

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma / Korjausrakentaminen ja rakennusrestaurointi

Marcus Tamminen

BETONIJULKISIVUJEN RAKENTEET, VAURIOITUMINEN JA
RAUDOITTEIDEN KORROOSIO

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

TAMMINEN, MARCUS

Betonijulkisivujen rakenteet, vaurioituminen ja
raudoitteiden korroosio

Opinnäytetyö

59 sivua + 36 liitesivua

Työn ohjaaja

lehtori Sirpa Laakso
laboratorioinsinööri Jari Harju

Toimeksiantaja

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun rakennuslaboratorio

Toukokuu 2011

Avainsanat

betonijulkisivut, betonin vauriot, kuntotutkimus, raudoitteiden korroosio, työturvallisuus

Tässä työssä käydään läpi betonijulkisivujen rakenteita, –vaurioita ja raudoitteiden korroosion tutkimisen kenttätutkimusmenetelmiä sekä siihen liittyvää työturvallisuutta.

Työn tavoite oli luoda rakennustekniikan opiskelijoiden avuksi työohjeistus betonijulkisivujen kenttätutkimusten suorittamiseen.

Tätä työtä varten on hankittu tietoa alan kirjallisuudesta ja Internetistä. On myös haastateltu kuntotutkimuksia tekevää laboratorioinsinööriä, joka on tutkimukseni toimeksiantajan edustaja.

Tulosten luotettavuuden kannalta on tärkeää, että näytteenottokohdat kohdistetaan oikein, näytteitä otetaan riittävästi ja tuloksia analysoidaan oikein.

Työturvallisuuteen kuuluu olennaisena osana tarvittavien henkilösuojaimien käyttö sekä rakennuskoneiden turvallinen käyttö. Lisäksi on tärkeää, että käytettävät henkilösuojaimet ja työvälineet huolletaan, puhdistetaan ja tarkastetaan säännöllisesti käytön jälkeen sekä varastoidaan oikein.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

TAMMINEN, MARCUS

Structures of Concrete Facades, Degradation of Concrete and Field Research Methods for Corrosion of Steel Reinforcement

Bachelor's Thesis

59 pages + 36 pages of appendices

Supervisor

Sirpa Laakso, Senior Lecturer

Jari Harju, Laboratory Engineer

Commissioned by

Kymenlaakso University of Applied Sciences,
Construction Laboratory

May 2011

Keywords

Concrete facades, damages to concrete, building condition survey, corrosion of steel reinforcement, work safety

This thesis introduces concrete facades structures, damages to concrete facades, field research methods to study the corrosion of steel reinforcement bars and work safety related to field research.

The objective on thesis was to create work instructions for construction engineering students, how to conduct field research on concrete facades. This thesis is based on information from literature, internet sources and interviews of a construction laboratory engineer.

The main point in building condition survey is to get as objective and reliable results as possible of the condition of the structures. Therefore it is important to focus the sampling points correctly, take enough samples, and analyze research results properly.

An essential part in work safety is to use required personal protective equipments and to operate machinery in the proper manner. In addition, it is also important that personal protective equipment and machinery are maintained, cleaned and checked regularly after use.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	7
2	BETONIJULKISIVUJEN PERUSRAKENTEET	8
	2.1 Yleistä	8
	2.2 Kuorielementit	8
	2.3 Sandwich-rakenne	10
	2.4 Parvekkeiden rakenteet	13
	2.4.1 Yleistä	13
	2.4.2 Ulokeparvekkeet	14
	2.4.3 Elementtiparvekkeet	15
3	BETONIRAKENTEIDEN KOSTEUSRASITUKSET	17
	3.1 Yleistä	17
	3.2 Betoniulkoseinien kosteusrasitus	18
	3.3 Parvekkeiden kosteusrasitus	18
4	BETONIRAKENTEITA VAURIOITTAVAT TEKIJÄT JA NIIDEN VAIKUTUS RAKENTEISIIN	19
	4.1 Raudoitteiden korroosio	19
	4.1.1 Yleistä	19
	4.1.2 Betonin karbonatisoituminen	20
	4.1.3 Kloridit	21
	4.1.4 Korroosion vaikutus rakenteissa	22
	4.2 Betonin rapautuminen	23
	4.2.1 Yleistä	23
	4.2.2 Pakkasrapautuminen	23
	4.2.3 Ettringiittireaktio	26
	4.2.4 Alkalirunkoainereaktio	27
	4.2.5 Rapautumisen vaikutus rakenteissa	28

4.3	Kosteustekniset toimivuuspuutteet	29
4.3.1	Yleistä	29
4.3.2	Saumojen turmeltuminen	30
4.4	Kiinnitysten heikkeneminen	30
4.4.1	Ulkoseinäelementtien kiinnitysten heikkeneminen	30
4.4.2	Parvekkeiden kiinnitysten heikkeneminen	31
4.5	Pintatarvikkeiden irtoaminen ja vaurioituminen	31
4.6	Pintakäsittelyjen turmeltuminen	33
4.7	Betonin muodonmuutokset ja halkeilu	34
4.7.1	Yleistä	34
4.7.2	Ulkoseinäelementit	34
4.7.3	Parvekkeet	37
5	MUUT KORJAUSTARVETTA AIHEUTTAVAT TEKIJÄT	37
5.1	Asbesti	37
5.2	Mikrobit	37
5.3	PAH-yhdisteet	38
5.4	PCB- ja lyijy-yhdisteet	38
6	RAUDOITTEIDEN KORROOSION KENTTÄTUTKIMUSMENETELMÄT	38
6.1	Yleistä henkilösuojaimista	38
6.2	Kloridipitoisuuden tutkiminen	39
6.3	Betonin karbonatisoitumissyvyyden mittaaminen	41
6.4	Raudoitteiden peitepaksuuksien mittaus	47
7	TULOSTEN ANALYSOINTI	50
7.1	Korroosion laajuuden arviointi	50
7.2	Korroosioaurioiden laajenemisen arvioiminen	51
8	TYÖTURVALLISUUS	52
8.1	Henkilösuojaimet	52
8.2	Henkilönostin	55
9	YHTEENVETO	56
	LÄHTEET	58

LIITTEET

Liite 1. Kuntotutkimuspöytäkirja

Liite 2. Kuntotutkimusseloste

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda kenttätutkimusten suorittamiseen työohjeistus, jota rakennustekniikan opiskelijat voivat hyödyntää. Työn toimeksiantaja oli Kymenlaakson ammattikorkeakoulun rakennuslaboratorio.

Korjausrakentamiseen suuntautuvat opiskelijat käyvät harjoittelemassa kuntotutkimuksen suorittamista oikeassa kohteessa, osana betonirakenteiden laboraatioiden opintojaksoa. Tarkoituksena on, että kuntotutkimuksen tekemistä opetellaan käytännössä, mikä lisää oppimisen mielekkyyttä.

Nykyisin selvää työohjeistusta ei ole saatavilla, vaan asia on jouduttu selostamaan suullisesti. Kirjallista tietoa asiasta on kyllä olemassa, mutta tieto on hajallaan eri lähteissä. Työohjeistuksen avulla opiskelijoille voidaan antaa käytännön ohjeita tutkimusten suorittamiseen, ilman että asiaa tarvitsee selostaa kaikille erikseen.

Opinnäytetyössä keskityttiin lähinnä raudoitteiden korroosion kenttätutkimuksiin, joita ovat betonin karbonatisoitumissyvyyden mittaaminen, raudoitteiden peitepaksuuksien kartoittaminen sekä betonin kloridipitoisuuden määrittäminen. Alussa olevan betonijulkisivujen rakenteita ja -vaurioita käsittelevän teoriaosuuden tarkoituksena on toimia tukiaineistona, jonka perusteella lukija saa käsityksen betonijulkisivun rakenteissa mahdollisesti esiintyvistä vaurioista ja toimivuuspuutteista. Myös työturvallisuuteen liittyviä seikkoja käsiteltiin aiheeseen soveltuvien osin. Muut kenttätutkimukset sekä laboratorio-tutkimukset rajattiin käsittelyn ulkopuolelle.

Työn tavoitteena oli luoda mahdollisimman selvä ja tiivistetty työohjeistus, joka auttaa myös ymmärtämään kenttätutkimusten kulkua ja tarkoitusta sekä huomioimaan työturvallisuusseikat.

2 BETONIJULKISIVUJEN PERUSRAKENTEET

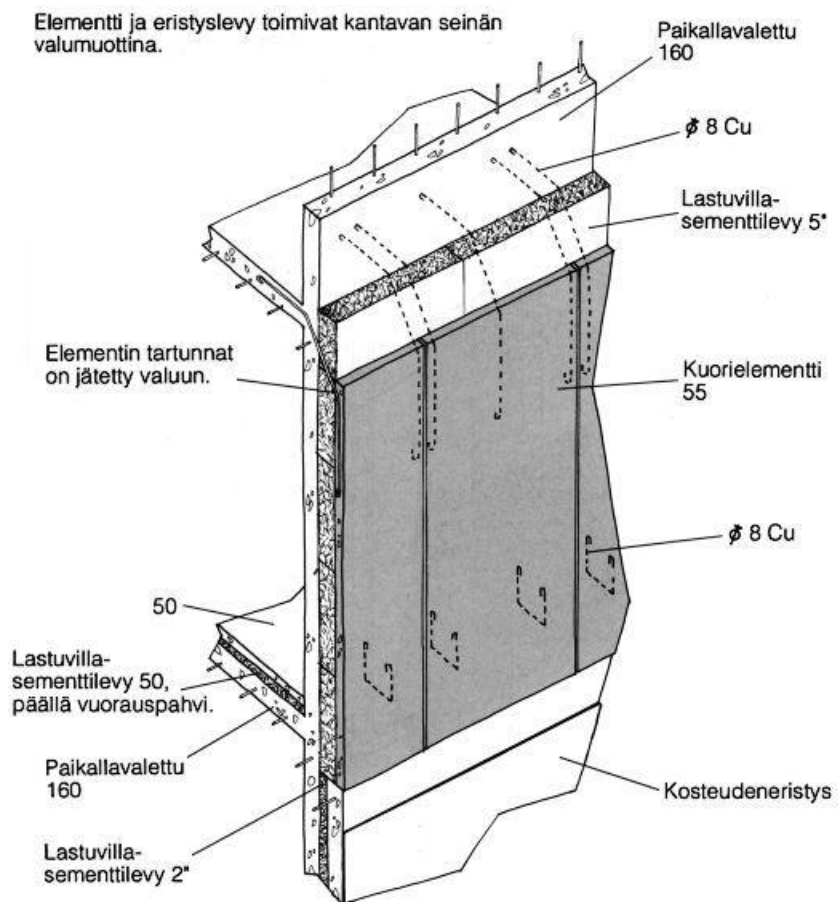
2.1 Yleistä

Tässä yhteydessä käsitellään ainoastaan teräsbetonirakenteisia betonijulkisivun perustyyppisiä, joita ovat sandwich-rakenne sekä kuorielementit. Muut rakennetyypit, esim. siporex- ja kevytsorabetonirakenteet sekä uudemmat rakennevaihtoehdot, ns. eriytetyt julkisivurakenteet, on rajattu käsittelyn ulkopuolelle.

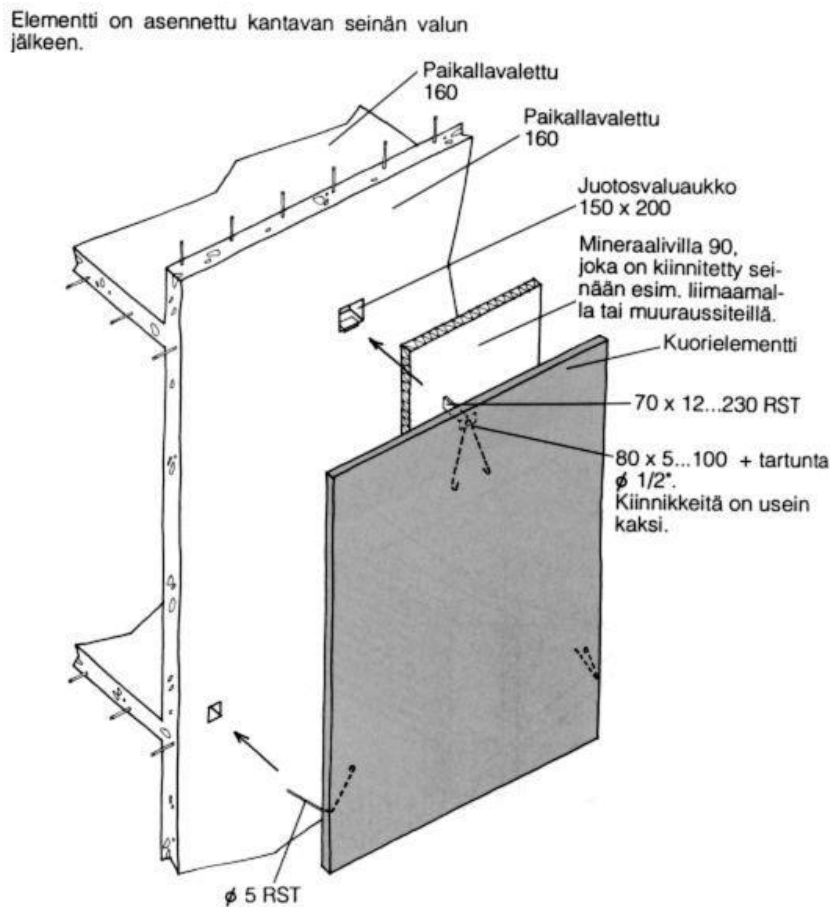
2.2 Kuorielementit

Kuorielementit ovat yhdestä betonilevystä muodostuvia rakenteita, jotka on kiinnitetty kantavaan teräsbetonirakenteeseen joko rakenteen valun yhteydessä (kuva 1) tai jälkikiinnityksenä valun jälkeen (kuva 2). Kiinnitysosina on käytetty mm. lämmöneristeen läpi meneviä pyörö- ja muototeräksiä, harjakuparisiteitä sekä betonoituja teräs-vaarnaliitoksia. Raudoitus on yleensä ollut raskaampi kuin sandwich-elementtien ulkokuoressa. Kuorielementeissä kiinnitysosia on yleensä käytetty vähän, joten ne altistuvat suuremmalle taivutus- ja ripustusrasitukselle. (1: 19, 26.)

Kuorielementtien levyn paksuudet ovat vaihdelleet 60...120 mm, mutta yleisimmin käytetty paksuus on 80 mm. Lämmöneristemateriaalina on käytetty mm. lastuvillalevyä (lastuvillasegmenttilevyä), kevytsorabetonia ja mineraalivillaa. Eristetila ei yleensä ole tuulettuva, mutta jälkikiinnityksenä asennetuissa elementeissä on voitu jättää ilmara-ko kuoren ja lämmöneristeen väliin. (1: 19, 26.)



Kuva 1. Esimerkkikuva kuorielementistä, joka on kiinnitetty kantavan seinän valun yhteydessä (4.)



Kuva 2. Esimerkkikuva kuorielementistä, joka on kiinnitetty kantavan seinän valun jälkeen (4.)

2.3 Sandwich-rakenne

Sandwich-elementti muodostuu kahdesta teräsverkolla ja reunateräksillä raudoitetusta betonilevystä, joiden välissä on lämmöneriste. Elementin ulko- ja sisäkuori on kiinnitetty toisiinsa lämmöneristeen läpi menevillä sideansailloilla tai muilla teräsosilla. Kiinnitys on yleensä toteutettu hitsaamalla sideansaat kiinni parretankoihin.

Sandwich-elementti voi toimia rakennuksessa joko kantavana tai ei-kantavana rakenteena. (2: 14.) Kuvissa 3 ja 4 on esitetty kaksi asuinkerrostalon sandwich-rakenteen perustyyppiä, joita ovat ruutu-elementti sekä nauhasandwich-elementti.

Ulkokuoren nimellispaksuus on vaihdellut 40–85 mm:iin, elementin valmistusajankohdasta sekä pintatyyppistä riippuen. Myös valmistuksen aikaisten työvirheiden sekä eristeen kokoonpuristumisen vuoksi ulkokuoren paksuus on vaihdellut huomattavasti.

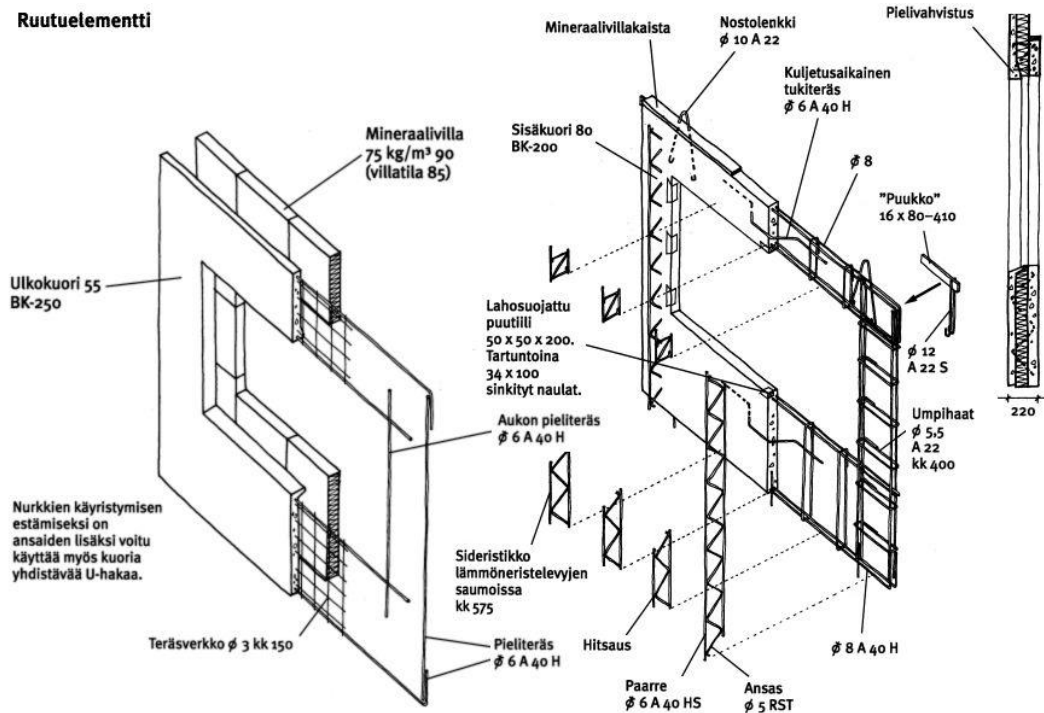
Betonin lujuusluokka ulkokuorissa on vaihdellut alkuaikojen elementtirakentamisen K25:stä nykyiseen K35–K40:een. Sisäkuoren paksuus on tyypillisesti kantavissa rakenteissa 150–160 mm ja ei-kantavissa rakenteissa 70–100 mm. (2: 14.)

Ulkokuoressa on tyypillisesti käytetty raudoituksena keskeistä verkkoa ja sen lisäksi pysty- ja vaakasuuntaisia pieliteräksiä ikkuna-aukkojen pielissä sekä elementin reunoissa. Ulkokuoreen on sijoitettu myös muita teräsosia, mm. sideansaiden paarteet sekä erilaisia sideteräksiä ja nostolenkkejä. Raudoituksessa on tyypillisesti käytetty sideansaiden paarteita lukuun ottamatta ruostuvaa teräslaatua. Ruostumattomia raudoitteita on alettu käyttää koko ulkokuoressa 1990-luvun lopulla. Elementtien nostolenkeissä käytetään kuitenkin yleensä edelleenkin ruostuvaa terästä. (2: 14.)

Reuna- ja pieliteräksiin sekä hakoihin on yleensä käytetty irtoteräksiä, jotka ovat halkaisijaltaan 6 mm tai 8 mm ja pitkissä elementeissä 10 mm. Verkkoraudoituksessa on 1960- ja 1970-luvuilla käytetty teräksiä, joiden tankojen halkaisija on 3–5 mm. (1: 26.)

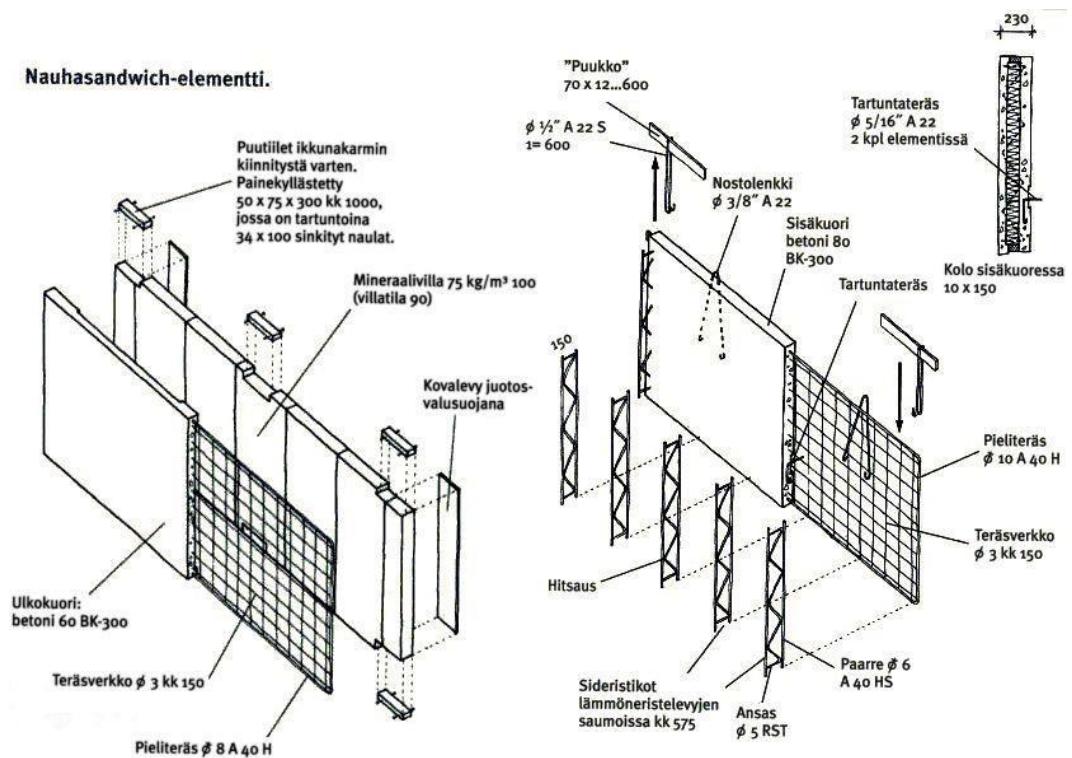
Sandwich-elementtien erilaisia pintakäsittelyjä ovat mm. betonipinta joko maalaamattomana (sileä muottipinta, hierretty, harjattu, uritettu) tai maalattuna, pesubetonipinta, klinkkerilaattapinta, tiililaattapinta sekä hienopesty pinta esim. väri- ja valkobetonista. Harjattu pinta on ollut hyvin yleinen 1960-luvulla. Pesubetonipinnan käyttö yleistyi 1970-luvulla, ja sen rinnalla on myös käytetty tiililaattapintaa yleisesti erityisesti 1980- ja 1990-luvuilla. Toinen yleisesti 1990-luvulla käytetty pintatyyppi on hienopesty betonipinta. Klinkkerilaattapintaa on käytetty melko runsaasti 1960- ja 1980-luvuilla. (2: 15.) Kuvassa 5 on esitetty erilaisia sandwich-elementtien pintakäsittelyjä.

Ruutuelementti



Kuva 3. Esimerkkikuva ruutuelementistä. Kuvassa on esitetty elementin ulko- ja sisäkuoren perusrakenne (5.)

Nauhasandwich-elementti.



Kuva 4. Esimerkkikuva nauhasandwich-elementistä. Kuvassa on esitetty elementin ulko- ja sisäkuoren perusrakenne (5.)

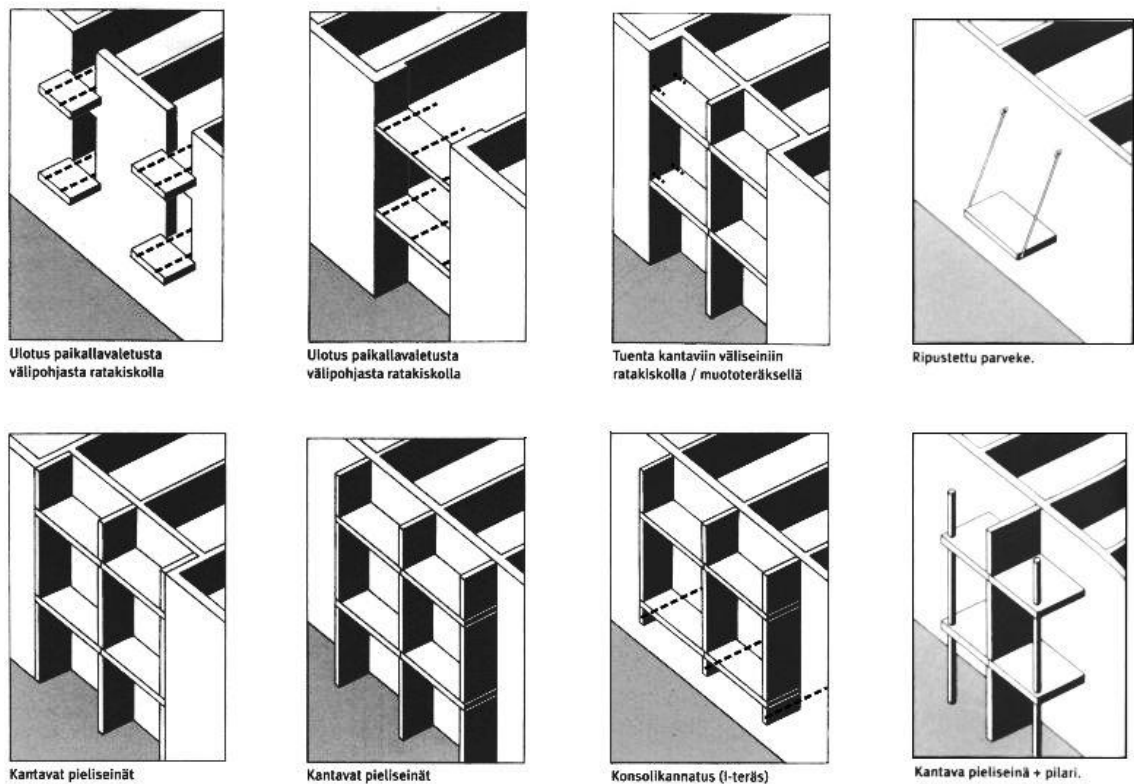


Kuva 5. Sandwich-elementtien pintakäsittelyjä (6.)

2.4 Parvekkeiden rakenteet

2.4.1 Yleistä

Parvekkeet ovat yleensä kannatustavaltaan joko rakennuksen runkoon tukeutuvia ulokerakenteita, rungon ulkopuolisia itsekantavia elementtirakenteisia parveketorneja tai rakennuksen rungosta erilaisin ripustuksin kannatettuja ns. konttiparvekkeita. Edellä mainituista parveketyypeistä on myös tehty erilaisia sekamuotoja, jotka voivat olla osittain itsekantavia ja osittain rungosta kannatettuja. (2: 15.) Kuvassa 6 on esitetty erilaisia parvekkeiden kannatustapoja.

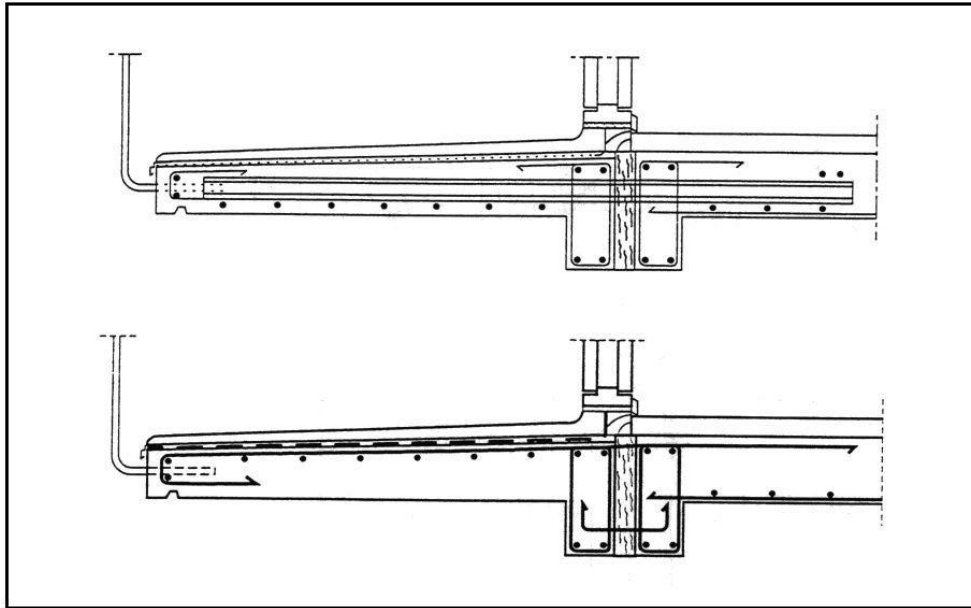


Kuva 6. Parvekkeiden kannatustapoja (5.)

2.4.2 Ulokeparvekkeet

Ulokeparvekkeet ovat yleensä joko rakennuksen rungosta ulkonevia tai sisäänvedettyjä. Usein ulokeparvekkeissa sekä parvekelaatta että parvekerakenteet ovat paikalla valettuja, ja ne ovat tavallisesti samaa betonia kuin rakennuksen rungon valu. Kannatus on tavallisesti toteutettu parvekelaattaan tukeutuvien rataakiskojen tai muototeräspalkkien varaan. Joissain tapauksissa parvekelaatta tai palkit voivat jatkua ulkoseinän läpi tai parvekelaatan pääteräkset voivat mennä eristehalkaisun läpi välipohjaan. (2: 15.) Kuvassa 7 on esitetty tyypillisiä ulokeparvekkeiden leikkauksia.

Vanhoissa ulokeparvekkeissa vedeneristys on yleensä toteutettu bitumikermeillä tai bitumisivelynä laatan päälle, jonka päälle on valettu pintabetoni. Kaiteet ovat tavallisesti joko teräs- tai betonirakenteisia. (2: 15.)

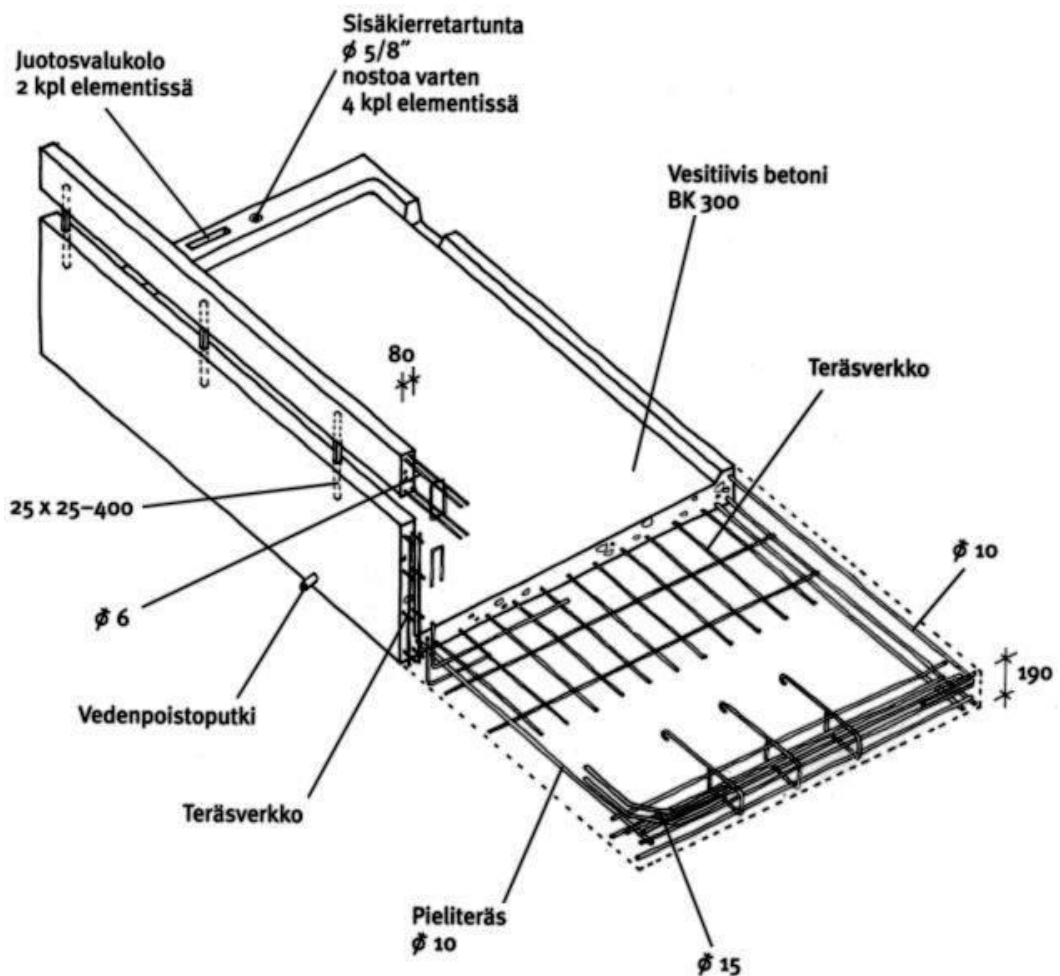


Kuva 7. Ulokeparvekkeiden tyypillisiä leikkauksia. Ylhäällä on parveke, joka on kannatettu paikallavalettuun välipohjaan tukeutuvien ratakiskoin. Alhaalla olevan parveke-
laatan pääteräkset jatkuvat paikallavalettuun välipohjaan. (1.)

2.4.3 Elementtiparvekkeet

Sisäänvedetyt elementtiparvekkeet on tyypillisesti voitu tukea rakennuksen rungon kantaviin väliseiniin. Kantava väliseinä voi olla paikalla valettu tai koko väliseinä tai sen ulkokuori voi olla elementtirakenteinen. Parvekelaattaelementin päissä voi olla joko lyhyet ratakiskot tai muototeräkset, jotka on viety seinän eristetilän läpi. Sisäänvedetyn tuuletusparvekkeen kannatus taas on voitu toteuttaa muototeräsulokkeilla porrashuoneen laatan varaan. (2: 15.)

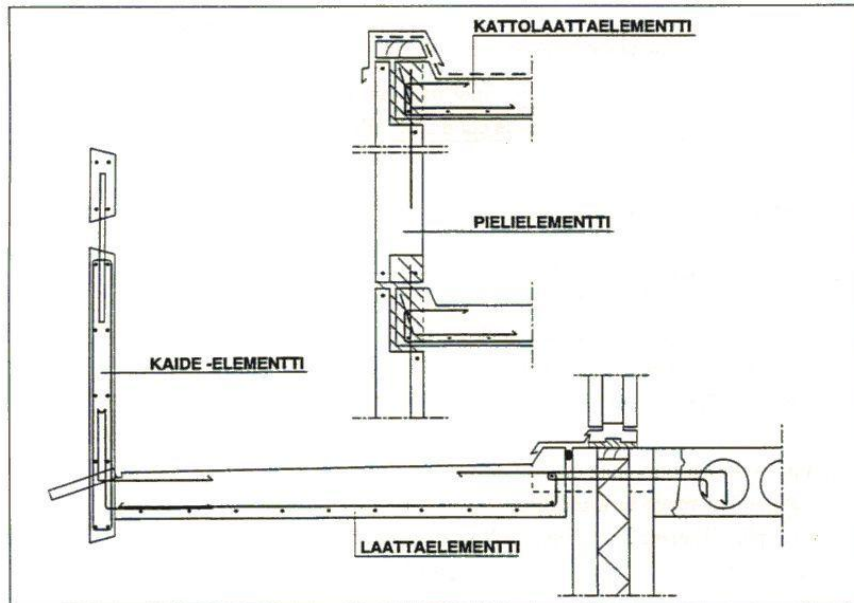
Rakennuksen rungosta ulkonevia elementtiparvekkeita on tehty sekä rungosta tuettuna että rungosta kannatettuna. Tuenta on usein toteutettu kantavien pieliseiniin, pilarien tai ulkoseinän kantavan ulkokuoren välityksellä parvekkeen perustuksille. Parvekelaatat on tuettu pieliseiniin ja sidottu tappi- tai pulttiliitoksien, harjaterästartunoin ja -lenkkien avulla tai hitsausliitoksien. Elementtiliitosten juotoksissa on käytetty notkeaa betonia tai sementtilaastia. Laatta- ja kaide-elementti voivat olla erillisiä tai laatta ja kaide voivat olla yhteen valettuja. Kaide on voitu kiinnittää niin, että kaide ja laatta on kiinnitetty toisiinsa joko muototeräsulokkein ja hitsausliitoksien tai muototerästen ja pulttiliitosten avulla tai kaide on valettu yhteen pohjalaatan kanssa (kuva 8). (2: 16.)



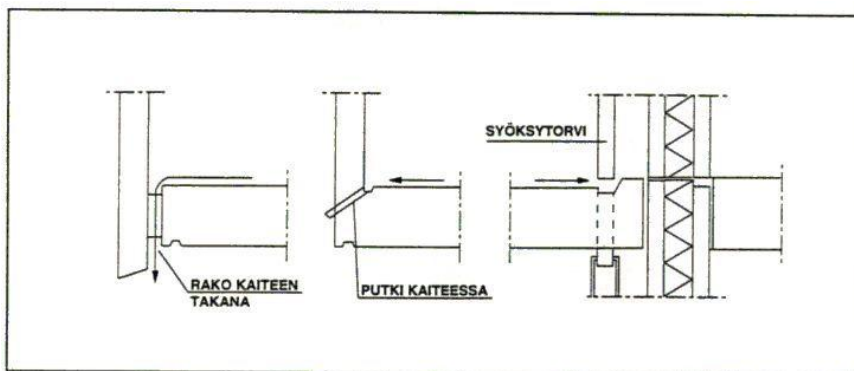
Kuva 8. Esimerkkikuva parveke-elementistä, jossa kaide on valettu yhteen pohjalaatan kanssa (5.)

Parveketorneissa sidonta on tarpeen sivusuunnassa kaatumisen estämiseksi. Sidonta on toteutettu pieliseinistä tai parvekelaatoista rakennuksen väliseiniin tai välipohjalaattoihin. Sidonta on voitu tehdä esimerkiksi väliseiniin joko lattateräsosien tai harjaterästankojen ja välipohjalaattoihin joko latta- tai pyöröteräskiinnikkeiden tai parvekesaranoiden avulla. (2: 16.)

Elementtiparvekkeisiin ei ole yleensä tehty varsinaista vedeneristystä. Erillistä kallistusbetonia ei ole juurikaan käytetty, vaan kallistus on muotoiltu laattaan muotin avulla. Laatan vesi voidaan poistaa suoraan laatan ja kaiteen välistä alas tai ohjata ulosheittoputken tai syöksytornin kautta pois. (2: 16.) Kuvassa 10 on esitetty erilaisia elementtiparvekkeiden vedenpoistotapoja.



Kuva 9. Esimerkkikuva tyypillisestä elementtiparvekkeesta (7.)



Kuva 10. Elementtiparvekkeiden vedenpoistotapoja (1.)

3 BETONIRAKENTEIDEN KOSTEUSRASITUKSET

3.1 Yleistä

Kosteus on osallisena lähes kaikissa merkittävimmissä turmeltumisilmiöissä ja se on betonirakenteiden pahin rasitustekijä. Merkittävimpiä betonijulkisivuja ja parvekkeita rasittavia kosteuslähteitä ovat sade, ulkoilman kosteus ja pinnoille tiivistyvä ilman kosteus. Muita huomioitavia kosteuslähteitä ovat mm. sisäilman kosteus, maaperän kosteus, rakennuksessa käytettävä vesi sekä erilaiset vuotovedet. (2: 17.)

3.2 Betoniulkoseinien kosteusrasitus

Viistosateen merkitys on erityisen suuri seinien yläosissa, räystäättömissä, avoimilla paikoilla sijaitsevilla ja korkeissa rakennuksissa. Vesi pääsee tunkeutumaan eristetilaan vuotavien saumojen ja toimimattomien liitosdetaljien kautta. Eristetilaan päässyt vesi kulkeutuu painovoimaisesti mm. ikkunan päällisiin ja sokkeleihin.

(2: 18.)

Betoniulkoseinät kuivuvat tuulettumattomissa rakenteissa ulkokuoren pinnasta haihtumalla, jota seinän läpi kulkeva lämpövirta tehostaa. Tuulettuvissa rakenteissa on tuuletusrako tai lämmöneristeeseen on tehty tuuletusuria. Elementtien saumoihin on myös asennettu tuuletusputkia, mutta ne kuivattavat lähinnä sauman takana olevaa ilmatilaa, sitäkin rajallisesti. Esimerkiksi klinkkeripintaisissa elementeissä on tuuletusurat, mutta sandwich-elementeissä uritettu eriste on tullut laajempaan käyttöön 1990-luvulla. (2: 18.)

Kuivumiseen vaikuttavat myös elementin pintamateriaali, -käsittely, betonin laatu sekä pintakäsittelyn kunto ja ominaisuudet. Tiililaattapinta imee nopeasti vettä ja kuivuu nopeasti. Klinkkerilaattapinta taas kuivuu erittäin hitaasti. Uudemmissa julkisivuissa, joissa betonin lujuusluokka on K35–K45, diffuusiovirta ulkokuoren läpi on erittäin hidasta. (2: 18.)

3.3 Parvekkeiden kosteusrasitus

Parvekelaatat ovat usein pitkiä aikoja märkinä, koska ne ovat lähes suoraan alttiina sadevedelle ja lumelle. Parvekkeiden pilet ja kaiteet taas ovat suoraan alttiina viistosateelle. Parvekerakenteiden kosteusrasitusta voi myös paikallisesti lisätä mm. parvekelaatan puutteellinen vedenpoisto ja virheellisesti toteutetut pellitykset. Myös parvekerakenteiden väliset liitokset (esim. pielen ja laatan sekä laatan ja ulkoseinän välillä) voivat olla huonosti toimivia. Yleensä parvekerakenteet ovat kokonaan kylmiä, joten lämpövirta ei pääse kuivattamaan rakennetta kuten ulkoseinissä. Betoniin kapillaarisesti imeytynyt kosteus pääsee poistumaan haihtumalla vasta kuivempina aikoina. Pintakäsittelyn kunto ja ominaisuudet vaikuttavat kosteuden imeytymiseen ja haihtumiseen. (2: 18.)

4 BETONIRAKENTEITA VAURIOITTAVAT TEKIJÄT JA NIIDEN VAIKUTUS RAKENTEISIIN

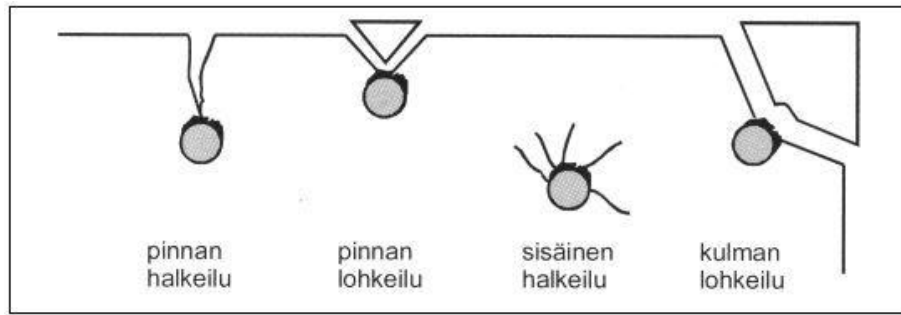
4.1 Raudoitteiden korroosio

4.1.1 Yleistä

Raudoitteet ovat normaalisti hyvin korroosiolta suojattuna betonin ympäröiminä. Teräksen pinnalle muodostuu ohut oksidikalvo betonin korkean alkalisuuden ansiosta. Oksidikalvo estää sähkökemiallisen korroosion (ns. teräksen passivoitumisen). Riittävän paksu ja tiivis betonikerros taas suojaa raudoitusta aggressiivisilta aineilta (mm. hapoilta ja klorideilta) sekä vaikuttaa kosteuspitoisuuteen ja käytettävissä olevan hapen määrään. (2: 19.)

Betonin karbonatisoituminen sekä kloridien läsnäolo raudoitusta ympäröivässä betonissa voi aiheuttaa betonin sisällä olevan teräksen passiivisuuden menetyksen, ja korroosio voi alkaa. Korroosion käynnistymisvaiheen pituus riippuu lähinnä ympäristöolosuhteista, betonin laadusta ja suojabetonin paksuudesta. Käynnistymisvaiheella tarkoitetaan aikaa, jonka kuluessa betoni menettää suojauskykynsä. Kun betonin suojauskyky on menetetty, aktiivinen korroosio pääsee alkamaan. Aktiiviseksi korroosioiksi sanotaan aikaa, joka on kulunut varsinainen korroosion alkamishetkestä siihen, kun rakenteen kelpoisuus on menetetty tai korjaus on aloitettava. Aktiivinen korroosiovaihe voi kestää vuosia, ennen kuin näkyviä vaurioita syntyy, mikäli raudoitteet eivät ole aivan pinnassa. (2: 19, 25.)

Korroosion vuoksi raudoitteiden pinnasta liukenee materiaalia, eli niiden poikkileikkausala pienenee ja rakenteen kantavuus heikkenee. Korroosiotuotteet vaativat huomattavasti alkuperäistä suuremman tilavuuden, josta syntyy halkaisupaine. Se aiheuttaa betonipinnan halkeilua sekä joissain tapauksissa myös betonin sisäistä halkeilua. (2: 19.) Kuvassa 11 on esitetty erilaisia raudoitteiden korroosion aiheuttamia vauriotyyppejä teräsbetonirakenteessa.



Kuva 11. Raudoitteiden korroosion aiheuttamia vauriotyyppejä teräsbetonirakenteessa (2.)

Raudoitteiden korroosionopeuteen betonissa vaikuttavat pääasiassa seuraavat tekijät:

- huokosverkoston kosteuspitoisuus
 - rakenteen lämpötila
 - betonin kloridipitoisuus
 - betonin tiiviys
 - raudoitusten suojabetonipeitteen paksuus
- (2: 24.)

Betonin huokosverkoston suhteellisen kosteuden noustessa betonin sähkönjohtavuus kasvaa huomattavasti. Raudoitteiden korroosio voi alkaa, kun betonin suhteellinen kosteus ylittää 65–70 % RH:n tason, ja merkittäväksi korroosionopeus kasvaa, kun suhteellinen kosteus ylittää 80–85 % RH:n tason. Korroosio etenee nopeammin sateelle alttiina olevissa rakenteissa kuin sateelta suojatuissa rakenteissa. Kuitenkin betonin huokosverkoston täytyessä vedellä hapen diffuusio rakenteeseen vähenee ja korroosionopeus hidastuu, kun betoni on jatkuvasti märkää. (2: 24.)

4.1.2 Betonin karbonatisoituminen

Karbonatisoitumiseksi sanotaan betonin neutraloitumisreaktioita, jotka aiheutuvat ilman sisältämän hiilidioksidin tunkeutuessa betoniin. Karbonatisoituaessaan betoni menettää raudoitteita korroosiolta suojaavan ominaisuutensa. Neutraloitumisreaktioiden vuoksi betonin huokosveden pH-arvo laskee karbonatisoituneella vyöhykkeellä noin

arvoon 8,5. Reaktiot tapahtuvat vyöhykkeessä, johon kulkeutuu rakenteen sisältä hydroksideja ja ulkopuolelta hiilidioksidia. Karbonatisoituminen pysähtyy hyvin kuivissa oloissa (alle 30 % RH), koska reaktio voi tapahtua ainoastaan vesiliuoksessa. (2: 21.)

Hiilidioksidin tunkeutumisenopeuteen vaikuttaa mm. betonin kosteus ja huokosrakenne. Vesi-sementtisuhte ja hydratoitumisaste vaikuttavat eniten huokosrakenteeseen ja tiiviuteen. Kun betonin vesi-sementtisuhte alenee, lujuus kasvaa ja tiiviys lisääntyy voimakkaasti. Halkeamat lisäävät hiilidioksidin tunkeutumista. Betonin huokosverkoston täytyessä esim. sadevedellä, hiilidioksidin tunkeutuminen vähenee. Tiiviissä betonissa karbonatisoituminen voi lähes pysähtyä, koska hiilidioksidin pääsy karbonatisoitumisvyöhykkeelle vaikeutuu karbonatisoitumisen edetessä yhä syvemmälle betoniin. Myös karbonatisoituvan aineen (lähinnä kalsiumhydroksidin) määrän kasvu betonissa hidastaa karbonatisoitumista. Kalsiumhydroksidin sekä kalsiumsilikaatti-hydraatin määrään betonissa vaikuttavat mm. sideaineen määrä ja laatu sekä betonin hydratoitumisaste. (2: 21–22.)

Rakenteelliset tekijät, kuten tiiviit pinnoitteet ja pintatarvikkeet, jotka voivat estää hiilidioksidin diffuusiota betoniin, vaikuttavat karbonatisoitumisenopeuteen. Suojaavat pinnoitteet ja tiiviit keraamiset laatat hidastavat karbonatisoitumista. Tiililaatat taas imevät valuvaiheessa betonimassasta vettä ja tekevät betonista tiiviimpää. Myös ilman vähäinen vaihtuvuus vaikuttaa karbonatisoitumiseen mm. sandwich-elementeissä, joissa on tuulettumaton eristekerros. Niinpä karbonatisoitumissyvytykset ovat yleensä selvästi pienempiä elementin ulkokuoren taustapinnalla kuin ulkopinnalla. (2: 22–23.)

4.1.3 Kloridit

Korkea kloridipitoisuus voi käynnistää raudotteiden korroosion, vaikka betoni ei olisi karbonatisoitunut. Kriittinen kloridipitoisuus ns. kynnyksenarvo on noin 0,03...0,07 painoprosenttia betonin painosta. Kloridipitoisuus voidaan ilmoittaa myös painoprosenttina sementin painosta. (2: 23.)

Betoniin voi päästä klorideja ulkoisista rasituslähteistä tai betonin valmistuksen yhteydessä. Ulkoisia rasituslähteitä ovat mm. jään sulatukseen käytettävät suolat ja tuulen kuljettama merivesi rannikkoseuduilla. Betonin valmistuksen yhteydessä on myös mahdollisesti käytetty kalsiumkloridia (CaCl_2) kiihdyttävänä lisäaineena mm. julkisi-

vu- ja parveke-elementeissä, yleensä moninkertaisesti terästen korroosion kynnyksarvoon verrattuna. (2: 24.)

Kovettuneeseen betoniin tunkeutuneet kloridit aiheuttavat pistemäistä ja hyvin voimakasta korroosiota. Kloridikorroosio voi edetä pitkälle ennen kuin vaurioita voidaan havaita päällepäin, koska korroosiotuotteet liukenevat helpommin betonin huokosvetten kuin karbonatisoitumisesta johtuvassa korroosiossa. Kloridikorroosio voi myös tapahtua normaalia alemmassa kosteuspitoisuudessa ja lämpötilassa. Betonin karbonatisoituminen vapauttaa sementtikiveen sitoutunutta kloridia huokosvetten, mikä kiihdyttää kloridikorroosiota. (2: 24.)

4.1.4 Korroosion vaikutus rakenteissa

Ulkoseinäelementit

Korroosion kannalta ongelmallisimpia alueita ovat elementtien pieli- ja reunateräksiset, joiden peitepaksuudet ovat usein puutteelliset ja joiden karbonatisoituminen etenee kolmelta suunnalta. (2: 26.)

Teräskorroosio voi irrottaa betonikappaleita tai laattoja, jotka voivat pudotessaan aiheuttaa vahinkoa. Muita rakenteen turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. anksapaarteiden tai muiden kiinnitysosien kunto, kiinnitysvoimia ankkuroivan raudoituksen tai sen tartunnan heikkeneminen sekä palkkimaisten nauhaelementtien staattisen raudoituksen korroosio. (2: 26.)

Alkuvaiheessa olevien pieli- ja verkkoraudoitteiden korroosiosta aiheutuvat haitat ovat lähinnä esteettisiä. Ulkokuoren lujuus tai kiinnitysvarmuus eivät vielä tässä vaiheessa tavallisesti vaarannu, ellei korroosio pääse etenemään erittäin pitkälle. Kerroksellisissa rakenteissa, esim. pesubetonipintaisissa elementeissä, voi kuitenkin jo alkuvaiheen korroosio heikentää rakennetta. Betonikerrosten rajapinnassa sijaitseva raudoiteverkko voi ruostuessaan irrottaa ulommaista kerrosta. (2: 26.)

Parvekerakenteet

Riittämättömät betonipeitepaksuudet kaiteissa ja erilaisissa pieliteräksissä ovat parvekkeiden tyypillisimpiä ongelmakohtia. Korroosion vaikutukset kaiteissa ja pieliteräksissä ovat kuitenkin lähinnä esteettisiä. Turvallisuutta saattaa vaarantaa betonin lohkeilu hoikissa pilareissa, mikä voi vaikuttaa rakenteen toimintaan. Parvekelaattojen alapinnoissa kosteusrasitus on alhainen, joten korroosio on hidasta ja se voi jatkua vuosia, ennen kuin näkyviä vaurioita syntyy. (2: 26.)

4.2 Betonin rapautuminen

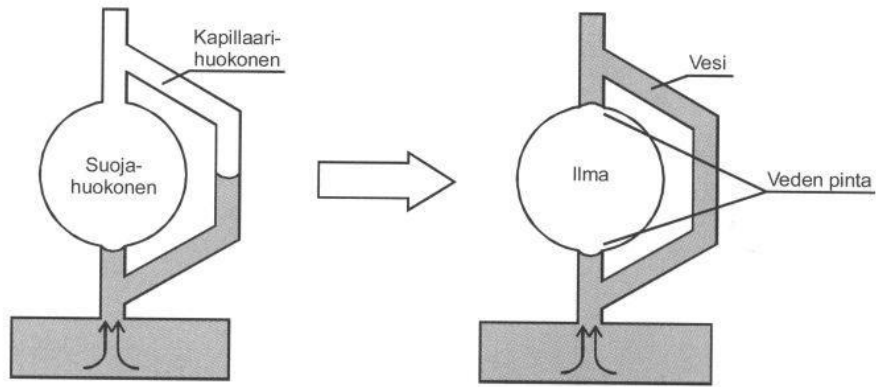
4.2.1 Yleistä

Betonia rapauttavia turmeltumisolmiöitä ovat pakkasrapautuminen, ettringiittireaktio sekä alkalirunkoainereaktio. Rapautumisen syytä on yleensä vaikea tunnistaa silmämääräisesti, sillä eri rapautumisolmiöiden aiheuttamat näkyvät vauriot ovat hyvin samankaltaisia. Pakkasrapautuminen on kuitenkin selvästi yleisin rapautumisolmiö betonijulkisivuissa ja parvekkeissa. Rapautumisolmiöiden tapahtumisedellytyksenä on korkea kosteusrasitus. (2: 27.)

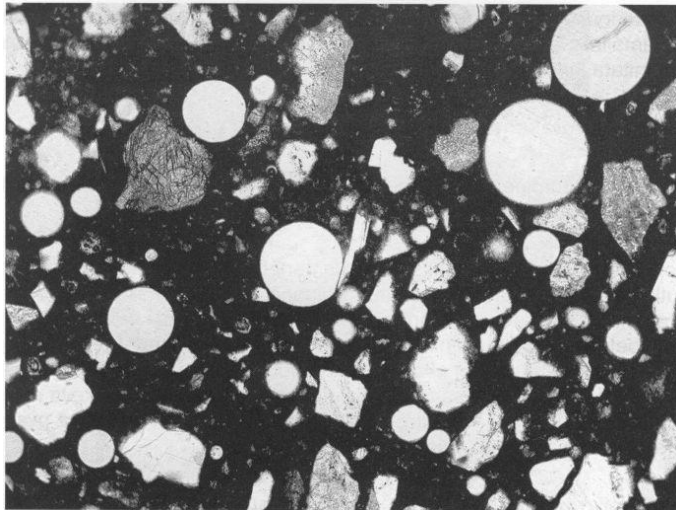
4.2.2 Pakkasrapautuminen

Betonin pakkasrapautumista aiheuttaa betonin kapillaarihuokosissa olevan veden jääytymisestä aiheutuva paineen lisäys. Veden tilavuus kasvaa noin 9 % sen jäätyessä. Huokosessa oleva kosteus laajenee jäätyessään ja näin rikkoo betonia sen huokostilan täytyttyä. (2: 28.)

Jotta betoni kestää jäätymislaajeneman aiheuttaman paineen, siinä on oltava suoja- huokosia. Suojahuokokset ovat betonissa olevia ilmahuokosia, jotka eivät täyty vedellä kapillaarivoimien vaikutuksesta ja joihin laajeneva vesi voi tunkeutua. Suojahuokosten tehtävänä on vastaanottaa betonissa olevan veden jäätyessään aiheuttama paineen lisäys niin, että betoni ei halkeile. (2: 28.)



Kuva 12. Suojahuukosten toimintaperiaate veteen kosketuksessa olevassa betonissa (2.)



Kuva 13. Ohuthiekuva lisähuukostetusta betonista (vaaleat pallot ovat suojahuukosia) (2.)

Suojahuukosia on oltava tasaisesti jakautuneena sementtikivessä ja niiden keskinäisen välimatkan on oltava riittävän pieni, jotta ne toimivat pakkasenkestävyyden kannalta tehokkaasti. Ainoastaan lisähuukostusainetta käyttämällä saadaan aikaiseksi riittävän tiheä suojahuukostus. Käytännössä sopiva suojahuukoskoko on 0,15–0,30 mm, ja niiden keskinäinen etäisyys toisiinsa saa olla korkeintaan 0,20–0,25 mm. Tarkoituksena on, että betonissa olevat kapillaarihuukosia suuremmat suojahuukokset eivät täyty vedellä, vaikka betoni olisi pitkäänkin kosketuksissa veden kanssa.

(2: 28.)

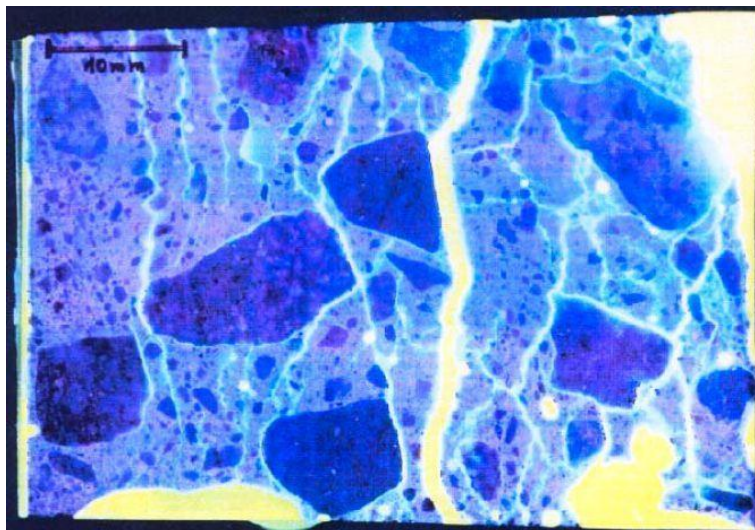
Lisähuukostimet tulivat systemaattisesti käyttöön vasta 1970-luvun puolivälissä. Vanhemmat huukostamattomat betonirakenteet ovat voineet kestää pakkasrasituksen vaurioitumatta, mikäli betoni on ollut riittävän laadukasta ja tiivistä (lujaa) sekä kosteus-

rasitustaso on pysynyt riittävän alhaisella tasolla. Vanhojen betonirakenteiden korjausten yhteydessä kosteusrasituksen alentaminen on tärkeä toimenpide, jotta rakenteelle taataan mahdollisimman pitkä elinkaari. (2: 29.)

Lisähuokostuksen ohella betonin pakkasenkestävyyteen vaikuttaa erityisesti betoniin tiiviys. Kun vesi-sementtisuhte on alhainen, se pienentää vedenimukykyä ja -nopeutta sekä betonissa olevan jäätyvän veden määrää ja betoni on myös lujempaa. (2: 29.)

Vaurioiden syntymiseen vaikuttavat betonin laadun ohella myös julkisivujen rasitusolosuhteet ja rasitussykliin lukumäärä. Viistosaderasitus on runsainta avoimessa ympäristössä ja korkeiden rakennusten yläosissa ja nurkissa. Pakkasrasitusolosuhteet ovat ankarammat Etelä-Suomessa kuin sisämaassa ja Pohjois-Suomessa. (2: 29.)

Pakkasvaurioituminen aiheuttaa betoniin säröjä, jotka heikentävät betonin lujuutta ja nopeuttavat veden imeytymistä. Jatkuva rasitus lopulta rapauttaa betonin, mikä heikentää betonin vetolujuutta, puristuslujuutta ja raudoituksen tartuntaa. Pakkasrapautumista ei voi havaita silmämääräisesti tai rakennetta vasaroimalla, jos se on vielä alkuvaiheessa, vaan se vaatii tarkempia tutkimusmenetelmiä, esim. vetokokeet ja mikrorakennetutkimukset. Pitkälle edenneen pakkasvaurioitumisen voi havaita julkisivussa esim. rakenteen pinnan halkeamina, elementtien kaareutumisena ja betonin lohkeiluna. (2: 30.)



Kuva 14. Ohuthiekuva betonista, jossa on alkuvaiheessa olevaa pakkasrapautumaa (6.)

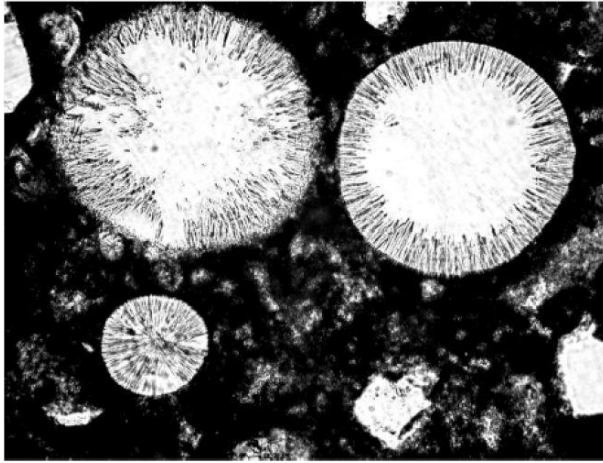


Kuva 15. Korkeasta kosteusrasituksesta johtuva pitkälle edennyt pakkasrapautuma (6.)

4.2.3 Ettringiittireaktio

Ettringiittireaktioksi kutsutaan kovettuneessa sementtikivessä tapahtuvaa sulfaattimineraalien kemiallista reaktiota, jonka seurauksena on voimakas reaktiotuotteiden tilavuuden kasvu. Sulfaatit voivat kulkeutua rakenteeseen esim. maaperästä, pohjavedestä tai runkoaineen mukana. Ettringiittimineraali kiteytyy betonissa ilmatäytteisten suoja-
huokosten seinämille (kuva 15), jolloin betonin pakkaskestävyys heikkenee. Ettringiittireaktio voi rapauttaa betonia itsestäänkin, kun suoja-
huokosten täytyessä syntyvä paine säröyttää betonin. Rapautuminen muistuttaa ulkonäöltään tavanomaista pakkasrapautumaa, ja sen edellytyksenä on runsas kosteusrasitus. (2: 31.)

Ettringiittireaktio johtuu yleensä liian voimakkaasta lämpökäsittelystä betonin kovettumisvaiheen aikana, mikä aiheuttaa häiriöitä sementin kovettumisreaktiossa. Ettringiittireaktion riski on suurin elementtityypeissä, joita on lämpökäsitelty voimakkaasti ja jotka altistuvat suurelle kosteusrasitukselle. (2: 31.)



Kuva 16. Betonin suojahuokosten seinämille kiteytynyttä ettringiittitäytettä (2.)

4.2.4 Alkalirunkoainereaktio

Alkalirunkoainereaktio tarkoittaa betonin kiviaineksessa tapahtuvaa sementtikiven alkalisuudesta aiheutuvaa laajenemisreaktiota, joka saattaa rapauttaa betonia. Jotta alkalikiviainesreaktio mahdollinen, kaikkien seuraavien edellytysten on oltava voimassa:

- Sementti sisältää paljon alkaleja (natrium, kalium).
- Kiviaineksessa on heikosti alkalisuutta kestäviä mineraaleja.
- Betonin kosteuspitoisuus on riittävän korkealla tasolla.

(2: 32.)

Alkalirunkoainereaktio on Suomessa harvinainen ilmiö, koska käytettävät syväkivilajit ovat yleensä kemiallisesti hyvin kestäviä. Kalliosta murskattavan kiviaineksen lisääntyvä käyttö voi tulevaisuudessa kasvattaa alkalikiviainesreaktion riskiä, sillä kallioperän mahdolliset vaihtelut ovat jo ehtineet homogenisoitua nyt käytössä olevissa irtomaalajeissa. Myös ulkomaisen kivilajikkeen käyttö voi lisätä riskiä. (2: 32.)

Alkalirunkoainereaktion tyypillisiä piirteitä ovat pinnan kosteudesta aiheutuva laikkuus, suunnaltaan epäsäännöllinen ja tiheä verkkomainen halkeilu sekä paisuminen. Reaktion tuotteena halkeamista tunkeutuu pinnalle geelimäistä ainesta. Vauriot muistuttavat pakkasrasituksen kaltaisia halkeamia. Usein alkalirunkoainereaktio vaikuttaa yhtä aikaa pakkasrasituksen kanssa. (2: 32.)

4.2.5 Rapautumisen vaikutus rakenteissa

Ulkoseinäelementit

Betonin rapautuminen aiheuttaa rakenteellisia ongelmia lähinnä elementtien raudoitteiden ankkuroinnissa ja kerroksellisten rakenteiden yhteydessä. Rakenteen kantavuuden ulkokuoren betonin lujuuden heikkeneminen ei yleensä suoranaisesti vaikuta. Ulkokuoret eivät toimi rakennusrungon kantavana osana, mutta ne voivat kuitenkin olla tarpeen sisäkuoren jäykistyksen vuoksi. (2: 33.)

Kerroksellisissa ulkokuorissa rapautuminen voi vaarantaa rakenteen kiinnitysvarmuuden. Erityisesti pesubetonipintaissä elementeissä on mahdollista, että pitkälle edennyt taustabetonin rapautuminen vaarantaa koko ulomman kerroksen kiinni pysymisen tai irrottaa pienempiä osia. Taustabetonin rapautumista ei voi havaita silmämääräisesti, koska se tapahtuu piilossa. (2: 33.)

Parvekerakenteet

Betonin rapautuminen on yleisintä kaidarakenteissa ja pielissä, joiden valmistamisessa on käytetty heikkolujuuksista betonia (lujuus \leq K25). Ohuet pilarirakenteet ovat myös alttiita rapautumiselle. Yleisimpiä rapautumisvauriot ovat kohdissa, joihin kohdistuu voimakas kosteusrasitus. Erityisesti pieliementtien ylä- ja etureunat sekä kaiteiden yläreunat ovat alttiina voimakkaalle kosteusrasitukselle. Rapautumisriskiä lisäävät huonosti toteutetut liittymäratkaisut, esim. laastisaumat pieli- ja laattaelementeissä, joista kosteus pääsee tunkeutumaan rakenteisiin. (2: 33.)

Pielielementtien laaja-alainen rapautuminen saattaa vaarantaa koko parveketornin kantavuuden. Ohuissa pilareissa rapautuminen ulottuu herkästi koko poikkileikkauksen läpi, joten ne ovat kantavuudeltaan huomattavasti pieliä herkempiä rakenteita. Kaidarakenteissa rapautuminen voi heikentää kaiteen kiinnityksen ankkurointia ja lisääntynyt halkeilu kiihdyttää raudoitteiden korroosiota. (2: 33.)

Elementtirakenteisissa parvekelaatoissa rapautuminen ei ole yleistä, koska niissä on käytetty korkeampilujuuksista (lujuus \geq K30) ja tiiviimpää betonia. Paikallavaletuissa parvekelaatoissa sen sijaan on käytetty heikompileatuista betonia, joten ne ovat alt-

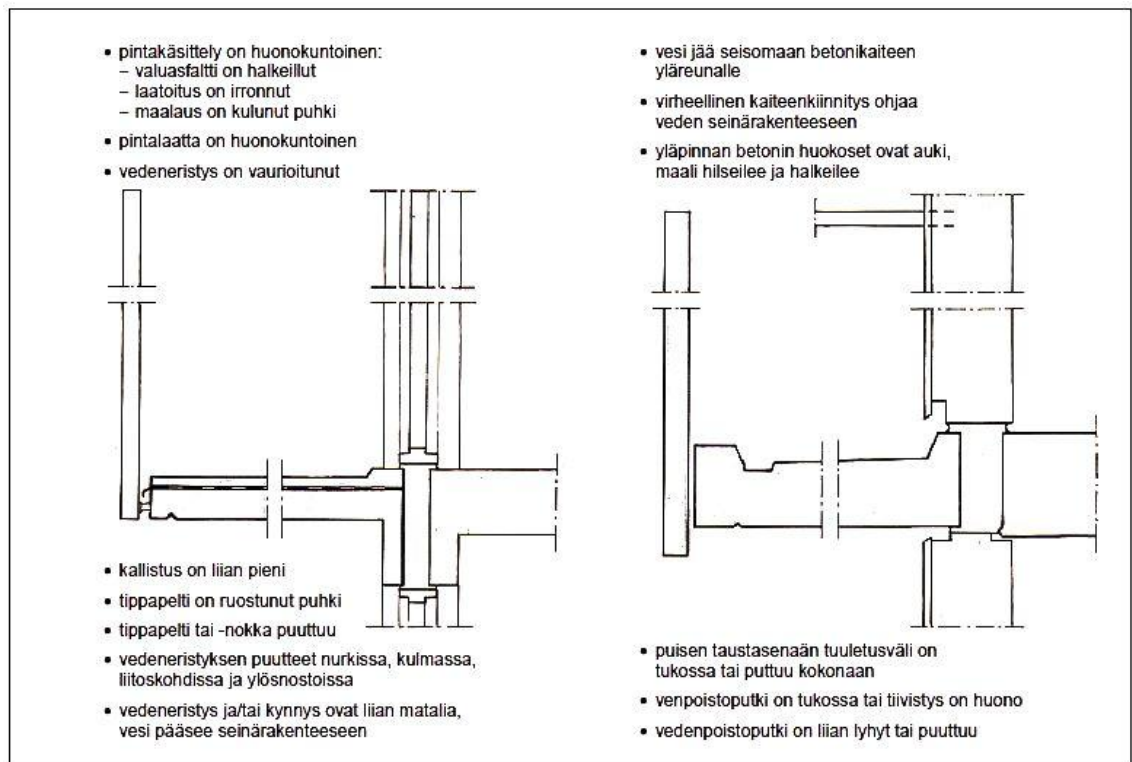
tiimpia rapautumiselle. Puutteellinen vedenpoisto ja -eristys rapauttavat etenkin laatan etureunaa. (2: 34.)

4.3 Kosteustekniset toimivuuspuutteet

4.3.1 Yleistä

Tyypillisiä kosteustekniseen toimivuuteen liittyviä puutteita julkisivuissa ovat erilaisien liitosten (elementtisaumojen, ikkuna- ja räystäspellitysten, parveke- ja ikkunaliitosten sekä perusmuuriliitosten) heikko tiiveys, betonin pintakäsittelyn kunto sekä puutteet eristetilojen vedenpoistossa ja tuulettuvuudessa (2: 34).

Tärkeitä kosteusteknisiä yksityiskohtia parvekerakenteissa ovat laatan vedeneristys, liitokset ympäröiviin rakenteisiin, kallistukset ja muut vedenpoistojärjestelyt, pellitysten toimivuus sekä erilaiset laastisaumat. Usein laastisaumat ovat heikkolaatuisia, ja ne johtavat vettä rakenteen sisään. (2: 35.)



Kuva 17. Parvekkeiden kosteusvaurioita ja syitä (8.)

4.3.2 Saumojen turmeltuminen

Saumavaurioiden syytä arvioidessa voidaan karkeasti todeta, että suhteellisen nopeasti syntyneet vauriot johtuvat työvirheistä ja huonoista työolosuhteista. 5–10 vuoden iässä saumojen halkeamat johtuvat liian suurista muodonmuutoksista, ja yli 15 vuotta vanhat saumat eivät enää kestä liikettä saumamassan kovettumisen vuoksi.

(2: 35–36.)

Elastisilla saumaussmassoilla tehtyjen saumojen kestävyysvaikuttavat ulkoiset rasitusolosuhteet, saumaussmassan laatu, massakerroksen oikea paksuus ja sauman poikkeileikkauksen muoto, sauman liikkeet ja saumattavien pintojen materiaali, laatu, esikäsitteleminen, puhtaus ja kosteus (2: 35–36).

4.4 Kiinnitysten heikkeneminen

4.4.1 Ulkoseinäelementtien kiinnitysten heikkeneminen

Kiinnitysvauriot ovat mahdollisia lähinnä sandwich-rakenteen ulkokuorissa ja kuorielementeissä. Sandwich-elementeissä sisäkuoren kiinnikkeet ovat sisäilmasto-oloissa, joten ne eivät yleensä ole alttiina vaurioitumiselle. Kiinnitys rakennuksen runkoon on siis harvoin riskialtis. (2: 36.) Ulkokuoren kiinnitys voi sandwich-elementeissä heikentyä pääasiassa seuraavilla tavoilla:

Ulkokuoren pakkasrapautuminen heikentää ansaiden tai muiden kiinnikkeiden tartuntaa. Ansaiden betonipeitesyvyys ja tiivistyminen ulkokuoreen ovat jääneet puutteelliseksi ja ruostuvasta teräksestä tehdyn ansaspaarten korrosio voi aktivoitua eristeen puolelta tapahtuvan karbonatisoitumisen johdosta. (2: 36.)

Ruostuvasta teräksestä tehtyjen ansaiden ja muiden kiinnikkeiden korrosio eristetilan ankarissa olosuhteissa saattaa heikentää joko itse kiinnikettä tai kiinnikkeen tartuntaa ulkokuoreen. Ruostuvasta materiaalista valmistettujen kiinnikkeiden korroosiosuojaus mm. betonoimalla, bitumoimalla, tai sementtiin kastamalla on osoittautunut epävarmaksi. (2: 36.)

Yleensä ruostumattomasta teräksestä tehdyt ansaat ja kiinnikkeet ovat pitkäikäisiä jos niiden tartunta betonikuoriin säilyy. Joskus ulkokuoren kiinnitys voi kuitenkin olla

puutteellinen, jos esim. ansaspaarteiden peitesyvyys on liian pieni, tartunta ulko- tai sisäkuoreen on puutteellinen tai kiinnikkeitä on liian vähän. (2: 36.)

Kuorielementeissä kiinnitysosa on yleensä vähän, joten vaurioituminen voi aiheuttaa välittömän turvallisuusriskin. Kuorielementin kiinnitys voi heikentyä monista syistä. Kiinnikkeet voivat olla suojaamattomana eristetilassa alttiina korroosiolle tai niiden betonisuojuukset ovat saattaneet pakkovoimien vaikutuksesta halkeilla ja/tai karbonisoitua. Kiinnitysliitosten hitsaukset voivat olla puutteellisia tai syöpyneitä. Kiinnityslevyjen tartuntatangot ovat voineet syöpyä. Betoni on voinut rapautua ja/tai lohkeilla kiinnitysten läheisyydessä. (2: 36.)

4.4.2 Parvekkeiden kiinnitysten heikkeneminen

Parvekkeiden kannatus- ja sidontaratkaisujen ongelmia ovat. Ulokeparvekkeissa eristehalkaisun läpi vietyjen kiskojen ja betoniterästen korroosio ulokkeen tuella sekä myös työvirheistä johtuva laatan yläpinnan terästen painuminen, mikä on voinut johtaa siihen, että näiden uloketerästen tehollinen korkeus on jäänyt suunniteltua pienemmäksi. Parveketornien vaakasidonta voi olla puutteellinen tai mahdollisesti korroosion heikentämä. Ripustettujen parvekkeiden kannatusteräokset ovat korroosion heikentämiä. Raudoitteiden tartunta voi olla pakkasrapautuman heikentämä. Kantavissa hitsausliitoksissa voi olla korroosiota ja työvirheitä. Tukipinnat pienenevät terästen korroosion aiheuttaman betonin lohkeamisen vuoksi. Liitokset heikkenevät juotosvalujen rapautumisen takia ja vanhojen parvekkeiden päällevalu tai ruiskubetonointi lisää rakenteen painoa. (2: 37.)

4.5 Pintatarvikkeiden irtoaminen ja vaurioituminen

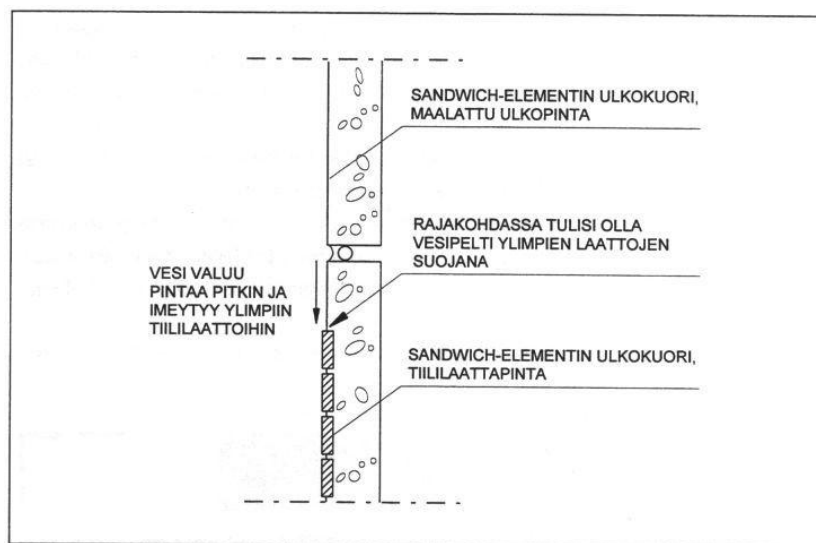
Pintatarvikkeiden irtoaminen on ollut ongelma lähinnä klinkkerilaattapintaisissa elementeissä. Laatta voi irrota mm. seuraavista syistä. Lämpötilan ja kosteuspitoisuuden muutoksista aiheutuvat pakkovoimat voivat ylittää laatan tartuntalujuuden, pakkasrapautuminen saa aikaan tartunnan pettämisen ja klinkkerilaatan takana olevan raudoitteen korroosion aiheuttaman paineen vuoksi. (2: 37.)

Klinkkerilaattapintaisissa elementeissä materiaalien väliset muodonmuutoserot voivat irrottaa laatan. Esimerkiksi laatan pituuden lämpötilakerroin on noin puolet betonin

vastaavasta arvosta. Keraamisilla laatoilla kosteuspitoisuuden muutoksista johtuvat muodonmuutoserot ovat hyvin pieniä. Molempien materiaalien kimmomoduulit ovat kuitenkin suhteellisen suuret. Betonin kutistuma aiheuttaa leikkauspakkovoiman laattojen tartuntavyöhykkeeseen. (2: 37.)

Pakkasrapautuminen johtuu lähinnä puutteellisesta tuuletuksesta ja betonin heikosta pakkasenkestävyydestä. Elementtien reunoissa ja aukkojen pielissä raudotteiden korroosiosta aiheutuva laattojen irtoaminen on yleinen ilmiö. Koska reunoissa ja aukkojen pielissä raudotteiden peitepaksuudet ovat usein pieniä, karbonatisoituminen voi edetä klinkkerilaattojen taakse ja käynnistää pieliterästen korroosion. (2: 37.)

Tiililaatan kimmokerroin on pienempi ja vedenimukyky on suurempi, joten tartunta betoniin on yleensä klinkkerilaattaa parempi. Tiililaatta saattaa pakkasrapautua altistuessaan suurelle kosteusrasitukselle. Tiililaattapintaisissa elementeissä maalatun pinnan ja tiililaattapinnan rajalla ylimpiin laattoihin kohdistuu suuri kosteusrasitus, jos rajakohdassa ei ole veden kulkua ohjaavaa vesipeltiä (kuva 18). (2: 38.)



Kuva 18. Ylimpiin laattoihin kohdistuu suuri kosteusrasitus, jos rajakohdassa ei ole veden kulkua ohjaavaa vesipeltiä (1.)



Kuva 19. Irronneita keraamisia laattoja (6.)

4.6 Pintakäsittelyjen turmeltuminen

Maalipinnoitteen irtoaminen on tavallinen turmeltumisilmiö betonijulkisivuissa. Orgaanisia pinnoitteita irrottavat monet tekijät. Auringon ultravioletti- ja lämpösäteily kovettaa ja haurastuttaa maalipinnoitetta sekä aiheuttaa halkeilua maalin kalvoon. Voimakas kosteusrasitus, kosteuden läpikulku pinnoitteen läpi sekä pitkäaikainen korkea kosteuspitoisuus yhdessä betonin korkean alkalisuuden kanssa aiheuttaa useimpien pinnoitteiden tartunnan oleellisen heikkenemisen. Betonin kuivussa pinnoitteen taakse kiteytyy suoloja, josta mahdollisesti syntyvä paine aiheuttaa pinnoitteen irtoamista. Lujuudeltaan tai pakkasenkestävyydeltään heikko pintakerros betonin pinnassa saa aikaan pinnoitteen irtoamisen. Myös julkisivun mekaaninen rasitus voi vaurioittaa maalipinnoitetta. (2: 39.)

Orgaanisten pinnoitteiden vaurioituminen johtuu lähinnä tartunnan pettämisestä. Orgaaninen pinnoite irtoaa yleensä hilseenä tai levynä alustastaan. Tiiviissä pinnoitteissa, joissa kosteus ei voi poistua pinnoitteen läpi, betonin kosteus heikentää pinnoitteen tartuntaa. Kosteutta voi kerääntyä pinnoitteen taakse mm. ulkoseinärakenteen läpi kulkevasta diffuusiokosteudesta, ja kosteutta voi päästä ulkokuoren taakse esimerkiksi saumavuodosta. Myös työvirheet heikentävät pinnoitteen kestävyyttä. Tyypillisiä työvirheitä ovat mm. epäpuhtaat, kosteat ja liian sileät alustat, maalaus vanhan maalin päälle ja betonin valurakkulat, jotka jättävät maalikalvon epäyhtenäiseksi. (2: 40.)

Epäorgaanisten pinnoitteiden vaurioituminen liittyy lähinnä pinnoitteen tartunnan muodostumiseen alkuvaiheessa ja joissain tapauksissa myös pakkasenkestävyyteen. Normaalisti pinnoite turmeltuu hitaasti kulumalla sään aiheuttaman eroosion vaikutuksesta. (2: 40.)

Yleensä maalin vaurioiden merkitys on esteettinen, mutta kuitenkin kosteusteknisesti toimivat ns. suojaavat pinnoitteet, kuten CO₂-tiivit sekä vedeneristykseen käytettävät pinnoitteet suojaavat rakennetta. Suojavaikutus menetetään maalin alkaessa vaurioitua. Huonokuntoinen maalipinta voi siten lisätä kosteusrasitusta ja raudoitusten korrosioriskiä. (2: 40–41.)

4.7 Betonin muodonmuutokset ja halkeilu

4.7.1 Yleistä

Betonirakenteiden halkeamat voivat aiheuttaa säilyvyshaittaa, rakenteellista haittaa ja esteettistä haittaa. Haittavaikutukset riippuvat halkeamaleveydestä ja -syvyydestä. Halkeamat voivat aiheuttaa paikallista korroosiota, kun haitalliset aineet (kloridit, hiilidioksidi) pääsevät tunkeutumaan halkeamista betoniin. Halkeamat voivat myös olla niin syviä, että ne ulottuvat raudoitukseen asti ja altistavat raudoitteet suoraan ulkoilman kosteudelle. (2: 41.)

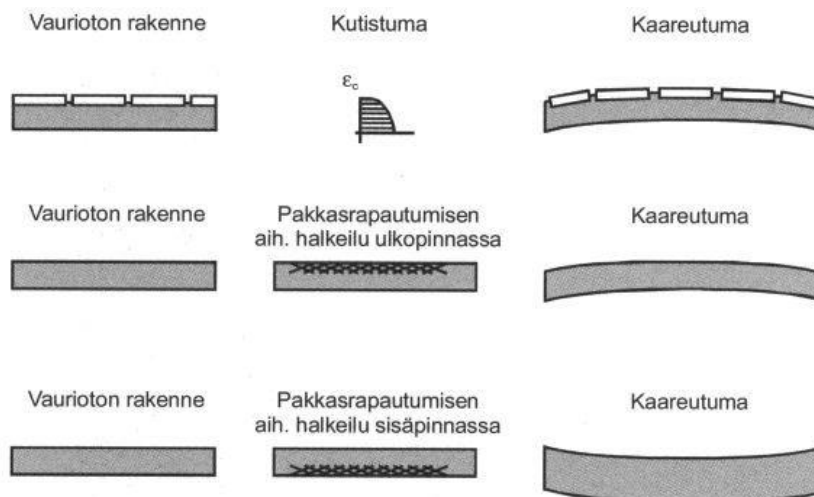
4.7.2 Ulkoseinäelementit

Halkeamia voi syntyä julkisivuelementteihin valmistuksen ja asennuksen aikana mm. nostoista, siirroista ja törmäyksistä. Myös erilaiset pakkovoimat voivat aiheuttaa halkeamia. Elementin ansaat ja muut kiinnikkeet pyrkivät estämään ulkokuoren liikkeitä sisäkuoreen nähden, mistä syntyvät pakkovoimat aiheuttavat halkeamia ulkokuoreen. Raudoitteiden korrosio ja pakkasrapautuminen aiheuttavat näkyviä halkeamia pitkälle edetessään. (2: 41.)

Elementin kaareutumisen syynä on levyn paksuussuuntaiset muutokset. Elementti kaareutuu sen pinnan suuntaan, joka kutistuu tai paisuu vähemmän. Myös elementin koko ja kiinnitystapa vaikuttavat kaareutumiseen. Esimerkiksi sandwich-elementeissä ansaat rajoittavat kaareutumista, kun taas kuorielementeissä kaareutuminen pääsee tapahtumaan vapaammin, koska kiinnityksiä on vähemmän. Tyypillisesti ullakkokerros-

ten kuorielementit ovat selvästi kaareutuneempia kuin sandwich-elementit. Betonimassan erottuminen sekä elementin kaksikerroksisuus aiheuttavat pysyvää kaareutumista ulkokuoreen. Elementeissä, joissa on kaksikerroksinen rakenne (esim. klinkkeri-, tiililaatta- tai pesubetonipinta), pintakerroksen kutistumaominaisuudet poikkeavat taustabetonin ominaisuuksista, mikä aiheuttaa pysyvää kaareutumista. (2: 42.)

Pakkasrapautuminen aiheuttaa betonin paisumista, joka voi johtaa elementin kaareutumiseen rapautumisen sijainnin mukaan. Esimerkiksi pesubetonipintaisessa elementissä pesubetonikuoren taustabetonin rapautuessa ja paisuessa elementti kaareutuu sisäänpäin. (2: 42.) Kuvassa 20 on esitetty erilaisia julkisivuelementtien kaareutumismekanismeja.



Kuva 20. Erilaisia julkisivuelementtien kaareutumismekanismeja (2.)



Kuva 21. Halkeilleita julkisivuelementtejä (6.)



Kuva 22. Kaareutuneita pesubetonipintaisia elementtejä (6.)

4.7.3 Parvekkeet

Parvekerakenteet ovat kokonaan ulkona, joten ne ovat alttiina suurille kosteuden ja lämpötilan vaihteluille. Rungosta parvekkeeseen ulottuvat siteet tai kannatuspalkit voivat estää parvekerakenteiden lämpö- ja kosteusliikkeistä johtuvia muodonmuutoksia, joista syntyvät jännitykset voivat olla hyvin suuria. Erityisen suuri halkeamavaara on pitkissä rakenteissa, mutta halkeamia esiintyy myös lyhyissä parvekkeissa. Pitkissä paikalla valetuissa parvekkeissa laattaan voi syntyä ratakiskokannakkeista niin suuri vetovoima, että laatta katkeaa. (2: 43.)

5 MUUT KORJAUSTARVETTA AIHEUTTAVAT TEKIJÄT

5.1 Asbesti

Asbesti on kuitumainen silikaattimineraali, joka lisää mm. materiaalin palonkestoa ja lujuutta sekä suojaa kosteushaitoilta ja kemialliselta rasitukselta. Materiaaliin sidottuna asbesti ei aiheuta terveyshaittaa. Terveydelle haitallista asbesti on silloin, kun kuituja vapautuu hengitysilmaan esim. pölyävien työvaiheiden aikana. Asbestikuidut ovat erityisen haitallisia siksi, että ne läpäisevät pienuutensa vuoksi hengityselinten suojamekanismit ja varastoituvat keuhkoihin pysyvästi. Asbesti aiheuttaa syöpää ja sairastumisen riski on sitä suurempi, mitä enemmän asbestipölylle altistuu. Oireet voivat ilmetä vasta 20–30 vuoden kuluttua altistumisesta. (3.)

Asbestin käyttö lopetettiin rakennusmateriaaleissa 1988. Asbestin käyttö on nykyään kiellettyä, ja sen käsittely rajoittuu lähinnä korjausrakentamiseen ja kiinteistöalan töiden yhteyteen. Asbestia on käytetty rakennuksissa mm. ilmanvaihtolaitteistojen putkien eristysmateriaalina, julkisivuissa, lattioissa, katoissa, sisäverhouslevyissä, rakenteiden palosuojauksissa ja äänieristyksissä sekä rakennustarvikkeissa, kuten tasoitteissa, liimoissa ja maaleissa. (3.)

5.2 Mikrobit

Homekasvustoa voi esiintyä betonielementtirakenteissa lähinnä lämmöneristeen ulkopinnassa. Eristetilasta homeitiöt ja niiden aineenvaihduntatuotteet voivat kulkeutua rakennuksen sisäilmaan epätiivien liitoskohtien yms. rakojen kautta. Homesienien kasvu betonirakenteiden eristetilassa on harvinaista. Haitallista homekasvustoa voi

kuitenkin esiintyä rakenteiden kosteusteknisistä puutteista johtuvan poikkeuksellisen suuren kosteusrasituksen vuoksi. (2: 44.)

5.3 PAH-yhdisteet

PAH-yhdisteet eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt muodostuvat keskenään sitoutuneista bentseenirenkaista. Niiden haittavaikutuksista merkittävimpiä ovat mm. niiden syöpää aiheuttava ominaisuus ja voimakas haju. Haitallisuutta lisää vielä se, että pienetkin pitoisuudet saattavat aiheuttaa oireita ja sairastumisen, jos altistuminen on toistuvaa tai pitkäaikaista. Korjausrakentamisen yhteydessä PAH-yhdisteitä esiintyy mm. vanhojen bitumi- ja kivihiilitervapohjaisten tuotteiden yhteydessä sekä sokkelien, parvekkeiden ja vesikattojen vedeneristeissä. (2: 44–45.)

5.4 PCB- ja lyijy-yhdisteet

PCB-yhdisteet eli polyklooratut bifenyylit ovat erittäin haitallisia, koska ne rikastuvat ravintoketjussa. Rasvaliukoisina yhdisteinä ne varastoituvat rasvaa sisältäviin kudoksiin ja maksaan. PCB- yhdisteet voivat aiheuttaa syöpää, ja lyijy aiheuttaa hermostollisia sairauksia. (2: 45.)

PCB-yhdisteitä ja lyijyä on lisätty rakennusten saumauksissa käytettyihin elastisiin polysulfidipohjaisiin saumaussmassoihin. PCB-yhdisteitä on käytetty mahdollisesti ainakin vuoteen 1979 asti sekä lyijyä vuoteen 1989 asti. PCB-yhdisteet voivat levitä mm. julkisivuelementtien betoniin, ikkunoiden puosiin, maamassoihin seinustojen vierellä sekä myös uudestaan saumattuihin julkisivusaumoihin. PCB- ja lyijy-yhdisteet aiheuttavat terveydelle vaaraa pölyävien työvaiheiden aikana, korjaustöiden yms. yhteydessä. (2: 45.)

6 RAUDOITTEIDEN KORROOSION KENTTÄTUTKIMUSMENETELMÄT

6.1 Yleistä henkilösuojaimista

Kaikkia henkilösuojaimia ei luonnollisesti ole järkevää ottaa pois, vaan ne pidetään päällä koko kenttätutkimusten ajan, vaikka niitä ei jokaisessa näytteenottomenetyksessä tarvitsisikaan. Tällaisia henkilösuojaimia ovat suojakypärä, putoamissuojaimet, turvajalkineet ja suojavaatetus. Muita tarpeen mukaan käytettäviä henkilösuojaimia

ovat silmiensuojaimet, kuulosuojaimet, hengityssuojaimet ja suojakäsineet. Tästä syystä henkilösuojaimia ei ole mainittu jokaisessa kenttätutkimusmenetelmässä erikseen, vaan henkilösuojaimia on käsitelty omassa luvussaan.

6.2 Kloridipitoisuuden tutkiminen

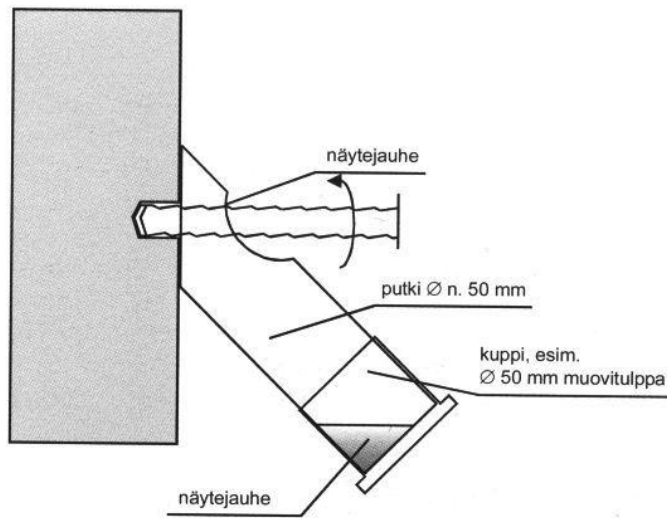
Betonin kloridipitoisuus määritetään jauhenäytteestä. Näytejauhe analysoidaan yleensä laboratorio-olosuhteissa ns. titrausmenetelmällä. Näytejauhe voidaan valmistaa timanttikoralla otetusta lieriöstä, mutta näytejauhe on kuitenkin helpompi ottaa poravaralla. (2: 97,116.) Näytteenotossa on huomioitava seuraavaa:

Betoniin porataan halkaisijaltaan n.15 mm:n ja syvyydeltään n. 40 mm:n reikä ja kerätään syntynyt jauhe talteen. Jauhetta kannattaa kuitenkin varmuuden vuoksi ottaa suurempi määrä, jotta voidaan tehdä uusintatitraus. (2: 97.)

Näytteenotossa voidaan käyttää apuna esim. muoviputkesta valmistettua apuvälinettä (kuva 23), jotta ilmavirtaus ei kuljeta hienoa kloridipitoista sementtikiveä sisältävää jauheen osuutta pois ja kaikki porausjauhe saadaan varmasti talteen. (2: 97.)

Jos kohde sijaitsee riskialueella meren rannalla (n. 200–300 m rantaviivasta), jolloin voidaan olettaa kloridien olevan peräisin ulkoisesta rasituslähteestä, näytteet otetaan vaihteittain eri syvyyksiltä. (2: 96.)

Normaalisti yksi näyte elementtityyppiä kohden riittää. Kuitenkin jos betoni sisältää suuria runkoainerakeita, näytejauhetta on varmuuden vuoksi kerättävä useammasta rinnakkaisesta porausreiästä, koska yksittäinen näyte saattaa sisältää lähes pelkkää runkoainejauhetta. (2: 97.)



Kuva 23. Esimerkkikuva apuvälineestä, jolla saadaan helposti kaikki porausjauhe talteen (2.)

Näytteenotossa tarvittavat välineet ovat poravasara, porattavaan materiaaliin soveltuva poranterä, muoviputkesta valmistettu apuväline ja suljettava muovipussi, johon näytejauhe kerätään. (10.)

Poravasaraa käytettäessä otteen on oltava tukeva, jotta vältetään koneen mahdollisesta lipeämisestä tai juuttumisesta aiheutuvat vaaratilanteet. (9: 59.) Näytteenotto onnistuu normaalisti yhdeltä henkilöltä, mutta tarvittaessa voi toinen henkilö olla avustamassa, jotta poravasaran käyttäjä voi käyttää konetta kahdella kädellä. Sopiva porauskohta voidaan etsiä esim. peitepaksuusmittarilla, jotta porattaessa ei osuta raudoitukseen eivätkä poranterä ja poravasara vahingoitu. Näytejauhe kerätään porauksen aikana suljettavaan minigrip-muovipussiin, muoviputkesta valmistettua apuvälinettä apuna käyttäen. (10.)

Ennen porausta

Tarkistetaan sähköliitäntäjohdon kunto sekä varmistetaan, että käytettävä pistorasia on vikavirtasuojattu. Tarkistetaan, että porakoneen moottorin tuuletusaukot eivät ole tukkeissa ja käytettävä poranterä on terävä ja porattavalle materiaalille soveltuva. Varmistetaan että poranterä on asetettu porakoneen istukan pohjaan asti ja kiristetty tiukkaan. Lopuksi poran syvyydenrajoitin asetetaan haluttuun poraussyvyyteen. (9: 55.)

Porattaessa tulee varoa painamasta poranterää liikaa tai vinoon porattavaa materiaalia vasten, jotta poraterä ei juutu tai porakone ei ylikuormitu. Jos terä kuitenkin juuttuu, niin se irrotetaan edestakaisella liikkeellä, ei vääntämällä. (9: 54, 59.)

Porauksen jälkeen poranterä irrotetaan, porakone puhdistetaan liasta ja pölystä. Porakone kuljetetaan ja varastoidaan omassa säilytyslaatikossaan. Sähköliitäntäjohdon pistotulppa tulee aina olla irrotettuna pistorasiasta ennen porakoneen puhdistusta, poranterän vaihtoa sekä laitteen huoltoa. (9: 54.)

Näytteen käsittelyssä ja analysoinnissa huomioitavia asioita

Näytejauhepusi suljetaan huolellisesti ja siihen merkitään vedenkestävällä tussilla kohteen tiedot, kuten esim. As Oy:n nimi, lähiosoite, postinumero- ja toimipaikka. (10.)

Kloridipitoisuus voidaan määrittää näytejauheesta kenttäolosuhteissa, käyttäen Quantab Chloride Titrators-pikamenetelmää (11.), tai näytejauhe voidaan lähettää tutkimuslaboratorioon. Pikamenetelmällä kloridipitoisuus määritetään vesiliukoisena ja laboratoriossa happoliukoisena. (10.) Laboratoriossa tehtävää kloridipitoisuuden määrittämistä käsittelee mm. standardi SFS 5451.

Betonin kriittisenä kloridipitoisuuden raja-arvona voidaan pitää 0,07 % betonin painosta happoliukoisena mitattuna ja 0,05 % vesiliukoisena mitattuna. Raudoitteiden korroosioriski kasvaa selvästi kloridipitoisuuden ylittäessä tämän raja-arvon. (10.)

6.3 Betonin karbonatisoitumissyvyyden mittaaminen

Betonin karbonatisoitumissyvyyden mittaamisella selvitetään, miten syvälle betoni on neutraloitunut eli menettänyt raudoitteita korroosiolta suojaavan ominaisuutensa. (2: 92.) Näytteenotossa on huomioitava seuraavaa:

Näytteenottokohdat on pyrittävä valitsemaan keskimääräistä saderasitusta edustavista kohdista, koska sadevesi hidastaa tehokkaasti karbonatisoitumista. (2: 93.)

Näytteitä on myös pyrittävä ottamaan eri korkeuksilta, jotta voidaan ottaa huomioon mahdollinen elementtien tuotannossa tapahtunut ajallinen laadunvaihtelu. (2: 94.)

Näytteenottokohdat on hyvä kohdistaa tasaisesti elementtien reuna- ja keskialueille, koska sandwich-elementtien reunoilla karbonatisoituminen voi käytännössä edetä kolmelta suunnalta, niin ulkokuoren taustapinnan karbonatisoitumissyvyudet voivat olla keskimääräistä suurempia reuna-alueilla. (2: 94.)

Klinkkerilaattapintaisissa elementeissä karbonatisoituminen etenee lähinnä elementin reunasta ja taustapinnasta, joten näytelieriö voidaan porata kahden elementin saumakohdan keskeltä. Samalla näyteporauksella saadaan tieto kahden elementin reunan karbonatisoitumissyvyydestä sekä yksittäinen raudoitteen peitepaksuus.

(2: 94.)

Näytteitä tulisi ottaa vähintään 6 rinnakkaista, kutakin tutkittavaa rakenne- ja pintatyyppiä kohden. Näytteet tulisi ottaa mielellään eri elementeistä. Suositeltavaa on kuitenkin ottaa useampia näytteitä, jos tutkittava rakennetyyppi muodostaa merkittävän osan kohteesta. Rakennusosissa, joita on lukumääräisesti vähän tai niissä on vähän raudoitteita, riittää pienempikin näytemäärä. (2: 93.)

Näytteenotossa tarvittavat välineet ovat vasara, digitaalikamera ja timanttiorauskalusto, johon kuuluu timanttiorakone, porakruunu Ø 50 mm, porateline, painevesisäiliö, vesi-imuri, veden sieppausrenkas, tyhjiöpumppu ja betoniin soveltuva kiinnitys-sarja.



Kuva 24. Kuvia timanttiorauskalustosta: 1. Timanttiorakone + porateline
2. Painevesisäiliö(t) 3. Vesi-imuri 4. Tyhjiöpumppu

Näytteenotto ja työturvallisuus

Näytteet otetaan poraamalla timanttikoralla näytelieriö rakenteesta. Porauksessa käytetään apuna poraustelinettä, jotta näytelieriö on mahdollisimman suora eikä vahingoitu porattaessa. Porausmenetelmänä käytetään märkäporausta, koska kovia materiaaleja, kuten raudoitettua betonia, voidaan porata vain märkänä.

Märkäporauksessa vettä käytetään poranterän jäähdyttämiseen porauksen aikana. Käytettävän veden ohjaamiseen on käytettävä huomiota, jotta ei tarpeettomasti liata rakenteen pintaa tai ikkunoita. Siksi porausreiästä ulos tuleva vesi kerätään pois, käyttäen veden sieppausrengasta ja vesi-imuria.

Porateline kiinnitetään rakenteeseen joko tyhjiöimukiinnityksellä tai vaarnakiinnityksellä. Poratelineen kiinnitykseen tyhjiötekniikalla tarvitaan tyhjiöpumppu, jolla luodaan alipaine, jonka avulla porateline pysyy kiinni rakenteessa. Kiinnitysalustan täytyy olla sileä ja tasainen tyhjiö-imukiinnitystä varten. Käytännössä tyhjiö-imukiinnitystä voidaan käyttää lähinnä parvekerakenteissa, joissa on sileät muottipinnat, maalaamattomat tai maalatut. (10.)

Tyhjiöpumpun imuletku kytketään poratelineessä olevaan liittimeen, minkä jälkeen tyhjiöpumppuun kytketään virta. Riittävän suuren alipaineen muodostuminen kestää hetken, joten poratelinettä täytyy kannatella käsivoimin rakenteen pystypinnoille kiinnitettäessä. (10.)

Vaarnakiinnitystä varten betoniin porataan halkaisijaltaan n.15 mm:n ja syvyydeltään n. 50 mm:n reikä. Reiän porauksen jälkeen asetetaan välikekiilalla varustettu betonivaarna reikään ja lyödään se vasaralla tiukasti reikään. Tämän jälkeen pikakiinnityspylvä kierretään betonivaarnaan. Porateline ja aluslaatta asetetaan pikakiinnityspylvään ja kierretään kiinni siipimutterilla. Lopuksi tarkastetaan vielä, että porateline on suorassa. Porateline irrotetaan käänteisessä järjestyksessä. Betonivaarna ei irrota, vaan se jää rakenteeseen. (10.)

Porakonetta ei ole järkevää irrottaa jatkuvasti poratelineestä, rakenteeseen kiinnitettäessä ja rakenteesta irrottaessa. Porakone ja porateline ovat kuitenkin yhteispainoltaan suhteellisen raskaita, joten putoamisvaaran ehkäisemiseksi porauslaitteistoa kiinnitettäessä ja irrottaessa on suositeltavaa olla toinen henkilö avustamassa.

Timanttikorakone on varustettu vikavirtasuojakytkimellä, joka suojaa käyttäjää vaaralliselta sähköiskulta, kun virtaa vuotaa laitteen ulkopuolelle. Vikavirtasuojakytkin ei kuitenkaan suojaa kokonaan sähköiskulta, vaan ainoastaan lyhentää sähköiskun kesto-aikaa niin, että kudosten vauriot ja sydämen toimintahäiriöt jäävät mahdollisimman vähäisiksi. Vikavirtasuojakytkimessä on testaus- ja nollauskytkin. Testauskytkimellä (T, TEST) tarkistetaan vikavirtasuojan toiminta ja nollauskytkimellä (R, ON, RESET) vikavirtasuoja palautetaan vikatilanteen poistuttua tai testauksen jälkeen takaisin toimintaan. (12.)

Ennen porausta

Tarkistetaan porakoneen verkkojohdon kunto ja varmistetaan, että laitteen (FI)-vikavirtasuojakytkin toimii asianmukaisesti. Porakoneen moottorin tuuletusaukot eivät saa olla tukkeessa. Tarkistetaan, että jäähdytysveden syöttö toimii asianmukaisesti ja painevesisäiliössä on riittävästi vettä, vesijäähdytyksen letkut ja liittimet ovat kunnossa ja ne on kunnolla kiinnitetty porakoneeseen ja painevesisäiliöön. Tarkistetaan, että porakruunu ei ole kulunut, vääntynyt tai muuten vahingoittunut ja se on tiukasti paikallaan. Porakruunun timanttisegmentit tulee vaihtaa, kun kulutus pintaa on jäljellä alle 5 mm. Tarkistetaan, että poratelineen porapylvään hammastanko ja ohjainpinnat ovat puhtaat, porakone on kiinnitetty tiukasti poratelineeseen ja vällys poratelineessä olevan porakoneen kiinnitysosan ja porapylvään välillä on mahdollisimman pieni. Lopuksi tarkistetaan, että porateline on kiinnitetty rakenteeseen suoraan ja vällyksettömästi. (10.)

Porattaessa

Porakonetta liikutetaan poratelineessä olevasta syöttökammesta kääntämällä. Vesimäärä säädetään sopivaksi jäähdytystä varten. Harmaa vesi on osoitus oikeasta vesimäärästä. Poraaminen aloitetaan hitaalla kierrosluvulla ja syöttönopeudella, kunnes porakruunu kiertyy materiaalissa tärisemättä. Tämän jälkeen voidaan tarvittaessa kierroslukua ja syöttöpainetta nostaa. Porausta jatketaan tasaisella paineella ja porakruunu vedetään silloin tällöin ulos porausreiästä, jotta porausliete poistuu porakruunun timanttisegmenteistä. Ylikuumentumisen välttämiseksi syöttöä vähennetään tai pysäytetään syöttö hetkeksi, kun saavutetaan raudoitukset. (13.)

Porattaessa tulisi aina käyttää suositeltuja kierroslukuja ja syöttövoiman tulee soveltua porattavaan materiaaliin. Liian pienet kierrosluvut johtavat huonoon porauksen edistymiseen. Liian korkeat kierrosluvut sekä liian korkea syöttövoima taas voi johtaa liialliseen porakruunun segmentin kulumiseen tai laitteen ylikuormittumiseen. (13.)

Porauksen jälkeen

Porausreiästä mitataan samalla lämmöneristeen paksuus työntömitalla ja merkitään se numeroarvona kuntotutkimuspöytäkirjaan. Porausreikään laitetaan muovitulppa, joka estää veden pääsyn rakenteeseen. Näytteenottokohdan numerotunnus merkitään joko muovitulppaan tai rakenteeseen porausreiän viereen. Näytteenottokohdasta otetaan vielä lopuksi kuva digitaalikameralla. Timanttioran moottorin tuuletusaukot ja porankara puhdistetaan käytön jälkeen. (10.)

Näytteiden käsittely ja tutkiminen

Poralieriöt pakataan suljettavaan minigrip-muovipussiin. Kaikkia poralieriöitä ei tarvitse pakata erikseen omaan pussiin, vaan poralieriöt voidaan jakaa ryhmiin, jotka pakataan samaan pussiin (esim. ryhmä 1 julkisivu). Pussiin merkitään vedenkestävällä tussilla kohteen nimi, päivämäärä ja ryhmätunnus. Myös poralieriöihin merkitään sekaantumisen ehkäisemiseksi vedenkestävällä tussilla näytteenottokohdan numerotunnus (esim. 1.1 parveke). (10.)

Karbonatisoitumissyvyyden mittausta voidaan suorittaa poralieriön pinnalta tai poralieriön lohkopinnalta. Ajan säästämiseksi karbonatisoitumissyvyys pyritään mittaamaan poralieriön pinnalta. Poralieriön pinta karbonatisoituu nopeasti, joten mittaus tulisi suorittaa suhteellisen nopeasti, mieluummin samana päivänä. Rikkoontuneet poralieriöt liimataan kasaan ja karbonatisoitumissyvyys mitataan tuoreelta lohkopinnalta myöhemmin. (10.)

Tuore lohko- tai sahauspinta puhdistetaan porausjätteestä ja käsitellään indikaattoriliuoksella. Indikaattoriliuos voidaan levittää näytteen pinnalle esim. ruiskuttamalla tai liuokseen kastetulla tupolla ”töpöttämällä”. Käsiteltyjen näytteiden annetaan kuivua ennen mittausta, jos ne ovat kovin märkiä. (2: 92.) Tämän jälkeen jokaisesta näytekapaleesta otetaan digitaalikameralla kuva, josta käy ilmi päivämäärä, kohteen nimi ja näytekapaleen numerotunnus. (10.)

Indikaattoriliuoksena käytetään fenoliftaleiiniliuosta. Fenoliftaleiini toimii indikaattorina värjäämällä karbonatsoitumattoman betonin (pH noin 13...14) punaiseksi. Karbonatsoituneessa betonissa (pH noin 8) värimuutosta ei tapahdu. Karbonatsoitumissyvyys voidaan mitata näytteestä esim., työntömitalla. (2: 92.) Fenoliftaleiiniliuos valmistetaan standardin SFS-EN 13295 mukaisesti.

Fenoliftaleiiniliuoksen koostumus on:

- 1 g fenoliftaleiinijauhetta
- 30 ml tislattua vettä
- 70 ml etanolia

Ulkokuoren läpi poratuista näytteistä mitataan poralierion pituus sekä ulko- että sisäpinnan karbonatsoitumissyvyudet. Jokaisesta näytekappaleesta saadut tulokset kirjataan käsin kuntotutkimuspöytäkirjaan. Karbonatsoitumissyvyys voi vaihdella huomattavasti näytteen eri kohdissa, mutta tarkoituksena on selvittää keskimääräinen karbonatsoitumissyvyys. Betonin ulkoisista halkeamista tai tiivistyspuutteista johtuvat poikkeuksellisen suuret karbonatsoitumissyvyudet kirjataan ylös, mutta jätetään huomioimatta keskimääräistä syvyyttä arvioitaessa. (2: 93.) Betonissa olevat runkoainerakeet eivät värjäydy fenoliftaleiiniliuoksen vaikutuksesta, joten niitä ei pidä erehtyä tulkitsemaan karbonatsoituneeksi betoniksi (kuva 25).



Kuva 25. Sokkelista porattu fenoliftaleiiniliuoksella käsitelty näytelieriö.

6.4 Raudoitteiden peitepaksuuksien mittaus

Raudoitteiden peitepaksuuksia mittaamalla pyritään selvittämään, kuinka suuri osuus raudoitteista on riskialttiilla vyöhykkeellä korroosion suhteen, joko betonin karbonatisoitumisen tai mahdollisesti betoniin tunkeutuneiden kloridien vuoksi.

(2: 94.) Mittauksessa huomioitavia seikkoja:

Raudoitteiden peitepaksuudet mittaus voidaan mitata ainetta rikkomattomasti peitepaksuusmittarilla, jonka toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Peitepaksuusmittarin toimintaperiaatteen vuoksi vain tavanomaiset magneettiset raudoitteet voidaan havaita. Esim. ruostumattomia raudoitteita, alumiinia tai harjakuparisiteitä ei voida havaita. (2: 94.)

Mittausta varten raudoitusten halkaisijat täytyy selvittää. Raudoitteiden halkaisijat voidaan selvittää kohteen elementti- tai muista piirustuksista. Jos kohteen piirustuksia ei ole saatavilla, raudoitteiden halkaisijat ovat helposti ennakoitavissa tavanomaisissa julkisivu- ja parveke-elementeissä, joissa rauditus on hyvin vakioitunut. (2: 94.) Uudemmillä peitepaksuusmittareilla voidaan myös mitata raudoitteiden halkaisija.

Mittaukset suoritetaan tutkittavilta pinnoilta satunnaisotantana. Kuitenkin mitattaessa peitepaksuuksia sandwich-elementeistä on mittauksia suositeltavaa jaotella käyttäen elementtien neljänneksiä (kuva 26). Sopiva mittausväli on luokkaa 150–200mm.

(2: 95.)

Mittaukset on tehtävä erikseen kustakin erilaisesta elementti- ja rakennetyypistä (elementin ulkokuori, parvekekaide, parvekelaatta, parvekepieli jne.) sekä pintatyyppistä (harjattu-, muotti-, laattapinta jne.), joissa oletettavasti on erilainen peitepaksuusjakauma. (2: 95.)

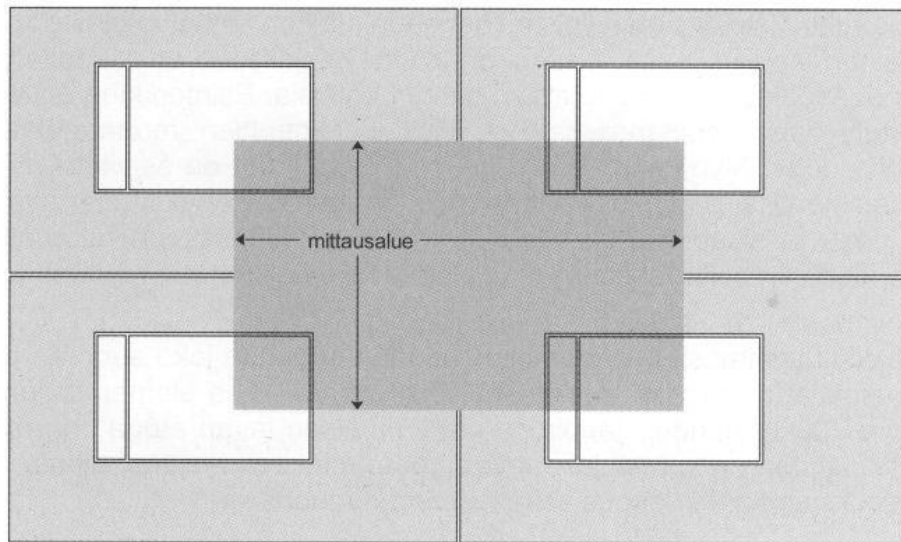
Erilaisten raudoitetyyppien (esim. julkisivuelementin verkkoraudoite ja reunateräkset) peitepaksuudet on myös mitattava erikseen. Mittauksissa on huomioitava, että reunaterästen peitepaksuudet saattavat olla pieniä elementin reunaan päin. (2: 95.)

Parvekerakenteissa rakennusosien eri pintojen peitepaksuudet on mitattava erikseen. Esimerkiksi hakaterästen peitepaksuudet ovat erilaisia kaiteiden ulko- ja sisäpinnassa. (2: 95.)

Rakennusosien laadun vaihtelun aiheuttaman virheen eliminoimiseksi peitepaksuusmittauksia tulee tehdä eri korkeuksilta. Mittauksia on suositeltavaa tehdä n.100–200 kpl, vähintään kuudesta, mieluummin eri elementistä. Mittausmäärää voidaan kuitenkin vähentää, mikäli jo mittauksen alkuvaiheessa todetaan peitepaksuuksien olevan yleisesti riittämättömiä. (2: 95.)

Mittaustiheyden on oltava elementteittäin sama ja elementin osapintoja (vasen, oikea, ylä, ala) on mitattava oikeassa suhteessa. (2: 95.)

Tarvittaessa voidaan peitepaksuuksia mitata erikseen korroosioaurioiden kohdalta. (2: 95.)



Kuva 26. Raudoitteiden peitepaksuusmittaus elementtien neljänneksistä (2.)

Näytteenotossa tarvittavia välineitä ovat Profometer 5, Proceq-peitepaksuusmittari ja kuntotutkimuspöytäkirja, johon merkitään mittausarvot.



Kuva 27. Kuvia Profometer 5, Proceq-peitepaksuusmittarista

Mittauksen suorittaminen

Ensin kiinnitetään anturin johto peitepaksuusmittarin (Input A) liitäntään ja kytketään virta päälle (on/off) painikkeesta. Seuraavaksi syötetään raudoitteen halkaisija mittariin: 1. (Menu)-painiketta painamalla siirrytään toimintovalikkoon, josta valitaan nuolipainikkeilla (Raud.halkaisija)-toiminto. 2. Käynnistetään toiminto painamalla (Start)-painiketta. 3. Säädetään haluttu raudoitteen halkaisija nuolipainikkeilla. 4. Siirrytään mittaustoimintoon (End)-painiketta painamalla. 5. Laite on käyttövalmis (näytöllä on suurikokoinen F-kirjain). (10.)

Raudoitteet etsitään liikuttamalla peitepaksuusmittarin anturia betonirakenteen pinnalla. Kun anturi on raudoitteen keskikohdassa, niin laite ilmoittaa äänimerkillä ja peitepaksuuden numeroarvo voidaan lukea laitteen näytöltä. (F-kirjaimen oikealta puolelta). Tämän jälkeen mittausarvo voidaan kirjata kuntotutkimuspöytäkirjaan. (10.)

7 TULOSTEN ANALYSOINTI

7.1 Korroosion laajuuden arviointi

Raudoitteiden korroosion laajuutta voidaan tarkastella laskemalla, miten suuri osuus mitatuista karbonatisoitumissyvyys- ja peitepaksuushavainnoista osuu eri syvyysvyöhykkeisiin. (2: 126.)

Ajan säästämiseksi ja laskentavirheiden välttämiseksi laskentaa ei ole tarkoituksenmukaista suorittaa käsin. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun rakennuslaboratoriolla on käytössä tarkoitusta varten kehitetty Excel-laskentapohja.

Käsin kirjatuista lomakkeista lasketaan, miten monta mittaushavaintoa osuu eri syvyysvyöhykkeisiin ja tiedot syötetään Excel-taulukkoon. Esimerkiksi kuvassa 28 on mitattu yhteensä 19 karbonatisoitumissyvyyshavaintoa, joista 6 osuu syvyysvyöhykkeelle 31–35 mm, ja yhteensä 79 peitepaksuushavaintoa, joista 26 osuu syvyysvyöhykkeelle 31–35 mm. Ohjelma laskee automaattisesti syvyysvyöhykkeen 31–35 mm, korroosiotilassa olevan raudoituksen osuuden koko raudoituksesta. Korroosiotilassa olevan raudoituksen kokonaismäärä saadaan eri syvyysvyöhykkeiden korroosiosuuksien summana. Laskentaa on esitetty tarkemmin oppikirjassa BY 42 Betonijulkisivun kuntotutkimus.

SYVYYS [mm]	KARB. SYVYYS		PEITEKERR.		KORROO- SIOTILA
	Havainnot		Havainnot		
	Kpl	%	Kpl	%	%
0-5 mm	0	0,0	0	0,0	0,0
6-10 mm	0	0,0	0	0,0	0,0
11-15 mm	2	10,5	1	1,3	1,2
16-20 mm	4	21,1	1	1,3	1,0
21-25 mm	0	0,0	9	11,4	7,8
26-30 mm	2	10,5	19	24,1	15,2
31-35 mm	6	31,6	26	32,9	13,9
36-40 mm	3	15,8	13	16,5	3,0
41-45 mm	2	10,5	5	6,3	0,3
46-50 mm	0	0,0	1	1,3	0,0
51-55 mm	0	0,0	3	3,8	0,0
56-60 mm	0	0,0	1	1,3	0,0
61-80mm	0	0,0	0	0,0	0,0
Yhteensä	19	100	79	100	42,4
Keskiarvo	29,0	mm	32,7	mm	LIKIARVO
Keskihajonta	10,3	mm	7,7	mm	LASKETTU
Hajonta, alar.	18,7	mm	24,9	mm	MITTAUS-
Hajonta, ylä.	39,3	mm	40,4	mm	ARVOISTA

Kuva 28. Esimerkkikuva Excel-laskentapohjasta, jossa on laskettu karbonatisoitumissyvyyksien- ja peitepaksuusmittausten tulokset sekä korroosiotilassa olevien raudotteiden osuudet

7.2 Korroosioaurioiden laajenemisen arvioiminen

Korroosioaurioiden määrän kasvua voidaan arvioida laskennallisesti karbonatitointumisen etenemistä kuvaavaan neliöjuurimallin ($X = k \sqrt{T}$) avulla,

missä k = karbonatisoitumiskerroin ($\text{mm}/\sqrt{\text{a}}$)

T = aika (a)

X = karbonatisoitumissyvyys (mm)

(2: 128–129.)

Excel-laskentapohja tekee myös tämän tarkastelun automaattisesti. Esimerkiksi karbonatisoitumiskerroin lasketaan kuvan 29 mukaan, käyttäen karbonatisoitumissyvyyksien keskiarvoa (kuva 28). Kun tiedetään rakenteen ikä (vuosina) ja karbonatisoitumiskerroin, voidaan laskea karkeasti karbonatisoitumisen etenemistä tulevaisuudessa.

KARBONATISOITUMINEN AJAN FUNKTIONA	
$x=k\sqrt{t}$ (mm)	
Rakenteen ikä, aika vuosina = t (a) (tieto tilaajalta, piirustuksista tms.)	29 a
Karbonatisoitumissyvyys x (mm)	29,0 mm
Karbonatisoitumiskerroin k (mm/ \sqrt{a}) (yleensä välillä 1,5 - 3,5 mm/ \sqrt{a})	5,4 k
Karbonatisoitumissyvyys tietyn ajan kuluttua edellä lasketun kertoimen mukaan	
Rakenteen ikä, aika vuosina = t (a)	10 a
Karbonatisoitumissyvyys x (mm)	17,0 mm
10 vuoden kuluttua = t	33,6 mm
20 vuoden kuluttua = t	37,7 mm
30 vuoden kuluttua = t	41,4 mm
40 vuoden kuluttua = t	44,7 mm
50 vuoden kuluttua = t	47,9 mm

Kuva 29. Esimerkkikuva Excel-laskentapohjasta, jossa on laskettu karbonatisoitumisen etenemistä tulevaisuudessa

8 TYÖTURVALLISUUS

8.1 Henkilösuojaimet

Käytettävien henkilösuojainten tulee täyttää *valtioneuvoston päätöksessä henkilönsuojaimista* (1406/1993) annetut rakenteelliset vaatimukset ja olla CE-merkittyjä päätöksen mukaisesti. Suojaimen rakenteellisesta suojauskyvystä vastaa valmistaja. (14.)

Kuntotutkimuksessa tarvittavia henkilökohtaisia suojaimia ovat suojakypärä, puutoamissuojaimet, kuulosuojaimet, silmiensuojaimet, turvajalkineet, suojakäsineet suojavaatetus ja hengityssuojaimet.

Suojakypärää tarvitaan erityisesti henkilönostimella työskenneltäessä, jossa on vaarana pään lyöminen kiinteään esteeseen, kun liikutaan henkilönostimen korilla ylöspäin

tai sivuttaissuunnassa. Vaarana on myös pään lyöminen johonkin käytettävään työkaluun tai työkalun putoaminen päähän.

Suojakypärän kuoriosan muovi haurastuu ajan myötä, mikä heikentää sen suojausominaisuuksia. Vanhaa kypärää ei tule tämän vuoksi käyttää. Turvallinen käyttöikä arvioidaan valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. Kypärä tulee tarkistaa ennen käyttöä vaurioiden havaitsemiseksi. Kypärä on poistettava käytöstä, jos siinä on näkyviä hiushalkeamia tai värimuutoksia tai siihen on kohdistunut voimakas isku. Kypärä puhdistetaan tarvittaessa käytön jälkeen. Puhdistamisessa ei saa käyttää liuotimia, koska ne haurastuttavat muovia. Kypärän sisäosat tulee vaihtaa, mikäli ne ovat pinttyneen likaiset. (15.)

Putoamissuojaimia tarvitaan henkilönostimen nostokorissa työskenneltäessä.

Soveltuvia suojainyhdistelmiä ovat:

- kokovaljaat + liitoshihna.
- kokovaljaat + kelautuva tarrain.

Kokovaljaisiin kuuluu mm. olka- ja reisihihnat. Valjaiden käyttäjä jää pudotessaan turvallisesti pystyasentoon ja putoamisessa syntyvät voimat kohdistuvat kehon vahvoihin osiin, kuten lantioon ja reisiin. Liitoshihna ja kelautuva tarrain toimivat yhdysköytenä valjaiden ja kiinnityspisteen välillä. Liitoshihnan pituuden tulee olla säädettävissä, jos sen pituus on yli 2 m. Kelautuvan tarraimen kelassa on jopa kymmeniä metrejä pitkä vaijeri tai hihna. Vaijerin liikenopeuden kasvaessa tarrain lukittuu automaattisesti ja pysäyttää putoamisen. (15.)

Putoamissuojainten hihnojen, köysien ja vaijerien lujuus saattaa heikentyä ajan myötä. Lujutta saattaa heikentää mm. kemikaalit, putoamisen aiheuttama rasitus ja muut vauriot, esim. kipinät, hankautuminen, kuumuus, pakkanen, auringon uv-säteily jne. Koukkujen, lukkojen ja tarrainten toimintaa saattavat heikentää mm. jäätyminen liikaantuminen ja ruostuminen. (15.)

Tästä syystä putoamissuojaimet tulee tarkistaa vähintään kerran vuodessa. Tarkastuksen saa suorittaa asiaan perehtynyt myyjän tai valmistajan valtuuttama henkilö. Putoamissuojaimista pidetään rekisteriä, johon merkitään huollot, tarkistukset ja suojaimen perustiedot. Suojaimet säilytetään riippuvassa asennossa kuivassa ja ilmastoidus-

sa tilassa, suojassa auringon valolta. Samassa säilytystilassa ei saa olla liuottimia tai muita syövyttäviä kemikaaleja. (15.)

Kuulosuojaimia tarvitaan mm. timanttiporauksessa ja kloridinäytteenotossa. Kuulosuojaimia on käytettävä ehdottomasti melutason noustessa yli 85 dB.

Soveltuvia kuulosuojaintyyppejä ovat:

- Henkilökohtaiset tulppasuojaimet, kertakäyttöiset tai uudelleenkäytettävät
- Kupumalliset kuulonsuojaimet

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että melutaso on liian korkea ja on käytettävä kuulonsuojaimia, kun metrin päässä olevan kaverin kanssa ei voi keskustella huutamatta.

Kupumallisten kuulonsuojaimien sanko on vaihdettava, jos se on vääntynyt tai sen puristusvoima on heikentynyt. Suojaimien tiivisterenkaat on puhdistettava säännöllisesti. Tiivisterenkaat on vaihdettava, jos ne ovat menettäneet muotonsa, kovettuneet tai halkeilleet esim. haurastumisen vuoksi. Jos kupumallisten kuulonsuojaimien sankaa tai tiivisterengasta ei voi vaihtaa, ne tulee poistaa käytöstä. (15.)

Silmiensuojaimia tarvitaan suojaamaan silmiä poraamisen aikana roiskevedeltä ja sin-koavilta kappaleilta sekä estämään porauspölyn kulkeutumisen silmiin. Silmiensuojaimet on puhdistettava ja tarkastettava säännöllisesti. Naarmuuntumisen ehkäisemiseksi silmiensuojaimet säilytetään kotelossa. (15.)

Turvajalkineita tarvitaan suojaamaan jalkoja kaatuvilta ja putoavilta esineiltä. Turvajalkineet on puhdistettava säännöllisesti esim. harjaamalla, pyyhkimällä kostealla rievulla tai pesemällä saippuaveteen kostutetulla sienellä. Turvajalkineet tulee poistaa käytöstä, jos varvassuojus on menettänyt muotonsa, pohjakuvio on liian kulunut tai ne ovat muuten vahingoittuneet. (15.)

Suojakäsineitä tarvitaan suojaamaan käsiä mekaanisilta vaikutuksilta (viillot, pistot, hankaus). Nahkakäsineet soveltuvat hyvin mekaanisilta vaaroilta suojautumiseen. Nahkakäsineitä on hankala puhdistaa, joten ne on poistettava käytöstä, kun ne ovat liian likaiset. (15.)

Suojavaatetusta tarvitaan suojaamaan kehoa lialta, pölyltä ja kylmyydeltä. Suojavaatetuksena voidaan käyttää joko haalaria tai kaksiosaista työasua. Suojavaatteen tulee olla riittävän väljä, jotta se ei estä työskentelyä. Suojavaatteessa ei saa olla sellaisia hihjoja, lenkkejä tms. jotka voivat tarttua esim. esineisiin tai koneisiin. (15.)

Hengityssuojaimia tarvitaan estämään porauspölyn kulkeutumisen hengitykseen ja niiden tulee olla vähintään suojainluokan P2, suojaustasoltaan hienopölyltä suojaavat. (15.) Hengityssuojaimia tarvitaan lähinnä kloridinäytteenotossa, jossa voidaan käyttää kertakäyttöisiä hengityksensuojaimia.

8.2 Henkilönostin

Henkilönostinta käyttävän henkilön tulee olla perehtynyt henkilönostimien turvalliseen käyttöön. *Uuden 1.1.2009 voimaan tulleen työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta annetun valtioneuvoston asetuksen (403/2008) 14§:n 4 mom. mukaan Trukin ja henkilönostimen kuljettajalla on oltava sen käyttöön työnantajan antama kirjallinen lupa. Työnantajan on ennen luvan antamista varmistettava, että kuljettajalla on riittävät kyvyt ja taidot työvälineen käyttämiseen.* (16.)

Ennen nostimen käyttöönottoa käyttäjälle selvitetään nostimen oikea käyttö ja tyypillisimmät käyttövirheet sekä käydään läpi käyttö- ja turvallisuusohjeet. Henkilönostimen pystytysalustaa valitessa tulee huomioida, että alusta on riittävän tasainen, luja ja painumaton. Ennen henkilönostimen käyttöä tulee tarkastaa silmämääräisesti nostokorin kunto ja turvallisen työn edellytykset sekä varmistaa henkilönostokorin kiinnitykset. Myös nostimen jarrujen ja turvalaitteiden toimintakunto tulee varmistaa käyttökokein. (17.) Koska resurssien ja ajan puutteen vuoksi opiskelijoita ei kuitenkaan ole mahdollista perehdyttää henkilönostimen käyttöön, eikä se ole tarkoituksenmukaista, asiaa ei ole syytä käsitellä tarkemmin tässä yhteydessä.

Henkilönostimella työskenneltäessä huomioitavia keskeisiä turvallisuusseikkoja

Ulkopuolisten henkilöiden liikkuminen nostimen työskentelyalueen alapuolella on esitettävä. Tarvittaessa alue eristetään esim. lippusiimalla. Ennen nostoa putoamissuojaimien liitosköysi, hihna tai vaijeri kiinnitetään henkilönostimen nostokorissa ole-

vaan kiinnityspisteeseen ja tarkistetaan koukun tai lukituslenkin toiminta virheaukeamisen varalta. Lisäksi tarkistetaan että nostokorin portti on kunnolla suljettu. Puotamissuojaimien liitosköysiä, -hahnoja tai -vaijereita tulee mahdollisuuksien mukaan tarkkailla työn aikana, jotta ne eivät esim. hankaudu nostokorin rakenteita vasten tai muuten vahingoitu työskenneltäessä. Työn aikana nostinta tulee siirtää riittävän usein, jotta milloinkaan ei tule tarvetta kurotella nostokorista tai kiivetä nostokorin kaiteelle. Työympäristön ja nostokorissa olevien henkilöiden turvallisuus tulee varmistaa aina ennen nostimen tai nostokorin siirtoa.

(15, 17.)

9 YHTEENVETO

Kuntotutkimuksessa on tärkeää saada mahdollisimman luotettavaa tietoa rakenteiden kunnosta. Raudoitteiden korroosion tutkimusmenetelmillä pyritään selvittämään rakenteiden raudoitteiden korroosiovaurioiden laajuutta ja laajenemista tulevaisuudessa. Tämän tiedon perusteella pyritään valitsemaan rakenteelle taloudellinen korjaustapa ja ajankohta.

Jotta rakenteen kunnosta saadaan mahdollisimman luotettavaa tietoa, tulee näytteenotkohdat ja mittaukset kohdistaa oikein, mittauksia tehdä riittävästi ja ottaa näytteitä riittävästi. Tähän opinnäytetyöhön on koottu mahdollisimman selvästi ja tiivistetysti keskeiset seikat, jotta edellä mainitut asiat toteutuisivat ja tulokset olisivat luotettavia.

Työturvallisuuden kannalta on tärkeää, että kenttätutkimuksessa käytetään asianmukaisia henkilösuojaimia ja rakennuskoneita käytetään turvallisesti. Tämän lisäksi tulisi kiinnittää huomiota siihen, että käytettävät henkilösuojaimet ja rakennuskoneet huolletaan, puhdistetaan ja tarkastetaan säännöllisesti käytön jälkeen. Myös henkilösuojaimien asianmukaiseen varastointiin ja säilytykseen tulisi kiinnittää huomiota.

Työtä olisi hyvä jatkaa luomalla työohjeistus myös muista kenttätutkimuksista. Tämän opinnäytetyön betonijulkisivujen vaurioita käsittelevässä teoriaosuudessa on käsitelty myös muihin kenttätutkimuksiin liittyvää teoriaa, vaikka varsinainen työohjeistus on luotu vain raudoitteiden korroosion kenttätutkimuksista.

Muita tällaisia kenttätutkimuksia ovat mm. betonin rapautumisen tutkiminen, kannatusten, kiinnitysten ja sidontojen tutkiminen, rakenteiden kosteusteknisten puutteiden

tutkiminen, pintatarvikkeiden ja pintakäsittelyjen tutkiminen, halkeilun ja muodonmuutosten tutkiminen, aiempien korjausten tutkiminen sekä terveydelle ja ympäristölle vaarallisten aineiden ja yhdisteiden tutkiminen. Valmiista työohjeistuksista voisi luoda kansion, johon myös tämän opinnäytetyön työohjeistuksen voisi lisätä.

LÄHTEET

1. Pentti, Matti. 1998. Betonijulkisivujen ja parvekkeiden korjaus, osa 1 rakenteet, vauriot ja kunnon tutkiminen. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, rakennustekniikan osasto.
2. Suomen Betoniyhdistys ry. 2002. BY 42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2002. Gummerus Kirjapaino Oy.
3. Asbesti. Työsuojeluhallinnon sivut. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/asbesti> [viitattu 10.3.2011].
4. Mäkiö, Erkki. 1994. Kerrostalot 1960–1975. Helsinki: Rakennustietosäätiö ja Rakennustieto Oy.
5. Mäkiö, Erkki. 2006. Kerrostalot 1880–2000. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustekniikan keskus –säätiö ja Museovirasto.
6. Varjonen, Saija. 2006. Conservation and Maintenance of Concrete Facades. Saatavissa: www.tut.fi/units/rak/rtek/tutkimusraportit/Tutkimusraportti_136.pdf [viitattu 15.3.2011].
7. Pentti, Matti. 1998. Betonijulkisivujen ja parvekkeiden korjaus, osa 3 korjaushanke. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, rakennustekniikan osasto.
8. RT 86-10618, ohjekortti. 1996. Parvekerakenteet, korjausrakentaminen. Saatavissa: www.rakennustieto.fi [viitattu 15.3.2011].
9. Ratu KI-6006, ohjekortti. 2002. Rakennuskoneiden käyttöturvallisuus. Saatavissa: www.rakennustieto.fi [viitattu 15.3.2011].
10. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun rakennuslaboratorion laboratorioinsinööri Jari Harjun haastattelu 8.4.2011.

11. Quantab Chloride Titrators on-the-spot test, for measuring chloride content.
Saatavissa: www.kimdon.com/quantab.php [viitattu 13.4.2011].
12. Wikipedia, vapaa tietosanakirja. Vikavirtasuojakytkin. Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Vikavirtasuojakytkin> viitattu [10.4.2011].
13. Timanttiporaus, -käytännön vihjeitä. Saatavissa: www.bosch-pt.fi/tarvike/huolto/Timanttivalikoima/Timanttivalikoimakäytännönvihjeitä.shtml
[viitattu 10.4.2011].
14. Henkilönsuojaimet. Työsuojeluhallinnon sivut. Saatavissa:
www.tyosuoja.fi/fi/suojaimet#mukaisuus [viitattu 28.3.2011].
15. 3T Ratkaisut Oy 2003. TR-mittaus ja Rakennustyön turvallisuus.
Saatavissa: www.turvallisuusutiset.fi/etusivu/tietoaitta/menetelmia+ja+oppaita/
[viitattu 15.3.2011].
16. Työsuojeluhallinto 2010. Siirrettävät henkilönostimet, turvallisen käytön ohjeet.
Saatavissa: http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2010/06/TSO_31.pdf
[viitattu 10.4.2011].
17. Ratu 1211-S, ohjekortti 2004. Työmaatekniikka, nostot ja siirrot.
Saatavissa: www.rakennustieto.fi [viitattu 15.3.2011].



**Kymenlaakson
ammattikorkeakoulu**

University of Applied Sciences

**AS OY ESIMERKKI
Koskenkatu 1
55510 IMATRA**

KUNTOTUTKIMUSSELOSTE RAK 2009202

**JULKISIVUT
ASUINPARVEKKEET**

24.5.2011

**KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU, Rakennuslaboratorio
PL 9, 48401 KOTKA, Puhelin (05) 220 8111, Faksi (05) 2208 209,
sähköposti: etunimi.sukunimi@kyamk.fi**

SISÄLLYSLUETTELO

1	YLEISTÄ	2
1.1	KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT	2
1.2	TILAAJA	2
1.3	TUTKIMUKSEN SUORITTAJA	2
1.4	LYHYT KUVAUS KOHTEESTA	2
1.5	TUTKIMUKSEN AJANKOHTA JA TAVOITTEET	2
1.6	SUORITETUT TOIMENPITEET JA TUTKIMUKSET	2
1.7	TUTKIMUKSISSA KÄYTETYT VÄLINEET	3
1.8	LABORATORIOTUTKIMUKSET	3
1.9	ASIAKIRJAT	4
1.10	SAADUT TIEDOT KOHTEESTA	4
2	RAKENNESELITYS	4
2.1	JULKISIVUT	4
2.1.1	Suunnitelmat	4
2.1.2	Julkisivujen silmämääräiset havainnot	4
2.1.3	Näytteenotto julkisivuista	4
2.2	ASUINPARVEKERAKENTEET	6
2.2.1	Suunnitelmat	6
2.2.2	Asuinparvekerakenteiden silmämääräiset havainnot	6
2.2.3	Näytteenotto asuinparvekerakenteista	6
3	MITTAUS- JA TUTKIMUSTULOKSET	7
3.1	KARBONATISOITUMISSYVYYDET JA TERÄSTEN BETONIPEITEPAKSUUDET	7
3.2	KLORIDIPITOISUUS	10
3.3	PCB-JA LYIJYPITOISUUS	10
3.4	PINTA/OHUTHIETUTKIMUS, BETONIRAKENTEET	11
3.5	ASBESTI	13
4	TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	13
4.1	JULKISIVUT	13
4.2	ASUINPARVEKKEET (LAATTA JA PIELI)	14
5	SUOSITELTAVAT KORJAUSTAVAT	15
5.1	JULKISIVUT	16
5.2	ASUINPARVEKERAKENTEET (LAATTA JA PIELI)	16
6	LIITTEET	16

1 YLEISTÄ

1.1 Kohteen lähtötiedot

Kohde	As Oy Esimerkki
Lähiosoite	Koskenkatu 1
Postinumero- ja toimipaikka	55510 Imatra
Rakennusvuosi	1984

1.2 Tilaaja

As Oy Esimerkki
Imatran Asunnot Oy
Koskenkatu 1
55100 IMATRA

1.3 Tutkimuksen suorittaja

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu Oy
Rakennuslaboratorio
PL 9
48401 Kotka

RI Jari Harju
gsm: 044-702 8271
jari.harju@kyamk.fi

1.4 Lyhyt kuvaus kohteesta

Kohde on valmistunut vuonna 1984. Rakennus on tasakattoinen. Kohteessa on yhteensä 24 asuinparveketta.

1.5 Tutkimuksen ajankohta ja tavoitteet

Kohteen kenttätutkimukset suoritettiin 5.5.2009. Kuntotutkimuksen tarkoituksena oli selvittää betonirakenteiden kunto, korjaustarve sekä korjausten kiireellisyys.

1.6 Suoritetut toimenpiteet ja tutkimukset

Suoritettuun kuntotutkimukseen liittyivät seuraavat toimenpiteet ja tutkimukset:

- betonirakenteista poratuista näytteistä (yhteensä 13 kpl) selvitettiin:

- silmämääräisesti betonin halkeilu, rapautuma ja tiiviys
 - rakenteen paksuus
 - suojabetonikerroksen paksuus
 - betonin karbonatisoitumissyvyys fenoliftaleiini-indikaattoriliuoksella poralieriöistä
 - terästen koko ja mahdollinen ruostuminen
 - betonin vetolujuus (tarvittaessa lopuille näytteille)
- Betonin ohut/pintahietutkimuksilla (3 kpl ohuthie ja 5 kpl pintahie)) selvitetiin mm:
- betonin karbonatisoitumissyvyys
 - betonin tiiviys
 - betonin runkoaineen laatu ja sideaineen tyyppi
 - betonin runkoaineen ja sideaineen välinen tartunta
 - betonin huokosrakenne
 - betonin halkeilu ja säröily
 - ettringiitin kiteytyminen
- Lisäksi suoritettiin betonin kloridipitoisuuden määritykset (2 kpl)

1.7 Tutkimuksissa käytetyt välineet

- timanttiporauskalusto, pora Ø 50 mm
- digitaalikamera
- betoniterästen peitesyvyysmittari Profometer 5, Proceq
- muut mittalaitteet

1.8 Laboratoriotutkimukset

Betonirakenteista otettujen näytteiden laboratorioanalyysit suorittivat:

Kymenlaakson Ammattikorkeakoulu Oy
Rakennuslaboratorio
PL9, 48401 Kotka

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun rakennuslaboratorion yhteyshenkilönä toimii laboratorioinsinööri Jari Harju, puh. 044 702 8271.

Kiratek Oy
Myyntimiehenkuja 4
90420 Oulu

Kiratek Oy:n yhteyshenkilönä toimii laboratoriopäällikkö/geologi Seppo Suoperä, puh. 040 769 2318.

1.9 Asiakirjat

Elementtipiirustukset ja julkisivupiirustukset.

1.10 Saadut tiedot kohteesta

Tilaaajalta saatiin kohteen yleistiedot, jotka on esitetty raportin alkusivuilla.

2 RAKENNESELITYS

2.1 Julkisivut

2.1.1 Suunnitelmat

Kohteessa on betonipintaiset sandwich-elementit. Kohteen julkisivuissa on 3 erityyppistä elementtiä:

Ruutuelementti

Ikkunallinen ruutuelementti

Parvekkeen taustaelementti

Elementtien raudoitukset ja muut tiedot selviävät rakennepiirustuksista

Julkisivubetonin suojahuokossuhde vaatimus on piirustusten mukaan 0,2

Teräksiä suojaava betonipeitevaatimus on ulkorakenteissa 25 mm.

2.1.2 Julkisivujen silmämääräiset havainnot

Kaikkien porareikien kohdalla lämmöneriste näytti visuaalisesti olevan kuiva.

Julkisivuissa ei näkynyt vakavia vaurioita.

Ulkoseinäelementin ulkokuoren paksuus on n. 50–80 mm (keskimäärin 61 mm).

Ulkoseinäelementin villaeristeen paksuun vaihteli välillä 89–116 mm (keskimäärin 98 mm).

2.1.3 Näytteenotto julkisivuista

Betonirakenteista otettiin timanttiporalla (Ø 50 mm) yhdeksän näytekappaletta betonin silmämääräistä arviointia ja laboratoriotutkimuksia varten.

Näytteidenottokohdat on esitetty liitteessä 2.

Taulukko 1. Näytteiden silmämääräiset havainnot ja tutkimustoi-

menpiteet.

Tunnus	Näytteenotto-kohta	Silmämääräiset havainnot	Tutkimustoimenpiteet
JS 1.1	julkisivu 1, parvekkeen taustaelementti	Näytteen kokonaispituus on noin 48 mm. Ulkokuoressa on kaksi eri kerrosta, ulkopinnassa pesubetonikerros ja sisäpinnassa normaali betoni. Näytteen kun on visuaalisesti arvioiden hyvä. Näytteessä 1 kpl d= 4 mm teräs, noin 27 mm ulkopinnasta mitattuna. Näytteen betoni on voimakkaasti karbonatisoitunut.	Visuaalinen tarkastus, karbonatisoituminen ja pintahie
JS 1.2	julkisivu 1, parvekkeen taustaelementti	Näytteen kokonaispituus on noin 50 mm. Ulkokuoressa on kaksi eri kerrosta, ulkopinnassa pesubetonikerros ja sisäpinnassa normaali betoni. Näytteen kun on visuaalisesti arvioiden hyvä. Näytteessä 1 kpl d= 4 mm teräs, noin 30 mm ulkopinnasta mitattuna. Näytteen betoni on voimakkaasti karbonatisoitunut.	Visuaalinen tarkastus, karbonatisoituminen
JS 1.3	julkisivu 1, parvekkeen taustaelementti	Näytteen kokonaispituus on noin 57 mm. Ulkokuoressa on kaksi eri kerrosta, ulkopinnassa pesubetonikerros ja sisäpinnassa normaali betoni. Näytteen kun on visuaalisesti arvioiden hyvä. Näytteessä 1 kpl d= 4 mm teräs, noin 45 mm ulkopinnasta mitattuna. Näytteen betoni on voimakkaasti karbonatisoitunut.	Visuaalinen tarkastus, karbonatisoituminen
JS 2.1	julkisivu 2, ruutuelementti	Näytteen kokonaispituus on noin 73 mm. Ulkokuoressa on kaksi eri kerrosta, ulkopinnassa pesubetonikerros ja sisäpinnassa normaali betoni. Näytteen kun on visuaalisesti arvioiden hyvä. Näytteessä 1 kpl d= 4 mm teräs, noin 45 mm ulkopinnasta mitattuna. Näytteen betoni on vähäisesti karbonatisoitunut	Visuaalinen tarkastus, karbonatisoituminen
JS 2.2	julkisivu 2, ruutuelementti	Näytteen kokonaispituus on noin 80 mm. Ulkokuoressa on kaksi eri kerrosta, ulkopinnassa pesubetonikerros ja sisäpinnassa normaali betoni. Näytteen kun on visuaalisesti arvioiden hyvä. Näytteessä 1 kpl d= 4 mm teräs, noin 42 mm ulkopinnasta mitattuna. Näytteen betoni on vähäisesti karbonatisoitunut	Visuaalinen tarkastus, karbonatisoituminen ja ohuthie
JS 3.1	julkisivu 3, ikkunallinen ruutuelementti	Näytteen kokonaispituus on noin 50 mm. Ulkokuoressa on kaksi eri kerrosta, ulkopinnassa pesubetonikerros ja sisäpinnassa normaali betoni. Näytteen kun on visuaalisesti arvioiden hyvä. Näytteessä 1 kpl d= 4 mm teräs (ruosteessa), noin 30 mm ulkopinnasta mitattuna. Näytteen betoni on voimakkaasti karbonatisoitunut	Visuaalinen tarkastus, karbonatisoituminen ja pintahie
JS 3.2	julkisivu 3, ikkunallinen ruutuelementti	Näytteen kokonaispituus on noin 50 mm. Ulkokuoressa on kaksi eri kerrosta, ulkopinnassa pesubetonikerros ja sisäpinnassa normaali betoni. Näytteen kun on visuaalisesti arvioiden hyvä. Näytteessä 1 kpl d= 4 mm teräs, noin 25 mm ulkopinnasta mitattuna. Näytteen betoni on melkoisen voimakkaasti karbonatisoitunut	Visuaalinen tarkastus, karbonatisoituminen
JS 4.1	julkisivu 4, ruutuelementti	Näytteen kokonaispituus on noin 69 mm. Ulkokuoressa on kaksi eri kerrosta, ulkopinnassa pesubetonikerros ja sisäpinnassa normaali betoni. Näytteen kun on visuaalisesti arvioiden hyvä. Näytteessä 1 kpl d= 4 mm teräs, noin 38 mm ulkopinnasta mitattuna. Näytteen betoni on vähäisesti karbonatisoitunut	Visuaalinen tarkastus, karbonatisoituminen ja pintahie

JS 4.2	julkisivu 4, ruutuelementti	Näytteen kokonaispituus on noin 66 mm. Ulko-kuoressa on kaksi eri kerrosta, ulkopinnassa pesubetonikerros ja sisäpinnassa normaali betoni. Näytteen kun on visuaalisesti arvioiden hyvä. Näytteessä 1 kpl d= 4 mm teräs, noin 36 mm ulkopinnasta mitattuna. Näytteen betoni on vähäisesti karbonatisoitunut	Visuaalinen tarkastus, karbonatisoituminen
--------	-----------------------------	---	--

2.2 Asuinparvekerakenteet

2.2.1 Suunnitelmat

Kohteessa on elementtirakenteiset betoniparvekkeet. Parveke on kannatettu sivuiltaan piellelementein. Asuinparvekkeita on yhteensä 24 kpl.

2.2.2 Asuinparvekerakenteiden silmämääräiset havainnot

Parvekelaattojen vedenpoisto on toteutettu kallistamalla laatta etureunaa kohti.

Parvekelaatan yläpinnan sekä alapinnan maali on paikoitellen irronnut alustastaan.

Parvekelaatan alapinnassa oli paikoitellen paljon lyhyemmän sivunsuuntaisia halkeamia.

Parvekelaatan alapinnassa oli paikoitellen havaittavissa vedenvuotokohtia.

Parvekkeiden laatat näyttivät olevan taipuneet pidemmänsivun suuntaisesti, laatoissa oli erittäin pitkä jänneväli (ei mitattu)

2.2.3 Näytteenotto asuinparvekerakenteista

Betonirakenteista otettiin timanttiporalla (Ø 50 mm) neljä näytekappaletta betonin silmämääräistä arviointia ja laboratoriotutkimuksia varten.

Näytteidenottokohdat on esitetty liitteessä 2.

Taulukko 2. Näytteiden silmämääräiset havainnot ja tutkimustoi-
menpiteet.

Tunnus	Näytteenotto- kohta	Silmämääräiset havainnot	Tutkimustoi- menpi- teet
P 1.1	Parveke 1, pielseinä	Näytteen kokonaispituus on noin 164 mm. Näytteessä teräs d= 12 mm, noin 36 mm etäisyydellä sisäpinnasta. Näytteen yleiskunto on hyvä. Näytteen betoni oli erittäin vähän karbonatisoitunut. Näytteen molemmissa pinnoissa vaalea pinnoite.	Visuaalinen tarkastelu, karbonatisoituminen ja ohuthie

P 1.2	Parveke 1, laatta	Näytteen kokonaispituus on noin 202mm. Näytteessä teräs d= 8 mm, noin 43 mm etäisyydellä alapinnasta. Näytteen yleiskunto on hyvä. Näytteen betoni oli vähän karbonatoitunut.	Visuaalinen tarkastelu, karbonatoituminen ja pintahie
P 2.1	Parveke 2, pieliseinä	Näytteen kokonaispituus on noin 162 mm.. Näytteen yleiskunto on hyvä. Näytteen betoni oli vähän karbonatoitunut. Näytteen molemmissa pinnoissa vaalea pinnoite.	Visuaalinen tarkastelu, karbonatoituminen ja pintahie
P 2.3	Parveke 2, laatta	Näytteen kokonaispituus on noin 205mm. Näytteessä teräs d= 8 mm, noin 43 mm etäisyydellä alapinnasta. Näytteen yleiskunto on hyvä. Näytteen betoni oli vähän karbonatoitunut.	Visuaalinen tarkastelu, karbonatoituminen

3 MITTAUS- JA TUTKIMUSTULOKSET

3.1 Karbonatoitumissyvyyydet ja terästen betonipeitepaksuudet

Taulukoissa 3 - 6 on esitetty koekappaleista mitatut karbonatoitumissyvyyydet ja betonipinnoilta mitatut terästen betonipeitepaksuudet syvyysvyöhykkeisiin jaoteltuina. Mikäli teräksiä sijaitsee karbonatoituneella vyöhykkeellä, on teräskorroosio mahdollinen.

Taulukko 3. Julkisivuelementtien ulkokuoren raudoitteiden peitekerrospaksuus ja karbonatoitumissyvyys.(Julkisivukohdat 1-4)

SYVYYS [mm]	KARB. SYVYYS Havainnot		PEITEKERR. PAK. Havainnot		KORROO- SIOTILA
	Kpl	%	Kpl	%	
0-5 mm	0	0,0	0	0,0	0,0
6-10 mm	4	9,3	0	0,0	0,0
11-15 mm	11	25,6	0	0,0	0,0
16-20 mm	10	23,3	0	0,0	0,0
21-25 mm	1	2,3	1	3,1	1,3
26-30 mm	8	18,6	5	15,6	4,7
31-35 mm	2	4,7	6	18,8	3,5
36-40 mm	0	0,0	15	46,9	7,6
41-45 mm	0	0,0	5	15,6	2,5
46-50 mm	7	16,3	0	0,0	0,0
51-55 mm	0	0,0	0	0,0	0,0
56-60 mm	0	0,0	0	0,0	0,0
61-80mm	0	0,0	0	0,0	0,0
Yhteensä	43	100	32	100	19,7
Keskiarvo	23,9	mm	36,1	mm	LIKIARVO
Keskihajonta	13,2	mm	5,1	mm	LASKETTU
Hajonta, alar.	10,7	mm	31,0	mm	MITTAUS- ARVOISTA
Hajonta, ylär.	37,1	mm	41,2	mm	

Julkisivuelementtien ulkokuoren raudoitteiden kunto on **kohtalainen**, koska mitatuista raudoitteista n. 20 % on korroosiotilassa.

Keskimääräinen karbonatisoitumiskerroin k on 4,8 (normaalisti välillä 1,5 – 3,5). 10 vuoden kuluttua karbonatisoitumissyvyys on kertoimen perusteella keskimäärin n. 28 mm.

Tutkimuskohdittain korroosiotila [%] on seuraava:

Julkisivukohta 1, parvekkeen taustaelementti	= 38,4 %
Julkisivukohta 2, ruutuelementti	= 0,0 %
Julkisivukohta 3, ikkunallinen ruutuelementti	= 21,4 %
Julkisivukohta 4, ruutuelementti	= 0,0 %

Ulkokuoren sisäpinnan karbonatisoitumissyvyudeksi tuli keskimääräisesti 18 mm (julkisivukohtat 1-4)

Taulukko 4. Asuinparvekelaatan alapinnan raudoitteiden peitekerrospaksuus ja karbonatisoitumissyvyys.

SYVYYS [mm]	KARB. SYVYYS Havainnot		PEITEKERR. PAK. Havainnot		KORROO- SIOTILA %
	Kpl	%	Kpl	%	
0-5 mm	0	0,0	0	0,0	0,0
6-10 mm	4	23,5	0	0,0	0,0
11-15 mm	7	41,2	0	0,0	0,0
16-20 mm	5	29,4	2	4,3	0,9
21-25 mm	0	0,0	14	30,4	1,8
26-30 mm	0	0,0	20	43,5	2,6
31-35 mm	1	5,9	8	17,4	0,5
36-40 mm	0	0,0	1	2,2	0,0
41-45 mm	0	0,0	1	2,2	0,0
46-50 mm	0	0,0	0	0,0	0,0
51-55 mm	0	0,0	0	0,0	0,0
56-60 mm	0	0,0	0	0,0	0,0
61-80mm	0	0,0	0	0,0	0,0
Yhteensä	17	100	46	100	5,8
Keskiarvo	14,7	mm	27,7	mm	LIKIARVO LASKETTU
Keskihajonta	5,4	mm	4,7	mm	
Hajonta, alar.	9,3	mm	23,1	mm	MITTAUS- ARVOISTA
Hajonta, ylär.	20,1	mm	32,4	mm	

Asuinparvekelaatan alapinnan raudoitteiden kunto on **hyvä**, koska mitatuista raudoitteista n. 6 % on korroosiotilassa.

Keskimääräinen karbonatisoitumiskerroin k on 2,9 (normaalisti välillä 1,5 – 3,5). 10 vuoden kuluttua karbonatisoitumissyvyys on kertoimen perusteella keskimäärin n. 17 mm.

Asuinparvekelaatan yläpinnan (lattia) keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys on keskimäärin noin 15 mm ja raudoitteiden keskimääräinen peitekerrospaksuus on noin 44 mm.

Taulukko 5. Asuinparvekepielen (sisäpinta) raudoitteiden peitekerrospaksuus ja karbonatisoitumissyvyys.

SYVYYS [mm]	KARB. SYVYYS Havainnot		PEITEKERR. PAK. Havainnot		KORROO- SIOTILA %
	Kpl	%	Kpl	%	
0-5 mm	0	0,0	0	0,0	0,0
6-10 mm	6	40,0	0	0,0	0,0
11-15 mm	7	46,7	1	2,0	0,7
16-20 mm	2	13,3	7	13,7	0,9
21-25 mm	0	0,0	11	21,6	0,0
26-30 mm	0	0,0	12	23,5	0,0
31-35 mm	0	0,0	7	13,7	0,0
36-40 mm	0	0,0	7	13,7	0,0
41-45 mm	0	0,0	2	3,9	0,0
46-50 mm	0	0,0	1	2,0	0,0
51-55 mm	0	0,0	2	3,9	0,0
56-60 mm	0	0,0	1	2,0	0,0
61-80mm	0	0,0	0	0,0	0,0
Yhteensä	15	100	51	100	1,6
Keskiarvo	11,8	mm	29,8	mm	LIKIARVO LASKETTU
Keskihajonta	3,1	mm	9,5	mm	
Hajonta, alar.	8,7	mm	20,4	mm	MITTAUS- ARVOISTA
Hajonta, ylär.	14,9	mm	39,3	mm	

Asuinparvekepielen (sisäpinta) raudoitteiden kunto on hyvä, koska mitatuista raudoitteista n. 2 % on korroosiotilassa.

Keskimääräinen karbonatisoitumiskerroin k on 2,4 (normaalisti välillä 1,5 – 3,5). 10 vuoden kuluttua karbonatisoitumissyvyys on kertoimen perusteella keskimäärin n. 14 mm.

Taulukko 6. Asuinparvekepielen (ulkopinta) peitekerrospaksuus ja karbonatisoitumissyvyys.

SYVYYS [mm]	KARB. SYVYYS Havainnot		PEITEKERR. PAK. Havainnot		KORROO- SIOTILA %
	Kpl	%	Kpl	%	
0-5 mm	0	0,0	0	0,0	0,0
6-10 mm	1	10,0	0	0,0	0,0
11-15 mm	7	70,0	0	0,0	0,0
16-20 mm	2	20,0	5	31,3	3,1
21-25 mm	0	0,0	1	6,3	0,0
26-30 mm	0	0,0	2	12,5	0,0
31-35 mm	0	0,0	5	31,3	0,0

36-40 mm	0	0,0	2	12,5	0,0
41-45 mm	0	0,0	1	6,3	0,0
46-50 mm	0	0,0	0	0,0	0,0
51-55 mm	0	0,0	0	0,0	0,0
56-60 mm	0	0,0	0	0,0	0,0
61-80mm	0	0,0	0	0,0	0,0
Yhteensä	10	100	16	100	3,1
Keskiarvo	13,2	mm	28,9	mm	LIKIARVO
Keskihajonta	2,5	mm	8,3	mm	LASKETTU
Hajonta, alar.	10,7	mm	20,6	mm	MITTAUS-
Hajonta, ylär.	15,7	mm	37,3	mm	ARVOISTA

Asuinparvekepielen (ulkopinta) raudoitteiden kunto on hyvä, koska mitatuista raudoitteista n. 3 % on korroosio-tilassa.

Keskimääräinen karbonatisoitumiskerroin k on 2,6 (normaalisti välillä 1,5 – 3,5). 10 vuoden kuluttua karbonatisoitumissyvyys on kertoimen perusteella keskimäärin n. 16 mm.

3.2 Kloridipitoisuus

Betonien kokonaiskloridipitoisuus määritettiin Quantab Cloridi Titrators – pikamenetelmällä (vesiliukoinen).

Taulukko 7. Betonin kloridipitoisuus.

Tunnus	Rakenneosa	Kloridipitoisuus betonin painosta (%)
CL 1	Julkisivu 2	0,005
CL 2	Asuinparveke 2, laatta ap	0,003

Kloridipitoisuuden kriittisenä arvona voidaan pitää 0,05 %:a (lähde: BY 41). Mikäli kloridipitoisuus ylittää tämän raja-arvon, kasvaa teräskorroosioriski selvästi.

3.3 PCB- ja lyijypitoisuus

Ulkoseinäelementtien saumaussmassasta määritettiin Pcb ja- Pb pitoisuudet. Tulokset on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Näytteen Pb- ja PCB-pitoisuudet

Näyte	Materiaali	Pb-pitoisuus	PCB-pitoisuus
Näyte 1	Saumamassa	2650 mg/kg	< 10 mg/kg

Näytteen lyijy-pitoisuus ylittää ongelmajätteelle asetetun raja-arvon (lyijylle 1500 mg/kg ja PCB:lle 50 mg/kg), joten kyseinen saumatiivistemassa on ongelmajätettä lyijyn, mutta ei PCB:n suhteen.

3.4 Pinta/ohuthietutkimus, betonirakenteet

Tutkimuskohteen betonirakenteista, RAK2009202, toimitettiin viisi näytettä pintahietutkimusta varten sekä kolme näytettä ohuthietutkimusta varten.

Näytelieriöt sahattiin kahtia ja palanäytetarkastelut tehtiin koko näytteen pituudelle.

Betoninäytteiden pintahietutkimukset suoritettiin Leica MS5 stereomikroskoopilla. Ohuthieet tutkittiin Olympus BX 60polarisaatiomikroskoopilla.

Betoninäytteiden kuntoa on arvioitu asteikolla hyvä, tyydyttävä ja heikko. Arvion perustana on käytetty stereomikroskooppitarkastelusta saatuja tuloksia.

Taulukko 9. Pinta/ohuthiehietulokset näytteittäin.

Tunnus	Näytteenotto kohta	Kuntoluokka	Pakkasrapautuneisuus
OH 1	1.1, pieliseinä	hyvä	-
OH 2	JS 2.2	25,0 mm ulko-osa lähes hyvä, muuten hyvä	-
OH 3	Asuinparveke 2, 2.3 laatta	hyvä	-
PH 1	JS 1.1	14,0 mm ulko-osa lähes tyydyttävä, muuten lähes hyvä	0-14 mm ulko-osassa alkavaa rapautumista (pesubetoni), taustabetonissa ei havaittu mikrorakoilua
PH 2	JS 3.1	29,0 mm ulko-osa tyydyttävä, muuten lähes hyvä	-
PH 3	JS 4.1	15,0 mm ulko-osa lähes hyvä, muuten hyvä	15,0 mm ulko-osassa alkavaa rapautumista (pesubetoni), taustabetonissa ei havaittu mikrorakoja
PH 4	asuinparveke 2, 2.1 pieli	1,0 mm ulko-osa lähes tyydyttävä, muuten hyvä	-
PH 5	asuinparveke 1, laatta 1.2	1,0 mm yläosa lähes tyydyttävä, muuten hyvä	-

Betonin koostumus

Julkisivunäytteet olivat kerroksellisia ja niissä erotettiin ulkopinnan pesubetonikerros ja sisäpuolella taustabetonikerros. Pesubetonikerrokset olivat hyvin kiinni taustabetonissa. Pesubetoninäytteiden runkoainekappaleet koostuivat särmikkäistä karbonaattikivikappaleista sekä karbonaattirakeista/-

raekasoista. Muiden näytteiden betonit olivat tasalaatuisia ja ne eivät olleet kerroksellisia. Niiden runkoainekappaleet koostuivat alle 18,0 mm:n läpimittaisista osittain reunoilta pyöristyneistä tai särmikkäistä graniittisista kivilajikappaleista sekä sora- ja hiekka-aineksesta. Näytteiden OH 1, OH 2 ja OH 3 sideaineet olivat hydratoituneet normaalisti.

Betonin karbonatisoituminen

Sideaine oli karbonaattiutunut näytteessä OH 1 0,5–7,0 mm (» 3,5 mm) ulkopinnasta ja 14,5–16,0 mm (» 15,0 mm) sisäpinnasta, näytteessä OH 2 9,5–30,0 mm (» 17,0 mm) ulkopinnasta (sisältää rouheosan) ja 0–2,5 mm (» 1,0 mm) sisäpinnasta, näytteessä OH 3 9,0–13,0 mm (» 11,0 mm) yläpinnasta ja 13,0–33,0 mm (» 16,0 mm) alapinnasta, näytteessä PH 1 18,0–52,0 mm (» 26,0 mm, paikoin läpi) ulkopinnasta (sisältää rouheosan) ja 16,0–52,0 mm (» 19,0 mm, paikoin läpi) sisäpinnasta, näytteessä PH 2 15,0–28,5 mm (» 23,0 mm) ulkopinnasta ja 12,0–25,0 mm (» 17,0 mm) sisäpinnasta, näytteessä PH 3 9,0–22,0 mm (» 14,0 mm) ulkopinnasta ja 0–0,5 mm (» 0 mm) sisäpinnasta, näytteessä PH 4 10,0–20,0 mm (» 14,0 mm) ulkopinnasta ja 6,5–13,5 mm (» 10,5 mm) sisäpinnasta sekä näytteessä PH 5 13,5–26,5 mm (» 16,0 mm) yläpinnasta ja 7,5–14,0 mm (» 11,0 mm) alapinnasta.

Runkoaineen ja sideaineen rajapinnat

Näytteiden runkoainekappaleiden ja sideaineen väliset rajapinnat olivat pääasiassa kiinni ja tartunnat hyvät. Näytteiden OH 1 ja OH 2 runkoainekappaleiden rajapinnoilla oli paikoin vähän portlandiittia.

Pakkasvaurioituminen

Näytteissä OH 1 ja OH 3 ei havaittu merkittäviä kuivumisen tai pakkasrapautumisen aiheuttamia mikrorakoja. Näytteiden OH 2, PH 1, PH 2 ja PH 3 pesubetonien ulko-osissa runkoainekappaleiden väleissä oli yksittäisiä suuntautumattomia kiinni olevia alle 5,0–10,0 mm pitkiä mikrorakoja. Näytteen PH 4 ulkopinnan maalin alla oli alkavaa rapautumista. Näytteen PH 5 yläpinnan maalin alla oli alkavaa rapautumista.

Näytteiden teräkset

Näytteessä OH 1 sisäpinnasta 36,0 mm:ssä ($\varnothing = 8,0$ mm) oleva teräs ei ollut ruostunut. Näytteessä OH 2 sisäpinnasta 32,0 mm:ssä ($\varnothing = 3,0$ mm) oleva teräs ei ollut ruostunut. Näytteessä OH 3 sisäpinnasta 43,0 mm:ssä ($\varnothing = 8,0$ mm) oleva teräs ei ollut ruostunut. Näytteessä PH 1 sisäpinnasta 12,0 mm, 14,0 mm ja 15,0 mm:ssä olevat teräkset ($\varnothing = 3,0$ mm) eivät olleet ruostuneet. Näytteessä PH 2 sisäpinnasta 16,0 mm:ssä ($\varnothing = 4,0$ mm) oleva teräs oli pinnalta ruostunut. Näytteessä PH 3 sisäpinnasta 28,0 mm:ssä ($\varnothing = 3,0$ mm) oleva teräs ei ollut ruostunut. Näytteessä PH 5 alapinnasta 41,0 mm:ssä ($\varnothing = 8,0$ mm) oleva teräs ei ollut ruostunut.

Näytteiden pinnoitteet

Näytteiden OH 1 ja PH 4 ulko- ja sisäpinnan maalit olivat kiinni alustassa. Näytteiden OH 3 ja PH 5 ylä- ja alapinnalla ei ollut pinnoitetta ollenkaan.

Arvio näytteiden huokoisuudesta ja pakkasenkestävyydestä

Betoneissa oli vähän – kohtalaisesti pyöreitä ja vaihtelevanmuotoisia ilmahuokosia ja ne olivat pääasiassa täytteittämiä. Näytteen OH 3 betoni oli puutteellisesti lisähuokostettua ja huokosjaon/ mikrorakenteen perusteella se oli osittain pakkasenkestävä kosteissa olosuhteissa. Muiden näytteiden betonit eivät olleet lisähuokostettuja ja huokosjakojen ja/ tai mikrorakenteiden perusteella ne eivät olleet pakkasenkestäviä kosteissa olosuhteissa.

3.5 Asbesti

Pinnoitteiden asbestitutkimukset tehtiin Kiratek Oy:n toimesta.

Taulukko 10. Asbestipitoisuustulokset

Näyte	Näytteenottoaika ja tutkittava materiaali	Tulos	Asbestin nimi
ASB 1	Vaalea maali, parvekepieli, sisäseinä	(EM) sisältää asbestia	krysotiili

4 TULOSEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Julkisivut

Karbonatisoituminen

Karbonatisoitumisrintama **on osittain saavuttanut** teräsvyvyyden julkisivuelementin ulkokuoren osalta.

Julkisivuelementin ulkokuoren teräksistä keskimäärin noin **20 %** on karbonatisoituneella vyöhykkeellä ja on mahdollisesti korroosiotilassa.

Elementtityypeittäin tilanne on seuraava:

Julkisivukohta 1, parvekkeen taustaelementti	= 38,4 %
Julkisivukohta 2, ruutuelementti	= 0,0 %
Julkisivukohta 3, ikkunallinen ruutuelementti	= 21,4 %
Julkisivukohta 4, ruutuelementti	= 0,0 %

Tutkimustulosten perusteelle **ruutuelementeillä on hyvä tilanne**, kun raudoitteista noin 0 % on karbonatisoituneella vyöhykkeellä.

Betonin lohkeilu ja halkeiluvauriot

Julkisivuelementeissä ei näkynyt pakkasvaurioitumisen merkkejä.

Betonin vetolujuus

Näytteille ei tehty vetolujuuskokeita.

PCB-ja lyijypitoisuus

Näytteen lyijy-pitoisuus ylittää ongelmajätteelle asetetun raja-arvon (lyijylle 1500 mg/kg ja PCB:lle 50 mg/kg), joten kyseinen saumatiivistemassa on ongelmajätettä lyijyn, mutta ei PCB:n suhteen.

Betonin mikrorakenne, Ohut/pintahietutkimus

Julkisivunäytteet olivat kerroksellisia ja niissä erotettiin ulkopinnan pesubetonikerros ja sisäpuolella taustabetonikerros. Pesubetonikerrokset olivat hyvin kiinni taustabetonissa. Pesubetoninäytteiden runkoainekappaleet koostuivat särmikkäistä karbonaattikivikappaleista sekä karbonaattirakeista/-raekasoista.

Näytteiden OH 2, PH 1, PH 2 ja PH 3 pesubetonien ulko-osissa runkoainekappaleiden väleissä oli yksittäisiä suuntautumattomia kiinni olevia alle 5,0–10,0 mm pitkiä mikrorakoja.

Näytteessä PH 1 sisäpinnasta 12,0 mm, 14,0 mm ja 15,0 mm:ssa olevat teräkset ($d = 3,0$ mm) eivät olleet ruostuneet. Näytteessä PH2 sisäpinnasta 16,0 mm:ssa ($d = 4,0$ mm) oleva teräs oli pinnalta ruostunut. Näytteessä PH 3 sisäpinnasta 28,0 mm:ssa ($d = 3,0$ mm) oleva teräs ei ollut ruostunut.

Betoneissa oli vähän – kohtalaisesti pyöreitä ja vaihtelevanmuotoisia ilmahuokosia ja ne olivat pääasiassa täytteettömiä.

4.2 Asuinparvekkeet (laatta ja pieli)

Karbonatisoituminen

Asuinparvekkeen alapinnan teräksistä noin **6 %** on karbonatisoituneella vyöhykkeellä ja on mahdollisesti korroosiotilassa, joten teräksien suoja korroosiota vastaan on hyvä.

Betoni oli karbonatisoitunut keskimäärin 15 mm.

Asuinparvekkeen pielien (sisäpinta) teräksistä noin **2 %** on karbonatisoituneella vyöhykkeellä ja on mahdollisesti korroosiotilassa, joten teräksien suoja korroosiota vastaan on hyvä.

Betoni oli karbonatisoitunut keskimäärin 12 mm.

Asuinparvekkeen piilien (ulkopinta) teräksistä noin 3 % on karbonatsoituneella vyöhykkeellä ja on mahdollisesti korroosiotilassa, joten teräksien suoja korroosiota vastaan on hyvä.

Betoni oli karbonatsoitunut keskimäärin 13 mm.

Betonin lohkeilu ja halkeiluvauriot

Laatan alapinnassa sekä pieliseinissä ei havaittu lohkeilua.

Betonin vetolujuus

Näytteille ei tehty vetolujuuskokeita.

Betonin mikrorakenne, Ohut/pintahietutkimus

Muiden näytteiden betonit olivat tasalaatuisia ja ne eivät olleet kerroksellisia. Niiden runkoainekappaleet koostuivat alle 18,0 mm:n läpimittaisista osittain reunoilta pyörityneistä tai särmikkäistä graniittisista kivilajikappaleista sekä sora- ja hiekka-aineksesta. Näytteiden OH 1, OH 2 ja OH 3 sideaineet olivat hydratoituneet normaalisti.

Näytteissä OH 1 ja OH 3 ei havaittu merkittäviä kuivumisen tai pakkasrapautumisen aiheuttamia mikrorakoja. Näytteen PH 4 ulkopinnan maalin alla oli alkavaa rapautumista. Näytteen PH 5 yläpinnan maalin alla oli alkavaa rapautumista.

Näytteiden OH 3 ja PH 5 ylä- ja alapinnalla ei ollut pinnoitetta ollenkaan.

Betoneissa oli vähän – kohtalaisesti pyöreitä ja vaihtelevanmuotoisia ilmahuokosia ja ne olivat pääasiassa täytteettömiä.

Muiden näytteiden betonit eivät olleet lisähuokostettuja ja huokosjakojen ja/ tai mikrorakenteiden perusteella ne eivät olleet pakkasenkestäviä kosteissa olosuhteissa

5 SUOSITELTAVAT KORJAUSTAVAT

Korjauksen laadun ja onnistumisen varmistaminen edellyttää asiantuntevaa korjaussuunnittelua ja valvontaa. Tässä raportissa esitetyt suositeltavat korjaustavat ovat vain **suuntaa-antavia**.

Pitkän käyttöiän varmistamiseksi parvekerakenteet suositellaan peruskorjattaviksi 1...5 vuoden kuluessa. Mitä pidemmälle korjaus- ja suojaustoimenpiteitä lykätään, sitä enemmän pakkas- ja korroosiovauriot tulevat lisääntymään ja korjauskustannukset kasvamaan.

5.1 Julkisivut

Korjaustoimet olisi hyvä aloittaa 1-5 vuoden sisällä.

- Pesubetonin pintaan ruiskutetaan kemiallinen suojakalvo ja käytetään niiden tekninen käyttöikä loppuun ennen suurempia korjaustoimenpiteitä, varsinkin ruutuelementit.
- Lisälämmöneristys sekä levytys
- Mahdollisesti uusitaan elementtisaumat (syytä kartoittaa tarkemmin niiden kunto ennen uusimista)

5.2 Asuinparvekerakenteet (laatta ja pieli)

Korjaustoimet olisi hyvä aloittaa 1-5 vuoden sisällä.

- Betonipintojen puhdistus ja vanhojen maalipinnoitteiden poistaminen esim. vesi-hiekkapuhaltamalla.
- Betonin korroosio- ja pakkasvaurioiden korjaaminen
- Betonipintojen ylitasoitus huokokset ja halkeamat täyttävällä laastilla
- Betonipintojen pinnoitus
- Asuinparvekkeiden lasitus

6 LIITTEET

LIITE 1: Pintahietutkimusraportti, Kiratek Oy (Rap912)

LIITE 2: Näytteenottokohdat

LIITE 3: Valokuvia kohteesta ja poralieriökuvat

LIITE 4: PCB- ja lyijytutkimusraportti, Kiratek Oy (PCB_Pb379)

LIITE 5: Asbestipitoisuus, Kiratek Oy (A3413)

Kotkassa 24.5.2011

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU OY
RAKENNUSLABORATORIO

Jari Harju
Rakennusinsinööri [AMK]
Gsm: 044 – 702 8271
E-mail: jari.harju@kyamk.fi



1(6)
Ohut- ja pintahietutkimus nro BE912/09
RAK 2009202
Kiratek Oy, 3.6.2009

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio/ Jari Harju
PL 9
48401 KOTKA

Yleistiedot näytteistä

Tutkimuskohteen, viite Bet.lab/Rak 2009202, betonirakenteista tilaaja toimitti kolme betoninäytettä nro:t OH 1, OH 2 ja OH 3 ohuhietutkimusta varten sekä viisi betoninäytettä nro:t PH 1, PH 2, PH 3, PH 4 ja PH 5 pintahietutkimusta varten.

Tutkimukset

Näytelieriöstä valmistettiin ohuthieet julkisivun ja pielen ulkopintaa sekä laatan yläpintaa vasten kohtisuorassa suunnassa. Hieiden koko on 48 x 25 x 0,03 mm. Pintahietutkimuksessa näytelieriöt sahattiin kahtia ja pintahietutkimukset tehtiin koko näytteen pituudelle.

Betoninäytteiden yleispiirteiden tarkastelu suoritettiin ensin Leica MS5 stereomikroskoopilla, minkä jälkeen ohuthieet tutkittiin Olympus BX 60 polarisaatiomikroskoopilla. Pintahietutkimukset suoritettiin Leica MS5 stereomikroskoopilla.

Ohut- ja pintahieiden tutkinnassa käytettiin apuna standardia ASTM C856.

Tulokset

Näytteen OH 1 pituus on 164,0 mm, ja se on porattu kohdasta pieli 1.1. Ohuthie on tehty näytteen ulkopinnasta alkaen.

- ulkopinnan kaksi maalikerrosta, paksuus 0,5–1,2 mm, ovat kiinni alustassa. Sisäpinnan kaksi maalikerrosta, paksuus 0,3–0,8 mm, ovat kiinni alustassa.
- betoni on rakenteeltaan tasalaatuinen ja se ei ole kerroksellinen
- runkoainekappaleet ($\varnothing < 15,0$ mm) koostuvat osittain reunoilta pyörityneistä tai särmikkäistä graniitti-, gneissi- ja liuskekappaleista sekä sora- ja hiekka-aineksista
- sideaineen hydrataatioaste on normaali
- sideaine karbonaattiutunut 0,5–7,0 mm ($\approx 3,5$ mm) ulkopinnasta ja 14,5–16,0 mm ($\approx 15,0$ mm) sisäpinnasta
- runkoainekappaleiden ja sideaineen väliset rajapinnat ovat pääasiassa kiinni ja tartunnat hyvät. Paikoin rajapinnoilla vähän portlandiittia
- ei havaittu jatkuvia kuivumisen tai pakkasrapautumisen aiheuttamia mikrorakoja
- teräs ($\varnothing = 12,0$ mm) on 36,0 mm:ssä sisäpinnasta ja se ei ole ruostunut
- pyöreitä alle 1,5 mm:n kokoisia ilmahuokosia on vähän ja epämääräisen muotoisia alle 6,5 mm:n kokoisia ilmahuokosia kohtalaisesti. Betoni ei ole lisähuokostettua, eikä mikrorakenteen/ huokosjaon perusteella pakkasenkestävä kosteissa olosuhteissa
- huokokset ovat täytteettömiä ja niiden ympärillä ei ole mikrorakoilua

Näytteen OH 2 pituus on 85,0 mm, ja se on porattu kohdasta pesubetonijulkisivu 2.2. Ohuthie on tehty näytteen ulkopinnasta alkaen.

- betoni on rakenteeltaan tasalaatuinen ja se ei ole kerroksellinen



2(6)

Ohut- ja pintahietutkimus nro BE912/09
RAK 2009202
Kiratek Oy, 3.6.2009

- runkoainekappaleet ($\varnothing < 15,0$ mm) koostuvat särmikkäistä karbonaattikivikappaleista, karbonaattirakeista ja -raekasoista
- sideaineen hydrataatioaste on normaali
- sideaine karbonaattiutunut 9,5–30,0 mm ($\approx 17,0$ mm) ulkopinnasta (sisältää rouheosan) ja 0–2,5 mm ($\approx 1,0$ mm) sisäpinnasta
- runkoainekappaleiden ja sideaineen väliset rajapinnat ovat pääasiassa kiinni ja tartunnat hyvät. Paikoin rajapinnoilla vähän portlandiittia
- 25,0 mm:n ulko-osassa runkoainekappaleiden väleissä yksittäisiä suuntautumattomia alle 10,0 mm pitkiä mikrorakoja, kiinni olevia
- teräs ($\varnothing = 3,0$ mm) on 32,0 mm:ssä sisäpinnasta ja se ei ole ruostunut
- pyöreitä alle 1,0 mm:n kokoisia ilmahuokosia on vähän kuten myös epämääräisen muotoisia alle 2,0 mm:n kokoisia ilmahuokosia. Betoni ei ole lisähuokostettua, eikä mikrorakenteen/ huokosjaon perusteella pakkasenkestävä kosteissa olosuhteissa
- huokokset ovat täytteettömiä ja niiden ympärillä ei ole mikrorakoilua

Näytteen OH 3 pituus on 205,0 mm, ja se on porattu kohdasta laatta 2.3. Ohuthie on tehty näytteen yläpinnasta alkaen.

- ylä- ja alapinnalla ei ole pinnoitetta ollenkaan
- betoni on rakenteeltaan tasalaatuinen ja se ei ole kerroksellinen
- runkoainekappaleet ($\varnothing < 15,0$ mm) koostuvat osittain reunoilta pyörityneistä graniitti- ja gneissikappaleista sekä sora- ja hiekka-aineksista
- sideaineen hydrataatioaste on normaali
- sideaine karbonaattiutunut 9,0–13,0 mm ($\approx 11,0$ mm) yläpinnasta ja 13,0–33,0 mm ($\approx 16,0$ mm) alapinnasta
- runkoainekappaleiden ja sideaineen väliset rajapinnat ovat pääasiassa kiinni ja tartunnat hyvät
- alapinnan 2,0 mm osasta lohjennut materiaalia pois ilmeisesti näytteenoton yhteydessä. Ei havaittu jatkuvia kuivumisen tai pakkasrapautumisen aiheuttamia mikrorakoja
- teräs ($\varnothing = 8,0$ mm) on 43,0 mm:ssä alapinnasta ja se ei ole ruostunut
- pyöreitä alle 1,0 mm:n kokoisia ilmahuokosia on kohtalaisesti kuten myös epämääräisen muotoisia alle 6,0 mm:n kokoisia ilmahuokosia. Betoni on puutteellisesti lisähuokostettua, ja mikrorakenteen/ huokosjaon perusteella lähes pakkasenkestävä kosteissa olosuhteissa
- huokokset ovat täytteettömiä tai paikoin reunoilla vähän ettringiittiä. Huokosten ympärillä ei ole mikrorakoilua

Näytteen PH 1 pituus on 52,0 mm ja se on porattu kohdasta pesubetonijulkisivu 1.1. Pintahie kattaa näytteen koko pituuden.

- rakenteeltaan betoni on kerroksellinen ja siinä erotetaan 29,0 mm paksu pesubetonikerros ja 23,0 mm paksu taustabetonikerros. Kerrokset ovat kiinni toisissaan.

Pesubetonikerros:

- rakenteeltaan tasalaatuinen ja se ei ole kerroksellinen
- runkoainekappaleet koostuvat läpimitaltaan alle 14,0 mm:n kokoisista särmikkäistä karbonaattikivikappaleista sekä karbonaattirakeista/-raekasoista
- sideaine karbonaattiutunut 18,0–52,0 mm ($\approx 26,0$ mm, paikoin läpi) ulkopinnasta (sisältää ulkopinnan rouheosan)
- runkoainekappaleiden ja sideaineen väliset kontaktit ovat pääasiassa kiinni ja tartunnat hyvät



3(6)

Ohut- ja pintahietutkimus nro BE912/09
RAK 2009202
Kiratek Oy, 3.6.2009

- 14,0 mm:n ulko-osassa runkoainekappaleiden rajapinnoilla alkavaa rapautumista. Lisäksi runkoainekappaleiden väleissä yksittäisiä suuntautumattomia alle 5,0 mm pitkiä mikrorakoja, kiinni olevia
- pyöreitä alle 0,8 mm:n kokoisia ilmahuokosia on vähän kuten myös vaihtelevanmuotoisia alle 1,0 mm:n kokoisia ilmahuokosia → ei ole lisähuokostettua eikä mikrorakenteen/ huokosjaon perusteella pakkasenkestävä kosteissa olosuhteissa
- huokokset ovat täytteettömiä ja niiden ympärillä ei ole mikrorakoilua

Taustabetonikerros:

- rakenteeltaan tasalaatuinen ja se ei ole kerroksellinen
- runkoainekappaleet koostuvat alle 15,0 mm:n kokoisista osittain reunoilta pyörityneistä graniittikappaleista sekä sora- ja hiekka-aineksista
- sideaine on karbonaattiutunut 16,0–52,0 mm (≈ 19,0 mm, paikoin läpi) sisäpinnasta
- runkoainekappaleiden ja sideaineen väliset kontaktit ovat kiinni ja tasaiset sekä tartunnat hyvät
- ei havaittu jatkuvia mikrorakoja
- sisäpinnasta 12,0 mm, 14,0 mm ja 15,0 mm:ssä olevat teräkset ($\varnothing = 3,0$ mm) eivät ole ruostuneet
- pyöreitä ($\varnothing < 0,8$ mm) ilmahuokosia on vähän ja epämääräisen muotoisia ($\varnothing < 2,4$ mm) ilmahuokosia kohtalaisesti → puutteellisesti tiivistettyä, ei lisähuokostettua, mutta huokosjaon perusteella osittain pakkasenkestävä kosteissa olosuhteissa
- huokokset ovat täytteettömiä ja niiden ympärillä ei ole mikrorakoja

Näytteen PH 2 pituus on 54,0 mm ja se on porattu kohdasta pesubetonijulkisivu 3.1. Pintahie kattaa näytteen koko pituuden.

- rakenteeltaan betoni on kerroksellinen ja siinä erotetaan 39,0 mm paksu pesubetonikerros ja 15,0 mm paksu taustabetonikerros. Kerrokset ovat kiinni toisissaan.

Pesubetonikerros:

- rakenteeltaan tasalaatuinen ja se ei ole kerroksellinen
- runkoainekappaleet koostuvat läpimitaltaan alle 12,0 mm:n kokoisista särmikkäistä karbonaattikivikappaleista sekä karbonaattirakeista/-raekasoista
- sideaine karbonaattiutunut 15,0–28,5 mm (≈ 23,0 mm) ulkopinnasta
- runkoainekappaleiden ja sideaineen väliset kontaktit ovat pääasiassa kiinni ja tartunnat hyvät
- 29,0 mm:n ulko-osassa runkoainekappaleiden rajapinnoilla isoja aukkoja/ koloja → olleet jo tekovaiheesta lähtien. Lisäksi runkoainekappaleiden väleissä yksittäisiä suuntautumattomia alle 5,0 mm pitkiä mikrorakoja, kiinni olevia
- pyöreitä alle 0,6 mm:n kokoisia ilmahuokosia on vähän ja vaihtelevanmuotoisia alle 2,0 mm:n kokoisia ilmahuokosia kohtalaisesti → ei ole lisähuokostettua, puutteellisesti tiivistettyä eikä huokosjaon perusteella pakkasenkestävä kosteissa olosuhteissa
- huokokset ovat täytteettömiä ja niiden ympärillä ei ole mikrorakoilua

Taustabetonikerros:

- rakenteeltaan tasalaatuinen ja se ei ole kerroksellinen
- runkoainekappaleet koostuvat alle 16,0 mm:n kokoisista osittain reunoilta pyörityneistä tai särmikkäistä graniittikappaleista sekä sora- ja hiekka-aineksista
- sideaine on karbonaattiutunut 12,0–25,0 mm (≈ 17,0 mm) sisäpinnasta
- runkoainekappaleiden ja sideaineen väliset kontaktit ovat kiinni ja tasaiset sekä tartunnat hyvät
- ei havaittu jatkuvia mikrorakoja
- sisäpinnasta 16,0 mm:ssä oleva teräs ($\varnothing = 4,0$ mm) on pinnalta ruostunut



4(6)

Ohut- ja pintahietutkimus nro BE912/09
RAK 2009202
Kiratek Oy, 3.6.2009

- pyöreitä ($\varnothing < 0,8$ mm) ilmahuokosia on kohtalaisesti kuten myös epämääräisen muotoisia ($\varnothing < 2,0$ mm) ilmahuokosia → puutteellisesti tiivistettyä, ei lisähuokostettua, mutta huokosjaon perusteella osittain pakkasenkestävä kosteissa olosuhteissa
- huokokset ovat täytteettömiä ja niiden ympärillä ei ole mikrorakoja

Näytteen PH 3 pituus on 70,0 mm ja se on porattu kohdasta pesubetonijulkisivu 4.1. Pintahie kattaa näytteen koko pituuden.

- rakenteeltaan betoni on kerroksellinen ja siinä erotetaan 40,0 mm paksu pesubetonikerros ja 30,0 mm paksu taustabetonikerros. Kerrokset ovat kiinni toisissaan.

Pesubetonikerros:

- rakenteeltaan tasalaatuinen ja se ei ole kerroksellinen
- runkoainekappaleet koostuvat läpimitaltaan alle 14,0 mm:n kokoisista särmikkäistä karbonaattikivikappaleista sekä karbonaattirakeista/-raekasoista
- sideaine karbonaattiutunut 9,0–22,0 mm ($\approx 14,0$ mm) ulkopinnasta
- runkoainekappaleiden ja sideaineen väliset kontaktit ovat pääasiassa kiinni ja tartunnat hyvät
- 15,0 mm:n ulko-osassa runkoainekappaleiden rajapinnoilla sideaineessa alkavaa rapautumista
- pyöreitä alle 0,6 mm:n kokoisia ilmahuokosia on vähän kuten myös vaihtelevanmuotoisia alle 2,5 mm:n kokoisia ilmahuokosia → ei ole lisähuokostettua eikä huokosjaon perusteella pakkasenkestävä kosteissa olosuhteissa
- huokokset ovat täytteettömiä ja niiden ympärillä ei ole mikrorakoa

Taustabetonikerros:

- rakenteeltaan tasalaatuinen ja se ei ole kerroksellinen
- runkoainekappaleet koostuvat alle 13,0 mm:n kokoisista osittain reunoilta pyöristyneistä tai särmikkäistä graniittikappaleista sekä sora- ja hiekka-aineksista
- sideaine on karbonaattiutunut 0–0,5 mm (≈ 0 mm) sisäpinnasta
- runkoainekappaleiden ja sideaineen väliset kontaktit ovat kiinni ja tasaiset sekä tartunnat hyvät
- ei havaittu jatkuvia mikrorakoja
- sisäpinnasta 28,0 mm:ssä oleva teräs ($\varnothing = 3,0$ mm) ei ole ruostunut
- pyöreitä ($\varnothing < 1,0$ mm) ilmahuokosia on kohtalaisesti kuten myös epämääräisen muotoisia ($\varnothing < 2,8$ mm) ilmahuokosia → puutteellisesti tiivistettyä, ei lisähuokostettua, mutta huokosjaon perusteella osittain pakkasenkestävä kosteissa olosuhteissa
- huokokset ovat täytteettömiä ja niiden ympärillä ei ole mikrorakoja

Näytteen PH 4 pituus on 162,0 mm ja se on otettu kohdasta pieli 2.1. Pintahie kattaa näytteen koko pituuden.

- ulkopinnan maalikerros, paksuus 0,1–0,8 mm, on kiinni alustassa. Sisäpinnan kaksi maalikerrosta, paksuus 0,2–0,5 mm, ovat kiinni alustassa.
- betoni on rakenteeltaan tasalaatuinen ja se ei ole kerroksellinen
- runkoainekappaleet koostuvat läpimitaltaan alle 17,0 mm:n kokoisista osittain reunoilta pyöristyneistä graniittisista kivilajikappaleista, gneissi- ja metapeliittikappaleista sekä sora- ja hiekka-aineksista
- sideaine on karbonaattiutunut 10,0–20,0 mm ($\approx 14,0$ mm) ulkopinnasta ja 6,5–13,5 mm ($\approx 10,5$ mm) sisäpinnasta
- runkoainekappaleiden ja sideaineen väliset rajapinnat ovat pääasiassa kiinni ja tartunnat hyvät
- ulkopinnan maalin alla $< 1,0$ mm alkavaa rapautumista. Ei havaittu jatkuvia pakkasrapautumisen aiheuttamia mikrorakoja



5(6)

Ohut- ja pintahietutkimus nro BE912/09
RAK 2009202
Kiratek Oy, 3.6.2009

- pyöreitä alle 1,0 mm:n kokoisia ilmahuokosia on vähän ja vaihtelevanmuotoisia alle 5,5 mm:n kokoisia ilmahuokosia kohtalaisesti → osin puutteellisesti tiivistettyä, ei ole lisähuokostettua eikä huokosjaon perusteella pakkasenkestävä kosteissa olosuhteissa
- huokokset ovat täytteettömiä ja niiden ympärillä ei ole mikrorakoilua

Näytteen PH 5 pituus on 201,0 mm ja se on otettu kohdasta laatta 1.2. Pintahie kattaa näytteen koko pituuden.

- ylä- ja alapinnalla ei ole pinnoitetta ollenkaan
- runkoainekappaleet koostuvat läpimitaltaan alle 18,0 mm:n kokoisista osittain reunoilta pyörityneistä graniittisista kivilajikappaleista, gneissi- ja metapeliittikappaleista sekä sora- ja hiekka-aineksista
- sideaine on karbonaattiutunut 13,5–26,5 mm (≈ 16,0 mm) yläpinnasta ja 7,5–14,0 mm (≈ 11,0 mm) alapinnasta
- runkoainekappaleiden ja sideaineen väliset rajapinnat ovat pääasiassa kiinni ja tartunnat hyvät
- yläpinnan 1,0 mm:n osassa alkavaa rapautumista. Ei havaittu jatkuvia pakkasrapautumisen aiheuttamia mikrorakoja
- teräs (Ø = 8,0 mm) on 41,0 mm:ssä alapinnasta ja se ei ole ruostunut
- pyöreitä alle 1,6 mm:n kokoisia ilmahuokosia on kohtalaisesti kuten myös vaihtelevanmuotoisia alle 5,5 mm:n kokoisia ilmahuokosia → betoni on puutteellisesti tiivistettyä, ei lisähuokostettua, mutta huokosjaon perusteella osittain pakkasenkestävä kosteissa olosuhteissa
- huokokset ovat täytteettömiä ja niiden ympärillä ei ole mikrorakoilua

Tulosten tarkastelu

Betoninäytteiden kuntoa on arvioitu asteikolla hyvä, tyydyttävä ja heikko. Arvion perustana on käytetty stereomikroskooppitarkasteluista ja/ tai ohuthietutkimuksista saatuja tuloksia.

Näyte OH 1	hyvä
Näyte OH 2	25,0 mm:n ulko-osa lähes hyvä, muuten hyvä
Näyte OH 3	hyvä
Näyte PH 1	14,0 mm:n ulko-osa lähes tyydyttävä, muuten lähes hyvä
Näyte PH 2	29,0 mm:n ulko-osa tyydyttävä, muuten lähes hyvä
Näyte PH 3	15,0 mm:n ulko-osa lähes hyvä, muuten hyvä
Näyte PH 4	1,0 mm:n ulko-osa lähes tyydyttävä, muuten hyvä
Näyte PH 5	1,0 mm:n yläosa lähes tyydyttävä, muuten hyvä

Julkisivunäytteet olivat kerroksellisia ja niissä erotettiin ulkopinnan pesubetonikerros ja sisäpuolella taustabetonikerros. Pesubetonikerrokset olivat hyvin kiinni taustabetonissa. Pesubetoninäytteiden runkoainekappaleet koostuivat särmikkäistä karbonaattikivikappaleista sekä karbonaattirakeista/-raekasoista. Muiden näytteiden betonit olivat tasalaatuisia ja ne eivät olleet kerroksellisia. Niiden runkoainekappaleet koostuivat alle 18,0 mm:n läpimittaisista osittain reunoilta pyörityneistä tai särmikkäistä graniittisista kivilajikappaleista sekä sora- ja hiekka-aineksesta. Näytteiden OH 1, OH 2 ja OH 3 sideaineet olivat hydratoituneet normaalisti.

Sideaine oli karbonaattiutunut näytteessä OH 1 0,5–7,0 mm (≈ 3,5 mm) ulkopinnasta ja 14,5–16,0 mm (≈ 15,0 mm) sisäpinnasta, näytteessä OH 2 9,5–30,0 mm (≈ 17,0 mm) ulkopinnasta (sisältää rouheosan) ja 0–2,5 mm (≈ 1,0 mm) sisäpinnasta, näytteessä OH 3 9,0–13,0 mm (≈ 11,0 mm) yläpinnasta ja 13,0–33,0 mm (≈ 16,0 mm) alapinnasta, näytteessä PH 1 18,0–52,0 mm (≈ 26,0 mm, paikoin läpi) ulkopinnasta (sisältää rouheosan) ja 16,0–52,0 mm (≈ 19,0 mm, paikoin läpi)



6(6)

Ohut- ja pintahietutkimus nro BE912/09
RAK 2009202
Kiratek Oy, 3.6.2009

sisäpinnasta, näytteessä PH 2 15,0-28,5 mm (\approx 23,0 mm) ulkopinnasta ja 12,0-25,0 mm (\approx 17,0 mm) sisäpinnasta, näytteessä PH 3 9,0-22,0 mm (\approx 14,0 mm) ulkopinnasta ja 0-0,5 mm (\approx 0 mm) sisäpinnasta, näytteessä PH 4 10,0-20,0 mm (\approx 14,0 mm) ulkopinnasta ja 6,5-13,5 mm (\approx 10,5 mm) sisäpinnasta sekä näytteessä PH 5 13,5-26,5 mm (\approx 16,0 mm) yläpinnasta ja 7,5-14,0 mm (\approx 11,0 mm) alapinnasta.

Näytteiden runkoainekappaleiden ja sideaineen väliset rajapinnat olivat pääasiassa kiinni ja tartunnat hyvät. Näytteiden OH 1 ja OH 2 runkoainekappaleiden rajapinnoilla oli paikoin vähän portlandiittia.

Näytteissä OH 1 ja OH 3 ei havaittu merkittäviä kuivumisen tai pakkasrapautumisen aiheuttamia mikrorakoja. Näytteiden OH 2, PH 1, PH 2 ja PH 3 pesubetonien ulko-osissa runkoainekappaleiden väleissä oli yksittäisiä suuntautumattomia kiinni olevia alle 5,0-10,0 mm pitkiä mikrorakoja. Näytteen PH 4 ulkopinnan maalin alla oli alkavaa rapautumista. Näytteen PH 5 yläpinnan maalin alla oli alkavaa rapautumista.

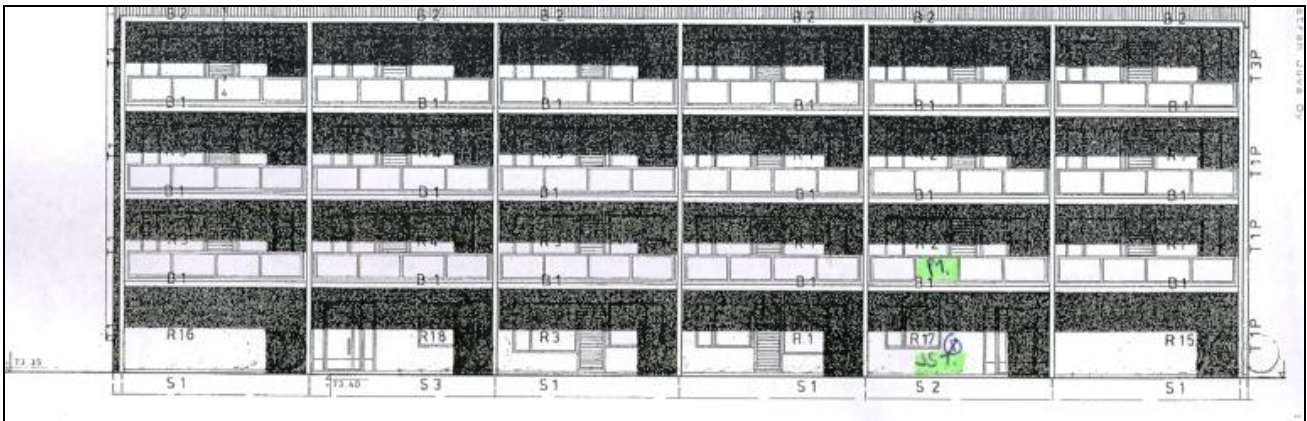
Näytteessä OH 1 sisäpinnasta 36,0 mm:ssä (\varnothing = 8,0 mm) oleva teräs ei ollut ruostunut. Näytteessä OH 2 sisäpinnasta 32,0 mm:ssä (\varnothing = 3,0 mm) oleva teräs ei ollut ruostunut. Näytteessä OH 3 sisäpinnasta 43,0 mm:ssä (\varnothing = 8,0 mm) oleva teräs ei ollut ruostunut. Näytteessä PH 1 sisäpinnasta 12,0 mm, 14,0 mm ja 15,0 mm:ssä olevat teräkset (\varnothing = 3,0 mm) eivät olleet ruostuneet. Näytteessä PH 2 sisäpinnasta 16,0 mm:ssä (\varnothing = 4,0 mm) oleva teräs oli pinnalta ruostunut. Näytteessä PH 3 sisäpinnasta 28,0 mm:ssä (\varnothing = 3,0 mm) oleva teräs ei ollut ruostunut. Näytteessä PH 5 alapinnasta 41,0 mm:ssä (\varnothing = 8,0 mm) oleva teräs ei ollut ruostunut.

Näytteiden OH 1 ja PH 4 ulko- ja sisäpinnan maalit olivat kiinni alustassa. Näytteiden OH 3 ja PH 5 ylä- ja alapinnalla ei ollut pinnoitetta ollenkaan.

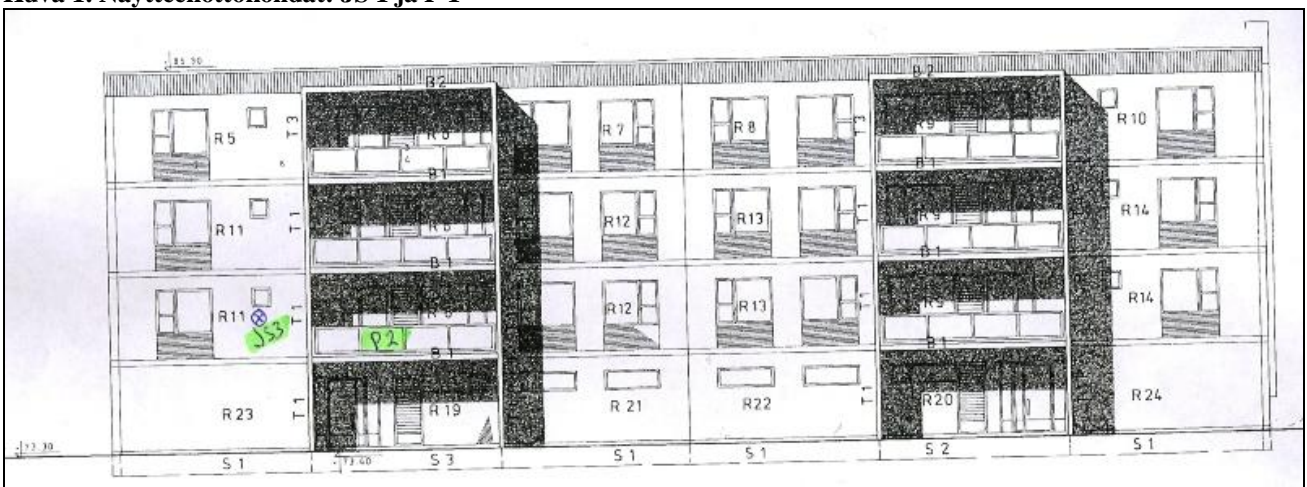
Betoneissa oli vähän - kohtalaisesti pyöreitä ja vaihtelevanmuotoisia ilmahuokosia ja ne olivat pääasiassa täytettäviä. Näytteen OH 3 betoni oli puutteellisesti lisähuokostettua ja huokosjaon/ mikrorakenteen perusteella se oli osittain pakkasenkestävä kosteissa olosuhteissa. Muiden näytteiden betonit eivät olleet lisähuokostettuja ja huokosjakojen ja/ tai mikrorakenteiden perusteella ne eivät olleet pakkasenkestäviä kosteissa olosuhteissa.

Kiratek Oy

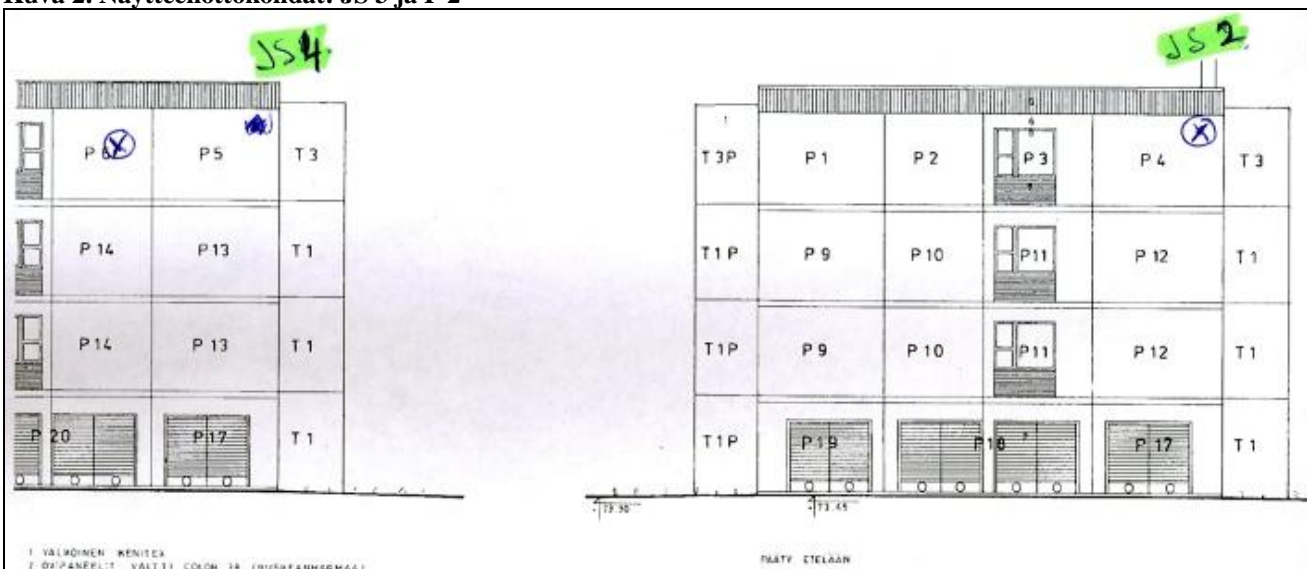
Seppo Suoperä
laboratoriopäällikkö, geologi



Kuva 1. Näytteenottokohdat: JS 1 ja P 1



Kuva 2. Näytteenottokohdat: JS 3 ja P 2



Kuva 3. Näytteenottokohdat: JS 2 ja JS 4



Kuva 1. Yleiskuva, asuntoparveke 1



Kuva 2. Yleiskuva, asuntoparveke 2



Kuva 3. Yleiskuva, julkisivukohta 1



Kuva 4. Julkisivukohta 1, porareiät



Kuva 5. Julkisivukohta 2, porareiät



Kuva 6. Julkisivukohta 2, lähikuva 2.1



Kuva 7. Julkisivukohta 3, porareiät



Kuva 8. Julkisivukohta 3, lähikuva 3.1



Kuva 9. Ulkoseinän ja piellelementin sauma



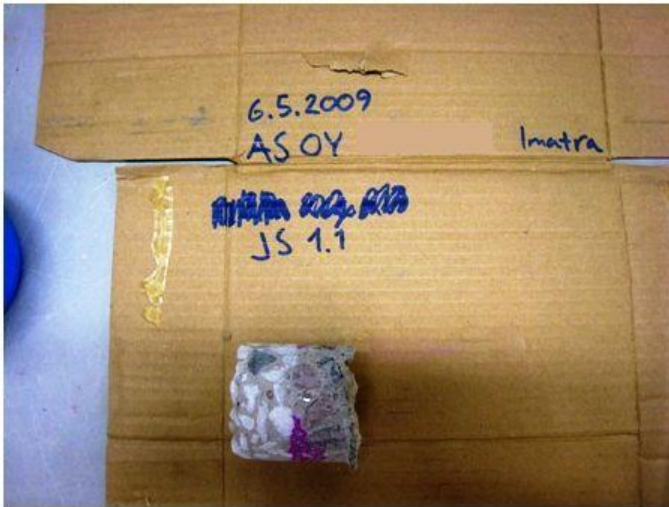
Kuva 10. Julkisivukohta 4



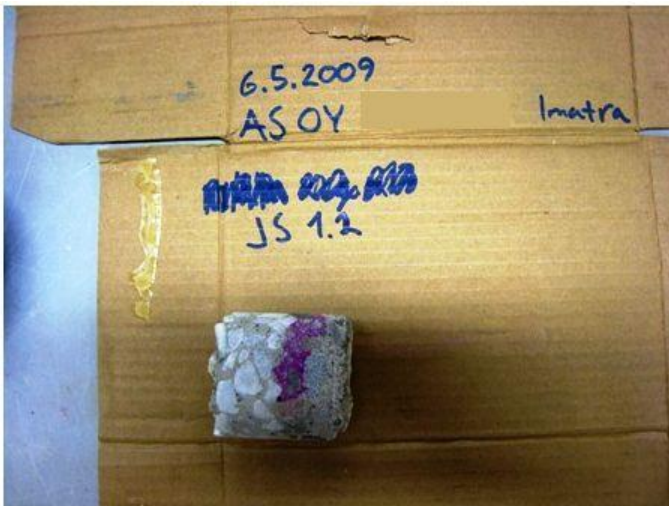
Kuva 11. Julkisivukohta 4, lähikuva 4.2



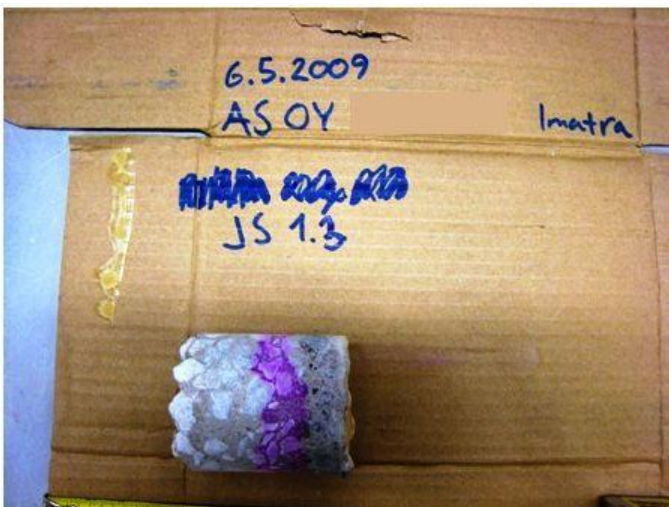
Kuva 12. Rästäsdetalji



Kuva 13. Poralieriö JS 1.1



Kuva 14. Poralieriö JS 1.2



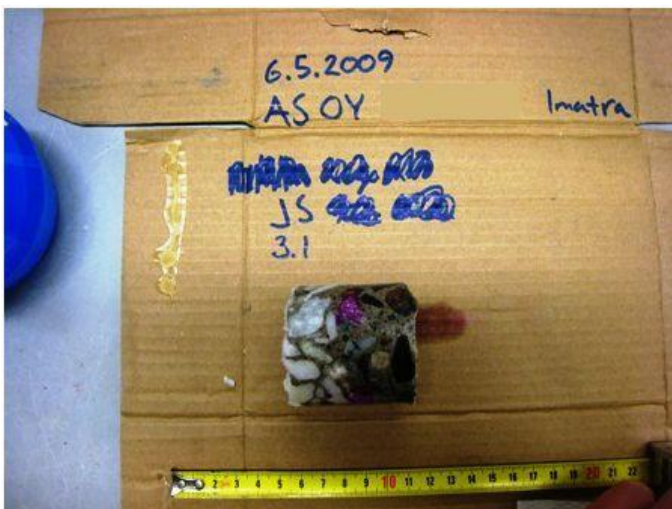
Kuva 15. Poralieriö JS 1.3



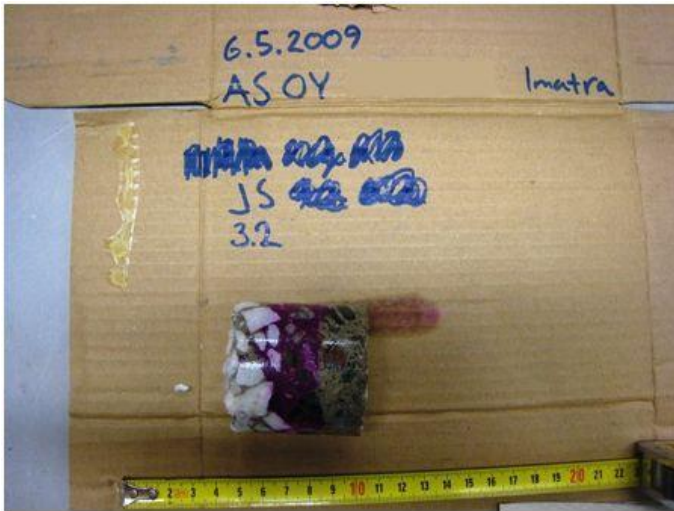
Kuva 16. Poralieriö JS 2.1



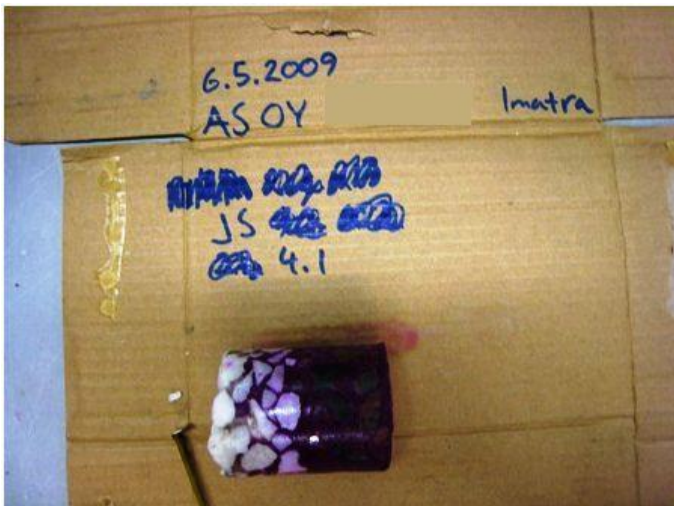
Kuva 17. Poralieriö JS 2.2



Kuva 18. Poralieriö JS 3.1



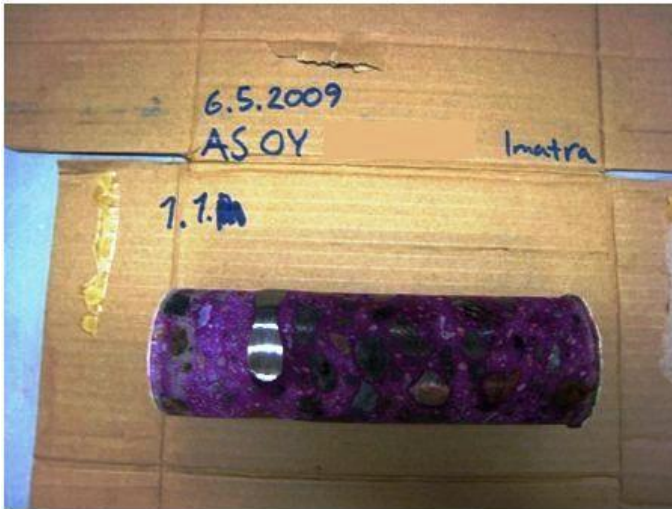
Kuva 19. Poralieriö JS 3.2



Kuva 20. Poralieriö JS 4.1



Kuva 21. Poralieriö JS 4.2



Kuva 22. Asuinparveke 1.1 (pieliseinä)



Kuva 23. Asuinparveke 1.2 (laatta)



Kuva 24. Asuinparveke 2.1 (pieli)



Kuva 25. Asuinparveke 2.3 (laatta)



Tutkimusselostus Pb/PCB 379/09
RAK 2009202
Kiratek Oy, 26.5.2009

1(1)

Kymenlaakson Ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio
Jari Harju
PL 9, Pääskysentie 1
48401 KOTKA

Viite:

Analyysipyyntö 11.5.2009, Jari Harju

Kohde:

RAK 2009202

1. Tehtävät

Tutkimuskohteesta toimitetusta saumamassanäytteestä määritettiin Pb- ja PCB-pitoisuudet (polyklooratut bifenyylit).

2. Tutkimusmenetelmät

Näytteen analysointi suoritettiin Suomen ympäristöpalvelun laboratoriossa. Pb-määrittäminen suoritettiin ICP-OES SYP6 -tekniikalla ja PCB-määrittäminen GC-MS -tekniikalla.

3. Tulokset

Tutkittavan näytteen Pb- ja PCB-pitoisuudet ilmoitetaan milligrammoina kiloa kohti eli mg/kg. Tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Näytteen Pb- ja PCB-pitoisuudet:

Näyte nro:	Materiaali	Pb-pitoisuus	PCB-pitoisuus
PCB 1.	Saumamassa, julkisivu 4	2650 mg/kg	< 10 mg/kg

4. Yhteenveto

Näytteen lyijypitoisuus ylittää ongelmajätteelle asetetut raja-arvot (lyijylle 1500 mg/kg ja PCB:lle 50 mg/kg), joten kyseinen saumamassa on lyijyn suhteen ongelmajätettä.

Kiratek Oy



Mikko Kivelä
Laboratorioanalyttikko, AMK



Asbestianalyysi A3413/09
Kiratek Oy, 14.5.2009

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu
Rakennuslaboratorio
Jari Harju
PL 1, Pääskysentie 1
48401 KOTKA

Viite:

Analyysipyyntö 11.5.2009, Jari Harju

Kohde:

RAK 2009202

Analyysitulokset:

Analyysit on tehty joko valomikroskoopilla (merkintä VM) tai läpäisyelektronimikroskoopilla (merkintä EM).

Näyte nro:	Tutkittava materiaali ja näytteenottoaikka	Tulos	Asbestilaatu
ASB 1.	Vaalea maali, pieli, sisäpinta	(EM) Sisältää asbestia,	krysotiili.

Kiratek Oy


Tapani Arola
geologi, FM