



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

BETONIJULKISIVU- JA PARVEKERAKENTEIDEN KUNTOTUTKIMUS

Jussi Koistinen

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2018
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Kiinteistönpitotekniikka ja korjausrakentaminen



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Kiinteistönpitotekniikan ja korjausrakentamisen suuntautumispolku

KOISTINEN, JUSSI:
Betonijulkisivu- ja parvekerakenteiden kuntotutkimus

Opinnäytetyö 112 sivua, joista liitteitä 75 sivua
Maaliskuu 2018

Betonirakenteiden kuntotutkimuksille on kysyntää maassamme enemmän kuin koskaan aiemmin. Suomalaisista betonikerrostaloista suurin osa on rakennettu betonielementtituotannolla 1960–1980-luvuilla, kun asuntotarve maassamme kasvoi. Tämän aikakauden rakennusten peruskorjaustarpeet ovat tällä hetkellä suurimmillaan.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kuntotutkimuksella Pirkanmaan maakunnassa sijaitsevan kiinteistön kolmen betonielementtikerrostalon julkisivu- ja parvekerakenteiden vaurioitumisen nykytilanne sekä määrittää korjaustarpeet. Työssä käytettiin apuna alan kirjallisuutta sekä tutkielmia. Luottamuksellinen aineisto on poistettu julkisesta tutkimusraportista.

Teoriaosuudessa johdatetaan lukija ymmärtämään betonirakenteiden vaurioitumista ja turmeltumisilmiöitä rakennusten ulkovaipparakenteissa. Lisäksi teoriaosuudessa selvitetään lukijalle rakennusten kuntotutkimisessa huomioitavia asioita ja korjausrakentamisen nykytilannetta Suomessa.

Työ toteutettiin loppuvuoden 2017 ja alkukevään 2018 välisenä aikana. Kuntotutkimuksella saatiin luotettava käsitys rakennusten vauriotilanteesta. Tutkittavat rakennukset ovat valmistuneet elementtirakentamisen huippuvuosien aikaan ja myös niiden kohdalla havaittiin tuon aikakauden rakennustavoille tyypillisiä ongelmakohtia. Eri talojen kohdalla, mutta samoissa rakennusosissa ilmeni eroja mm. betonin pakkasenkestävyydessä sekä lämmöneristeen paksuudessa. Tutkimusraportin korjausehdotusten kustannukset perustuvat sekä KOR-korjausrakentamisen kustannuksia 2016 kirjaan sekä Insinööritoimisto Renovatekin kokemusperäisiin toteutuneisiin kustannusarvioihin. Kustannusarviot tulee aina tarkastella tapauskohtaisesti, eikä esitettyjä kustannuksia voi hyödyntää muihin rakennuksiin kuin tutkimusraportissa on esitettyinä.

Asiasanat: korjausrakentaminen, betonikerrostalo, julkisivurakenne, parvekerakenne, kuntotutkimus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction Engineering
Facility Engineering and Renovation

KOISTINEN, JUSSI:
Condition Survey of Concrete Facade and Balconies

Bachelor's thesis 112 pages, appendices 75 pages
March 2018

The purpose of this thesis was to find out the current condition of facade and balcony structures of three concrete housing blocks in Pirkanmaa region in Finland. Thesis was carried out between the end of 2017 and early 2018. Literature and various other theses were used as background reading and material for this study.

This thesis has been divided into two main phases, the theoretical part and the condition survey part. Condition survey report can be found in Appendix 1. The theoretical part will guide the reader to understand the structures of concrete housing block and the phenomena of deformation in the concrete facade and balcony structures. In addition, the theoretical part of this thesis analyzes the issues to be noted in the condition survey and the current state of renovation in Finland.

There is a growing demand for condition surveys of concrete housing blocks in our country, more than ever before. Most of the Finnish concrete blocks were built in between 1960s and 1980s, when the need for housing grew fast. The need for renovation is at its highest for buildings of that era.

The condition survey, that was carried out, gave a reliable image of the situation of these three buildings which were inspected in this survey. The estimated costs should always be counted separately on a case-by-case basis. The presented costs in this survey cannot be used in any other cases.

Keywords: Renovation construction, concrete building, facade structure, balcony structure, condition survey

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Tausta.....	6
1.2	Tavoitteet ja tarkoitus	7
1.3	Työn rajaus	7
2	BETONIKERROSTALOT SUOMESSA	8
3	BETONIKERROSTALON RAKENTEITA.....	10
3.1	Julkisivuelementit	11
3.1.1	Tuotantotavan vaikutus julkisivuelementteihin	12
3.1.2	Ulkokuoren kiinnitys.....	12
3.1.3	Elementtien tuuletus.....	12
3.2	Julkisivusaumat.....	13
3.3	Parvekerakenteet	13
4	BETONIN VAURIOITUMINEN JA TURMELTUMISILMIÖT.....	16
4.1	Rasitustekijät.....	16
4.2	Betoniterästen korroosio	16
4.2.1	Karbonatisoituminen	17
4.2.2	Kloridit	18
4.3	Betonin rapautuminen.....	19
4.3.1	Alkalikiviainesreaktio	19
4.3.2	Ettringiittireaktio	20
4.4	Muut merkittävät turmeltumisilmiöt.....	20
5	KORJAUSRAKENTAMINEN	21
5.1	Yleistä	21
5.2	Korjaustarve.....	21
5.2.1	Mikä aiheuttaa korjaustarpeen?.....	23
5.2.2	Rakentamisaikaiset virheet.....	24
5.3	Korjaushankkeen suunnittelu.....	25
5.4	Korjaustavat ja -periaatteet	25
5.4.1	Korjaustapojen jaottelu	26
6	KUNTOTUTKIMUS	28
6.1	Yleistä	28
6.2	Kuntotutkimuksen ja kuntoarvion ero	28
6.3	Tutkimusprosessi	29
6.3.1	Ulkobetonirakenteiden tutkimusmenetelmät	30
6.3.2	Tutkimusdata ja sen analysointi	30
7	POHDINTA.....	32

LÄHTEET	34
LIITTEET	37
Liite 1. Kuntotutkimusraportti.....	37

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Tämän insinööriyön aiheena on betonijulkisivu- ja parvekerakenteiden kuntotutkimus. Työ on jaettu kahteen pääluokkaan, teoriaosuuteen sekä kuntotutkimukseen. Teoriaosuudessa selvitetään syitä, minkä vuoksi kuntotutkimuksille on erityinen tarve suomalaisissa betonikerrostaloissa, joita maamme kerrostalokannasta on suurin osa. Lisäksi teoriassa pohjustetaan kuntotutkimuksen merkitystä lukijalle.

Tarkoitus on kuntotutkimuksella selvittää Pirkanmaan maakunnassa sijaitsevan kiinteistön betonikerrostalojen julkisivu- ja parvekerakenteiden vaurioitumisen nykytila sekä määrittää rakenteiden korjaustarve. Tutkimuskohteen rakennukset ovat valmistuneet vuonna 1980. Tutkimusraporttiin laaditaan tutkimustulosten ja johtopäätösten perusteella korjausehdotukset. Teoriaosuudessa selvitetään betonielementtikerrostalorakentamisen historian ohella korjausrakentamisen nykytilannetta sekä syitä, miksi maamme betonikerrostaloissa on suuret korjaustarpeet tällä hetkellä.

Kerrostalojen kuntotutkimuksille on tulevina vuosina enemmän kysyntää kuin koskaan aiemmin. Iso osa Suomen kerrostalokannasta on peruskorjauksessa ja osa niiden rakenteista on saavuttanut teknisen käyttöikänsä loppupään. Asuinkiinteistöjen taloudellinen pitoaika on yleensä noin 30...40 vuotta ja sillä tarkoitetaan aikaväliä rakennuksen valmistumisesta ensimmäiseen peruskorjaukseen tai edellisen peruskorjauksen aikaväliä seuraavaan peruskorjaukseen (Tuomainen, 2017). Teknologian tutkimuskeskus VTT:n, Pellervon taloustutkimus PTT:n ja KTI Kiinteistötiedon vuonna 2015 julkaiseman tutkimuksen mukaan tekninen korjaustarve asuinrakennuksille on vuosittain noin 3,5 miljardia euroa vuosien 2016–2025 välisenä aikana. Eniten korjaustarvetta vuoteen 2025 mennessä tulee kasvattamaan kerrostalojen korjaustarpeet. (Rakennusteollisuus RT, 2015)

Kuntotutkimusprosessi tehtiin Renovatek Oy:n ohjauksessa. Renovatek Oy on vuonna 2014 perustettu korjausrakentamisen tutkimus- ja suunnittelupalveluja tarjoava insinööritoimisto. Kuntotutkimuksen korjaustapaehdotuksesta käy ilmi teknisesti kohteeseen soveltuvat korjaustavat.

1.2 Tavoitteet ja tarkoitus

Keskeisenä tavoitteena on selvittää tutkimuskohteena olevan kiinteistön asuinkerrostalojen (3 kpl) nykykunto ja laatia tutkimusraportti. Tutkimusraportista käy ilmi julkisivu- ja parvekerakenteiden kunto, vaurioitumisen nykytila sekä tutkimustulosten perusteella laadittu korjausehdotus. Korjausehdotus sisältää teknisesti soveltuvat korjaustavat kohteeseen sekä niiden kustannusarviot. Tarkoituksena on, että tilaaja voi hyödyntää tutkimusraporttia kiinteistönpidon suunnittelussa sekä kiinteistön korjaussuunnittelussa.

1.3 Työn rajaus

Insinööri työn aihe on rajattu koskemaan betonijulkisivu- ja parvekerakenteita. Työ on jaettu kahteen pääluokkaan, joista ensimmäinen on teoriaosuus ja toinen pääluokka on kuntotutkimuskohteen tutkimusraportti (liite 1). Työn pääpaino on 1960-luvun jälkeisissä aikakausissa maamme kerrostalokannasta johtuen.

Betonirakenteiden kuntotutkimusmenetelmiä ei käydä läpi työn teoriaosuudessa tarkemmin, koska yleisimmistä tutkimusmenetelmistä löytyy tietoa lähdeaineistosta ja alan kirjallisuudesta hyvin laajalti. Tätä työtä tehdessä voimassa olevat ohjeet tutkimusmenetelmiin on esitetty Suomen betoniyhdistys ry:n julkaisussa by42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013.

Työn tutkimusraportin korjausehdotukset ja kustannusarviot ovat suuntaa antavia. Työ ei sisällä kustannuslaskentaa, koska korjaustavan valinnan jälkeen on laadittava ensin korjaussuunnitelma. Korjaussuunnitelmasta tilaajalle määrittyy tarkemmin korjauskustannukset.

2 BETONIKERROSTALOT SUOMESSA

Betonielementit ovat yleisimmin käytettyjä julkisivu- ja parvekerakenteita maamme asuin- ja liikerakennuksissa aina 1960-luvun lopusta 2000-luvulla saakka. Suomessa on kaikkiaan lähes 60 000 kerrostaloa, joista puolet on valmistunut aikavälillä 1960–1979. Betonielementtituotannon huippuvuosina 1970-luvulla kerrostaloja on valmistunut maamme selvästi enemmän muihin vuosikymmeneihin verrattuna ja tuota vuosikymmentä kutsutaan myös kerrostalorakentamisen uudeksi ajaksi. Pelkästään vuonna 1974 Suomeen valmistui 46 000 asuntoa. (Lahdensivu 2010, 2014)

Elementtituotannon huippuvuosina yleisimpiä virheitä kerrostalorakentamisessa oli muun muassa heikkolaatuisen betonin käyttö, raudotteiden riittämättömät suojabetonipaksuudet ja seostamattoman teräksen käyttö vaurioalttiissa rakenteissa. Vuoteen 2008 mennessä maamme oli rakennettu noin 44 miljoonaa m² betonijulkisivua sekä lähes miljoona betoniparveketta. Tyypillisenä lähiökerrostalona voidaan pitää viisikerroksista, kahden porrashuoneen kerrostaloa. (Lahdensivu 2010, 2014; Mäkiö ym. 2016, 14, 47)

Korjausrakentamisen näkökannasta peruskorjausvuorossa on nyt 1960–1980-lukujen rakennukset, sillä tuon aikakauden käytetyistä rakennusosista huomattava osa on tulossa elinkaarensa päähän. (Rakennusteollisuus RT 2018)

1960-luvulla betoninormien kehitys tapahtui voimakkaasti, jolloin elementtitekniikka yleistyi. Betonielementtien valmistamista ja käyttöä ohjaavat ohjeet julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 1963 ja betonielementtinormit vuonna 1965. Betonielementtitekniikan läpimurtoaikana, vuosina 1962–1964 käynnistettiin monet itsenäiset elementtitehtaat ja 1960-luvun puolivälin noin kymmenestä tehtaasta määrä nousi lähes neljäänkymmeneen vuoteen 1966 mennessä. Kerrostalorakentaminen siirtyi lähes kokonaan täyselementtituotantoon 1970–80-luvuilla BES-järjestelmän (Betonielementtistandardi) myötä. Paikallaan rakentamista kerrostalotuotannossa esiintyi vielä jonkin verran, mutta pääosin paikkakunnilla, mitkä olivat etäällä elementtitehtaista. (Pentti, Mattila & Wahlman 1998, 8; Hytönen & Seppänen 2009, 7; Neuvonen 2015, 38)

Elementtituotannosta ja asuntotarpeesta johtuen Suomessa on huomattava määrä samantyyppisiä kerrostaloja ulkonäöllisesti sekä rakenteellisesti. Suomen teollistumisesta johtuen

maaltamuutto oli suurta 1960–1970-luvuilla, mikä aiheutti valtavan asuntotarpeen. Rakennuksen elinkaariajattelu jäi vähäiselle huomiolle, koska oli saatava nopeasti ja halvalla asuntoja, mihin betonirakentaminen ja betonielementtitekniikka pystyivät vastaamaan. Elementtirakenteisiin kerrostaloihin siirryttiin pääosin kustannussyistä, sillä aiemman täysin työmaalla tapahtuneen paikallarakentamisen märkävalutyö oli aikaa vievää ja siksi kallista. Lisäksi tehdasoloissa pystyttiin tuottamaan betonielementtejä keskeytyksettä kellon ympäri. (Betoniteollisuus ry: Elementtirakentamisen historia n.d.; Hytönen & Seppänen 2009, 5)

3 BETONIKERROSTALON RAKENTEITA

Kerrostalot jaetaan kantavien rakenteiden perusteella eri runkotyyppeihin. 1950-luvulla betoni ajoi tiilen ohitse yleisimmin käytettynä rakennusmateriaalina kantavassa rungossa. Betoniseinärungosta muodostui tavanomainen runkoratkaisu, missä sekä ulkoseinät- että kantavat väliseinät valettiin betonista aiemmin käytetyn tiilimuurin sijaan. Elementtirakentamisen tarpeita varten betoniseinärungosta jatkokehitettiin ns. kirjahyllyrunko, missä ainoastaan porrashuoneen seinät sekä rakennuksen väli- ja päätyseinät kantavat. Kirjahyllyrunko on yleisimmin käytetty runkotyyppi suomalaisessa vuosina 1970–1990 rakennetussa kerrostalossa. Suomeen on rakennettu jonkin verran myös betonipilarirunkoisia kerrostaloja. (Neuvonen 2015, 2016)

Suunnitteluohjeita betonirakentamiseen on julkaistu jo yli sata vuotta, vuodesta 1913, mutta betonirakenteiden säilyvyyteen on kuitenkin kiinnitetty huomiota vasta 1970-luvulta alkaen. Betoninormeilla on aina pyritty vaikuttamaan betonirakentamisen laatuun parantavasti, mutta vaikutukset ovat kuitenkin tulleet rakentamisessa näkyviin viiveellä. Käytännössä vasta 1990-luvun betonielementtituotanto alkoi laajassa mittakaavassa olla säilyvyysominaisuuksiltaan sellaista kuin normeissa oli vaadittu jo toista kymmentä vuotta aiemmin. Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelua on edellytetty vasta vuodesta 2005. (Lahdensivu 2014, 10, 19; Punkki 2017, 66)

1960-luvun alun rakennuksissa saattaa esiintyä heikkolaatuista betonia, sillä elementtien työmaavalmistuksesta johtuen betonimassan piti olla hyvin notkeaa. Tiivistykseen ei ollut käytettävissä tarvittavia koneita ja ennen kuin notkistukseen käytetyt lisäaineet yleistyivät, käytettiin yksinomaan vettä. Vedellä notkistaminen johti suureen vesisementtisuhteeseen ja täten huokoiseen, heikkolaatuiseen betoniin. Betonin laatu elementtirakenteissa vaihtelee suuresti riippuen käytetystä tehtaasta (Pentti ym. 1998, 19). Lujuusluokan minimivaatimus vuodesta 1965 vuoteen 1989 julkisivubetonille oli tavanomaisesti K25 (25 N/mm²). Julkisivubetonin vaikeisiin olosuhteisiin missä kosteuden poistuminen on rajoitettua, ohjeistettiin vuonna 1976 käyttämään K30 (30 N/mm²) lujuusluokan betonia, esimerkiksi klinkkerilaattapintaisissa elementeissä (Suomen betoniyhdistys ry 1976, 2002).

3.1 Julkisivuelementit

Suomessa käytetyin kerrostalon ulkoseinärakenne on ollut vuoteen 2000 saakka betoni-sandwich-elementti. Betonisen sandwich-elementin tyypillinen tunnusmerkki on ohut rakennepaksuus. Ennen 1990-lukua rakennettujen sandwich-elementtien ulkokuoren nimellispaksuudet vaihtelevat 40...60 mm. Vasta 1990-luvulla rakennepaksuudeksi suositeltiin 70 mm. 2000-luvun taitteeseen saakka aikakaudesta riippuen suunnittelupaksuus ulkokuorella voi täten vaihdella 40...85 mm:iin. Kantava sisäkuori on joko 150 mm tai 160 mm paksuudeltaan ja ei-kantavana sisäkuoren paksuus on tyypillisesti 70...100 mm. (Pentti ym. 1998, 18–19; Lahdensivu 2010a, 51; Suomen betoniyhdistys ry 2002, 14)

Sandwich-elementeissä käytettävään eristepaksuuteen on vaikuttanut ensimmäisen ker-
ran lämmönläpäisykertoimen ohjeistus Rakennusinsinöörien Liiton RIL ry:n antamana vuonna 1969, arvolla 0,81. Vuonna 1976 tuli rakentamismääräyskokoelma voimaan, ja u-arvon (lämmönläpäisykerroin) ohjeistukset muuttuivat määräyksiksi (Ympäristöministeriö 2016). Taulukossa 1 on esitettyä, että ennen vuotta 1976 rakennetuissa asuinkerrostaloissa tulisi ohjeistuksen mukaan lämmöneristeen suunnittelupaksuuden olla 90 mm ja vuosina 1976–1985 120 mm ja vuodesta 1986 aina vuoteen 2003 saakka 140 mm. Edellä mainituilla aikakausilla käytetyn eristeen lämmönjohtavuus on ollut tyypillisesti 0,045 W/mK, mikä on selvästi nykyristeitä heikompi. Käytännössä lämmöneristekerros on usein ollut hieman vaatimustasoa alhaisempi, sillä BEKO-tietokannan mukaan lämmöneristekerros vaihtelee 1960–2000-luvun betonielementtirakenteisissa asuinkerrostaloissa välillä 70...140 mm. (Lahdensivu 2010b, 26–28; Neuvonen 2015, 48)

Taulukko 1. Suomalaisia u-arvo vaatimuksia (Lahdensivu 2010b, 26–28; Neuvonen 2015, 48)

	Asuinrakennusten lämmöneristys- normit 1969	RakMK, osa C3 (1.7.1976)	RakMK, osa C3 (1.7.1979)	RakMK, osa C3 (1.1.1985...2003)
Ulkoseinän sallittu u-arvo (W/m ² K)	0,81	0,70	0,35	0,28
Tyypillinen betoni- sandwich-elemen- tin mineraalivilla- paksuus	90 mm	120 mm	120 mm	140 mm

3.1.1 Tuotantotavan vaikutus julkisivuelementteihin

Betonijulkisivuelementit on valmistettu vaakavaluna ja valusuunta on riippunut elementin pintamateriaalista. Harjattupintaiset kuorielementit on valettu ulkopinta ylöspäin ja pesubetoni- tai laattapintaiset elementit on valettu ulkopinta alaspäin. Valusuunta on vaikuttanut lopputuotteeseen merkittävästi niin betonipinnan osalta kuin rakenteellisestikin. Ulkopinta alaspäin valettaessa raudoitteet ovat niiden muotissa painumisen johdosta lähellä ulkopintaa ja lisäksi lämmöneriste on usein jonkin verran puristunut kasaan. Puristuminen on riippunut erityisesti siitä, onko valettavan elementin sisäkuori ollut kantava vai ei. Ulkopinta ylöspäin valettaessa raudoitteet ovat asentuneet vastaavasti lähelle sisäpintaa ja lämmöneristekerros on pysynyt yleensä tasapaksuisena ilman kokoonpuristumista, mutta betonipinnan tiiveys on vaihdellut. Eristeen mahdollisesta kokoonpuristumisesta sekä mm. työteknisistä virheistä johtuen sandwich-elementtien ulkokuorten paksuudet vaihtelevat suunnittelupaksuuksista joskus suurestikin. (Pentti ym. 1998, 18–20)

3.1.2 Ulkokuoren kiinnitys

Sandwich-elementtien ulkokuorten yleisin kiinnitys sisäkuoreen on toteutettu sideansailloilla. Ansa-raudoituksessa diagonaalit kulkevat eristekerroksen läpi ja ovat hitsattu ulko- ja sisäkuoren paarretankoihin. 1960-luvun kerrostaloissa sideansaat ovat yleensä olleet seostamatonta, ruostuvaa teräslaatua, joihin on vaihtelevasti tehty korroosiosuojaus. Käytetyt teräsansaat ovat Ø 5 mm sekä ruostumattomia vuodesta 1970 eteenpäin ansadiagonaalien osalta. Ulkokuoren paarretangot ovat voineet olla ruostuvaa teräslaatua vielä 1990-luvun lopulle saakka, jolloin ruvettiin käyttämään ruostumatonta terästä koko ulkokuoreessa. Alkuaikoina elementtirakentamisessa käytettiin myös erilaisia betoni- ja muototeräksiä sekä kuparisiteitä jonkin verran. Pitkän julkisivun kantamattomat kevyet sandwich-elementit voivat olla perustuksilta tuettuja ja ainoastaan sidottuja rakennusrunkoon. (Pentti ym. 1998, 19; Lahdensivu 2010, 52; Suomen betoniyhdistys ry 2002, 14–15)

3.1.3 Elementtien tuuletus

Betonielementtirakentamisen alussa ei ollut tuuletusta lainkaan ulkokuoren ja lämmöneristeen välissä. Vasta myöhemmin ruvettiin käyttämään elementtien nurkkiin sijoitettuja tuuletusputkia sekä lisäksi uritettua lämmöneristettä, joka yleistyi 1980-luvun loppussa. Erityisesti vanhojen ulkoseinärakenteiden tuuletuksen toimivuudesta on hankala

saada varmuutta, mutta ennen 1990-lukua valmistuneiden betonisandwich-elementtien ulkoseinärakenne on lähes poikkeuksetta kiinteästi yhdistetty sisäkuori, villa, ulkokuori - rakenne. (Neuvonen 2015, 41)

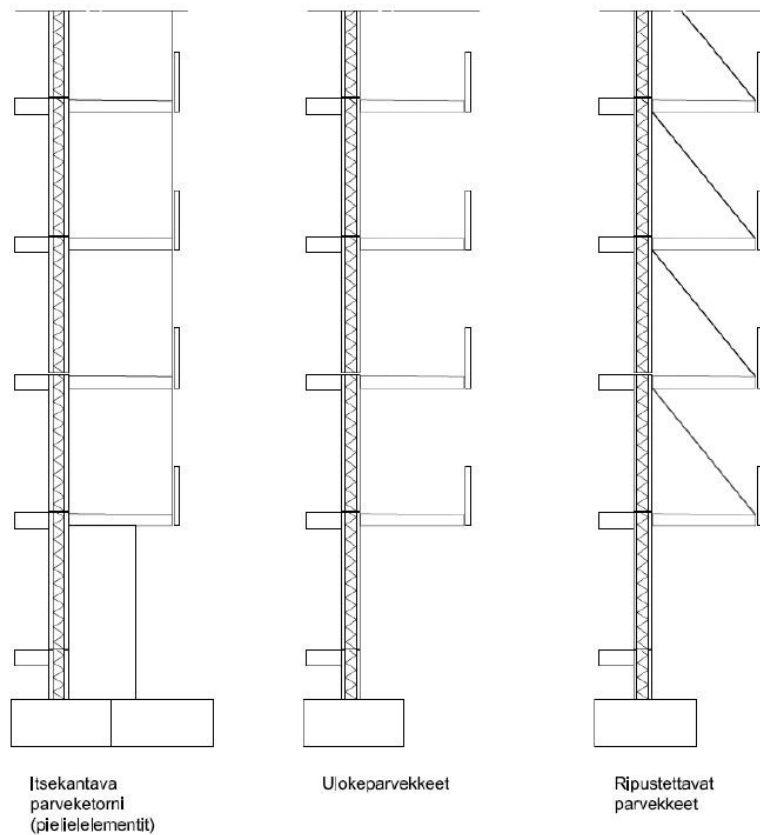
3.2 Julkisivusaumat

Kosteusteknisesti julkisivusaumoilla on suuri merkitys betonielementtijulkisivuissa. Julkisivusaumauksissa esiintyy yleisesti ongelmia, korkealaatuisista saumaussmassoista huolimatta. Saumojen käyttöikä on vaihdellut suuresti ja saumamassoja on jouduttu vaihtamaan vaurioitumisen vuoksi lyhytikäisinäkin, sillä niiden merkitystä on aliarvioitu. Saumaukset tekevät ulkokuoren vedenpitäväksi ja lisäksi niillä tasataan mittapoikkeamia. Saumaukset mahdollistavat ulkokuoren lämpöliikkeet, ulkoseinärakenteen tuulettumisen sekä niillä viimeistellään julkisivun ulkonäkö. Yleensä betonielementtijulkisivun sauma on niin kutsuttu yksivaiheittivitetty, mikä tarkoittaa, että saumassa on yksi kerros saumaussmassaa, jonka tulee toimia sekä ilma- että vedensulkuna. Saumaussmassan takana olevalla umpisoluisella tiivisteellä määritetään massakerroksen muoto ja sillä ei ole valmiissa rakenteessa enää toiminnallista merkitystä. Rakennuksen kuntoa tarkastettaessa saumaussmassoilla on rakennuksen kosteustekniikan lisäksi myös haitta-aine merkitys, sillä vuoteen 1979 saakka niissä on voitu käyttää PCB:tä sekä vuoteen 1989 yhdisteitä, jotka sisältävät lyijyä. (Pentti & Haukijärvi 1999, 9–11; Neuvonen 2015, 44)

3.3 Parvekerakenteet

Parvekkeiden kantavina rakenteina käytetään pääosin teräsbetonielementtejä ja parvekejärjestelmät voidaan ryhmitellä sijoituksen ja rakennemallin perusteella. Voidaan puhua myös pitkistä parvekkeista ja pienparvekkeista riippuen niiden koosta. Vuodesta 1979 alkaen parvekkeen mittojen oli oltava minimissään 300 cm leveydeltään ja 180 cm syvyydeltään. Rakennemalleja ovat ripustetut parvekkeet, itsekantavat parvekkeet sekä ulokeparvekkeet (kuva 1.). Ripustettu parvekerakenne tehdään joko pieliseinillä tai veto-raudoitteilla kantavasta julkisivusta, rakennusrungon välipohjasta tai kantavista väliseinistä. Itsekantava parvekerakenne voi olla rakennusrungon ulkopuolinen, ns. ulkoneva parveke tai sisäänvedetty parveke ja se tukeutuu kuormiltaan kantaviin pieliseiniin ja/tai pilareihin. Ulokeparvekkeen kannatus on tehty aina välipohjalaatasta. 1970-luvulla rakennettujen kerrostalojen parvekkeet tukeutuvat yleensä vain kantaviin pieliseiniin.

1980–90-luvuilla kantavien pilarien käyttö lisääntyi. (Betoniteollisuus ry: Betonielementtiparvekkeet 2010, 3; Neuvonen 2015, 51)



Kuva 1. Parveketyypit (Betoniteollisuus ry: Betonielementtiparvekkeet 2010, 3)

Betonipeitepaksuuksia sekä betonin pakkasenkestoa pidetään yleisesti puutteellisena 1970–1980 lukujen parvekerakenteissa. Vuonna 1976 annettiin ohjeistus, jonka mukaan betonin suojahuokossuhde tulisi olla vähintään 0,15. Tampereen teknillisen yliopiston Rakenteiden elinkaaritekniikan tutkimusryhmän toteuttamassa *BeKo-Betonijulkisivujen ja -parvekkeiden korjausstrategiat* -tutkimuksessa kerätyn tiedon mukaan suojahuokossuhde alkaa kuitenkin parantua vasta vuoden 1981 jälkeen valmistuneissa parvekerakenteissa. Betonirakenteiden pakkasenkestävyydessä on tietokannan mukaan puutteita vielä 1988 jälkeenkin valmistuneissa rakennuksissa (Lahdensivu 2011, 41–42).

Parvekelaatan yläpinnassa on voitu käyttää epoksi- tai akryylibetonipinnoitusta vedeneristykseenä. Etenkin vanhemmissa parvekelaatoissa ei usein ole erillistä vedeneristystä vaan laatta on valettu ns. vesitiiviistä betonista. Parvekkeiden vedenpoisto on järjestetty

joko syöksytorvilla parvekkeen nurkasta tai kaiteen läpi ulosheittoputken avulla. Parvekkeiden kohdalla on syytä muistaa, että ne ovat kantavia rakenneosia ja ihmisten turvallisuuden vuoksi niiden vauriotilanteeseen sekä korjausajankohtaan on kiinnitettävä erityistä huomiota. (Lahdensivu 2010c, 30; Neuvonen 2015, 51)

4 BETONIN VAURIOITUMINEN JA TURMELTUMISILMIÖT

4.1 Rasitustekijät

Betonirakenteiden kestävyys rasitukseen nähden päätetään suunnitteluvaiheessa ja valmistuksen jälkeen niitä ei ole enää mahdollista muuttaa. Betonisissa julkisivu- ja parvekerakenteissa voi erilaisten rasitusten vuoksi tapahtua muutoksia, jotka aiheuttavat korjaustarpeen. Rasitusten vaikutukseen vaikuttaa usea tekijä, kuten rakennuksen sijainti, ympäristö, rakennuksen korkeus ja ilmansuunta (Suomen Betoniyhdistys ry 2002, 17).

Rakenteiden merkittävimmät rasitustekijät ovat kosteus, pakkanen, lämpötilavaihtelu sekä auringon UV-säteily. Rasitusten vaikutusta voidaan vähentää huomioimalla rasitustekijät. Vain oikeilla materiaalivalinnoilla sekä hyvällä suunnittelulla kuten parvekkeiden vedenpoiston toteutus ja julkisivurakenteiden kosteusteknisten detaljien sekä liitoskohtien toimivuus saavutetaan haluttu pitkä tekninen käyttöikä. Rasitustekijöistä kosteus on merkittävin, sillä se on osallisena suurimmassa osassa rakenteiden vaurioitumisista. (Haukijärvi 2005, 6–7)

Turmeltumisilmiöitä on useita, joita tulee huomioida ulkobetonirakenteita suunnitellessa. Suomalaisissa ulkobetonirakenteissa niistä merkittävimmät ovat teräskorroosioauriot ja pakkasrapautuminen, sillä ne vaikuttavat rakenteiden kantavuuteen ja kiinnityksiin. (Suomen Betoniyhdistys ry 2002, 17)

4.2 Betoniterästen korroosio

Teräskorroosiota tapahtuu karbonatisoituneessa ja/tai kloridipitoisessa betonissa. Teräskorroosio aiheuttaa sekä raudoitteiden poikkipinta-alan pienenemistä, mikä itsessään heikentää rakenteen kuormien kestävyyttä, se lisäksi aiheuttaa myös raudoitteiden suojabetonipeitteiden lohkeilua. Korroosioreaktion seurauksena syntyvät korroosiotuotteet ovat tilavuudeltaan suurempia alkuperäisen raudoitteen tilavuuteen verrattuna, jonka vuoksi betoni lohkeaa. Suojabetonipeitteen lohkeaminen voi merkitä rakenteen käyttöiän päättymistä. (Suomen Betoniyhdistys ry 2002, 2007)

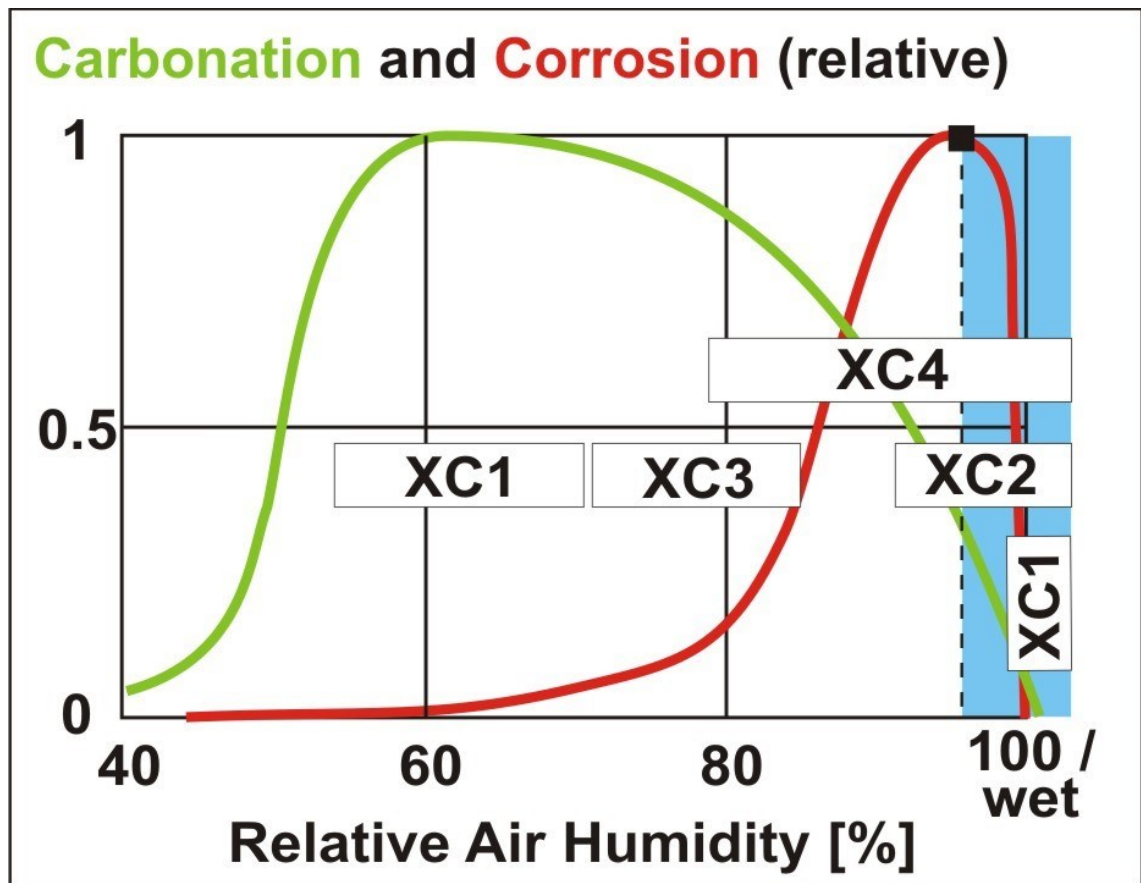
Teräskorroosiota ehkäisevä vaikutus perustuu betonissa sekä fysikaaliseen, että kemialliseen suojaan. Fysikaalinen suoja perustuu raudoitteiden suojabetonipeitteen paksuuteen

sekä betonin laatuun. Kemiallinen suoja perustuu betonin luontaiseen emäksisyyteen ja teräksen kykyyn luoda sen vaippapinnalle oksidikalvo emäksisessä ympäristössä. Portlandsementistä tehdyn betonin pH-arvo on 13...14. Mikäli pH-arvo laskee alle arvon yhdeksän, betonin raudoitteita suojaava kemiallinen suojavaikutus katoaa ja terästen korrosio voi alkaa (Suomen Betoniyhdistys ry 2007). Merkittävä osa korroosiovaurioista ilmenee länsi-etelän puoleisilla julkisivuilla, missä rakenteet pysyvät vuoden aikana pitkiäkin aikoja märkänä. Tämä johtuu maassamme pääosin viistosateesta, joka tulee yleisimmin lounaasta. (Lahdensivu 2012, 81; Siikanen 2012, 81)

4.2.1 Karbonatisoituminen

Neutraloitumisreaktiota kun betoni menettää raudoitteita suojaavan emäksisyytensä kutsutaan karbonatisoitumiseksi. Neutraloitumisreaktiota tapahtuu, kun ilman hiilidioksidin CO₂ pääsee tunkeutumaan betoniin. Karbonatisoitumisen etenemisnopeus on kiinni yleisesti kolmesta tekijästä, joita ovat betonin pinnan diffuusiovastus hiilidioksidin tunteutumisesta vastaan, ympäröivän ilman hiilidioksidipitoisuus ja karbonatisoituvan aineen määrä. Karbonatisoituneen betonin pH-arvo on noin 8,5. Kosteus ja erityisesti betonin tiiveys vaikuttavat siihen, kuinka nopeasti hiilidioksidi pääsee betoniin tunkeutumaan. Nopeimmillaan karbonatisoituminen etenee, kun suhteellinen kosteus, RH on noin 65 %. Hyvin kuivissa olosuhteissa (< RH 30 %) karbonatisoituminen pysähtyy, sillä karbonatisoitumista voi tapahtua ainoastaan vesiliuoksen välityksellä. Taasen erittäin kosteissa olosuhteissa, kuten sateella vedellä täyttyneet huokokset betonissa estävät hiilidioksidin tunkeutumisen betoniin. Tiiviissä betonissa karbonatisoituminen voi lähes pysähtyä, mutta huokoisen betonin sekä halkeamien kautta karbonatisoituminen pääsee tunkeutumaan syvemmälle betoniin. Eniten betonin tiiveyteen vaikuttaa vesisementtisuhde ja hydratoitumisaste. Pinnoitteilla ja pintatarvikkeilla voidaan vaikuttaa karbonatisoitumisnopeuteen, sillä ne voivat estää hiilidioksidin diffuusion betoniin. Karbonatisoituminen hidastuu ajan myötä, sillä hiilidioksidin siirtyminen betoniin vaikeutuu mitä syvemmälle karbonatisoitumisrajapinta betonissa etenee. (Suomen Betoniyhdistys ry 2002, 2007)

Kuvassa 2. on esitettyä betonin suhteellisen kosteuden vaikutus karbonatisoitumisnopeuteen (vihreä) sekä raudoitteiden korroosionopeuteen (punainen). Karbonatisoitumisen ollessa nopeimmillaan noin 65 % suhteellisessa kosteudessa, on vastaavasti korroosioreaktio nopeimmillaan, kun RH on noin 90 %.



Kuva 2. Suhteellisen kosteuden vaikutus karbonatisoitumis- ja korroosionopeuteen (Hunkeler & Lammar 2012)

Pääosa betonirakenteissa esiintyvistä korroosioaurioista tapahtuu karbonatisoitumisen seurauksena. Sen etenemisestä johtuvaa korroosioaurioiden kasvua pystytään karkealla tasolla laskennallisesti arvioimaan neliöjuurimallin avulla (kaava 1),

$$X = k\sqrt{t} \quad (1)$$

jossa k on karbonatisoitumiskerroin, t on aika vuosina ja x on karbonatisoitumissyvyys millimetreinä. (Suomen Betoniyhdistys ry 2002)

4.2.2 Kloridit

Kloridit eli suolat voivat aiheuttaa raudoiteissa korroosiota, kun kloridipitoisuus on noin 0,03...0,07 p-% betonin painosta, vaikka niiden ympärillä betoni olisikin vielä karbonatisoitumatonta. Klorideja imeytyy betoniin esimerkiksi merivedestä tai jäänsulatusai-

neista ja niitä on saatettu käyttää myös betonin kiihdyttimenä kovettumisen nopeuttamiseksi. Ulkoisten tekijöiden kautta kloridien aiheuttamaa korroosiota pystytään rajoittamaan sijoittamalla raudoitteet mahdollisimman kauaksi rasitetusta pinnasta sekä käyttämällä tiukempaa halkeamaleveysvaatimusta kuin XC-luokan betonissa. Pistemäisesti ja voimakkaasti tapahtunut raudoitteen korroosio on kloridikorroosiolle tavanomaista, erityisesti kun kloridit ovat päässeet tunkeutumaan kovettuneeseen betoniin. (Betoniteollisuus ry: Betonin valmistus n.d.; Suomen Betoniyhdistys ry 2002, 2007)

Kloridien seurauksena aiheutuneet korroosiovauriot ovat betonikerrostalojen kohdalla kaikkiaan vähäisiä. Lahdensivun tutkimuksen mukaan kloridien aiheuttamia korroosiovaurioita esiintyi 1960–1990 vuosien aikana valmistuneiden kerrostalojen kohdalla 3,8 % parvekkeissa ja 1,4% julkisivujen kohdalla. Tutkimus koostui 580 parvekenäytteestä ja 496 julkisivunäytteestä. (2012, 76)

4.3 Betonin rapautuminen

Betoni rapautuu pakkasrapautumisen, ettringiittireaktion tai alkalikiviainesreaktion vaikutuksesta. Pakkasrapautuminen on Suomen olosuhteissa selvästi merkittävin rapautumavaurio (Suomen Betoniyhdistys ry. 2002, 27) Mikäli betoniin imeytynyt vesi pääsee jäätymään, täytyy sille olla tilaa laajentua ympäristöön, sillä vesi laajenee jäätyessään noin 9 %. Pakkasrapautuminen on seurausta jäätyä aiheuttamasta hydraulisesta paineesta, kun laajenemiselle ei ole tilaa betonin huokosverkostossa. Puuttuva tai puutteellinen suojahuokostus varsinkin yhdessä alhaisen betonin lujuuden kanssa aiheuttaa rasitustasosta riippuen huomattavan pakkasrapautumisriskin. (Pentti ym. 1998, 22; Suomen Betoniyhdistys ry 2016a, 77)

4.3.1 Alkalikiviainesreaktio

Alkalikiviaines- tai alkalirunkoainesreaktiolla tarkoitetaan kiviaineksen kemiallista paisumisreaktiota, joka saattaa rapauttaa betonia. Suomen kiviaineslajit on kemiallisesti pääosin kestäviä, josta syystä alkalikiviainesreaktio ei ole Suomessa kovin yleinen. Reaktiolla on tyypillistä laikukas betonipinta, verkkohalkeilu sekä paisuminen. Halkeamista saattaa tunkeutua ulos myös geelituotetta. Alkalikiviainesreaktion tunnistaa esimerkiksi poralieriönnäytteen poikkileikkauksesta, missä vaurioituneessa kiviaineksessa on havaittavissa vaalea kehys kiviaineskappaleen kehällä. Alkalikiviainesreaktio on betonissa mahdollinen vain seuraavien tekijöiden täytyessä: Sementti sisältää runsaasti alkaleja

(Na, K), betonin kiviaineksessa on heikosti alkalisuutta kestäviä mineraaleja ja betonin kosteuspitoisuus on riittävän korkea. (Pentti ym. 1998, 71; Suomen Betoniyhdistys ry 2002, 32; Lahdensivu 2014, 46–49)

4.3.2 Ettringiittireaktio

Ettringiittireaktion edellytyksenä on voimakas kosteusrasitus. Sillä tarkoitetaan kemiallista reaktiota kovettuneessa sementtikivessä. Reaktiossa syntyvät ettringiittimineraalit kiteytyvät betonin huokosten seinämille heikentäen betonin pakkasenkestävyyttä. Se johtaa siten betonin pakkasrapautumiseen suojahuokosten umpeutumisen vuoksi tai betoniin muodostuu säröjä reaktion aiheuttaman sisäisen paineen vuoksi. Ulkoisesti ettringiittireaktiosta aiheutunut rapautuminen muistuttaakin pakkasrapautumista. Yleensä ettringiittireaktioon on syynä betonin liiallinen lämpökäsittely betonin kovettumisen yhteydessä, joka on aiheuttanut häiriöitä sementin kovettumisreaktiossa. (Pentti ym. 1998, 70; Suomen Betoniyhdistys ry 2002, 31)

4.4 Muut merkittävät turmeltumisilmiöt

Muita merkittäviä turmeltumisilmiöitä ovat kiinnitysten, kannatusten ja sidontojen heikkeneminen, rakenteiden kosteustekniset toimivuuspuutteet, pintamateriaalien vaurioituminen sekä halkeamat, muodonmuutokset ja käytön aiheuttamat vauriot. Lisäksi merkittävänä tekijänä on myös terveydelle ja ympäristölle haitallisten aineiden esiintyminen rakenteissa kuten mikrobit, asbesti, PAH-yhdisteet sekä PCB- ja lyijy-yhdisteet. (Lahdensivu 2014, 5)

5 KORJAUSRAKENTAMINEN

5.1 Yleistä

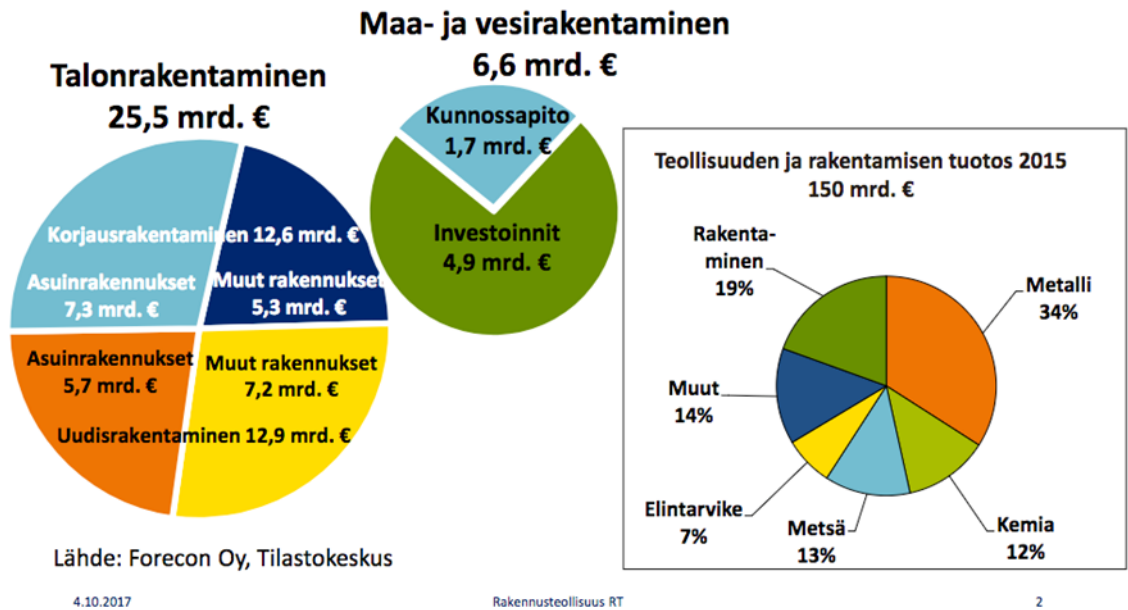
Kiinteistönhoidon ja kunnossapidon vaikutus on suoraan verrannollinen korjausvelan määrään. Korjausvelkaa syntyy silloin, jos ennakoidusta kiinteistönpidosta on tingitty ja rakennuksiin on tehty ainoastaan välttämättömät korjaukset. Kiinteistöhoito on osa kiinteistönpitoa ja se on tapa ylläpitää kiinteistön alkuperäistä suunniteltua laatutasoa. Korjausrakentaminen on ylläpidon keino kiinteistönpidossa ja sillä on tarkoitus palauttaa alkuperäinen laatutaso tai parantaa rakennukselta haluttua palvelukykyä. Koska rakennukset suunnitellaan aina pitkäikäisiksi, tulee myös kiinteistönpidon olla suunnitelmallista. Kiinteistönpito tulisikin rakennuksen valmistumisesta lähtien suunnitella rakennuksen arvioitun elinkaaren perusteella. Rakennusten elinkaarten aikana syntyy kustannuksia rakentamisen lisäksi kiinteistönpidosta sekä korjausrakentamisesta. Elinkaaren aikana tehdään taloudelliset päätökset toteutettavista korjauksista. (Rakennusten korjaustekniikka ja talous 1994, 13–14)

5.2 Korjaustarve

Suomi rakennettiin käytännössä uudestaan kaupunkimaiseksi sotien jälkeen. Iso osa suurista asuin- ja liikerakennuksista on rakennettu tuona aikajaksona, sillä rakennuskantamme tilavuus kasvoi vuosien 1945–1990 aikana 400 miljoonasta m³:stä, 1450 miljoonaan m³:iin. (Rakennusten korjaustekniikka ja talous 1994, 13–14)

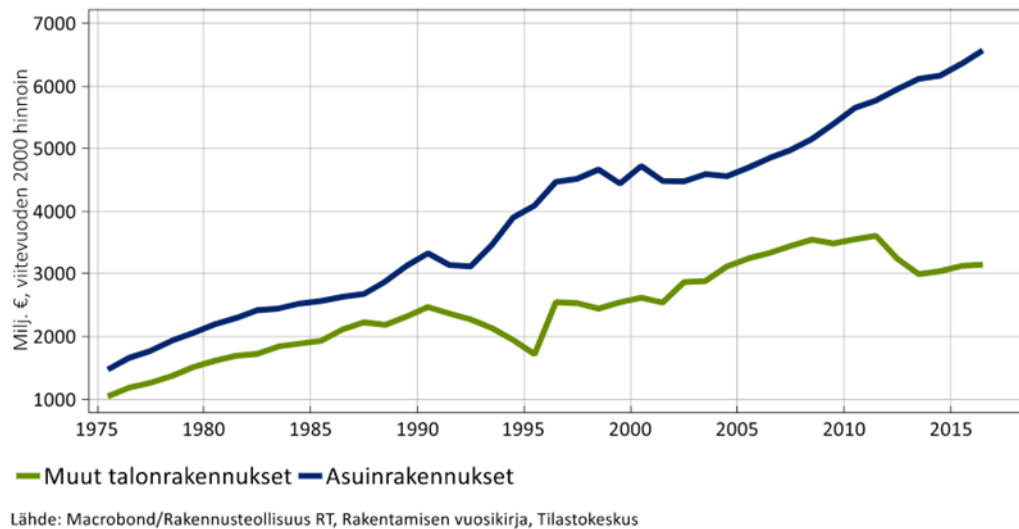
Korjausrakentaminen on kasvanut tasaista tahtia jo pitkään, ja ainoastaan 1990-luvun laman aikoihin on tapahtunut pieni notkahdus. Suomen rakennuskluusterin kuviosta (kuva 3.) käy ilmi, että rakennustuotannon arvosta uudisrakentaminen ja korjausrakentaminen ovat nykyään lähes yhtä suuria ja korjausrakentamisen kehityksen kuvaajasta (kuva 4.) käy ilmi kasvava korjausrakentamisen tarve.

Yhteensä 32,1 mrd. €



Kuva 3. Rakennustuotannon arvo 2016 (Rakennusteollisuus RT ry 2017)

Korjausrakentamisen määrän kehitys



Kuva 4. Korjausrakentamisen määrän kehitys (Rakennusteollisuus RT ry 2017)

5.2.1 Mikä aiheuttaa korjaustarpeen?

Tekninen kunto alkaa huonontua rakennuksessa sen valmistushetkestä lähtien. Edellä mainittua vaurioitumistapaa kutsutaan luonnolliseksi vanhenemiseksi. Kehittyvän vaurioitumisen yksi syy on materiaalien ja käytettyjen rakennusosien erilaiset käyttöiät sekä huoltovälit. Vaurioituminen on yleensä aina aluksi esteettistä, mutta pidemmälle kehittyneenä se aiheuttaa mahdollisesti terveyshaittoja tai turvallisuusriskin. Rakennuksen voidaan todeta olevan korjaustarpeessa, kun se ei täytä sille asetettuja vaatimuksia. Korjaustarpeeseen johtavia syitä on rakennuksen luonnollisen vanhenemisen ohella suunnittelu- ja rakentamisaikaiset virheet ja/tai vauriot. Korjaustarvetta kutsutaan myös *rakennuksen epäkelpoisuudeksi*:

Epäkelpoisuutta voi olla rakennuksen tai sen osan turvallisuudessa, käytettävyydessä, taloudellisuudessa, terveellisyydessä, ekologisuudessa ja esteettisyydessä. Eri syistä syntynyt epäkelpoisuus aiheuttaa korjausrakentamistarpeen. (Rakennusten korjaustekniikka ja talous 1994, 17)

Teknisen epäkelpoisuuden korjaaminen on pakollista, mikäli rakennus halutaan pitää käyttökelpoisena sekä turvallisena. Esimerkiksi sadevesijärjestelmän puutteellinen toiminta saattaa vaurioittaa julkisivu- ja parvekerakenteita laajalla alueella julkisivupinnan vaurioiden lisäksi korroosio- ja pakkasvaurioiden muodossa. Esteettisilläkin korjaustarpeilla on merkittävä vaikutus rakennuksen käyttäjiin, sillä ns. ei-tekniillisillä vaurioilla on suora vaikutus asukkaiden viihtyisyyteen ja sitä kautta rakennuksen haluttavuuteen asuntomarkkinoilla. (Rakennusten korjaustekniikka ja talous 1994, 17–21; Pentti 1997, 19).

Rakennuksen tuottamien palvelujen arvo on kiinni arvostelevista henkilöistä, sillä ulkopuolisella henkilöllä, asukkaalla ja sijoittajalla on yleensä kaikilla eri mielipiteet rakennuksen arvoon liittyen. On lisäksi muistettava, että rakennuksen vanheneminen on osittain inhimillisten havaintojen johtopäätös. Jokin rakennusosa, joka on toisen mielestä käyttökelvoton, voi toisen mielestä olla toimiva. Pinnoitevaurioista on kuitenkin selvää, että ehjällä maalipinnalla on merkittävä rakenteen vaurioitumista hidastava vaikutus. (Rakennusten korjaustekniikka ja talous 1994, 13, 18; Lahdensivu 2010c, 30)

5.2.2 Rakentamisaikaiset virheet

Rakentamisaikaiset virheet voivat olla useasta eri tekijästä johtuvia. Virheitä voi esiintyä teknisessä toiminnassa ja toiminnallisuudessa sekä käyttäjien kokemana. Virhe voi olla tapahtunut työmaalla rakentamisessa, rakennuttamisessa, suunnittelussa, rakennusmateriaalin valmistuksessa tai käytön aikana. Kaikkia virheitä ei huomata nopeasti, josta erinomaaisena esimerkkinä on betonielementtirakenteet. Niiden kohdalla tapahtuneet virheet huomataan normaalisti vasta vuosien kuluttua, ja silloin havaittu virhe ilmenee jo laajalaisesti johtuen elementtiteollisuuden tuotantotavoista (Rakennusten korjaustekniikka ja talous, 1994, 22). Taulukossa 2 on esitetty betonielementtirakentamisen yleisiä virheitä.

Taulukko 2. Julkisivurakenteisiin vaikuttaneita rakentamisaikaisia virheitä (Pentti ym. 1998, 24)

Rakentamisaikaisia virheitä	
<ul style="list-style-type: none"> -alhainen betonin lujuusluokka -huokostamattoman betonin käyttö ulkoseinissä ja parvekkeissa -tuulettumaton rakenne -ohut rakennepaksuus <p style="text-align: center;"><i>raudoitteiden virheellinen sijainti rakenteessa</i></p>	<p>SUUNNITTELUAIKAISET VIRHEET</p>
<ul style="list-style-type: none"> -eristeen alhaisesta puristuslujuudesta johtuva kokoonpuristuminen valutyön aikana <p style="text-align: center;"><i>huono seinän lämmöneristyskyky</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -kalsiumkloridin käyttö betonin lisäaineena -liian korkeiden lämpötilojen käyttö betonin lämpökäsittelyssä -puutteellinen elementtien jälkihoito 	<p>TUOTANTOAIKAISET VIRHEET</p>

5.3 Korjaushankkeen suunnittelu

Korjaushankkeen käynnistää usein betonirakenteiden kohdalla vasta näkyvä vaurioituminen. Korjaussuunnittelu voidaan jakaa käytännössä kahteen osaan. Ensimmäiseksi tulee selvittää korjaussuunnitteluun vaadittavat oleelliset lähtötiedot, eli kohteen kunto (kuntotutkimus), toimivuus (palvelujen tuottokyky) sekä käyttäjien tavoitteet tarvittavista korjauksista. Joissain kohteissa lähtötiedoiksi tarvittavia tietoja saadaan vasta purkutyön yhteydessä, minkä vuoksi suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välinen yhteydenpito tulee olla aktiivista. Ensimmäisen vaiheen tietojen perusteella laaditaan hankesuunnitelma ja asetetaan tavoitehinta, minkä mukaan korjaustyöt pyritään suunnittelemaan. Hankesuunnitelmassa korjaustyön sisältö ja laajuus määritetään sekä hankkeen toteutustapa. Varsinaisen hankesuunnitelma voidaan jakaa myös kahteen osaan, hankeselvityksen tekoon ja päätösten kirjaamiseen hankeohjelmaksi. Hankeselvityksessä selvitetään rakennuksen tai korjattavan rakenneosan kunto sekä toimivuus ja lisäksi vertaillaan korjausvaihtoehtoja. (Rakennusten korjaustekniikka ja talous 1994, 65; Suomen Betoniyhdistys ry 2016b, 11)

Kuntotutkimuksen laadun ja kattavuuden merkitys korostuu korjaussuunnitteluvaiheessa, sillä tutkimusraportin perusteella on pystyttävä päättämään sitovasti korjausten laajuus, määrä sekä hankkeen budjetti (Rakennusten korjaustekniikka ja talous 1994, 65). Lähtökohta korjaussuunnittelussa on pystyä laatimaan suunnitelma -asiakirjat sillä tarkkuudella, että niiden perusteella on korjaustyö helppo kilpailuttaa, sen sisältö on mahdollisimman yksiselitteinen ja työn toteutus tuottaa tavoitellun lopputuloksen. Lisäksi lähtökohtaisesti on pystyttävä erottelemaan työsuoritusten määrä niin tarkasti, että urakoitsija voi antaa tarjouksensa työstä kiinteällä hinnalla. On kuitenkin huomioitava, että kuntotutkimusvaiheessa ei rakenteita voida purkaa, jonka vuoksi lopullinen korjausten suuruus voi tarkentua korjaustyön aikana. (Suomen Betoniyhdistys ry 2004, 2016).

5.4 Korjaustavat ja -periaatteet

Korjausperiaatteen valinnassa tulee perehtyä kiinteistön rakennukseen kokonaisuutena ja pohtia tarkkaan, mitä on järkevää kerralla toteuttaa. Korjaustarpeita pohdittaessa tulee harkita, täytyykö korjauksiin ryhtyä heti vai voidaanko korjaushanketta mahdollisesti siirtää myöhempään ajankohtaan. Usein myös korjaamatta jättämistä (rakenteen uusiminen) tulee harkita, esimerkiksi liittyvien rakenteiden päällekkäisten korjausten tai rakenteen

halutun uusimisen vuoksi. Korjausperiaatteesta tehtävä päätös perustuu yleensä vaihtoehtojen vaikutusten subjektiiviseen arvioimiseen, jonka johdosta lopullisen päätöksen valittavasta korjausperiaatteesta tekee kiinteistön omistaja tai häntä laillisesti edustava henkilö. Pohjatiedoiksi on yleensä toimitettu korjaussuunnittelijan ja arkkitehdin esitys soveltuvista korjausperiaateista. Päätöksen jälkeen korjaussuunnittelija tekee tilaajalle esityksen vaihtoehtoisista korjaustavoista, jotka täyttävät valitun korjausperiaatteen vaatimukset. (Suomen Betoniyhdistys ry 2002, 2016)

Sitä, millä tavoin korjaus vaikuttaa betonirakenteen toimintaan rakennusfysikaalisesti, kutsutaan *korjausperiaatteeksi*. Taasen sitä millä tavoin korjausperiaatteen tavoiteltuun lopputulokseen päästään työsuoritteena, kutsutaan *korjaustavaksi*. Esimerkiksi betonipinnan tiivistäminen on korjausperiaate, johon korjaustapa voi olla betonipinnan impregnointi ja/tai pinnoittaminen. Toisena esimerkkinä betonin korjaus, johon korjaustapoja voivat olla esimerkiksi käsin tehtävä laastipaikkaus tai koneellinen ruiskubetonointi. Korjaustapoja voi olla useampikin yhden korjausperiaatteen toteuttamiseksi, eikä korjaustapoja itsessään ole kaupallisesti saatavilla. (Suomen Betoniyhdistys ry 2016, 16)

5.4.1 Korjaustapojen jaottelu

Suomessa on ollut tapana käyttää jaottelua, joka perustuu korjauskäsittelyyn. Korjauskäsittely tulee valita kohteen kannalta niin, että vauriot saadaan haitallisilta osin pysäytettyä/poistettua, mutta niin, että korjauskäsittely ei muuta vallitsevia olosuhteita, jotka mahdollistaisivat uusia turmeltumisilmiöitä. Yleisesti käytetty korjausasteen mukainen korjausperiaatejaottelu on seuraava:

1. *säilyttävä korjaaminen*, kuten betonipinnan impregnointikäsittely tai uudelleen pinnoitus.
2. *muuttava korjaaminen*, kuten levyverhoilu missä rakennetta usein lisälämmöneristetään.
3. *rakenteen uusiminen*, jossa vanha rakenne käytetään loppuun ts. vaurioitunut rakenne jätetään korjaamatta, mikäli se on teknisesti ja turvallisuusnäkökulmasta mahdollista. Käyttöään päätyttyä rakenne korvataan uudella.
4. *erikoismenetelmät* kuten betonin uudelleenalkalointi, missä betoniin imeytetään sähkövirran avulla alkalista natriumkarbonaattiliuosta tai katodinen suojaus missä

betonissa sijaitsevien raudotteiden sähkökemiallinen potentiaali muutetaan negatiiviseen suuntaan niin paljon, kunnes teräskorroosio pysähtyy. (Suomen Betoniyhdistys ry 2016, 13–14)

6 KUNTOTUTKIMUS

6.1 Yleistä

Kuntotutkimus tulisi teettää asuinrakennukseen kuten autojen määräaikaikatsastus, jotta saadaan selville myös silmiltä piilossa olevat vauriot. Vesikatto ja julkisivut suojaavat rakennusta ja niiden oikein suunniteltu ja toteutettu toiminta mahdollistaa miellyttävät ja terveelliset sisäolosuhteet sekä turvallisen elinympäristön ihmisille, jotka oleskelevat 80...90 % elinajastaan sisätiloissa (RIL 216-2013, 104).

Julkisivujen kunnossapitotavat voidaan jakaa neljään vaihtoehtoon: Ennakoiva kunnossapito, millä varmistetaan, että rakennusosan alkuperäiset ominaisuudet eivät pääse huononemaan. Suunnitelmallinen kunnossapito, joka perustuu kunnossapitajaksoihin ja toimenpiteet tehdään ennalta laaditun suunnitelman mukaan. Tarpeenmukainen kunnossapito, mikä perustuu kuntoarvioiden sekä -tutkimusten mukaan laadittuun kunnossapitosuunnitelmaan. Kunnossapidosta luopuminen, missä rakennusosa käytetään loppuun, jonka jälkeen se uusitaan. Yleisin kunnossapitotapa kerrostalojen kohdalla on tarpeenmukainen tai suunnitelmallinen kunnossapito. Julkisivurakenteiden korjaussuunnittelu tulisi aina perustua rakenteisiin kohdistetun kuntotutkimuksen tuloksiin ja kuntotutkimusraportissa suositeltuihin korjaustapoihin. (Sistonen ym. 2007, 6; Suomen Betoniyhdistys ry 2013 3–4)

6.2 Kuntotutkimuksen ja kuntoarvion ero

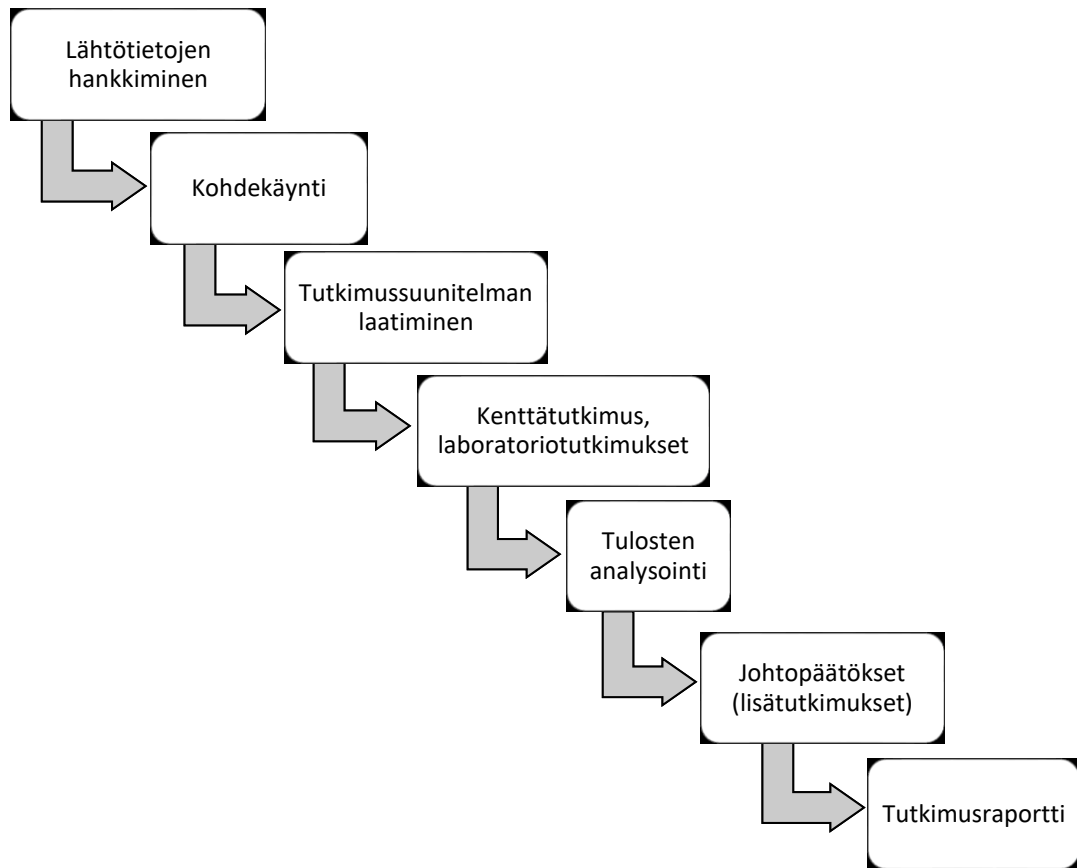
Kuntotutkimusta ennen suoritetaan kohteeseen yleensä kuntoarvio, jonka perusteella voidaan laatia kunnossapidon pitkän tähtäimen suunnitelma (PTS) sekä kunnossapitotarveselvitys. Todellisen kunnan ja korjaustarpeen selvittämiseksi sekä korjaussuunnittelun esitiedoiksi tarvitaan kuitenkin lähes poikkeuksetta kuntotutkimus. Yleensä kuntoarviolla ei saada tarpeeksi tarkkaa vastausta siihen mitä täytyisi korjata ja millä aikavälillä, sillä kuntoarvio perustuu pääosin ainoastaan aistinvaraisiin havaintoihin. Kuntoarvio on kuitenkin tärkeä osa tutkimustyössä, sillä se tarjoaa tärkeitä esitietoja kuntotutkimukseen. Kuntoarvioraportissa tulee aina nostaa esiin lisätutkimusta tarvitsevat asiat.

Kuntotutkimus perustuu aistinvaraisten havaintojen lisäksi luotettaviin, mitattuihin tuloksiin Yleinen tutkimustapa on näytteidenoton perustuminen otantaan, jolloin kaikkia par-

vekkeita ja julkisivuelementtejä ei tutkita yksityiskohtaisesti vaan riittävän suurella hajonnalla lähtötietojen ja tutkimussuunnitelman pohjalta. Oikein valituilla näytemäärillä sekä tutkimusmenetelmien valinnalla saadaan riittävän luotettava tulos tutkimuskohteesta. Kuitenkin edellä mainitusta syystä kuntotutkimukseen sisältyy usein aina epävarmuutta mikä on tuotava tutkimusraportissa ilmi ja lukijan otettava huomioon tuloksia tarkasteltaessa. (Pentti 1997, 40; Myyryläinen 2003, 41; Herranen 2013, 167).

6.3 Tutkimusprosessi

Julkisivu- ja parvekerakenteiden kuntotutkimuksen sisältö ja laajuus suunnitellaan aina kohdekohtaisesti. Tutkimuksen tavoitteena voi olla kiinteistönpidon palveleminen tai tuottaa korjaussuunnittelun lähtötietoihin täydennystä. Tavanomaiset vaiheet kuntotutkimusprosessista kronologisessa järjestyksessä on esitetty kuviossa 1. Tutkimusten jälkeen tulokset analysoidaan, joiden perusteella tehdään johtopäätökset ja laadintaan tutkimusraportti. Tutkimusraportin laatimisessa tulee huomioida, että tilaaja ei yleensä ole rakennusalan asiantuntija. Erityisohjeita betonijulkisivu- ja parvekerakenteiden tutkimusraportin laatimiseen on annettu Suomen betoniyhdistys ry:n by42 Betonijulkisivun kuntotutkimus julkaisussa, luvussa 8. (Pentti 1997, 40–41; Suomen Betoniyhdistys ry 2002, 134)



Kuvio 1. Tutkimusprosessin eteneminen (Pentti 1997, 40–41)

6.3.1 Ulkobetonirakenteiden tutkimusmenetelmät

Tämän insinööriyön toisesta pääluvusta (liite 1, tutkimusraportti) käy ilmi betonijulkisivu- ja parvekerakenteiden kuntotutkimuksessa käytetyt yleisimmät tutkimusmenetelmät. Tutkimusmenetelmät toteutettiin Suomen betoniyhdistys ry:n julkaisun by42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013 -mukaan.

6.3.2 Tutkimusdata ja sen analysointi

Monimutkaiset ja arvokkaat tutkimusmenetelmät itsessään eivät takaa laadukasta lopputulosta ja tulosten käyttökelpoisuutta korjaustarpeen arvioinnissa. Kohteen tutkijan tulee olla riittävän perehtynyt tutkittaviin rakenteisiin, kohteen rakentamisaikaiseen rakennustapaan, turmeltumisilmiöihin ja vauriotekijöihin sekä käytettävissä oleviin korjaustapoi-

hin. Kuntotutkimuksessa kerätään paljon yksittäistä tietoa ja dataa, jotka eivät ole sellaisenaan käyttökelpoisessa muodossa. Tulosten tulkitseminen ja yhteensovittaminen rinnakkaisten tutkimusmenetelmien tulosten kanssa on erittäin tärkeää ja ainoastaan huolellinen tulosten analysointi johtaa oikeisiin johtopäätöksiin tutkittavista rakenteista. Analyysissa tulee vertailla rinnakkaisia tuloksia tukevatko ne toisiaan vai ovatko tulokset mahdollisesti toistensa kanssa ristiriidassa. Aina on lisäksi huomioitava tekijä, riittävätkö käytettävissä olevat kerätyt tutkimustulokset johtopäätösten luotettavaan tekemiseen vai tarvitaanko jatkotutkimuksia. Tämän vuoksi kuntotutkimusraportissa on aina tuotava ilmi mahdolliset epävarmuustekijät. (Pentti 1997, 40; Suomen Betoniyhdistys ry 121–123)

7 POHDINTA

Insinööriytyöni tavoitteena oli selvittää tarkemmin betonikerrostalorakentamisen historiaa ja syitä miksi betonirakenteiden kuntotutkimuksille on nyt suuri tarve. Lisäksi työn tarkoituksena oli tehdä toisena päälukuna kuntotutkimus betonielementtirakenteisiin asuin-kerrostaloihin.

Huolellisesti toteutetun kuntotutkimusprosessin merkitys korostui käytännössä, sillä tutkimuskohteessa esiintyi muun muassa yksittäisissä rakennusosissa pitkälle edenneitä vaurioita. Kyseisiä rakennusosia ei voitu rajata tiettyyn rakennukseen tai ilmansuuntaan. Esimerkkinä rakennusten päätyjen umpielementtien rapautuminen vain kahden talon kohdalla. Huolimatta kaikkien kolmen rakennuksen vastaavasta rakennusajasta ja rasiustasoista, pakkasenkestävyyttä oli julkisivuelementtien betonissa tulosten perusteella vain talossa 3. Lisäksi kaikkien rakennusten parvekkeista vain yksittäinen parveke oli niin heikossa kunnossa, että se täytyi asettaa käyttökieltoon korjaustoimenpiteisiin saakka. Myös tutkitut lämmöneristepaksuudet vaihtelivat 105...120 mm välillä. Havaituilla lämmöneristepaksuuksilla on suora yhteys teoriaosuudessa käsitellyn betonisandwich-elementtien tuotantotapaan. Edellä mainitut esimerkit korostavat lähtötietoihin perehtymistä sekä huolellista tutkimussuunnitelman laatimista, koska tutkimustapana näytteiden otto perustuu yleisesti otantaan ja kaikkia julkisivuelementtejä ja parvekerakenteita ei tutkita. Jossain tapauksissa poikkeuksellisen heikko rakennusosa voi jäädä huolimattomuutta tai vahingossa huomaamatta, mikäli pinnoitteet ovat rakenteiden kohdalla toisiaan vastavassa kunnossa.

Työssä tehdyn kuntotutkimusprosessin kohdalla insinööriytyön teoriaosuuden tiedot tukivat hyvin käytäntöä. Kuntotutkimuksen suorittaminen sujui tutkimussuunnitelman mukaisesti ja kohteesta saatiin tarpeeksi tarkka ja luotettava käsitys johtopäätösten sekä korjausehdotusten tekemiseksi. Tutkitut rakennukset ovat rakennettu elementtirakentamisen huippuvuosien aikaan ja ajan rakennustapoja oli havaittavissa tutkimuskohteenkin kohdalla. Uskon, että tilaaja pystyy hyödyntämään tutkimusraporttia täysimääräisesti niin kiinteistönpidon suunnittelussa kuin korjaussuunnittelussakin.

Työ oli kokonaisuudessaan erittäin mielenkiintoinen ja samalla haastava. Betonikerrostalot ja niihin kohdistettavat kuntotutkimukset kattavat huomattavan suuren osan raken-

nustekniikasta ja suomalainen rakennuskanta sisältää erittäin paljon tutkimuskohteen kaltaisia rakennuksia. Rakennusklassikerissa korjausrakentaminen on kulkenut uudisrakentamisen rinnalla jo jonkin aikaa ja korjausrakentamisen merkitys tuleekin entisestään kasvamaan. Kuten myös tarve rakennusten kuntotutkimuksille.

Insinööriyön kummankin pääluvun, erityisesti teoriaosuuden historiatietojen tutkiminen sekä kuntotutkimusosion tekeminen olivat minulle hyvin mielekkäitä ja opin tämän työn aikana paljon lisää suomalaisesta kerrostalorakentamisesta. Eri aikakausien rakennustavat vaihtelevat ja kuntotutkijoiden täytyykin tuntea lukuisia erilaisia rakennustapoja sekä rakenteiden toimintaa monessa muodossa. Opinnoissa suosittelen aloittelevia rakennusinsinööriopiskelijoita opiskelemaan mahdollisimman paljon rakenteiden toimintaa ja mittaamista. Laadukkaan kuntotutkimuksen tavoittelemiseksi tutkijan koulutuksen ohella kokemuksen merkitys korostuu.

LÄHTEET

- Betoniteollisuus ry. N.d. Betonin valmistus. Luettu 10.3.2018. <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/betonin-valmistus/>
- Betoniteollisuus ry. N.d. Elementtisuunnittelu, Elementtirakentamisen historia. Luettu 18.3.2018. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>
- Betoniteollisuus ry. 2010. Betonielementtiparvekkeet. Luettu 12.3.2018. www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23624/Betonielementtiparvekkeet.pdf
- Haukijärvi, M. 2005. JUKO ohjeistokansio, Parvekkeet; Uusiminen kokonaan tai osittain -suunnitteluohjeet. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere.
- Herranen, M. 2013. Tilaajan ohje – betonijulkisivun ja -parvekkeiden kuntotutkimus. Rakentajain Kalenteri 2013. Helsinki: Rakennustieto Oy
- Hunkeler, F., Lammar, L. 2012. Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen. TFB AG. Wildegg, Sveitsi
- Hytönen, Y. & Seppänen, M. 2009. Tekniikan Waiheita 27 (3), 5–12. Helsinki. Tekniikan Historian Seura THS ry.
- Lahdensivu, J. 2012. Durability Properties and Actual Deterioration of Finnish Concrete Facades and Balconies. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Väitöskirja.
- Lahdensivu, J. 2014. Tekniikan Waiheita 32 (3), 5–21. Helsinki. Tekniikan Historian Seura THS ry.
- Lahdensivu, J. 2010a. Betonijulkisivujen vaurioituminen. BeKo-tutkimus -artikkelisarja 2, Kiinteistöposti (3). Espoo. RPT Docu Oy.
- Lahdensivu, J. 2010b. Lämmöneristepaksuudet suomalaisissa betonielementtirakenteisissä asuinkerrostaloissa. BeKo-tutkimus -artikkelisarja 6. Kiinteistöposti (9). Espoo. RPT Docu Oy.
- Lahdensivu, J. 2010c. Betoniparvekkeiden vaurioituminen. BeKo-tutkimus -artikkelisarja 5, Kiinteistöposti (7). Espoo RPT Docu Oy.
- Lahdensivu, J. 2011. Betoni-lehti: Suomalaisten betonijulkisivujen ja -parvekkeiden vaurioituminen BeKo-tutkimuksen mukaan (4), 41–42. https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1104_38-43.pdf
- Lahdensivu, J. 2014. Betoni-lehti: Betonin alkalikiviainesreaktiosta kärsivän uima-altaan korjaus -case Tampereen uintikeskus (2), 46–49. https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1402_46-52.pdf
- Myyryläinen, L. 2003. Kiinteistön kunnossapidon ja elinkaaren hallinta. Helsinki: Kiinteistöalan Kustannus Oy.

Mäkiö, E., Malinen, M., Neuvonen, P., Tähti, E., Saarenpää, J., Mäenpää, R. & Vikström, K. 2016. Kerrostalot 1960-1975. 2. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.
Neuvonen, P. 2015. Kerrostalot 1975-2000. Helsinki; Rakennustieto Oy.

Neuvonen, P. 2016. Kerrostalot 1880-2000 Arkkitehtuuri, rakennustekniikka, korjaaminen. 2. painos. Helsinki; Rakennustieto Oy.

Pentti, M. 1997. Betonijulkisivut ja -parvekkeet. Julkisivujen korjausopas. Nummela: Suomen Media-Kamari.

Pentti, M., Mattila, J. & Wahlman, J. 1998. Betonijulkisivujen ja parvekkeiden korjaus Osa 1 Rakenteet, vauriot ja kunnan tutkiminen (87). Tampereen teknillinen korkeakoulu. Tampere.

Pentti, M. & Haukijärvi, M. 1999. Betonijulkisivujen saumausten suunnittelu ja laadunvarmistus (100). Tampereen teknillinen korkeakoulu. Tampere.

Punkki, J. 2017. Betoni-lehti: Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu (2), 66–71. Luettu 10.3.2018. https://betoni.com/wp-content/uploads/2017/05/BET1702_66-71.pdf

Rakennusten korjaustekniikka ja talous. Kaivonen, J. (toim.) 1994. Helsinki: Rakennustieto Oy

Rakennusteollisuus RT ry. Tiedotteet, Kaupungistuminen heijastuu asuinrakennusten korjaustarpeeseen. 2015. Luettu 17.3.2018. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankoh-taista/Tiedotteet1/2015/kaupungistuminen-heijastuu-asuinrakennusten-korjaustarpeeseen/>

Rakennusteollisuus RT ry. 2017. Suhdanteet ja tilastot. Luettu 10.3.2018. <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/suhdanteet-ja-tilastot/suhdannekatsaukset/2017/syyskuu-2017/suhdannekatsauksen-kuviot-lokakuu-2017.pdf>

Rakennusteollisuus RT ry. 2018. Korjausvelka. Luettu 17.3.2018. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Korjausrakentaminen1/Korjausvelka/>

Siikanen, U. 2012. Rakennusten lämpö- ja kosteusfysikaalisia näkökohtia. Rakentajain Kalenteri 2012. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sistonen, E., Al-Neshawy, F., Piironen, J., Puttonen, J. 2007. Ohjeistus 1960- ja 1970-luvulla rakennettujen betonijulkisivujen ja -parvekkeiden kunnostamisesta. Julkaisu 132. Espoo. Teknillinen korkeakoulu.

Suomen Betoniyhdistys ry. 1976. BY9 Betonin säilyvyys: Vesirakennusbetoni, julkisivubetoni.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2002. BY42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2002.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2004. BY201 Betonitekniikan oppikirja 2004

Suomen Betoniyhdistys ry. 2007 BY51 Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu 2007.

- Suomen Betoniyhdistys ry. 2013. BY42 Tilaajan ohje – betonijulkisivun ja -parvekkeiden kuntotutkimus 2013.
- Suomen Betoniyhdistys ry. 2016a. Betonin perusteet kurssimateriaali. Luettu 18.3.2018. <http://www.betoniyhdistys.fi/media/kurssimateriaalia/betonin-perusteet.pdf>
- Suomen Betoniyhdistys ry. 2016b. BY41 Betonirakenteiden korjausohjeet 2016
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2013. RIL 216-2013 Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta
- Tuomainen, T. lehtori. 2017. Kiinteistön elinkaaritalous. Luento. 9.1.2017. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere.
- Ympäristöministeriö, Kiinteistöalankustannus Oy. 2016. Rakennusten lisälämmöneristäminen. Luettu 12.3.2018. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B68690719-645C-4FF5-ABD3-3B05EF1D9DD7%7D/117577>

LIITTEET

Liite 1. Kuntotutkimusraportti



KUNTOTUTKIMUSRAPORTTI

Tutkimusajankohta

Kuntotutkimus suoritettiin 15.10.2017-23.02.2018
Kohteen kenttätutkimus suoritettiin 19.10.2017

Tehtävän kuvaus

Kohteen julkisivu- ja parvekerakenteiden kuntotutkimus.

Projektiryhmä

Jussi Koistinen, insinööriopiskelija (AMK), Renovatek Oy, kenttätutkimukset ja raportointi
Arto Köliö, Tkt, Renovatek Oy, raportin tarkastus

Tutkimusraportin jakelu

Tilaaaja, pdf

Tutkimuskonsultin arkisto, pdf

TIIVISTELMÄ

Kuntotutkimuksen kohteena on kolme vuonna 1980 rakennettuja 2-kerroksisia pienkerrostaloja. Kohteiden julkisivut ovat maalipintaisia betoni-sandwichelementtejä, mukaan lukien sokkelielementit. Rakennusten parvekkeet (22 kpl) ovat elementtirakenteisia pieliseinin kannatettuja parvekkeita. Asuinkerrostalojen vesikattona toimii loiva, ulkopuolisella vedenpoistojärjestelmällä osittain varustettu harjakatto. Vesikatteenä toimii kumibitumikermi.

Tutkimuksen tuloksia arvioitaessa on otettava huomioon, että näytteiden otto sekä eri mittaukset perustuvat otantaan. Tästä syystä tutkimustuloksiin sekä niistä tehtyihin johtopäätöksiin sisältyy aina epävarmuutta. Mittaukset ja näytteenotto on pyritty kohdentamaan niin, että rakenteiden kunnosta ja korjaustarpeesta saadaan todenmukainen kuva.

Aistinvaraisten havaintojen perusteella tutkimuskohteen elementtirakenteiset julkisivut ovat pääosin heikossa kunnossa talojen 1 ja 2 kohdalla. Talon 3 kohdalla vaurioita esiintyy julkisivurakenteissa vähän ja sen kunto on tyydyttävä. Vaurioita esiintyy rakennusten kohdalla vaihtelevassa määrin, pääosin kuitenkin talojen 1 sekä 2 kohdalla. Julkisivuilla esiintyy paikoin rapautuneita kohtia, pinnoitevaurioita sekä halkeamia pääosin elementtien reuna-alueilla. Elementtisaumoissa on havaittavissa ikääntymisen merkkejä halkeilun ja paikoin irtonaisten saumakohtien muodossa ja ne tulisi havaintojen perusteella vaihtaa 5 vuoden sisään.

Sadevesijärjestelmä on toteutettu osin puutteellisesti. Parveketornien puolisilla julkisivuilla kattolaattojen sadevesikouruja ei ole johdettu syöksytorviin ja hallitsematon vedenpoisto parvekkeiden kattolaattojen kohdilla kohottaa alapuolisten julkisivu- ja parvekerakenteiden kosteusrasitusta. Tutkimushetkellä talon 1 sekä 2 sadevesikourut olivat tukossa ja vesi on osittain valunut sadevesikourun sisäreunan yli julkisivupintaa pitkin. Kohteen rakennusten julkisivupinnoilla esiintyy paikoin runsasta orgaanista kasvustoa, voimakkaimmin talojen 2 ja 3 metsän puoleisella pohjoisjulkisivuilla. Kaikkien talojen kohdalla syöksytorvien ja rännikaivojen liittymäkohdat rasittavat voimakkaasti maantaselementtejä.

Maasta nouseva kapillaarinen kosteus on havaintojen perusteella rasittanut maantaselementtejä kaikkien talojen kohdalla, ja maalipinnan hilseilyä esiintyy yleisesti. Maantaselementit on havaintojen perusteella kosteuseristetty perusmuurilevyllä ja salaojituksella talojen 1 ja 3 kohdalla, mutta talon 2 kosteuseristyksestä ei saatu varmuutta kenttätutkimuksen yhteydessä.

Parvekkeiden kunto on yleisesti tyydyttävä, mutta vaihtelee rakenneosittain. Talon 2 kohdalla yksittäisen parvekekaiteen rapautuminen on pitkälle edennyt ja kyseinen parveke asetettiin käyttökieltoon korjaustoimenpiteisiin saakka. Talon 3 parveketornien kattolaatoissa esiintyy myös rapautumaa. Teräskorroosioaurioita havaittiin toistaiseksi vain yksittäisiä kaiteiden ja pielten kohdalla, mutta kaikkien rakennusten parvekerakenteiden raudoitteista aktiivisessa korroosiotilassa on huomattava osa jo nykyhetkellä ja vaurioriski tulee kasvamaan tulevaisuudessa merkittävästi.

Tampereella 23.02.2018



Jussi Koistinen
Renovatek Oy
projekti-insinööri



Jaakko Koskinen
Renovatek Oy
Projektipäällikkö, DI



Arto Köliö
Renovatek Oy
Projektipäällikkö, Tkt

SISÄLLYSLUETTELO

1	TUTKIMUKSEN KOHDE JA LÄHTÖTIEDOT	4
1.1	KOHDE	4
1.2	LÄHTÖTIEDOT SEKÄ AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET JA KORJAUSTOIMENPITEET	4
2	TUTKIMUSOHJELMA	6
2.1	TUTKIMUKSEN TAVOITE JA RAJAUS	6
2.2	TUTKIMUKSEN SISÄLTÖ JA TUTKIMUSMENETELMÄT	6
3	TUTKIMUSTULOKSET: JULKISIVUT	8
3.1	RAKENNE LÄHTÖTIETOJEN JA HAVAINTOJEN PERUSTEELLA	8
3.2	AISTINVARAISET VAURIOHAVAINNOT RAKENTEISTA JA NÄYTTEISTÄ.....	9
3.3	JULKISIVURAKENTEIDEN KOSTEUSTEKNINEN TOIMINTA.....	15
3.4	BETONIRAUDOITUKSEN KORROOSIO	17
3.5	BETONIN RAPAUTUMINEN JA LAATU	19
3.6	HAITTA-AINEET	22
4	TUTKIMUSTULOKSET: PARVEKKEET	23
4.1	RAKENNE SUUNNITELMIEN JA HAVAINTOJEN PERUSTEELLA	23
4.2	AISTINVARAISET VAURIOHAVAINNOT RAKENTEISTA JA NÄYTTEISTÄ.....	23
4.3	PARVEKERAKENTEIDEN KOSTEUSTEKNINEN TOIMINTA.....	30
4.4	BETONIRAUDOITUKSEN KORROOSIO	31
4.5	BETONIN RAPAUTUMINEN JA LAATU	35
5	TUTKIMUSTULOKSET: MUUT ULKOVAIPPARAKENTEET	39
5.1	VESIKATTO JA RÄYSTÄSRAKENTEET	39
5.2	IKKUNAT	41
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET	42
6.1	TURVALLISUUTTA HEIKENTÄVÄT TEKIJÄT.....	42
6.2	JULKISIVUT.....	42
6.3	PARVEKKEET.....	44
6.4	MUUT ULKOVAIPPARAKENTEET	45

Liitteet:

Liite 1.	Paikannuspiirustukset
Liite 2.	Suojabetonipeitemittaukset ja korroosiotilan laskennallinen analyysi
Liite 3.	Betoninäytteistä tehdyt havainnot
Liite 4.	Vetolujuuskokeiden tulokset
Liite 5.	Ohuthieanalyysi
Liite 6.	Suojahuokossuhteen määrittäminen
Liite 7.	Saumamassan pcb- ja lyijyanalyysi
Liite 8.	Asbestianalyysi

1 Tutkimuksen kohde ja lähtötiedot

1.1 Kohde

Kuntotutkimuksen kohteena on 3 kpl 2-kerroksisia vuonna 1980 rakennettuja asuinkerrostaloja. Kohteiden julkisivut ovat harjattuja maalipintaisia betoni-sandwichelementtejä. Rakennuksen huoneistoparvekkeet (22 kpl) ovat elementtirakenteisia. Parvekkeet ovat rakennusrungon ulkopuolisia ja osassa huoneistoparvekkeissa (15 kpl) on lasitukset. Kohteen vesikattona toimii loiva, ulkopuolisella vedenpoistojärjestelmällä varustettu harjakatto. Vesikatteena toimii bitumikermi.



1.2 Lähtötiedot sekä aikaisemmat tutkimukset ja korjaustoimenpiteet

Tutkimuksen lähtötietoina oli käytettävissä alkuperäiset osittaiset pääpiirustukset. Lähtötietoaineisto ei sisältänyt kohteen rakennesuunnitelmia. Kohteeseen on suoritettu julkisivu- ja parvekerakenteiden kuntotutkimus vuonna 2004.

Kohteen alkuperäiset suunnittelijat ovat:

- Insinööritoimisto Tuomo Penttilä
- rakennesuunnittelu: ei tiedossa

Lähtötietojen perusteella kohteessa on tehty seuraavat tutkittaviin rakenteisiin liittyvät korjaukset:

- vesikaton uusiminen 2006
- salaojitus ja sokkelien kosteudeneristys 2007
- ikkunoiden ja parvekeovien uusiminen 2009

Vanhan kuntotutkimusraportin keskeisimmät havainnot tämän kuntotutkimuksen kannalta:

- Rakennusten pääty- ja ruutuelementeissä esiintyy pakkasvaurioita. Päätyjen umpielementtien rapautumat ovat laaja-alaisempia kuin ruutuelementeissä.

Parvekerakenteissa pakkasrapautumaa esiintyy vain muutaman kaiteen kohdalla. Rapautumariskiä kasvattaa puutteellinen vedenpoisto.

- Betonin pakkasenkestävyys vaihtelee julkisivuelementtien välillä. Pakkasenkestävyyden suhteen puutteellisia rakenneosia ei voida rajata tiettyyn rakennukseen tai rakennuksen osaan.
- Julkisivuilla esiintyy maalipinnan hilseilyä, erityisesti pakkasrapautuneilla alueilla.
- Teräskorroosioaurioita ei havaittu julkisivurakenteissa. Parvekerakenteissa havaittiin vain muutamia teräskorroosion aiheuttamia halkeamia. Parvekerakenteisiin on tehty runsaasti laastipaikkauksia. Teräskorroosiota ei pidetä riskinä julkisivuelementeissä, mutta parvekerakenteiden kohdalla merkittävä osa teräksistä sijaitsee karbonatisoituneessa betonissa parvekelaattojen ja kaiteiden kohdalla.
- Karbonatisoituminen on edennyt normaalilla nopeudella.
- Rakenteiden betoni ei sisällä klorideja.
- Vesikatteena on kermieristeet.
- Julkisivujen korjaustavaksi on ehdotettu uusimista. Pitkille julkisivuilla on ehdotettu vaihtoehtoisesti peittävää korjausta. Parvekkeille on ehdotettu uusimista tai peruskorjausta 5...10 vuoden päähän
- Pinnoitteiden asbestipitoisuutta ei ole tutkittu.

2 Tutkimusohjelma

2.1 Tutkimuksen tavoite ja rajaus

Tutkimus sisältää lokakuussa 2017 laaditun tutkimussuunnitelman mukaisesti kohteen julkisivu- ja parvekerakenteiden kuntotutkimuksen. Kuntotutkimuksen tavoite on selvittää julkisivurakenteiden ja parvekerakenteiden kunto, vaurioitumisen nykytila (tyyppi, aste, laajuus) sekä määrittää kyseisen rakenteen korjaustarve ja teknisesti soveltuvat korjaustavat.

Kenttätutkimusten yhteydessä tarkastettiin aistinvaraisesti muut tutkittaviin rakenteisiin liittyvät rakenteet, kuten elastiset saumat, ikkunat, räystäät ja vesikatto. Muita rakenteita ei tutkimussuunnitelman mukaisesti tutkittu tarkemmin, eikä niihin kohdistettu näytteenottoa tai mittauksia tämän kuntotutkimuksen yhteydessä. Tutkimus ei sisällä myöskään kohteen teknisten järjestelmien tarkasteluja.

2.2 Tutkimuksen sisältö ja tutkimusmenetelmät

Julkisivu- ja parvekerakenteiden kuntotutkimus suoritetaan Suomen Betoniyhdistys ry:n ohjeen *by42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013* mukaisesti. Kuntotutkimusohjelma sekä näytemäärä mukailevat Suomen Betoniyhdistys ry:n julkaisua *by42 Tilaaajan ohje*.

Tutkimus sisältää seuraavat pääkohdat:

- perehtyminen lähtötietoaineistoon ja tutkimuksen alustava suunnittelu
- kenttätutkimukset kohteessa
 - o rakenteiden kunnon aistinvarainen tarkastus
 - o rakenteiden rapautumisen tutkiminen vasaroimalla
 - o raudoitusten betonipeitemittaukset rakenneosakohtaisesti
 - o betoninäytteiden irrottaminen julkisivuelementeistä (14 kpl)
 - o betoninäytteiden irrottaminen parvekerakenteista (12 kpl)
 - parvekelaatta 4 kpl
 - parvekepieli 4 kpl
 - parvekekaide 4 kpl
- laboratoriotutkimukset
 - o betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen julkisivuelementeistä irrotetuista näytteistä (14 kpl)
 - o betonin karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen parvekerakenteista irrotetuista näytteistä (12 kpl)
 - o ohuthietutkimus julkisivuelementin betonista (3 kpl)
 - o ohuthietutkimus parvekerakenteiden betonista (3 kpl)
 - parvekelaatta 1 kpl
 - parvekekaide 1 kpl
 - parvekepieli 1 kpl
 - o vetolujuuskoe julkisivuelementtien betonista (11 kpl)
 - o vetolujuuskoe parvekerakenteiden betonista (9 kpl)
 - o suojahuokossuhteen määrittäminen julkisivuelementtien betonista (11 kpl)
 - o suojahuokossuhteen määrittäminen parvekerakenteiden betonista (9 kpl)
 - o haitta-aine analyysi saumanäytteestä, (3 kpl)
 - o pinnoitteiden asbestianalyysi (5 kpl)
- havaintojen ja tulosten analysointi

- raportointi

Tutkimuksen sisältö on suunniteltu siten, että tietoa rakenteiden vaurioitumisesta ja siihen johtaneista syistä kerätään usealla rinnakkaisella tutkimusmenetelmällä. Näin voidaan varmistaa tulosten perusteella syntyneet johtopäätökset. Tutkimuksissa on hyödynnetty alkuperäisten suunnitelmien ja asiakirjojen tarkasteluja, kenttätutkimuksia sekä näytteiden laboratoriotutkimuksia. Tutkimukset on kohdennettu siten, että tutkittavasta rakenteesta saadaan riittävän tarkka käsitys johtopäätösten taustaksi. Tutkimuksen tuloksia arvioitaessa on otettava huomioon, että näytteiden otto sekä eri mittaukset perustuvat otantaan. Tästä syystä tutkimustuloksiin sekä niistä tehtyihin johtopäätöksiin sisältyy aina epävarmuutta.

Käytetyt mittalaitteet:

- betoniraudoituksen peitepaksuusmittaukset: Proceq Profoscope+ betonipeitepaksuusmittari

Tutkimuslaboratoriot:

- Betoninäytteiden ohuthieanalyysit: WSP Finland Oy, FINAS -akkreditointipalvelun hyväksymä testauslaboratorio T269 (pätevyysalueena on kovettuneen betonin testaus).
- Pintakerrosten asbestimääräykset sekä saumamassan PCB- ja lyijyanalyysit: WSP Finland Oy
- Näytteiden vetolujuuskokeet, suojahuokossuhteiden ja kloridipitoisuuksien määrittäykset: Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan laboratorio.

Tutkittavien rakenteiden kunnosta saatiin tutkimuksilla hyvä käsitys. Tutkimuksen luotettavuuden kannalta puutteina voidaan mainita seuraavat asiat:

- tutkimusmenetelmiin sisältyvä epävarmuus
- maaston aiheuttamat esteet autonostimen käytölle.

Kuntotutkimus sisältää ehdotuksen teknisesti soveltuvista korjaustoimenpiteistä. Lopullisen päätöksen korjaustavasta tekee tilaaja perustuen teknisiin, arkkitehtonisiin ja taloudellisiin perusteisiin. Ennen korjausten toteuttamista on laadittava korjaussuunnitelma, jossa määritetään tarkemmin tehtävät korjaukset, käytettävät materiaalit, laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimenpiteet.

3 Tutkimustulokset: julkisivut

3.1 Rakenne lähtötietojen ja havaintojen perusteella

Tutkimuksen yhteydessä kohteella tehtyjen havaintojen perusteella julkisivurakenteista voidaan todeta seuraavat tutkimuksen kannalta keskeiset asiat:

- Kohteen julkisivut ovat maalattuja harjattupintaisia betonisandwich-elementtejä.
- Lähtötiedoista ei selvinnyt rakennusrungon tyyppi. Rakennusajalle tyypillinen rakennusrungon tyyppi on ns. kirjahyllyrunko, jossa päädyn umpielementit ja kantavat väliseinät toimivat osana kantavaa järjestelmää.
- Julkisivuelementeistä irrotettujen näytteiden perusteella ulkokuoren paksuus on 56...72 mm (keskiarvo 64 mm). Lämmöneristekerroksen (mineraalivilla) paksuus on näytteenottokohdista mitattuna 105...120 mm (keskiarvo 110 mm).
- Lähtötietojen perusteella kohteeseen on tehty salaojitukset sekä sokkelien kosteudeneristys vuonna 2007. Havaintojen perusteella salaojien tarkastuskaivot sekä perusmuurilevyt sokkelielementtien kosteuseristeinä havaittiin taloissa 1 ja 3.
- Taloissa 1. ja 3. on kellaritilat, joihin on oma ulko-ovi rakennusten eteläpäädyissä.
- Julkisivuelementtien ulkokuoret ovat näytteiden perusteella kiinnitetty sisäkuoriin teräsansain

Kohteen rakennepiirustukset eivät olleet käytettävissä tutkimusta suoritettaessa.

3.2 Aistinvaraiset vauriohavainnot rakenteista ja näytteistä

Tehtyjen havaintojen perusteella talon 3 julkisivurakenteiden kunto on pääosin hyvä, mutta talojen 1 ja 2 kohdalla kunto on pääosin heikko. Merkittävimmät vauriot ovat talojen 1 ja 2 päätyjen umpielementtien rapautumat. Julkisivujen kunto on vaihteleva talokohtaisesti ja vaurioita esiintyy vaihtelevassa määrin kaikkien rakennusten kohdalla pääosin umpi- ja maantasoelementtien kohdalla.

Julkisivuelementit olivat julkisivupintojen vasaroinnin perusteella pääosin kovia. Muutaman umpielementin talojen 1 ja 2 kohdalla esiintyy laaja-alaista pysty- ja vaakasuuntautunutta voimakasta halkeilua sekä maalipinnan irtoilua, jotka viittaavat mahdolliseen pakkasrapautumaan.

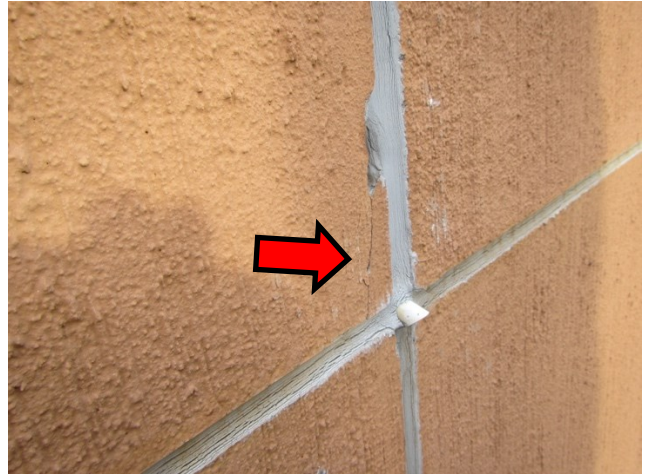


Kuva 1. Julkisivujen päätyelementeissä havaittuja pinnan halkeamia.

(iso kuva talosta 1, pienempi kuva talosta 2)



Kuva 2. Pitkälle ulottuva ikkunan alanurkan halkeama ruutuelementissä (talo 2).



Kuva 3. Päädyn umpielementin nurkkahalkeama (talo 3).



Kuva 4. Umpielementin hiushalkeama (talo 1).



Kuva 5. Talotikkaan kiinnityspisteiden välillä kulkeva halkeama ja korrosiovaurio (talo 3).

Julkisivupinnoilla havaittiin vain yksittäisiä teräskorroosion aiheuttamia vaurioita, pääosin elementtien reunoilla pieliterästen alueella. Yksittäisiä halkeamia esiintyy kaikkien talojen kohdalla. Myös ruutuelementtien ikkunasmyygeissä havaittiin yksittäisiä halkeamia. Rakennusrungon liikkeisiin viittaavaa halkeilua ei havaittu.

Pääosin kaikki saumat ovat vielä elastisia, mutta niissä esiintyy säärasituksen sekä ikääntymisen merkkejä (halkeamia, irtonaisia tartuntakohtia) ja ne ovat havaituilta osin toiminnallisen käyttöikänsä lopussa.



Kuva 6. Elementtien saumat ovat yleisesti heikossa kunnossa (talo 1).

Pinnoitevaurioita esiintyy kauttaaltaan pesetyneen tai hilseilleen maalipinnan muodossa, erityisesti sokkeliementtien kohdalla. Sokkeliementit ovat kaikkien rakennusten kohdalla pinnoiltaan likaantuneita ja osittain orgaanisen kasvuston peitossa. Orgaaninen kasvusto sammaloittaa julkisivupintoja, mikä kohottaa rakenteiden kosteusrasitusta ja edistää mahdollista maalipinnan irtoilua sekä pakkasvauriotumista.



Kuva 7. Sokkeliementin pintarapaamaa, halkeilua sekä irronnutta maalipintaa (talo 3).



Kuva 8. Pesetyynyttä ja irronnutta maalipintaa (talo 2).



Kuva 9. Julkisivupinnat ovat huomattavan likaantuneet metsän puolelta taloissa 2 ja 3 (kuva talosta 3).

Näytteistä tehdyt aistinvaraiset havainnot

Näytetunnuksissa RE edustaa ruutuelementtiä ja UE umpielementtiä. RT kuvaa taloa 1, RT2 taloa 2 ja merkintä RT3 kuvaa talon 3 näytteitä.

Julkisivuelementeistä (ruutu- ja umpielementit) otetuista näytteistä (13 kpl) tehtiin seuraavat havainnot:

- Betonin laatu on näytteiden kohdalla pääosin hyvää ja tasaista. Näytteiden betonit ovat keskenään samanlaisia, eikä betonin laadussa ole näytekohtaisesti merkittäviä muutoksia, kuten kiviaineksen erottumaa.
- Kiviainesjakaumassa on havaittavissa suuri maksimirakeiden suhteellinen osuus.
- Betonin kiviaineksenä on käytetty luonnonsoraa, jonka maksimirakekoko on näytteiden kohdalla 15...23mm. Näyttäisi siltä, että betonin runkoaineena on käytetty 16mm runkoainetta.
- Näytteiden kohdalla tiivistymisessä on jonkin verran eroja. Tiivistymisen taso vaihtelee välillä keskinkertainen – hyvä.
- Karbonatisoitumissyvyydessä ei ole näytekohtaisesti suuria eroja, mutta näytteiden välillä karbonatisoitumissyvyydessä on vaihtelua, mikä johtuu mahdollisesti betonin laadullisesta vaihtelusta, pinnoitteiden kunnosta tai erilaisista rasitusolosuhteista.
- Näytteiden karbonatisoituminen on edennyt ulkopinnoissa keskimäärin 18 mm ja sisäpinnoissa 3 mm.
- Näytteessä RT UE2 on 2 kpl teräs \varnothing 4mm karbonatisoitumattomassa 26mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
- Näytteessä RT2 UE1 on ulkopinnassa kiviainesta myötäilevää halkeilua elementin ulkopinnan suuntaisesti. Näytteessä RT2 UE1 on ulkopinnoite hilseillyt irti.
- Näytteessä RT3 UE1 on 1 kpl teräs \varnothing 4mm karbonatisoitumattomassa betonissa 22mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
- Näytteessä RT3 UE2 on 1 kpl teräs \varnothing 3mm karbonatisoitumattomassa betonissa 20mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
- Näytteessä RT3 UE2 on 1 kpl ansasteräksiä osin karbonatisoituneessa betonissa etäisyydellä 18 mm näytteen ulkopinnasta. Ansa oli ruostumatonta terästä.
- Näytteessä RT RE1 on 1 kpl teräksiä \varnothing 6mm karbonatisoitumattomassa betonissa 15 mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
- Näytteessä RT RE2 on 1 kpl teräksiä \varnothing 3mm karbonatisoitumattomassa betonissa 23 mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
- Näytteessä RT2 RE1 on 1 kpl teräksiä \varnothing 4mm karbonatisoitumattomassa betonissa 24 mm etäisyydellä näytteen ulkopinnasta.
- Näytteessä RT2 RE2 on ulkopinnan suuntainen halkeama, joka ulottuu noin 14 mm syvyyteen ulkopinnasta.
- Näytteessä RT2 RE3 on 1 kpl teräksiä \varnothing 6mm karbonatisoitumattomassa betonissa 26 mm etäisyydellä näytteen ulkopinnasta.
- Näytteessä RT2 RE3 on 1 kpl teräksiä \varnothing 3mm karbonatisoitumattomassa betonissa 25 mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
- Näytteessä RT3 RE1 on 1 kpl teräksiä \varnothing 3mm karbonatisoitumattomassa betonissa 23 mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
- Näytteessä RT3 RE2 on 1 kpl teräksiä \varnothing 3mm karbonatisoitumattomassa betonissa 13 mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
- Näytteenottokohdista mitattuna lämmöneristekerroksen paksuus on 105...120mm.
- Näytteiden ulkopinnassa on vaalean keltainen tai oranssin ruskea maalipinnoite.
- Näytteissä ei havaittu aistinvaraisesti vaurioita



Kuva 10. Julkisivuelementeistä irrotetut näytteet.

Maantasokerroksen elementistä irrotetusta näytteestä (1 kpl) tehtiin seuraavat havainnot:

- Betonin laatu on näytteen kohdalla pääosin hyvää ja tasaista. Kiviainesjakauma on tasainen, eikä näytteessä ole havaittavissa kiviaineksen erottumaa.
- Betonin kiviaineksena on käytetty luonnonsoraa, jonka maksimiraekoko on näytteen kohdalla 15 mm. Kiviaineksessa on havaittavissa maksimiraekoon suuri osuus koko näytteen kiviaineksestä.
- Näytteen kohdalla tiivistyminen on pääosin hyvää.
- Karbonatisoitumissyvyys näytteen sisällä suhteellisen tasainen. Näytteen karbonatisoituminen on edennyt ulkopinnasta keskimäärin 18 mm ja näytteen sisäpinnasta 0 mm.
- Näytteen ulkopinnassa on orgaanista kasvustoa.
- Ulkopinta on oranssin ruskeaksi maalattu.
- Näytteissä ei havaittu aistinvaraisesti vaurioita



Kuva 11. Maantasokerroksen elementistä irrotettu näyte (talo 2).

3.3 Julkisivurakenteiden kosteustekninen toiminta

Julkisivurakenteisiin liittyvien kosteusteknisten detaljien toimivuus tarkastettiin kenttätutkimuksien yhteydessä aistinvaraisesti. Tutkimushetkellä rakenteiden kosteusteknisessä toimivuudessa havaittiin jonkin verran puutteita.

Rakennusten räystäättömyys altistaa julkisivujen yläosat viistosateelle ja lisää siten lähtökohtaisesti näiden kohtien kosteusrasitusta. Vesikaton reunapeltien alla on pökkaukset, jotka toimivat ikään kuin myrskypelteinä ja suojaavat yläpohjan rakenteita viistosateelta ja tuiskuvalta lumelta. Elementtien risteyskohtiin on asennettu tuuletusputket, jotka olivat havaituilta osin avonaisia.

talojen 1 ja 3 Maantasoelementit on havaintojen perusteella kosteuseristetty perusmuurilevyllä ja salaojituksella, mutta talon 2 kohdalla ei havaittu kenttätutkimuksen yhteydessä veden- tai kosteudeneristystä eikä salaojien tarkastuskaivoja rakennuksen ympärillä. Talojen 1 ja 3 kosteudeneristyksen yhteydessä rakennusten ympärykset on sorastettu. Kaikkien rakennusten kohdalla maanpinnat viettävät pääosin rakennuksista poispäin, joten maanpinnan hulevedet eivät kohota rakenteiden kosteusrasitusta merkittävästi. talon 2 Maantason rakenteita rasittaa rakennusrungon yhteydessä esiintyvä kasvillisuus kaikilla muilla julkisivuilla paitsi pohjoisjulkisivulla. Viherkasvusto ja nurmikko pitävät betonielementtien pinnat kosteana ja kohottavat julkisivupinnan kosteusrasitusta ja ne tulisi poistaa rakennuksen välittömästä läheisyydestä. Kaikkien talojen kohdalla esiintyy yleisesti julkisivupinnoilla likaantumista sekä orgaanista kasvustoa alkavan sammaloitumisen muodossa. Vähiten julkisivupintojen likaantumista esiintyy talossa 1 ja erityisen runsaasti talon 2 pohjoisjulkisivulla.

Julkisivun alaosissa on havaittavissa viitteitä maaperästä kapillaarisesti nousevasta tai nousseesta kosteudesta pinnoitevaurioiden muodossa ja kaikkien rakennusten jokaisella ilmansuunnalla esiintyy jonkin verran hilseilevää/irronnutta maalipintaa maantasoelementtien kohdalla. Paikoin myös ruutuelementtien ikkunoiden alapuolella esiintyy hilseilevää maalipintaa. Vesipellitykset on uusittu ikkunoiden yhteydessä (v. 2009) ja niiden kaadot olivat pääosin riittävät, mutta vesipellin ulottuma on lyhyehkö (noin 20 mm) ja ne voivat viettää osittain vettä julkisivupintaan.



Kuva 12. Sokkeliementin hilseilevää maalipintaa (talo 2).



Kuva 13. Talon 1 ja talon 3 maantason pinnoitevauriot ovat todennäköisesti pääosin ajalta ennen rakennusten sokkelien kosteudeneristystä (kuva talosta 1)

Sadevesijärjestelmät ovat rakennuksissa osittain toiminnaltaan puutteellisia. Vesikattojen hulevedet on johdettu rakennusten pitkillä julkisivuilla kouruista alas rännikaivoihin syöksytorvilla, mutta parvekkeiden

puolisilla julkisivuilla parvekkeiden kattolaattojen sadevesikouruja ei ole johdettu syöksytorviin. Tukkiutuneet sadevesikourut ja hallitsematon vedenpoisto kattolaattojen kohdilla kohottavat kosteusrasitusta erityisesti alapuolisiin parvekerakenteisiin.

Sisääntulon puoleisilla julkisivuilla räystäään sadevesikourut olivat tutkimushetkellä lähes tukkiutuneet. Talon 2 kohdalla sadevesikourun sisäreunan yli tulviva vesi on valunut julkisivupintaa pitkin alas ja ylivuotokohdassa esiintyy runsaasti likaantumista sekä sammaloitumista.



Kuva 14. Tukkiutunut sadevesikouru (talo 2).



Kuva 15. Yli tulvinut sadevesi tukkiutuneesta sadevesikourusta on rasittanut julkisivupintaa voimakkaasti (talo 2).

Lisäksi talojen rännikaivojen läheisyydessä syöksytorvien roiskevesi on kastellut huomattavasti julkisivujen ja parvekerakenteiden alaosa ja on aiheuttanut julkisivupinnalle kosteusrasituksen lisäksi myös värjäytymiä maalipintoihin. Syöksytorvien suun tulisi paikoin olla lähempänä rännikaivoja ja rännikaivojen olisi suositeltavaa olla korkeakauluksisia malleja voimakkaiden roiskeiden välttämiseksi.

Rännikaivojen yhteydessä roiskeiden aiheuttamia kosteushaittoja havaittiin kaikkien talojen kohdalla, pääosin taloissa 2 ja 3. Niiden välittömässä läheisyydessä olevat rakenteet ovatkin paikoin erityisen likaantuneet.



Kuva 16. Syöksytorni roiskii sadevesiä piellelementtiin (talo 2).

3.4 Betoniraudituksen korroosio

Aistinvaraiset korroosiohavainnot

Aistinvaraisten havaintojen perusteella julkisivuelementeissä on vain yksittäisiä teräskorroosion aiheuttamia vaurioita / halkeamia. Julkisivurakenteiden korrosiovauriot esiintyvät lähinnä nurkka- / reuna-alueiden pieninä vaurioina.

Raudituksen betonipeitteet

Julkisivurakenteiden betonipeitteet mitattiin julkisivujen ruutu- sekä umpielementeistä. Betonipeitemittausten perusteella raudoitteiden suojabetonipeitteet ovat hyviä. Mitatuista julkisivuelementtien teräksistä suurin osa sijaitsee rakennusaikaisten määräysten määräämällä syvyydellä (25 mm) tai syvemällä niin ruutu- kuin umpielementtienkin kohdalla. Taulukossa 1 on esitetty raudoitteiden peitepaksuusmittausten tulokset rakentamisaikaisen määräyksen täyttävänä, karbonatisoitumisen suhteen suojassa olevana ja korrosiovaurioiden muodostamisen kannalta riskialttiina osuutena.

Taulukko 1. Betonipeitemittausten tulokset

Elementtityyppi / rakennus	Korroosiohalkeamien muodostumisen kannalta riskialttiita / alle 15 mm	Täyttää rakentamisaikaisen määräyksen (25 mm)	Raudoitteiden betonipeitepaksuus 35mm tai enemmän
JS Ruutuelementti / talo 1	0 %	97 %	58 %
JS Umpielementti / talo 1	2 %	94 %	59 %
JS Ruutuelementti / talo 2	0 %	94 %	49 %
JS Umpielementti / talo 2	0 %	100 %	76 %
JS Ruutuelementti / talo 3	0 %	88 %	71 %
JS Umpielementti / talo 3	0 %	82 %	49 %

Julkisivurakenteista irrotetuissa näytteissä esiintyy \varnothing 3...6 mm teräksiä. Suojabetonipeitteen paksuus on näytteiden ulkopinnasta mitattuna 18...52 mm (keskiarvo 40 mm). Kaikki teräkset sijaitsevat irrotettujen näytteiden kohdalla karbonatisoitumattomassa betonissa, pois lukien näytteeseen RT3 UE2 osunut ansasdiagonaali, joka sijaitsee 18 mm etäisyydellä näytteen ulkopinnasta karbonatisoituneessa betonissa. Ansasraudoitteen diagonaalin materiaali oli ruostumatonta terästä. On kuitenkin syytä huomioida, että ansasraudoitteen ulkoparve voi olla ruostuvaa, seostamatonta terästä, mikä ei osunut näytteeseen.

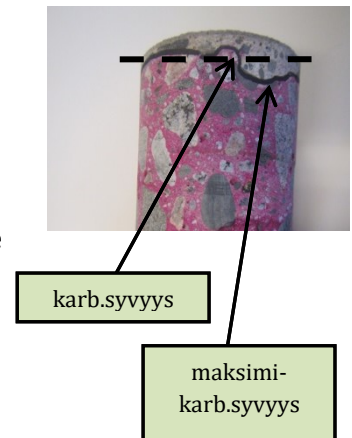
Betonipeitemittausten tulokset on esitetty liitteessä 2.

Betonin karbonatisoituminen

Julkisivuelementtien ulkokuoren betonista irrotettujen näytteiden ulkopinnassa karbonatisoituminen on edennyt sekä näytekohtaisesti, että näytteiden välillä pääosin tasaisesti keskiarvon ollessa 18 mm. Näytteiden sisäpinnassa karbonatisoituminen on ollut vähäistä, mutta näytteiden välillä esiintyy jonkin verran vaihtelua. Sisäpinnasta karbonatisoituminen on edennyt keskiarvolta 3 mm. Karbonatisoituminen on muuttunut aiemmasta kuntotutkimuksesta, siinä määritettyihin keskiarvoihin verrattuna.

Taulukossa 2 on esitetty näytteistä mitatut karbonatisoitumissyvyydet sekä karbonatisoitumissyvyyden keskiarvojen perusteella lasketut karbonatisoitumiskertoimet. Taulukkoa luettaessa / tulkittaessa tulee huomioida seuraava:

- Näytteen karbonatisoitumissyvyys määritetään poralierionäytteen pinnalta fenoliftaleiini-indikaattorin avulla
- *Karbonatisoitumissyvyys* tarkoittaa näytekohtaisen karbonatisoitumissyvyyden keskiarvoa
- *Maksimikarbonatisoitumissyvyys* on näytekohtaisesti mitattu syvin karbonatisoitumissyvyys
- Suluissa olevat keskiarvot ovat koko otannan perusteella rakenteelle määritetyn karbonatisoitumissyvyyden tai sen maksimiarvon keskiarvo.
- *Karbonatisoitumiskerroin* on laskettu näytekohtaisen karbonatisoitumissyvyyden keskiarvon perusteella



Taulukko 2. Näytteistä mitatut karbonatisoitumissyvyydet ja niistä lasketut karbonatisoitumiskertoimet.

Julkisivun ruutuelementti, ulkopinta (n=8 kpl)		
Karbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Maksimikarbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Karbonatisoitumiskerroin
11...22 mm (15 mm)	14...30 mm (20 mm)	1,81...3,62 mm / va (2,45 mm / va)
Julkisivun ruutuelementti, sisäpinta (n=8 kpl)		
Karbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Maksimikarbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Karbonatisoitumiskerroin
0...8 mm (3 mm)	0...13 mm (6 mm)	0,00...1,32 mm / va (0,49 mm / va)
Julkisivun umpielementti, ulkopinta (n=6 kpl)		
Karbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Maksimikarbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Karbonatisoitumiskerroin

13...24 mm (18 mm)	16...31 mm (23 mm)	2,14...3,95 mm / va (2,93 mm / va)
Julkisivun umpielementti, sisäpinta (n=6 kpl)		
Karbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Maksimikarbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Karbonatisoitumiskerroin
0...6 mm (2 mm)	0...11 mm (3 mm)	0,00...0,99 mm / va (0,33 mm / va)

Julkisivuelementtien kohdalla karbonatisoituminen ulkopinnasta on edennyt ulkobetonirakenteille tyypillistä nopeutta. Ulkobetonirakenteille tyypillisenä karbonatisoitumisnopeutena pidetään yleisesti arvoja 1,5...3,5 mm / va (BY 42, 2013, sivu 23).

Näytekohtaiset karbonatisoitumissyvytydet on esitetty liitteessä 3.

Betoniraudoitteiden laskennallinen korrosio

Raudoitteiden aktiivisen korroosion määrä arvioitiin kuntotutkimuksen yhteydessä peitepaksuusmittauksiin sekä karbonatisoitumissyvyyden määrittämiseen perustuvan laskentamallin avulla (BY 42, 2013, kappaleet 7.3.1 ja 7.3.2). Laskennallisen analyysin perusteella määritetty korroosiomäärä ennustaa prosenttiosuutta raudoitteista, jonka karbonatisoitumisrintama saavuttaa tarkasteltavan ajanjakson aikana.

Korroosiotilannetta tarkasteltiin nykyhetkeä edustavien tuloksien sekä neliönjuurimallin avulla laskettujen vuoden 2033 tilannetta edustavien tuloksien perusteella (15 vuoden ennuste). Laskennallisen analyysin perusteella aktiivisessa korroosiotilassa olevien raudoitteiden määrä on vähäinen ja teräskorroosion riski muuttuu vain vähäisesti lähitulevaisuudessa. Taulukossa 3 on esitetty aktiivisessa korroosiotilassa olevien raudoitteiden osuus julkisivuelementeistä sekä rakenteiden laskennallisen korroosiomäärän muutos seuraavan 15 vuoden aikana vuoteen 2033 mennessä.

Taulukko 3. Korroosiotilanne ja laskennallinen muutos

Elementtityyppi / rakennus	Aktiivisessa korroosiotilassa tutkimushetkellä	Laskennallinen korroosiomäärän muutos vuoteen 2033 mennessä
JS Ruutuelementti / talo 1	1 %	~6 %
JS Umpielementti / talo 1	2 %	< 1 %
JS Ruutuelementti / talo 2	0 %	~1 %
JS Umpielementti / talo 2	0 %	~1 %
JS Ruutuelementti / talo 3	1,5 %	ei muutosta
JS Umpielementti / talo 3	3 %	~5 %

Vähäisestä korroosioriskistä huolimatta on huomioitava, että ruutu- ja umpielementtien yleensä vähäisempi suojausbetonielementtien pieliteerästen alueella voi aiheuttaa lisää näkyviä korrosiovaurioita lähitulevaisuudessa.

3.5 Betonin rapautuminen ja laatu

Betonin vaurioitumista tutkittiin kenttätutkimuksen yhteydessä aistinvaraisesti sekä laboratoriokokein poralieriönäytteistä. Aistinvaraisten havaintojen perusteella julkisivupinnat olivat yleisesti vasaroitaessa kovia, mutta erityisesti talojen 1 ja 2 kohdalla päätyjen umpielementeissä on viitteitä pakkasrapautumisen aiheuttamista vaurioista.

Betonin vetolujuus

Julkisivuelementtien ulkokuoren betonin vetolujuutta tutkittiin vetolujuuskokeilla yhdestätoista (11 kpl) poralieriönäytteestä (RT UE1, RT UE2, RT RE 1, RT2 UE1, RT2 RE1, RT2 RE2, RT2 RE3, RT3 UE1, RT3 UE 2, RT3 RE1, RT3 RE2). Näytteet talokohtaisesti:

Talo 1 - umpielementti 2 kpl, ruutuelementti 1 kpl

Talo 2 - umpielementti 1 kpl, ruutuelementti 3 kpl

Talo 3 - umpielementti 2 kpl, ruutuelementti 2 kpl

Talon 1 näytteiden vetolujuudet vaihtelivat ensimmäisessä vetokokeessa välillä 0,30...1,55 MPa, jossa umpielementtien näytteiden tulokset olivat 0,30 ja 0,50 MPa ja murtotapa runkoainesta myötäilevä. Umpielementtien uusintavetokokeessa vetolujuudet olivat 0,38 MPa ja 0,49 MPa. Tulokset sekä ensimmäisen vetokokeen murtotapa viittaavat pakkasrapautumaan umpielementtien kohdalla.

Talon 2 näytteiden vetolujuuden vaihtelivat ensimmäisessä vetokokeessa välillä 0,30...1,74 MPa, jossa umpielementtinäytteen tulos oli 0,30 MPa ja ruutuelementtien tulokset olivat 0,44...1,74 MPa. Umpielementtinäytteen murtotapa oli runkoainesta myötäilevä ja uusintavetokokeessa vetokokeen tulos jäi edelleen huonoksi ollen 0,39 MPa. Ruutuelementtien murtotapa oli runkoainesta myötäilevä näytteen RT2 RE1 (1,35 MPa) kohdalla ja osittain runkoainesta rikkova näytteiden RT2 RE2 (0,44 MPa) ja RT2 RE3 (1,74 MPa) kohdalla. Uusintavetokokeen tulos näytteelle RT2 RE2 oli 0,57 MPa, mikä viittaisi tuloksen perusteella pakkasrapautumaan. ensimmäisen vetokokeen murtotapa oli osittain runkoainesta rikkova, joten laatuongelmaa näytteen kohdalla ei voida myöskään poissulkea murtotavan vuoksi.

Talon 3 kohdalla näytteiden vetolujuudet vaihtelivat ensimmäisessä vetokokeessa välillä 1,21...2,14 MPa. Murtotapa vetokokeissa oli yhtä näytettä lukuun ottamatta osittain runkoainesta rikkova. Näytteen RT3 RE1 murtotapa oli runkoainesta myötäilevä sekä ensimmäisessä, että uusintavetokokeessa. Talon 3 ulkokuoren betonissa ei vetolujuuksien perusteella esiinny pakkasrapautumaa.

Vaurioitumattoman betonin vetolujuuden raja-arvona pidetään yleisesti lujuusarvoa 1,5 MPa (BY 42, 2013, sivu 110). Ruutuelementtien tulokset jäivät osittain hieman alle 1,5 MPa, mutta olivat pääosin kohtalaisia ollen selvästi yli 1 MPa kaikkien talojen kohdalla yhtä ruutuelementtinäytettä lukuun ottamatta. Vetolujuuskokeiden tulosten perusteella voidaan todeta taloissa 1 ja 2 esiintyvän pakkasrapautumaa julkisivujen päätyelementeissä. Vetolujuuskokeiden tutkimustulokset viittaavat julkisivunäytteiden kohdalla osittain pakkasvaurioitumiseen.

Vetokoetuloksia verrattiin aiemman tehdyn kuntotutkimuksen tuloksiin keskiarvon ja keskihajonnan perusteella. Tulokset ovat laskeneet jonkin verran mikä viittaa rapautumisen jatkumiseen tai julkisivuelementeissä käytetyn betonin laadulliseen vaihteluun.

Vetolujuuskokeiden näytekohtaiset tulokset on esitetty liitteessä 4.

Mikrorakennetutkimukset

Julkisivuelementtien ulkokuoren betonin mikrorakennetta sekä vaurioitumista tutkittiin ohuthietutkimuksella kolmesta näytteestä (RT RE2 julkisivun ruutuelementti, RT2 S1 julkisivun maantaselementti, RT2 UE2 julkisivun umpielementti).

Ohuthietutkimuksessa havaittiin seuraavaa:

- Betoni on laadultaan tyydyttävää. Kunnoltaan betoni on hyvää näytteissä S1 sekä UE2 ja tyydyttävää näytteen RE2 kohdalla
- Betonin tiivistyminen on hyvää/keskinkertaista
- Sideaines on karkearakeista portlandsementtiä. Seosaineena on lentotuhkaa. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste melko korkea
- Kivi- ja sideaineksen tartunnat ovat pääosin hyvät ja tiiviit. Paikoin tartunnat ovat kapeiden tartuntasäröjen tai huokosten heikentämät näytteissä RE2 sekä UE2. Näytteen S1 kohdalla tartunnat ovat paikoin heikentyneet yksittäisistä huokosista
- Betonissa ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa säröilyä
- Betonissa on suojahuokosia runsaasti
- Betonin huokostiloissa havaittiin vähän ettringiitti- ja kalsiumhydroksidikiteytyymiä näytteen RE2 kohdalla. Näytteissä UE2 ja S1 havaittiin huokosissa ettringiittikiteytyymiä
- Ohuthieessä havaittiin vähän suuntautumattomia mikrosäröjä näytteissä UE2 ja S1. Yksittäisiä suuntautumattomia mikrosäröjä havaittiin näytteen RE2 kohdalla. Mikrosäröt myötäilevät kiviainesta
- Karbonatisoituminen on paikoin epätäydellistä. Karbonatisoitumissyvyys vaihtelee keskimäärin välillä 11,5...22,5 mm
- Näytteiden ulkopinnalla on paksu maalipinnoite. Maali on huokoista ja tartunta betoniin on pääosin tiivis ja hyvä

Ohuthietutkimuksen perusteella julkisivuelementtien betoni on laadultaan tyydyttävää, pääosin johtuen epätäydellisestä tiivistymisestä tai varhaisvaiheen säröilystä. Betonin runsaasta huokosmäärästä huolimatta suojahuokostusta voidaan pitää puutteellisena näytteiden UE2 ja S1 kohdalla, eikä niiden betonia siten voida pitää pakkasenkestävää voimakkaassa kosteusrasituksessa. Näytteissä UE2 ja S1 suojahuokokset ovat paikoin umpeutuneet ja kosteusrasitus on näytteiden kohdalla ollut arviolta merkittävä. Näytteen RE2 betonilla on arviolta hyvä pakkasenkestävyys. Suojahuokosten umpeutuminen voi heikentää betonin pakkasenkestävyyttä pitkällä aikavälillä. Näytteiden betonissa ei havaittu viitteitä pakkasrapautumasta.

Ohuthietutkimuksen tulokset on esitetty tarkemmin liitteessä 5.

Suojahuokossuhteen määrittäminen

Julkisivuelementtien betonin suojahuokossuhde määritettiin yhdestätoista (11 kpl) poralieriönäytteestä:

Talo 1 - umpielementti 2 kpl, ruutuelementti 1 kpl

Talo 2 - umpielementti 1 kpl, ruutuelementti 3 kpl

Talo 3 - umpielementti 2 kpl, ruutuelementti 2 kpl

Näytteistä määritetyt suojahuokossuhteet eroavat talojen välillä. Talokohtaisesti suojahuokossuhteet vaihtelevat talon 1 kohdalla 0,06...0,26 välillä (keskiarvo 0,14), talon 2 kohdalla 0,05...0,14 välillä (keskiarvo 0,08) ja talon 3 kohdalla 0,17...0,29 välillä (keskiarvo 0,24).

Suojahuokossuhteen vaatimus pakkasenkestävälle betonille on vuodesta 1989 lähtien ollut $\geq 0,20$. Rakentamisajankohtana (1979-1980) betonin säilyvyydestä on ollut olemassa ohjeistus, jonka mukaan

betonin suojahuokossuhde tulisi olla vähintään 0,15. Käytännössä kuitenkin jo yli 0,10 suojahuokossuhde antaa jonkin asteista suojaa pakkasrapautumaa vastaan. Suojahuokossuhteen määrittämisen perusteella julkisivuelementeistä irrotettujen näytteiden betonia ei voida pitää pakkasenkestävänä talojen 1 ja 2 kohdalla. Talon 3 kohdalla julkisivuelementtien betoni on pääosin pakkasenkestävää. Suojahuokossuhteen määrittämisen tulokset ovat pääosin samanlaisia vuoden 2004 kuntotutkimuksen kanssa.

Suojahuokossuhteen määrittämisen tulokset on esitetty liitteessä 6.

3.6 Haitta-aineet

3.6.1 Saumamassan PCB- ja lyijypitoisuus

Elastisten saumamassojen PCB- ja lyijypitoisuus määritettiin kolmesta julkisivurakenteista irrotetusta saunanäytteestä (Talo 2 sauma 1, Talo 2 sauma 2, RT3 sauma).

Näytteiden PCB-pitoisuus on analyysin perusteella < 3,5 mg / kg ja lyijypitoisuus < 100 mg / kg (pienin määrittämiss raja). Lyijypitoisuus alittaa sekä vaarallisen purkujätteen Pb-pitoisuuden suosituksen (1500 mg / kg) että maaperän haitallisten aineiden pitoisuuksien ylempään ohjeeseen (750 mg / kg). PCB-pitoisuuden raja-arvo tulee tarkastaa paikalliselta jätekeskukselta, joka määrää raja-arvon omassa ympäristöluvassaan.

Saumamassojen käsittelyohjeet tulee tarkastaa paikalliselta jäteyhtiöltä.

Sauma-aineen haitta-aineanalyysin tulokset on esitetty liitteessä 7.

3.6.2 Pinnoitteiden asbestipitoisuus

Julkisivurakenteista määritettiin asbestipitoisuudet neljästä näytteestä (1kpl talo 1, 2 kpl talo 2, 1 kpl talo 3) Asbestianalyysin perusteella seuraavien julkisivuelementtien maalipinnoitteet sisältävät asbestia (krysotiili):

Talon 1 umpielementin maalipinta, julkisivu etelään, sävy ruskehtava

Talon 2 ruutuelementin maalipinta, julkisivu pohjoiseen

Talon 2 maantaselementin maalipinta

Talo 3 ruutuelementin maalipinta, julkisivu länteen

Asbestianalyysin tulokset on esitetty liitteessä 8.

4 Tutkimustulokset: parvekkeet

4.1 Rakenne suunnitelmien ja havaintojen perusteella

Tutkimuksen yhteydessä kohteella tehtyjen havaintojen perusteella parvekerakenteista voidaan todeta seuraavat tutkimuksen kannalta keskeiset asiat:

- Parvekkeet ovat elementtirakenteisia ja ne koostuvat teräsbetonisista laatta-, pieli- ja kaide-elementeistä
- Parvekelaatan yläpinnassa on vedeneristepinnoite
- Parvekepielet ja kaiteet ovat maalipintaisia sisä- ja ulkopinnoiltaan
- Parvekkeiden taustaseinänä toimii maalattu betonisandwich-elementti
- Parvekkeet ovat rakennusrungon ulkopuolisia, ulokkeellisia pieliseinin kannatettuja parvekkeita
- Parvekelaattojen ja julkisivuelementin sekä parvekelaatan ja pieliseinin liitoksessa on holkka / ylösnosto.
- Parvekkeissa on vedenpoisto toteutettu ulosheittoputkella laatan keskeltä kaiteen läpi. Putken ulottuma kaiteen ulkopuolelle on noin 100...200 mm
- Parvekelaatoista irrotetuista näytteistä mitattuna parvekelaattojen kokonaispaksuus on 131...140 mm (keskiarvo 136 mm)
- Parvekepielistä irrotetuista näytteistä mitattuna parvekepielien paksuus on 154...180 mm (keskiarvo 162 mm)
- Parvekekaiteista irrotetuista näytteistä mitattuna parvekekaiteiden paksuus on 80...84 mm (keskiarvo 82 mm)

Parvekerakenteiden rakennepiirustukset eivät olleet käytettävissä tutkimusta suoritettaessa.

4.2 Aistinvaraiset vauriohavainnot rakenteista ja näytteistä

Rakenteiden vaurioituminen

Kohteessa on yhteensä 22 kpl huoneistoparvekkeita, joista 15:ssa parvekkeessa on parvekelasitukset. Parvekerakenteiden kunto on aistinvaraisten havaintojen perusteella kokonaisuutena tyydyttävä.

Tutkimushetkellä parvekerakenteiden merkittävimmät näkyvät vauriot ovat talon 2 parvekekaiteissa esiintyvä pakkasrapautuma, talon 3 parvekkeiden kattolaattojen ulkonurkkien pakkasrapautuma sekä paikoin esiintyvät teräskorroosiovauriot parvekepielien ja parvekekaiteiden kohdalla. Talon 2 kohdalla havaittiin alkavaa rapautumaa yksittäisissä parvekekaiteissa. Tämän lisäksi yksittäisen huoneiston parveke asetettiin käyttökieltoon pitkälle edenneen kaiteen rapautumisen vuoksi. Rapautumista ei havaittu talojen 1 ja 3 parvekekaiteissa. Kaiteissa on nähtävissä säärasituksen jälkiä erityisesti käsijohteessa sekä ulkokulmien alueella lasittamattomien parvekkeiden kohdalla.



Kuva 17. Käyttökieltoon asetettu huoneistoparveke (talo 2).



Kuva 18. Kaiteen alanurkka.



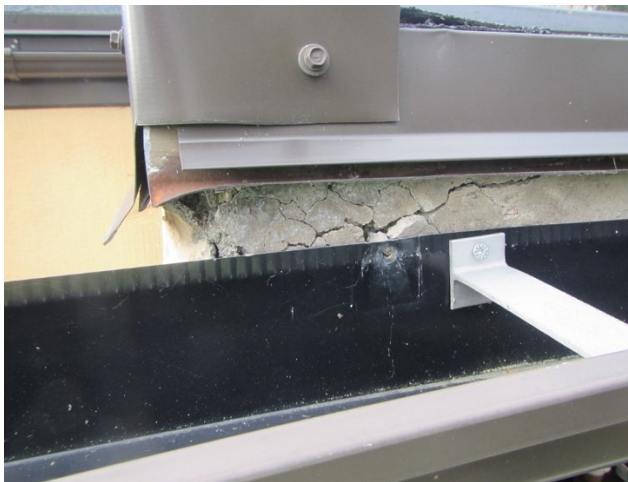
Kuva 19. Kaiteen käsijohde on lähes kauttaaltaan rapautunut

Talon 3 parveketornien kattolaattojen etunurkat ovat rapautuneet. Kattolaattojen alapinnassa on havaittavissa voimakkaan kosteusrasituksen jälkiä. Vesikaton tarkastuksessa ei havaittu merkittäviä puutteita, joten on todennäköistä, että kattolaattojen kosteusrasitus on syntynyt pääosin ennen vesikaton uusimista. Mikäli kattolaattojen etureunojen vaurioituminen etenee merkittävästi, myös sadevesikourujen kiinnitys voi heikentyä. Tutkimushetkellä sadevesikourujen kiinnityksessä kattolaattojen etureunaan ei kuitenkaan toistaiseksi havaittu turvallisuutta heikentäviä puutteita.

Parvekelaaatoissa ei aistinvaraisten havaintojen perusteella esiintynyt pakkasvaurioita.



Kuva 20. Kummankin parvekkeen kattolaatan ulkonurkat ovat rapautuneet (talo 3).



Kuva 21. Kattolaatan ulkokulma



Kuva 22. Kattolaattojen kulmien alueet olivat pinnoiltaan pesetyneet, mutta vasaroitaessa vielä kovia.

Parvekerakenteissa esiintyy yksittäisiä korroosiovaurioita pääosin talojen 1 ja 2 kohdalla. Parvekkeiden rakenteiden pinnoitteissa havaittiin yleisesti ikääntymisen merkkejä ja niissä esiintyy vaihtelevasti likaantumista / pinnoitteiden tummentumista. Pielielementtien kohdalla esiintyy yksittäisiä korroosiovaurioita. Pakkasrapautumaan viittaavia vaurioita niiden kohdalla ei esiintynyt tutkimushetkellä.



Kuva 23. Korroosiovaurio parvekekaiteen vedenpoiston vieressä (talo 1).



Kuva 24. Yksittäisiä korroosiovaurioita esiintyi jonkin verran kaikkien rakennusten kohdalla (kuva talosta 2).



Kuva 25. Parvekepielen ja laatan liittymän korroosiovaurio (talo 2).

Näytteistä tehdyt aistinvaraiset havainnot

Parvekelaatoista otetuista näytteistä (4 kpl) tehtiin seuraavat havainnot:

- Betonin laatu on näytteiden kohdalla melko tasaista. Näytteiden betonit ovat keskenään samankaltaisia, eikä betonin laadussa ole näytekohtaisesti merkittäviä muutoksia, kuten runkoaineen erottumaa.
- Näytteiden betonin tiivistys on keskinkertaista. Näytteissä on yksittäisiä todella suuria tiivistyshuokosia, luokkaa 5mm halkaisijaltaan.
- Betonin kiviaines on luonnonsoraa. Maksimiraekoko on näytteiden kohdalla 18...32mm. Näytteessä RT2 L1 keskikoon runkoaineen suhteellinen osuus on vähäinen. Näytteessä RT L1 maksimikoon runkoaineen osuus on suhteellisen suuri. Keskimäärin näytteissä runkoainesjakauma on tasainen.
- Parvekelaattojen alapinnoissa karbonatisoitumissyvyys on näytekohtaisesti suhteellisen tasaista. Näytteiden välillä karbonatisoitumissyvyyden välillä on huomattavaa eroa. Näytteen RT L1 (ka 27mm) karbonatisoitumissyvyys on huomattavasti suurempi kuin muilla näytteillä (17...20mm). Erot karbonatisoitumisen etenemisessä johtuvat mahdollisesti betonin laadullisesta vaihtelusta.
- Parvekelaattojen yläpinnoissa karbonatisoituminen on edennyt näytekohtaisesti kohtalaisen epätasaisesti. Epätasainen karbonatisoitumissyvyys toistuu jokaisessa näytteessä. Yläpinnoissa karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin 5...7mm.
- Näytteessä RT L1 on 1 kpl teräksiä \varnothing 6mm karbonatisoitumattomassa betonissa 29 mm etäisyydellä näytteen yläpinnasta.
- Näytteessä RT L1 on 1 kpl teräksiä \varnothing 6mm karbonatisoitumattomassa betonissa 30 mm etäisyydellä näytteen alapinnasta.
- Näytteessä RT2 L1 on 1 kpl teräksiä \varnothing 6mm osin karbonatisoituneessa betonissa 22 mm etäisyydellä näytteen alapinnasta. Teräksen pinnassa näkyy ruostetta.
- Näytteessä RT2 L1 on 1 kpl teräksiä \varnothing 5mm karbonatisoituneessa betonissa 22 mm etäisyydellä näytteen alapinnasta. Teräksen pinnassa näkyy ruostetta.
- Näytteessä RT2 L2 on 1 kpl teräksiä \varnothing 6mm karbonatisoitumattomassa betonissa 42 mm etäisyydellä näytteen yläpinnasta.
- Näytteessä RT2 L2 on 1 kpl teräksiä \varnothing 6mm karbonatisoitumattomassa betonissa 37 mm etäisyydellä näytteen alapinnasta.
- Suojabetonin paksuus on näytteistä mitattuna 16...42mm.
- Näytteiden alapinta on puhtaalla muottipinnalla ja yläpinnassa on vedeneristyspinnoite.



Kuva 26. Parvekelaatoista irrotetut betoninäytteet

Pielielementeistä otettiin näytteet ulkopielistä jokaisen talon kohdalta. Lisäksi otettiin yksittäinen näyte välipielestä talosta 2, jonka kosteusrasitus on pienempi. Otetuista näytteistä (4 kpl) tehtiin seuraavat havainnot:

- Betonin laatu on näytteiden kohdalla pääsääntöisesti melko tasaista. Näytteiden betonit ovat keskenään saman kaltaisia, eikä betonin laadussa ole näytekohtaisesti ole havaittavissa merkittäviä muutoksia, kuten runkoaineen erottumaa.
- Näytteiden betonin tiivistys on keskinkertaista. Kiviaineskappaleiden reunoille kertyneitä huokosia on jonkin verran.
- Betonin kiviaines on luonnonsoraa. Runkoaineen maksimiraekoko on näytteiden kohdalla 17...26mm.
- Parvekepielien karbonatisoituminen on edennyt näytekohtaisesti ja myös näytekokonaisuutta tarkastellessa suhteellisen tasaisesti. Parvekepielissä karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin ulkopinnoissa 18...24mm ja sisäpinnoissa 20...28mm.
- Erot karbonatisoitumisen etenemisestä johtuvat mahdollisesti betonin laadullisesta vaihtelusta ja/tai kosteusrasituksen määrästä.
- Näytteisiin ei osunut näytteitä poratessa yhtään terästä, joten suojabetonin paksuutta ei pystytty aistinvaraisesti arvioimaan.
- Näytteiden molemmissa pinnoissa on vaalean keltainen maali.



Kuva 27. Pielielementeistä irrotetut betoninäytteet

Parvekekaiteista otetuista näytteistä (4 kpl) tehtiin seuraavat havainnot:

- Betonin laatu on näytteiden kohdalla pääsääntöisesti melko tasaista. Näytteiden betonit ovat keskenään saman kaltaisia, eikä betonin laadussa ole näytekohtaisesti ole havaittavissa merkittäviä muutoksia, kuten runkoaineen erottumaa.
- Näytteiden betonin tiivistys on keskinkertaista/hyvä. Kiviaineskappaleiden reunoille kertyneitä huokosia on jonkin verran ja pieniä tiivistyshuokosia vähän.
- Betonin kiviaines on luonnonsoraa. Maksimiraekoko on näytteiden kohdalla 16...24 mm. Näytteissä RT K1 ja RT2 K1 huomioitavaa on maksimiraekoon kiviaineksen suhteellinen suuri määrä.
- Parvekekaiteiden ulkopinnasta karbonatisoituminen on edennyt näytekohtaisesti sekä näytekokonaisuus huomioiden melko epätasaisesti. Parvekekaiteiden ulkopinnoissa karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin 11...34mm. Sisäpinnasta karbonatisoituminen on edennyt näytekohtaisesti sekä näytekokonaisuus huomioiden melko tasaisesti. Sisäpinnoissa karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin 20...25mm.
- Näytteessä RT3 K1 on 1 kpl $\varnothing 8$ mm teräsiä karbonatisoituneessa betonissa 25 mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta. Teräksen pinnassa on ruostetta.
- Suojabetonin määrä näytteestä RT3 K1 tarkastettuna on 25mm.
- Näytteiden molemmissa pinnoissa on oranssin ruskea maalipinta.



Kuva 28. Parvekekaiteista irrotetut betoninäytteet

4.3 Parvekerakenteiden kosteustekninen toiminta

Parvekkeiden vesi poistuu parvekelaattojen pinnoilta kaiteen läpi asennetun ulosheittoputken kautta maahan. Ulosheittoputkien ulottuma on vaurioitumattomien putkien kohdalla riittävä, mutta osassa parvekkeista putki on vaurioitunut tai korvattu väliaikaisella ratkaisulla. Väliaikainen putki voi johtaa kosteutta sisä rakenteisiin liittymäkohdan saumoista. Ulosheittoputken ollessa lyhyehkö ja/tai tuulisella sadesäällä vedet yleensä valuvat osittain alapuolisille parvekerakenteille, mikä aiheuttaa pinnoitteiden likaantumista ja kohottaa erityisesti kaiteiden kosteusrasitusta.

Talon 3 parvekkeet ovat kaikki lasitettuja, mutta osa talojen 1 sekä 2 parvekkeista olivat lasittamattomia. Parvekelasitus suojaa oleellisesti parvekkeen sisäosia kosteusrasitukselta. Niiltä osin kuin parvekkeet ovat lasitettuja, on rakenteille kertyvän veden määrä vähäinen ja vedenpoistojärjestelmää voidaan pitää riittävänä. Lasittamattomissa parvekkeissa (7 kpl) kaiteiden käsijohteet ovat sateelle alttiina ja niissä esiintyy yleensä korroosio vaurioita nopeammin kuin lasitetuissa parvekkeissa, lasin ja pellityksen kaidetta suojaavan vaikutuksen vuoksi.

Kattolaattojen kohdalla sadevesikouruja ei ole johdettu syöksytorvilla alas rännikaivoille ja vedenpoiston toteutus on osittain parvekerakenteiden vaurioita kiihdyttävä tekijä. Kenttätutkimuksen aikana asukkaalta saadun tiedon mukaan käyttökieltoon osoitetun parvekkeen kohdalla kattolaatan vedenpoisto valuttaa osittain vettä parvekkeelle sekä kaiteen päälle.

Parvekelaattojen yläpinnassa on vedeneristyspinnoite ja alapintana laatoissa on pinnoittamaton betonipinta. Kenttätutkimuksen yhteydessä parvekelaattojen vedeneristyspinnoitteissa ei havaittu toimintaa heikentäviä puutteita.



Kuva 29. Vedenpoistoputki on aiemmin puuttunut tai liitoskohta ei ole tiivis ja vesi on päässyt kastelemaan kaiteen alapintaa (talo 2).



Kuva 30. Lasittamattomat parvekkeet ovat huomattavasti alttiimpia vaurioille. Kaiteiden yläpinnoilla havaittiin paikoin teräskorroosiovaurioita sekä orgaanista kasvustoa (kuva talosta 1).

4.4 Betoniraudituksen korrosio

Aistinvaraiset korrosiohavainnot

Parvekerakenteissa havaittiin yksittäisiä korrosiovaurioita kaikkien rakenneosien kohdalla. Pääosin yksittäiset vauriot esiintyvät parvekkeiden piellelementtien pieliteräksissä ja parvekekaiteissa. Yksittäisiä havaintoja tehtiin myös piellelementin ja laatan liittymässä. Korrosiovauriot eivät kuitenkaan ole laaja-alaisia ja ne esiintyvät pääosin kaikkien havaintojen kohdalla elementtien reuna-alueilla. Parvekelaattojen alapinnoissa ei havaittu korrosiovaurioita.

Raudituksen betonipeitteet

Raudituksen betonipeitteet mitattiin parvekelaattojen alapinnasta, pielen ulkopinnoista (pieliteräksset) ja etureunasta sekä kaiteiden ulkopinnoista. Betonipeitemittausten perusteella kaikkien talojen parvekerakenteiden suojabetonipeitteissä esiintyy jonkin verran puutteita parvekekaiteiden ja piellelementtien kohdalla, mutta merkittävämmän parvekelaattojen kohdalla. Parvekelaattojen alapinnan teräksistä kokonaisuutena alle 50 % sijaitsee rakennusaikaisten määräysten määrämällä minimisyvydellä. Taulukossa 4 on esitetty raudotteiden peitepaksuusmittausten tulokset rakentamisaikaisen määräyksen

täyttävänä, karbonatisoitumisen suhteen suojassa olevana ja korroosioaurioiden muodostamisen kannalta riskialttiina osuutena.

Taulukko 4. Betonipeitemittausten tulokset

Elementtityyppi / rakennus	Korroosiohalkeamien muodostumisen kannalta riskialttiita / alle 15 mm	Täyttää rakentamisaikaisen määräyksen (25 mm)	Raudoitteiden betonipeitepaksuus 35mm tai enemmän
Parvekelaatta / talo 1	2 %	40 %	2 %
Parvekekaide / talo 1	0 %	62 %	13 %
Parvekepieli / talo 1	0 %	77 %	26 %
Parvekelaatta / talo 2	0 %	49 %	6 %
Parvekekaide / talo 2	0 %	69 %	16 %
Parvekepieli / talo 2	0 %	53 %	40 %
Parvekelaatta / talo 3	0 %	34 %	2 %
Parvekekaide / talo 3	0 %	81 %	21 %
Parvekepieli / talo 3	0 %	78 %	15 %

Kaikkien talojen parvekerakenteissa betonipeitteet ovat kauttaaltaan mittausten perusteella pääosin kuitenkin 20...34 mm ja korroosiohalkeamien muodostumisen kannalta riskialttiiden terästen (lähempänä kuin 15 mm pintaa olevat teräkset) osuus on hyvin vähäinen, kokonaisuutena lähes 0 %. Mittausten perusteella ainoastaan talon 1 kohdalla parvekelaattojen teräksistä noin 2 % sijaitsee alle 15 mm syvyydellä laatan alapinnasta.

Parvekelaatoista irrotetuissa näytteissä kolmessa havaittiin teräksiä. Teräkset olivat \varnothing 5 ja 6 mm ja sijaitsivat näytteiden RT L1 ja RT2 L2 kohdalla karbonatisoitumattomassa betonissa. Näytteen RT2 L1 teräkset sijaitsivat karbonatisoituneessa betonissa. Suojabetonipeitteen paksuus on näytteiden alapinnasta mitattuna 8...23 mm. Yhdessä parvekekaiteista irrotetuista näytteistä havaittiin teräksiä. Näytteessä RT3 K1 havaittu teräs \varnothing 8 mm sijaitsi karbonatisoituneessa betonissa, ja suojabetonipeitteen paksuus näytteen sisäpinnasta mitattuna on 25 mm. Parvekepielistä irrotetuissa näytteissä ei havaittu teräksiä.

Betonipeitemittausten tulokset on esitetty liitteessä 2.

Betonin karbonatisoituminen

Parvekelaattojen alapinnasta, pieliseinien ulko- sekä sisäpinnasta ja parvekekaiteiden sisäpinnasta karbonatisoituminen on edennyt näytekohtaisesti tarkasteltaessa pääosin tasaisesti. Näytekokonaisuuksia tarkasteltaessa pieliseinien ulko- sekä sisäpinnasta ja parvekekaiteiden sisäpinnasta karbonatisoituminen on pääosin tasaisesti, mutta parvekelaattojen alapintojen karbonatisoitumisessa esiintyy huomattavaa vaihtelua näytekokonaisuutta tarkasteltaessa.

Parvekelaattojen yläpinnasta sekä parvekekaiteiden ulkopinnasta karbonatisoituminen on edennyt näytekohtaisesti sekä näytekokonaisuuksia tarkasteltaessa hieman epätasaisesti. Hajontaa esiintyy keskimääräisessä karbonatisoitumissyvyydessä vaihtelevasti rakenneosittain:

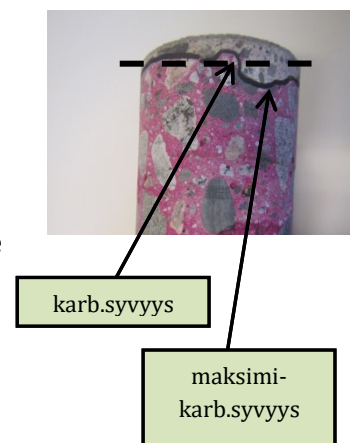
Parvekelaattojen alapinta	17...27 mm
Parvekelaattojen yläpinta	5...7 mm
Pielielementtien ulkopinta	18...24 mm
Pielielementtien sisäpinta	20...28 mm

Parvekekaiteiden ulkopinta	11...34 mm
Parvekekaiteiden sisäpinta	20...25 mm

Karbonatisoitumiskerroin joka kuvaa karbonatisoitumisen etenemistä rakenteessa on hieman suurempi kaiteiden kohdalla kuin muissa parvekerakenteissa. Parvekelaattojen yläpinnassa karbonatisoituminen on ollut tasaista ja alapintoja hitaampaa. Korkeassa kosteusrasituksessa (laatan yläpinta) karbonatisoituminen on tavanomaisesti kuivia olosuhteita hitaampaa. Myös parvekelaatan yläpinnassa käytetty tiivis pinnoite hidastaa karbonatisoitumista. Karbonatisoituminen on edennyt aiempaan kuntotutkimukseen nähden vaihtelevasti. Parvekelaattojen kohdalla tulokset ovat vanhoja mittauksia vastaavia eikä niissä ole muutosta. Pielten ja kaiteiden kohdalla karbonatisoituminen on edennyt tavanomaista nopeutta, noin 10 mm. parvekekaiteiden kohdalla ja 6–7 mm parvekepielten kohdalla.

Taulukossa 2. on esitetty näytteistä mitatut karbonatisoitumissyvyydet sekä karbonatisoitumissyvyyden keskiarvojen perusteella lasketut karbonatisoitumiskertoimet. Taulukkoa luettaessa / tulkittaessa tulee huomioida seuraava:

- Näytteen karbonatisoitumissyvyys määritetään poralieriönäytteen pinnalta fenoliftaleiini-indikaattorin avulla
- *Karbonatisoitumissyvyys* tarkoittaa näytekohtaisen karbonatisoitumissyvyyden keskiarvoa
- *Maksimikarbonatisoitumissyvyys* on näytekohtaisesti mitattu syvin karbonatisoitumissyvyys
- Suluissa olevat keskiarvot ovat koko otannan perusteella rakenteelle määritetyn karbonatisoitumissyvyyden tai sen maksimiarvon keskiarvo.
- *Karbonatisoitumiskerroin* on laskettu näytekohtaisen karbonatisoitumissyvyyden keskiarvon perusteella



Taulukko 4. Näytteistä mitatut karbonatisoitumissyvyydet ja niistä lasketut karbonatisoitumiskertoimet.

Parvekelaatat, alapinta (n=4 kpl)		
Karbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Maksimikarbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Karbonatisoitumiskerroin
17...27 mm (21 mm)	24...30 (26 mm)	2,79...4,44 mm / \sqrt{a} (3,45 mm / \sqrt{a})
Parvekelaatat, yläpinta (n=4 kpl)		
Karbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Maksimikarbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Karbonatisoitumiskerroin
5...7 mm (6 mm)	15...19 (16 mm)	0,82...1,15 mm / \sqrt{a} (0,99 mm / \sqrt{a})
Parvekepielet, ulkopinta (n=4 kpl)		
Karbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Maksimikarbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Karbonatisoitumiskerroin
18...24 mm (21 mm)	22...26 mm (23 mm)	2,96...3,95 mm / \sqrt{a} (3,40 mm / \sqrt{a})
Parvekepielet, sisäpinta (n=4 kpl)		

Karbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Maksimikarbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Karbonatisoitumiskerroin
20...28 mm (22 mm)	24...27 mm (25 mm)	3,29...4,60 mm / \sqrt{a} (3,67 mm / \sqrt{a})
Parvekekaiteet, ulkopinta (n=4 kpl)		
Karbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Maksimikarbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Karbonatisoitumiskerroin
11...34 mm (25 mm)	25...40 mm (33 mm)	1,81...5,59 mm / \sqrt{a} (4,15 mm / \sqrt{a})
Parvekekaiteet, sisäpinta (n=4 kpl)		
Karbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Maksimikarbonatisoitumissyvyys vaihteluväli (keskiarvo)	Karbonatisoitumiskerroin
20...25 mm (24 mm)	24...29 mm (28 mm)	3,29...4,11 mm / \sqrt{a} (3,90 mm / \sqrt{a})

Karbonatisoitumisnopeudessa on ollut rakenneosakohtaisesti jonkin verran vaihtelua. Parvekelaattojen ja pieliementtien ulkopintojen kohdalla karbonatisoituminen on edennyt parvekerakenteissa pääosin tavanomaista nopeutta, mutta parvekekaiteissa sekä pieliementtien sisäpinnassa karbonatisoituminen on edennyt jonkin verran tavanomaista nopeutta nopeammin, mikä johtunee betonin laadullisesta vaihtelusta. Tyypillisenä ulkobetonirakenteiden karbonatisoitumisnopeutena pidetään yleisesti arvoja 1,5...3,5 mm / va (BY 42, 2013, sivu 23). Karbonatisoitumisnopeutta tarkasteltaessa tulee myös huomioida, että parvekelaatan alapinta ja muut sateelta suojatut rakenteet karbonatisoituvat tyypillisesti sateelle alttiita rakenteita nopeammin.

Näytekohtaiset karbonatisoitumissyvyydet on esitetty liitteessä 3.

Betoniraudotteiden laskennallinen korrosio

Raudotteiden aktiivisen korroosion määrä arvioitiin kuntotutkimuksen yhteydessä peitepaksuusmittauksiin sekä karbonatisoitumissyvyyden määrittämiseen perustuvan laskentamallin avulla (BY 42, 2013, kappaleet 7.3.1 ja 7.3.2). Laskennallisen analyysin perusteella määritetty korroosiomäärä ennustaa prosenttiosuutta raudotteista, jonka karbonatisoitumisrintama saavuttaa tarkasteltavan ajanjakson aikana.

Laskennallisen analyysin perusteella aktiivisessa korroosiotilassa olevien raudotteiden osuus on parvekerakenteissa rakennekohtaisesti vaihteleva. Taulukossa 5 on esitetty aktiivisessa korroosiotilassa olevien raudotteiden osuus parvekerakenteissa sekä rakenteiden laskennallisen korroosiomäärän muutos seuraavan 15 vuoden aikana vuoteen 2033 mennessä on:

Taulukko 5. Korroosiotilanne ja laskennallinen muutos

Elementtityyppi / rakennus	Aktiivisessa korroosiotilassa tutkimushetkellä	Laskennallisen korroosiomäärän muutos vuoteen 2033 mennessä
Parvekelaatta / talo 1	41 %	19 %
Parvekekaide / talo 1	71 %	10 %
Parvekepieli / talo 1	2 %	~11 %
Parvekelaatta / talo 2	~9 %	26 %
Parvekekaide / talo 2	~9 %	~16 %
Parvekepieli / talo 2	23 %	15 %
Parvekelaatta / talo 3	69 %	ei muutosta
Parvekekaide / talo 3	81 %	~12 %
Parvekepieli / talo 3	4 %	~13 %

Laskennallisen analyysin perusteella uusien korroosiovaurioiden syntyminen parvekerakenteisiin lähitulevaisuudessa on mahdollista, paikoin puutteellisen suojabetonipeitteen ja voimakkaan karbonatisoitumisen johdosta. Suurin osa talojen 1 ja 3 parvekekaiteiden ja parvekelaattojen raudotteista sijaitsee jo tutkimushetkellä karbonatisoituneessa betonissa ja riski vaurioille tulee kasvamaan kaikkien talojen kohdalla merkittävästi seuraavan 15 vuoden aikana. Tulokset ovat aikaisemman kuntotutkimuksen kanssa pääosin samankaltaisia.

4.5 Betonin rapautuminen ja laatu

Betonin vaurioitumista tutkittiin aistinvaraisesti kenttätutkimuksen yhteydessä sekä laboratoriokokein poralieriönäytteistä. Talossa 1 ei esiinny aistinvaraisesti havaittavia pakkasvaurioita parvekerakenteiden

kohdalla. Talon 2 kohdalla parvekerakenteissa havaittiin pääosin orastavaa pakkasrapautumaa parvekekaiteissa. Yksittäisen parvekekaiteen rapautuma on edennyt erittäin pitkälle ja parveke on korjaustoimenpiteisiin saakka asetettu käyttökieltoon. Talon 3 kohdalla esiintyy rapautumaa parveketornien kattolaattojen ulkokulmissa. Kattolaattojen alapinnassa on viitteitä rapautumasta ulkokulmien läheisyydessä.

Betonin vetolujuus

Parvekerakenteiden betonin vetolujuutta tutkittiin vetolujuuskokeilla yhdeksästä (9 kpl) poralieriönäytteestä (RT L1, RT K1, RT2 L1, RT2 L2, RT2 P1, RT2 P2, RT2 K1, RT3 P1, RT3 K1). Näytetunnuksissa L edustaa parvekelaattaa, P parvekepieltä ja K parvekekaidetta. RT kuvaa taloa 1, RT2 taloa 2 ja merkintä RT3 kuvaa talon 3 näytteitä. Näytteet talokohtaisesti:

Talo 1 - parvekelaatta 1 kpl, parvekekaide 1 kpl

Talo 2 - parvekelaatta 2 kpl, parvekepieli 2 kpl, parvekekaide 1 kpl

Talo 3 - parvekepieli 1 kpl, parvekekaide 1 kpl

Parvekelaattanäytteiden vetolujuudet vaihtelivat ensimmäisessä vetokokeessa välillä 0,67...1,1 MPa. Murtotapa oli vaihteleva. Uusintavetokokeessa tulokset vaihtelivat välillä 0,99...1,06 MPa. Ainoastaan yksittäisen näytteen kohdalla murtotapa oli sekä ensimmäisessä, että uusintavetokokeessa runkoainesta myötäilevä.

Parvekekaidenäytteiden vetolujuudet vaihtelivat ensimmäisessä vetokokeessa välillä 0,97...1,24 MPa. Murtotapa vaihteli runkoainesta myötäilevän ja runkoainesta rikkovan välillä. Uusintavetokokeessa tulokset vaihtelivat välillä 0,91...1,24 MPa.

Parvekepielinäytteiden vetolujuudet vaihtelivat 0,93...1,42 MPa välillä ensimmäisessä vetokokeessa ja uusintavetokokeiden tulokset olivat 0,99...1,63 MPa.

Vaurioitumattoman betonin vetolujuuden raja-arvona pidetään yleisesti lujuusarvoa 1,5 MPa (BY 42, 2013, sivu 110). Vetolujuuskokeiden tulokset jäivät osittain parvekerakenteista alle 1 MPa. Murtotapojen perusteella parvekerakenteissa esiintyy mahdollisesti orastavaa rapautumaa eikä murtotapojen ja uusintavetokoetulosten perusteella voida rajata heikkoja alueita selkeästi rakenneosittain. Kaikkien talojen kohdalla esiintyy parvekerakenteissa heikkoja (alle 1 MPa) vetokoetuloksia. Parvekerakenteiden vetokoetulokset ovat jonkin verran parempia kuin aiemmassa kuntotutkimuksessa saadut tulokset. Erot ovat kuitenkin vähäisiä ja ne voivat johtua betonin laadullisesta vaihtelusta.

Vetolujuuskokeiden näytekohtaiset tulokset on esitetty liitteessä 4.

Mikrorakennetutkimukset

Parvekerakenteiden betonin mikrorakennetta sekä vaurioitumista tutkittiin ohuthietutkimuksella kolmesta näytteestä (RT P1 parvekepieli, RT2 K2 parvekekaide, RT3 L1 parvekelaatta).

Ohuthietutkimuksessa havaittiin seuraavaa:

- Kaikkien näytteiden kohdalla betoni on laadultaan tyydyttävää ja kunnoltaan hyvää
- Näytteissä P1 ja K2 betonin tiivistyminen on hyvää. Näytteen L1 tiivistyminen on arvioitu keskinertaiseksi
- Betonin mikrotekstuuri on pääosin tiivis ja tasainen
- Sideaines on karkearakeista portlandsementtiä. Seosaineena on lentotuhkaa. Näytteessä L1 on seosaineena lisäksi masuunikuonaa. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste melko korkea näytteissä L1 ja P1. Näytteen K2 hydrataatioaste on normaali
- Kivi- ja sideaineksen tartunnat ovat pääosin hyvät ja tiiviit. Paikoin tartunnat ovat kapeiden tartuntasäröjen heikentämät kaikkien näytteiden kohdalla. Lisäksi näytteen K2 kohdalla paikoin huokosten heikentämät
- Betonissa ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa säröilyä
- Betonissa on suojahuokosia runsaasti näytteissä L1 ja K2. Näytteen P1 kohdalla suojahuokosia on melko runsaasti
- Betonin huokostiloissa on ettringiittikiteytymiä näytteiden P1 ja K2 kohdalla
- Paikoin havaittiin kiviainesta myötäileviä suuntautumattomia mikrosäröjä näytteissä L1 ja K2
- Karbonatisoituminen on paikoin epätasaista näytteissä L1 ja P1. Näytteen K2 kohdalla karbonatisoituminen on melko tasaista. Karbonatisoitumissyvyys vaihtelee keskimäärin välillä 20...28 mm
- Parvekepieli ja parvekekaiden näytteiden ulkopinnalla on paksu maalipinnoite. Maali on ulkopinnasta tiivistä ja sisäkerrokseltaan huokoista. Tartunta betoniin on pääosin tiivis ja hyvä

Ohuthietutkimuksen perusteella parvekerakenteiden betoni on laadultaan tyydyttävää, pääosin johtuen epätäydellisestä tiivistymisestä tai varhaisvaiheen säröilystä. Näytteissä on suojahuokosia runsaasti ja näytteiden betonilla on arviolta hyvä pakkasenkestävyys. Näytteiden betonissa ei havaittu viitteitä pakkasrapautumasta.

Ohuthietutkimuksen tulokset on esitetty tarkemmin liitteessä 5.

Suojahuokossuhteen määrittäminen

Parvekerakenteiden betonin suojahuokossuhde määritettiin yhdeksästä (9 kpl) poralierionäytteestä:

Talo 1 - parvekelaatta 1 kpl, parvekekaide 1 kpl

Talo 2 - parvekelaatta 2 kpl, parvekepieli 2 kpl, parvekekaide 1 kpl

Talo 3 - parvekepieli 1 kpl, parvekekaide 1 kpl

Näytteistä määritetyt suojahuokossuhteet eroavat talojen välillä sekä myös talokohtaisesti tarkasteltuna jonkin verran rakenneosittain. Rakenneosittain suojahuokossuhteet vaihtelevat parvekelaattojen kohdalla 0,08...0,19 välillä (keskiarvo 0,12), parvekekaiden kohdalla 0,16...0,24 välillä (keskiarvo 0,19) ja parvekepielten kohdalla 0,5...0,14 välillä (keskiarvo 0,08). Talokohtaisesti tarkasteltuna suojahuokossuhteet vaihtelevat talon 1 kohdalla 0,10...0,16 välillä (keskiarvo 0,13), talon 2 kohdalla 0,05...0,19 välillä (keskiarvo 0,10) ja talon 3 kohdalla 0,14...0,24 välillä (keskiarvo 0,19).

Suojahuokossuhteen vaatimus pakkasenkestävälle betonille on vuodesta 1989 lähtien ollut $\geq 0,20$. Rakentamisajankohtana (1979-1980) betonin säilyvyydestä on ollut olemassa ohjeistus, jonka mukaan betonin suojahuokossuhde tulisi olla vähintään 0,15. Käytännössä kuitenkin jo yli 0,10 suojahuokossuhde antaa jonkin asteista suojaa pakkasrapautumaa vastaan. Suojahuokossuhteen määrittämisen perusteella parvekerakenteista irrotettujen näytteiden betonia ei voida pitää pakkasenkestävänä voimakkaassa kosteusrasituksessa varmuudella minkään talon kohdalla. Tulosten perusteella ainoastaan talon 3 parvekekaiteen betonissa esiintyy jonkin verran pakkasenkestoa.

Suojahuokossuhteen määrittämisen tulokset on esitetty liitteessä 6.

4.5.1 Pinnoitteiden asbestipitoisuus

Parvekerakenteista määritettiin asbestipitoisuus kahdesta näytteestä (parvekekaide talo 1, parvekepieli talo 3) Asbestianalyysin perusteella seuraavien parvekerakenteiden maalipinnoitteet sisältävät asbestia (krysotiili):

Talon 1 parvekekaide maalipinta, julkisivu länteen

Talon 3 parvekepieli maalipinta

Asbestianalyysin tulokset on esitetty liitteessä 8.

5 Tutkimustulokset: muut ulkovaipparakenteet

5.1 Vesikatto ja räystäsrakenteet

Kohteen vesikatto- ja räystäsrakenteet tarkastettiin aistinvaraisesti katteen yläpuolelta. Lisäksi talojen 1 ja 2 yläpohja tarkastettiin vesikaton tarkastusluukkujen kautta, mutta talon 3 yläpohjaan ei ollut pääsyä kenttätutkimuksen aikana. Kattorakenteet on uusittu lähtötietojen perusteella vuonna 2006. Vesikattona toimii loiva harjakatto, joka on varustettu ulkopuolisella vedenpoistolla. Vesikatteena toimii bitumikermi. Katteen alusrakenteena toimii umpilauta (ponttilauta), joka on asennettu kohteella tehtyjen havaintojen perusteella paikalla rakennettujen puurakenteisten kattokannattajien varaan. Vesikate oli havaitulta osin ehjä ja roskaton eikä niiden kunnossa havaittu merkittäviä teknisiä puutteita tai vauriota. Läpiviennit ja limitykset on toteutettu tutkitulta osin tiiviisti eikä merkittäviä teknisiä toimintaa haittaavia puutteita havaittu.



Kuva 31. Talojen vesikatteista ei löytenyt merkittäviä puutteita.

Kattotuulettimien läpivientien yhteydessä esiintyi paikoin bitumikermin leikkauksissa pienimuotoisia vesiuria läpivientien juuren kohdilla mikä on tavanomaista kermikatteen korjaamisen yhteydessä. Vesiuraan jää usein pieniä määriä vettä lumi- tai vesisateen jälkeen, mutta vesiuran syvyys huomioiden sillä ei ole merkittävää haittavaikutusta vesikaton toimintaan, mikäli läpivienti on muuten toteutettu tiiviisti. Kaikkien talojen kohdalla talotikkaissa on turvavaljaiden kiinnityskisko. Kattokulkusiltoja ei ole talojen vesikatoilla.

Yläpohjien merkittävimmät tekniset puutteet ovat pieni eristemäärä (mineraalivilla 120...200mm) sekä yläpohjissa esiintyvät vähäiset epäpuhtaudet/rakennusjätteet. Rakennusjätteissä saattaa olla helposti homehtuvaa tai jyräjöitä houkuttelevaa materiaalia, minkä vuoksi yläpohjista tulisi poistaa kaikki sinne kuulumaton aines.

Yläpohjissa on osittain tuuletusraot rakennusten päädyissä, mutta yläpohjien tuuletuksen toiminnasta ei saatu varmuutta kenttätutkimuksen yhteydessä. Talon 1 vesikatteen umpilaudoituksessa havaittiin yksittäinen vuotojälki kattoantennin läpiviennin kohdalla. Yläpohjien puurakenteissa ei kuitenkaan havaittu laaja-alaisia vaurioita.



Kuva 32. Rakennusjätettä esiintyy yläpohjissa jonkin verran talojen 1 ja 2 kohdalla.



Kuva 33 Vuotojälkiä kattoantennin läpiviennin kohdalla (talo 1).

Rakennuksissa on räystäätön rakenne ja reunapellitysten yhteydessä on pökkaukset, jotka toimivat osaltaan myrskypelteinä. Pökkausten tippanokat ovat kuitenkin lähellä julkisivupintaa ja voivat ohjata pellityksiin tiivistyvän veden osittain julkisivupinnoille.

5.2 Ikkunat

Kohteen ikkunarakenteiden kuntoa on arvioitu aistinvaraisesti kenttätutkimuksen yhteydessä. Ikkunoiden toiminnallisia ominaisuuksia (avattavuus / suljettavuus, äänen- ja lämmöneristävyys, tiiveys yms.) ei tämän tutkimuksen yhteydessä arvioitu.

Ikkunat sekä parvekeovet ja niihin liittyvät detaljit on uusittu lähtötietojen mukaan vuonna 2009. Rakennuksessa on MSE-ikkunamalli ja ikkunat ovat tyypeiltään A- ja B-ikkunoita. Kohteen ikkunat ovat 1+2 ikkunoita (ulkopuitteessa tasolasi, sisäpuitteessa kaksinkertainen eristyslasi), joissa on tuuletusikkuna. Ulkopuitteet ovat alumiiniset. Parvekeovet ovat kaksilehtisiä lasiaukollisia ovia.



Kuva 34 Yleiskuva kohteen huoneistoikkunasta (B-ikkunamalli)

Kaikki Ikkunat ovat havaituilta osin hyvässä kunnossa, eikä merkittäviä teknisiä puutteita tai vaurioita havaittu tutkimuksen yhteydessä. Havaintojen perusteella kohteen ikkunarakenteiden kosteustekniset detaljit on toteutettu melko hyvin. Vesipeltien ulottuma seinärakenteen ulkopuolelle on hyvä ja kallistukset ovat riittäviä sekä peltien pökkaukset on toteutettu hyvin. Pellin ulkoreunan ulottumat seinärakenteen ulkopuolelle ovat havaituilta osin riittäviä. Ikkunakarmin ja seinärakenteen liitoksessa on peltilista ja pellitysten saumoissa on pääosin saumaussmassat.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Seuraavassa on esitetty yhteenveto keskeisimmistä tutkimustuloksista sekä ehdotus korjaustoimenpiteistä. Ennen korjaustöitä on aina suoritettava varsinainen korjaussuunnittelu, jossa määritetään tarkemmin tehtävät korjaukset, käytettävät materiaalit, laatuvaatimukset ja laadunvarmistustoimenpiteet. Esitetyt korjauskustannukset ovat raportointihetkellä määritettyjä verottomia (ALV 0%) kustannuksia. Kustannusarviot pitävät sisällään työvaiheen työ- ja materiaalikustannukset, mutta rakennuttamisen ja työmaanjohton kustannuksia ei ole arviossa mukana. Kuntotutkimusraportissa esitetyt kustannusarvioita tulisi käyttää ainoastaan vertailtaessa eri korjausmenetelmävaihtoehtoja toisiinsa.

6.1 Turvallisuutta heikentävät tekijät

Tutkimusten yhteydessä havaittiin seuraavat käyttäjien turvallisuuteen vaikuttavat puutteet:

- Yksittäinen parvekekaide talon 2 kohdalla. Huoneistoparveke on asetettu käyttökieltoon korjaustoimenpiteisiin saakka
- Talon 3. kellarin sisääntulon yhteydessä portaiden yläpäässä on kaksi harjaterästä paljaana. Harjateräkset ovat osittain irti maasta ja kulkukohdassa on kompastumisriski portaita kuljettaessa. Harjateräkset tulee poistaa turvallisuussyistä vaaran välttämiseksi
- Taloyhtiöalueilla salaojien tarkastuskaivojen muoviset kannet on suositeltavaa lukita ruuveilla, millä estetään lapsia avaamasta kansia ja vältetään mahdolliselta putoamisvaaralta.

6.2 Julkisivut

Aistinvaraisten havaintojen perusteella tutkimuskohteen elementtirakenteiset julkisivut ovat talojen 1 sekä 2 kohdalla heikossa/tyydyttävässä kunnossa. Päätysten umpielementit ovat taloissa 1 ja 2 osittain rapautuneet. Julkisivuelementtien betonin suojaahuokostus on talojen 1 ja 2 kohdalla pääosin puutteellista ja pakkasvaurioiden kehittyminen niiden kohdalla on todennäköistä. Talon 3 julkisivut ovat kiinteistön rakennuksista parhaimmassa kunnossa, eikä niissä esiinny pakkasvaurioita. Talon 3 julkisivuelementtien betonin suojaahuokostus on pääosin hyvä ja sen kohdalla julkisivuelementtien pakkasenkestoa voidaan pitää hyvänä. Tutkimustulokset ja johtopäätökset ovat pääosin yhtenäisiä vuoden 2004 kuntotutkimuksen kanssa. Ainoastaan talon 3 kohdalla ei havaittu pakkasvaurioitumista julkisivuelementtien kohdalla.

Teräskorroosioaurioita esiintyy vain yksittäisiä ja yleisesti korroosioaurioita / halkeamia esiintyy kaikkien rakennusten kohdalla vähäisesti. Suurin osa teräksistä sijaitsee karbonatisoitumattomassa betonissa ja korroosiotilassa olevien raudoitteiden osuus julkisivuelementeissä on laskennallisen analyysien perusteella hyvin pieni. Korroosioaurioiden merkittävä esiintyminen tulevaisuudessa on täten epätodennäköistä, elleivät rakenteiden rasisolosuhteet merkittävästi muutu. Betonipeitepaksuudet teräskorroosiolle ovat pääosin hyviä ja tutkimustulokset ovat yhtenäisiä myös teräskorroosion osalta aiemman tutkimusraportin kanssa. Karbonatisoituminen on edennyt pääosin tavanomaista nopeutta hitaammin eikä niiden aiheuttamaa merkittävää julkisivupintojen vaurioitumista todennäköisesti esiinny myöskään lähitulevaisuudessa.

Julkisivupinnoitteet ovat paikoin voimakkaasti likaantuneet ja niissä esiintyy runsaasti kosteusrasituksen jälkiä hilseilleen maalipinnan muodossa. Sadevesikourut olivat tutkimushetkellä täysin tukossa talojen 1 ja 2 kohdalla ja niiden toiminta tulee tarkastaa ja puutteet huoltaa. Talon 2 pohjoisjulkisivulla on nähtävissä julkisivupinnan voimakasta likaantumista sadevesikourujen puutteellisen toiminnan johdosta. Talojen 1 ja 3 kohdalla lisävaurioiden syntyminen maasta nousevasta kosteudesta on epätodennäköistä perusmuurilevyjen ja salaojituksen vuoksi, mikäli niiden toimintaa ja kuntoa seurataan kiinteistönpidossa säännöllisesti.

Julkisivuelementtien saumat ovat havaintojen perusteella käyttökänsä päässä. Haitta-aine analyysin perusteella saumamassat eivät sisällä PCB:tä tai lyijyä, mutta analyysin perusteella julkisivurakenteiden kaikki maalipinnoitteet sisältävät asbestia.

Julkisivurakenteiden vaurioasteen ja laajuuden sekä tulevan vaurioriskin perusteella julkisivurakenteille suositellaan seuraavia toimenpiteitä:

Julkisivuille suositeltavat vähimmäistason toimenpiteet

- Sokkelin kosteuseristys, talo 2 20 000...25 000 € (kustannusarvio 1 metrin syvyyteen saakka)
 - rakennuksen vierustan aukikaivuu
 - salaojaputket, tarkastuskaivot
 - perusmuurilevy
 - täyttö

Julkisivuille suositeltavat korjaustoimenpiteet

- Säilyttävä korjaaminen talojen 1 ja 2 pitkät julkisivut, talon 3 kaikki julkisivut 110 000...130 000 €
 - julkisivupinnoitteiden painepesu
 - julkisivupinnoitteiden huoltomaalaus (sisältää vähäisiä laastipaikkauksia)

Vanhojen maalipintojen sideaineet tulee määrittää ennen huoltomaalaustyötä. Huoltomaalauksen tekninen käyttöikä on noin 10...15 vuotta.

- Päätyjen umpielementtien uusiminen käyttöiän loputtua, talot 1 ja 2 (110 000...120 000 €):
 - Päätyjen umpielementit on suositeltava käyttää elinkaarensa loppuun, jonka jälkeen ne uusitaan. Julkisivurakenteiden vauriotilanteeseen suositellaan seuranta 2 vuoden välein (kaikki ulkovaipparakenteet). Kuntotutkimuksen uusimista suositellaan 5...10 vuoden kuluttua julkisivujen umpielementeille talojen 1 ja 2 kohdalla tai aiemmin vauriotilanteen muuttuessa merkittävästi. Julkisivu- ja parvekerakenteiden kuntotutkimus on suositeltavaa uusien kaikkien kiinteistön ulkovaipparakenteiden osalta 10 vuoden kuluttua.

Umpielementtien uusimisen ajankohta määräytyy tarkemmin noin 5...10 vuoden kuluttua tehtävän kuntotutkimuksen perusteella. Uusien umpielementtien tekninen käyttöikä on noin 50 vuotta.

Sadevesijärjestelmän huoltokorjaus

- Syöksytorvien ja rännikaivojen liittymäkohdat, kaikki talot (3 000...5 000 €)

- rännikaivot vaihdetaan korkeakauluksisiin malleihin
- syöksytorvet tuodaan minimissään 150 mm etäisyydelle rännikaivon kauluksesta

Muut korjaustoimenpiteet

- Julkisivuelementtien saumamassojen uusiminen
 - talot 1 ja 2 pitkät julkisivut, talo 3 kaikki julkisivut, noin 700...750 m (10 000...11 000 €)

6.3 Parvekkeet

Aistinvaraisten havaintojen perusteella parvekkeiden kunto on kokonaisuutena tyydyttävä ja niiden teknistä käyttöikä on arviolta jäljellä 10...15 vuotta. Talossa 2 yksittäinen parveke on asetettu käyttökieltoon parvekekaiteen pitkälle edenneen rapautumisen vuoksi. Talon 3 kohdalla parveketornien kattolaattojen ulkokulmat ovat rapautuneet. Näkyviä teräskorroosio vaurioita esiintyy kaikkien talojen kohdalla jonkin verran kaiteiden ja parvekepielten kohdalla, mutta vauriot ovat kokonaisuudessaan toistaiseksi vähäisiä. Osa parvekkeista on lasittamattomia ja parveketornien kattolaattojen hallitsematon vedenpoisto on kohottanut parvekekaiteiden kosteusrasitusta paikoin. Parvekelasitusten yhteydessä parveketornien vedenpoistot suositellaan johdettavaksi minimissään loiskekouruille. Parvekerakenteiden vaurioriskiä lisää tulevaisuudessa uusien korroosiovaurioiden syntyminen. Parvekerakenteissa laskennallisesti korroosiotilassa olevien raudotteiden osuudet ovat jo tutkimushetkellä merkittäviä ja tulevat laskennallisen ennusteen perusteella kasvamaan merkittävästi seuraavan 15 vuoden aikana.

Parvekerakenteiden vaurioasteen ja laajuuden sekä tulevan vaurioriskin perusteella parvekerakenteille suositellaan seuraavia toimenpiteitä:

- Parvekkeiden huoltomaalaus, kaikki talot (30 000...35 000 €)
 - huoltomaalauksella saadaan teknistä käyttöikää noin 5...10 vuotta lisää
 - sisältää vähäisiä laastipaikkauksia
- Parvekekaide uusitaan, 1 kpl, talo 2 (2 500€, kustannusarvio kevytrakenteiselle kaiteelle)
 - vanha parvekekaide puretaan (1 kpl)
 - uuden parvekekaiteen asennus (1 kpl)
- Parveketornien kattolaattojen valukorjaukset, talo 3 (1 000€)
 - valukorjauksen tekninen käyttöikä on noin 10...15 vuotta
- Parvekkeiden lasitus, kaikki talot, yht. 22 kpl (25 000...30 000€)
 - kustannusarviossa ei huomioituna olemassa olevia lasituksia
- Parveketornien kattolaattojen vedenpoiston huolto, kaikki talot (4 000 €)

- sadevesikourujen johtaminen syöksytorvilla loiskekouruihin / rännikaivoihin

6.4 Muut ulkovaipparakenteet

Ikkunarakenteet

Havaintojen perusteella ikkunat ovat vielä hyväkuntoisia. Ikkunoiden kosteustekninen detajjikka on toteutettu melko hyvin eikä ikkunarakenteet vaadi nykykuntoisena korjaustoimenpiteitä.

Vesikatto

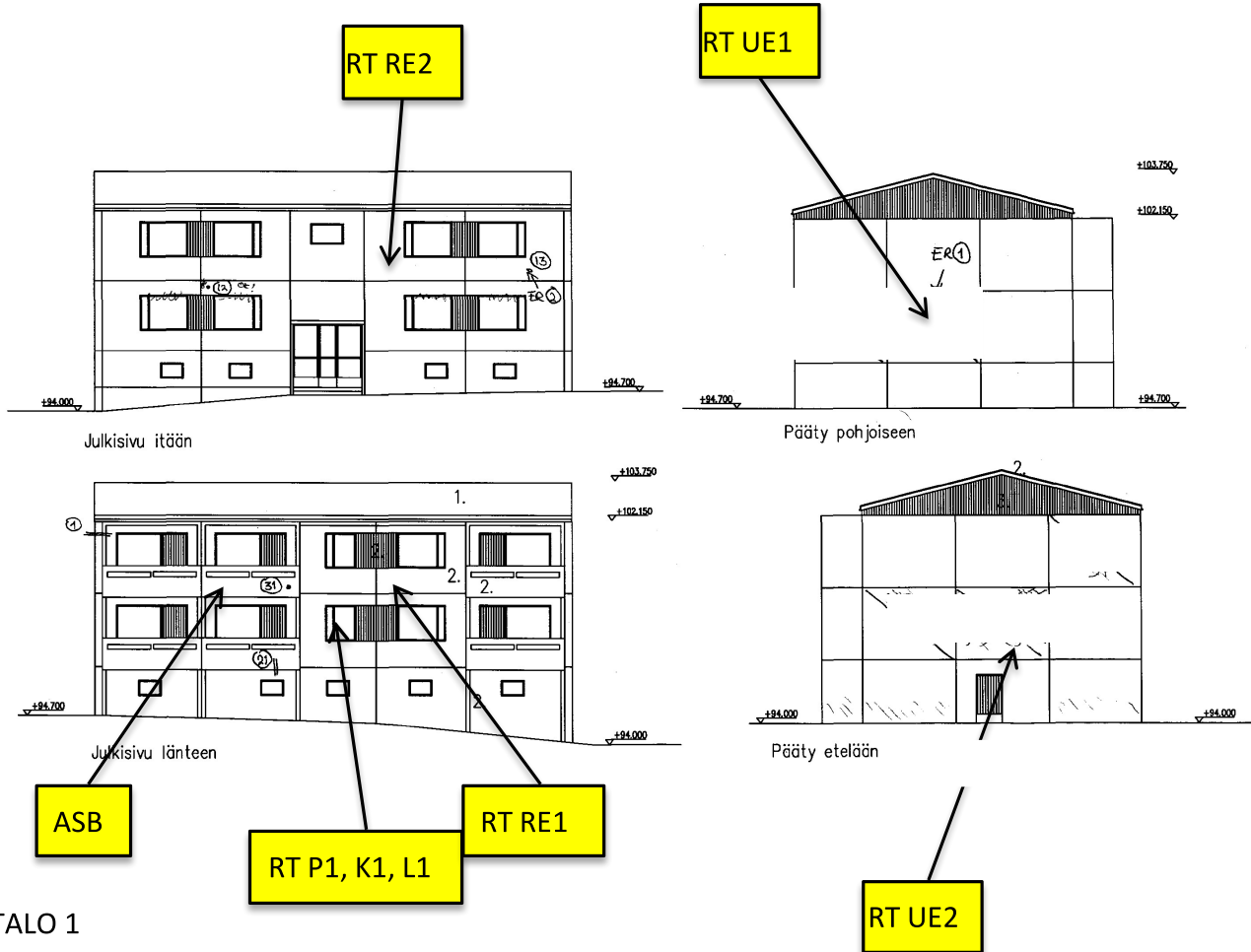
Havaintojen perusteella vesikatteen toimivan bitumikermikatteen kunto on hyvä. Katteessa ei esiinny vaurioita ja vesikatteen käyttöikä on vielä jäljellä arvion mukaan 20...30 vuotta. Vesikaton toiminnassa ei havaittu tutkimuksen yhteydessä merkittäviä puutteita. Kattoläpivientien ja tarkastusluukkujen nurkka-alueet ja harjanpuoleiset sivut aiheuttavat yleensä vesikatteelle kohonnutta kosteusrasitusta kasaantuneen lumen ja pienten vesilammikoiden muodossa, joten niiden säännöllinen tarkastus on suositeltavaa. Yläpohjan alusrakenteiden kunto on havaintojen perusteella hyvä, pois lukien talon 1 kattoantennin läpiviennin alue umpilaudoituksesta. Yläpohjan tuuletuksesta ei saatu varmuutta kenttätutkimuksen yhteydessä, mutta yleisesti viitteitä tuulettumattoman tilan kosteusvaurioista ei yläpohjarakenteissa havaittu. Tarkastushavaintojen perusteella vesikate ei edellytä akuutteja toimenpiteitä lähitulevaisuudessa. Yleisten huoltotoimenpiteiden (mm. katteen puhtaanapito) suorittaminen on kuitenkin erittäin tärkeää rakenteen säilyvyyden ja pitkäikäisyyden kannalta.

Vesikattorakenteet eivät vaadi nykykuntoisen korjaustoimenpiteitä. Talon 1 kattoantennin läpivienti tulee tarkastaa kattourakoitsijan toimesta.

INSINÖÖRITOIMISTO RENOVATEK OY

korjausrakentamisen tutkimus- ja suunnittelupalvelut

LIITE 1 (1/4). PAIKANNUSPIIRUSTUKSET

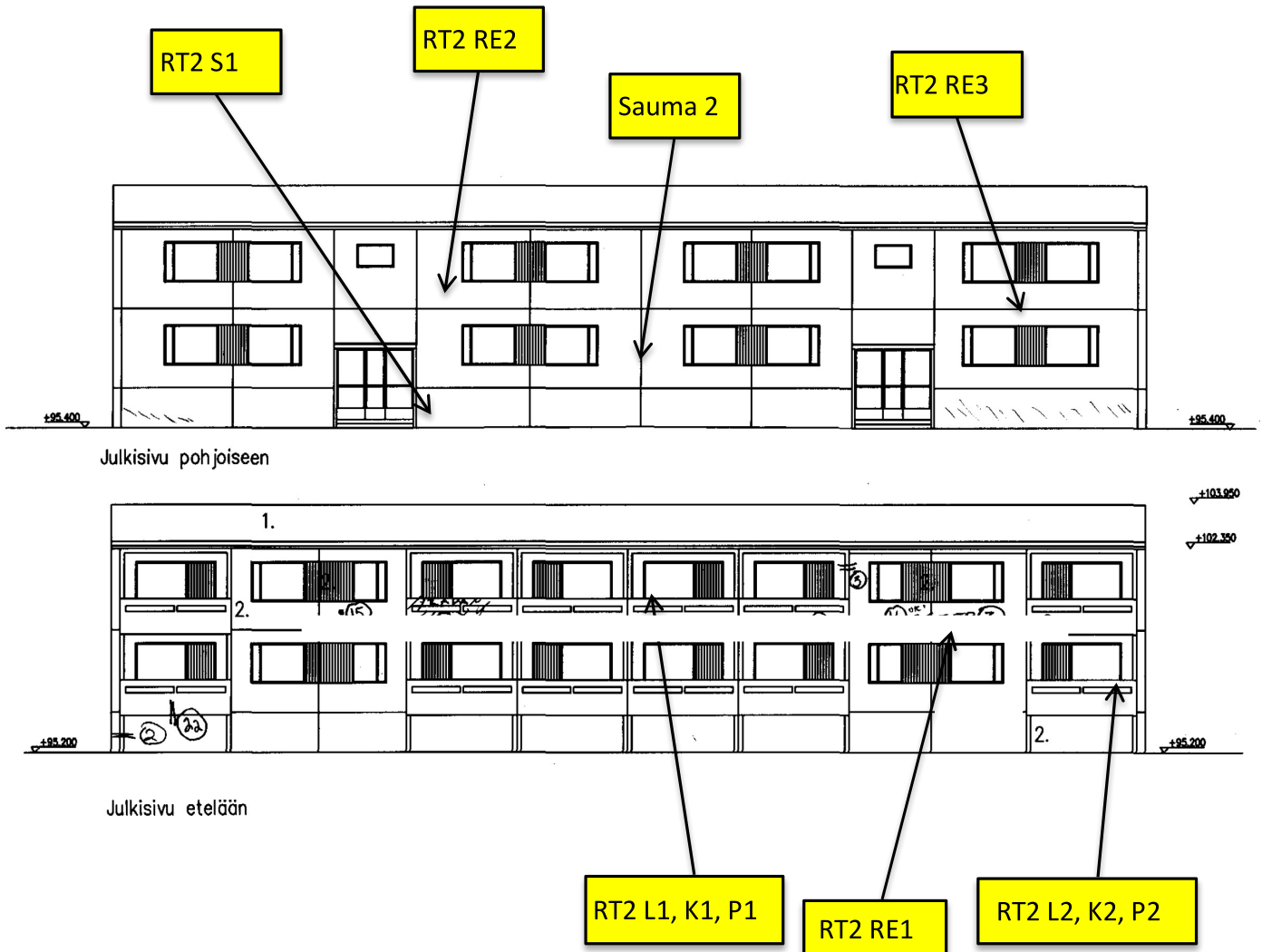


TALO 1

INSINÖÖRITOIMISTO RENOVATEK OY

korjausrakentamisen tutkimus- ja suunnittelupalvelut

LIITE 1 (2/4). PAIKANNUSPIIRUSTUKSET

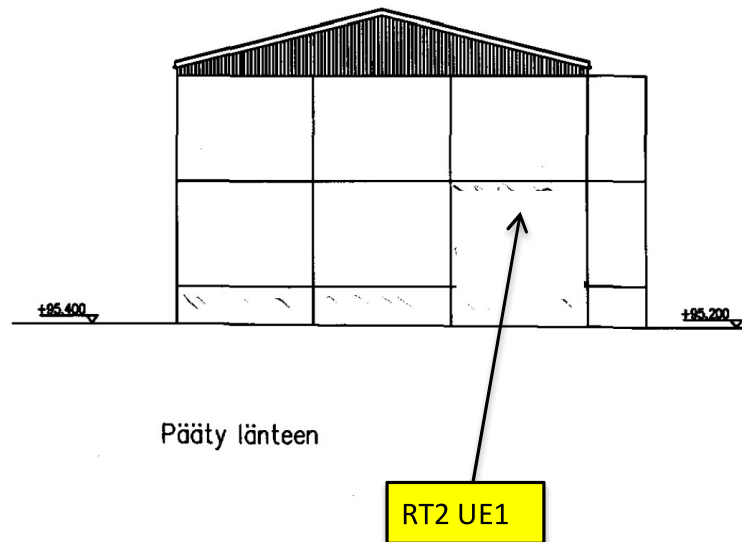
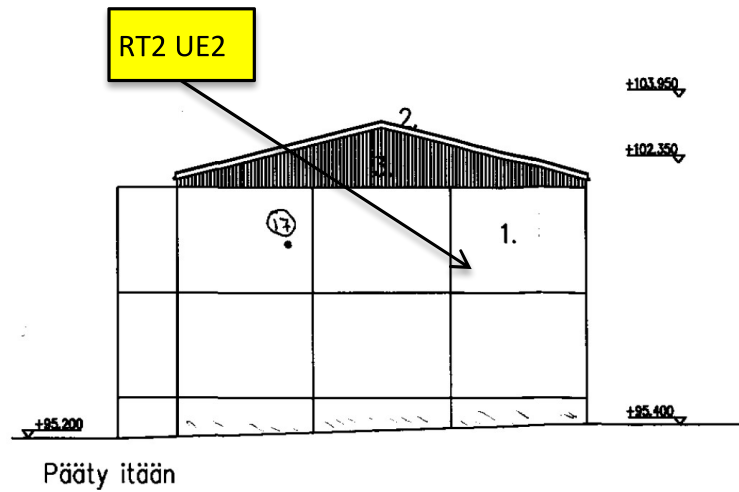


TALO 2, julkisivut pohjoiseen ja etelään

INSINÖÖRITOIMISTO RENOVATEK OY

korjausrakentamisen tutkimus- ja suunnittelupalvelut

LIITE 1 (3/4). PAIKANNUSPIIRUSTUKSET

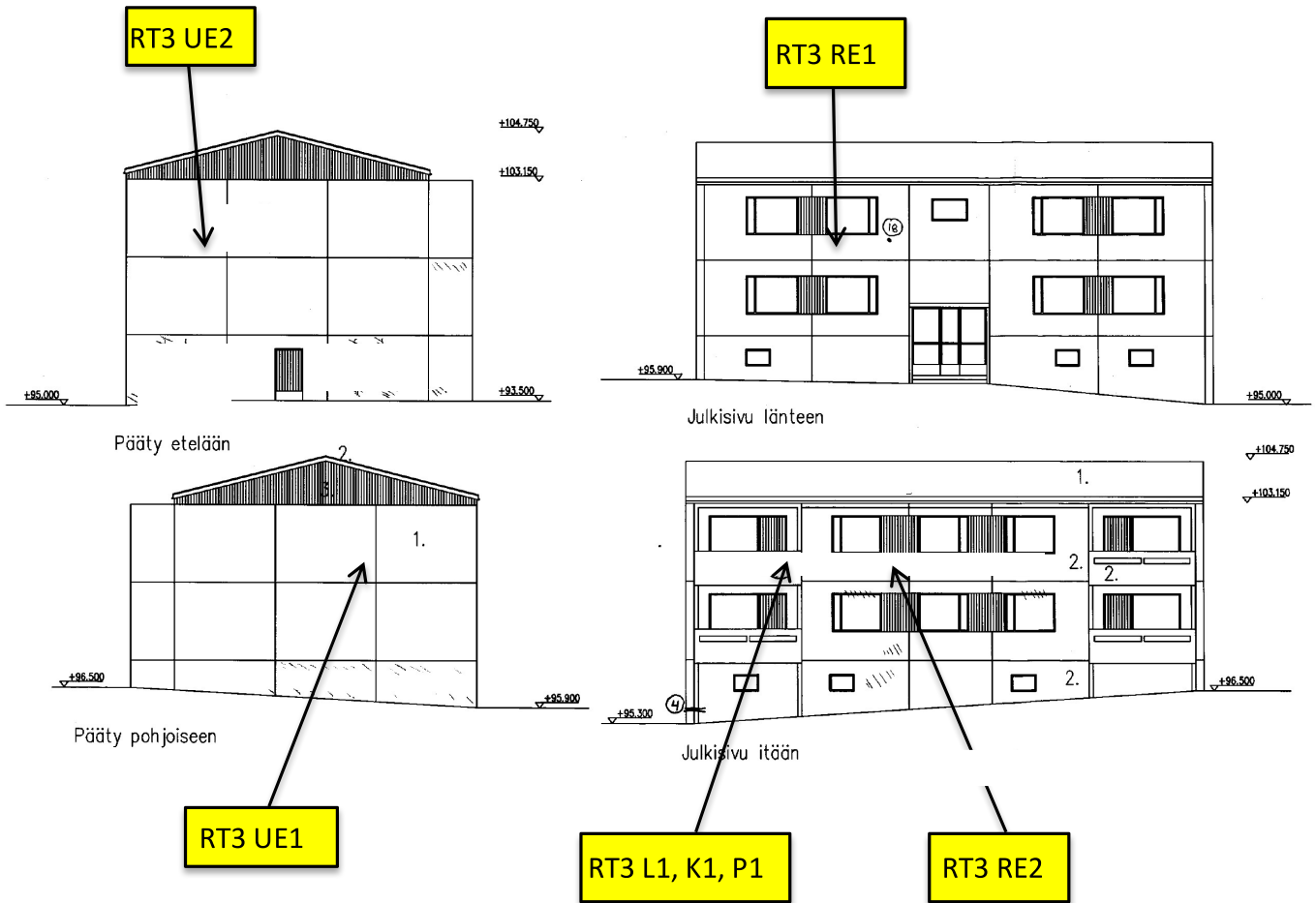


TALO 2, julkisivut itään ja länteen

INSINÖÖRITOIMISTO RENOVATEK OY

korjausrakentamisen tutkimus- ja suunnittelupalvelut

LIITE 1 (4/4). PAIKANNUSPIIRUSTUKSET



TALO 3

INSINÖÖRITOIMISTO RENOVATEK OY

korjausrakentamisen tutkimus- ja suunnittelupalvelut

LIITE 3. BETONINÄYTTEISTÄ TEHDYT HAVAINNOT

tunnus	näytteen pituus	betonin tiivistyminen	betonin runkoaine	max. karb. ulko- / alapinta	ka. karb. ulko- / alapinta	karb. kerroin (keskiarvon mukaan)	max. karb. sisä- / yläpinta	ka. karb. sisä- / yläpinta	karb. kerroin (keskiarvon mukaan)	lämmöniersteen paksaus
RT UE1	66 mm	3	16 mm	20 mm	13 mm	2,14 mm/va	2 mm	1 mm	0,16 mm/va	110 mm
RT UE2	65 mm	3	16 mm	30 mm	16 mm	2,63 mm/va	0 mm	0 mm	0,00 mm/va	-
RT2 UE1	61 mm	3	16 mm	31 mm	24 mm	3,95 mm/va	0 mm	0 mm	0,00 mm/va	-
RT2 UE2	63 mm	3	16 mm	28 mm	23 mm	3,78 mm/va	11 mm	5 mm	0,82 mm/va	105 mm
RT3 UE1	60 mm	3	16 mm	21 mm	18 mm	2,96 mm/va	0 mm	0 mm	0,00 mm/va	105 mm
RT3 UE2	57 mm	3	17 mm	22 mm	16 mm	2,63 mm/va	9 mm	6 mm	0,99 mm/va	120 mm
RT RE1	60 mm	2	16 mm	21 mm	17 mm	2,79 mm/va	0 mm	0 mm	0,00 mm/va	110 mm
RT RE2	72 mm	3	15 mm	25 mm	22 mm	3,62 mm/va	13 mm	8 mm	1,32 mm/va	110 mm
RT2 RE1	76 mm	3	16 mm	21 mm	13 mm	2,14 mm/va	11 mm	7 mm	1,15 mm/va	105 mm
RT2 RE2	62 mm	3	16 mm	16 mm	12 mm	1,97 mm/va	8 mm	2 mm	0,33 mm/va	110 mm
RT2 RE3	66 mm	4	15 mm	14 mm	11 mm	1,81 mm/va	0 mm	0 mm	0,00 mm/va	-
RT3 RE1	69 mm	3	23 mm	18 mm	16 mm	2,63 mm/va	5 mm	2 mm	0,33 mm/va	107 mm
RT3 RE2	56 mm	3	17 mm	15 mm	12 mm	1,97 mm/va	8 mm	5 mm	0,82 mm/va	116 mm
keskiarvot: 64 mm 24 mm 24 mm 18 mm 24 mm 21 mm 3,40 mm/va 25 mm 3 mm 0,46 mm/va 110 mm										

RT2 S1	62 mm	3	15 mm	16 mm	13 mm	2,14 mm/va	0 mm	0 mm	0,00 mm/va	110 mm
RT L1	131 mm	3	32 mm	30 mm	27 mm	4,44 mm/va	18 mm	5 mm	0,82 mm/va	-
RT2 L1	136 mm	4	19 mm	25 mm	19 mm	3,12 mm/va	16 mm	7 mm	1,15 mm/va	-
RT2 L2	140 mm	3	18 mm	24 mm	17 mm	2,79 mm/va	15 mm	6 mm	0,99 mm/va	-
RT3 L1	139 mm	3	20 mm	27 mm	20 mm	3,29 mm/va	19 mm	5 mm	0,82 mm/va	-
keskiarvot: 136 mm 23 mm 23 mm 26 mm 21 mm 3,40 mm/va 25 mm 22 mm 3,67 mm/va										

RT P1	154 mm	3	21 mm	22 mm	18 mm	2,96 mm/va	24 mm	20 mm	3,29 mm/va	-
RT2 P1	180 mm	3	25 mm	26 mm	24 mm	3,95 mm/va	27 mm	24 mm	3,95 mm/va	-
RT2 P2	153 mm	3	17 mm	22 mm	20 mm	3,29 mm/va	25 mm	23 mm	3,78 mm/va	-
RT3 P1	154 mm	4	26 mm	25 mm	19 mm	3,12 mm/va	27 mm	28 mm	4,60 mm/va	-
keskiarvot: 162 mm 21 mm 23 mm 23 mm 21 mm 3,40 mm/va 28 mm 22 mm 3,67 mm/va										

RT K1	84 mm	4	24 mm	40 mm	34 mm	5,59 mm/va	28 mm	25 mm	4,11 mm/va	-
RT2 K1	80 mm	4	19 mm	25 mm	11 mm	1,81 mm/va	24 mm	20 mm	3,29 mm/va	-
RT2 K2	81 mm	3	17 mm	30 mm	23 mm	3,78 mm/va	29 mm	25 mm	4,11 mm/va	-
RT3 K1	81 mm	3	16 mm	36 mm	33 mm	5,43 mm/va	29 mm	25 mm	4,11 mm/va	-
keskiarvot: 82 mm 19 mm 33 mm 25 mm 4,15 mm/va 28 mm 3,90 mm/va										

Muut havainnot näytteistä,

RT UE2	Näytteessä RT UE2 on 2 kpl teräs Ø4mm karbonatsoitumattomassa betonissa 26mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
RT2 UE1	Näytteessä RT2 UE1 on ulkopinnassa kiväinestä myötäilevää halkeliua elementin ulkopinnan suuntaisesti.
RT2 UE1	Näytteessä RT2 UE1 ulkopinnoite osin hilseillyt irti.
RT3 UE1	Näytteessä RT3 UE1 on 1 kpl teräs Ø4 mm karbonatsoitumattomassa betonissa 22mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
RT3 UE2	Näytteessä RT3 UE2 on 1 kpl teräs Ø3 mm karbonatsoitumattomassa betonissa 20mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
RT RE1	Näytteessä RT RE1 on 1 kpl teräksiä Ø 6mm karbonatsoitumattomassa betonissa 15mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
RT RE2	Näytteessä RT RE2 on 1 kpl teräksiä Ø 3mm karbonatsoitumattomassa betonissa 23 mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
RT2 RE1	Näytteessä RT2 RE1 on 1 kpl teräksiä Ø 4mm karbonatsoitumattomassa betonissa 24 mm etäisyydellä näytteen ulkopinnasta.
RT2 RE2	Näytteessä RT2 RE2 on ulkopinnan suuntainen halkema, joka ulottuu noin 14mm syvyyteen ulkopinnasta.
RT2 RE3	Näytteessä RT2 RE3 on 1 kpl teräksiä Ø6mm karbonatsoitumattomassa betonissa 26mm etäisyydellä näytteen ulkopinnasta.
RT3 RE1	Näytteessä RT2 RE3 on 1 kpl teräksiä Ø 3mm karbonatsoitumattomassa betonissa 25mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
RT3 RE2	Näytteessä RT3 RE1 on 1 kpl teräksiä Ø 3mm karbonatsoitumattomassa betonissa 23mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta.
RT2 S1	Näytteessä RT2 S1 on näytteen ulkopinnassa orgaanista kasvuosaa.
RT L1	Näytteessä RT L1 on 1 kpl teräksiä Ø 6mm karbonatsoitumattomassa betonissa 29 mm etäisyydellä näytteen yläpinnasta.
RT2 L1	Näytteessä RT L1 on 1 kpl teräksiä Ø 6mm karbonatsoitumattomassa betonissa 30 mm etäisyydellä näytteen alapinnasta.
RT2 L2	Näytteessä RT2 L1 on 1 kpl teräksiä Ø 6mm osin karbonatsoituneessa betonissa 22mm etäisyydellä näytteen alapinnasta.
RT2 L2	Näytteessä RT2 L2 on 1 kpl teräksiä Ø 5mm karbonatsoituneessa betonissa 16mm etäisyydellä näytteen alapinnasta.
RT3 K1	Näytteessä RT2 L2 on 1 kpl teräksiä Ø 6mm karbonatsoitumattomassa betonissa 42 mm etäisyydellä näytteen yläpinnasta.
RT3 K1	Näytteessä RT2 L2 on 1 kpl teräksiä Ø 6mm karbonatsoitumattomassa betonissa 37 mm etäisyydellä näytteen alapinnasta.
RT3 K1	Näytteessä RT3 K1 on 1 kpl teräksiä Ø 8 mm karbonatsoituneessa betonissa 25mm etäisyydellä näytteen sisäpinnasta. Teräksen pinnassa ruostetta.



BETONINÄYTTEIDEN VETOLUJUUS

Kohde :
Valm. vuosi :Tilaaaja : Jussi Koistinen
Renovatek Oy
pvm : 16.2.2018
Tutkijat : JPKoekappaleen halkaisija
pinta-ala55 mm
2376 mm²

Näytteen tunnus	Rakennetyyppi	Murtovoima [N]	Vetolujuus [MPa]	Murtokohta / murtumistapa
RT2 P1	Pieli	3370.0	1.42	135-150 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murto ison (Ø ~ 31 mm) runkoaineksen kohdalta
RT2 P2	Pieli	2566.0	1.08	95-110 mm / runkoainesta myötäilevä. Murto ison (Ø ~ 25 mm) runkoaineksen kohdalta
RT3 P1	Pieli	2203.0	0.93	75-100 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murto ison (Ø ~ 36 mm) runkoaineksen kohdalta
RT L1	Laatta	1580.0	0.67	60-100 mm / runkoainesta myötäilevä. Murto ison (Ø ~ 30 mm) runkoaineksen kohdalta
RT2 L1	Laatta	2603.0	1.10	110-115 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murtokohdassa 5 & 6 mm teräkset
RT2 L2	Laatta	2105.0	0.89	85-95 mm / runkoainesta myötäilevä. Murto ison (Ø ~ 23 mm) runkoaineksen kohdalta
RT K1	Kaide	2468.0	1.04	45-60 mm / runkoainesta myötäilevä. Murto ison (Ø ~ 25 mm) runkoaineksen kohdalta
RT2 K1	Kaide	2950.0	1.24	45-60 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murto ison (Ø ~ 27 mm) runkoaineksen kohdalta
RT3 K1	Kaide	2293.0	0.97	40-50 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murto ison (Ø ~ 22 mm) runkoaineksen kohdalta. Murtokohdassa 8 mm teräs
RT UE1	Umpelementti	705.0	0.30	40-55 mm / runkoainesta myötäilevä
RT UE2	Umpelementti	1185.0	0.50	25-40 mm / runkoainesta myötäilevä
RT2 UE1	Umpelementti	723.0	0.30	20-40 mm / runkoainesta myötäilevä
RT3 UE1	Umpelementti	4128.0	1.74	20-25 mm / osittain runkoainesta rikkova
RT3 UE2	Umpelementti	2880.0	1.21	15-30 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murto ison (Ø ~ 29 mm) runkoaineksen kohdalta. Murtokohdassa 5 mm teräs
RT RE1	Ruutuelementti	3683.0	1.55	25-40 mm / runkoainesta myötäilevä. Murto ison (Ø ~ 29 mm) runkoaineksen kohdalta. Murtokohdassa 2 mm teräs
RT2 RE1	Ruutuelementti	3218.0	1.35	35-45 mm / runkoainesta myötäilevä
RT2 RE2	Ruutuelementti	1056.0	0.44	45-55 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murto ison (Ø ~ 21 mm) runkoaineksen kohdalta
RT2 RE3	Ruutuelementti	4145.0	1.74	20-40 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murtokohdassa 4 & 6 mm teräkset
RT3 RE1	Ruutuelementti	3126.0	1.32	30-40 mm / runkoainesta myötäilevä. Murtokohdassa 4 mm teräs
RT3 RE2	Ruutuelementti	5086.0	2.14	20-35 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murto ison (Ø ~ 27 mm) runkoaineksen kohdalta
RT2 P1 (uusinta)	Pieli	3875.0	1.63	35-45 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murto ison (Ø ~ 28 mm) runkoaineksen kohdalta

RT2 P2 (uusinta)	Pieli	2671.0	1.12	30-40 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murto ison ($\varnothing \sim 29$ mm) runkoaineuksen kohdalta
RT3 P1 (uusinta)	Pieli	2356.0	0.99	90-110 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murto ison ($\varnothing \sim 33$ mm) runkoaineuksen kohdalta
RT L1 (uusinta)	Laatta	2360.0	0.99	10-25 mm / runkoainesta myötäilevä. Murto ison ($\varnothing \sim 32$ mm) runkoaineuksen kohdalta
RT2 L1 (uusinta)	Laatta	2511.0	1.06	85-95 mm / runkoainesta myötäilevä. Murto ison ($\varnothing \sim 26$ mm) runkoaineuksen kohdalta
RT2 L2 (uusinta)	Laatta	2360.0	0.99	55-60 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murto ison ($\varnothing \sim 31$ mm) runkoaineuksen kohdalta
RT K1 (uusinta)	Kaide	3098.0	1.30	20-45 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murto ison ($\varnothing \sim 27$ mm) runkoaineuksen kohdalta
RT2 K1 (uusinta)	Kaide	2156.0	0.91	30-40 mm / osittain runkoainesta rikkova
RT3 K1 (uusinta)	Kaide	2955.0	1.24	15-20 mm / runkoainesta myötäilevä. Murto ison ($\varnothing \sim 25$ mm) runkoaineuksen kohdalta
RT UE1 (uusinta)	Umpielementti	903.0	0.38	30-35 mm / osittain runkoainesta rikkova
RT UE2 (uusinta)	Umpielementti	1160.0	0.49	40-50 mm / osittain runkoainesta rikkova
RT2 UE1 (uusinta)	Umpielementti	926.0	0.39	35-50 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murto ison ($\varnothing \sim 20$ mm) runkoaineuksen kohdalta
RT3 UE2 (uusinta)	Umpielementti	3408.0	1.43	25-40 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murto ison ($\varnothing \sim 24$ mm) runkoaineuksen kohdalta. Murtokohdassa 3 mm teräs
RT2 RE1 (uusinta)	Ruutuelementti	2568.0	1.08	15-25 mm / osittain runkoainesta rikkova. Murtokohdassa 4 mm teräs
RT2 RE2 (uusinta)	Ruutuelementti	1365.0	0.57	35-45 mm / runkoainesta myötäilevä. Murto ison ($\varnothing \sim 20$ mm) runkoaineuksen kohdalta
RT3 RE1 (uusinta)	Ruutuelementti	3140.0	1.32	20-25 mm / runkoainesta myötäilevä

WSP Finland Oy
 Laboratoriopalvelut
 Heikkiläntie 7
 00210 HELSINKI
 Puh.0207 864 11



Renovatek Oy
 Jussi Koistinen
 jussi.koistinen@renovatek.fi



Analyysi:		
OHUTHIEANALYYSI		
Kohde:	Saapumispäivämäärä:	Raportointipäivämäärä:
	27.12.2017	07.02.2018
Näytetunnukset:	Näyttemateriaali:	Laboratorion työnumero:
RT RE2, RT2 S1, RT2 UE2, RT2 K2, RT P1 ja RT3 L1	betoni	18688

Tutkimukset

Näytteet on tutkinut Elina Lehtonen, WSP Finland Oy. Tutkimuksen tarkoitus on todeta näyttemateriaalien laatu ja kunto. Tutkimus suoritettiin seitsemästä poralieriöstä. Näytteet on otettu 19.10.2017 (Jussi Koistinen, Renovatek Oy).

Näytteiden yleispiirteiden tarkastelu suoritettiin ensin Olympus SZ30 -stereomikroskoopilla, minkä jälkeen ohuthieet tutkittiin Olympus BX60 -polarisaatiomikroskoopilla. Tutkimusta varten näytteistä valmistettiin ohuthieet (paksuus 0,020–0,025 mm), ohuthienäytteet valmisti Riku Inkiläinen, WSP Finland Oy. Ohuthieet on valmistettu asiakkaan pyynnön mukaisesti. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Raportin osittainen kopiointi ilman lupaa on kielletty.

Ohuthieanalyysi on akkreditoitu menetelmä. Analyysi tehdään soveltaen standardia ASTM C856-17.

Analyysihavainnot

Näytteistä tehdyt analyysihavainnot on dokumentoitu seuraavilla sivuilla: 2–7 julkisivuelementit ja 8–13 parvekerakenteet.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poralieriö, julkisivuelementti	Työnumero	18688
Näytetunnus	RT RE2	Mitat	Ø 55 mm, pituus 71 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi–maksimi/keskimäärin)

Ulkopinta	14–20/16 mm	Sisäpinta	0–14/0 mm*
-----------	-------------	-----------	------------

Materiaali Betoni

Kiviaines Pääosin kulmikkaita tai hieman/osin pyöristyneitä granitoidi/gneissikappaleita sekä hienorakeisia ja tumman harmaita kiviainekappaleita. Lisäksi max. 28 mm syvyydelle sisäpinnasta havaittiin paikoin alue, jossa hienon kiviaineksen määrä on vähäinen ja karkea kiviaines koostuu pääosin kulmikkaista kalkkikivikappaleista. Raekoko Ø < 12 mm.

Sideaines Vaalean harmaata, tiivistä ja sileää.

Tiivistyminen Hyvä-keskinkertainen. Alue, jonka kiviaines koostuu pääosin kalkkikivimurskeesta, on vähemmän huokoisempaa muuhun betoniin verrattuna. Huokokset Ø < 3 mm.

Säröt/vauriot Sisäpinnalla on pinnansuuntaista säröilyä ainakin 10 mm syvyydelle sisäpinnasta. Näyteliöön yleistarkastelun perusteella säröilyä esiintyy kalkkivirikkaalla, vähemmän huokoisella alueella.

Pinnat

Ulkopinta Rusehtava maali.

Sisäpinta Pääosin sementtiliima, paikoin paljastunut betoni/kiviaines.

Teräkset 25 mm sisäpinnasta Ø 4 mm.

Muita huomioita *Sisäpinnalla karbonatisoituminen on edennyt epätasaisesti pääosin kiviainekappaleiden pinnoilla sekä mahdollisten pinnan suuntaisten säröjen reunoilla. Sisäpinta on kuitenkin pääosin karbonatisoitumatonta.

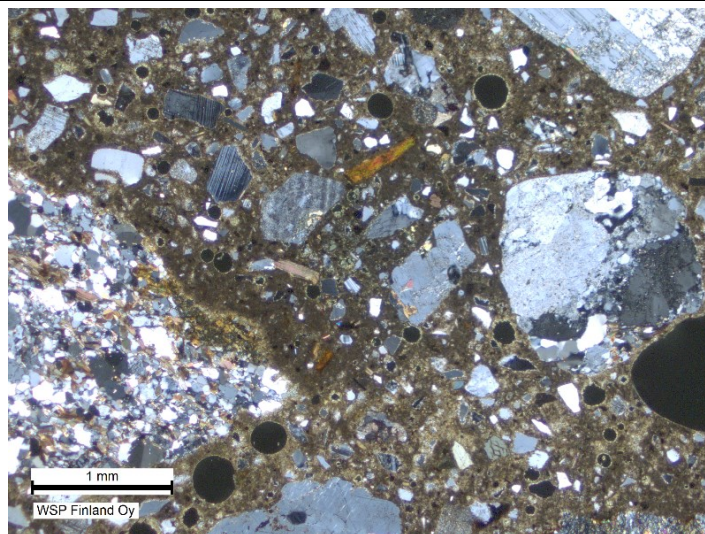
Näyte on porattu läpi rakenteen. Sisäpinnalla on alue, joka eroaa kiviaineksen ja huokostuksen suhteen muusta betonista. Eri koostumusta olevien betonialueiden tartunta toisiinsa on pääosin tiivis.



Kuva 1. Näyte RT RE2. Ulkopinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Poraliერიö	Näyte	RT RE2	Työnumero	18688
Ohuthie	ERT1	Ohuthieen koko	45 x 28 mm	Tutkimuskohta	Ulkopinta
Karkea kiviaines	Kulmikkaita tai hieman pyörityneitä granitoidi- ja gneissi/liuskekappaleita. Maasälvät ovat paikoin huokoisia. Yksittäiset kappaleet ovat hieman huokoisia.				
Hieno kiviaines	Pääosin kulmikkaita granitoidi-, gneissi/liuske- ja monimineraalikkappaleita sekä mineraalirakeita. Paikoin maasälvät ovat muuttuneita.				
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä. Seosaineena on lentotuhkaa (arviolta 40–50 %). Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste melko korkea. Mikrotekstuuri on tiivis ja tasainen. Ulkopinnalla sideaines on liennut yksittäisessä kohtaa max. 1 mm syvyydelle.				
Kalsiumhydroksidi	Hieno-keskirakeisia, paikoin kiviaineksen pinnalle kasautuneita kiteytymiä.				
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin n. 19 mm, maksimissaan 21 mm syvyydelle ulkopinnasta. Karbonatisoituminen on paikoin epätasaista ja epätäydellistä.				
Kivi- ja sideaineksen tartunnat	Pääosin hyvät ja tiiviit, paikoin kapeiden, osin kalsiumhydroksiditäyteisten, tartuntasäröjen tai yksittäisten huokosten heikentämät.				
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02–0,8 mm) on runsaasti. Tiivistyshuokosia ($\varnothing < 1,1$ mm) on vähän-kohtalaisesti, ne ovat muodoltaan pääosin hieman epäsäännöllisiä, osin pyörityneitä. Lisäksi yksittäisiä pieniä, epäsäännöllisen ja osin repaleisen muotoisia huokosia.				
Säröt, pinta	Merkittävää säröilyä ei havaittu.				
Säröt, sisäosa	Yksittäisiä suuntautumattomia mikrosäröjä, jotka pääosin myötäilevät kiviainesta.				
Kiteytymät	Vähän ettringiitti- ja kalsiumhydroksidikiteytymiä huokosissa.				
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.				
Muita huomioita	Ulkopinnalla on tasopolaroituna tumma, 0,05–1,3 mm paksu maalipinnoite. Maali on huokoista ja siinä on täyteaineena kulmikkaita, hienorakeisia kiviainekappaleita (arviolta pääosin kalsiittia) sekä kuitumaisia kappaleita. Maalin tartunta betoniin on pääosin tiivis ja hyvä.				



Kuva 2. Näyte RT RE2, karbonatisoituminen on paikoin epätäydellistä. Kuva on otettu ristipolaroidussa valossa.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poraliieriö, julkisivuelementti, maantaso	Työnumero	18688
Näytetunnus	RT2 S1	Mitat	Ø 55 mm, pituus 62 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi–maksimi/keskimäärin)

Ulkopinta	10–14/13 mm	Sisäpinta	0 mm
-----------	-------------	-----------	------

Materiaali Betoni

Kiviaines	Pyöristyneitä, hieman pyöristyneitä ja kulmikkaita granitoidi/gneissikappaleita sekä tumman harmaita, hienorakeisia kiviaineskappaleita. Raekoko Ø < 13 mm.
Sideaines	Vaalean harmaata, tiivistä ja sileää.
Tiivistyminen	Hyvä-keskinkertainen. Huokoset Ø < 3 mm.
Säröt/vauriot	Yksittäiset kivi- ja sideainestartunnat ovat heikentyneet huokosten vuoksi.

Pinnat

Ulkopinta	Rusehtava pinnoite, jossa vihreää, mahdollisesti jäkälää tai muuta kasvustoa.
Sisäpinta	Sementtiliima.

Teräks Ei havaittu.

Muita huomioita Näyte on porattu läpi rakenteen.



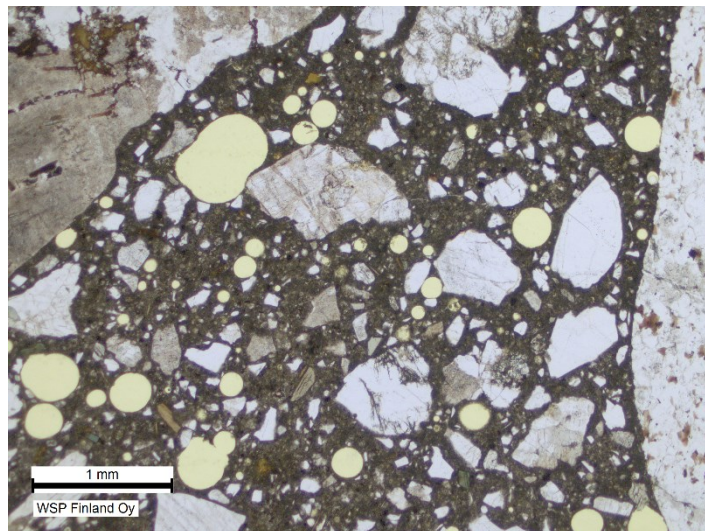
Kuva 3. Näyte RT2 S1. Ulkopinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Poralieriö	Näyte	RT2 S1	Työnumero	18688
Ohuthie	ERT2	Ohuthieen koko	45 x 28 mm	Tutkimuskohta	Ulkopinta

Karkea kiviaines	Hieman pyörityneitä tai pyörityneitä granitoidi- ja gneissi/liuskekappaleita. Maasälvät ovat paikoin muuttuneita.
Hieno kiviaines	Pääosin kulmikkaita granitoidi-, gneissi/liuske-, kvartsiitti- ja monimineraalikappaleita sekä mineraalirakeita. Paikoin maasälvät ovat muuttuneita.
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä. Seosaineena on lentotuhkaa (arviolta 40–50 %) ja vähän kalkkikivifillieriä. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste melko korkea. Mikrotekstuuri on tiivis ja melko tasainen.
Kalsiumhydroksidi	Hieno-keskirakeisia, melko tasaisesti jakautuneita kiteytyymiä.
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin n. 11,5 mm, maksimissaan 12,5 mm syvyydelle ulkopinnasta. Karbonatisoituminen on paikoin epätäydellistä.
Kivi- ja sideaineksen tartunnat	Pääosin hyvät ja tiiviit, yksittäin huokosten heikentämät.
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02–0,8 mm) on runsaasti, niiden muoto on pääosin pallomainen, paikoin hieman häiriintynyt. Tiivistyshuokosia (\varnothing < 1,2 mm) on kohtalaisesti, ne ovat muodoltaan pääosin melko säännöllisiä, osin pyörityneitä. Lisäksi ulkopinnan lähellä on paikoin pieniä, epäsäännöllisen muotoisia huokosia max. 0,5 mm syvyydelle ulkopinnasta.
Säröt, pinta	Merkittävää säröilyä ei havaittu.
Säröt, sisäosa	Vähän suuntautumattomia mikrosäröjä, jotka pääosin myötäilevät kiviainesta.
Kiteytymät	Ettringiittikiteytyymiä huokosissa. Pienet huokokset ovat paikoin umpeutuneet kiteytymistä.
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.
Muita huomioita	Ulkopinnalla on tasopolaroituna tumma, 0,03–0,35 mm paksu maalipinnoite. Maali on huokoista ja siinä on täyteaineena kulmikkaita, hienorakeisia kiviainekappaleita (arviolta pääosin kalsiittia) sekä kuitumaisia kappaleita. Maalin tartunta betoniin on pääosin tiivis ja hyvä.

Yksittäisiä pieniä puun tai muun kasvisolukon kappaleita havaittiin.



Kuva 4. Näyte RT2 S1, huokosia on runsaasti, ne ovat muodoltaan pääosin pyörityneitä tai lähes pallomaisia.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poralieriö, julkisivuelementti	Työnumero	18688
Näytetunnus	RT2 UE2	Mitat	Ø 55 mm, pituus 63 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi–maksimi/keskimäärin)

Ulkopinta	20–28/25 mm	Sisäpinta	3–8/6 mm
-----------	-------------	-----------	----------

Materiaali Betoni

Kiviaines Pääosin kulmikkaita tai hieman/osin pyöristyneitä granitoidi/gneissikappaleita. Harvalukuisempia muita kiviaineskappaleita. Raekoko Ø < 14 mm.

Sideaines Vaalean harmaata, tiivistä ja sileää.

Tiivistyminen Hyvä. Huokoset Ø < 4 mm.

Säröt/vauriot Yksittäiset kivi- ja sideaineksen tartunnat ovat osin auki huokosten vuoksi.

Pinnat

Ulkopinta Rusehtavan oranssi pinnoite.

Sisäpinta Sementtiliima.

Teräkset Ei havaittu.

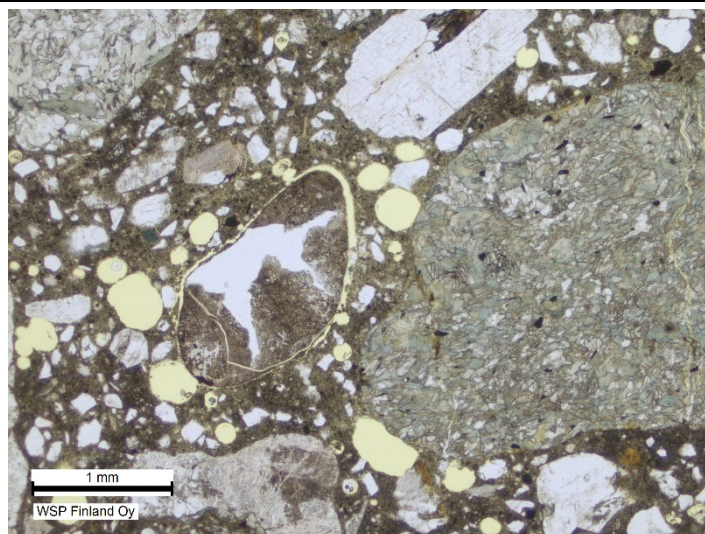
Muita huomioita Näyte on porattu läpi rakenteen.



Kuva 5. Näyte RT2 UE2. Ulkopinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Poralieriö	Näyte	RT2 UE2	Työnumero	18688
Ohuthie	ERT3	Ohuthieen koko	45 x 28 mm	Tutkimuskohta	Ulkopinta
Karkea kiviaines		Pääosin hieman pyöristyneitä tai pyöristyneitä granitoidikappaleita. Yksittäinen kvartsirikas, sisäisesti säröillyt kiviaineskappale. Maasälvät ovat paikoin muuttuneita.			
Hieno kiviaines		Pääosin kulmikkaita, harvalukuisempia pyöristyneitä tai hieman pyöristyneitä, granitoidi-, amfiboliitti-, gneissi/liuske- ja monimineraalikkappaleita sekä mineraalirakeita. Maasälvät ovat paikoin muuttuneita. Gneissi/liuskekappaleet ovat paikoin hieman hiertyneen näköisiä. Yksittäisten kiviaineskappaleiden ympärillä on särö ja kappaleet ovat sisäisesti säröilleitä.			
Sideaines		Karkearakeista portlandsementtiä. Seosaineena on lentotuuhkaa (arviolta 30–40 %). Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste melko korkea. Mikrotekstuuri on tiivis ja tasainen. Karbonatisoitumisvyöhykkeen edessä on n. 1 mm kalsiumhydroksidista köyhtynyt vyöhyke.			
Kalsiumhydroksidi		Hieno-keskirakeisia, paikoin kiviaineksen pinnalle kasautuneita kiteytymiä.			
Karbonatisoituminen		Ohuthieessä keskimäärin n. 22,5 mm, maksimissaan 27 mm syvyydelle ulkopinnasta. Karbonatisoituminen on paikoin ”läikikkäästi” epätäydellistä.			
Kivi- ja sideaineksen tartunnat		Pääosin hyvät ja tiiviit, paikoin kapeiden tartuntasäröjen tai huokosten heikentämät.			
Huokokset		Suojahuokosia (\varnothing 0,02–0,8 mm) on runsaasti. Tiivistyshuokosia (\varnothing < 1,4 mm) on kohtalaisesti, ne ovat muodoltaan pääosin melko säännöllisiä, osin pyöristyneitä. Lisäksi ulkopinnan lähellä on paikoin pieniä, epäsäännöllisen muotoisia huokosia max. 0,9 mm syvyydelle ulkopinnasta.			
Säröt, pinta		Merkittävää säröilyä ei havaittu, mutta epäsäännöllisen muotoiset huokokset avautuvat paikoin pinnalle.			
Säröt, sisäosa		Vähän suuntautumattomia, kiviainesta myötäileviä mikrosäröjä.			
Kiteytymät		Ettringiittikiteytymiä huokosissa, huokokset ovat paikoin umpeutuneet kiteytymistä.			
AKR (silikageeli)		Ei havaittu.			
Muita huomioita		Ulkopinnalla on tasopolaroituna tumma, 0,1–0,85 mm paksu maalipinnoite. Maali on huokoista ja siinä on täyteaineena kulmikkaita, hienorakeisia kiviaineskappaleita (arviolta pääosin kalsiittia) sekä kuitumaisia kappaleita. Maalin tartunta betoniin on pääosin tiivis ja hyvä.			



Kuva 6. Näyte RT2 UE2, yksittäisten kiviaineskappaleiden ympärillä on kappaletta ympäröivä särö ja sisäistä säröilyä.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poraliieriö, parvekekaide	Työnumero	18688
Näytetunnus	RT2 K2	Mitat	Ø 55 mm, pituus 81 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi–maksimi/keskimäärin)

Ulkopinta	22–28/25 mm	Sisäpinta	20–25/24 mm
-----------	-------------	-----------	-------------

Materiaali Betoni

Kiviaines	Pääosin pyöristyneitä tai hieman pyöristyneitä granitoidi-, gneissi- ja liuske/amfiboliittikappaleita. Raekoko Ø < 16 mm.		
Sideaines	Vaalean harmaata, tiivistä ja sileää.		
Tiivistyminen	Hyvä. Huokoset Ø < 4 mm.		
Säröt/vauriot	Yksittäiset kivi- ja sideaineksen tartunnat ovat osin auki huokosten vuoksi.		

Pinnat

Ulkopinta	Rusehtavan oranssi pinnoite rypyläisellä pinnalla.
Sisäpinta	Rusehtavan oranssi pinnoite tasaisella pinnalla.

Teräks Ei havaittu.

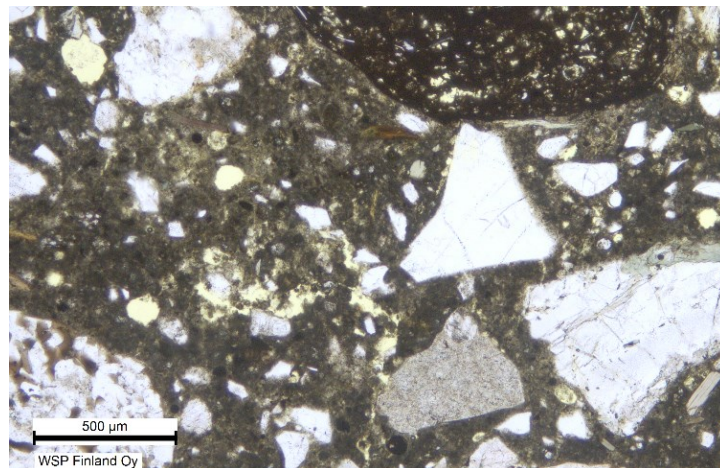
Muita huomioita Näyte on porattu läpi rakenteen.



Kuva 7. Näyte RT2 K2. Ulkopinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Poralieriö	Näyte	RT2 K2	Työnumero	18688
Ohuthie	ERT4	Ohuthieen koko	45 x 28 mm	Tutkimuskohta	Ulkopinta
Karkea kiviaines		Pyöristyneitä tai hieman pyöristyneitä granitoidi/gneissi- ja liuskekappaleita. Maasälvät ovat paikoin muuttuneita. Yksittäiset kappaleet ovat hieman huokoisia.			
Hieno kiviaines		Pääosin kulmikkaita granitoidi/gneissi-, liuske- ja monimineraalikappaleita sekä mineraalirakeita. Paikoin maasälvät ovat muuttuneita.			
Sideaines		Karkearakeista portlandsementtiä. Seosaineena on lentotuhkaa (arviolta 40–50 %). Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste normaali. Mikrotekstuuri on tiivis ja tasainen.			
Kalsiumhydroksidi		Hieno-keskirakeisia, melko tasaisesti levittäytyneitä kiteytyymiä.			
Karbonatisoituminen		Karbonatisoituminen ulottuu ohuthieessä melko tasaisesti 28 mm syvyydelle ulkopinnasta. Karbonatisoituminen on paikoin epätäydellistä lähes koko karbonatisoitumisrintaman alueella.			
Kivi- ja sideaineksen tartunnat		Pääosin hyvät ja tiiviit, paikoin kapeiden tartuntasäröjen tai huokosten heikentämät.			
Huokokset		Suojahuokosia (\varnothing 0,02–0,8 mm) on runsaasti, ne ovat pääosin muodoltaan pallomaisia, paikoin niiden muoto on hieman häiriintynyt. Tiivistyshuokosia (\varnothing < 2,5 mm) on vähän, ne ovat muodoltaan pääosin hieman epäsäännöllisiä, osin pyöristyneitä. Lisäksi ulkopinnan lähellä on paikoin pieniä ja pitkänmuotoisia, epäsäännöllisen muotoisia, osin repaleisia huokosia etenkin max. 1,5 mm syvyydelle ulkopinnasta, yksittäin myös betonin sisäosissa.			
Säröt, pinta		Yksittäisiä pinnan vastaisia säröjä (leveys < 0,015), jotka kiviainesta myötäillen jatkuvat max. 1,4 mm syvyydelle ulkopinnasta. Säröjen piirteet ovat paikoin epäsäännölliset ja plastiset. Lisäksi paikoin epäsäännöllisen muotoiset huokokset avautuvat ulkopinnalle.			
Säröt, sisäosa		Paikoin suuntautumattomia mikrosäröjä, jotka pääosin myötäilevät kiviainesta.			
Kiteytymät		Ettringiittikiteymiä huokosissa, yksittäiset pienet huokokset ovat umpeutuneet kiteytymistä.			
AKR (silikageeli)		Ei havaittu.			
Muita huomioita		Ulkopinnalla on tasopolaroituna tumman ruskea, 0,13–0,8 mm paksu, kaksikerroksinen maalipinnoite. Ulkokerros on tiivis. Sisäkerros on huokoista ja siinä on täyteaineena kulmikkaita, hienorakeisia kiviaineskappaleita (arviolta pääosin kalsiittia) sekä kuitumaisia kappaleita. Maalin tartunta betoniin on pääosin tiivis ja hyvä, maali työntyy yksittäisiin betonin pintahuokosiin.			



Kuva 8. Näyte RT2 K2, betonin epäsäännöllistä huokoisuutta ja osin näkyvä pinnoitekerros.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poralieriö, parvekepieli	Työnumero	18688
Näytetunnus	RT P1	Mitat	Ø 55 mm, pituus 153 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi–maksimi/keskimäärin)

Ulkopinta	12–23/18 mm	Sisäpinta	14–19/17 mm
-----------	-------------	-----------	-------------

Materiaali Betoni

Kiviaines	Hieman/osin pyöristyneitä tai pyöristyneitä granitoidi/gneissikappaleita sekä tumman harmaita, paikoin vihertäviä, hienorakeisia kiviaineskappaleita. Yksittäisten tumman harmaiden kiviaineskappaleiden ympärillä on rusehtava (hapettunut?) kehä. Raekoko Ø < 16 mm.
Sideaines	Vaalean harmaata, tiivistä ja sileää.
Tiivistyminen	Hyvä. Huokoset Ø < 4 mm.
Säröt/vauriot	Pinnan vastainen särö ulkopinnalla. Särö ulottuu ainakin 22 mm syvyydelle ulkopinnasta.

Pinnat

Ulkopinta	Rypyläinen, vaalean rusehtava pinnoite.
Sisäpinta	Hieman rypyläinen, vaalean rusehtava pinnoite.

Teräket Ei havaittu.

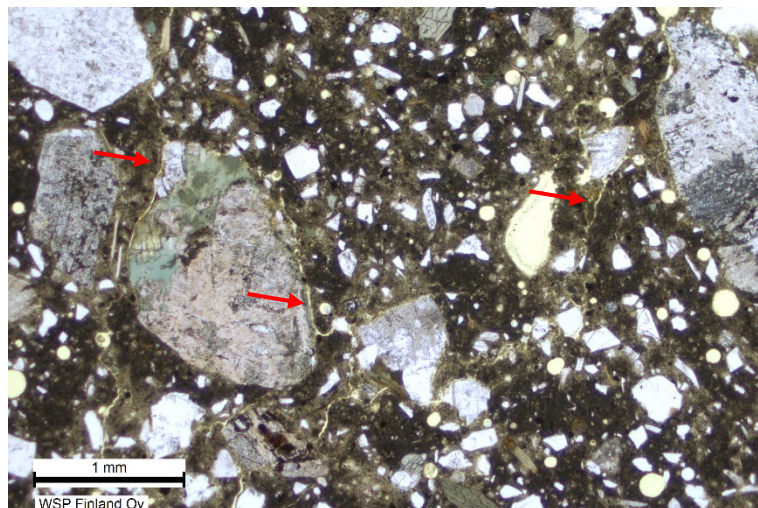
Muita huomioita Näyte on porattu läpi rakenteen.



Kuva 9. Näyte RT P1. Ulkopinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Poralieriö	Näyte	RT P1	Työnumero	18688
Ohuthie	ERT5	Ohuthieen koko	45 x 28 mm	Tutkimuskohta	Ulkopinta
Karkea kiviaines		Hieman pyöristyneitä granitoidi/gneissi- ja liuskekappaleita. Maasälvät ovat paikoin muuttuneita.			
Hieno kiviaines		Vaihtelevan muotoisia granitoidi/gneissi-, liuske-, kvartsiitti- ja monimineraalikappaleita sekä mineraalirakeita. Maasälvät ovat paikoin muuttuneita/hapettuneita. Kvartsiittikappaleet ovat paikoin hieman hiertyneen näköisiä.			
Sideaines		Karkearakeista portlandsementtiä. Seosaineena on lentotuuhkaa (arviolta 40–50 %). Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste melko korkea.			
Kalsiumhydroksidi		Hieno-keskirakeisia, paikoin kiviaineksen pinnalle kasautuneita kiteytymiä.			
Karbonatisoituminen		Ohuthieessä keskimäärin n. 20 mm, maksimissaan 23 mm syvyydelle ulkopinnasta. Karbonatisoituminen on paikoin epätasaista ja paikoin ”läikikkäästi” epätäydellistä.			
Kivi- ja sideaineksen tartunnat		Pääosin hyvät ja tiiviit, paikoin kapeiden tartuntasäröjen heikentämät.			
Huokokset		Suojahuokosia (\varnothing 0,02–0,8 mm) on melko runsaasti. Tiivistyshuokosia (\varnothing < 2,3 mm) on vähän, ne ovat muodoltaan melko säännöllisiä, osin pyöristyneitä.			
Säröt, pinta		Yksittäisiä pinnan vastaisia säröjä (leveys < 0,05 mm), jotka jatkuvat osin epäjatkuvin ohuthieen läpi. Säröily pääosin myötäilee kiviainesta, leikkaa yksittäisiä hienon kiviaineksen kappaleita. Säröily on paikoin haarautuvaa ja säröjen leveys vaihtelee paikoin.			
Säröt, sisäosa		Merkittävää säröilyä ei havaittu.			
Kiteytymät		Vähän ettringiittikiteytymiä huokosissa.			
AKR (silikageeli)		Ei havaittu.			
Muita huomioita		Ulkopinnalla on tasopolaroituna tumma, 0,4–0,65 mm paksu, kaksikerroksinen maalipinnoite. Ulkokerros on tiivis ja se sisältää täyteaineena harvalukuisia, hienorakeisia, kulmikkaita mineraalirakeita sekä kuitumaisia kappaleita. Sisäkerros on huokoista ja siinä on täyteaineena kulmikkaita, hienorakeisia kiviainekappaleita (arviolta pääosin kalsiittia) sekä kuitumaisia kappaleita. Maalin tartunta betoniin on pääosin tiivis ja hyvä, maali työntyy yksittäisiin betonin pintahuokosiin.			



Kuva 10. Näyte RT P1, betonissa on vähäistä, pääosin pinnan vastaista säröilyä (nuolet).

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poralieriö, parvekelaatta	Työnumero	18688
Näytetunnus	RT3 L1	Mitat	Ø 55 mm, pituus 138 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi–maksimi/keskimäärin)

Alapinta	19–25/23 mm	Yläpinta	2–18/4 mm
----------	-------------	----------	-----------

Materiaali Betoni

Kiviaines Vaihtelevan muotoisia granitoidi/gneissikappaleita sekä tumman harmaita, paikoin vihertäviä, hienorakeisia kiviaineskappaleita. Raekoko Ø < 19 mm.

Sideaines Vaalean harmaata, tiivistä ja sileää.

Tiivistyminen Keskinkertainen. Huokokset < 4 x 9 mm, pääosin Ø < 4 mm.

Säröt/vauriot Kivi- ja sideainestartunnat ovat paikoin osin auki huokosten vuoksi.

Pinnat

Alapinta Harmaa, pinnoittamaton betoni, jossa on kohtalaisesti pieniä pintahuokosia.

Yläpinta Harmaan vihertävä pinnoite, jossa tummia koristetäpliä.

Teräkset Ei havaittu.

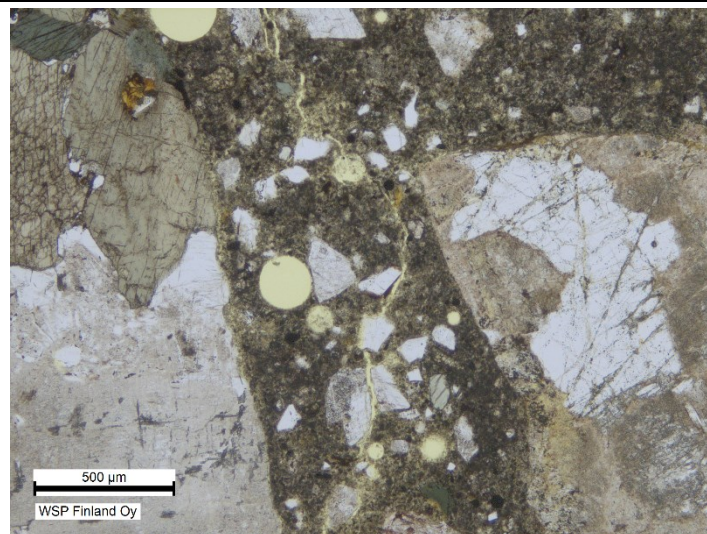
Muita huomioita Näyte on porattu läpi rakenteen.



Kuva 11. Näyte RT3 L1. Alapinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Poralieriö	Näyte	RT3 L1	Työnumero	18688
Ohuthie	ERT6	Ohuthieen koko	45 x 28 mm	Tutkimuskohta	Alapinta
Karkea kiviaines	Pääosin pyörityneitä tai hieman pyörityneitä granitoidi/gneissi- ja liuskekappaleita. Yksittäinen metamorfinen monimineraalikappale. Maasälvät ovat paikoin muuttuneita.				
Hieno kiviaines	Vaihtelevan muotoisia granitoidi/gneissi-, liuske-, kvartsiitti- ja monimineraalikappaleita sekä mineraalirakeita. Maasälvät ovat paikoin muuttuneita.				
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä. Seosaineena on lentotuhkaa (arviolta 40–50 %) ja masuunikuonaa. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste melko korkea. Mikrotekstuuri on pääosin tiivis ja tasainen.				
Kalsiumhydroksidi	Hieno-keskirakeisia, paikoin kiviaineksen pinnalle kasautuneita kiteytymiä.				
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin n. 23 mm, maksimissaan 25,5 mm syvyydelle alapinnasta. Karbonatisoituminen on paikoin epätasaista ja epätäydellistä.				
Kivi- ja sideaineksen tartunnat	Pääosin hyvät ja tiiviit, paikoin kapeiden tartuntasäröjen heikentämät.				
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02–0,8 mm) on runsaasti. Tiivistyshuokosia (\varnothing < 1,9 mm) on kohtalaisesti, ne ovat pääosin muodoltaan melko säännöllisiä ja pyörityneitä, paikoin lähes pallomaisia.				
Säröt, pinta	Yksittäisiä pinnan vastaisia säröjä (leveys < 0,02 mm), jotka pääosin kiviainesta myötäillen jatkuvat osin epäjatkuvasti max. 24 mm syvyydelle ulkopinnasta. Lisäksi yksittäisiä pinnan suuntaisia, pääosin kiviainesta myötäileviä mikrosäröjä, jotka kulkevat max. 0,2 mm syvyydellä ulkopinnasta. Säröt aukeavat paikoin ulkopinnalle. Pinnan suuntaista säröilyä esiintyy epäjatkuvasti poikki ohuthieen.				
Säröt, sisäosa	Paikoin suuntautumattomia mikrosäröjä, jotka pääosin myötäilevät kiviainesta.				
Kiteytymät	Merkittäviä sekundaarisia kiteytymiä ei havaittu.				
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.				
Muita huomioita	-				



Kuva 12. Näyte RT3 L1, betonin vähäistä säröilyä.

Tulokset

Poraliierönäytteet ovat julkisivuelementti- ja parvekerakenteista. Betoni on eri rakenteissa olevissa näytteissä pääosin samankaltaista ja tuloksia käsitellään seuraavaksi yhdessä. Mahdollisia eroja käsitellään tekstin yhteydessä.

Taulukko 1. Tulosityhteenvedo. Näyttemateriaalin laatua ja kuntoa on kuvattu arviolla hyvä, tyydyttävä, välttävä tai heikko. Karbonatisoitumisesta on annettu ohuthieestä varmistettu tulos. Pakkaskestävyyttä on arvioitu huokosrakenteen perusteella vertaamalla tunnettuun näytteeseen, jonka huokosjako on 0,31. Rapautuneisuutta on kuvattu arviolla ei rapautumaa, orastavaa, vähäistä, kohtalaista tai voimakasta. Kaikkien arvioiden perustana on käytetty ohuthieanalyysistä saatuja tuloksia.

Näyte	Rakenneosa/ pinta	Laatu	Kunto	Karbonati- soituminen [ka]	Pakkaskesto/ huokostäytteet	Rapautuneisuus
RT RE2	Julkisivu- elementti/ Ulkopinta	Tyydyttävä	Hyvä	19 mm	On/Vähän haitallisia kiteytymiä (ettringiitti)	Ei rapautumaa
RT2 S1	Julkisivu- elementti, maantas/ Ulkopinta	Tyydyttävä	Tyydyttävä	11,5 mm	Ei/Paikoin umpeutuneet (ettringiitti)	Ei rapautumaa
RT2 UE2	Julkisivu- elementti/ Ulkopinta	Tyydyttävä	Tyydyttävä	22,5 mm	Ei/Paikoin umpeutuneet (ettringiitti)	Ei rapautumaa
RT2 K2	Parvekekaide/ Ulkopinta	Tyydyttävä	Hyvä	28 mm	On/Yksittäin umpeutuneet (ettringiitti)	Ei rapautumaa
RT P1	Parvekepieli/ Ulkopinta	Tyydyttävä	Hyvä	20 mm	On/Vähän haitallisia kiteytymiä (ettringiitti)	Ei rapautumaa
RT3 L1	Parvekelaatta/ Alapinta	Tyydyttävä	Hyvä	23 mm	On/Ei haitallisia kiteytymiä	Ei rapautumaa

Betonin laatu on tyydyttävä, pääosin johtuen epätäydellisestä tiivistymisestä tai varhaisvaiheen säröilystä. Näytteet ovat keskimäärin hyväkuntoisia, mutta paikoin sekundaarisilla kiteytymillä umpeutuneet huokokset alentavat betonin kuntoa.

Betonin kiviaines on pääosin granitoideista, liuskeista ja gneisseistä koostuvaa soraa ja soramursketta. Kiviaines on pääosin laadultaan normaalia, ehjää ja rapautumatonta. Näytteessä RT2 UE2 havaittiin yksittäisiä säröilleitä kiviaineskappaleita, joiden ympärillä on särö. Muuta alkali-kiviainesreaktion viittaavaa (mm. säröily tai silikageeli) ei havaittu ja mikäli kappaleet ovat autonomisesti reagoineita kiviaineskappaleita, ei reaktion jatkuminen arviolta vaikuta todennäköiseltä. Kivi- ja sideaineksen tartunnat ovat pääosin tiiviit, paikoin tartuntasäröjen tai huokosten heikentämät.

Sideaines on karkearakeista portlandsementtiä. Seosaineena on lentotuhkaa (arviolta 30–50%). Lisäksi näytteessä RT2 S1 havaittiin vähän filleriraekoon kalsiittikappaleita, sekä näytteessä RT3 L1 lentotuhkan lisäksi masuuni kuonaa. Muilta osin betonin koostumus vaikuttaa samankaltaiselta. Mikrotekstuuri on pääosin tasalaatuista. Karbonatisoituminen on keskimäärin syvälle edennyt.

Betonissa on runsaasti suojahuokosia. Näytteitä RT2 S1 ja RT2 UE2 lukuun ottamatta betonilla on arviolta huokosrakenteen perusteella hyvät pakkaskestävyyssominaisuudet. Näytteissä RT2 S1 ja RT2 UE2 suojahuokokset ovat paikoin umpeutuneet ettringiittikiteytymillä ja kosteusrasitus on näissä näytteissä ollut arviolta merkittävä. Umpeutuneet suojahuokokset voivat vaikuttaa betonin pakkaskestävyyteen heikentävästi. Pakkasrapautumiseen viittaavaa säröilyä tai muita muutoksia ei havaittu.

Näytteissä havaittu säröily on arviolta varhaisvaiheessa kuivumiskutistumisen vuoksi syntynyttä, eikä arviolta merkittävästi vaikuta betonin lujuteen. Paikoin havaitut pienet, epäsäännöllisen muotoiset huokokset ovat arviolta syntyneet vedenerottumisen vuoksi.

Näytteiden pinnoilla on paikoin hieman vaihteleva, koostumukseltaan arviolta orgaaninen maalipinnoite. Maalipinnoitteissa havaittiin paikoin kuitumaisia kappaleita, joiden kohdalla asbestin mahdollisuutta ei voitu poissulkea ohuthieanalyysissä. Pinnoitteiden tartunnat betoniin ovat pääosin tiiviit.

Analyysin merkittävimmät havainnot ja johtopäätökset:

- Näytteissä havaittiin paikoin hieman laatu puutteita.
- Näytteet ovat pääosin rapautumattomia ja hyväkuntoisia, kuntoa alentaa paikoin sekundäärisillä kiteytymillä umpeutuneet huokokset.
- Näytteiden pinnoilla on arviolta koostumukseltaan orgaaninen maalipinnoite.

WSP Finland Oy



tekijä:
Elina Lehtonen
petrografi, FT
elina.lehtonen@wsp.com



tarkastaja:
Jenny Karjalainen
yksikön päällikkö, FM



SUOJAHUOKOSSUHTEN MÄÄRITYS BETONINÄYTTEISTÄ

Kohde :

Valm. vuosi :

Tilaaaja : Renovatek Oy
Jussi Koistinen

pvm : 16.2.2018

Tutkijat : JP

Näytteen tunnus	rakennetyyppi	kuiva- paino [g]	tyhjö- paino [g]	kapill- paino [g]	tyhjökyllästys- pitoisuus [p-%]	kapillaari- kyllästys- pitoisuus [p-%]	suojahuokos- suhde, Pr [-]
RT2 P1	Pieli	1012.08	1069.78	1066.53	5.7	5.4	0.06
RT2 P2	Pieli	787.07	842.72	840.04	7.1	6.7	0.05
RT3 P1	Pieli	800.05	869.99	859.95	8.7	7.5	0.14
RT L1	Laatta	729.14	776.60	771.71	6.5	5.8	0.10
RT2 L1	Laatta	658.83	758.71	750.81	15.2	14.0	0.08
RT2 L2	Laatta	740.08	800.45	789.21	8.2	6.6	0.19
RT K1	Kaide	414.61	438.93	434.99	5.9	4.9	0.16
RT2 K1	Kaide	426.37	458.98	453.51	7.6	6.4	0.17
RT3 K1	Kaide	402.96	430.63	423.95	6.9	5.2	0.24
RT UE1	Umpielementti	344.14	368.14	366.78	7.0	6.6	0.06
RT UE2	Umpielementti	306.08	327.11	325.27	6.9	6.3	0.09
RT2 UE1	Umpielementti	319.74	342.16	341.12	7.0	6.7	0.05
RT3 UE1	Umpielementti	300.96	323.64	316.96	7.5	5.3	0.29
RT3 UE2	Umpielementti	294.08	315.57	310.08	7.3	5.4	0.26
RT RE1	Ruutuelementti	313.88	336.43	330.52	7.2	5.3	0.26
RT2 RE1	Ruutuelementti	405.62	432.14	428.42	6.5	5.6	0.14
RT2 RE2	Ruutuelementti	268.14	286.17	285.16	6.7	6.3	0.06
RT2 RE3	Ruutuelementti	356.63	375.59	374.40	5.3	5.0	0.06
RT3 RE1	Ruutuelementti	311.32	335.33	329.71	7.7	5.9	0.23
RT3 RE2	Ruutuelementti	290.87	312.14	308.63	7.3	6.1	0.17

**SUOJAHUOKOSSUHTEN MÄÄRITYS BETONINÄYTTEISTÄ****Kohde :****Valm. vuosi :****Tilaaaja : Renovatek Oy****Jussi Koistinen****pvm : 16.2.2018****Tutkijat : JP**

Näytteen tunnus	rakennetyyppi	kuiva- paino [g]	tyhjö- paino [g]	kapill.- paino [g]	tyhjökyllästys- pitoisuus [p-%]	kapillaari- kyllästys- pitoisuus [p-%]	suojahuokos- suhde, Pr [-]
RT2 P1	Pieli	1012.08	1069.78	1066.53	5.7	5.4	0.06
RT2 P2	Pieli	787.07	842.72	840.04	7.1	6.7	0.05
RT3 P1	Pieli	800.05	869.99	859.95	8.7	7.5	0.14
RT L1	Laatta	729.14	776.60	771.71	6.5	5.8	0.10
RT2 L1	Laatta	658.83	758.71	750.81	15.2	14.0	0.08
RT2 L2	Laatta	740.08	800.45	789.21	8.2	6.6	0.19
RT K1	Kaide	414.61	438.93	434.99	5.9	4.9	0.16
RT2 K1	Kaide	426.37	458.98	453.51	7.6	6.4	0.17
RT3 K1	Kaide	402.96	430.63	423.95	6.9	5.2	0.24
RT UE1	Umpielementti	344.14	368.14	366.78	7.0	6.6	0.06
RT UE2	Umpielementti	306.08	327.11	325.27	6.9	6.3	0.09
RT2 UE1	Umpielementti	319.74	342.16	341.12	7.0	6.7	0.05
RT3 UE1	Umpielementti	300.96	323.64	316.96	7.5	5.3	0.29
RT3 UE2	Umpielementti	294.08	315.57	310.08	7.3	5.4	0.26
RT RE1	Ruutuelementti	313.88	336.43	330.52	7.2	5.3	0.26
RT2 RE1	Ruutuelementti	405.62	432.14	428.42	6.5	5.6	0.14
RT2 RE2	Ruutuelementti	268.14	286.17	285.16	6.7	6.3	0.06
RT2 RE3	Ruutuelementti	356.63	375.59	374.40	5.3	5.0	0.06
RT3 RE1	Ruutuelementti	311.32	335.33	329.71	7.7	5.9	0.23
RT3 RE2	Ruutuelementti	290.87	312.14	308.63	7.3	6.1	0.17

WSP Finland Oy
 Laboratoriopalvelut
 Kiviharjunlenkki 1 D
 90220 OULU
 Puh. 0207 864 11

07.02.2018

Renovatek Oy
 Jussi Koistinen
 jussi.koistinen@renovatek.fi

PCB- JA LYIJYANALYYSI

Kohde

Näytteenottopäivä 19.10.2017 (JuK)

Menetelmät Tilaajan toimittamien materiaalinäytteiden PCB-analyysit on tehty GC-MS-menetelmällä. Menetelmä on sovellettu standardista SFS-ISO 10382. Näytteiden lyijypitoisuudet on määritetty XRF-tekniikalla. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä.

Tulokset

Näyte nro	Materiaali / ottopaikka	PCB-pitoisuus* [mg/kg]	Lyijypitoisuus** [mg/kg]
Talo 2 sauma 1	Saumanäyte	< 3,5	< 100
Talo 2 sauma 2	Saumanäyte	< 3,5	< 100
RT3 sauma	Saumanäyte, eteläpääty	< 3,5	< 100

* Polyklooratut bifenyylit (PCB) kongeneerien 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180 kokonaismäärä. Menetelmän mittaepävarmuus (95 % luotettavuustasolla) keskimäärin ± 16 %. Tulokset on ilmoitettu 2 merkitsevän numeron tarkkuudella.

** Suositus saumausmassan vaarallisen purkujätteen Pb-pitoisuudelle on 1500 mg/kg (Rakennustieto Oy, Ratu 82-0382: PCB:tä tai lyijyä sisältävien saumausmassojen purku). Maaperän haitallisten aineiden pitoisuuksien ylempi ohjearvo lyijylle on 750 mg/kg (Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007).

WSP FINLAND OY



Karri Kouri
 Kemisti, FM
 karri.kouri@wsp.com

WSP Finland Oy
 Laboratoriopalvelut

Heikkiläntie 7
 00210 HELSINKI
 Puhelin 0207 864 11

Kiviharjunlenkki 1 D
 90220 OULU
 Puhelin 0207 864 11

Y-tunnus 0875416-5
 www.wspgroup.fi



18688/ASB/18

TUTKIMUSRAPORTTI

1 (1)

WSP Finland Oy
Laboratoriopalvelut
Kiviharjunlenkki 1 D
90220 OULU
Puhelin 0207 864 11

07.02.2018



Renovatek Oy
Jussi Koistinen
jussi.koistinen@renovatek.fi

ASBESTIANALYYSI

Kohde

Näytteenottopäivä 19.10.2017 (Juk)

Analyysimenetelmä Tilaajan toimittamat näytteet on analysoitu valomikroskoopilla (merkintä VM) tai elektronimikroskoopilla (merkintä EM). Materiaalinäytteiden asbestianalyysi on akkreditoitu menetelmä. Analyysi tehdään soveltaen standardia ISO 22262-1. Näytteenotosta vastaa tilaaja. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä.

Tulokset

Näyte nro	Ottopaikka / materiaali	Menetelmä	Asbestipitoisuus/-tyyppi
Talo 1 ASB	Maalipinta	EM	Sisältää asbestia, krysotiili.
Talo 2 ASB RE	Maalipinta, re smyygi	EM	Sisältää asbestia, krysotiili.
Talo 3 ASB smyygi	Maalipinta, smyygi	EM	Sisältää asbestia, krysotiili.
Talo 2 sokkeli ASB	Maalipinta, sokkeli	EM	Sisältää asbestia, krysotiili.
Talo 3 ASB pieli	Maalipinta, pieli	EM	Sisältää asbestia, krysotiili.
Talo 1 RT UE2	Umpielementti, maalipinta	EM	Sisältää asbestia, krysotiili.

WSP FINLAND OY

Piia Manninen
tutkija, FM
piia.manninen@wsp.com

WSP Finland Oy
Laboratoriopalvelut

Heikkiläntie 7
00210 HELSINKI
Puhelin 0207 864 11

Kiviharjunlenkki 1 D
90220 OULU
Puhelin 0207 864 11

Y-tunnus 0875416-5
www.wspgroup.fi