

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Kiinteistön hoito, korjaus ja restaurointi

2012

Lauri Marjanen

BETONIJULKISIVUN KORJAUSTARPEEN ARVIOINTI



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka | Kiinteistön hoito, korjaus ja restaurointi

2012 | Sivumäärä 60

Maarit Järvinen, Rauli Lautkankare

Lauri Marjanen

BETONIJULKISIVUN KORJAUSTARPEEN ARVIOINTI

Tämän opinnäytetyön on tilannut Runosmäen Lämpö Oy yhdessä As. oy Majoitusmestarin hallituksen kanssa. Työn tarkoituksena oli tehdä betonijulkisivun korjaustarpeen arviointi vuonna 1975 valmistuneelle kerrostalolle. Tarkoitus oli selvittää julkisivun tämänhetkinen kunto ja arvioida vaurioiden etenemisnopeus. Tutkimuksen perusteella oli myös tarkoitus ohjeistaa taloyhtiötä jatkon kannalta. Kyseessä oli taloyhtiö, jossa on 4 keskenään samanlaista taloa. Talot ovat 3-kerroksisia pesubetonipintaisia sandwich-elementtitaloja. Taustatutkimuksena työtä varten käytiin ensin läpi 1970-luvulla käytettyjä työtekniikoita ja niihin liittyviä virheitä. Lisäksi perehdyttiin julkisivun vaurioihin ja kuntotutkimuksen menetelmiin.

Kenttätyöt suoritettiin 30.03.2012. Silmämääräinen tarkastelu suoritettiin kiertämällä talot maan tasalla. Näytteiden otto seinästä ja parvekkeista suoritettiin nostokorista käsin. Tutkimustulosten perusteella on laadittu kuntotutkimusraportti, jossa esitetään talojen tämänhetkinen kunto ja suositukset jatkoa varten.

Näytteitä otettiin yhteensä 9 kappaletta, joista 2 lähetettiin ohuthietutkimuksiin, ja loput 7 tutkittiin koulun laboratoriossa. Näytteenottoaika pyrittiin valitsemaan niin, että ainakin ankarimmin rasitetut rakenteet olisivat edustettuna tutkimuksessa. Tutkimustulosten perusteella selvisi, että rakenteet ovat jo pitkälle rapautuneita, mutta välitöntä vaaraa niistä ei aiheudu. Korjaustoimenpiteisiin on kuitenkin ryhdyttävä viimeistään 5 vuoden kuluessa.

ASIASANAT:

Kuntotutkimus, betonirakenteet, julkisivut, korrosio, rapautuminen

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Real Estate Management and Restoration

2012 | Total number of pages 60

Maarit Järvinen, Rauli Lautkankare

Lauri Marjanen

REPAIR NEEDS ASSESSMENT OF CONCRETE FAÇADE

This thesis was commissioned by Runosmäen Lämpö Oy together with the board of management of the housing company. The aim of this thesis was to perform a condition analysis of the concrete façades of a block of flats build in 1975. The aim was to determine the condition of the façade, and to estimate the velocity of the damage in the future. The aim was also to instruct the housing company about future maintenance. The housing company comprised 4 similar buildings. The buildings had 3 floors, and the façades were made of sandwich panels, with an exposed-aggregate finish. As background research for the thesis, some of the working methods and problems related to the techniques used in the 1970s were studied. In addition, information about damage in concrete façades and the procedure of building condition analysis is provided.

The fieldwork was completed on 30 March, 2012. A visual examination was made from the ground level and samples were drilled from a hoisting cage. Based on to the building condition analysis, a condition report was compiled. It includes the current condition of the buildings, and some recommendations for the future.

A total of nine samples were taken. Two of them were sent to a thin section analysis and the rest were analyzed in the school laboratory. The samples were drilled from the most heavily stressed areas of the structure to get the most reliable results of the condition of the structures. The analysis revealed that the structures were already severely disintegrated, but immediate danger is not present. However corrective action has to take place within no more than 5 years.

KEYWORDS:

building condition analysis, concrete structures, front of buildings, climate influence, corrosion, disintegration

SISÄLTÖ

KÄYTETTY SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Tutkimuksen tarkoitus	8
1.2 Miksi kuntotutkimus?	8
1.3 As. oy Majoitusmestari perustiedot	10
2 BETONIJULKISIVUJEN KEHITYS	13
2.1 Elementtirakentamisen ”Hullut vuodet” 1970-luvulla	13
2.2 Betonijulkisivuja koskevat ohjeet ja määräykset 1950-luvulta lähtien	14
3 SEINÄN RAKENNE JA TYYPILLISET VAURIOT	16
3.1 1970-luvun sandwich-rakenne	16
3.2 Julkisivujen vauriot ja ilmaston vaikutus	17
3.2.1 Ilmaston vaikutus rakenteiden vaurioitumiseen	17
3.2.2 Raudoitteiden korroosio	20
3.2.3 Betonin karbonatisoituminen	21
3.2.4 Pakkasrapautuminen	22
3.2.5 Kloridit	23
3.2.6 Homehtuminen	24
4 RAKENTEIDEN KORJAUS/UUSIMINEN	25
4.1 Rapautumisen/korroosion vaikutus rakenteeseen ja turvallisuuteen	25
4.2 Julkisivujen korjaus/suojaus	25
4.3 Rakenteen ja materiaalin valinta	26
4.4 Energiatehokkuuden parantaminen	28
5 JULKISIVUN KUNTOTUKIMUKSEN MENETELMÄT	29
5.1 Vaurioiden tutkiminen	29
5.1.1 Raudoitteiden korroosio	29
5.1.2 Karbonatisoitumissyvyyden mittaaminen	29
5.1.3 Raudoitteiden peitepaksuuksien mittaaminen	31
5.1.4 Kloridipitoisuuden määrittäminen	32
5.1.5 Rapautumisen tutkiminen	33
5.1.6 Kannatusten, kiinnitysten ja sidontojen kunto	35

5.2 Useammasta rakennuksesta koostuvat kohteet	36
5.3 Tutkimusten luotettavuus ja niihin perustuvat toimenpidesuosituks	36
6 AS. OY MAJOITUSMESTARIN KUNTOTUTKIMUS	38
6.1 Lähtötiedot	38
6.2 Aiemmat tutkimustulokset	38
6.3 Silmämääräinen tarkastelu	39
6.4 Tutkimus ja näytteiden otto	40
6.5 Tulokset	42
6.5.1 Karbonatisoitumissyvyyden mittaaminen fenoliftaleiiniliuoksen avulla	42
6.5.2 Silmämääräinen näytteiden tarkastelu	43
6.5.3 Vetokokeet	44
6.5.4 Ohuthietutkimukset	45
6.6 Johtopäätökset ja toimenpidesuosituks	46
7 YHTEENVETO	48
LÄHTEET	49

LIITTEET

- Liite 1. Kuvat näytteidenottopaikoista
Liite 2. Julkisivun korjaustarpeen arviointi, RT kortti RT 82-10603
Liite 3. Ohuthietutkimuksen tutkimusselostus

KUVAT

Kuva 1. As. oy Majoitusmestarin julkisivurakenne.	11
Kuva 2. As. oy Majoitusmestarin julkisivu.	11
Kuva 3. As. oy Majoitusmestari asemakuva.	12
Kuva 4. a.) Tuulensuunnat vesisateena tai räntänä tulleen sateen aikana ja b.) tuulensuunnat kaikkina ajanhetkinä Jyväskylän lentoaseman mittauspisteessä talvikaudella ajalla syyskuu 1975-huhtikuu1980.	19
Kuva 5. Vasemmalla ruotsalaisessa tutkimuksessa (Jerling & Schechninger 1983) mitattuja julkisivulle satavan viistosateen osuuksista. Oikealla avoimella paikalla oleva rakennuksen pääty sateen alkuhetkellä.	20
Kuva 6. Korroosioprosessin vaiheet.	21
Kuva 7. Peitepaksuuksien mittaus.	32
Kuva 8. As. oy Majoitusmestari asemakuva.	41
Kuva 9. Vetokokeet.	44

TAULUKOT

Taulukko 1. Betonin minimilujuusvaatimukset eri vuosina.	14
Taulukko 2. Aiemmat tutkimustulokset.	39
Taulukko 3. Karbonatioistumisyyvyys.	42
Taulukko 4. Ulkokuoren paksuus.	43
Taulukko 5. Vetolujuus.	45

KÄYTETTY SANASTO

U-Arvo	U-arvo eli lämmönläpäisykerroin kertoo siitä, kuinka hyvä lämmöneriste jokin materiaali on. ”Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen”(C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 3). Mitä pienempi luku U-arvo on, sitä parempi lämmöneristävyys. Lämmönläpäisykerroimen yksikkö on $W/(m^2 \cdot K)$.
BeKo-tietokanta	BeKo-tietokanta tarkoittaa Tampereen teknillisen yliopiston rakenteiden elinkaaritekniikan tutkimusryhmän toteuttamaa hanketta. BeKo on lyhenne nimestä Betonijulkisivujen ja parvekkeiden korjausstrategiat. Tutkimuksessa kerättiin tietoa lukuisista betonijulkisivuja koskevista kuntotutkimusraporteista. Tarkoituksena oli luoda työkalu, jonka avulla kiinteistönomistajat voisivat ajoissa tunnistaa kiinteistökannastaan korjaukseen tulevat rakennukset. BeKo-tietokannan kohteet on rakennettu vuosina 1960-1996. (Lahdensivu 2011, 38.)
Pesubetoni	Pesubetoni on yksi tapa pinnoittaa julkisivu. Pesubetonipinta saadaan pesemällä päällimmäinen sementtiliimakerros pois välittömästi muotista nostamisen jälkeen. Sementtiliima pestään pois korkeapainepesurilla. Pinnan väri määräytyy käytetyn kiviaineksen värin mukaan. (RT82-10657 2000, 5.)
Lisähuokostus	Betonissa oleva vesi alkaa jäätyä, kun ilman lämpötila laskee alle $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kun lämpötila laskee lähemmäs $5\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$ pakkasta, suurin osa huokosissa olevasta vedestä alkaa jäätyä ja aiheuttaa betonissa halkeilua, mikäli lisähuokostus on riittämätön. Betonista saadaan pakkasenkestävää lisäämällä siihen valmistusvaiheessa lisäaine, joka muodostaa betoniin pieniä ilmataskuja eli lisähuokosia. Lisähuokostetussa betonissa jäätyvä vesi pääsee laajenemaan huokosiin eikä aiheuta halkeilua. (Betoniteollisuus ry 2012. Ongelmia ja luuloja.)

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tarkoitus

Tämän työn tarkoituksena on tehdä julkisivun kuntotutkimus As. oy Majoitusmestarille, ja sen pohjalta arvioida julkisivun korjaustarve. Työn on tilannut kiinteistön isännöinti ja huoltoyhtiö Runosmäen Lämpö Oy yhdessä taloyhtiön kanssa.

Suurin osa ympäröivistä taloyhtiöistä on jo tehnyt julkisivuremontin, mutta As. oy Majoitusmestari ei haluaisi uusia julkisivua vain ulkonäkösyistä. Tarkoituksena on siis selvittää, ovatko julkisivut siinä kunnossa, että ne voidaan säilyttää ilman, että niistä aiheutuu turvallisuusrisiä. Samalla saadaan selville, voidaan-ko vanha julkisivu säilyttää pohjana, mikäli julkisivun korjaaminen on tarpeellista. Julkisivu on tehty sandwich-elementeistä ja ulkokuori on pesubetonia. Julkisivun kunto selvitetään silmämääräisesti sekä poranäytteiden avulla. Työn alussa käydään läpi kuntotutkimukseen liittyviä käsitteitä, sekä 1970-luvulla käytettyjä työmenetelmiä, mikä auttaa löytämään mahdolliset ongelmakohdat. Lopussa on varsinainen kuntotutkimus sekä sen perusteella tehdyt päätelmät ja korjausehdotukset.

1.2 Miksi kuntotutkimus?

Kiinteistön ylläpito vaatii jatkuvasti niin taloudellista kuin teknistä ylläpitoa, jotta kiinteistö palvelisi käyttäjiään mahdollisimman hyvin. Hyvän teknisen ylläpidon takaamiseksi kiinteistölle tulisi tehdä kuntoarvio noin 5-10 vuodeksi eteenpäin. Uusi As. oy laki myös edellyttää pitkän tähtäimen korjaussuunnitelmaa, joka useasti edellyttää kuntoarvion teettämistä. Kuntoarviolla tarkoitetaan kiinteistön kunnan arvioimista silmämääräisesti. Kuntoarvio antaa hyvän kokonaiskuvan kiinteistön rakennus-, LVI- ja sähköteknisistä vioista. Kuntoarvion avulla saadaan kokonaiskuva kiinteistön sen hetkisestä kunnosta sekä mahdollisista tulevista korjaustöistä. Kuntoarvio sisältää kuitenkin vain aistinvaraisia havaintoja

eikä sillä pystytä havaitsemaan rakenteen sisäisiä vaurioita. (Lappalainen 2011, 12.)

Kuntoarvion perusteella voidaan antaa suositus kuntotutkimuksesta johonkin tiettyyn rakennusosaan. Kuntotutkimus on kuntoarviota tarkempi toimintatapa, johon kuuluu näytteidenotto ja rakenteiden rikkominen kunnan selvittämiseksi. Kuntotutkimuksella tarkoitetaan rakennuksen, rakennusosien, järjestelmien tai laitteiden tutkimusta sekä perusparannussuunnittelua varten tehtäviä toimenpiteitä. Kuntotutkimus saattaa myös olla tarpeellinen esimerkiksi vesivahingon jälkeen. Kuntotutkimuksen avulla voidaan kuntoarvioita tarkemmin määrittää kiinteistön korjaustarpeita ja pitkällä aikavälillä saada aikaan huomattavia säästöjä. Säästöjä saadaan silloin, kun jo alkanut vaurioiden eteneminen voidaan estää kevyemmillä korjaustoimenpiteillä. (Lappalainen 2011, 15.)

Tässä työssä on tarkoitus tutkia, onko As. oy Majoitusmestarin julkisivu siinä kunnossa, että siitä ei aiheudu vaaraa kenellekään. Ulkokuoren sisäpinnan ja kiinnitysten tutkiminen aistinvaraisesti on mahdotonta, joten se on tehtävä kuntotutkimuksen perusteella. Kuntotutkimus sisältää aina poranäytteitä ja laboratoriotutkimuksia.

Kuntotutkimus voi sisältää esim. seuraavia toimenpiteitä:

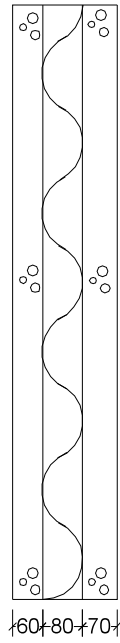
- sisäilmaston kuntotutkimus
- kiinteistön vesi- ja viemäri-laitteistojen kuntotutkimus
- asbestikartoitus.

1.3 As. oy Majoitusmestari perustiedot

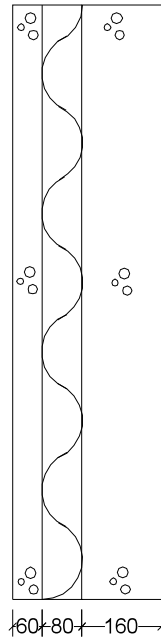
- Rakennusvuosi, 1974-1975
- Neljä lamellitaloa
- 3 kerroksisia
- 79 Asuntoa
- Tilavuus 21 360 m³
- Huoneistoala 5186 m²
- Ei hissejä
- Sisään vedetyt parvekkeet
- Sandwich-rakenne
- Pesubetonipinta

Seuraavissa kuvissa on esitetty As. oy majoitusmestarin julkisivurakenne, julkisivukuva sekä asemakuva. Kuvassa 1 on esitetty As. oy Majoitusmestarin julkisivurakenne, kuvassa 2 on kuva yhdestä neljästä keskenään samanlaisesta talosta, kuvassa 3 on esitetty As. oy Majoitusmestarin asemakuva.

Ruutuelementti



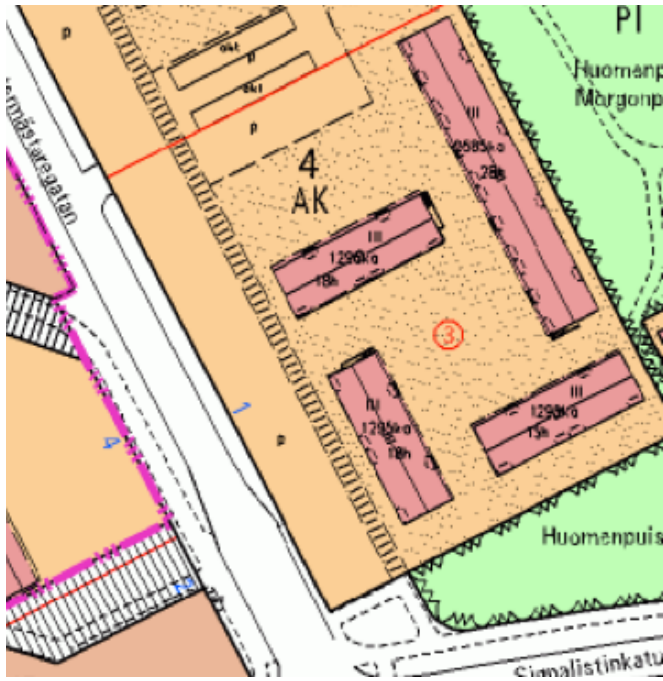
Päätuelementti



Kuva 1. As. oy Majoitusmestarin julkisivurakenne.



Kuva 2. As. oy Majoitusmestarin julkisivu.



Kuva 3. As. oy Majoitusmestari asemakuva.

2 BETONIJULKISIVUJEN KEHITYS

2.1 Elementtirakentamisen ”Hullut vuodet” 1970-luvulla

1970-luvun alussa rakennusala vaivasi paha työvoimapula. Maaseudulla olisi kyllä ollut paljon ihmisiä vailla työtä, mutta heitä ei voitu palkata, koska kaupungeissa ei ollut asuntoja. Tämän seurauksena syntyi tilanne, jossa ammattitaitoiset työntekijät kiersivät eri työmaita suuremman palkan toivossa. Vaikein tilanne oli pääkaupunkiseudulla. (Suomen Rakennusmedia Oy 2009, 110 – 111.)

Vuosina 1968 - 1970 Suomessa kehitettiin asuinrakentamista varten ns. BES-järjestelmä. Järjestelmä perustui kantaviin väli- ja päätyseiniin toisin kuin aikaisemmin käytetyt kantavat sandwich-ulkoseinät. Välipohjina alettiin käyttää esijännitettyjä ontelo- ja kotelolaattoja. Uusi järjestelmä antoi suunnittelijoille huomattavasti vapaammat kädet talojen pohjaratkaisun suhteen. BES-järjestelmän tarkoitus oli myös standardisoida elementtien liitosdetaljit siten, että urakoitsijan oli mahdollista hankkia elementtejä usealta eri valmistajalta. (Elementtirakentamisen historia 2012.)

Ammattimiesten vaikea saatavuus kasvatti BES-järjestelmän suosiota ja yhä isompi osa työstä pyrittiin siirtämään esivalmistukseen. Elementtitehtailta työntekijät oli helpompi kouluttaa tehtävään, koska työnkuva oli paljon suppeampi kuin rakennustyömaalla. Myös palkkataso oli lähempänä teollisuuden yleistä palkkatasoa ja työsuhteet olivat yleensä pitkäaikaisia toisin kuin rakennustyömailla. Korkeasuhdanne oli elementtiteollisuudelle myönteinen ongelma vaikka kiireisimpinä aikoina kysyntä ylitti teollisuuden kapasiteetin. Muottikierron nopeuttamiseksi seinäelementtien kovettumista alettiin kiihdyttää lämmittämällä muotteja. Joskus betonin lämpötila saattoi nousta jopa 80 °C:seen asti, minkä jälkeen elementit usein siirrettiin pihalle ilman jälkihoitoa. Tämä aiheutti vaurioita sekä kesällä että talvella. Talvella betoni saattoi jäätyä, ja kesällä kuivua aivan liian nopeasti. Liiallisen lämmittämisen haitalliset seuraamukset olivat periaatteessa tiedossa, mutta ulkokuoren staattiset rasitukset olivat niin pieniä, että siihen ei juurikaan kiinnitetty huomiota. Tämän lisäksi betonin lisähuokostus oli

vielä 1970-luvun alussa tuntematon käsite ja seuraavien kymmenien vuosien aikana jouduttiin monia julkisivuja korjaamaan pakkasrapautuman johdosta. Eri valmistajien elementeissä oli myös laatueroja. (Suomen Rakennusmedia Oy 2009, 110 – 112.)

2.2 Betonijulkisivuja koskevat ohjeet ja määräykset 1950-luvulta lähtien

Ensimmäiset betonisia rakennuselementtejä koskevat ohjeet julkaistiin vuonna 1963. Tätä ennen noudatettiin vuoden 1954 betoninormeja. Vuoden 1963 jälkeen julkaistiin uudet betonielementtinormit vuonna 1965. 1970-luvulla rakennusalan teknisten määräysten hoito siirrettiin ja keskitettiin sisäasiainministeriölle. Vuonna 1976 Suomessa astui voimaan rakentamismääräyskokoelma, joka samalla kumosi kaikki edeltävät normit. Betonien minimilujuusvaatimukset oli tarkkaan määritetty, ja ne ovat tiukentuneet vuosien mittaan taulukon 1 mukaisesti. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 12.)

Taulukko 1. Betonin minimilujuusvaatimukset eri vuosina. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 12.)

Vuosi	Minimilujuusvaatimus	
1954	K 20	
1965	K 25	
1989	K 30	
1992	K 45	pienemmän lujuusluokan käyttäminen mahdollista betonipeitettä suurentamalla
1993	K 40	
2001	K 40	edelleen käytössä, voidaan alentaa esim. K35 raudoitteiden betonipeitettä lisäämällä

Betonin harjaterästen peitesyvyudet ovat tarkkaan määritetyt. Alkuun vuonna 1954 peitesyvyydeksi annettiin 20 mm. Myöhemmin vuonna 1963 betonielementtinormeissa katsottiin kuitenkin, että peitesyvyudet koskevat vain kantavia rakenteita eikä siis esim. sandwich-elementtien ulkokuorta, mutta minimivaati-

mukseksi määriteltiin kuitenkin 10 mm. Ohjeessa ei kuitenkaan otettu huomioon, että liian pieni peitesyvyys saattaa vaarantaa ulkokuoren kiinnityksen. Vuonna 1980 betoninormeissa ympäristöolosuhteet jaettiin luokkiin Y1 ja Y2, ja betonipeitteen perusarvot määräytyivät näiden mukaan. Uusimpien eli vuoden 2000 betoninormien mukaan ympäristöluokassa Y1 peitesyvyys on 35 mm ja luokassa Y2 25 mm. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 12.)

Julkisivubetonin pakkasenkestävyydestä eli lisähuokostamisesta tiedettiin jo 1965-luvulla, mutta ensimmäiset vaatimukset esitettiin normeissa vasta vuonna 1980. Lisähuokostusta ei systemaattisesti käytetty ennen vuotta 1976, jolloin Betoniyhdistys julkaisi suositukset koskien lisähuokostusta. Tällöin esitettiin, että suojahuokossuhteen tulisi olla vähintään 0.15 ja vaikeissa olosuhteissa 0.20. Nykyisten normien mukaan vaikeissa olosuhteissa suojahuokossuhteen tulee olla 0.25 ja tavanomaisissa olosuhteissa 0.20. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 12 – 13.)

Betonin kiihdyttimenä käytettiin ja käytetään edelleen kalsiumkloridia. Kalsiumkloridi lisää terästen korroosiota, ja tästä johtuen sen käyttöä on säädelty määräyksissä. Vuoden 1965 normin mukaan määrä ei saanut ylittää 2 % sementin painosta, vuodesta 1992 lähtien määrä on tiputettu 0,2 % yksikköön. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 13.)

Betonin karbonatisoitumisen ja kalsiumkloridin yhteisvaikutuksesta teräkset syöpyvät ajan mittaan. Tästä johtuen syöpymiselle alttiit kiinnikkeet on jo vuodesta 1965 lähtien tehty korroosion kestävästä materiaalista. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 13.)

Yleisesti ottaen julkisivurakenteiden kestävyys ei ole kiinnitetty paljontaan huomiota ennen 2000 -lukua. Varsinkin elementtiteollisuuden alkuaikoina pääpaino oli ulkonäössä ja rakenteellisissa tekijöissä, ei niinkään kestävydessä. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 13.)

3 SEINÄN RAKENNE JA TYYPILLISET VAURIOT

3.1 1970-luvun sandwich-rakenne

1960-luvun lopulle asti kerrostaloissa oli yleensä ns. nauhajulkisivu. Vuosikymmenen vaihteessa kuitenkin tuotantoteknisesti taloudellinen ruutuelementti syrjäytti nauhajulkisivut. Myös nostokalusto parantui jatkuvasti ja mahdollisti kantavien sandwich-rakenteiden käytön. 1960- ja 1970-luvuilla rakennettiin paljon lähiöitä, jotka ovat monien mielestä melko tylsän näköisiä. Tämä saattoi kuitenkin osittain johtua huonosti suunnitellusta ja hoidetusta pihapiiristä, johon ei yleensä kuulunut paljonkaan kasvillisuutta. (Neuvonen 2009, 30.)

Sandwich-elementti koostuu kahdesta betonikuoresta, joiden välissä on lämmöneriste. Sisäkuori on rakenteen kantava osa, ulkokuori on kiinnitetty sisäkuoreen ansaiden tai muiden vastaavien teräsrakenteiden avulla. Elementin sisäkuori voi olla ns. kantava rakenne tai ruutuelementti. Kantava rakenne tarkoittaa, että elementti toimii samalla rakennuksen runkona, ruutuelementti toimii ainoastaan ulkokuoren runkona. 1970-luvulla päätyseinät ovat tyypillisesti olleet kantavia elementtejä ja pitkät julkisivut ruutuelementtejä. (Lahdensivu ym. 2010, 11.)

Sandwich-elementin ulkokuoren nimellispaksuus on yleensä vaihdellut välillä 40 - 85 mm ja sisäkuoren paksuus kantavissa rakenteissa 150 - 160 mm, ruutuelementeissä 70 - 100 mm. Todellisuudessa ulkokuoren paksuus saattaa heitellä paljonkin, johtuen eristeen kokoon painumisesta sekä työaikaisista virheistä ja massan notkeuden vaihteluista. (Lahdensivu ym. 2010, 11.)

Eristeenä on tyypillisesti käytetty lasi- tai kivivillaa, jonka paksuus on vaihdellut 70 -150 mm välillä riippuen ajankohdasta ja U-arvomääräyksistä. Eristetila on tyypillisesti täysin tuulettumaton. Joissakin kohteissa on kuitenkin pyritty lisäämään tuuletusta käyttämällä villaa, joka on uritettu ulkopinnasta. Tuuletuksen riittävästä toimivuudesta ei kuitenkaan ole aina ollut varmuutta, ja se olikin lä-

hinnä kehitysidea, jolla toivottiin edistettävän villan kuivumista. (Lahdensivu ym. 2010, 11 – 12.)

Ulkokuoren raudoitus on tavallisesti toteutettu teräsverkolla ja elementin reunoja ympäröivillä pieliteräksillä. Raudoitus on tavanomaisesti ollut tavallista ruostuvaa terästä aina 2000-luvun alkuun asti. Ulkokuoren kiinnitys sisäkuoreen on toteutettu useimmiten ruostumattomasta teräksestä noin 600 mm:n jaolla olevin sideansain. Elementtiteollisuuden alkuaikoina saatettiin myös käyttää sideansaita, jotka oli suojattu korroosiolta jollain muulla keinolla, kuten bitumilla tai betonilla. (Lahdensivu ym. 2010, 12.)

3.2 Julkisivujen vauriot ja ilmaston vaikutus

Kaikki rakennuksen ulkopinnoilla sijaitsevat rakenteet ovat alttiina säälle ja sen aiheuttamille rasituksille. Rasitukset aiheutuvat säteilystä, lämpötilamuutoksista, kosteudesta sekä erilaisista haitallisista aineista, kuten kloridit ja ilman epäpuhtaudet. Rakennuksen vaurioherkkyys riippuu mm. sen sijainnista, ympäristöstä, korkeudesta, julkisivumateriaalista, yksityiskohdista jne. Vauriot ovat monesti esteettisesti hyvin rumia, mutta pitkälle edetessä ne saattavat myös aiheuttaa turvallisuusriskejä. Suomessa julkisivujen ja parvekkeiden vauriot aiheutuvat yleisimmin pakkasrapautumisesta sekä terästen korroosiosta, muita vauriota aiheuttavia tekijöitä ovat esim. kosteusteknisesti väärin toteutetut rakenteet. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 17.)

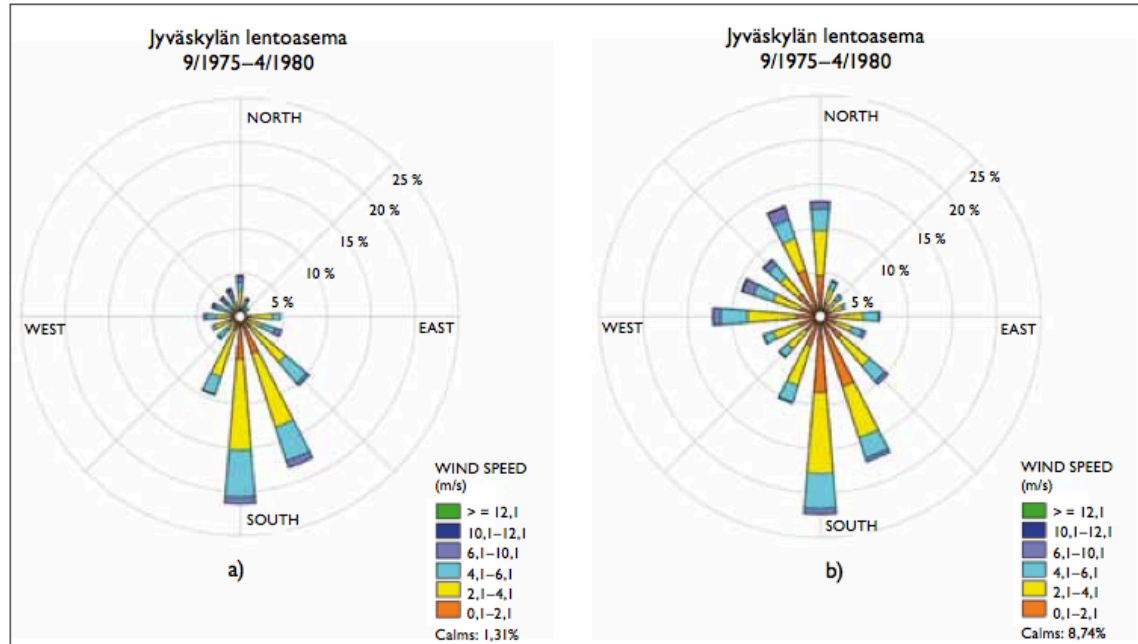
3.2.1 Ilmaston vaikutus rakenteiden vaurioitumiseen

Sääolosuhteet vaihtelevat huomattavasti vuodesta toiseen, vaikka pitkällä aikavälillä tarkasteltuna ilmasto onkin ollut melko tasainen. Sääolosuhteiden vaihtelu on joka tapauksessa suurin yksittäinen vauriotekijä julkisivurakenteissa. Joissakin tapauksissa julkisivua on jouduttu korjaamaan jo 10 - 20 vuoden iässä. Syy korjaustarpeisiin löytyy yleensä huonosti säätä kestävästä materiaalivalin-

noista, työvirheistä sekä huonoista liitoksista ja detaljeista. (Lahdensivu 2010, 13 – 14.)

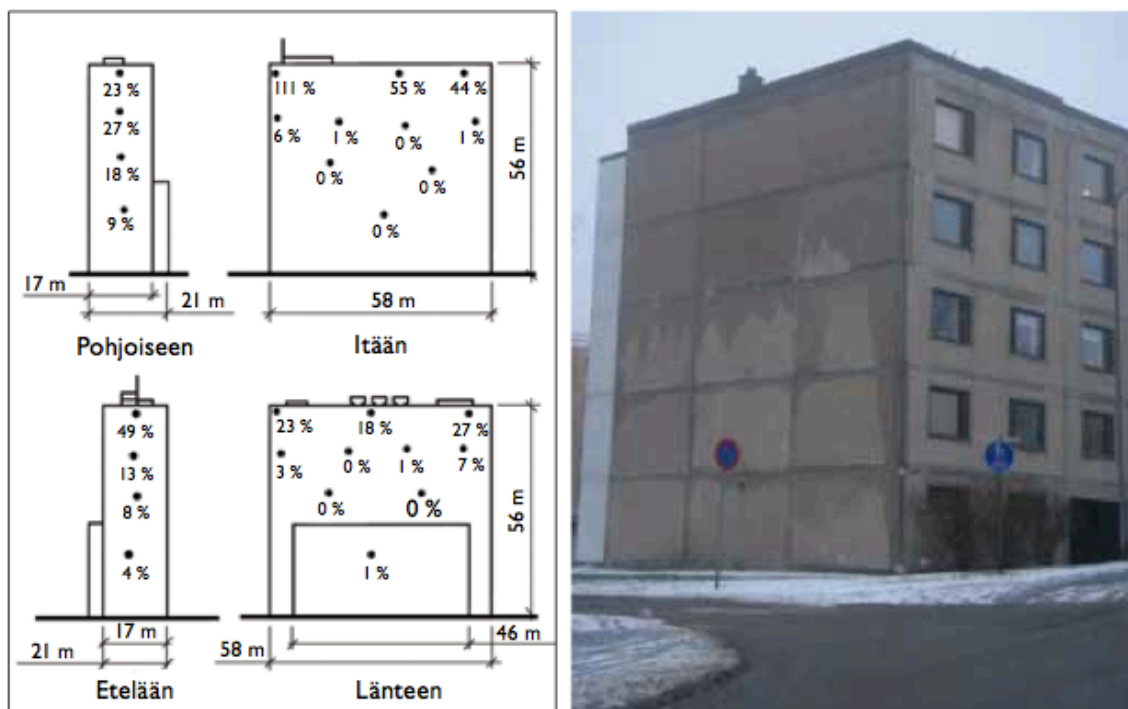
Rakennuksen sijainnilla on myös suuri vaikutus rakennuksen kestävyteen. Suurimmalle rasitukselle alttiina ovat ne rakennukset, jotka sijaitsevat rannikkoalueilla tai etelässä. Näillä alueilla säärasitukset ovat yleisesti ottaen ankarampia, sademäärät ovat varsinkin etelässä suurempia kuin pohjoisessa ja sateet tulevat useimmiten vetenä tai räntänä. Lämpötilavaihteluita nollan tienoilla on myös enemmän, mikä nopeuttaa pakkasrapautumista. Rakennuksen korkeudella on myös suuri merkitys kosteusrasituksen suhteen, varsinkin korkeissa tasakattoisissa kerrostaloissa sade kastelee julkisivun hyvin tehokkaasti. Suurin rasitus kohdistuu rakennuksen nurkkiin ja yläosiin. Vastaavasti matalissa harjakattoisissa taloissa on yleensä hyvin ulkonevat räystäät, jotka suojelevat julkisivua sateelta. (Lahdensivu 2010, 14 – 15.)

Julkisivuun kohdistuva saderasitus vaihtelee huomattavasti sademäärän, tuulensuunnan ja tuulennopeuden perusteella. Räntä ja vesisade on kuitenkin useimmiten tullut etelä/länsi tuulilla, pohjoisilla tuulilla sateet ovat useammin olleet lunta. Seuraavassa kuvassa (kuva 4) on ilmatieteenlaitoksen tutkimustulos vuodelta 2010. (Lahdensivu 2010, 16.)



Kuva 4. a.) Tuulensuunnat vesisateena tai räntänä tulleen sateen aikana ja b.) tuulensuunnat kaikkina ajanhetkinä Jyväskylän lentoaseman mittauspisteessä talvikaudella ajalla syyskuu 1975-huhtikuu1980. (Lahdensivu 2010, 16).

Lumisade ei juurikaan rasita julkisivua, koska se ei pääse imeytymään rakenteeseen, tämä on usein selkeästi huomattavissa julkisivun kunnossa. Etelän/lännen puoleiset julkisivut ovat usein kärsineet pahemmasta pakkasrapautumisesta sekä korroosiosta myös siitä syystä, että niihin kohdistuu huomattavasti enemmän jäädytys/sulatus syklejä auringosta johtuen. Pohjoiseen päin olevat julkisivut ovat näin ollen useimmiten paremmassa kunnossa. Seuraavassa kuva (kuva 5) ruotsalaisesta tutkimuksesta, jossa on esitetty julkisivulle satavan viistosateen osuuksia. (Lahdensivu 2010, 15.)



Kuva 5. Vasemmalla ruotsalaisessa tutkimuksessa (Jerling & Schechninger 1983) mitattuja julkisivulle satavan viistosateen osuuksista. Oikealla avoimella paikalla oleva rakennuksen pääty sateen alkuhetkellä (Lahdensivu 2010, 15).

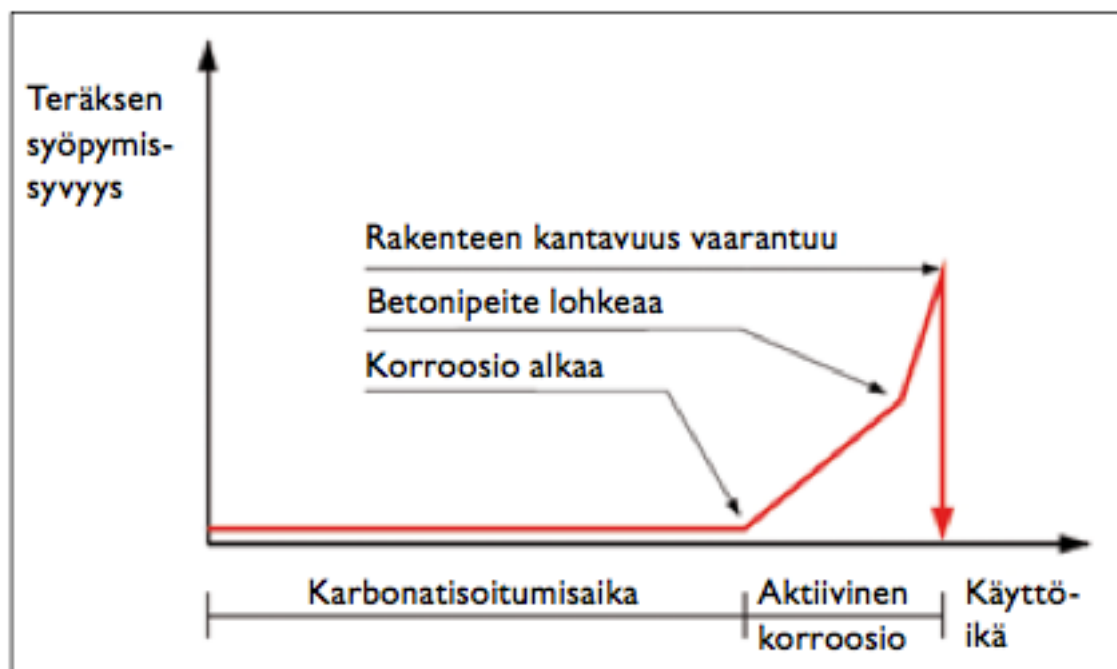
3.2.2 Raudoitteiden korroosio

Betonin sisällä oleva rauditus tulisi olla hyvin korroosiolta suojassa, mutta näin ei aina ole. Korroosio pääsee alkamaan, mikäli suojabetonin tiiviys ja/tai pakkaus ovat puutteellisia. Mikäli rakenne on virheetön, ovat rauditukset hyvin suojassa korroosiolta. Ehjässä ja toimivassa rakenteessa raudituksen pinnalle muodostuu passiivikalvo, joka estää korroosiota aiheuttavien aineiden (hapot, kloridit, sulfaatit) pääsyä raudoitteen pinnalle. (Lahdensivu 2010, 20.)

Terästä suojaavan passiivikalvon toiminta saattaa häiriytyä, mikäli betoni sisältää liikaa klorideja tai jos betoni on karbonatisoitunut liian syväälle. Korroosionopeuteen vaikuttavat lisäksi betonin kosteuspitoisuus, lämpötila sekä betonin kloridipitoisuus. Korkea lämpötila nopeuttaa korroosiota, mutta se voi myös kuivattaa rakennetta nopeammin, korroosionopeus on suurempi kosteassa rakenteessa. Rakenteen toimintaa heikentävät myös halkeamat betonissa. Korroosio johtaa ajan mittaan teräksen poikkileikkauksen pienenemiseen, ja näin ollen

rakenteen kantavuuden heikkenemiseen. Korroosio aiheuttaa toisaalta myös teräksen pinnan halkaisijan laajenemista, joka saattaa ilmetä betonin pinnan halkeiluna. Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio katsotaan yleisesti ottaen alkavan, kun betonin suhteellinen kosteus nousee 65 - 70 %, ja kosteuden noustessa yli 80 - 85 % korroosion katsotaan kasvavan huomattavasti. Kloridien aiheuttama korroosio voi alkaa jo alemmillakin kosteuksilla. (Lahdensivu 2010, 20.)

Aktiivinen korroosiovaihe voi kestää vuosia sen jälkeen, kun teräksen pinnan passiivikalvo on rikkoutunut. Aktiivisen korroosiovaiheen pituuteen vaikuttavat betonin suojakerros suhteessa teräksen halkaisijaan sekä betonin kosteus ja sen lämpötila. Tästä johtuen sateelle alttiit paikat ovat riskialttiimpia korroosiolle. Kuvassa 6 on kuvattu korroosion vaiheita ajan suhteen. (Lahdensivu 2010, 20.)



Kuva 6. Korroosioprosessin vaiheet.

3.2.3 Betonin karbonatisoituminen

Betonin karbonatisoituminen tarkoittaa betonin neutraloitumisreaktiota. Betonin huokosveden pH- arvo alkaa laskea ulkopinnasta sisäänpäin. Betonia voidaan sanoa karbonatisoituneeksi, kun sen pH- arvo on laskenut likimain arvoon 8,5.

Karbonatisoituminen johtuu rakenteen sisällä olevista hydroksideista sekä ilmasta rakenteeseen tunkeutuvasta hiilidioksidista. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 21.)

Karbonatisoitumisen etenemisnopeus johtuu pääosin betonin diffuusiovastuksesta, ympäröivän ilman hiilidioksidipitoisuudesta (ulkona useimmiten vakio) sekä karbonatisoituvan aineen määrästä. Betonin tiiviydellä sekä kosteuspitoisuudella on suuri vaikutus siihen, miten nopeasti hiilidioksidi pääsee tunkeutumaan rakenteeseen. Halkeamat nopeuttavat prosessia paikallisesti. Karbonatisoituminen hidastuu sen edetessä syvemmälle betoniin, hyvin tehdyssä ja tiiviissä betonirakenteessa karbonatisoituminen voi jopa pysähtyä tiettyyn pisteeseen. Betonin pinnalla on myös suuri merkitys betonin karbonatisoitumiseen, esimerkiksi tiililaatat imevät rakennusvaiheessa rakenteesta vettä, mikä tekee siitä tiiviimmän. Myös suojaavien pinnoitteiden on todettu hidastavan karbonatisoitumista. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 21 – 22.)

Betonin kosteuspitoisuus vaikuttaa huomattavasti rakenteen karbonatisoitumissyvyyteen. Suhteellisen kosteuden noustessa hiilidioksidin pääsy rakenteeseen hidastuu. Tästä johtuen esim. parvekelaatat ovat useasti säilyneet melko hyvin karbonatisoitumiselta. Toisaalta jos rakenteen suhteellinen kosteus laskee alle 30 % karbonatisoituminen pysähtyy, koska se voi tapahtua ainoastaan vesiliuoksessa. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 22.)

Nykyisessä rakennuskannassa betonin keskimääräinen karbonatisoituminen julkisivuissa on edennyt vuonna 1990 valmistuneissa rakennuksissa 8 mm:n syvyydelle ja vuonna 1970 valmistuneissa rakennuksissa keskimäärin 16 mm:n syvyydelle (Lahdensivu 2010, 25).

3.2.4 Pakkasrapautuminen

Pakkasrapautumisella tarkoitetaan betonin halkeilua, joka aiheutuu rakenteen toistuvasta jäätymisestä ja sulamisesta. Jäätymisestä ei kuitenkaan aina ole haittaa, mikäli betonin lisähuokoistus on riittävä. Betonin huokosrakenteeseen on aina sitoutunut tietty määrä kosteutta joka jäätyessään laajenee. Vesi laaje-

nee jäätyessään noin 9 %. Mikäli rakenteessa oleva vesi ei pääse työntymään huokosten ilmatäytteiseen tilaan, saattaa hydraulinen paine nousta liian suureksi ja aiheuttaa betonissa halkeilua. (Lahdensivu 2010, 21.)

Pakkasrapautuminen on erittäin hidas prosessi, joka alkaa rakenteen sisäisillä huokosten välisillä halkeamilla. Siinä vaiheessa, kun halkeilu on silmin havaittavissa, on pakkasrapautuminen luultavasti jatkunut jo vuosia. Pakkasrapautumisen edellytyksenä ovat tarpeeksi kylmä ilma sekä riittävä kosteus, käytännössä betonin kosteuden täytyy ylittää huokosverkoston kriittinen vedenkyllästysaste ennen jäätymistä. Kaikki huokosverkoston vesi ei myöskään jäädy heti lämpötilan laskeuduttua 0 °C tuntumaan, yleensä vaaditaan 5 - 10 °C pakkasta, jotta kaikki vesi rakenteessa jäätyy. (Lahdensivu 2010, 30.)

Ennen vuotta 1981 rakennetuissa betonijulkisivuissa ja parvekkeissa pakkasenkestävyys on yleensä ollut erittäin huono, noin 70 % on täysin pakkasenkestämättömiä. Pakkasrapautumaa esiintyy eniten rannikolla, jossa viistosateet ovat yleisempiä kuin sisämaassa, julkisivutyypeistä pesubetoni on ollut kaikista herkin rapautumiselle. (Lahdensivu 2010, 30.)

3.2.5 Kloridit

BeKo-tietokannan mukaan betonijulkisivujen raja-arvon ylittävä kloridipitoisuus ylittyi Suomessa vain neljässä kohteessa 900:sta. Raudoitteiden korroosio aiheutuu siis lähestulkoon aina betonin karbonatisoitumisesta. (Lahdensivu 2010, 24.)

On kuitenkin mahdollista, että korroosio alkaa vaikka betoni ei olisi vielä karbonatisoitunut. Kloridipitoisuuden kynnyksarvoina pidetään noin 0,03 - 0,07 p-% betonin painosta. Klorideja on voinut joutua betonin sekaan valmistusvaiheessa tai myöhemmin esim. sulatussuoloista tai tuulen kuljettamasta merivedestä. Valmistusvaiheessa klorideja on voinut päätyä rakenteeseen, sillä kalsiumkloridia on käytetty betonia kiihdyttävänä lisäaineena, tällöin raja-arvo yleensä ylittään moninkertaisesti. Kloridikorroosion tunnistaa yleensä siitä, että se tapahtuu pistemäisesti. Kloridin aiheuttama korroosio voi käynnistyä hyvin alhaisessa

lämpötilassa ja suhteellisen kosteuden ollessa melko pienikin, karbonatisoituminen kiihdyttää prosessia entisestään. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 23 – 24 .)

3.2.6 Homehtuminen

Mikäli kosteusolosuhteet ja lämpötila ovat sopivia, saattaa mikrobikasvustoa syntyä julkisivun eristetilaan. Eristetilan homehtuminen on kuitenkin erittäin epätodennäköistä mm. ravinnoksi kelpaavan materiaalin vähäisyyden sekä alkalisten pintojen vuoksi. Mikäli mikrobeja kuitenkin esiintyy rakenteessa ja sisäkuoressa on halkeamia, saattaa mikrobeja kulkeutua sisäilmaan ilmavirtauksien seurauksena. 1990-luvun lopulla tehdyn laajan tutkimuksen mukaan mikrobikasvusto kerrostalojen julkisivun eristetilassa tavattiin kuitenkin erittäin harvoin. (Lahdensivu 2010, 23.)

4 RAKENTEIDEN KORJAUS/UUSIMINEN

4.1 Rapautumisen/korroosion vaikutus rakenteeseen ja turvallisuuteen

Sandwich-elementeissä ulkokuori ei ole kantava rakenne, joten sen betonin lujuuden heikkeneminen ei juurikaan vaikuta rakenteen kantavuuteen. Pitkälle edennyt pakkasrapautuminen ulkokuoren sisäpuolella saattaa kuitenkin pahimmassa tapauksessa vaarantaa koko ulkokuoren kiinnityksen. Ulkokuori saattaa irrota joko paloissa tai kokonaan. Vaikka ulkokuori ei toimi rakenteen kantavana osana, saattaa se kuitenkin olla tarpeellinen rungon jäykistämisen kannalta. Koska rapautuminen tapahtuu rakenteen sisällä, on sitä mahdotonta silmämääräisellä tarkastelulla todeta. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 33.)

Kiinnitysvauriot kohdistuvat lähes aina rakenteen ulkokuoreen, hyvin harvoin/ei koskaan rakenteen runkoon. Rakenteen rungossa vallitsevat useimmiten ns. sisäolot, joten rapautumista ei pääse tapahtumaan. Rakenteen vaurioituminen johtuu useimmiten ansaiden tartunnan menetyksestä, 1970-luvulla ansaat olivat jo pääosin ruostumattomasta teräksestä, joten ansaiden korroosio ei ole todennäköistä. Tartunnan menetys saattaa johtua pakkasrapautumisesta tai työvirheistä. Joskus ansaita on ollut liian vähän tai niiden peitesyvyys on jäänyt puutteelliseksi. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 36.)

Parvekerakenteissa suurin vaara on pieliementtien ja pilareiden betonin rapautumisessa. Parvekkeet ovat 1970-luvulla tyypillisesti olleet talosta ulkonevia erillisiä torneja. Tornirakenteessa yhdenkin pieliementin/pilarin rapautuminen saattaa vaarantaa koko tornin kantavuuden. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 33.)

4.2 Julkisivujen korjaus/suojaus

Betonijulkisivujen ja parvekkeiden korjaustavat voidaan jakaa karkeasti kolmeen pääluokkaan:

- Paikkaus ja pinnoituskorjaukset
- Vaurioituneen rakenteen verhouskorjaukset
- Vaurioituneen rakenteen purkaminen ja uusiminen.

Lisäksi rakenteelle voidaan tehdä sen elinkaaren pidentämiseksi korjauksia/parannuksia, kuten saumojen uusiminen, ulkonevien räystäiden rakentaminen tai vedenpoistojärjestelmien parannus. (Lahdensivu 2010, 31.)

Paikkaus- ja pinnoituskorjaukset tai ns. rakennuksen ulkonäön säilyttävät korjaukset ovat perusteltuja silloin, kun vaurioituminen on vielä pientä. Pienet virheet korjaamalla rakenteen ikää voidaan parantaa huomattavasti. Tyypillisiä kohteita ovat maalipintaiset betonijulkisivut. Näille julkisivuille voidaan tehdä esim. suojaava pinnoite, joka vähentää rakenteen kosteusrasitusta merkittävästi. Kaikille julkisivutyypeille, kuten pesubetonijulkisivulle, ei kuitenkaan voida tehdä suojaavaa maalikerrosta. Pesubetonijulkisivu on myös äärimmäisen hankala paikattava niin, että siitä tulisi hyvän näköinen. (Lahdensivu 2010, 31.)

Verhouskorjaukset tai ns. peittävät korjaukset tehdään vanhan rakenteen päälle. Aikaisemmin niiden tarkoitus oli lähinnä estää/hidastaa vanhan rakenteen vaurioitumista, mutta nykyään niillä haetaan myös parempaa energiatehokkuutta. Peittävät korjaukset ovat perusteltuja silloin, kun paikkaus- ja pinnoituskorjaukset eivät enää ole taloudellisesti järkeviä. Peittävän korjauksen tavoitteellinen käyttöikä on nykyään 30 - 50 vuotta. (Lahdensivu 2010, 32 – 33.)

Mikäli vanhan ulkokuoren kiinnitys on vaarantunut, on vanha ulkokuori purettava kokonaan. Tällöin poistetaan myös vanhat eristeet. Uudelleen rakennettaessa voidaan julkisivutyypiksi valita eristerappaus, levyverhous, muuraus tai kuorielementit. Uudelleen rakennettaessa pyritään lämmöneristävyys tuomaan nykypäivän tasolle. (Lahdensivu 2010, 33.)

4.3 Rakenteen ja materiaalin valinta

Rakenteen korjaamiseen löytyy monia eri vaihtoehtoja, ja rakenteen toimivuus on mietittävä tarkkaan ennen kuin ryhdytään toimenpiteisiin.

Kuorielementit ovat 50 - 120 mm paksuja betonilevyjä. Ne voidaan joko ripustaa vanhaan julkisivuun tai asentaa omille perustuksilleen. Kuorielementit ovat kuitenkin olleet melko harvinainen vaihtoehto mikäli vanha julkisivu jää rakenteen sisään, sillä ne aiheuttavat seinän kokonaispaksuuden lisääntymisen, joka täytyy ottaa huomioon mm. ikkunoissa ja muissa yksityiskohdissa. Elementit ovat myös hyvin raskaita, mikä tulee ottaa huomioon niiden kiinnityksessä. Mikäli vanha julkisivu puretaan kokonaan, voidaan kuorielementeillä kuitenkin saavuttaa lähes alkuperäisen rakenteen näköinen kokonaisuus. Jos vanha julkisivu puretaan kokonaan, on kuorielementeillä myös helppo lisätä eristeen paksuutta, mutta myös tällöin on muistettava, että seinän paksuus kasvaa alkuperäisestä. (Neuvonen 2009, 34.)

Eristerappaus on rakenne, jossa rappaus tehdään suoraan eristeen päälle. Rappaus voidaan tehdä sekä verhous- että purkausmenetelmällä tehtävissä korjauksissa. Rappaus voidaan toteuttaa joko kolmikerrosrappauksena tai vähän edullisempänä ohutrappauksena, eristeenä käytetään mineraalivillaa tai solumuovia. Rappauksella on helppo jäljitellä sileän tai harjatun betonielementin pintaa, pesubetonipintaa rappauksella ei pysty jäljittelemään. Jos vanha julkisivu puretaan, ei eristerappaus kasvata rakenteen paksuutta merkittävästi. Eristerappausta ei kuitenkaan suositella ankarasti rasitettuihin julkisivuihin, kuten meren läheisyydessä oleviin korkeisiin rakennuksiin, se ei myöskään kestä mekaanista rasitusta, mikä on otettava huomioon tietyissä kohteissa. On myös otettava huomioon, että rappauksen jälkeen talo muistuttaa lähinnä paikalla rakennettua kivitaloa eikä juurikaan elementtitaloa. (Neuvonen 2009, 34 – 35.)

Muut materiaalityypit, kuten levy- ja kasettiverhoukset, ovat olleet verhoukorkorjauksissa hyvin suosittuja, koska ne ovat edullisia ja nopeita asentaa. Levy tai kasettiverhouksella saadaan myös helposti aikaan huomattavasti modernimpi julkisivu, mikäli se on toiveena. (Neuvonen 2009, 35.)

4.4 Energiatehokkuuden parantaminen

Energiatalouden parantaminen on tullut keskeiseksi tavoitteeksi nykypäivän rakennuksissa. Rakennusten eristysvaatimukset ovat nousseet huimasti, mutta myös kuluttajia neuvotaan elämään energiataloudellisemmin. Erityisesti vuosina 1950 - 1975 rakennettujen rakennusten eristevaatimukset olivat nykyistä vähäisempiä. Tämän lisäksi rakennuksiin alettiin asentaa koneellisia poistoilmanvaihtolaitteita, mikä on johtanut rakennusten entistä heikompaan energialuokkaan verrattuna sekä vanhempiin että uudempiin rakennuksiin. (Neuvonen 2009, 11.)

Rakennuksen energiankulutuksen vähentämiseksi on mahdollista teettää energiakatselmus. Katselmuksen tarkoitus on opastaa asukkaita energiataloudellisempaan toimintaan sekä esittää mahdolliset energiataloutta parantavat toimenpiteet. Lisälämmöneristäminen ym. suuret korjaukset ovat harvoin kannattavia ainoastaan energiatalouden parantamiseksi. Rakenteiden tekninen ikä tulee kuitenkin ennemmin tai myöhemmin vastaan, ja tällöin kannattaa harkita rakenteen energiataloudellista parantamista remontin yhteydessä. Energiatehokkuutta voidaan parantaa mm. seuraavilla toimenpiteillä:

- Julkisivun lisälämmöneristys
- ikkunoiden vaihto
- yläpohjan lisälämmöneristys
- rakennuksen ulkovaipan ilmatiiveyden parantaminen
- lämmityslaitteiston säätö/uusiminen
- ilmanvaihdon parantaminen (lämmön talteenotto) (Neuvonen 2009, 11).

5 JULKISIVUN KUNTOTUKIMUKSEN MENETELMÄT

5.1 Vaurioiden tutkiminen

Kuntotukijan tarkoitus on muodostaa käsitys siitä, missä kunnossa rakennus ja sen rakenteet ovat. Yleiskäsityksen rakennuksen kunnosta voi muodostaa erilaisten asiakirjojen sekä silmämääräisen tarkastelun avulla. Myös asukaskysely sekä huoltoyhtiön haastattelu auttaa monesti ongelmien havaitsemisessa.

Ennen varsinaisia kokeita julkisivu käydään silmämääräisesti läpi ja suunnitellaan koepalojen paikat. Useimmiten tutkimuksiin vaaditaan henkilönostin niin, että myös rakennuksen yläosista saadaan otettua koepalat.

5.1.1 Raudoitteiden korroosio

Pelkkä raudoitteiden korroosion toteaminen ei riitä korjaussuunnittelun lähtötiedoiksi. Lisäksi on selvitettävä korroosion aiheuttaja, vaurioiden laajuus sekä korroosion vaikutus rakenteen toimintaan lähitulevaisuudessa. Erityisen tärkeää on tutkia korroosion aiheuttamia vaurioita sekä sen kehittymistä kantavissa rakenteissa. Alustava arvio rakenteen kunnosta voidaan tehdä rakenteen iän, betonin laadun sekä elementtien valusuunnan perusteella, mutta lisäksi on tehtävä laboratoriotutkimuksia rakenteen todellisen kunnan määrittämiseksi. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 69 – 70.)

5.1.2 Karbonatisoitumissyvyyden mittaaminen

Raudoitteet ovat korroosiolta hyvin suojassa niin kauan kuin betoni ei ole karbonatisoitunut eli neutraloitunut. Karbonatisoitumissyvyys mitataan pH-indikaattorilla. Karbonatisoituneen betonin pH on noin 8 ja karbonatisoitumattoman noin 13 - 14. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 91.)

Karbonatisoitumissyvyys mitataan fenoliftaleiiniliuoksen avulla. Fenoliftaleiiniliuos koostuu seuraavasta seoksesta: (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 92 – 93)

- 1 g fenoliftaleiinijauhetta
- 50 g etanolia (denaturoitua spriitä)
- 50 g vettä (tislattua).

Seinästä porataan halkaisijaltaan noin 50 mm lieriö. Lieriö puhdistetaan hyvin porausjätteistä ja muusta roskasta. Tämän jälkeen lieriön pintaan suihkutetaan fenoliftaleiiniliuosta. Karbonatisoitumaton betoni värjäytyy punaiseksi mutta karbonatisoitunut betoni ei muuta väriä ollenkaan. Poikkeuksena tähän menetelmään on valkosementtibetoni, joka saattaa värjäytyä kauttaaltaan punaiseksi, tällöin karbonatisoitumissyvyys on määriteltävä mikrorakennetutkimuksella. Karbonatisoitumissyvyys voidaan myös mitata seinässä olevasta reiästä, mutta yleisempää on mitata se näytepalasta. Mittaus tulisi tehdä samana päivänä, kun näyte on otettu, mutta mikäli näyte on erittäin märkä, sen tulisi antaa kuivua ensin. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 92 – 93.)

Ulkokuoren karbonatisoitumissyvyyttä mitatessa on aina myös mitattava takapinnan karbonatisoitumissyvyys. Näytteiden tulokset kirjataan ylös ja lasketaan keskiarvo karbonatisoitumissyvyydelle. Yksittäiset huomattavasti poikkeavat tulokset kirjataan mutta niitä ei huomioida keskiarvoa laskettaessa. Suuret poikkeamat voivat johtua esim. halkeamasta. Mikäli rakenteessa on paljon suuria vaihteluita, se kuvaa jonkun verran myös työn laatua. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 93.)

On myös tärkeää huomioida, että syvyydet vaihtelevat huomattavasti jopa samanlaisten elementtien kesken. Tästä syystä näytteitä on aina otettava riittävästi. Mikäli halutaan myös tarkastella korroosiotilassa olevien terästen määrää, on rinnakkaisnäytteitä otettava vähintään 6 tutkittavaa rakennetyyppiä kohden. Mikäli tutkitaan jotakin isoa rakennetyyppiä kuten julkisivua, on suositeltavaa ottaa huomattavasti enemmän kuin 6 rinnakkaisnäytettä. Jotta tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia, tulisi näytteet ottaa sellaisista paikoista jotka altistuvat

rakenteessa keskiverto saderasitukselle. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 93.)

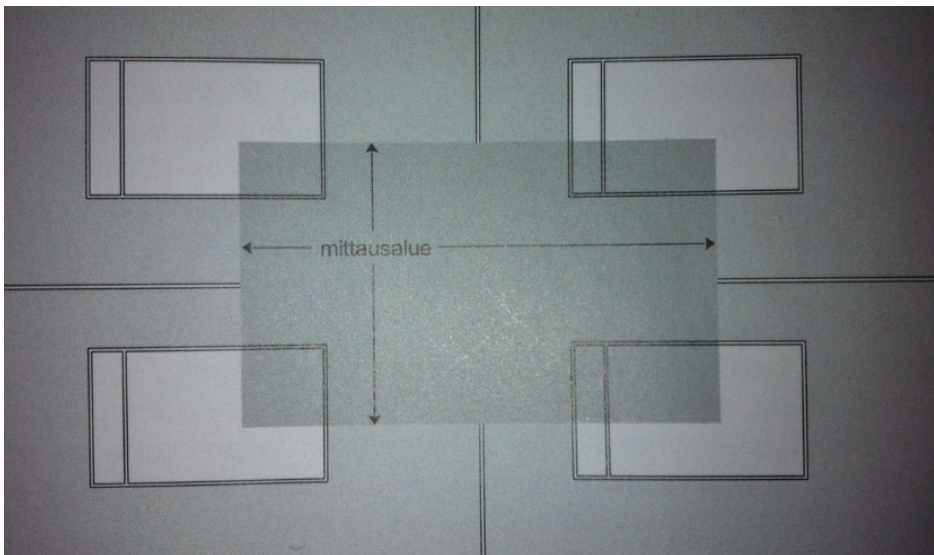
Näytteet tulisi ottaa tasaisesti elementtien reuna- sekä keskialueilta. Liian reuna-asta näytettä ei kuitenkaan saisi ottaa koska täällä karbonatisoituminen pääsee etenemään kolmelta suunnalta. Julkisivun ilmansuunnalla ei juurikaan ole väliä, mutta mittauskohdat tulisi hajauttaa tasaisesti eri korkeuksille mahdollisten tuotannossa tapahtuneiden virheiden havaitsemiseksi. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 94.)

5.1.3 Raudoitteiden peitepaksuuksien mittaaminen

Raudoitteiden peitepaksuuksia kartoittamalla pyritään selvittämään, kuinka suuri osa raudoitteesta on karbonatisoituneella syvyydellä eli korroosiolle riskialttiilla vyöhykkeellä. Peitepaksuuksien mittaaminen auttaa arvioimaan rakenteen kuntoa sekä tulevia vaurioita. Raudoitteiden peitepaksuuksia voidaan mitata rakennetta rikkomatta peitepaksuusmittarilla. Mittarin toiminta perustuu sähkömagneettisen induktion. Mittarilla voidaan havaita kaikki tavanomaiset magneettiset raudoitteet mutta esim. ruostumatonta terästä se ei pysty havaitsemaan. Mittarin käyttö edellyttää että terästen halkaisija on tiedossa. Halkaisijan voi useimmiten selvittää rakennepiirustuksista mutta mikäli piirustuksista ei tietoa löydy on halkaisija selvitettävä jollain muulla tapaa, esim. rakennetta varovasti rikkoen. Julkisivuelementeissä ja parvekkeissa halkaisijat ovat yleensä vakiintuneita kokoja joten halkaisija pystytään selvittämään rakennusvuoden perusteella. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 94 – 95.)

Mittaukset tehdään satunnaisotantana, jossa kaikki tulokset kirjataan. Sandwich-elementeissä mittaukset suositellaan tehtäväksi elementtien neljänneksistä kuten kuvassa 7 on esitetty. Kaikkia mittauksia ei myöskään tule tehdä samalta korkeudelta jotta saadaan mukaan eri valmistuserien mahdolliset laadunvaihtelut. Sopiva mittausväli on noin 150 – 200 mm. Peitepaksuusmittauksia tulee olla tarpeeksi paljon jokaista rakennetyyppiä kohden, suositeltava määrä on noin 100 - 200 kpl. Mikäli heti alussa todetaan, että raudoitteiden syvyys on

täysin riittämätön, voidaan mittauksen määriä vähentää. Mittaukset tulee tehdä vähintään kuudesta, mieluummin vielä useammasta eri elementistä mahdollisen laadun vaihtelun vuoksi. Mittaukset on tehtävä kaikista oletettavasti peitepaksuusjakautumaltaan erilaisesta elementistä kuten esim. ulkokuori, parvekekaide tai parvekelaatta. Lisäksi on myös tutkittava eri raudoitetyypit kuten esim. sandwich-elementissä verkkoraudoite ja reunateräkset. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 95 – 96.)



Kuva 7. Peitepaksuuksien mittaus. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 95)

5.1.4 Kloridipitoisuuden määrittäminen

Kloridipitoisuuden määrittäminen on tärkeää koska jo hyvin alhainenkin kloridipitoisuus saattaa aiheuttaa terästen korroosion alkalisessakin betonissa. Raudoitteen korroosion kannalta kriittisenä kloridipitoisuutena pidetään noin 0,03 - 0,07 paino% happoliukoista kloridipitoisuutta betonin painosta. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 96.)

Kloridipitoisuus tulisi aina tarkastaa vaikka näkyviä vaurioita ei olisi koska kloridikorroosiota ei yleensä pystytä tunnistamaan ilman rakenneavauksia. Kloridipitoisuus nopeuttaa karbonatisoitumisesta aiheutuvaa korroosiota huomattavasti ja se johtaa monesti raskaan korjaustavan valintaan. Kloridipitoisuus mitataan jauhenäytteestä, joka otetaan rakenteesta. Rakenteeseen porataan reikä pora-

vasaralla ja siitä syntynyt jauhe otetaan talteen. Meren rannalla noin 200 - 300 metriä rantaviivasta on lisäksi syytä selvittää, ovatko kloridit peräisin valmistusvaiheesta vai ulkoisesta rasituksesta. Mikäli kloridit ovat peräisin ulkoisesta rasituksesta, on kloridipitoisuus suurempi rakenteen pinnassa ja mikäli ne ovat peräisin valmistusvaiheesta, on pitoisuus tasainen kaikilla syvyyksillä. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 97.)

Kloridipitoisuus määritetään siihen tarkoitetulla laitteella, menetelmän nimi on titraus. Laitteita on sekä laboratorio- että kenttäkäyttöön. Näytettä varten tarvitaan jauhe joka sisältää vähintään 2 grammaa sementtiä ja jonka raekoko on alle 0,1 mm. Esimerkiksi betonissa, jonka sementtimäärä on 250 kg/m^3 , tarvitaan noin 45 mm syvä reikä joka on halkaisijaltaan 15 mm, jotta saataisiin tarpeeksi jauhetta. Käytännössä jauhetta kannattaa kuitenkin ottaa talteen enemmän, jotta voidaan tarvittaessa tehdä uusintakoe. Porauksen yhteydessä on oltava erittäin huolellinen että kaikki jauhe saadaan talteen, muuten tuuli saattaa kuljettaa kevyimmän materiaalin pois ja näin vääristää tuloksia. Mikäli betonin runkoaineen raekoko on suuri, täytyy näytteitä ottaa useampia koska muutoin on vaarana että näytteeseen tulee suurimmaksi osaksi runkoainetta. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 96 – 97.)

5.1.5 Rapautumisen tutkiminen

Pakkasrapautumista voidaan tutkia sekä silmämääräisesti että laboratoriokokeilla. Näkyvä halkeilu, julkisivusaumojen kokoonpuristuminen sekä elementtien kaareutuminen saattavat kaikki olla merkkejä pakkasrapautumisesta. Moska on myös hyvä apuväline alustavassa tutkimuksessa. Seinää lyömällä huomaa melko helposti eron rapautuneen ja terveen betoniseinän väliltä. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 99.)

Pakkasrapautumisen aiheuttama elementtien kaareutuminen on erityisen yleistä pesubetonipintaisissa elementeissä. Taustabetoni pääsee rapautumaan jonka seurauksena elementti pääsee kaareutumaan ja samalla pintaan muodostuu

halkeamia, jossa voidaan yleensä havaita kalkkihärmevalumia. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 99.)

Laboratoriomenetelmät pakkasrapautumisen tutkimiseen ovat betonin mikrorakennetutkimus (ohut- tai pintahie) sekä betonin vetokoe (vetolujuuden määrittäminen), nämä menetelmät vaativat aina timanttiporauskalustoa. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 100 – 101.)

Rakenteen kunto on syytä tarkastaa hietutkimuksella aina mikäli rakenteen kunto on kriittinen korjaustavan valinnan kannalta eikä tilannetta pystytä muuten toteamaan. Tietyissä kohteissa alkava rapautuminen ei ole peruste rakenteen purkamiselle, esim. parvekelaatassa uusi hyvin tehty vedeneristys lähestulkoon pysäyttää pakkasrapautumisen. Tutkimus tehdään aina laboratoriossa mikroskoopilla tarkastellen. Mikrorakennetutkimuksessa selvitetään useimmiten ainakin seuraavat asiat:

- betonin pakkasenkestävyys (lisähuokosten esiintyminen)
- syntyneet säröt ja halkeamat sekä niiden suuntautuneisuus ja aiheuttaja
- huokosten täytteisyys (vain ohuthietutkimus)
- mahdolliset haitalliset reaktiot (ettringiitti, alkalirunkoaine)

Hienäytettä varten betonista porataan lieriö timanttiporan avulla. Lieriöstä valmistetaan hie yleensä ulkopinnasta alkaen kohtisuoraan rakenteen ulkopintaa vastaan. Ohuthienäyte hiotaan erittäin ohueksi, n 25 - 30 µm paksuiseksi. Tarkoituksena on saada näyte niin ohueksi, että sen läpi nähdään mikroskoopilla. Pintahienäyte hiotaan vain toiselta puolelta, jonka jälkeen sen pintaa tarkastellaan. Näytteenottoaikat tulisi valita sellaisista paikoista, jotka ovat oletettavasti voimakkaimmin pakkasrasitukselle alttiita, tai paikasta, jossa vaurioita on jo havaittavissa. Mikäli näytteessä huomataan selkeää rapautumaa, on vaurion laajuus arvioitava ja otettava lisää näytteitä kevyemmin rasitetuista kohdista. Näytteiden tarkkaa määrää ei voida määrittellä koska se riippuu hyvin monesta tekijästä kuten esim. silmämääräinen rapautumistilanne, haluttu luotettavuustaso, erilaisten rakennetyyppien määrä sekä rapautumisen kriittisyys. Nyrkkisääntönä voidaan pitää että mikäli silmämääräisesti tarkasteltuna ja rakennetta koputtamalla ei vaurioita havaita, riittää noin 2 - 3 hienäytettä pahimmin rasitetuista

kohdista. Mikäli vauriot ovat erittäin selviä, ei tutkimusta välttämättä tarvita ollenkaan. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 101 – 103.)

Vetokoe on myös hyvä tapa määrittää onko betoni rapautunut. Vetokokeella ei kuitenkaan voida arvioida kovin tarkkaan rapautumisen astetta vaan tulokset kertovat lähinnä, onko betoni pahasti rapautunut vaiko ei. Vetokoetta käytetään yleensä tutkimuksia täydentävänä menetelmänä ja suuria määriä kuten esim. parvekkeitä testatessa. Vetokoe on huomattavasti halvempi ja nopeampi kuin hietutkimus. Rapautumattoman betonin vetolujuuden raja-arvona pidetään 1,5 MPa ja vastaavasti rapautuneen betonin raja-arvo on < 0,5 Mpa. Tähän väliin jäävät tulokset saattavat vaihdella huomattavasti runkoaineen koon, kiviaineksen muodon sekä näytteen halkaisijan perusteella. Tästä johtuen näille näytteille on syytä tehdä jatkotutkimuksia kuten hietutkimus. Myös betonin heikko laatu saattaa aiheuttaa heikkoja tuloksia joten tuloksia on tulkittava harkiten. Vetokoe suoritetaan laboratoriossa tai kentällä, jossa seinästä porattu lieriö koestetaan. Lieriö on tavallisesti halkaisijaltaan 50 mm tai 75 mm. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 103 – 104.)

5.1.6 Kannatusten, kiinnitysten ja sidontojen kunto

Julkisivun kiinnitysten kunto on yksi tärkeimmistä osista julkisivun kuntotutkimuksessa. Mikäli kiinnitysten kunto on puutteellinen, saattaa julkisivu muodostaa merkittävän turvallisuusriskin. Kiinnikkeiden kuntoa voidaan selvittää joko normaalin näytteenoton yhteydessä tai erillisellä rakenneavauksella. Kun julkisivusta porataan tutkimuksia varten vähintään 15 - 20 näytettä, yleensä vähintään yksi osuu ansaan kohdalle. Ansaat ovat yleisesti ottaen valmistettu ruostumattomasta teräksestä, teräkset erottaa helpoiten toisistaan magneetin avulla. Ruostumaton teräs ei ole magneettinen kun taas normaali rauditus on. Rakenneavauksilla voidaan silmämääräisesti selvittää rakenteen tyyppi ja kiinnikkeiden kunto. Rakenneavauksia tehdessä on kuitenkin varottava heikentämästä rakennetta entisestään. Mikäli raudoitteet osoittautuvat pääsääntöisesti hyväkuntoisiksi, voidaan riittävänä määrän pitää noin 3 - 5 avausta. Mikäli kuitenkin

osa on heikkokuntoisia, on tutkimuksia syytä jatkaa. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 106 – 107.)

5.2 Useammasta rakennuksesta koostuvat kohteet

Mikäli kohde koostuu useammasta rakenteeltaan samanlaisesta rakennuksesta on näytteiden määrä mietittävä tarkkaan, sillä rakennusten kunto saattaa vaihdella huomattavasti mm. betonin laadun sekä kausivaihteluiden takia. Hyvänä käytäntönä voidaan pitää, että yksi taloista tutkitaan täydellä näytemäärällä ja loput hieman suppeammalla. Mikäli taloista löytyy suuria eroavaisuuksia, on niidenkin näytemäärä kasvatettava. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 65.)

Julkisivut koostuvat usein eri tyyppisistä elementeistä. Tässä tapauksessa kaikista elementeistä on otettava näytteet erikseen koska eri tyyppisten elementtien vauriot saattavat vaihdella huomattavasti. Näytteet tuleekin ottaa niin, että eri tyyppiset rakenteet voidaan helposti analysoida elementtityyppikohtaisesti. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002, 66.)

5.3 Tutkimusten luotettavuus ja niihin perustuvat toimenpidesuositukset

Tutkimusmenetelmät eivät ole suoranaisesti samoja kuten vahingon aiheuttajat vaan enemmänkin vaurioitumiseen viittaavaa havainnointia sekä erilaisia mittauksia. Esimerkkinä betonin pakkasenkestävyys sekä terästen korroosio. Pakkaskestävyyttä tutkitaan ohuthietutkimuksella sekä suojahuokoskokeen avulla vaikka suora menetelmä olisi sulatus ja jäädytyskoe, samoin raudoitusten korroosionopeutta arvioidaan sekä karbonatisoitumissyvyyden että peitepaksuusmittausten avulla, eikä suoranaisesti korroosionopeutta mittaamalla. Koska suoranaisia mittausmenetelmiä ei voida käyttää, perustuvat tulokset pitkälti tutkijoiden kokemukseen ja ammattitaitoon. BeKo-tietokannan perusteella voidaan kuitenkin todeta, että ammattilaisen tekemää kuntotutkimusta voidaan pitää hyvin luotettavana. (Lahdensivu ym. 2010, 39 – 40.)

Kuntotutkimusraporttiin kannattaa kuitenkin aina suhtautua tietyllä varovaisuudella. Tilaajien haastattelujen mukaan 1990-luvulla tutkituille kohteille suositeltiin yleensä raskaita korjauksia, ja julkisivujen käyttöikä arvioitiin melko lyhyeksi. Suurin osa tilaajista jätti kuitenkin korjaukset tekemättä. Kun samoja kohteita tutkittiin 10 vuotta myöhemmin selvisi, että vauriot olivat edenneet ennusteita huomattavasti hitaammin. Tilaajien ja valvojien mukaan tämä johtui lähinnä tutkijoiden liiallisesta varovaisuudesta. Haastattelujen perusteella todettiin myös, että kuntotutkimuksen perusteella tehdyt kustannusarviot olivat yleensä liian alhaisia. (Lahdensivu ym. 2010, 53.)

6 AS. OY MAJOITUSMESTARIN KUNTOTUTKIMUS

6.1 Lähtötiedot

Tässä kuntotutkimuksessa esitetään julkisivujen tämän hetkinen kunto sekä suositukset jatkoa varten.

Tutkimukset suoritettiin 30.03.2012. Rakennukset tarkastettiin ensin silmämääräisesti, jonka jälkeen suunniteltiin näytteenottoaikat. Tutkimusten perusteella voidaan arvioida rakennuksen kunto, rakenneauriot ja ongelmat sekä tarvittavat jatkotoimenpiteet.

Taloyhtiö koostuu neljästä rakennuksesta

- Rakennus 1 (AB)
- Rakennus 2 (CD)
- Rakennus 3 (EFGH)
- Rakennus 4 (IK)

6.2 Aiemmat tutkimustulokset

Taloyhtiölle on tehty kuntoarvio ja sen yhteydessä osittainen kuntotutkimus vuonna 1998, jolloin näytteitä otettiin 6 kappaletta. Kuntoarvion suoritti insinööri-toimisto Hirsinummi Oy ja ohutietutkimukset teki Imatran Voima Oy:n betonilaboratorio. Taulukossa 2 on esitetty vuoden 1998 tutkimuksen tulokset karbonatisoitumisen osalta niin että voidaan arvioida vaurioiden kehitystä viimeisen 14 vuoden ajalta. Karbonatisoitumissyvyys on mitattu fenoliftaleiiniliuoksen avulla. Runkoaineena rakenteessa on käytetty kalkkikiveä, joka vaikeuttaa karbonatisoitumissyvyyden tarkastelua liuoksen avulla. Aiemman tutkimuksen tarkat näytteenottoaikat eivät ole tiedossa, mutta ilmansuunnat on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Aiemmat tutkimustulokset.

Näyte	Ilmansuunta	Karbonatisoituminen mm	
		Ulkopinta	Sisäpinta
1	Lounas (pääty, ulkoseinä)	1 - 3	1 - 5
2	Lounas (pääty, sokkeli)	5 - 10	1 - 2
3	Koillinen (kulmaelementti)	1 - 5	< 1
4	Lounas (parvekekaide)	2 - 6	1 - 7
5	Kaakko (pääty, ulkoseinä)	1 - 2	11 - 17
6	Kaakko (parvekekaide)	1 - 5	1 - 7

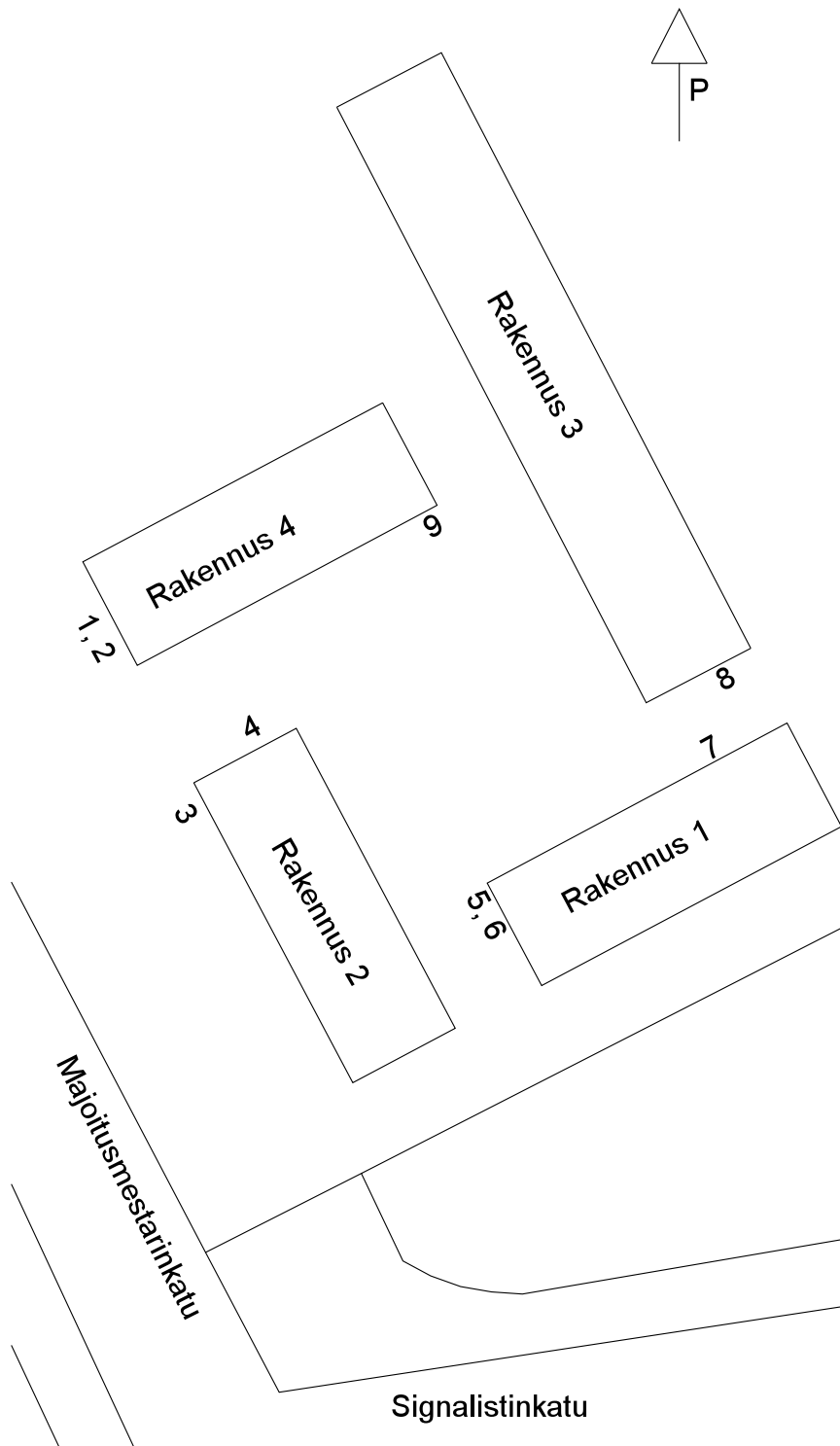
Kaikille näytteille on tehty ohuthietutkimus. Tutkimuksesta käy ilmi, että betoni ei sisällä haitallisia määriä teräksiä syövyttäviä klorideja, eikä betonia ole lisähuokostettu. Keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys sisäpinnassa on noin 8 mm ja ulkopinnassa noin 6 mm.

6.3 Silmämääräinen tarkastelu

Julkisivun pesubetonipinnoissa oli havaittavissa selviä merkkejä vaurioista. Vauriot kohdistuvat kuitenkin lähinnä elementtien kulmiin, joissa korroosio on päässyt etenemään pisimmälle. Osassa kulmia raudoitteet olivat jo näkyvillä ja osassa kulmia oli selkeää halkeilua havaittavissa. Julkisivut on saumattu uudelleen vuonna 2011 ja saumat näyttävät olevan hyvässä kunnossa. Julkisivuissa oli huomattavissa lievää kaareutumaa, joka aiheutuu pakkasrapautumisesta. Ikkunat ja parvekeovet on uusittu vuonna 2010 ja ne näyttävät olevan hyvässä kunnossa. Tarkastelun yhteydessä huomattiin myös, että parvekkeiden vedenpoistoa ei ole toteutettu lainkaan.

6.4 Tutkimus ja näytteiden otto

Silmämääräisen tarkastelun perusteella päätettiin ottaa 9 näytettä julkisivuista. Näytteet otettiin niin että saatiin ainakin yksi näyte jokaisesta ilmansuunnasta. Kuvassa 8 on esitetty taloyhtiön asemakuva, johon on merkitty näytteidenotto-paikat. Tarkemmat valokuvat näytteidenotto- paikoista ovat liitteessä 1.



Kuva 8. As. oy Majoitusmestari asemakuva.

Tutkimukset suoritettiin nostokorista käsin, jotta saatiin mukaan myös seinän yläosat, jotka yleensä ovat huonoimmassa kunnossa. Seinästä porattiin 50 mm

lieriöitä, joista 2 kpl lähetettiin ohuthietutkimukseen. Loput 7 kpl tutkittiin koulun laboratoriossa. Karbonatisoitumisen osalta näytteet tutkittiin fenoliftaleiiniliuoksen avulla ja rapautumisaste selvitettiin vetokokeella.

6.5 Tulokset

Laboratoriokokeiden avulla määritettiin betonin karbonatisoitumissyvyys, suoja-betonin paksuus, pakkasrapautuminen sekä kloridipitoisuus. Näytteistä lähetettiin 2 kappaletta ohuthietutkimuksiin ja loput 7 käsiteltiin koulun laboratoriossa.

6.5.1 Karbonatisoitumissyvyyden mittaaminen fenoliftaleiiniliuoksen avulla

Taulukossa 3 on esitetty fenoliftaleiiniliuoksen avulla mitattu näytteiden karbonatisoitumissyvyys. Näytteiden 4 ja 7 tulokset ovat saatu ohuthietutkimuksen avulla.

Taulukko 3. Karbonatisoitumissyvyys.

Näyte	Ilmansuunta	Karbonatisoituminen mm	
		Ulkopinta	Sisäpinta
1	Lounas (pääty, pielielementti)	8	-
2	Lounas (pääty, ulkoseinä)	7 - 8	7 - 8
3	Lounas (parvekekaide)	0 - 2	35
4	Luode (pääty, ulkoseinä)	7 - 8	-
5	Lounas (pääty, ulkoseinä)	3 - 4	-
6	Lounas (pääty, ulkoseinä)	7 - 11	0
7	Luode (pitkä sivu, ulkoseinä)	2 - 10	-
8	Kaakko(pääty, ulkoseinä/yläpohja)	4 - 6	17 - 20
9	Kaakko(pääty, pielielementti)	5 - 7	-

Keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys sisäpinnassa on noin 16 mm ja ulkopinnassa noin 8 mm. Aiempiin tutkimustuloksiin verrattuna voidaan todeta että

karbonatisoituminen ulkopinnassa on edennyt odotetulla tavalla, tai jopa odotettua hitaammin. Karbonatisoituminen sisäpinnassa sen sijaan on edennyt odotettua nopeammin.

6.5.2 Silmämääräinen näytteiden tarkastelu

Näytteistä 2 ja 3 voidaan havaita, että sisäpinnan suojabetonikerros on noin 23 mm, karbonatisoituminen on siis lähivuosina saavuttanut raudoitteiden syvyyden. Näytteestä 8 havaitaan että ulkopinnan suojabetonikerros on noin 27 mm. Karbonatisoituminen ei siis ulkopinnassa ole vielä edennyt raudoitteisiin asti. Näin pienellä näytemäärällä on kuitenkin mahdotonta arvioida vaihteluita suojabetonikerroksen paksuudessa. Karbonatisoitumissyvyys on siis voinut saavuttaa raudoitesyvyyden jo paljon aiemminkin.

Näytteiden perusteella voidaan myös arvioida vaihteluita villan paksuudessa. Taulukossa 4 on esitetty näytteen kokonaispituus, piellelementeistä ja parvekekaiteesta otettuja näytteitä ei tässä tapauksessa huomioida.

Taulukko 4. Ulkokuoren paksuus.

Näyte	Pituus mm
2	91
6	82
8	78

Otettujen näytteiden perusteella ulkokuoren paksuus vaihtelee jonkin verran. Piirustusten mukaan ulkokuoren paksuus tulisi olla 60 mm, joten eristekerros saattaa olla paikoittain suunniteltua ohuempi.

6.5.3 Vetokokeet

Vetokokeet suoritettiin Turun Amk:n laboratoriossa siihen soveltuvalla mittauslaitteella. Näytteiden molempiin päihin liimattiin metallikiinnikkeet, jotta näytteet saatiin vedettyä poikki. Kuvassa 9 on esitetty vetokokeen toteutustapa. Näytteen toinen pää on kiinni kierretangossa ja toinen pää on kiinnitetty vetokoelaitteeseen.



Kuva 9. Vetokokeet.

Vetokokeiden tulosten perusteella voidaan arvioida rapautumisen aste rakenteessa. Taulukossa 5 on esitetty vetokokeiden tulokset.

Taulukko 5. Vetolujuus.

Näyte	Vetolujuus MPa	Murtumiskohta ja etäisyys pinnasta	Murtumistapa ja lisähuomiot
1	0,94	Sisäpinta (8-15 mm)	Rakeita ja rajapintoja rikkoen
2	0,39	Sisäpinta (6-10 mm)	Rajapintoja pitkin
3	0,38	Ulkopinta (15-20 mm)	Rajapintoja pitkin
5	0,31	Sisäpinta (7-15 mm)	Rakeita ja rajapintoja rikkoen
6	0,35	Ulkopinta (6-15 mm)	Rakeita rikkoen, suuri raekoko
8	0,63	Sisäpinta (5-10 mm)	Rajapintoja pitkin
9	0,92	Ulkopinta (3-17 mm)	Rakeita rikkoen

Rapautumattoman betonin vetolujuuden raja-arvona pidetään 1,5 MPa ja vastaavasti rapautuneen betonin raja-arvo on < 0,5 MPa. Näytteessä ei myöskään saa olla runkoainesrakeita jotka ylittävät 1/3 näytteen pinta-alasta. Ottamisemme näytteissä ainoastaan näytteessä 6 oli huomattavan isoja runkoainesrakeita. Vetokokeeseen tulee aina suhtautua varauksella, mutta saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että rakenne on kärsinyt huomattavasta rapautumisesta. Rapautuminen voi johtua pakkasen aiheuttamasta rapautumisesta, tai tuotannon aikaisista virheistä. Ohuthietutkimusten perusteella rapautuminen on aiheutunut näiden yhteisvaikutuksesta.

6.5.4 Ohuthietutkimukset

Ohuthietutkimukset suoritti Betonialan ohuthiekeskus Oy. Tutkimukset suoritettiin 25.04.2012. Laboratoriossa valmistettiin 0.025 mm paksut ohuthienäytteet 75 mm (pituus) x 25 mm (leveys) kokoisille näytelaseille. Ohuthieet tutkittiin polarisaatiomikroskoopilla. Tarkemmat tiedot on esitetty tutkimusselostuksesta liitteessä 3.

Tutkimuksissa kävi ilmi, että betonia ei ole lisähuokostettu, eli se ei ole pak-
kasenkestävää nykykäsityksen mukaan. Näytteestä numero 4 löytyi myös 1 kpl
ulkopintaa vastaan kohtisuora, kalkkikivirakenteita rikkova mikrohalkeama. Tä-
mä viittaa valmistuksen jälkeiseen mekaaniseen rasitukseen, esimerkiksi teräs-
korroosioon. Vastaavia halkeamia löytyi myös näytteestä 7. Näytteestä 4 löytyi
myös 3 mm pitkä kuivumiskutistumisesta aiheutunut mikrohalkeama. Näyttees-
sä 4 pesubetonikerros on irti taustabetonista noin 5 mm matkalta, näytteessä 7
pesubetoni on irti lähes koko matkalta. Taustabetonista löytyi myös merkkejä
ettringiitin kaltaisista täytekiteytymistä, jotka ovat merkkejä kosteuden kulkeu-
tumisesta rakenteessa. Ohuthietutkimuksessa ei kuitenkaan löydetty jälkiä pak-
kasrapautumisesta.

6.6 Johtopäätökset ja toimenpidesuositukset

Ohuthietutkimusten perusteella betoni ei ollut juurikaan pakkasrapautunut. Ve-
tokokeessa ilmeni kuitenkin erittäin heikkoja tuloksia, jotka voivat olla peräisin
joko pakkasrapautumisesta, tai tässä tapauksessa valmistusvaiheen virheistä.
Oli syynä kumpi tahansa, ne saattavat vaikuttaa ulkokuoren sisäkuoreen kiinnit-
tävien ansaiden kykyyn kantaa ulkokuoren omasta painosta johtuvat kuormituk-
set. Elementtien valmistusvaiheessa syntyvät valmistusvirheet saattavat olla
paljon paikallisempia kuin pakkasrapautumisesta johtuvat vauriot. Vaikka ohut-
hietutkimuksessa ei pakkasrapautumaa havaittu, on silti syytä olettaa, että sitä
on aiheutunut. Tämä johtuu siitä, että betoni ei ole pakkasenkestävää, ja raken-
teesta löytyi merkkejä kosteuden kulkeutumisesta jolloin pakkasrapautuman
riski on aina olemassa. Myös ohuthietutkimuksen tulokset voivat vaihdella ja
niihin on suhtauduttava varauksella. Kaikkia tutkimustuloksia yhdessä tarkaste-
lemalla saadaan kuitenkin melko kattava käsitys rakenteen kunnosta.

Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että rakenteesta ei aiheudu väli-
töntä vaaraa kenellekään. Rakenteen vauriot ovat kuitenkin edenneet jo hyvin
pitkälle ja ne etenevät jatkossa vieläkin nopeammin. Mikäli korjausta halutaan
siirtää, tulisi tilannetta tarkastella uudelleen viimeistään 5 vuoden kuluessa. Mi-

käli korjausta siirretään, tulisi seuraavalla kerralla jo valmistella korjaussuunnitelma. Korjauksen siirtäminen saattaa kuitenkin aiheuttaa lisää rajoituksia korjaustavan valinnalle, erityisesti mikäli vauriot etenevät nopeasti.

Vauriot ovat edenneet niin pitkälle, että paikkaus ja pinnoituskorjaus eivät enää tule kysymykseen. Korjaustavaksi on valittava joko verhoukorkorjaus tai ulkokuoren purku ja uusiminen. Verhoukorkorjaus on huomattavasti halvempi vaihtoehto purku- ja uusimismenetelmään verrattuna. Purkamalla vanha ulkokuori voidaan kuitenkin lisäeristäminen toteuttaa viisaammin. Korjaustapa tulisi valita toivottujen ominaisuuksien mukaan.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyöni aihe oli haastava. Siitä oli kuitenkin tarjolla runsaasti tutkimuksiin perustuvaa tietoa, mikä mahdollisti laaja-alaisen perehtymisen aihepiiriin. Työn alussa tutustuin betonirakenteiden vauriotyyppeihin ja niiden aiheuttajiin. Työn edetessä hankin tietoa erilaisista vaurioiden tutkimismenetelmistä sekä niiden toteuttamistavoista ja käyttökelpoisuudesta eri tilanteissa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa betonirakenteisen julkisivun kuntotutkimus. Ennen tutkimuksen suorittamista erilaisiin vauriotyyppeihin tutustumiseen ja niiden havaitsemiseen käytettiin runsaasti aikaa. Työssä on noudatettu Betoniyhdistyksen By 42 antamia ohjeita ja vaatimuksia betonijulkisivun kuntotutkimuksiin liittyen. Kenttätutkimukset ja laboratoriotutkimukset on tehty yhdessä alan ammattilaisten kanssa, ja niiden toteutus on raportoitu työssä perusteellisesti, joten tutkimuksen tuloksia voidaan pitää luotettavina.

Kuntotutkimuksen perusteella voitiin todeta, että rakenteesta ei aiheudu välitöntä vaaraa kenellekään. Rakenteen vauriot ovat kuitenkin edenneet niin pitkälle, että korjaustoimenpiteisiin olisi syytä ryhtyä mahdollisimman pian. Paikkaus ja pinnoituskorjaus eivät enää riitä vaan korjaustavaksi on valittava joko verhouk-
korjaus tai ulkokuoren purku ja uusiminen.

LÄHTEET

Lahdensivu Jukka. 2011. Betoni numero 4. Helsinki: Betoniteollisuus ry.

Lahdensivu Jukka. 2010. Julkisivujen ja parvekkeiden kestävyys muuttuvassa ilmastossa. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Lahdensivu Jukka, Varjonen Saija, Köliö Arto. 2010. Betonijulkisivujen korjausstrategiat. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Lappalainen Markku. 2011. Kerrostalon peruskorjaus – suunnittelu ja toteutus taloyhtiössäni. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Neuvonen Petri. 2009. Kerrostalon julkisivukorjaus – Julkisivun ominaispiirteet ja korjaustavan valinta. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Suomen Betoniyhdistys r.y. 2002. Betonijulkisivun kuntotutkimus 2002 by 42. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Suomen Rakennusmedia Oy. 2009. Tehdään elementeistä – Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia. Helsinki: Suomen betonitieto Oy.

RT 82-10657. 2000. Julkisivun betonipinnat

Betoniteollisuus ry 2012. Elementtirakentamisen historia. Viitattu 12.02.2012
<http://www.betoni.com/fi/Elementtirakentaminen/Historia/>

C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 21.02.2012
<http://www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf>

Betoniteollisuus ry 2012. Ongelmia ja luuloja. Viitattu 22.03.2012
<http://www.betoni.com/fi/Tietoa+betonista/Perustietopaketti/Ongelmia+ja+luuloja/>

Kuvat näytteidenottopaikoista









Julkisivun korjaustarpeen arviointi, RT kortti



RT 82-10603

ohjietedosto
toukokuu 1996
1 (4)

JULKISIVUN KORJAUSTARPEEN ARVIOINTI Korjausrakentaminen

julkisivut, korjausrakentaminen
fasader, reparationsbyggande
facades, repairs

Tässä RT-ohjekortissa käsitellään julkisivujen yleisimpiä vaurioita aiheuttavia rasisuksia sekä julkisivujen korjauksiin ja kunnan arviointiin liittyviä yleisiä tekijöitä. Julkisivujen vaurioita ja korjaustoimenpiteitä on esitetty tarkemmin RT-ohjekorteissa Betonijulkisivut, korjausrakentaminen, Muuratut julkisivut, korjausrakentaminen, Rapatut julkisivut, korjausrakentaminen ja Julkisivujen uudelleenverhous, korjausrakentaminen.

SISÄLLYSLUETTELO

- 1 YLEISTÄ
 - 2 JULKISIVUJEN RASITUKSET
 - 3 KUNNON TUTKIMINEN
 - 3.1 Kuntoarvio
 - 3.2 Kuntotutkimus
 - 3.3 Rakennusteollinen arvio
- KIRJALLISUUTTA

1 YLEISTÄ

Tämä RT-ohjekortti kuuluu korttisarjaan, jossa käsitellään julkisivujen yleisimpiä vaurioita ja niiden korjausmenetelmiä. RT-ohjekorttien tarkoituksena on palvella kuntotutkimuksen ja korjaussuunnitelman tilausta sekä korjausrakentamisen suunnittelua luonnossuunnitteluvaiheessa.

Julkisivukorjauksiin ryhdyttäessä korjaustarpeen arviointi ja kuntotutkimukset edellyttävät asiantuntijoiden tarkkoja tutkimuksia ja näytteiden analysoimista laboratoriossa. Julkisivukorjauksen suunnittelun ja rakentamisen kulusta esitetään esimerkki kuvassa 1.

Julkisivukorjaukset kuuluvat osana kiinteistön jatkuvaan tekniseen ylläpitoon. Korjaustoimenpiteet voidaan jaotella esimerkiksi kuvassa 2 esitettävällä tavalla.

HANKESUUNNITTELU

Tarvittavat tiedot

- tiedot ympäristöstä
- kaavamääräykset
- kuntoarvio
- kiinteistön omistajan tavoitteet
 - laatu (tekninen/esteettinen)
 - käyttöikä
 - kustannukset

Toimenpiteet

- kuntotutkimus
- luonnossuunnittelu
- alustava kustannus selvitys
- neuvottelut viranomaisten kanssa

Tulos

- hyväksytyt luonnokset

RAKENNUSSUUNNITTELU

Tarvittavat tiedot

- hankesuunnittelun tulokset
- kuntotutkimus
 - vanhat suunnitelmat
 - vanhojen rakenteiden kantavuudet
 - tarkastustulokset
 - koetulokset
- mittaukset

Toimenpiteet

- suunnittelu
- suunnitelmien yhteensovittaminen
- viranomaisten hyväksyntä

Tulos

- pääpiirustukset
- rakennuslupa
- työpiirustukset ja -selitykset
- rakennetyypit
- detailit
- materiaalivalinnat
- työohjeet

RAKENTAMISEN VALMISTELU

Tarvittavat tiedot

- arkkitehti- ja rakennussuunnitelmat
- määrälaskentatiedot
- työmaatiedot
 - aikataulu
 - liittyminen muihin töihin
 - työmaatiet ja varastointi
 - sähkö, vesi, sosiaaliltilat
 - istutusten suojaamistarve
 - työrajoitukset

Toimenpiteet

- urakkalaskenta
- tarjous

Tulos

- urakkasopimus
- hinta ja urakkarajat

Kuva 1.
Esimerkki julkisivukorjauksen suunnittelun ja rakentamisen valmistelun kulusta.

2 JULKISIVUJEN RASITUKSET

Rakennusten julkisivuihin kohdistuvat rasitukset voidaan jakaa esimerkiksi ulkoi- siin ja sisäisiin rasituksiin. Ulkoiset rasitukset johtuvat pääasiassa ulkoilmasta ja säätökijöistä ja niiden yhdistetyistä vaikutuksista. Sisäiset rasitukset johtuvat itse seinärakenteesta ja sisätiloista seinärakenteen kautta heijastuvista vaikutuksista. Eri rasitusten vaikutuksesta julkisivuissa tapahtuu jatkuvasti muutoksia, jotka saattavat aiheuttaa ennenaikaisia vaurioita. Kuva 3.

Ulkoiset rasitukset

• Auringon säteily (UV ja IR)

Säteily sisältää energiaa, joka rikkoo useimpia orgaanisia sidoksia. Syntyneiden kemiallisten muutosten seurauksena tapahtuu esimerkiksi hapettuminen, hydrolyysi ja sillottuminen. Nämä johtavat orgaanisten rakennusaineiden ominaisuuksien muutoksiin, kuten värin, lujuuden ja kuullon muuttumiseen.

• Lämpötilavaihtelut

Toistuvat lämpölaajeneminen ja kutistuminen saattavat aiheuttaa pinnan halkeilua ja murtumia. Aineiden toisistaan poikkeava lämpölaajeneminen aiheuttaa esimerkiksi pintamateriaalien irtoamista.

Erityisesti etelä- ja länsijulkisivut ovat alttiita suurille vuorokautisille lämpötilan vaihteluille, mitä lisää julkisivun mahdollinen tummuus.

• Vesi

Vesi ja kosteus eri olomuodoissaan liuottavat alustan sideainesosia ja suoloja sekä murtavat alustaa jäätyessään huokosissa.

Raudotteiden korrosio alkua, kun rakenteessa on kosteutta ja karbonatisoituminen on edennyt terästen syvyydelle.

Viistosade eli runsas sade ja tuulen paine ovat syynä moniin kosteusvaurioihin.

Rakenteisiin voi johtua kosteutta ulkoa, sisätiloista ja rakennekosteutena.

• Ilman kaasut ja epäpuhtaudet

Hapettumisreaktiot aiheuttavat yleensä kovettumista ja haurastumista sekä värin ja kiillon muutoksia.

Palamsijätteenä syntyvä rikkidioksidi vaurioittaa betonia, laastia ja metalleja.

Ilman sisältämä hiilidioksidi aiheuttaa betonin karbonatisoitumisilmiön.

• Biologiset tekijät

Mikrobit, sienet ja hyönteiset aiheuttavat varsinkin puu- ja sellupohjaisille rakenteille vaurioita, samoin monille pinnoitteille. Homehtuneet rakenteet ovat usein terveydelle haitallisia.

Sisäiset rasitukset

• Muodonmuutokset

Ulkoseinien muodonmuutoksia aiheuttavat mm. rakenteen oma paino, ulkoiset kuormat (hyöty, tuuli, ja lumikuorma) sekä lämpö- ja kosteusliikkeet. Samoin perustusten routiminen ja liikkeet voivat aiheuttaa vaurioita myös julkisivurakenteille.

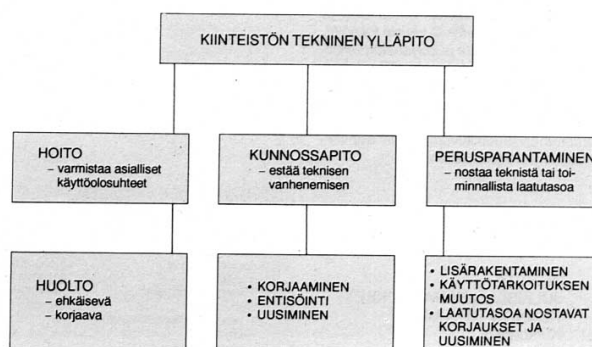
• Kosteus

Julkisivurakenteissa oleva ylimääräinen kosteus saattaa olla peräisin myös rakennuksen sisätiloista. Pääasiassa kosteutta siirtyy ilmavuotojen mukana. Diffuusion vaikutus ei yleensä ole seinärakenteissa merkittävä, paitsi virheellisesti toteutetuissa märkätilojen rakenteissa.

• Huonosta suunnitellut ja toteutetut yksityiskohdat

Alla mainittujen yksityiskohtien toteutuksessa on usein havaittu virheitä, jotka aiheuttavat julkisivun vaurioitumista:

- räystäät, kourut ja syöksytorvet
- ikkunapellitykset
- tippanokat
- parvekkeet
- kylmät muurit
- sokkelit
- reunukset, listat ja tasanteet
- saumat
- erilaiset kiinnikkeet
- tuuletus
- vedenpoisjohtaminen rakenteesta.



Kuva 2.
Kiinteistön tekninen ylläpito.



Kuva 3.
Rakennuksen sisäiset ja ulkoiset rasitustekijät.

3 KUNNON TUTKIMINEN

Julkisivun kunnan arviointi, huolto, rakenteiden ja yksityiskohtien korjaukset sekä uusiminen muodostavat toimenpiteiden ketjun, jolla turvataan vanhan rakenteen toimivuus. Myös rakennuksen kulttuurihistoriallinen ja rakennustaiteellinen arvo otetaan huomioon. Tavoitteena tulee olla julkisivurakenteen toimivuus pitkällä aikavälillä sekä rakennusperinnön ominaispiirteiden säilyminen.

Julkisivujen korjaamiseen tai uusimiseen johtavia syitä ovat:

- pinta ei täytä ulkonäkövaatimuksia
- pinta ei enää suojaa alustaansa, vaan aiheuttaa siihen ylimääräisiä rasituksia
- julkisivu ei enää täytä sille asetettuja vaatimuksia esimerkiksi lujuuden tai muiden teknisten ominaisuuksien suhteen.

Kaikissa tapauksissa pinnan kunto ja käytökelpoisuus on alentunut. Alenemiseen ovat voineet vaikuttaa edellä mainitut rasitustekijät, rakennuksen suunnittelu, rakentaminen ja materiaalivalinnat sekä tavanomainen kuluminen, käyttö ja huollon puutteet. *Kuva 4.*

3.1 Kuntoarvio

Kuntoarvion tehtävänä on selvittää julkisivun kunto ja siinä esiintyvät mahdolliset vauriot ja niiden laajuus. Kuntoarvion teossa käytetään pääasiassa aistinvaraisia, kokemusperäisiä ja ainetta rikkomattomia menetelmiä.

Menetelmät vaihtelevat julkisivurakenteista riippuen, ja ne on esitetty erillisissä ohjekorteissa.

Tarkastuksissa on huomioitava julkisivun kokonaisuus; räystäsrakenteet, pelitykset, saumatukset ja muut julkisivun osat sekä käytetyt rakennusaineet ja niiden yhteensopivuus.

Julkisivun kunto voi vaihdella huomattavasti eri kohdissa. Tästä syystä julkisivun tarkastus jaetaan usein osakokonaisuuksiin, joiden perusteella tehdään päätökset jatkotoimenpiteistä.

Kuntoarvion pohjalta voidaan laatia mahdollinen korjaussuunnitelma tai tehdä päätös kuntotutkimuksesta.

Julkisivujen vauriot ovat usein sellaisia, että niitä ei kuntoarvion menetelmin voi havaita, vaan tarvitaan tarkempia rakenteiden kuntotutkimuksia.

3.2 Kuntotutkimus

Kuntotutkimuksella selvitetään tarkemmin rakenteiden ominaisuuksia. Kuntotutkimuksen tavoitteena on tuottaa luotettavaa (mittauksiin perustuvaa) tietoa rakenteiden kunnosta. Tarkastelu tehdään rakenteittain ja turmeltumisilmiöittäin.

Rakenteet tutkitaan tiedon tarpeen mukaan kiinteistönpidon ja korjaussuunnittelun tarpeisiin.

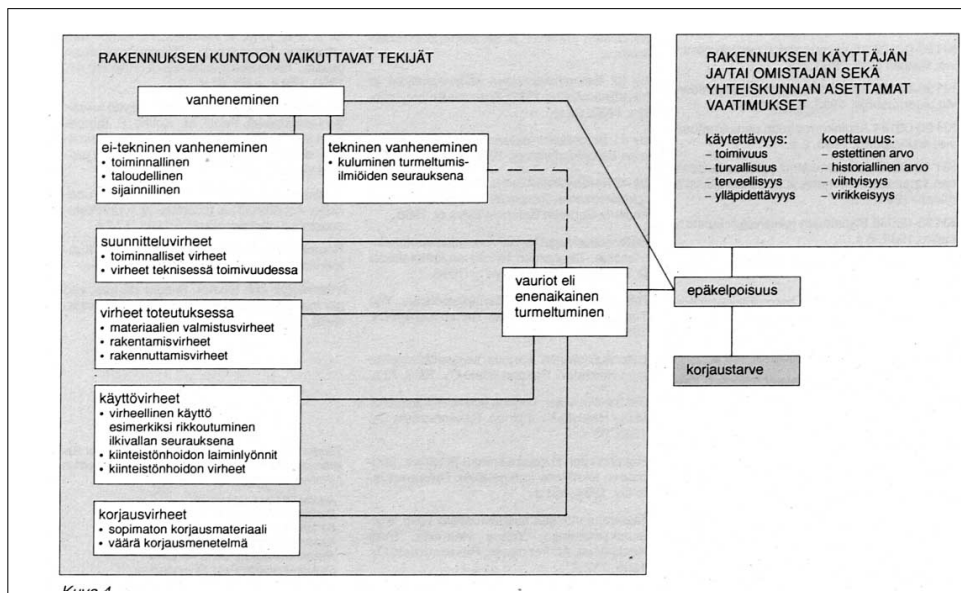
Kuntotutkimus vaatii erityisosaamista ja erikoislaitteita.

Kuntotutkimusmenetelmät voivat olla ainetta rikkovia tai rikkomattomia, kuten esim:

- betoniterästen peitesyvyyden mittaus
- näytteidenotto julkisivuista ja laboratoriotutkimukset
- rakennetutkimukset.

Julkisivun tai sen osan kuntotutkimus muodostuu yleensä seuraavista osa-alueista:

- yleisten tausta- ja historiatietojen koostaminen
- julkisivun tarkastus ja kenttäkokeet sekä tarvittavien näytteiden ottaminen



Kuva 4. Julkisivun korjaustarve.

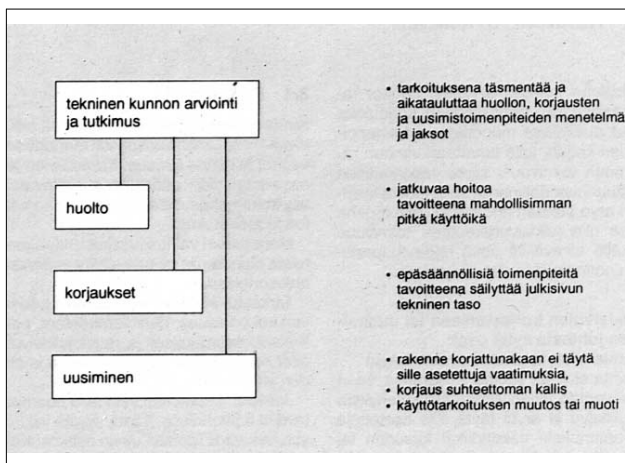
© Rakennustietosäätiö 1996

- materiaaliominaisuuksien määrittäminen sekä mahdollisten vaurioiden syiden selvitys ja vaurioiden laajuuden kartoitus
- kuntotutkimuksen raportointi, jossa esitetään arvio rakenteiden vaurioitumisesta ja nykyisestä kunnosta sekä ennuste vaurioiden kehittymisestä jatkossa
- kuntotutkimusraportissa esitetään lisäksi alustavat korjausmenetelmien vaihtoehdot alustavine kustannusarvioineen.

Halutun lopputuloksen varmistamiseksi on työlle asetettava laatuksiteerit, joita voidaan valvoa tarvittavin menetelmin. Usein ennakkokokkein pyritään löytämään kohteeseen sopivat työmenetelmät ja käytettävät rakennusaineet. Työn lopullisessa arvioinnissa on olosuhteiden kirjaamisella oleellinen merkitys. *Kuva 5.*

3.3 Rakennustaiteellinen arvio

Julkisivun korjaustavan ja korjausaineiden valinnassa tulee myös ottaa huomioon rakennuksen alkuperäiset rakennustaiteelliset ominaispiirteet.



Kuva 5.
Julkisivun kunnan arvioinnin tavoitteet.

KIRJALLISUUTTA

Ohjeita ja standardeja

RT 29-10567 Maalaustarvikkeet. Maalit ja pinnoitteet. 1995. 8 s.

RT 33-10386 Rappaus, laastit ja niiden valinta. 1990. 8 s.

KH 90-00159 Kiinteistön kunnossapitajaksot. 1992. 7 s.

KH 90-00182 Asuinkerrostalon peruskuntoaio, tilaajan ohje. 1993. 8 s.

KH 90-00183 Asuinkerrostalon peruskuntoaio, suoritusohje. 1993. 8 s.

KH 90-00184 Asuinkerrostalon peruskuntoaio, malliraportti. 1993. 2 s.

KH 92-00191 Kiviaineisten julkisivuelementtien saumausten korjaus ja uudelleen tiivistäminen. 1994. 8 s.

KH 95-00065 Rapattujen julkisivujen kunnossapito. 1984. 6 s.

KH 95-00070 Kiviaineisten julkisivujen puhdistus. 1984. 4 s.

Ratu F 34-0038 Maalaton betonijulkisivun korjaus ja suojaus. Menetelmät. 1995. 6 s.

RIL 149-1983 Betonityöohjeet, betonointi, talvibetonointi, korjaus ja paikkaus. 171 s.

RIL 174-1-1988 Korjausrakentaminen I. Yleiset perusteet. 321 s.

Muita julkaisuja

RIL K 91-1988 Rakennusten ulkoseinä- ja kattorakenteet. 1988. Korjausrakentamisen täydennyskoulutusohjelma, osa IV.

RIL K 93-1988 Korjaushankkeen läpivienti 1988. Korjausrakentamisen täydennyskoulutusohjelma, osa IV.

RIL K 111-1989 Korjausrakentamisen täydennyskoulutusohjelma I-IV. Osa I. Korjausrakentaminen, perusteet ja mahdollisuudet.

RIL K 126- 1990 Korjausrakentamisen täydennyskoulutusohjelma osa IV. Ulkoseinä- ja kattorakenteiden korjaus.

RIL K 166-1994 Korjausrakentaminen I. Korjausrakentamisen perusteet. Kuntoarviointi.

RIL K 168-1994 Korjausrakentaminen II. Korjausrakentamisen perusteet. Korjaushankkeen läpivienti.

RIL K 171-1995 Korjausrakentaminen V. Rakennusten julkisivu- ja ulkoseinä- ja kattorakenteiden korjaus.

by 32 Betonirakenteiden säilyvysohjeet ja käyttöikämitoitus 1992. Suomen Betoniyhdistys. 1992. 66 s.

by 41 Betonirakenteiden korjausohjeet. Suomen Betoniyhdistys ry. 1996. 92 s.

by 42 Betonijulkisivujen ja -parvekkeiden kuntotutkimusohje. Tampereen teknillinen korkeakoulu ja Suomen Betoniyhdistys ry. 1996.

Betonijulkisivujen ja -parvekkeiden kuntotutkimusohje. Tampereen teknillinen korkeakoulu ja Suomen Betoniyhdistys ry. 1996.

Rakennuksen kunto ja käyttökelpoisuus. Yrjö Tuppurainen, Kari Pääkkilä. Rakennuskirja Oy. 1988.

Betonijulkisivujen korjaus sementtilaasteilla. Aino Heikkinen. Rakennustieto Oy. 1993. 72 s.

Betonijulkisivujen korjaus laastipaikkauksella. Marja Heikkilä-Kauppinen. Rakennustieto Oy. 1995. 53 s.

Rakennusten korjaustekniikka ja talous. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakennustieto Oy. 1994. 531 s.

Talonrakennuksen kustannustieto 1995. Korjausrakentaminen. Yrjänä Hahtela, Esko Kenkkänen, Ari Pennanen. Rakennustieto Oy. 1995. 732 s.

Korjausrakentamisen urakointi. Suomen Rakennuttajaliitto ry RAKLI. Raki. 1986. 186 s.

Betonijulkisivujen ja -parvekkeiden kunnossapito-oppas. Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö. Kiinteistöalan kustannus Oy. 1991. 72 s.

Ulkoseinä- ja kattorakenteiden pitkäaikaiskestävyys, betonirakenteiset, muuratut ja puujulkisivut. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustekniikan osasto, Talonrakennustekniikka, raportti 33. 1988. 254 s.

Betonijulkisivujen karbonatisoituminen. Mehto, L., Pentti, M. & Kähkönen, H. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustekniikan osasto, Talonrakennustekniikka, Raportti 41. 1990. 149 s. + liit. 37 s.

Ruostumattomien raudtoitteiden käyttö julkisivuelementeissä. Pentti, M. Kokko, P. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustekniikan osasto, Talonrakennustekniikka, Tutkimusraportti. 1993. 18 s. + 23 s.

Julkisivututkimus. Aimo Heimala, Eero Puna-kallio. Asuntohallitus tutkimus- ja suunnitteluosasto asuntotutkimuksia 5:1993. 174 s.

Remonttiohjelma. Renovatioto 15.6.94; Kuntoarviokurssi, Asuinkerrostalon kuntoaio.

Ytterväggar och fönster. Skador på hus, vad gör man? Sven Erik Bjerking. Byggeforskningsrådet. 1987.

Tämän RT-ohjekortin laadintaan on osallistunut Rakennustietosäätiön toimikunta TK 184 Kiviaineisten julkisivujen korjaukset.

Arkkitehti Harri Hagan, pj
Diplomi-insinööri Jyrki Jalli
Diplomi-insinööri Kauko Juutinen
Rakennusmestari Tapani Jäderholm
Rakennusinsinööri Juhana Karilainen
Diplomi-insinööri Petri Silvennoinen
Tekniikan lisensiaatti Matti Pentti
Diplomi-insinööri Seppo Petrow
Rakennusarkkitehti Irja Hansio, siht.



TUTKIMUSSELOSTUS
Nro K040712, 25.04.2012

1 (4)

Tekninen vastuhenkilö:

Arto Koskiahde, FM / tj.

Testaus, raportointi:

Kari Peippo, RI

Tilaja: Turun kaupunki/ Turun Ammattikorkeakoulu PL 600 01050 TURUN LASKUT	Tilaus/ pvm.: Jari Sintonen/03.04.2012
Kohde: As. Oy Majoitusmestari, Turku	Näytteiden saap.pvm.: 10.04.2012
Tehtävä: Mikrorakennetutkimus ohuthieestä, 2 kpl; testaus 25.04.2012	

NÄYTTEET

Tilajan toimittamina ja merkitsemänä 2 kpl porauslieriönäytteitä, jotka oli varustettu tunnuksin/tiedoin: Talo 2, näyte 4 ja Talo 3, näyte 7. Näytelieriöiden halkaisija oli 45 mm. Näytteet arvioitiin suunniteltuihin testauksiin soveltuviksi.

Taustatietona saatiin kohteen rakentamisajankohta 1974 – 75.

TUTKIMUKSET

Näytelieriöistä valmistettiin Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n laboratoriossa esi-impregnointien jälkeen noin 0,025 mm paksut ohuthienäytteet 75 mm (pituus) x 25 mm (leveys) kokoisille näytelaseille. Ohuthieet tutkittiin polarisaatiomikroskoopilla. Tutkimuksissa noudatettiin standardia *ASTM C 856-11* soveltuvin osin.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:llä on FINAS-akkreditointi betonin ohuthietutkimuksille (akkreditoitu testauslaboratorio T208, *SFS-EN ISO/IEC 17025*).

TULOKSET

Tutkimustulokset koskevat tähän toimeksiantoon sisältyneitä ohuthienäytteitä.


Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy	puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923	Y-tunnus 1713909-2
Nuijatie 25 B	fax (09) 290 50071	Kotipaikka Helsinki
01650 Vantaa	arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com	ALV rek.
	www.ohuthiekeskus.com	

Tekninen vastuhenkilö:


 Arto Koskiahde, FM / tj.

Testaus, raportointi:


 Kari Peippo, RI
OHUTHIETUTKIMUKSET**Talo 2, näyte 4, julkisivu, ulkopinta**

Näytteen pituus ohuthieessä on 69 – 73 mm (=ulottuvuus syvyysuunnassa), jossa on noin 37 – 42 mm paksu pesubetonikerros. Näyte ei ulotu rakenteen läpi.

Pesubetoni:


- Pesubetonikerros on karbonatisoitunut ulkopinnasta noin 7 – 8 mm:n syvyyteen.
- Pesubetonikerroksessa on vain muutamia pyöreitä huokosia (\varnothing 0,20 – 0,75 mm). Ei ole havaittavissa varsinaista lisähuokostusta, millä perusteella betonia ei voida nykykäsityksen mukaan luokitella pakkasenkestäväksi määrittämissä olosuhteissa.
- Huokostiloissa ei ole täytekiteytymiä.
- Vesi-sementtisuhde vaikuttaa tavanomaiselta ja hydrataatioaste tavanomaista korkeammalta.
- Pesubetonikerroksen runkoainejakauma on pesubetonimassoille tyypilliseen tapaan epäjatkuvaa. Kiviaineksen maksimirakekoko näytteessä on noin # 12 mm. Isoimmat kivirakeet ovat särmikkästä kalkkikiveä. Hieno runkoaine on kalkkikiveä ja graniittista hiekkaa. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjät.
- Noin 12 – 31 mm:n syvyydessä ulkopinnasta on 1 kpl ulkopintaa vastaan kohtisuora, kalkkikivirakeita rikkova noin <0,01 mm leveä ja noin 20 mm pitkä mikrohalkeama, joka vaikuttaa syntyneen valmistuksen jälkeisen mekaanisen rasituksen, esimerkiksi teräskorroosion tai rakenteellisen kuormituksen seurauksena.
Noin 21 mm:n syvyydessä ulkopinnasta on 1 kpl ulkopintaa vastaan noin 45 asteen kulmassa oleva <0,01 mm leveä ja noin 3 mm pitkä kuivumiskutistumasta aiheutunut mikrohalkeama.
Pesubetonikerroksessa ei ole havaittavissa selkeästi pakkasrapautuman aiheuttamaa halkeilua.
- Pesubetonikerros on irti taustabetonista noin 5 mm:n matkalta.

Taustabetoni:


- Taustabetoni ei ole karbonatisoitunut.
- Betonissa on muutamia pyöreitä ilmahuokosia (\varnothing 0,12 – 2,7 mm). Ei ole havaittavissa varsinaista lisähuokostusta, millä perusteella betonia ei voida nykykäsityksen mukaan luokitella pakkasenkestäväksi määrittämissä olosuhteissa. Lisäksi on muutamia epämääräisen muotoisia tiivistyshuokosia (<5,2 mm).
- Huokostiloissa on yleisesti koko taustabetonin alueella <0,03 mm paksuja yksittäisiä ettringiitin kaltaisia täytekiteytymiä, jotka ovat merkinä kosteuden kulkeutumisesta betonissa.
- Vesi-sementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat pääasiassa tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsora/hiekkaa. Pääkivilajina ovat graniitti, gneissi ja amfiboliitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat pääosin ehjät.

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.
 Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923 Y-tunnus 1713909-2
 Nuijatie 25 B fax (09) 290 50071 Kotipaikka Helsinki
 01650 Vantaa arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com ALV rek.
 www.ohuthiekeskus.com

Tekninen vastuhenkilö:


 Arto Koskiahde, FM / tj.

Testaus, raportointi:


 Kari Peippo, RI

- Taustabetonissa on noin 35 – 47 mm:n syvyydessä näytteen ulkopinnasta <0,01 mm leveä ja noin 13 mm pitkä mikrohalkeama, joka on pääasiassa ulkopintaa vastaan kohtisuora ja kulkee kivirakeiden ulkopintoja pitkin. Halkeama on noin 2 mm matkan pesubetonikerroksen puolella.
Noin 52 – 60 mm:n syvyydessä ulkopinnasta on <0,01 mm leveä ja 9 mm pitkä mikrohalkeama, joka kulkee pääasiassa ison kivainesrakeen ulkopintaa pitkin.
Halkeamat vaikuttavat syntyneen valmistuksen jälkeisen mekaanisen rasituksen seurauksena.
Taustabetonissa ei ole havaittavissa selkeästi pakkasrapautuman aiheuttamaa halkeilua.

Talo 3, näyte 7, julkisivu, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 67 – 73 mm (=ulottuvuus syvyys suunnassa), jossa on noin 29 – 35 mm paksu pesubetonikerros. Näyte ei ulotu rakenteen läpi.

Pesubetoni:

- Pesubetonikerros on karbonatisoitunut ulkopinnasta noin 2 – 10 mm:n syvyyteen.
- Pesubetonikerroksessa on vain muutamia pyöreitä huokosia (\varnothing 0,10 – 0,31 mm). Ei ole havaittavissa varsinaista lisähuokostusta, millä perusteella betonia ei voida nykykäsitetyksen mukaan luokitella pakkasenkestäväksi määrissä olosuhteissa.
Noin 0 – 7 mm:n syvyydessä ulkopinnasta on muutamia pitkänomaisia huokostiloja (leveys <0,22 mm, pituus <3,2 mm), jotka ovat todennäköisesti syntyneet betonin plastisen vaiheen aikana vedenerottuman seurauksena.
- Huokostiloissa ei ole täyte kiteytymiä.
- Vesi-sementtisuhde ja hydrataatioaste vaikuttavat tavanomaisilta.
- Pesubetonikerroksen runkoainejakauma on pesubetonimassoille tyypilliseen tapaan epäjatkuvaa. Kiviuineksen maksimirakekoko näytteessä on noin # 10 mm. Isoimmat kivirakeet ovat särmikästä kalkkikiveä. Hieno runkoaine on kalkkikiveä ja graniittista hiekkaa. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjät.
- 0 – 6 mm:n syvyydessä ulkopinnasta on 2 kpl <0,01 mm leveää ja 4 – 6 mm pitkää ulkopintaa vastaan kohtisuoraa kuivumiskutistumasta aiheutunutta mikrohalkeamaa.
Muualla pesubetonikerroksessa on muutamia erisuuntaisia <0,01 mm leveitä ja <1 mm pitkiä pesubetonimassoille tyypillisiä kuivumiskutistumasta aiheutuneita mikrohalkeamia. Pesubetonikerroksessa ei ole havaittavissa selkeästi pakkasrapautuman aiheuttamaa halkeilua.
- Pesubetonikerros on irti taustabetonista koko näytteen leveydeltä, eli noin 25 mm:n matkalta. Irtoaminen on tapahtunut kuitenkin pääasiassa noin 0,5 mm pesubetonin puolelta, eli alkuperäinen kontaktipinta pesubetonin ja taustabetonin välillä on osittain ehjä.


Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.
 Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923 Y-tunnus 1713909-2
 Nuijatie 25 B fax (09) 290 50071 Kotipaikka Helsinki
 01650 Vantaa arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com ALV rek.
 www.ohuthiekeskus.com




TUTKIMUSSELOSTUS
Nro K040712, 25.04.2012

4 (4)

Tekninen vastuhenkilö:


Arto Koskiahde, FM / tj.

Testaus, raportointi:


Kari Peippo, RI

Taustabetoni:

- Taustabetoni ei ole karbonisoitunut.
- Betonissa on muutamia pyöreitä ilmahuokosia (\varnothing 0,06 – 2,6 mm). Ei ole havaittavissa varsinaista lisähuokostusta, millä perusteella betonia ei voida nykykäsityksen mukaan luokitella pakkasenkestäväksi määrittämissä olosuhteissa. Lisäksi on kaksi epämääräisen muotoista tiivistyshuokosta pesubetonin ja taustabetonin kontaktipinnalla (pituudet 3,8 mm ja 4,3 mm).
- Muutamissa huokostiloissa on koko taustabetonin alueella <0,01 mm paksuja yksittäisiä ettringiitin kaltaisia täyttekiteytymiä, jotka ovat merkinä kosteuden kulkeutumisesta betonissa.
- Vesi-sementtisuhte ja hydrataatioaste vaikuttavat pääasiassa tavanomaisilta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/hiekkaa. Pääkivilajina on graniitti. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjät.
- Taustabetonissa on noin 58 mm:n syvyydessä näytteen ulkopinnasta <0,01 mm leveä ja noin 0,2 mm pitkä kuivumiskutistumasta aiheutunut mikrohalkeama. Pakkasrapautumaan viittaavaa halkeilua ei esiinny.

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy	puh. (09) 290 50070, gsm 050-530 2923	Y-tunnus 1713909-2
Nuijatie 25 B	fax (09) 290 50071	Kotipaikka Helsinki
01650 Vantaa	arto.koskiahde@ohuthiekeskus.com	ALV rek.
	www.ohuthiekeskus.com	