkisivuja ei tutkittu.

A, B ja D talojen eteläpuolen julkisivuissa havaittiin käytännössä kauttaaltaan laaja-alaista halkeilua ja rappauksen irtoamista. Eri laastikerrosten välinen tartunta on vaurioalueilla aistinvaraisesti tarkasteltuna heikko. Rappauksessa oli monin paikoin nähtävissä myös pussimaisia alueita, joista voitiin havaita rappauksen olevan lähes kokonaan irti alustastaan (B-talon eteläpuolen julkisivussa havaittiin alueita, joista rappaus oli jo pudonnut).

D-talon eteläpäädyssä on havaittavissa kirjavuutta. Korjatun rappauksen alta ”kuultaa” vanhoja halkeamia, etelä- ja itäjulkisivun kulmassa havaittavissa alueita, joissa rappaus on irti alustastaan. C- ja D talojen itä- ja länsisivuissa, sekä D-talon pohjoispäädyssä havaittiin runsaasti alueita, joissa rappauskerros jousti/oli pehmeää rappausa painettaessa.

A- ja B-talojen idän, lännen ja pohjoisen puoleisilla julkisivuilla todettiin vähäisempiä / paikallisia puutteita. Myötäviä/joustavia kohtia havaittiin etenkin halkeamien kohdilla, sekä rappauksen reunoissa (liittymä betonikuoreen). Kaikkia alueita ei merkitty julkisivupiirustuksiin, sillä niiden dokumentointi/paikantaminen on haastavaa yksittäisen alueen vähäisen laajuuden vuoksi. Rappauskerroksen rakennetta tutkittiin poranäytteillä yhteensä 20. kohdasta eri puolelta julkisivua (pohjoinen 4 kpl, itä 4 kpl, etelä 8 kpl, länsi 4 kpl). Näytteiden sijainnit on merkitty liitteeseen 1.

Havaintojen perusteella ikkunanurkissa on käytetty kahta rappausverkkoa rappausjärjestelmän ohjeiden mukaisesti. Paikoin rappausvaurioalueilla havaittiin, että verkkoja

7.9.2022

ei ole limitetty lainkaan. Pintalaastikerros on ulkopinnaltaan ruiskupintainen. Ikkunoiden vesipeltien liittymät on toteutettu rappausreunaa käyttäen, ja liittymissä on havaittavissa pieniä vaurioita. Vesipeltien alapuolella pintarappauksessa todettiin paikallisia puutteita, osittain rappausverkko näkyvissä.

Suojapellitysten liittymät osin saumaamatta (seinä/katto, parvekekatto/seinä, ylösnostot seinille). Elementtisaumoissa todettiin paikallisia vaurioita (sauma haljennut/irronnut alustasta). Julkisivun kulmissa alueita, joissa pintarappaus on puutteellinen ja rappausverkko osittain näkyvissä. 2019 tehdyt rappauskorjaukset on tehty suoraan korjattavan rappauksen päälle.

Julkisivuista ja poratuista näytteistä tehtyjä havaintoja on esitetty tarkemmin seuraavissa kuvissa rakennuksittain eriteltynä. Vaurioiden sijainnit, laajuudet ja näytteiden porauskohdat on esitetty liitteessä 1 (julkisivujen vauriokartat). Yhteenveto näytteistä tehdyistä havainnoista on taulukossa 1.

7.9.2022

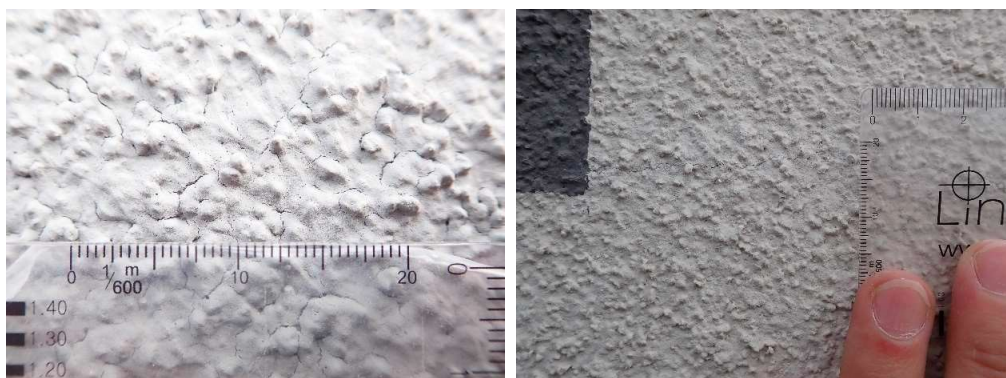
**A-talo**

Etelän puoleisella julkisivulla melko runsaasti halkeamavaurioita. Halkeamien sijainnit on esitetty liitteen 1 julkisivupiirustuksessa. Länsipäädyn tutkitulla alueella ei todettu viitteitä rappauksen vaurioista. Pohjoisen puoleinen julkisivu pääosin hyväkuntoinen ja julkisivussa todettiin lähinnä pieniä yksittäisiä joustavia alueita. Itäpäädyssä yksittäisiä joustavia alueita / kulmia, mutta varsinaisia vaurioita ei todettu. C- ja A-talojen liittymien saumauksissa puutteita / vaurioita.

Alla olevissa kuvissa esitelty tarkemmin A-talon julkisivussa havaittuja vaurioita.



Kuva 3. Yleiskuva A-talon eteläpuolen julkisivusta.



Kuvat 4 a ja b. Pintarappauksessa eteläpuoleisella julkisivulla, havaittiin paikoin verk-komaista halkeilua.

7.9.2022



Kuvat 5 a ja b. Kuvissa halkeamavaurioita ikkunoiden välisellä kapealla julkisivun osalla sekä liittymien läheisyydessä. Kuvassa a, pintarappaus irti, eri laastikerrosten välinen tartunta heikko ja paikoin rappausverkkoon näkyvissä (kuvat A-talosta). Kuva b: tavanomainen vaurio ikkunanurkassa.



Kuvat 6 a ja b. Kuvat A-talon idän puoleisesta julkisivusta. Kuva a: julkisivun ja parvekelinjan välisestä liittymästä, pintarappaus irronnut, kulma joustaa. Kuva b: vesipellin alapuolelta puuttuu pintarappaus.



Kuvat 7 a ja b. Kuvassa a pintarappaus irronnut pohjalaastista. Kuvassa b ulkoseinän alaosan liittymä, ns. sokkeliprofiili. Liittymän alareuna rappaamatta, rappausverkko revennyt ja alareunan tuuletusritilä irronnut.

7.9.2022

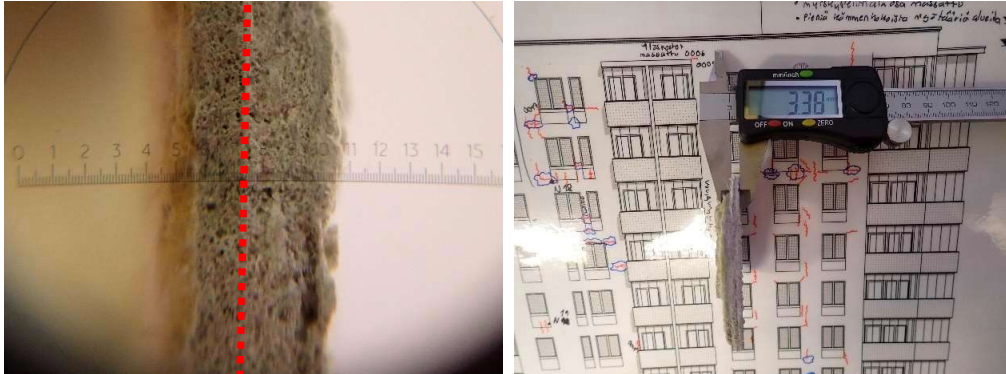


Kuvat 8 a, b ja c. Kuvat A- ja C-talojen välisistä liittymistä. Kuvat a ja b: Suojapeltien ja julkisivun välinen saumaus tekemättä. Kuva c: Vaurioita elementtien välisessä saumassa/ rappauksessa.

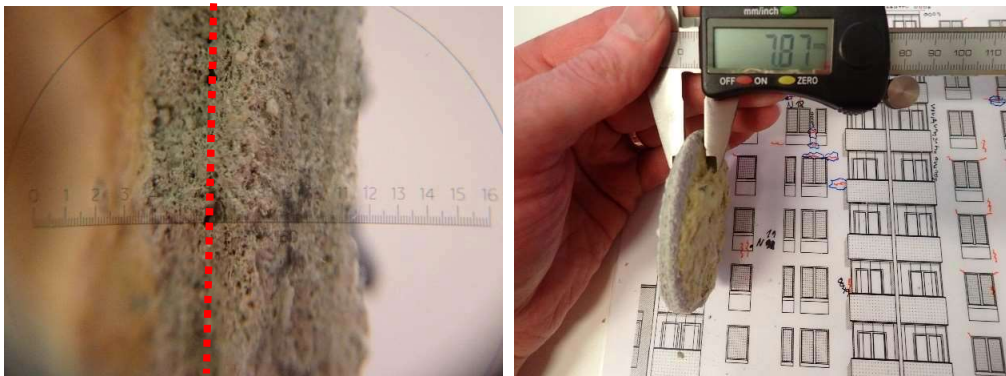


Kuvat 9 a ja b. Kuvissa A-talossa havaittuja liittymävaurioita. Vesipellin- ja julkisivun liittymässä halkeama eristekerrokseen asti. Parvekelaatan ja julkisivun liittymässä sekä elementin sauman vieressä halkeama (merkitty punaisella katkoviivalla).

7.9.2022



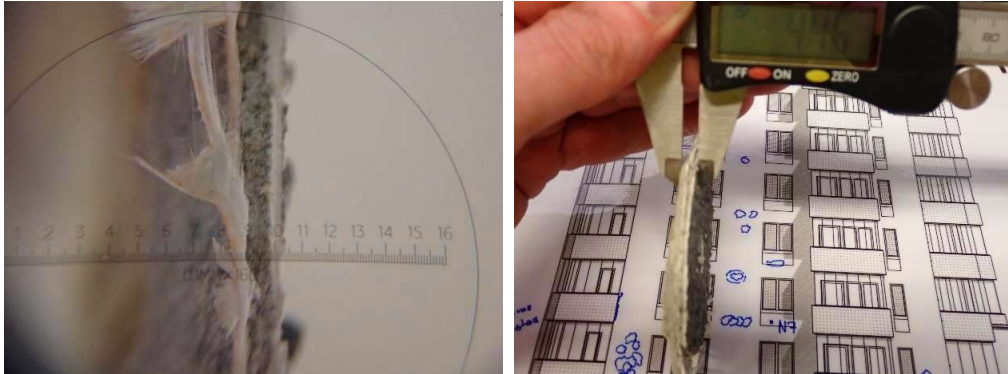
Kuvat 10 a ja b. Kuvat A-talosta (N18) poratusta näytteestä. Näytteen läpi kulkee halkeama. Rappausverkko keskellä verkotuslaastia, rappauksen paksuus n. 3,4 mm (ilman elementin suojarappausta). Suojarappauksen ja verkotuslaastin tartunta heikko. Kuvaan A on merkitty punaisella katkoviivalla silmämääräisesti arvioitu pohjalaastin ja verkotuslaastin raja.



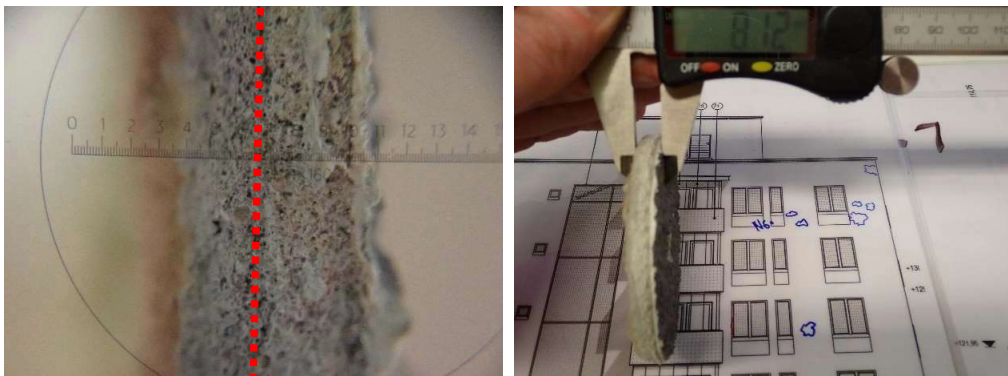
Kuvat 11 a ja b. Kuvat A-talosta (N19) poratusta näytteestä. Näyte porattu vauriopaikan vierestä. Ei havaittavia halkeamia, eri rappauskerrosten tartunta hyvä, verkko verkotuslaastin yläreunassa. Rappauksen kokonaispaksuus n. 7,9 mm (sisältää suojalaastin, suojalaastin paksuus noin 1...2 mm). Kuvaan A on merkitty punaisella katkoviivalla silmämääräisesti arvioitu pohjalaastin ja verkotuslaastin raja.



7.9.2022



Kuvat 12 a ja b. Kuvat A-talon idän puoleisesta julkisivusta poratusta näytteestä (N7). Kerrosten välinen tartunta huono. Kerrokset irtosivat osittain toisistaan näytteenoton yhteydessä. Verkko verkotuslaastin yläreunassa. Näytteen kokonaispaksuus n. 4,5 mm (sisältää suojalaastin, suojalaastin paksuus noin 1 mm).



Kuvat 13 a ja b. Kuvat A-talon pohjoissivulta poratusta näytteestä (N6). Näyte porattu ehjästä kohtaa rappausta. Näytteen tartunta hyvä, verkko sijaitsee verkotuslaastin yläreunassa. Näytteen kokonaispaksuus n. 8,1 mm (sisältää suojalaastin, suojalaastin paksuus noin 1...2 mm). Kuvaan A on merkitty punaisella katkoviivalla silmämääräisesti arvioitu pohjalaastin ja verkotuslaastin raja.

### **B-talo**

Etelän puoleisella julkisivulla todettiin runsaasti vaurioita rappauksessa. Rakennuksen muilla julkisivuilla ei todettu juurikaan vaurioitumista vaan puutteet olivat paikallisia ja vähäisiä. Itä- ja länsisivuja ei voitu tutkia kokonaan nostoteknisistä syistä (tutkitut alueet esitetty liitteessä 1, vauriokartat).

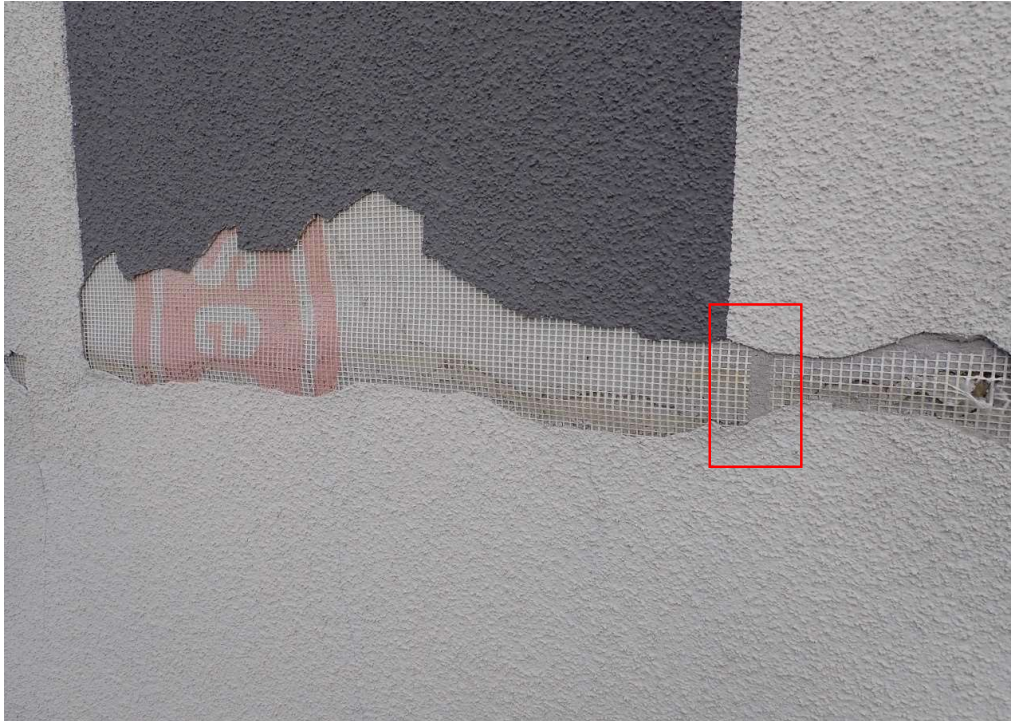
Alla olevissa esitetty tarkemmin B-talon julkisivuissa havaittuja vaurioita.

7.9.2022



*Kuva 14. Yleiskuva B-talon etelän puolen julkisivusta. Kuvaan merkitty punaisella alueille, joilta rappaus on selvästi irti alustastaan, putoamassa tai jo pudonnut.*

7.9.2022

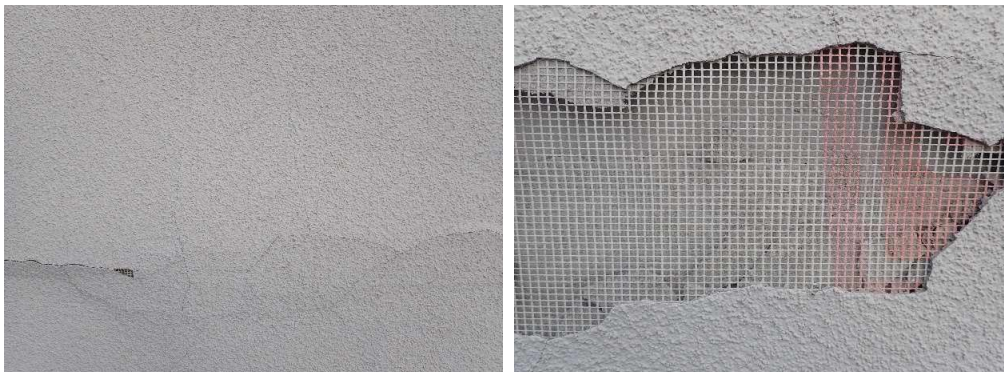


*Kuva 15. Lähikuva B-talon etelän puoleisesta julkisivusta useista kohdin löytyvistä vaurioista. Pintarappaus on irronnut/pudonnut/putoamassa ja rappausverkko on monin paikoin irti verkotuslaastista. Pahoin vaurioituneilla kohdilla verkko on paikoin katkenut. Rappausverkkoa ei ole kaikilta osin limitetty jatkoskohdissa materiaalivalmistajan ohjeiden mukaisesti (merkattu kuvaan punaisella). Verkotuslaastissa on eristeeseen asti meneviä halkeamia ja tartunta eri laastikerrosten välillä on heikko. Lisäksi sekä verkotus- että suojalaasti on hyvin haurasta. Kuvasta on nähtävissä rappausverkon takana verkotuslaastissa ja suojalaastissa halkeilua/lohkeilua.*

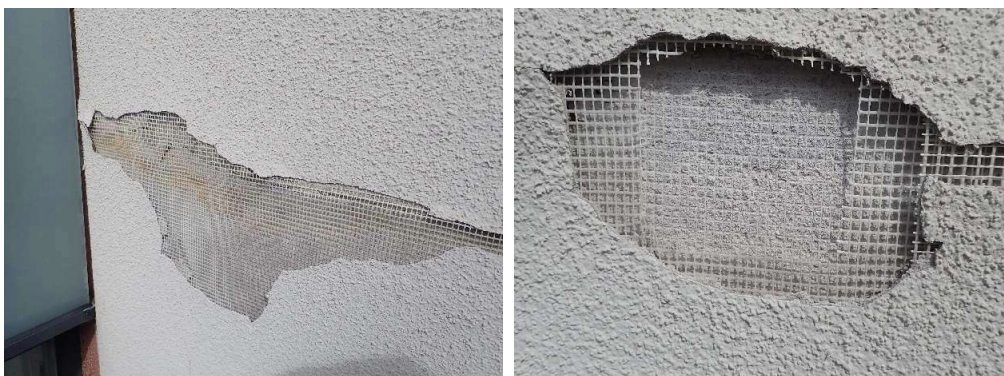


*Kuvat 16 a ja b. Pintalaasti on lohkeillut irti monin paikoin. Kuvissa verkotus- ja suojalaastissa on havaittavissa halkeama. Verkotus- ja suojalaasti on hyvin haurasta ja rappausverkko on irti verkotuslaastista.*

7.9.2022

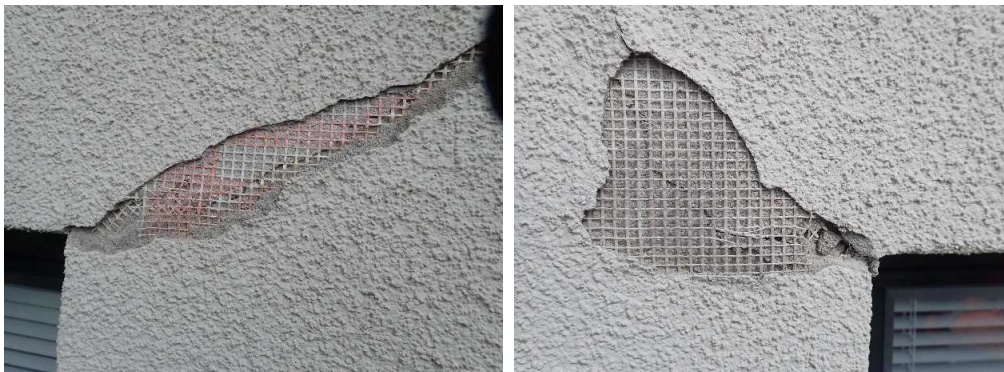


Kuvat 17 a ja b. Kuva a: Pintarappauksen vauriot ennen pintarappauksen poistoa. Kuvassa b on esitetty vauriokohta, josta poistettu irtonainen pintarappaus. Kuvassa nähtävissä, että verkotuslaasti lohkeilee irti rappausverkon takana. Rappausverkko on täysin irti alustastaan.

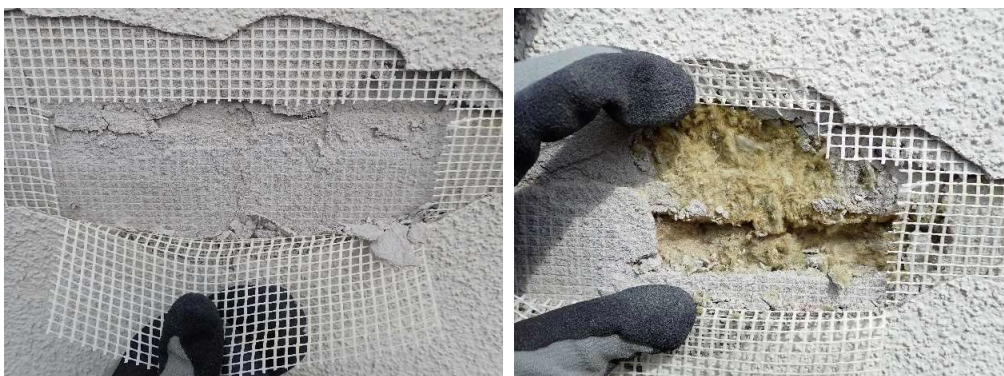


Kuvat 18 a ja b. Kuva a: pintarappaus irronnut, rappausverkko ”pussilla” ja täysin irti verkotuslaastista. Verkotuslaastissa tummentumia/viitteitä kosteusrasituksesta. Kuvassa b: Rappausverkosta irrotettiin pala verkotuslaastin kunnon tarkastelemiseksi. Verkon tartunta verkotuslaastiin olematon. Verkko irti myös pintalaastista. Eri kerrosten välinen tartunta huono ja verkotus-/suojalaasti lujuus heikko.

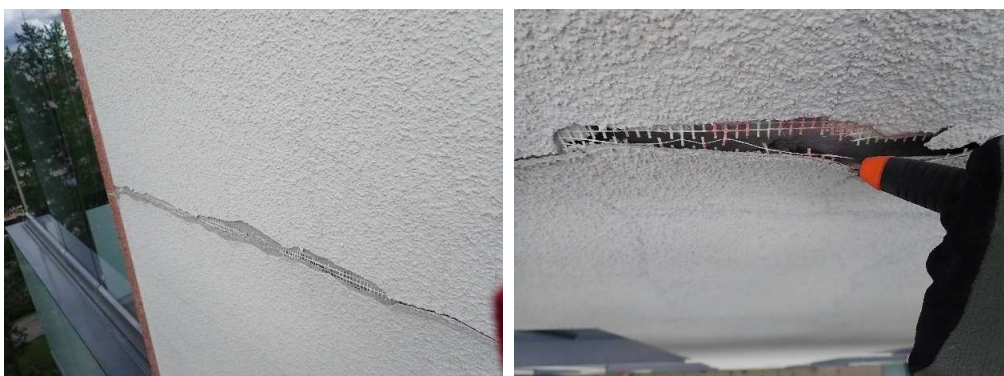
7.9.2022



Kuvat 19 a ja b. Kuvissa ikkunaliittymien yläkulmissa havaittuja vaurioita. Kulmissa havaittiin tarkastetuilla kohdilla kaksinkertainen verkotus. Rappauksessa todettiin koko rappauksen läpi kulkevia halkeamia. Rappauskerrosten välinen tartunta sekä rappausverkon tartunta heikko.



Kuvat 20 a ja b. Kuvissa avattu rappaus välipohjan kohdalla olevasta vauriosta (elementtien väli eristetty villakaistalla): Eri rappauskerrosten välinen tartunta on heikko ja rappauksessa todettiin koko rappauksen läpikulkevia halkeamia. Verkotus- ja suoja-laasti on rapautunutta, ei lujuutta.



Kuvat 21 a ja b. B-talon julkisivussa useita vaakahalkeamia joiden kohdalla rappausverkko revennyt. Rappausverkko on kokonaan irti alustastaan.

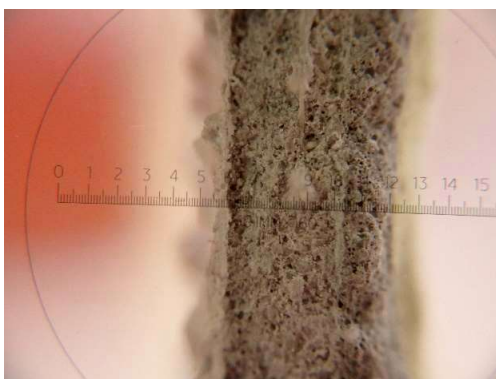
7.9.2022



Kuvat 22 a ja b. Pintarappaus irtoaa halkeamien läheisyydessä suurina paloina. Rappausverkossa/verkotuslaastissa havaittavissa kosteuden aiheuttamia värimuutoksia. Rappauskerrosten välinen tartunta heikko.



Kuva 23. Kuvassa rakenneavaus julkisivussa havaitusta vauriokohdasta. Kuvassa nähtävissä elementtien välinen sauma (merkitty punaisella), joka on toteutettu mineraalivillalla. Pintarappaus irtoaa suurina palasina ja rappausverkko on irti sekä pinta-että verkotuslaastista. Verkotus- ja suojalaasti on rapautunutta / haurasta.



7.9.2022

Kuvat 24 a ja b. Kuvissa B-talon eteläpuolen julkisivusta ehjästä kohtaa porattu näyte (N1): Rappauksen tartunta lämmöneristeeseen hyvä, rappausverkko sijaitsee noin puolessa välissä rappauksista. Rappauksen kokonaispaksuus n. 7,5 mm (suojalaastin paksuus noin 1...2 mm). Kuvaan A on merkitty punaisella katkoviivalla silmämääräisesti arvioitu pohjalaastin ja verkotuslaastin raja.



Kuvat 25 a ja b. Kuvissa B-talon eteläpuolen julkisivusta ehjästä kohtaa porattu näyte (N16): Rappauksen tartunta lämmöneristeeseen hyvä. Rappausverkot (2kpl), alempi sijaitsee verkotuslaastin ensimmäisessä kolmanneksessa ja ylempi verkko verkotuslaastin yläreunassa. Rappauksen kokonaispaksuus n. 6,6 mm (suojalaasti n. 2 mm). Kuvaan A on merkitty punaisella katkoviivalla silmämääräisesti arvioitu pohjalaastin ja verkotuslaastin raja.

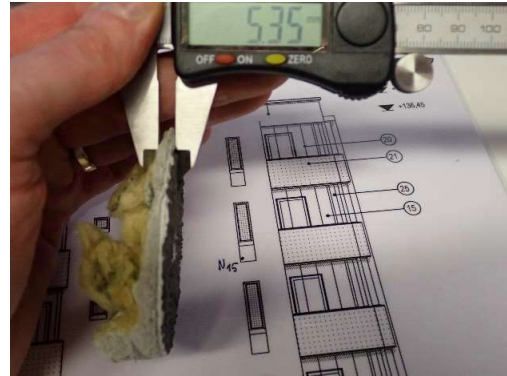


Kuvat 26 a ja b. Kuvissa B-talon eteläpuolen julkisivusta vauriokohdasta porattu näyte (N17): Näytteessä läpinäyteen kulkeva halkeama (merkitty kuvaan b punaisella katkoviivalla). Kuvaan A on merkitty punaisella katkoviivalla silmämääräisesti arvioitu pohjalaastin ja verkotuslaastin raja. Rappauksen paksuus n. 3,0 mm (ilman suojalaastia, suojalaastin paksuus noin 1,5 mm).

7.9.2022



Kuvat 27 a ja b. Kuvat B-talon pohjoissivulta poratusta näytteestä (N14). Näytteen tartunta alustaan hyvä. Rappausverkko on verkotuslaastin yläreunassa. Näytteen paksuus n. 5,2 mm (ilman suojalaastia, suojalaastin paksuus noin 1 mm).



Kuvat 28 a ja b. Kuvat B-talon länsipäädyistä poratusta näytteestä (N15). Päädyn tutkituilla alueilla ei havaittu vaurioita julkisivussa. Näytteen tartunta alustaan hyvä, verkon sijainti, verkotuslaastin ylemmässä kolmanneksessa. Näytteen kokonaispaksuus n. 5,3 mm (suojalaasti n. 1-1,5 mm)



Kuvat 29 a ja b. Kuvat B-talon idän puoleisesta julkisivusta poratusta näytteestä (N20). Näytteen tartunta alustaan hyvä. Verkko sijaitsee verkotuslaastin puolessavälissä. Näytteen kokonaispaksuus n. 4,3 mm (suojalaastin paksuus noin 1 mm).



7.9.2022

**C-talo**

Länsipuolen julkisivun rappaus on yleisesti ottaen joustavaa mutta laajoja rappauspinnan vaurioita ei todettu. Itäjulkisivulla joustavia/myötäviä rappausalueita oli vähemmän.

D- ja C-talojen välisen liittymän sauma vaurioitunut. Vaurioita todettiin myös pohjois- ja itäjulkisivun liittymässä.

Alla olevissa esitetty tarkemmin C-talon julkisivuissa havaittuja vaurioita.

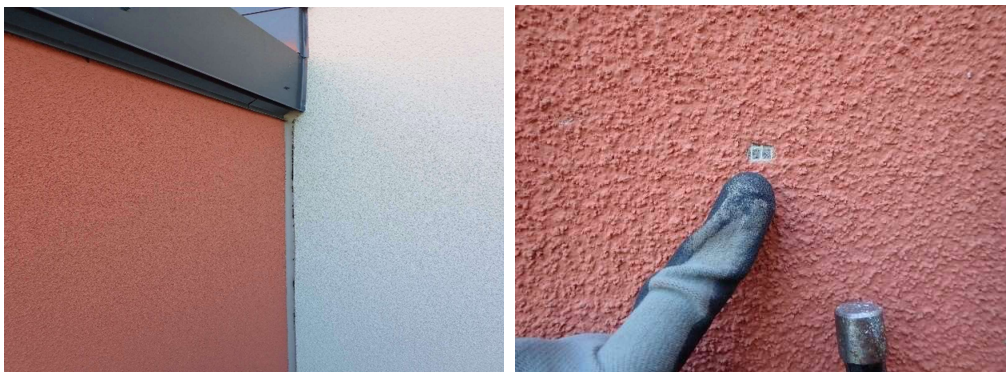


Kuva 30. Yleiskuva C-talon idän puoleiselta julkisivulta.



Kuvat 31 a ja b. Kuvissa D- ja C- talojen välinen liittymä talojen länsisivulta. Saumaus irronnut alustastaan pitkältä matkalta. Liittymän kohdalla on rappausverkko näkyvässä ja pintarappaus irronnut.

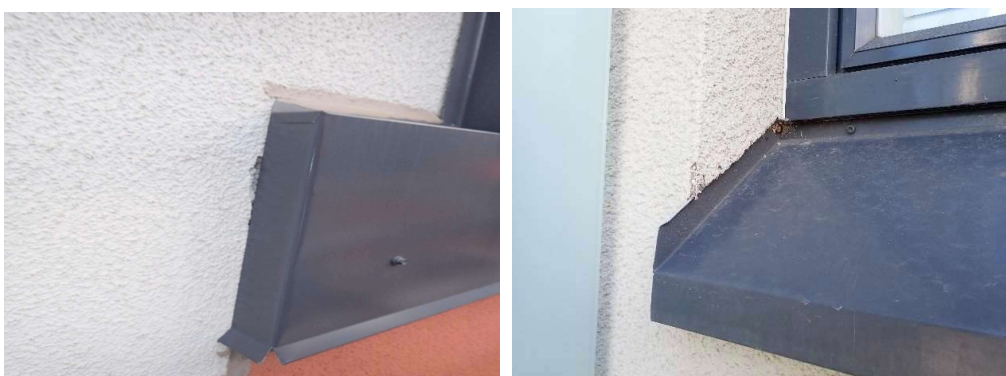
7.9.2022



*Kuvat 32 a ja b. Kuva a: C- ja B- talojen välinen elementtiliittymä, länsi- ja pohjoissivujen kulmasta. Elementtisaumaus irronnut alustastaan. Kuva a: paikallinen vaurio pintarappauksessa.*

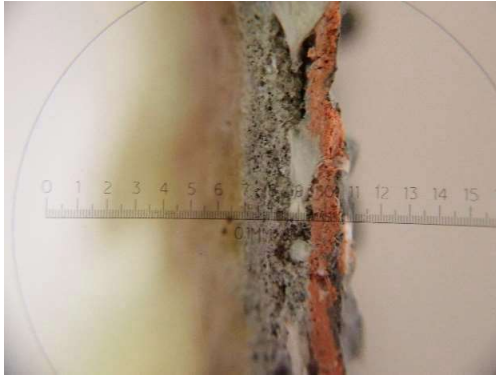


*Kuvat 33 a ja b. Kuvissa C- ja D-talojen itäjulkisivussa havaittuja puutteita ikkuna- ja peltiliittymien tiivistyksissä / saumauksissa.*

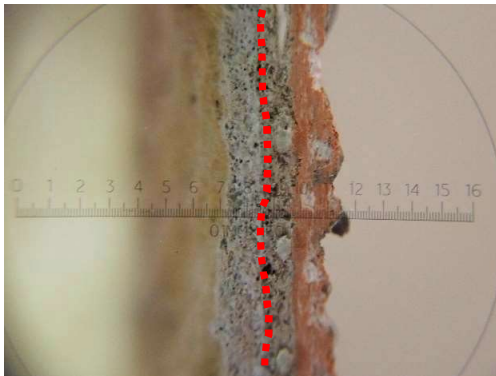


*Kuvat 34 a ja b. Kuvat C-talon pohjoissivulta. Kuvassa a, A- ja C-talon liittymäkohdan suojapellitys, saumaus osittain tekemättä. Kuvassa b, rappausvaurio vesipellin liittymäkohdassa (pintarappaus pudonnut, verkkonäkyvissä).*

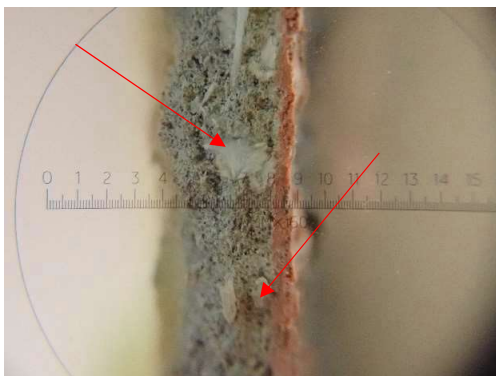
7.9.2022



Kuvat 35 a ja b. Kuvassa C-talon idän puoleisesta julkisivusta porattu näyte (N4). Näyte on otettu julkisivurappauksen joustavasta kohdasta. Näytteen tartunta alustaan hyvä, rappausverkko sijaitsee verkotuslaastin yläpinnassa, ei havaittavia halkeamia. Näytteen kokonaispaksuus n. 3,7 mm.



Kuvat 36 a ja b. Kuvat C-talon länsisivusta poratusta näytteestä (N10). Näyte otettu myötävästä kohdasta julkisivua. Näytteen tartunta alustaan heikko, rappausverkko verkotuslaastin yläreunassa. Näytteen kokonaispaksuus n. 3,8 mm (Suojalaastin ja verkotuslaastin raja merkitty kuvaan punaisella katkoviivalla. Suojalaastin osuus koko näytteen paksuudesta 1,5 mm).



Kuvat 37 a ja b. Kuvat C-talon länsisivusta poratusta näytteestä (N13). Näytteen tartunta alustaan heikko, suojalaasti huonokuntoista. Näytteessä nähtävissä kaksi rappausverkkoa (merkitty kuvaan a, punaisilla nuolilla). Ensimmäinen verkko sijaitsee verkotuslaastin keskellä ja toinen verkko laastin yläpinnassa. Näytteen kokonaispaksuus n. 5,2 mm (suojalaasti n. 1,5 mm).

7.9.2022

**D-talo**

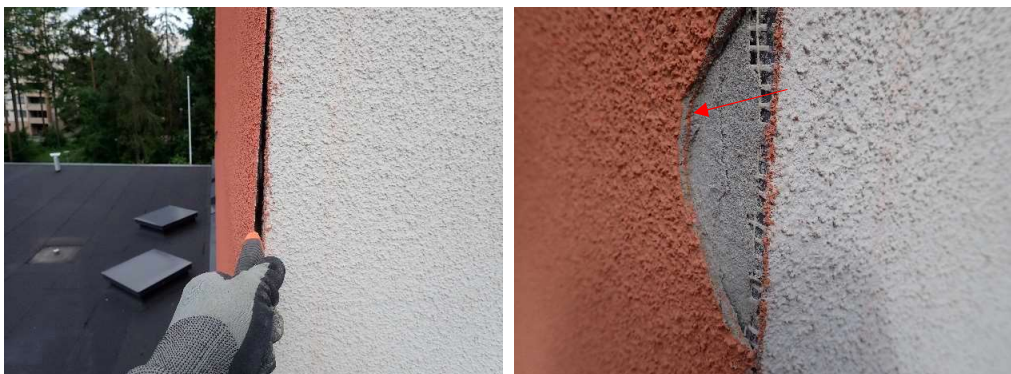
Etelän puoleisessa julkisivussa runsaasti rappauspinnan halkeamia ja lohkeamia. Julkisivua korjattu 2019 tehtyjen rappauskorjausten yhteydessä. Havaintojen mukaan korjaukset on tehty suoraan vanhan rappauksen päälle.

Pohjois-, länsi- ja itäjulkisivut pääosin hyväkuntoisia eikä merkittäviä vaurioita havaittu. Merkittävin puute todettiin pohjoisjulkisivulla, jossa rappaus joustaa monin paikoin. Ilmeisesti myös länsijulkisivun pohjoisreunaan tehty rappauskorjaus, sillä rappauspinnassa on struktuurieroja (korjausalue erottuu hieman karkeampana struktuurina).

Alla olevissa kuvissa esitelty tarkemmin D-talossa havaittuja vaurioita.



Kuva 38. Yleiskuva D-talon eteläpäädyistä. Kuvaan on merkitty rappauksen alta kuuluvat vauriot (merkitty kuvaan vihreällä). Päädyn rappauksessa on kirjavuutta.

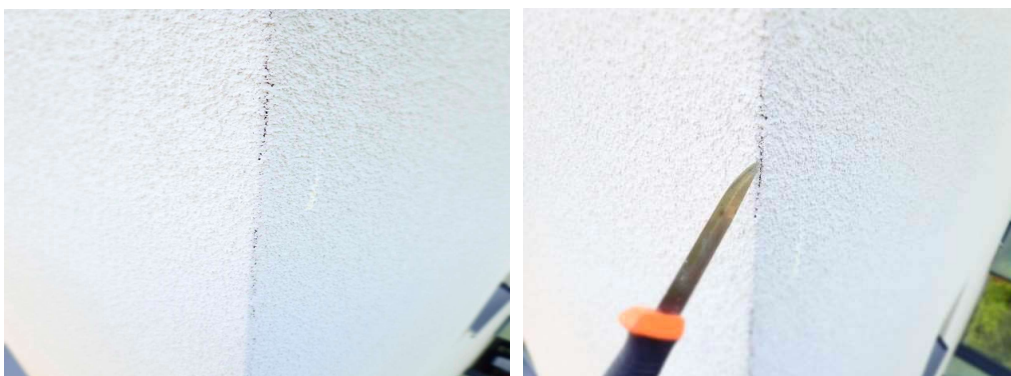


7.9.2022

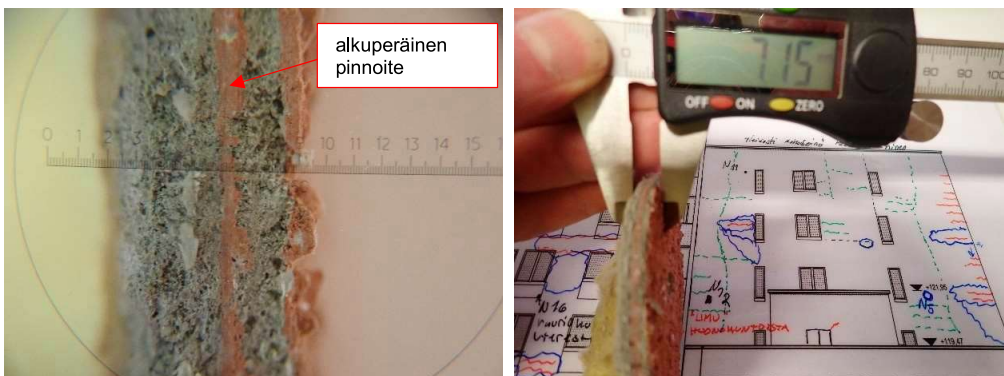
Kuvat 39 a ja b. Kuvat D-talon eteläpäädyn ja itäjulkisivun kulmasta. Rappaus irti alustasta, etelän puolella useita vaakasuuntaisia halkeamia, rappaus ”pussilla”. Kuva b: Vauriokohdalla näkyvissä vanhan ja korjatun rappauksen raja (merkitty kuvaan punaisella nuolella). Nurkka alueella korjauksen tartunta vanhaan rappaukseen on heikko.



Kuvat 40 a ja b. Kuvissa D-talon eteläpäädyssä havaittu vauriokohta. Alueelle tehty rappauskorjaus 2019. Kuvassa b havaittavissa alkuperäisen rappauksen olevan irti alustasta (vanhan ja korjatun rappauksen raja merkitty punaisella nuolella) eli merkittävimmät vauriot esiintyvät alkuperäisessä rappauksessa.



Kuvat 41 a ja b. Kuvissa D-talon pohjoisen- ja lännenpuoleisen julkisivun kulmaliittymä. Verkko näkyvissä, kulma joustaa molemmin puolin julkisivua.



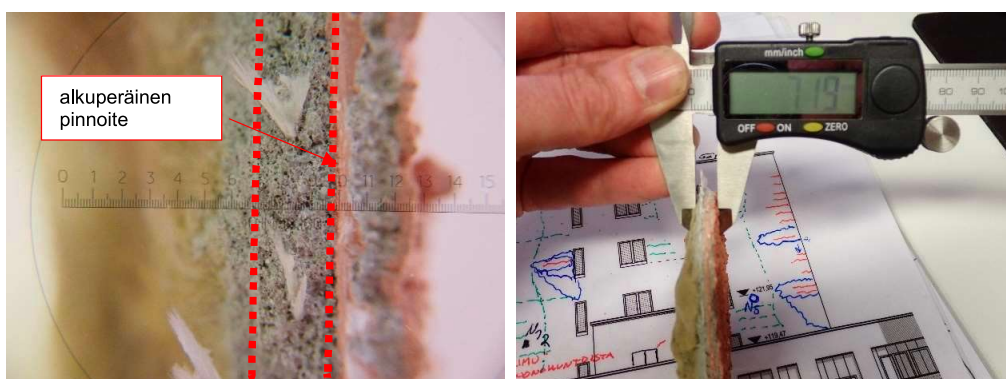
Kuvat 42 a ja b. Kuvissa D-talon eteläpuolen julkisivusta porattu näyte (N11). Näyte on korjatusta kohtaa seinää. Kuvassa a, näkyy vanhan ja korjatun rappauksen raja, sekä rappausverkko, joka sijaitsee verkotuslaastin ylimmäisessä kolmanneksessa. 2019

7.9.2022

tehdyssä rappauskorjauksessa ei rappausverkkoa ole. Näytteen kokonaispaksuus n. 7,2 mm (Vuonna 2015 tehdyn rappauksen paksuus n. 3,0 mm. 2019 tehdyn rappauskorjauksen paksuus n. 3,0 mm. Suojalaastin osuus näytteen paksuudesta n. 1,2 mm).

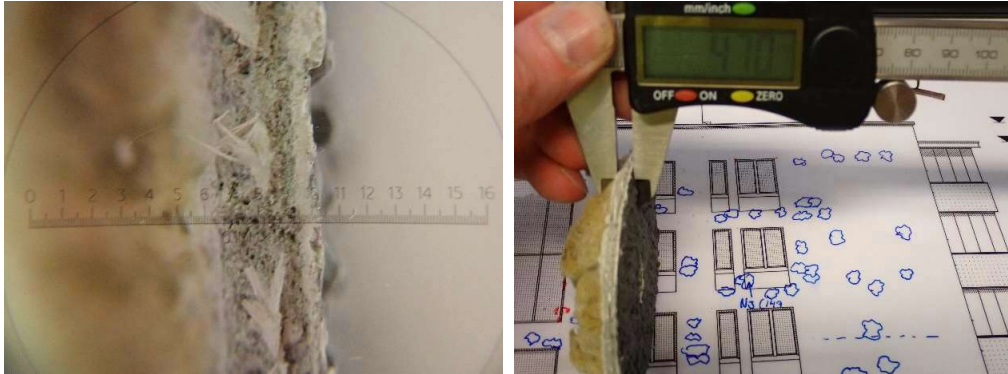


Kuvat 43 a ja b. Kuvissa D-talon eteläpuolen julkisivusta porattu näyte (N12). Näyte on korjatusta kohtaa seinää. Kuvassa a, näkyy vanhan ja korjatun rappauksen raja, sekä suoja- ja verkotuslaastin raja (merkitty kuvaan punaisilla katkoviivoilla). Näytteen paksuus n. 12,5 mm (suojalaasti n. 4,0 mm, 2015 rappaus n. 5,5 mm, 2019 rappauskorjaus n. 3,0 mm).

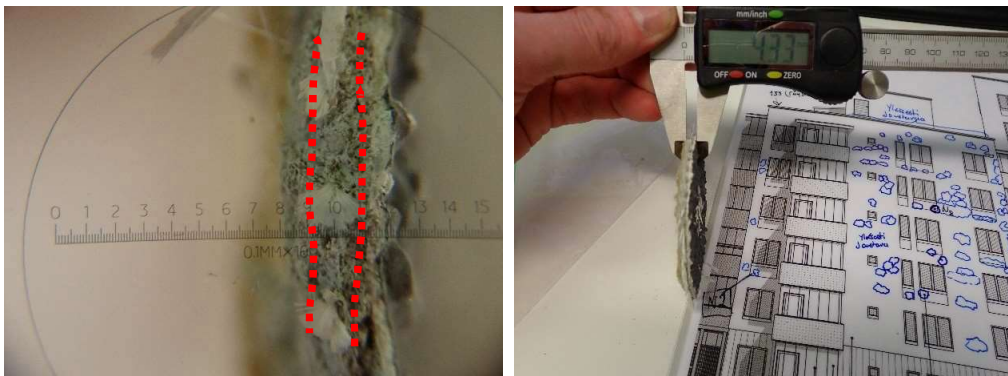


Kuvat 44 a ja b. Kuvissa D-talon eteläpuolen julkisivusta porattu näyte (N5). Näyte on korjatusta kohtaa seinää. Kuvassa a, näkyy vanhan ja korjatun rappauksen raja, sekä suoja- ja verkotuslaastin välinen raja. 2019 tehdyssä rappauskorjauksessa ei rappausverkkoa ole. Näytteen paksuus n. 7,2 mm (suojalaasti n. 1,5 mm, 2015 rappaus n. 3,0 mm, 2019 rappauskorjaus n. 2,7 mm).

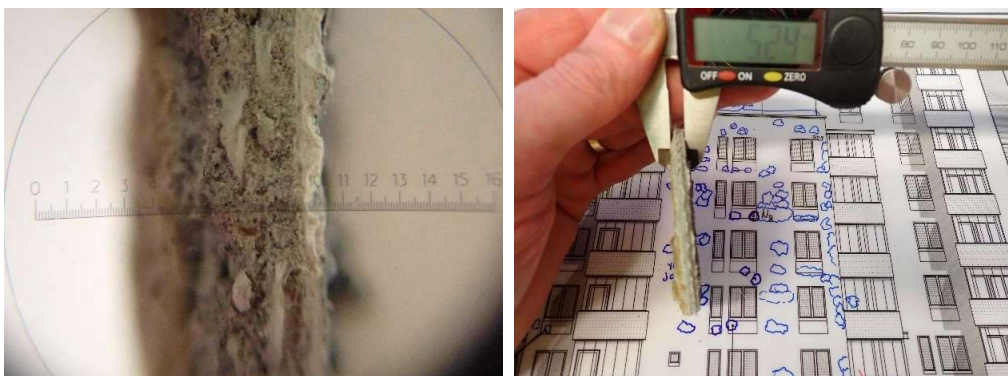
7.9.2022



Kuvat 45 a ja b. Kuvassa D-talon idän puoleisesta julkisivusta porattu näyte (N3). Näyte on otettu julkisivurappauksen joustavasta kohdasta. näytteen tartunta alustaan hyvä, rappausverkko sijaitsee keskellä verkotuslaastia, ei havaittavia halkeamia. Näytteen kokonaispaksuus n. 4,7 mm.



Kuvat 46 a ja b. Kuvat D-talon pohjoispäädystä poratusta näytteestä (N2). Ohutrappauksen kerroksen rajat merkitty kuvaan punaisella. Verkko sijaitsee keskellä verkotuslaastia. Näytteen paksuus n. 4,3 mm (suojalaasti n 1,0 mm, verkotuslaasti n.2.0mm, pintalaasti n. 1,3 mm).



Kuvat 47 a ja b. Kuvat D-talon pohjoispäädystä poratusta näytteestä (N8). Näyte porattu rappauksen joustavasta kohdasta. Näytteen tartunta alustaan hyvä. Verkot (2 kpl) sijaitsee verkotuslaastin puolessavälissä. Näytteen kokonaispaksuus n. 5,2 mm.

7.9.2022



Kuvat 48 a ja b. Kuvat D-talon länsipuolelta poratusta näytteestä (N9). Näyte otettu myötäväästä osasta julkisivua. Tartunta alustaan hyvä, rappausverkko sijaitsee verkotuslaastin yläreunassa. Näytteen kokonaispaksuus n. 3,6 mm. Suojalaastin paksuus noin 1 mm.

Taulukko 1. Yhteenveto rappausnäytteistä tehdyistä havainnoista

Poraus /N(..)	Sijainti	Rappauksen paksuus	Verkon sijainti	Tartunta	Muuta
N18	A-etelä	n.3,5–5 mm, suojalaasti n. 1–1,5 mm	yläpinnassa	heikko	halkeama, näyte otettu myötäväästä/joustavasta kohdasta rappausta
N19	A-etelä	n.5,5–7 mm, suojalaasti n. 1–2 mm	yläpinnassa	hyvä	näyte vaurion vierestä
N1	A-etelä	n.6–8 mm, suojalaasti n. 1–2 mm	puolessavälissä	hyvä	näyte vaurion vierestä
N7	A-itä	n.4,5 mm, suojalaasti n. 1 mm	yläpinnassa	heikko	näyte ehjästä kohdasta
N6	A-pohj.	n.8,1 mm, suojalaasti n. 1–2 mm	yläpinnassa	hyvä	näyte ehjästä kohdasta
N16	B-etelä	n.6–7 mm, suojalaasti n.1–2 mm	1.puolessavälissä, 2.yläpinnassa	hyvä	näyte vaurion vierestä, kaksi verkkoa
N17	B-etelä	n.4–5 mm, suojalaasti n. 1,5 mm	yläpinnassa	heikko	näyte vauriokohdasta, halkeama
N20	B-itä	n.4,3 mm,	puolessavälissä	hyvä	näyte ehjästä kohdasta



7.9.2022

Poraus /N(..)	Sijainti	Rappauksen paksuus	Verkon sijainti	Tartunta	Muuta
		suojalaasti n. 1 mm			
N15	B-länsi	n.4,5–8 mm, suojalaasti n.1 mm	yläreunassa	hyvä	näyte ehjästä kohdasta
N14	B-pohj.	n.7,5–8 mm, suojalaasti n. 1 mm	yläpinnassa	hyvä	näyte ehjästä kohdasta
N10	C-länsi	n.4–5 mm, suojalaasti n.1,5 mm	yläpinnassa	heikko	näyte otettu myötäväästä/joustavasta kohdasta rappausta
N13	C-länsi	n.3,5–6 mm, suojalaasti n.1,5 mm	1.puolessa-välissä 2.yläpinnassa	heikko	ehjä, 2 x verkko
N4	C-itä	n.3,5–4,5 mm	yläpinnassa	hyvä	näyte otettu myötäväästä/joustavasta kohdasta rappausta
N11	D-etelä	n.6–7 mm, suojalaasti n.1,5 mm	yläosa	hyvä	korjattu 2019, ehjä, 2015 rappaus n. 3,0 mm, 2019 korjaus n. 3,0 mm
N12	D-etelä	n.11–12,5 mm, suojalaasti n.4 mm	yläosa	heikko	korjattu 2019, ehjä, 2015 rappaus n. 5,5 mm, 2019 korjaus n. 3,0 mm
N5	D-etelä	n.5–7 mm, suojalaasti n. 1,5 mm	alaosa	hyvä	korjattu 2019, ehjä, 2015 rappaus n.3,0 mm, 2019 korjaus n. 3,0 mm
N9	D-länsi	n.5–7 mm, suojalaasti n. 1 mm	yläpinnassa	hyvä	näyte otettu myötäväästä/joustavasta kohdasta rappausta
N3	D-itä	n.4–5 mm,	puolessa välissä	hyvä	näyte otettu myötäväästä/joustavasta kohdasta rappausta
N2	D-pohj.	n.4–4,5 mm,	puolessa välissä	hyvä	näyte otettu myötäväästä/joustavasta kohdasta rappausta
N8	D-pohj.	n.5–6 mm	puolessa välissä	hyvä	näyte otettu myötäväästä/joustavasta kohdasta rappausta

7.9.2022

**Muut havainnot**

Yläpohjarakenteen tuuletus on toteutettu räystästuuletuksena eikä siinä todettu puutteita. Paikoin räystäspellin ja ulkoseinärakenteen väliin jää suuri rako eikä räystäspeltti jatku riittävän pitkälle tuuletusraon alareunan tason alapuolelle. Ulkoseinän yläosassa on myrskypeltti ja ainakin paikoin yläpohjarakenteessa havaittiin pieneläinverkko.

Eristerapatun julkisivun ja 1. kerroksen sandwich-elementin liittymä on toteutettu elastisella saumalla, johon oli sijoitettu tuuletusputkia n. 1. metrin välein. Elastisissa saumoissa ei havaittu puutteita eikä rappauksissa havaittu viitteitä vaurioista saumojen kohdilla.

Yleiskuvia räystääliittymästä sekä rappauksen ja betonielementin liittymästä on esitetty seuraavassa.



Kuva 49. Yleiskuvat räystäältä. Räystäspeltti ei ulotu riittävän pitkälle ja paikoin tuuletusrako on hyvin leveä (yli 5 cm), jolloin tuiskulumi voi kulkeutua rakenteisiin.



Kuva 50. Eristerapatun julkisivun ja 1. kerroksen sandwich-elementin liittymä on toteutettu elastisella saumalla, johon oli sijoitettu tuuletusputkia n. 1. metrin välein.

7.9.2022

#### 4 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Rappauksesta porattujen näytteiden kokonaispaksuus vaihteli näytteenottokohdissa välillä 3,5...12,5 mm. Mikäli suojalaastikerrosta ei huomioida, vaihteli rappauksen paksuus välillä 2...9 mm. Rappausjärjestelmän paksuus tulisi olla materiaalivalmistajan mukaan 4...9 mm eli vaatimus ei kaikilta osin täyty. Rappausnäytteistä tehdyt mittaukset tukevat kenttätutkimusten havaintoja eli aistinvaraisesti joustavissa/myötäävissä kohdissa julkisivuja rappauskerros oli ohut, kokonaispaksuus 3...5 mm. Rakennesuunnitelmissa on esitetty, että rappauksen paksuuden tulisi olla 10 mm eli rappausta ei ole toteutettu suunnitelman mukaan.

Ohjeen mukaan rappausverkon tulee sijaita verkotuslaastikerroksen uloimmaisessa kolmanneksessa tai jos verkotuslaastin paksuus on 5 mm tai yli, tulee verkon sijaita laastikerroksen puolessavälissä. Otetuissa näytteissä verkon sijainti vaihteli ollen välillä yläpinnassa, välillä keskellä ja välillä alapinnassa. Osassa näytteitä verkko oli selvästi liian lähellä verkotuslaastin yläpintaa, toisissa näytteissä verkon sijaintia on vaikea arvioida, koska rappaus on liian ohut (n. 2...3 mm).

Julkisivusta otettujen näytteiden perusteella suojalaastikerroksen paksuus vaihtelee välillä 1...4 mm. Suojalaastikerros on olennainen osa toimivaa eristerappausjärjestelmää muodostaen tartuntakerroksen eristeen ja varsinaisen rappauksen välille. Liian ohut, heikkolujuuksinen tai väärän tyyppistä laastia oleva suojalaastikerros voi aiheuttaa vaurioita laastikerrosten välisissä tartunnoissa. Tästä voi seurata rappauksen irtoaminen eristeestä, kosteuden pääsy eristeen ja rappauksen väliin sekä jäätyminen aiheuttamaan rappauksen vaurioitumista. Rappausalustan ja/tai rappauksen tartunnan vaurioituminen aiheuttaa turvallisuusriskin, koska rappaus voi irrota vetoketjumurtuna koko julkisivun alueelta.

Rappauksessa esiintyvien halkeilun/lohkeilun esiintyminen on todennäköisesti usean tekijän yhteisvaikutusta. Havaintojen perusteella eristekerroksen päällä olevan rappauskerroksen paksuus on yleisesti suunniteltua ohuempi. Useissa paikoissa materiaalitoimittajan ohjeiden mukainen minimipaksuus ei toteudu. Tällöin halkeamien syntyminen on todennäköisempää, koska rappauksen sisäinen vetolujuus ei riitä vastaanottamaan laastin kuivumiskutistumisesta aiheutuvia jännityksiä. Ohuissa laastikerroksissa rappausverkko ei toimi suunnitellusti. Rappausverkon virheellinen asennusvyvyys voi johtaa rappauksen halkeiluun. Rappauksen vaurioitumista on mahdollisesti lisännyt myös rappausalueittain vallinneet epäsuotuisat työskentelyolosuhteet sekä mahdolliset rappauksessa tapahtuneet asennusvirheet. Materiaalitoimittajan työohjeissa on esitetty ohjeet työskentelyolosuhteille sekä vaadittaville kuivumisajoille, jatkotyöskentelylle sekä jälkihoidolle. Poikkeamat näistä ohjeista voivat johtaa rappauksen vaurioitumiseen, kuten halkeiluun, lohkeiluun tai irtoiluun. Merkittävimmät vauriot todettiin eteläjulkisivuilla. Näin ollen julkisivu on altis kesäaikana suoralle auringonpaisteelle. Sääsuojaamattomalle pinnalle suora auringonpaiste aiheuttaa voimakasta pinnan lämpenemistä mikä nopeuttaa rappauskerroksen kuivumista. Tuuli tehostaa kuivumista poistamalla kosteutta rappauksen pinnasta.

Viistosade muodostaa ohutrappauksen pinnalle vesikalvon, joka yhdessä tuulen kanssa aiheuttaa veden ja kosteuden kulkeutumisen halkeamien ja epätiivien rakenneliittymien kautta rappauksen taakse. A-, B-, ja D-talojen eteläpuoleisilla julkisivuilla havaittiin runsaasti rappaus- ja liittymävaurioita/puutteita, joiden kautta kosteuden kulkeutuminen rappauksen taakse on mahdollista. Tutkimuksissa todettiin, että ainakin paikoin halkeamien kohdalla seinän lämmöneristys on kastunut. Kosteus yhdessä pakkasien/jäätyneiden kanssa aiheuttaa jäälinssiä rappauksen ja eristeen väliin. Tällaisten jäälinssien syntyminen aiheuttaa halkeamia, kasvattaa jo olemassa olevia halkeamia, heikentää eristeen ja rappauksen välistä tartuntaa sekä rapauttaa rappausta.

7.9.2022

Lähtötietojen perusteella ainakin B- ja D-talojen etelän puoleisille julkisivuille on tehty rappauskorjauksia vuonna 2019. D-talon etelän puoleisesta julkisivusta porattujen näytteiden perusteella korjauksissa on asennettu uusi verkotuslaasti – ja pintalaastikerros vanhan rappauksen päälle eli vanhaa pintarappausta ei ole poistettu. Tähän tapaan korjata liittyy monia epävarmuustekijöitä, varsinkin jos julkisivussa on jo olemassa olevia vaurioita. Ennen uuden verkotuslaastikerroksen levittämistä tulisi vanha pintakäsittely poistaa, jotta vanha ja uusi rappauskerros toimivat paremmin yhdessä. Lisäksi uuden verkotuslaastikerroksen levitys heikentää rappauksen kosteusteknistä toimintaa. Havaintojen perusteella verkotus- ja/tai suojalaastikerroksessa on todennäköisesti ollut vaurioita jo ennen pinnoituskorjausta eli korjausmenetelmä ei ole ollut soveltuva korjatuille julkisivuille. Paikkaus- ja pinnoituskorjauksissa rappaus tulisi uusaa vaurioituneilta alueilta kokonaisuudessaan ja paikattut alueet häivyttää rajaamalla pinnoitus sopiviin julkisivuosiin tai pinnoittamalla koko julkisivu uudelleen (Rappauskirja 2005 by 46).

Paikoitellen seinän ja räystäspellin välinen rako on yli 30 mm, joka mahdollistaa veden ja lumen kulkeutumisen räystäältä rakenteen sisään. Räystäsrakenteen muutostyöt on suositeltavaa huomioida rappauskorjauksissa.

Eristerappauksen korjaamiseen ei ole olemassa kansallista ohjeistusta, mutta huomioiden kohteessa jo aiemmin havaitut vauriot, tehdyt korjaukset ja niiden toistuvuus sekä nyt tehdyssä tutkimuksessa havaitut puutteet sekä rappauksessa, että liittymien tiivistysten toteutuksissa, suosittelemme vähimmäistoimenpiteenä voimakkaasti vaurioituneiden ja puutteellisesti toteutettujen rappausalueiden uusimista kokonaisuudessaan. Muiden julkisivujen kuntoa suositellaan jatkossa seurattavaksi säännöllisesti, koska todennäköisesti niiden käyttöikä ei tule olemaan ohutrappaukselle suunnitellun 25 vuoden mukainen. Teknisen käyttöiän saavuttaminen edellyttää julkisivujen aktiivista huoltoa, joka tarkoittaa mm. suojaavien pinnoitteiden uusintakäsittelyä noin 10-15 vuoden välein sekä kaikkien liitosten ja tiivistysten kunnosta huolehtimisesta. Julkisivuun kohdistuviin korjauksiin tulee varautua n. 5...10 vuoden kuluttua, johtuen paikoin ohuen kerrospaksuuden, verkotus-/suojaalastin alhaisen lujuuden ja/tai puutteellisen tartunnan sekä rappausverkon virheellisen sijainnin aiheuttamasta vaurioherkkyydestä.

Suosittellemme julkisivuille seuraavia toimenpiteitä rakennuskohtaisesti:

- **A-talo**
  - Eteläjulkisivu
    - Rappauksen uusiminen (melko runsaasti rappausvaurioita)
  - Itä- ja länsijulkisivu
    - Julkisivujen säännöllinen seuraaminen (rappauksessa vain paikallisia joustavia alueita, julkisivuja ei voitu tutkia kauttaaltaan)
  - Pohjoisjulkisivu
    - Ei toimenpiteitä/ julkisivujen säännöllinen seuraaminen (rappauksessa vain paikallisia joustavia alueita)

7.9.2022

- **B-talo**
  - Eteläjulkisivu
    - Rappauksen uusiminen (rappauksessa laajaa ja pitkälle edennyttä vaurioitumista)
    - Ennen rappauksen uusimista tulee kulkua rajoittaa julkisivun läheisyydessä. Julkisivussa todettiin pitkälle edenneitä vaurioita, jotka aiheuttavat turvallisuusriskin rakennuksen läheisyydessä kulkeville.
    - Pitkälle edenneiden rappausvaurioiden vuoksi kosteus voi kulkeutua lämmöneristekerrokseen aiheuttaen kosteus- ja mikrobivaurioita. Kosteusvaurioriskin vuoksi suosittelemme korjaamaan vaurioalueet paikkakorjausmenetelmin jo ennen koko julkisivurappauksen uusimista. Paikkakorjauksessa korjattavan alueen rappaus poistetaan rappausalustaan asti. Lisäksi pinta-rappausta ja verkotuslaastin pintakerrosta poistetaan yli 100 mm ehjän rappauksen puolelle, jolloin uusi verkko saadaan limitettyä olemassa olevaan verkkoon.
  - Itä-, länsi- ja pohjoisjulkisivu
    - Ei toimenpiteitä/ julkisivujen säännöllinen seuraaminen (rappauksessa vain paikallisia joustavia alueita, julkisivuja ei voitu tutkia kauttaaltaan)
- **C-talo**
  - Itä- ja länsijulkisivut
    - Paikallisten puutteiden/vaurioiden korjaaminen ja rakenneliittymien vesitiivyyden parantaminen (elastiset saumat) muihin julkisivuihin kohdistuvien korjaustöiden yhteydessä.
    - Julkisivujen säännöllinen seuraaminen (rappauksessa melko laajalti joustavia alueita)
- **D-talo**
  - Eteläjulkisivun rappauksen uusiminen (rappauksessa laajaa ja pitkälle edennyttä vaurioitumista)
  - Itä-, länsi- ja pohjoisjulkisivujen säännöllinen seuraaminen (rappauksessa laajalti joustavia alueita)

Kaikista korjauksista tulee laatia detaljitason suunnitelmat. Työn aikana eri työvaiheet katselmoidaan ja hyväksytään tilaajan sekä valvojan/rakennesuunnittelijan toimesta. Lisäksi työn aikana suositellaan tekemään laadunvarmistuskokeita, joissa varmistetaan:

- Laastikerrosten paksuus ja muu vaatimusten mukaisuus
- Materiaalinvalmistajan kirjallisten ohjeiden noudattaminen
- Rappausverkon asennussyvyys (laadunvarmistus menettelyllä mittaamalla toteutunut asennussyvyys vähintään 1 kpl / 100m<sup>2</sup>)
- Rappauspinnan uusiminen, korjaus ja jälkihoito tulee tehdä materiaalitoimittajan kirjallisten ohjeiden ja / tai BY57 ja BY75:n mukaisesti

7.9.2022

- Laadunvarmistusmenettelyt sekä mallityöt tulee määritellä kirjallisesti ja yksilöidysti ennen töiden aloittamista
- Töiden aikana asiakirjoissa esitetyt laadunvarmistuskokeet ja mallityöt tulee tarkastaa ja hyväksyttää tilaajalla tai tilaajan edustajalla
- Rappautöiden aikana urakoitsijan vastaavan työnjohtajan tulee pitää työmaapäiväkirjaa (Eriste- ja Levyrappaus 2016 by 57 liite 3).

Vahanen Rakennusfysiikka Oy

Tampere 7.9.2022



---

Aapeli Räihä, DI  
Tiimipäällikkö

---

Kai Yli-Valkama

Liitteet Liite 1: Vauriokartat

Jakelu

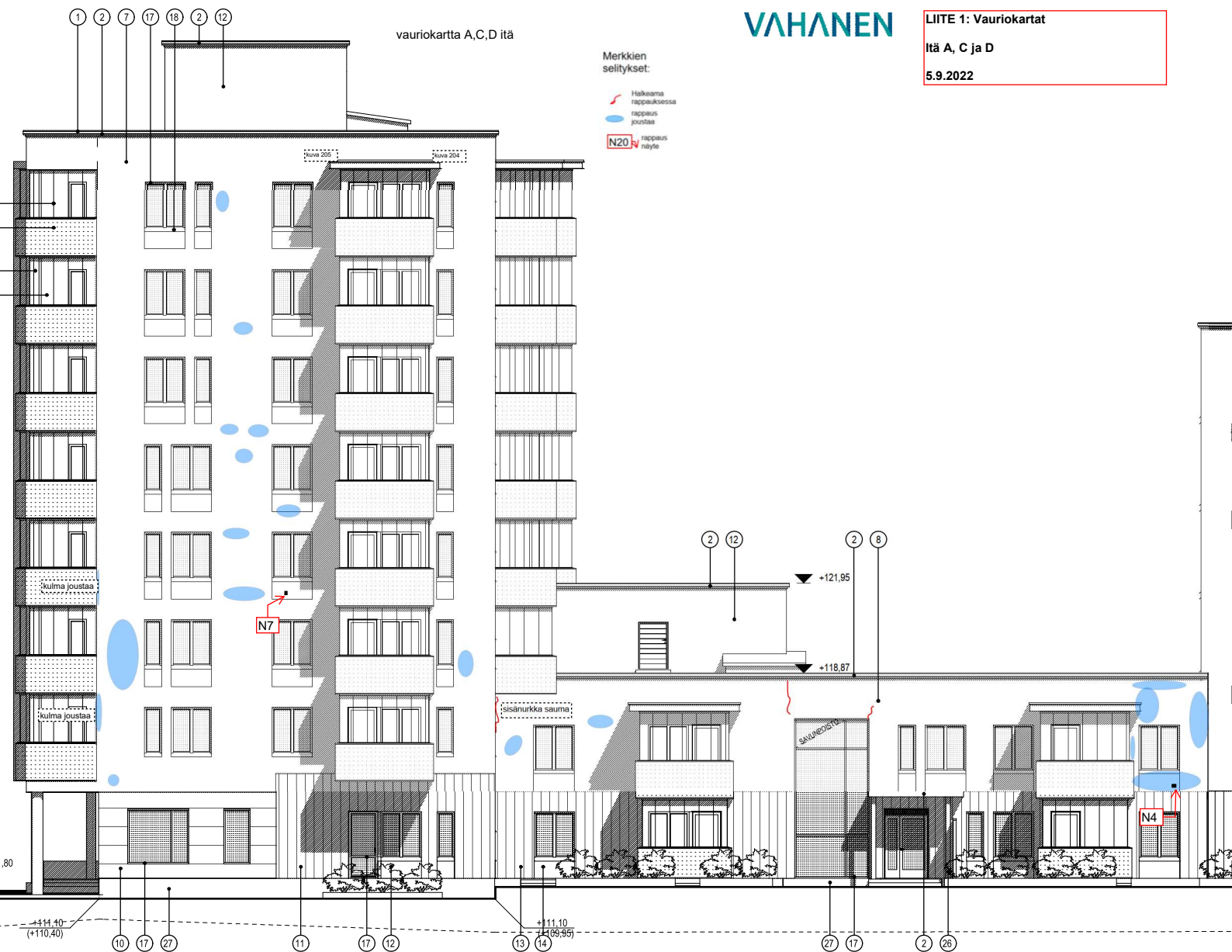
Tiedoksi -

Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaan, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

vauriokartta A,C,D itä

Merkkien selitykset:




- Halkaama rappauksessa
- rappaus joustaa
- N20 rappaus näyte

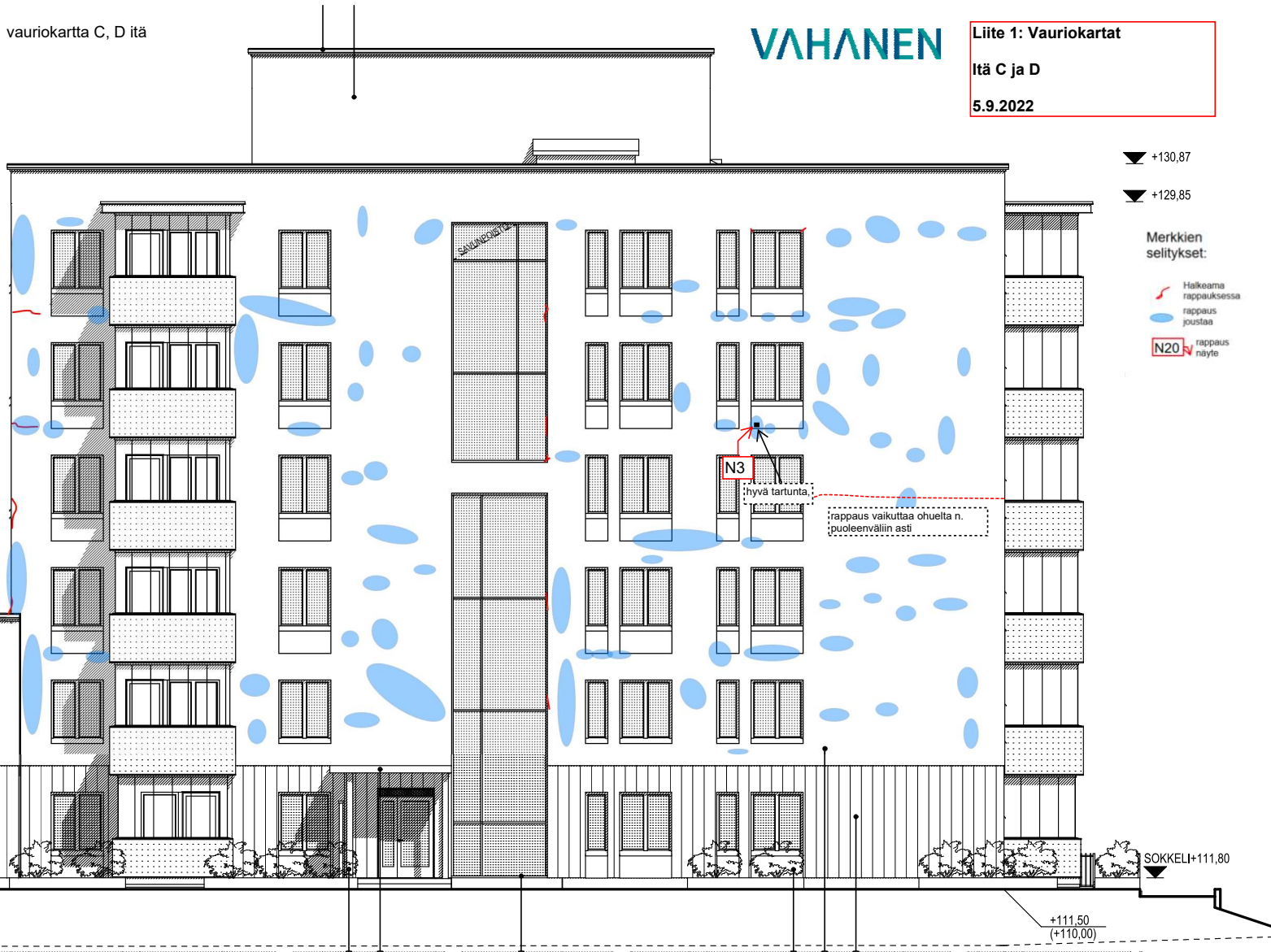


▼ +130,87

▼ +129,85

Merkkien selitykset:


-  Halkeama rappauksessa
-  rappaus pouttaa
-  rappaus näyte





Vauriokartta C, ja B pohjoinen

Merkkien selitykset:

-  Halkeama rappauksessa
-  rappaus joustaa
-  N20 rappaus näytle



Vauriokartta B, C, D etelä **VAHANEN**





LIITE 1: Vauriokartat

Etelä A, C ja D

5.9.2022

-tartuntalaasti rapautunut  
-verkko irti tartuntalaastista  
-tartuntalaasti irtollee suurina paloina verkkolankana  
-räystäällä suuri tuuletusväli => tuskulumi

Merkkien selitykset:

-  Halkeama rappauksessa
-  rappaus joustaa
-  rappaus näyte
-  läpikuultavia "halkeamia" ehjän rappauksen alla

koko seinä yleisesti koputeltaessa kumeaääninen



ETELÄÄN

vauriokartta A pohjoinen

2 7 17 18

1 2 17




# VÄHANEN

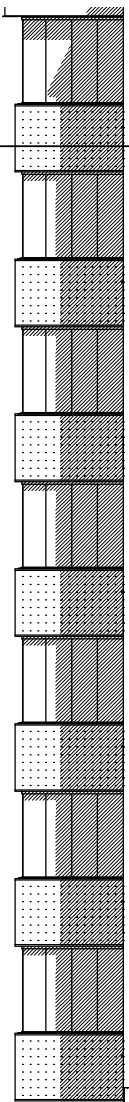
LIITE 1: Vauriokartat

Pohjoinen, A

5.9.2022

Merkkien selitykset:

-  Halkeama rappauksessa
-  rappaus joustaa
-  N20 rappaus näyte



+130,8

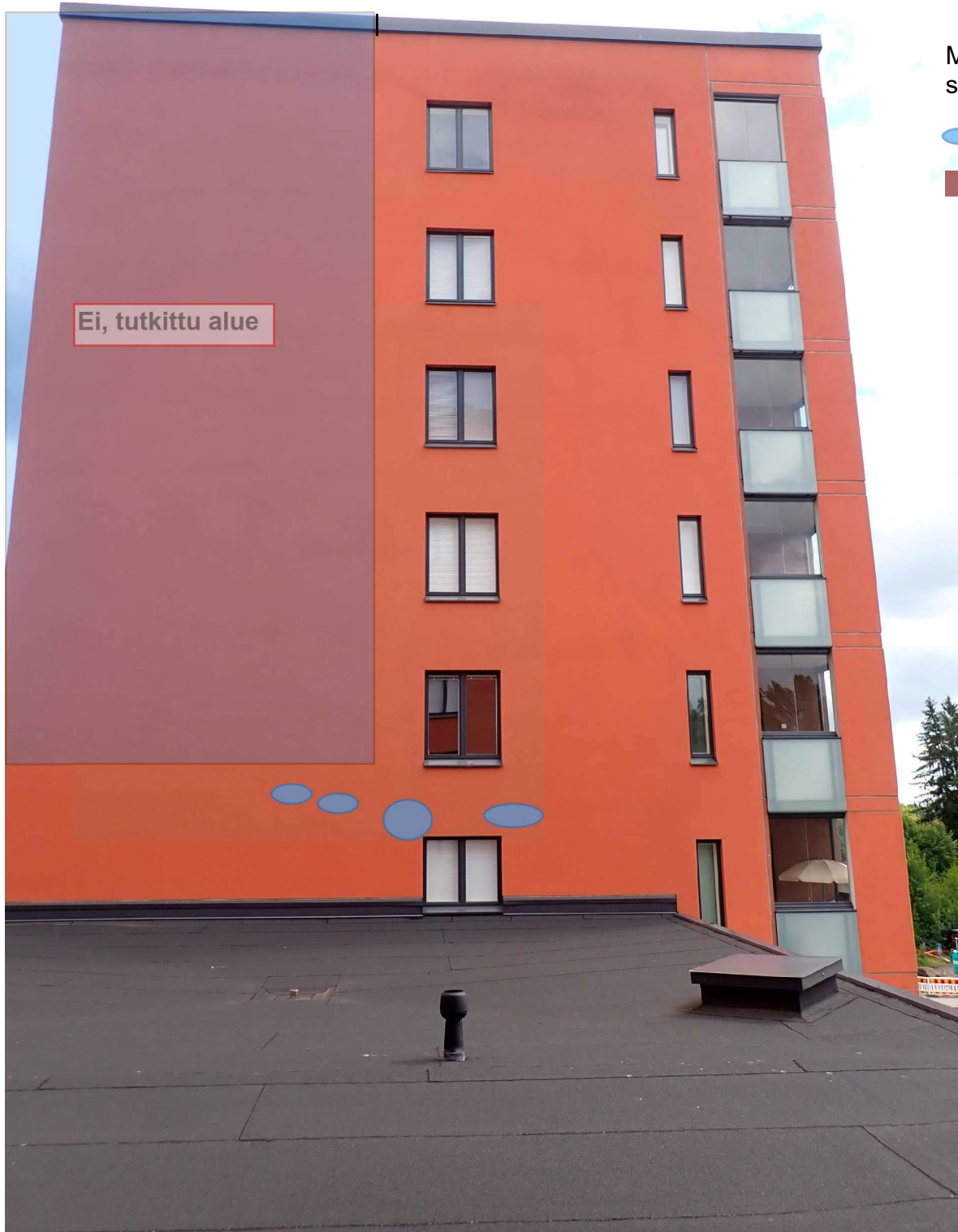
+129,8

SOKKELI +111,80



+111,10 (+109,95)

11 12 27

POHJOISEEN



**Merkkien selitykset:**

-  rappaus joustaa
-  Ei, tutkittu alue

vauriokartta C,D länsi

**VAHANEN**

LIITE 1: Vauriokartat

Länsi C ja D

5.9.2022

Merkkien selitykset:

-  Halkaama rappauksesta
-  rappeus joustaa
-  rappeus N20:n rajalla



-410.70 (+109.65)


LÄNTEEN



Merkkien selitykset:

 rappaus joustaa

**N20**  rappaus näyte

 Ei tutkittu alue

-verkko räystäällä  
-tuuletusväli yli 2cm  
-myrskypellin alaosaa massattu  
-saumat hyväkuntoisia  
-koko seinäalueella pieniä, kämmenkokoisia, myötäviä alueita

ylösnotot massattu

▼ +137,47

▼ +136,45

Merkkien  
selitykset:

Halkeama  
rappauksessa

rappaus  
joustaa

N20 rappaus  
näyte

läpikuultavia "halkeamia" ehjän  
rappauksen alla



Suojaj- ja tartuntalaaastin tartunta huone (N18)

N18

N19



Elementin alapinta rapattu.  
Ei villaa nähtävissä  
alareuna pehmeä

TONTIN RAJA

+111,40  
(+110,40)

(28)

Merkkien selitykset:

-  Halkeama rappauksessa
-  rappaus joustaa
-  rappaus näyte

