



Kivimäen koulu  
Julkisivurakenteiden kuntotutkimus 28.2.2012



Raporttitunnus 1280012  
Jaakko Luukkonen, insinööri



## TIIVISTELMÄ

Kivimäen koulun julkisivurakenteiden kuntotutkimus. Tutkimuksen tilaajana oli Jouni Räsänen Vantaan kaupungilta.

Rakenteiden kuntotutkimukset suoritettiin tammikuussa 2012. Tällä tutkimuksella pyrittiin selvittämään tutkimuksen kohteena olevien rakenteiden nykykunto ja antamaan riittävät lähtötiedot korjaustoimenpiteitä varten.

Rakennuksen julkisivuissa on pesubetonipintaiset teräsbetonielementit. Sokkelit ovat paikalla valetut.

Kiinteistön julkisivuelementtien yleiskunto on tyydyttävä ja sokkeleiden välttävä. Elementtien käyrystymisiä ja hammastuksia ei havaittu. Seinustalla kasvavat köynnöskasvit sotkevat seinäpintaa ja lisäävät kosteusrasitusta. Sokkelipinnoilla havaittiin liian pinnassa olevia ruosteisia teräksiä. Julkisivuelementtien saumaukset ovat halkeilleet ja sisältävät lyijyä reilusti yli raja- arvojen. Sokkelipinnoilla havaittiin halkeamia ja rapautumaa.

Ohuthietutkimuksen huokosrakennearvion perusteella elementtien betonit eivät ole pakkasenkestäviä. Sokkelin ohuthienäytteessä havaittiin pakkasrapautumaa. Julkisivu- ja sokkelinäytteissä havaittiin huokostäytteitä, jotka voivat heikentää betonien kestävyyttä.

Vetolujuuskokeiden perusteella betoneissa on paikoin rapautumaa.

Betoneissa ei ollut haitallisia määriä klorideja.

Julkisivuelementtien yleiskunto on tyydyttävä. Julkisivuelementeillä on teknistä käyttöikää jäljellä noin 10 vuotta, jonka jälkeen lämpörappaus on varteenotettava vaihtoehto. Julkisivuelementtien saumaukset tulee uusida 2-3 vuoden kuluessa Nurkkien rakenne tulee muuttua sellaiseksi, ettei siitä aiheudu kosteusrasitusta sokkelirakenteille. Sokkelin betonivaurioiden piikkaus, terästen puhdistus ja suojaus sekä laastipaikkaus/ valukorjaukset, ylitasoitus ja suojapinnoitus 3 vuoden kuluessa. Sokkeleiden halkeamat tulee injektoida epoksilla.

## TIIVISTELMÄ

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1. TUTKIMUKSEN KOHDE JA LÄHTÖTIEDOT .....</b>	<b>1</b>
1.1 KOHTEEN OMINAISTIEDOT .....	1
1.2 TUTKITUT RAKENTEET, JULKISIVURAKENTEET .....	1
1.3 LÄHTÖTIEDOT .....	1
<b>2. TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TEHTÄVÄ.....</b>	<b>2</b>
<b>3. SUORITETUT TUTKIMUKSET.....</b>	<b>3</b>
3.1 KENTTÄTUTKIMUKSET, NÄYTTEENOTTO JA MITTAUKSET .....	3
3.2 LABORATORIOTUTKIMUKSET .....	3
<b>4. TUTKIMUSTULOKSET JA RAKENTEIDEN YLEISARVIOINTI.....</b>	<b>4</b>
4.1 YLEISTARKASTUS .....	4
4.1.1 <i>Julkisivun betonirakenteet</i> .....	4
4.2 RAUDOITTEIDEN KORROOSIORISKIT .....	5
4.2.1 <i>Betonipeitteen paksuus ja karbonatisoitumissyvyys</i> .....	5
4.2.2 <i>Betonin kloridipitoisuus</i> .....	7
4.3 BETONIN PAKKASENKESTO JA RAPAUTUNEISUUS, OHUTHIETUTKIMUS.....	8
4.4 VETOKOKEET .....	11
4.5 LYIJYANALYYSIT .....	12
<b>5. YHTEENVETO.....</b>	<b>13</b>
5.1 TURVALLISUUSNÄKÖKOHDAT JA KIIREELLISET TOIMENPITEET .....	13
5.2 RAKENTEIDEN KUNTO .....	13
5.3 TOIMENPIDESUOSITUKSET.....	14

## LIITTEET

- LIITE 1. Valokuvat (2 s.)  
LIITE 2. Näyteluettelo, karbonatisoitumissyvyyydet, näytekartat ja betonipeitekaaviot (3 s.)  
LIITE 3. Tutkimusselostus, ohuthietutkimus sekä mikrorakennekuvat (14+1 s.)  
LIITE 4. Tutkimusselostus, betonin vetolujuus (2 s.)  
LIITE 5. Tutkimusselostus, betonin kloridipitoisuus (1 s.)  
LIITE 6. Tutkimusselostus lyijypitoisuus (1 s.)

## 1. TUTKIMUKSEN KOHDE JA LÄHTÖTIEDOT

### 1.1 Kohteen ominaistiedot

Tutkimuksen kohteena oli Vantaalla sijaitsevan Kivimäen koulun julkisivurakenteet.

Taulukko 1. Kohteen perustiedot

Kohde	Kivimäen koulu
Osoite	Lintukallionkuja 6, VANTAA
Käyttötarkoitus	Koulu
Rakennuksia	1
Kerroksia	1-2
Tilaaaja / yhteyshenkilö	Vantaan kaupunki Jouni Räsänen

### 1.2 Tutkitut rakenteet, julkisivurakenteet

Talon julkisivuilla on pesubetonipintaiset teräsbetoniset sandwich-elementit. Elementin ulkokuoren vahvuus on 55 - 70 mm ja pilarien kohdilla 90 mm. Eristevahvuus on keskimäärin 110 mm. Rakennuksessa on paikalla valetut sokkelit. Sokkeli kuoren vahvuus on 110 mm ja eristeen vahvuus 55 mm

### 1.3 Lähtötiedot

Kohteeseen oli tutustuttu kenttätöitä ennen.

## 2. TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TEHTÄVÄ

Kuntotutkimuksen tarkoituksena oli selvittää:

- julkisivurakenteiden ja elementtisaumausten kunto yleisesti
- betonirakenteiden kunto
  - julkisivuelementit
  - sokkelit
- korjausvaihtoehdot/ ylläpitotoimenpiteet
- korjausten kiireellisyys / aikataulu

Kuntotutkimuksen maastotyöt tehtiin 2-4.1.2012. Tarkastukset ja mittaukset suorittivat insinööri Jaakko Luukkonen ja diplomi-insinööri Janne Lepistö Ositum Oy:stä. Vastuullisena tutkijana toimi insinööri Jaakko Luukkonen ja raportin tarkasti insinööri Rauno Pakanen.

### 3. SUORITETUT TUTKIMUKSET

#### 3.1 Kenttätutkimukset, näytteenotto ja mittaukset

Yleistarkastus, jossa kartoitettiin julkisivurakenteissa havaitut vauriot silmämääräisesti. Vauriot valokuvattiin ja ne on esitetty liitteessä 1. Lisäksi tehtiin seuraavat mittaukset ja näytteenotot:

- Näytteidenottoja betonirakenteista (20 kpl)
- Saumanäytteet (3 kpl)
- Maalinäytteet (- kpl)
- Raudoituksen betonipeitteen paksuus (600 kpl)

Näytteenotto suoritettiin timanttiporaamalla  $\varnothing$  50 mm:n näytelieriöitä. Betonipeitteet mitattiin Profometer 5+ -betonipeitemittarilla. Näytteenottopisteet on esitetty liitteessä 2.

#### 3.2 Laboratoriotutkimukset

Kaikki tutkimukset suoritettiin soveltuvien standardien mukaan Ositum Oy:n betoni- ja mikrobilaboratoriossa Espoossa seuraavasti:

- Betonin karbonatisoituminen (20 kpl)
- Ohuthietutkimus (10 kpl)
- Betonin vetolujuus (10 kpl)
- Betonin kloridipitoisuus (2 kpl)
- Materiaalien asbestipitoisuus (- kpl)
- Saumamassojen PCB- ja lyijypitoisuus (3 kpl)

Ohuthiestä suoritettavassa mikrorakennetutkimuksessa selvitettiin:

- betonin pakkasenkestävyys
- syntyneet säröt ja halkeamat sekä niiden suuntautuneisuus, josta voidaan päätellä rapautumisen aste ja todennäköinen syy
- huokosten täytteisyys / haitalliset reaktiot (ettringiitti, alkalirunkoaine)
- betonin karbonatisoitumissyvyys

Vetokokeet suoritettiin standardin SFS 5445 mukaisesti laboratoriossa. Betonin vetolujuutta tutkimalla saadaan selville betonin rapautumisaste. Rapautumisen johdosta betoniin syntyy halkeamia, jotka heikentävät betonin vetolujuutta.

Karbonatisoitumissyvyys tutkittiin näytekappaleiden leikkauspinnalta suihkuttamalla fenoliftaleiinia betonipinnoille sekä ohuthietutkimuksen yhteydessä.

Betonin kloridipitoisuus määritettiin kuivaporalla otetusta porajauheesta laboratoriossa standardin SFS 5451 mukaisesti. Pitoisuudet on ilmoitettu painoprosentteina betonin painosta.

Saumamassa näytteet esikäsiteltiin mikroaaltoavusteisella märkäpolttolaitteistolla standardin EPA 3051 mukaisesti. Näytteiden lyijypitoisuus analysoitiin mikroaaltoplasma-atomiemissiospektrometrilla (MP-AES) aallonpituudella 405,78 nm.

## 4. TUTKIMUSTULOKSET JA RAKENTEIDEN YLEISARVIOINTI

### 4.1 Yleistarkastus

Tarkastettavina rakenteina olivat julkisivut. Näytteenottokohdat on merkitty liitteen 2 piirrokseseen. Lisäksi havaintoja on esitetty valokuvin liitteessä 1.

#### 4.1.1 Julkisivun betonirakenteet

##### Julkisivuelementit

Julkisivuelementtien yleisilme on tyydyttävä. Elementtien reunamuotoilu pitää reuna-alueet märkänä sadeiden jälkeen (kuva 1). Elementtien reunoilla on havaittavissa verkkohalkeilua, mikä viittaa rapautumiseen (kuva 2). Rakennuksen vierustalla kasvavat humalakasvit sotkevat ja pitävät seinäpintoja kosteina, myös talvella (kuva 3). Ikkunapellit vuotavat ja kastelevat seinäpintoja (kuva 4). Tuuletusputket puutuivat elementtisaumoista (kuva 5). Elementtien käyrityksiä ja hammastuksia ei havaittu. Julkisivujen nurkat on sisäänvedetyt ja verhoiluna on pelti, paikoin juuripeltejä on väännelty ja paikoin niitä on irrotettu kokonaan (kuva 6).

Elementtien ulkokuoren vahvuus on keskimäärin 58 mm. Eristevahvuus on keskimäärin 110 mm.

##### Sokkelit

Sokkeleiden yleisilme on välttävä. Sokkeleissa on monin paikoin paikkauksia jotka ovat rapautuneet (kuva 7). Sokkeleissa esiintyy runsaasti halkeamia (kuva 8). Ulkonurkan rakenne lisää sokkelinurkkien kosteusrasitusta, aiheuttaen rapautumista (kuva 6). Eteläsivulla yhden sokkelinurkan kosteusrasitus on niin kova, että sokkeli-pinnalla on kalkkisaostumaa (kuva 9).



## 4.2 Raudoitteiden korroosioriskit

Raudoitteiden korroosionopeuteen karbonatisoituneessa ja/tai kloridipitoisessa betonissa vaikuttavat pääasiassa seuraavat tekijät:

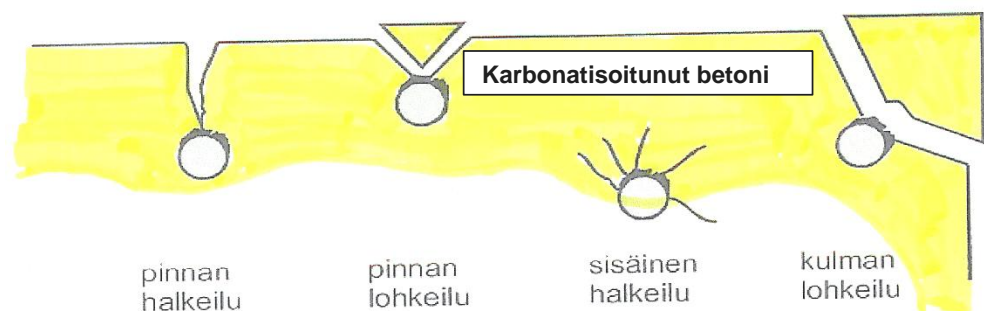
- kosteuspitoisuus RH 65-70 % teräskorroosio alkaa , RH 80-85 % korroosionopeus kasvaa merkittävästi
- rakenteen lämpötila
- betonin kloridipitoisuus
- betonin sähköiset ominaisuudet
- betonin tiiveys
- raudoitusten suojabetonipeitteiden paksuudet
- teräksen laatu

### 4.2.1 Betonipeitteen paksuus ja karbonatisoitumissyvyys

Karbonatisoitumiseksi sanotaan betonin neutraloitumisreaktioita, jotka aiheutuvat ilman sisältämän hiilidioksidin CO<sub>2</sub> tunkeutumisesta betoniin, ja joiden seurauksena betonin huokosveden pH-arvo alenee likimain arvoon 8,5. Karbonatisoituminen etenee vähitellen rintamana betonin pinnasta alkaen. Karbonatisoitumisen saavuttaessa teräksen alkaa teräskorroosio, mikäli edellytykset (mm. riittävä kosteus) korroosiolle ovat olemassa. Teräskorroosion aiheuttamia vaurioita betonissa ovat halkeamat ja lohkeamat (kts. piirros 1).

Karbonatisoitumisnopeuteen vaikuttaa:

1. betonin kosteuspitoisuus
2. betonipinnan diffuusiovastus hiilidioksidin tunkeutumista vastaan
3. ympäröivän ilman hiilidioksidipitoisuus
4. karbonatisoituvan aineen määrä



Piirros 1. Teräskorroosion aiheuttamia betonin vaurioita

Raudoituksen betonipeitteen paksuudet mitattiin pistokokein eri rakenneosista. Betonin karbonatisoitumissyvyys mitattiin pääosin samoista kohdista kuin betonipeitteen paksuudet. Karbonatisoitumismittaus tehtiin tuoreelta halkaisupinnalta tai ohuthietutkimuksen yhteydessä.



Taulukko 2. Raudoituksen betonipeitteen paksuudet ja betonin karbonatisoitumissyvyydet

Rakenneosa	Betonipeite pääosin min-max/ka [mm]	Betonin karbonatsoi- tumissyvyys [mm]	Teräksistä korroosio- vyöhykkeessä [%]
Julkisivuelementit	ulkopinta 7-55/35	up 0-20/5 sp 0-15/1	0
Pilarit	23-50/35	up 0-10/6 sp 3-15/9	0
Sokkeli	7-54/28	up 0-22/13 sp 0-20/5	<b>13</b>

Julkisivuelementtien betonin karbonatisoituminen on edennyt ulkopinnasta mitattuna keskimäärin 5 mm. Terästen betonipeitteet ovat keskimäärin 35 mm, joten terästä ei ole korroosiovyöhykkeessä.

Julkisivuelementtien sisäpinnassa betonin karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin 1 mm syvyyteen, joten siitä johtuvaa teräskorroosioriskiä ei ole.

Pilarelementtien betonin karbonatisoituminen on edennyt ulkopinnasta mitattuna keskimäärin 6 mm. Terästen betonipeitteet ovat keskimäärin 35 mm, joten terästä ei ole korroosiovyöhykkeessä.

Sokkeleiden betonin karbonatisoituminen on edennyt ulkopinnasta mitattuna keskimäärin 13 mm. Terästen betonipeitteet ovat keskimäärin 28 mm, joten teräksistä on noin **13 %** korroosiovyöhykkeessä. Betonipinnoilla havaittiin ruosteisia teräksiä.

Betonipeitemittausten tulokset on esitetty rakenneosittain liitteessä 2.

#### 4.2.2 Betonin kloridipitoisuus

Näytteiden kloridipitoisuus määritettiin laboratoriossa standardin SFS 5451 mukaisesti. Kokeella selvitetään kloridien aiheuttaman teräskorroosion mahdollisuus. Kloridit lisäävät myös karbonatisoituneen betonin teräskorroosionopeutta.

Betonin/elementtien valmistuksessa on käytetty aikoinaan kiihdyttimenä kalsiumkloridia. Klorideja voi päästä betoniin myös ulkoisista lähteistä esim. jäänsulatussuoloista.

Taulukko 3. Tutkittujen näytteiden kloridipitoisuus

Näyte	Rakenneosa	Cl <sup>-</sup> (paino -%)
KI 1SO	Sokkeli, etelä	< 0,01
KI 4JS	Julkisivu, itä, 2. krs	0,01

Kloridipitoisuuden kriittisenä raja-arvona pidetään 0,03... 0,07 p-%, kun määrittäminen on tehty happoliukoisena betonin painosta. Näytteiden kloridipitoisuus on selvästi alle raja- arvojen.

#### 4.3 Betonin pakkasenkesto ja rapautuneisuus, ohuthietutkimus

Kohteesta otettiin kymmenen poralierionäytettä ohuthietutkimuksia varten. Näytelieriöistä valmistettiin ohuthieet betonin ulkopintaa vastaan kohtisuorassa suunnassa. Hieen koko on 48 x 23 x 0,03 mm.

Betoniohuthienäytteet tutkittiin MOTIC BA300Pol polarisaatiomikroskoopilla ja tutkimuksessa käytettiin apuna ASTM C 856-04 standardia.

Betoninäytteiden kuntoa on arvioitu asteikolla hyvä, tyydyttävä, välttävä ja heikko. Pakkasrapautumista on kuvattu asteikolla 0-4: 0 = ei rapautumaa, 1 = vähäistä, 2 = orastavaa, 3 = kohtalaista, 4 = voimakasta. Arvion perustana on käytetty ohuthietutkimuksista saatuja tuloksia.



Taulukko 4. Ohuthietutkimusten yhteenveto

Näyte	Näytteen- ottoaika	Kunto	Krb [mm]	Pakkasenkesto/ huokostäytteet	Rapau- tu- minen
KI 2JS	Julkisivu, etelä, 1. krs	Pesubetoni: Tyydyttävä Alusbetoni: Hyvä	up: 7-16/8 sp: 0	Ei/Vähän ettringiittiä ja portlandiittia	0
KI 8JS	Julkisivu, etelä, 2. krs	Pesubetoni: Tyydyttävä Alusbetoni: Hyvä	up: 1-19/4 sp: 0-10/3	Ei/Vähän ettringiittiä ja portlandiittia	0
KI 9JS	Julkisivu, etelä, 1. krs	Pesubetoni: Tyydyttävä Alusbetoni: Hyvä	up: 1-23/6 sp: 0	Ei/Vähän ettringiittiä	0
KI 10JS	Julkisivu, etelä, 1. krs	Pesubetoni: Tyydyttävä Alusbetoni: Hyvä	up: 2-25/6 sp: 0-3/0	Ei/Ettringiittiä, osa umpeutunut	0
KI 13JS	Julkisivu, itä, 2. krs	Pesubetoni: Tyydyttävä Alusbetoni: Hyvä	up: 0-22/5 sp: 0	Ei/Vähän ettringiittiä	0
KI 16JS	Julkisivu, pohjoinen, 1. krs	Pesubetoni: Tyydyttävä Alusbetoni: Hyvä	up: 0-20/1 sp: 0-3/0	Ei/Vähän ettringiittiä ja portlandiittia	0
KI 5SO	Sokkeli, länsi	Tyydyttävä	up: 15-27/18 sp: 0-2/1	Ei/Ettringiittiä, osa umpeutunut	0
KI 17SO	Sokkeli, itä	Tyydyttävä	up: 11-28/15 sp: 0-5/0	Ei/Ettringiittiä, osa umpeutunut, paikoin portlandiittia	1

KI 19SO	Sokkeli, länsi	Hyvä	up: 1-15/5	Ei/Ettringiittiä, osa umpeutunut, paikoin portlandiittiä	0
KI 3PI	Pilari, 2. krs	Pesubetoni: Tyydyttävä Alusbetoni: Hyvä	up: 15-27/18 sp: 0-2/1	Ei/Ei	0

### Betonien laatu ja tiiveys

- Betonit ovat tiiviitä, tasalaatuisia ja kunnoltaan hyviä/tyydyttäviä
- Pesubetonien (julkisivut ja pilari) sekä sokkelin KI 17SO runkoaines on paikoin säröillyttä, mutta pääosin vielä ehjää ja rapautumatonta
- Muutoin näytteiden runkoaines on hyvälaatuista, ehjää ja rapautumatonta
- Runko- ja sideainestartuntoja heikentävät paikoin mm. runkoaineskappaleiden reunoilla esiintyvät rakomaiset huokostilat tai mikrosäröt
- Sokkelien KI 5SO ja KI 17SO sekä pilarin sideaineksen karbonatisoituminen on edennyt melko syvälle näytteiden ulkopinnoista alkaen
- Sokkelissa KI 5SO karbonatisoituminen on saavuttanut näytteen teräsvyvyyden ja näytteessä tulee huomioida mahdollinen teräskorroosioriski
- Muissa näytteissä karbonatisoituminen on kohtalaista/melko vähäistä

### Halkeilu, rapautuneisuus ja pakkaskestävyys

#### Julkisivut

- Julkisivujen pesubetonikerroksissa on nähtävissä pintaa vasten kohtisuoraa, haaroittuvaa ja yksittäisiä runkoaineskappaleita leikkaavaa mikrosäröilyä
- Mikrosäröily on arviolta syntynyt betonien varhaisessa vaiheessa kuivumiskutistumisen seurauksena
- Julkisivuissa ei havaittu rapautumiseen viittaavaa mikrosäröilyä
- Pesubetonikerroksissa esiintyvä säröily voi edistää kosteuden kulkeutumista betoneihin heikentäen betonien kestävyttä mm. pakkasrasituksessa
- Näytteen KI 2JS sideaineksessa on nähtävissä viitteitä kosteuden kulkeutumisesta ja sideaineksen liukenemisestä
- Julkisivunäytteiden pesubetonikerroksissa esiintyy suojahuokosia kohtalaisesti/melko runsaasti ja alusbetoneissa vähän/melko vähän
- Alusbetonikerrosten huokostus on arviolta puutteellinen
- Näytteiden huokostiloissa on paikoin nähtävissä ettringiitti- ja/tai portlandiittikiteytymiä
- Näytteen KI 10JS alusbetonin huokosista osa on kokonaan täyttyneitä ja erityisesti kokonaan täyttyneiden huokosten kiteytymät voivat paisuessaan heikentää betonin kestävyttä
- Muiden näytteiden huokostäytteet ovat vähäisiä eivätkä ne arviolta vaikuta betonien kestävyteen
- pilarin pesubetonikerroksessa on nähtävissä pintaa vasten kohtisuoraa ja arviolta betonien varhaisessa vaiheessa kuivumiskutistumisen seurauksena syntyneitä mikrosäröilyä
- Pilarin alusbetonissa esiintyy suojahuokosia vähän ja huokostus on arviolta puutteellinen. Pilarin pesubetonikerroksessa suojahuokosia on nähtävissä melko runsaasti

- Betonit eivät huokosrakenteensa perusteella ole arviolta pakkasenkestäviä kosteusrasituksessa

#### Sokkelit

- Sokkelien huokosiin on kiteytynyt ettringiittiä ja osa huokosista on kokonaan täyttyneitä. Kokonaan täyttyneiden huokosten kiteytymät voivat paisuessaan heikentää betonien kestävyyttä
- Betonit eivät huokosrakenteensa perusteella ole arviolta pakkasenkestäviä kosteusrasituksessa

#### 4.4 Vetokokeet

Julkisivurakenteista otettiin poraamalla näytelieriöt halkaisijaltaan 50 mm terällä. Vetokokeet suoritettiin standardin SFS 5445 laboratorio-olosuhteissa.

Vetolujuutta tutkimalla saadaan selville betonin rapautumisaste. Rapautumisen johdosta betoniin syntyy halkeamia, jotka heikentävät betonin vetolujuutta. Jos vetolujuus on parempi kuin  $1,5 \text{ MN/m}^2$  rapautuminen on epätodennäköistä.

Taulukko 5. Vetolujuudet rakenneosittain

Näyte	Rakenneosa	Vetolujuus $\text{N/mm}^2$	Murtokohta/- tapa
KI1SO	Sokkeli, etelä	2,8	Ulkopinnasta 39-50 mm, myötäilee
KI4JS	Julkisivu, itä, II krs.	3,2	Ulkopinnasta 9-24 mm, leikkaa
KI6JS	Julkisivu, länsi, I krs.	2,5	Ulkopinnasta 17-30 mm, myötäilee/leikkaa
KI7PI	Pilari, länsi, I krs.	2,2	Ulkopinnasta 11-16 mm, leikkaa
<b>KI11PI</b>	<b>Pilari, etelä, II krs.</b>	<b>1,3</b>	<b>Ulkopinnasta 28-30 mm, myötäilee</b>
KI11PI (uusinta)	Pilari, etelä, II krs.	2,0	Ulkopinnasta 65-70 mm, myötäilee
<b>KI12JS</b>	<b>Julkisivu, etelä, II krs.</b>	<b>0,4</b>	<b>Ulkopinnasta 50-60 mm, myötäilee</b>
<b>KI12JS (uusinta)</b>	<b>Julkisivu, etelä, II krs</b>	<b>0,8</b>	<b>Ulkopinnasta 44-54 mm, myötäilee</b>
KI14JS	Julkisivu, itä, I krs	2,7	Ulkopinnasta 45-55 mm, myötäilee/leikkaa
KI15JS	Julkisivu, pohjoinen, II krs.	3,2	Ulkopinnasta 25-37 mm, myötäilee, teräs $\varnothing$ 3mm
<b>KI18SO</b>	<b>Sokkeli, länsi</b>	<b>0,8</b>	<b>Ulkopinnasta 81-100 mm, myötäilee</b>
<b>KI18SO (uusinta)</b>	<b>Sokkeli, länsi</b>	<b>0,9</b>	<b>Ulkopinnasta 72-87 mm, myötäilee</b>
KI20SO	Sokkeli, länsi	2,1	Ulkopinnasta 50-65 mm, myötäilee

Vetolujuuskokeiden perusteella näytteissä 12 JS, 11PI ja 18SO on rapautumaa.

Nykyisten betonirakenteiden korjausohjeiden (by 41) mukaan tartunta-alustalta vaaditaan vähintään  $1,0 \text{ MN/m}^2$  lujuus (poikkeustapauksissa  $0,7 \text{ MN/m}^2$ ).



#### 4.5 Lyijyanalyysit

Rakennuksen saumoista otettiin kolme kappaletta saumanäytteitä joista analysoitiin lyijypitoisuudet.

Näyte	Rakenneosa	lyijy pitoisuus
1	Julkisivu, pohjoinen	<b>21.400</b>
2	Julkisivu, pohjoinen	<b>27.800</b>
3	Julkisivu, pohjoinen	<b>16.200</b>

Lyijypitoisuuden ollessa yli 1.500 mg/kg on suositeltavaa käsitellä jäte ongelmajätteenä. RATU-OHJE 82-0238 PCB:tä ja lyijyä sisältävien saumamassojen purku

Analysoitujen näytteiden pitoisuudet ylittävät moninkertaisesti kyseisen arvon.

## 5. YHTEENVETO

### 5.1 Turvallisuusnäkökohdat ja kiireelliset toimenpiteet

Julkisivurakenteisiin liittyviä turvallisuusepäkohtia ei havaittu.

### 5.2 Rakenteiden kunto

#### Julkisivuelementit

- Julkisivuelementtien yleisilme on tyydyttävä
- Elementtipinnoilla reunoissa havaittiin paikoin rapautumaan viittaavaa verkko-halkeilua
- Seinustalla kasvavat köynnöskasvit likaavat seinäpinnat ja altistavat kosteusrasitukselle
- Elementeissä ei havaittu käyrityksiä
- Terästen betonipeitteet keskimäärin 35 mm ja betonin karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin 5 mm, joten teräksiä ei ole korroosiovyöhykkeessä
- Lämpöeristevahvuus oli keskimäärin 110 mm
- Ohuthietutkimusten mukaan julkisivuelementtien betonit eivät ole huokosrakennearvion mukaan pakkasenkestäviä kosteusrasituksessa
- Pesubetonikerroksissa esiintyvä säröily voi edistää kosteuden kulkeutumista betoneihin heikentäen betonien kestävyttä mm. pakkasrasituksessa
- Alusbetoneissa esiintyy huokostäytteitä, paikoin huokosten kiteytymät voivat paisuessaan heikentää betonin kestävyttä
- huokosten kiteytymät voivat paisuessaan heikentää betonin kestävyttä
- Vetolujuuskokeiden perusteella betoneissa on paikoin rapautumaa
- Betoneissa ei ollut haitallisia määriä klorideja

#### Pilarit

- Terästen betonipeitteet keskimäärin 35 mm ja betonin karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin 6 mm, joten teräksiä ei ole korroosiovyöhykkeessä
- Vetolujuuskokeiden perusteella pilarien betonissa on paikoin lievää rapautumaa
- Betoneissa ei ollut haitallisia määriä klorideja
- Ohuthietutkimusten mukaan betonit eivät ole huokosrakennearvion mukaan pakkasenkestäviä kosteusrasituksessa

#### Sokkelit

- Sokkeleiden paikkaukset ovat rapautuneet
- Sokkelipinnoilla on halkeamia
- Terästen betonipeitteet keskimäärin 28 mm ja betonin karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin 13 mm, joten teräksistä 13 % on korroosiovyöhykkeessä
- Sokkelipinnoilla havaittiin liian pinnassa olevia ruosteisia teräksiä
- Betoneissa ei ollut haitallisia määriä klorideja
- Vetolujuuskokeiden perusteella sokkelien betoneissa on paikoin rapautumaa

- Ohuthietutkimusten mukaan betonit eivät ole huokosrakennearvion mukaan pakkasenkestäviä kosteusrasituksessa
- Sokkelien huokosiin on kiteytynyt ettringiittiä ja osa huokosista on kokonaan täyttyneitä. Kokonaan täyttyneiden huokosten kiteytymät voivat paisuessaan heikentää betonien kestävyyttä
- Ohuthieanalyysin mukaan yhdessä sokkelinäytteessä oli vähäistä rapautumaa

### 5.3 Toimenpidesuositukset

#### Julkisivuelementit

Julkisivuelementtien yleiskunto on tyydyttävä. Julkisivuelementeillä on teknistä käyttöikää jäljellä noin 10 vuotta, jonka jälkeen lämpörappaus on varteenotettava vaihtoehto.

- Julkisivuelementtien saumat tulee uusida 2-3 vuoden kuluessa
- Nurkkien rakenne tulee muuttaa sellaiseksi, ettei siitä aiheudu kosteusrasitusta sokkelirakenteille

#### Sokkelit

- Sokkelin betonivaurioiden piikkaus, terästen puhdistus ja suojaus sekä laasti-paikkaus/ valukorjaukset, ylitasoitus ja suojapinnoitus 3 vuoden kuluessa
- Sokkeleiden halkeamat tulee injektoida epoksilla





Kuva 1. Muotoilu pitää reuna-alueet kosteina



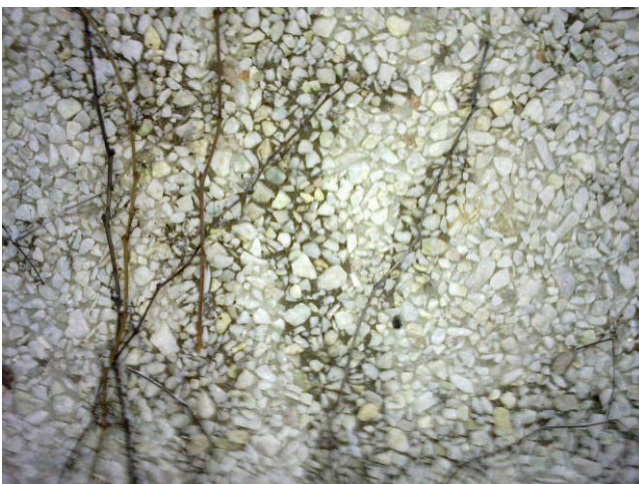
Kuva 4. Vuotavat pellitykset kastelevat seinäpinnat



Kuva 2. Elementtien reunoilla on verkkohalkeilua



Kuva 5. Elementtisaumoista puuttuvat tuuletusputket



Kuva 3. Köynnöskasvit sotkevat ja pitävät seinäpintoja kosteina



Kuva 6. Nurkan juuripelti on revitty pois, kertaalleen korjattu nurkka on rapautunut uudestaan





Kuva 7. Sokkelin paikkaukset ovat rapautuneet



Kuva 8. Sokkelipinnoilla esiintyy halkeamia



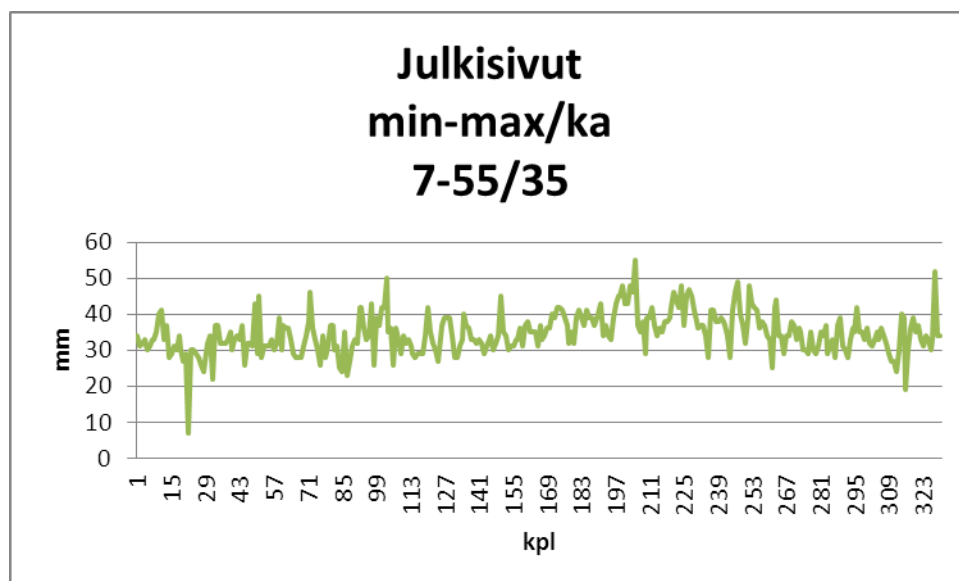
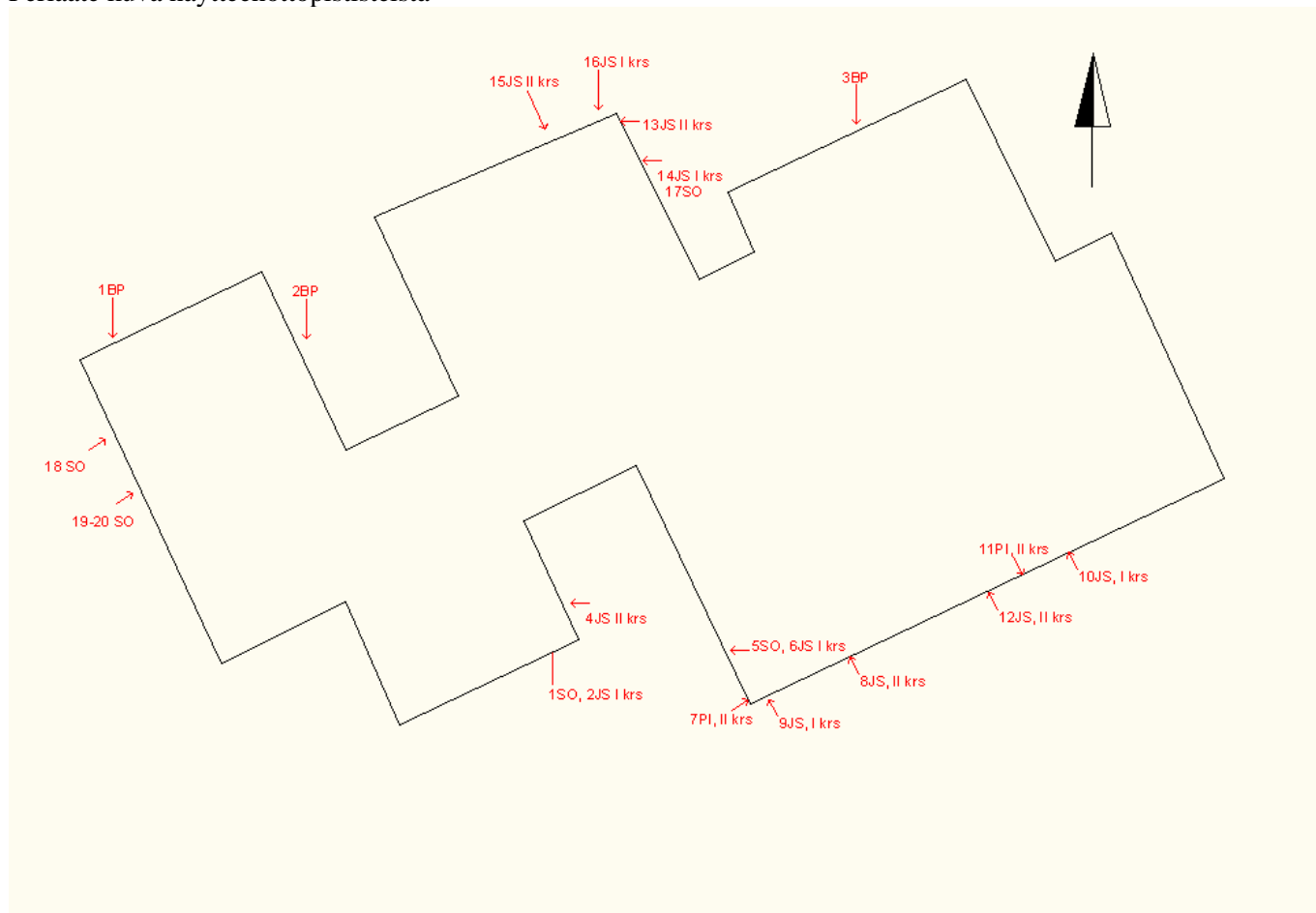
Kuva 9. Kosteuden aiheuttama kalkkisaostuma  
paikkauksen saumassa

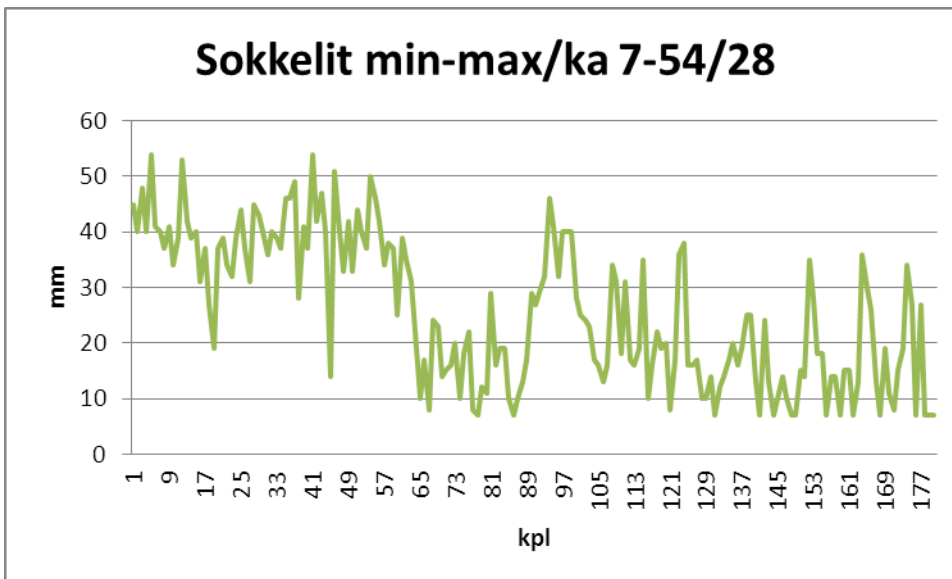
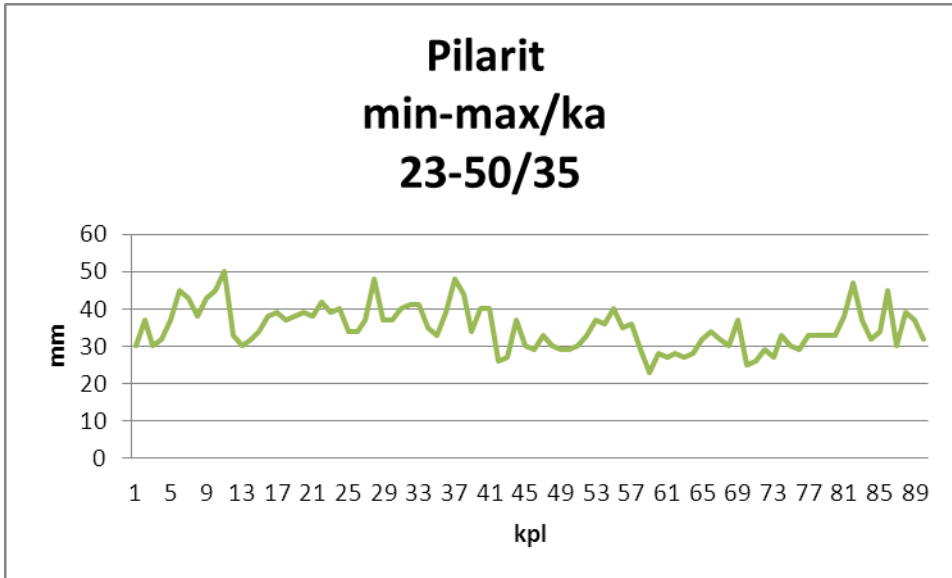
Tunnus	Näytteenottopaikka	Vahvuus betoni (mm)	Karbonatisoituminen min-max/ka (mm)	Tutkimus
KI1SO	Sokkeli, etelä	105	up: 12-20/15 sp: 0	Vetolujuus, karbonatisoituminen, kloridipitoisuus
KI2JS	Julkisivu, etelä, I krs.	65	up: 7-10/8 sp: 0	Ohuthie, karbonatisoituminen
KI3PI	Pilari II krs.	90	up: 5-6/5 sp: 5-15/10	Ohuthie, karbonatisoituminen
KI4JS	Julkisivu, itä, II krs.	57	up: 0-2/0 sp: 0-8/1	Vetolujuus, karbonatisoituminen, kloridipitoisuus
KI5SO	Sokkeli, länsi	140	up: 15-27/ 18 sp:	Ohuthie, karbonatisoituminen
KI6JS	Julkisivu, länsi I krs.	68	up: 7-20/8 sp: 0-15/0	Vetolujuus, karbonatisoituminen
KI7PI	pilari, länsi I krs.	90	up: 3-10/6 sp: 3-13/7	Vetolujuus, karbonatisoituminen
KI8JS	Julkisivu, etelä, II krs	60	up: 1-5/4 sp: 0-10/3	Ohuthie, karbonatisoituminen
KI9JS	Julkisivu, etelä, I krs.	70	up: 7-12/8 sp: 0	Ohuthie, karbonatisoituminen
KI10JS	Julkisivu, etelä, I krs.	66	up: 5-20/6 sp:0-3/0	Ohuthie, karbonatisoituminen
KI11PI	Julkisivu, etelä, II krs	91	up: 0-7/5 sp: 8-15/10	Vetolujuus, karbonatisoituminen
KI12JS	Julkisivu, etelä, II krs.	70	up:7-10/8 sp: 0-12/5	Vetolujuus, karbonatisoituminen
KI13JS	Julkisivu, itä II krs.	74	up: 0-10/4 sp: 0	Ohuthie, karbonatisoituminen
KI14JS	Julkisivu, itä, I krs.	60	up: 0-15/7 sp: 0-3/1	Vetolujuus, karbonatisoituminen
KI15JS	Julkisivu, pohjoinen, II krs.	70	up: 0-5/4 sp: 0	Vetolujuus, karbonatisoituminen
KI16JS	Julkisivu, pohjoinen, I krs	70	up: 0 sp: 0-3/0	Ohuthie, karbonatisoituminen
KI17SO	Sokkeli, itä	121	up: 11-16/14 sp:	Ohuthie, karbonatisoituminen
KI18SO	Sokkeli, länsi	107	up: 16-22/17 sp: 0- 20/15	Vetolujuus, karbonatisoituminen
KI19SO	Sokkeli, länsi		up: sp:	Ohuthie, karbonatisoituminen
KI20SO	Sokkeli, länsi		up:0	Vetolujuus, karbonatisoituminen
1	Saumamassa, julkisivu pohjoinen			lyijy



2	Saumamassa, pohjoinen	julkisivu,			lyijy
3	Saumamassa, pohjoinen	julkisivu,			lyijy

Periaate kuva näyteenottopisteistä





Ositum Oy  
Betonilaboratorio  
Otakaari 12  
02150 ESPOO

## OHUTHIETUTKIMUS

Raporttitunnus  
128 0012

### Yleistiedot

Ositum Oy on ottanut kohteesta Kivimäen koulu, Vantaa, kymmenen ( $\varnothing = 50$  mm) lieriönäytettä ohuthielaboratoriotutkimuksia varten: KI 2JS, KI 3PI, KI 5SO, KI 8JS, KI 9JS, KI 10JS, KI 13JS, KI 16JS, KI 17SO ja KI 19SO. Näytteet jaettiin arvostelueriin taulukon 1 mukaisesti.

**Taulukko 1.** Näytteiden arvosteluerät

Julkisivu	Sokkeli	Pilari
KI 2JS KI 8JS KI 9JS KI 10JS KI 13JS KI 16JS	KI 5SO KI 17SO KI 19SO	KI 3PI

Näyteliiriöistä valmistettiin erikoislaboratoriomenetelmin ohuthieet näytteiden pintaa vastaan kohtisuorassa suunnassa. Ohuthieiden koko on keskimäärin n.  $48 \times 23 \times 0,03$  mm<sup>3</sup>.

Näytteet tutkittiin Motic Stereo Zoom K700P stereomikroskoopilla ja ohuthienäytteet tutkittiin MOTIC BA300Pol polarisaatiomikroskoopilla. Tutkimuksessa käytettiin apuna ASTM C856 standardia.

## Ohuthietutkimusten tulosityhteenveto

Ohuthietutkimustulosten perusteella näytteiden kuntoa sekä näytteiden kestävyysvaikuttavia tekijöitä on arvioitu tiivistetysti taulukossa 2. Taulukossa kuntoa on arvioitu asteikolla: hyvä, tyydyttävä, välttävä ja heikko. Pakkasrapautumista on kuvattu asteikolla 0 - 4: 0 = ei rapautumaa, 1 = vähäistä, 2 = orastavaa, 3 = kohtalaista, 4 = voimakasta.

**Taulukko 2.** Ohuthietutkimuksen tulosityhteenveto. Krb = karbonatisoituminen (min - max/keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys), up = ulkopinta, sp = sisäpinta.

Näyte	Näytteen- ottopaikka	Kunto	Krb [mm]	Pakkasenkesto/ huokostäytteet	Rapautu- minen
KI 2JS	Julkisivu, etelä, 1. krs	Pesubetoni: Tyydyttävä Alusbetoni: Hyvä	up: 7-16/8 sp: 0	Ei/Vähän ettringiittiä ja portlandiittiä	0
KI 8JS	Julkisivu, etelä, 2. krs	Pesubetoni: Tyydyttävä Alusbetoni: Hyvä	up: 1-19/4 sp: 0-10/3	Ei/Vähän ettringiittiä ja portlandiittiä	0
KI 9JS	Julkisivu, etelä, 1. krs	Pesubetoni: Tyydyttävä Alusbetoni: Hyvä	up: 1-23/6 sp: 0	Ei/Vähän ettringiittiä	0
KI 10JS	Julkisivu, etelä, 1. krs	Pesubetoni: Tyydyttävä Alusbetoni: Hyvä	up: 2-25/6 sp: 0-3/0	Ei/Ettringiittiä, osa umpeutunut	0
KI 13JS	Julkisivu, itä, 2. krs	Pesubetoni: Tyydyttävä Alusbetoni: Hyvä	up: 0-22/5 sp: 0	Ei/Vähän ettringiittiä	0
KI 16JS	Julkisivu, pohjoinen, 1. krs	Pesubetoni: Tyydyttävä Alusbetoni: Hyvä	up: 0-20/1 sp: 0-3/0	Ei/Vähän ettringiittiä ja portlandiittiä	0
KI 5SO	Sokkeli, länsi	Tyydyttävä	up: 15-27/18 sp: 0-2/1	Ei/Ettringiittiä, osa umpeutunut	0
KI 17SO	Sokkeli, itä	Tyydyttävä	up: 11-28/15 sp: 0-5/0	Ei/Ettringiittiä, osa umpeutunut, paikoin portlandiittiä	1
KI 19SO	Sokkeli, länsi	Hyvä	up: 1-15/5	Ei/Ettringiittiä, osa umpeutunut, paikoin portlandiittiä	0
KI 3PI	Pilari, 2. krs	Pesubetoni: Tyydyttävä Alusbetoni: Hyvä	up: 15-27/18 sp: 0-2/1	Ei/Ei	0

## Laatu ja tiiveys

Betonit ovat tiiviitä, tasalaatuisia ja kunnoltaan hyviä/tydyttäviä. Pesubetonien (julkisivut ja pilari) sekä sokkelin KI 17SO runkoaines on paikoin säröillyttä, mutta pääosin vielä ehjää ja rapautumatonta (Kuva 1). Muutoin näytteiden runkoaines on hyvälaatuista, ehjää ja rapautumatonta. Näytteiden runko- ja sideainestartunnat ovat hyvät ja tiiviit/pääosin tiiviit. Runko- ja sideainestartuntoja heikentävät paikoin mm. runkoaineskappaleiden reunoilla esiintyvät rakomaiset huokostilat tai mikrosäröt.

Sokkelien KI 5SO ja KI 17SO sekä pilarin sideaineksen karbonatisoituminen on edennyt melko syvälle näytteiden ulkopinnoista alkaen. Sokkelissa KI 5SO karbonatisoituminen on saavuttanut näytteen teräsyvyuden ja näytteessä tulee huomioida mahdollinen teräskorroosioriski. Muissa näytteissä karbonatisoituminen on kohtalaista/melko vähäistä.

## Halkeilu, rapautuneisuus ja pakkaskestävyys

### *Julkisivut*

Julkisivujen pesubetonikerroksissa on nähtävissä pintaa vasten kohtisuoraa, haaroittuvaa ja yksittäisiä runkoaineskappaleita leikkaavaa mikrosäröilyä (Kuva 1). Mikrosäröily on arviolta syntynyt betonien varhaisessa vaiheessa kuivumiskutistumisen seurauksena. Julkisivuissa ei havaittu rapautumiseen viittaavaa mikrosäröilyä. Pesubetonikerroksissa esiintyvä säröily voi edistää kosteuden kulkeutumista betoneihin heikentäen betonien kestävyttä mm. pakkasrasituksessa. Näytteen KI 2JS sideaineksessa on nähtävissä viitteitä kosteuden kulkeutumisesta ja sideaineksen liukenemisestä.

Julkisivunäytteiden pesubetonikerroksissa esiintyy suojahuokosia kohtalaisesti/melko runsaasti ja alusbetoneissa vähän/melko vähän. Alusbetonikerrosten huokostus on arviolta puutteellinen. Näytteiden huokostiloissa on paikoin nähtävissä ettringiitti- ja/tai portlandiittikiteytymiä. Näytteen KI 10JS alusbetonin huokosista osa on kokonaan täyttyneitä ja erityisesti kokonaan täyttyneiden huokosten kiteytymät voivat paisuessaan heikentää betonin kestävyttä. Muiden näytteiden huokostäytteet ovat vähäisiä eivätkä ne arviolta vaikuta betonien kestävyteen.

Betonit eivät huokosrakenteensa perusteella ole arviolta pakkasenkestäviä kosteusrasituksessa.

### *Sokkelit ja pilari*

Sokkelissa KI 19SO ja pilarin pesubetonikerroksessa on nähtävissä pintaa vasten kohtisuoraa ja arviolta betonien varhaisessa vaiheessa kuivumiskutistumisen seurauksena syntyneitä mikrosäröilyä. Sokkelissa KI 17SO on nähtävissä vähäistä, yksittäisiä runkoaineskappaleita leikkaavaa ja arviolta alkavan rapautumisen seurauksena syntyneitä mikrosäröilyä.

Sokkeleissa ja pilarin alusbetonissa esiintyy suojahuokosia vähän ja huokostus on arviolta puutteellinen. Pilarin pesubetonikerroksessa suojahuokosia on nähtävissä melko runsaasti. Sokkelien huokosiin on kiteytynyt ettringiittiä ja osa huokosista on

kokonaan täyttyneitä. Kokonaan täyttyneiden huokosten kiteytymät voivat paisuessaan heikentää betonien kestävyttä. Pilarin huokostiloissa ei havaittu merkittäviä haitallisia kiteytymiä.

Betonit eivät huokosrakenteensa perusteella ole arviolta pakkasenkestäviä kosteusrasituksessa.

## Näytekohtaiset tutkimustulokset

### Julkisivu

**Näyte KI 2JS**, julkisivu, etelä, 1. krs. Näytteen pituus on n. 65 mm ja näytteen ulkopinnassa esiintyy n. 35 mm paksuinen pesubetonikerros. Näytteessä esiintyy teräs ( $\varnothing = 4,0$  mm) n. 30 mm syvyydellä näytteen ulkopinnasta alkaen. Ohuthie on valmistettu näytteen ulkopinnasta alkaen n. 47 mm syvyydelle.

#### *Pesubetoni (n. 35 mm)*

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines koostuu ( $\varnothing = 0,2 - 25$  mm) esiintyy melko pyörityneistä kalkkikivikappaleista sekä pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on yksittäisiä säröilleitä runkoaineskappaleita lukuun ottamatta ehjää ja rapautumatonta.

Runko- ja sideaineksen tartunnat ovat hyvät ja tiiviit. Sideaines on karbonatisoitunut keskimäärin n. 8,0 mm syvyydelle näytteen ulkopinnasta alkaen. Paikoitellen karbonatisoituminen on edennyt mikrosäröilyä myöten syvemmälle (n. 16 mm).

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,03 - 0,8$  mm) esiintyy kohtalaisesti. Huokosten reunoille on paikoin kiteytynyt karbonaattia/portlandiittia ja yksittäiset huokokset ovat paikoin kokonaan täyttyneitä.

Tiivistyshuokosia ( $\varnothing < 1,2$  mm) esiintyy vähän. Tiivistyshuokokset ovat pääosin pyöreitä/pyöreähköjä ja yli 0,8 mm suuruisia. Huokosissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytymiä.

Pesubetonikerroksessa on nähtävissä kohtalaisesti pääosin pintaa vasten kohtisuoraa, keskimäärin alle 0,06 mm paksuista, haaroittuvaa ja yksittäisiä runkoaineskappaleita leikkaavaa mikrosäröilyä. Mikrosäröily on arviolta syntynyt betonin varhaisessa vaiheessa kuivumiskutistumisen seurauksena.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

#### *Alusbetoni (n. 12 mm)*

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines ( $\varnothing = 0,2 - 10$  mm) koostuu pääasiallisesti melko pyörityneistä graniitti- ja amfiboliittikappaleista sekä yksittäisistä



kiillekappaleista ja pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on ehjää ja rapautumatonta.

Sideaines on portlandsementtiä ja hydrataatio on tasainen. Runko- ja sideaineiden tartunnat ovat hyvät ja tiiviit. Alusbetonin sideaineuksessa ei havaittu karbonatisoitumista. Sideaineuksessa on nähtävissä viitteitä kosteuden kulkeutumisesta ja sideaineiden liukenemisestä.

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,03 - 0,8$  mm) esiintyy melko vähän (puutteellinen huokostus). Yksittäisissä huokosissa on paikoin nähtävissä vähäisiä ettringiitti- ja portlandiittikiteytyksiä.

Tiivistyshuokosia ( $\varnothing < 2,0$  mm) esiintyy vähän. Huokokset ovat pääosin pyöreitä/pyöreähköjä ja yli 0,8 mm suuruisia. Huokosissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytyksiä.

Alusbetonissa ei ole nähtävissä rapautumista eikä muuta merkittävää mikrosäröilyä/halkeilua.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella ole arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

**Näyte KI 8JS**, julkisivu, etelä, 2. krs. Näytteen pituus on n. 60 mm ja näytteen ulkopinnassa esiintyy n. 30 mm paksuinen pesubetonikerros. Ohuthie on valmistettu näytteen ulkopinnasta alkaen n. 47 mm syvyydelle.

#### *Pesubetoni (n. 30 mm)*

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines koostuu ( $\varnothing = 0,2 - 25$  mm) esiintyy melko pyörityneistä kalkkikivikappaleista sekä pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on yksittäisiä säröilleitä runkoaineskappaleita lukuun ottamatta ehjää ja rapautumatonta.

Runko- ja sideaineiden tartunnat ovat hyvät ja tiiviit. Sideaines on karbonatisoitunut keskimäärin n. 4,0 mm syvyydelle näytteen ulkopinnasta alkaen. Paikoin karbonatisoituminen on edennyt mikrosäröilyä myöten syvemmälle (n. 19 mm).

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,03 - 0,8$  mm) esiintyy melko runsaasti. Huokosissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytyksiä.

Pesubetonikerroksessa ei ole nähtävissä merkittäviä tiivistyshuokosia.

Pesubetonikerroksessa on nähtävissä kohtalaisesti pääosin pintaa vasten kohtisuoraa, keskimäärin alle 0,01 mm paksuista, haaroittuvaa ja yksittäisiä runkoaineskappaleita leikkaavaa mikrosäröilyä. Mikrosäröily on arviolta syntynyt betonin varhaisessa vaiheessa kuivumiskutistumisen seurauksena.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

*Alusbetoni (n. 17 mm)*

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines ( $\varnothing = 0,2 - 15$  mm) koostuu pääasiallisesti melko pyörityneistä graniitti- ja amfiboliittikappaleista sekä yksittäisistä kiillekappaleista ja pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on ehjää ja rapautumatonta.

Sideaines on portlandsementtiä ja hydrataatio on tasainen. Runko- ja sideaineksen tartunnat ovat hyvät ja pääosin tiiviit. Runkoaineskappaleiden reunoilla esiintyvät rakomaiset huokostilat heikentävät paikoin tartuntoja. Alusbetonin sideaineksessa ei ole nähtävissä merkittävää karbonatisoitumista.

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,04 - 0,8$  mm) esiintyy vähän (puutteellinen huokostus). Yksittäisissä huokosissa on paikoin nähtävissä vähäisiä ettringiitti- ja portlandiittikiteytymiä.

Tiivistyshuokosia ( $\varnothing < 4,0$  mm) esiintyy vähän. Huokokset ovat pääosin pyöreitä/pyöreähköjä ja yli 0,8 mm suuruisia tai runkoaineskappaleiden reunoilla esiintyviä rakomaisia huokostiloja. Rakomaisiin huokostiloihin on kiteytyneet portlandiittia. Muutoin huokosissa ei havaittu merkittäviä haitallisia kiteytymiä.

Alusbetonissa ei ole nähtävissä rapautumista eikä muuta merkittävää mikrosäröilyä/halkeilua.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella ole arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

**Näyte KI 9JS**, julkisivu, etelä, 1. krs. Näytteen pituus on n. 70 mm ja näytteen ulkopinnassa esiintyy n. 30 mm paksuinen pesubetonikerros. Ohuthie on valmistettu näytteen ulkopinnasta alkaen n. 47 mm syvyydelle.

*Pesubetoni (n. 30 mm)*

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines koostuu ( $\varnothing = 0,2 - 17$  mm) esiintyy melko pyörityneistä kalkkikivikappaleista sekä pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on yksittäisiä säröilleitä runkoaineskappaleita lukuun ottamatta ehjää ja rapautumatonta.

Runko- ja sideaineksen tartunnat ovat hyvät ja tiiviit. Sideaines on karbonatisoitunut keskimäärin n. 6,0 mm syvyydelle näytteen ulkopinnasta alkaen. Paikoin karbonatisoituminen on edennyt mikrosäröilyä myöten syvemmälle (n. 23 mm).

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,03 - 0,8$  mm) esiintyy melko runsaasti. Huokosissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytymiä.

Tiivistyshuokosia ( $\varnothing < 1,2$  mm) esiintyy vähän. Tiivistyshuokokset ovat pääosin pyöreitä/pyöreähköjä ja yli 0,8 mm suuruisia. Huokosissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytymiä.

Pesubetonikerroksessa on nähtävissä melko runsaasti pääosin pintaa vasten kohtisuoraa, keskimäärin alle 0,03 mm paksuista, haaroittuvaa ja yksittäisiä runkoaineskappaleita leikkaavaa mikrosäröilyä. Mikrosäröily on arviolta syntynyt betonin varhaisessa vaiheessa kuivumiskutistumisen seurauksena.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

#### *Alusbetoni (n. 17 mm)*

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines ( $\varnothing = 0,2 - 15$  mm) koostuu pääasiallisesti melko pyörityneistä graniitti- ja amfiboliittikappaleista sekä pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on ehjää ja rapautumatonta.

Sideaines on portlandsementtiä ja hydrataatio on tasainen. Runko- ja sideaineksen tartunnat ovat hyvät ja tiiviit. Alusbetonin sideaineksessa ei ole nähtävissä merkittävää karbonatisoitumista.

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,03 - 0,8$  mm) esiintyy melko vähän (puutteellinen huokostus). Huokosten reunoille on paikoin kiteytynyt ettringiittiä.

Tiivistyshuokosia ( $\varnothing < 2,2$  mm) esiintyy vähän. Tiivistyshuokokset ovat pääosin pyöreitä/pyöreähköjä ja yli 0,8 mm suuruisia. Huokosissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytyksiä.

Alusbetonissa ei ole nähtävissä rapautumista eikä muuta merkittävää mikrosäröilyä/halkeilua.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella ole arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

**Näyte KI 10JS**, julkisivu, etelä, 1. krs. Näytteen pituus on n. 66 mm ja näytteen ulkopinnassa esiintyy n. 30 mm paksuinen pesubetonikerros. Näytteessä esiintyy teräs ( $\varnothing = 4,0$  mm) n. 37 mm syvyydellä näytteen ulkopinnasta alkaen. Ohuthie on valmistettu näytteen ulkopinnasta alkaen n. 47 mm syvyydelle.

#### *Pesubetoni (n. 30 mm)*

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines koostuu ( $\varnothing = 0,2 - 18$  mm) esiintyy melko pyörityneistä kalkkikivikappaleista sekä pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on yksittäisiä säröilleitä runkoaineskappaleita lukuun ottamatta ehjää ja rapautumatonta (Kuva 1).

Runko- ja sideaineksen tartunnat ovat hyvät ja tiiviit. Sideaineksessa karbonatisoituminen on edennyt keskimääräisesti n. 6,0 mm syvyydelle näytteen ulkopinnasta alkaen. Paikoin karbonatisoituminen on edennyt mikrosäröilyä myöten syvemmälle (n. 25 mm).

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,02 - 0,8$  mm) esiintyy kohtalaisesti. Huokosissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytyviä.

Tiivistyshuokosia ( $\varnothing < 1,4$  mm) esiintyy vähän. Tiivistyshuokokset ovat pääosin pyöreitä/pyöreähköjä ja yli 0,8 mm suuruisia. Huokosissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytyviä.

Pesubetonikerroksessa on nähtävissä melko runsaasti pääosin pintaa vasten kohtisuoraa, keskimäärin alle 0,03 mm paksuista, haaroittuvaa ja yksittäisiä runkoaineskappaleita leikkaavaa mikrosäröilyä (Kuva 1). Mikrosäröihin on paikoin kiteytynyt karbonaattia. Mikrosäröily on arviolta syntynyt betonin varhaisessa vaiheessa kuivumiskutistumisen seurauksena.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

#### *Alusbetoni (n. 17 mm)*

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines ( $\varnothing = 0,2 - 17$  mm) koostuu pääasiallisesti melko pyörityneistä graniitti- ja amfiboliittikappaleista sekä yksittäisistä kiillekappaleista ja pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on ehjää ja rapautumatonta.

Sideaines on portlandsementtiä ja hydrataatio on tasainen. Runko- ja sideaineksen tartunnat ovat hyvät ja tiiviit. Alusbetonin sideaineksessa ei ole nähtävissä merkittävää karbonatisoitumista.

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,04 - 0,8$  mm) esiintyy melko vähän (puutteellinen huokostus). Huokosiin on kiteytynyt ettringiittiä ja yksittäiset alle 0,1 mm suuruiset huokokset ovat kokonaan/lähes kokonaan täyttyneitä.

Tiivistyshuokosia ( $\varnothing < 3,0$  mm) esiintyy vähän. Tiivistyshuokokset ovat pääosin pyöreitä/pyöreähköjä ja yli 0,8 mm suuruisia. Huokosissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytyviä.

Näytteessä ei ole nähtävissä rapautumista eikä muuta merkittävää mikrosäröilyä/-halkeilua.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella ole arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

**Näyte KI 13JS**, julkisivu, itä, 2. krs. Näytteen pituus on n. 74 mm ja näytteen ulkopinnassa esiintyy n. 30 mm paksuinen pesubetonikerros. Näytteessä esiintyy teräs ( $\varnothing = 6,0$  mm) n. 40 mm syvyydellä näytteen ulkopinnasta alkaen. Ohuthie on valmistettu näytteen ulkopinnasta alkaen n. 47 mm syvyydelle.

*Pesubetoni (n. 30 mm)*

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines koostuu ( $\varnothing = 0,2 - 20$  mm) esiintyy melko pyöristyneistä kalkkikivikappaleista sekä pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on yksittäisiä säröilleitä runkoaineskappaleita lukuun ottamatta ehjää ja rapautumatonta.

Runko- ja sideaineksen tartunnat ovat hyvät ja tiiviit. Sideaines on karbonatisoitunut keskimäärin n. 4,0 mm syvyydelle näytteen ulkopinnasta alkaen. Paikoin karbonatisoituminen on edennyt mikrosäröilyä myöten syvemmälle (n. 22 mm).

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,03 - 0,8$  mm) esiintyy melko runsaasti. Yksittäisissä huokosissa on nähtävissä vähäisiä karbonaattikiteytyimiä.

Tiivistyshuokosia ( $\varnothing < 2,1$  mm) esiintyy vähän. Tiivistyshuokokset ovat pääosin pyöreitä/pyöreähköjä ja yli 0,8 mm suuruisia Huokosissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytyimiä.

Pesubetonikerroksessa on nähtävissä kohtalaisesti pääosin pintaa vasten kohtisuoraa, keskimäärin alle 0,03 mm paksuista, haaroittuvaa ja yksittäisiä runkoaineskappaleita leikkaavaa mikrosäröilyä. Mikrosäröily on arviolta syntynyt betonin varhaisessa vaiheessa kuivumiskutistumisen seurauksena.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

*Alusbetoni (n. 17 mm)*

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines ( $\varnothing = 0,2 - 15$  mm) koostuu pääasiallisesti melko pyöristyneistä graniitti- ja amfiboliittikappaleista sekä yksittäisistä kiillekappaleista ja pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on ehjää ja rapautumatonta.

Sideaines on portlandsementtiä ja hydrataatio on tasainen. Runko- ja sideaineksen tartunnat ovat hyvät ja tiiviit. Alusbetonin sideaineksessa ei ole nähtävissä merkittävää karbonatisoitumista.

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,04 - 0,8$  mm) esiintyy melko vähän (puutteellinen huokostus). Yksittäisissä huokosissa on nähtävissä vähäisiä ettringiittikiteytyimiä.

Tiivistyshuokosia ( $\varnothing < 1,0$  mm) esiintyy vähän. Tiivistyshuokokset ovat pääosin pyöreitä/pyöreähköjä ja yli 0,8 mm suuruisia Huokosissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytyimiä.

Näytteessä ei ole nähtävissä rapautumista eikä muuta merkittävää mikrosäröilyä/-halkeilua.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella ole arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

**Näyte KI 16JS**, julkisivu, pohjoinen, 1. krs. Näytteen pituus on n. 70 mm ja näytteen ulkopinnassa esiintyy n. 35 mm paksuinen pesubetonikerros. Ohuthie on valmistettu näytteen ulkopinnasta alkaen n. 47 mm syvyydelle.

#### *Pesubetoni (n. 35 mm)*

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines koostuu ( $\varnothing = 0,2 - 15$  mm) esiintyy melko kulmikkaista ja paikoin melko pyöristyneistä kvartsiitti- ja mineraalikappaleista sekä pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on yksittäisiä säröilleitä runkoaineskappaleita lukuun ottamatta ehjää ja rapautumatonta.

Runko- ja sideaineksen tartunnat ovat hyvät ja tiiviit. Sideaines on karbonatisoitunut keskimäärin n. 1,0 mm syvyydelle näytteen ulkopinnasta alkaen. Paikoin karbonatisoituminen on edennyt mikrosäröilyä myöten syvemmälle (n. 20 mm).

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,02 - 0,8$  mm) esiintyy melko runsaasti. Yksittäisten huokosten reunoilla on nähtävissä vähäisiä ettringiittikiteytymiä.

Tiivistyshuokosia ( $\varnothing < 2,0$  mm) esiintyy vähän. Tiivistyshuokokset ovat pääosin pyöreitä/pyöreähköjä ja yli 0,8 mm suuruisia. Huokosissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytymiä.

Pesubetonikerroksessa on nähtävissä kohtalaisesti pääosin pintaa vasten kohtisuoraa, keskimäärin alle 0,03 mm paksuista, paikoin haaroittuvaa ja yksittäisiä runkoaineskappaleita leikkaavaa mikrosäröilyä. Mikrosäröilyä kulkeutuu aina näytteen alusbetoniin asti. Mikrosäröily on arviolta syntynyt betonin varhaisessa vaiheessa kuivumiskutistumisen seurauksena.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

#### *Alusbetoni (n. 12 mm)*

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines ( $\varnothing = 0,2 - 15$  mm) koostuu pääasiallisesti melko pyöristyneistä graniitti- ja amfiboliittikappaleista sekä yksittäisistä kiillekappaleista ja pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on ehjää ja rapautumatonta.

Sideaines on portlandsementtiä ja hydrataatio on tasainen. Runko- ja sideaineksen tartunnat ovat hyvät ja tiiviit. Alusbetonin sideaineksessa ei ole nähtävissä merkittävää karbonatisoitumista.



Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,04 - 0,8$  mm) esiintyy vähän ja pääosa huokosista on yli 0,1 mm suuruisia (puutteellinen huokostus). Yksittäisissä huokosissa on nähtävissä ettringiitti- ja portlandiittikiteytymiä (melko vähän).

Alusbetonissa ei ole nähtävissä merkittäviä tiivistyshuokosia.

Alusbetoniin kulkeutuu pesubetonikerroksen mikrosäröilyä aina n. 5,0 mm syvyydelle alusbetonin ulkopinnasta alkaen. Alusbetonissa ei ole nähtävissä rapautumiseen viittaavaa mikrosäröilyä/-halkeilua.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella ole arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

### Sokkeli

**Näyte KI 5SO**, sokkeli, länsi. Näytteen pituus on n. 140 mm ja näytteessä esiintyy teräs ( $\varnothing = 8,0$  mm) n. 22 mm syvyydellä näytteen ulkopinnasta alkaen. Ohuthie on valmistettu näytteen ulkopinnasta alkaen n. 45 mm syvyydelle.

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines ( $\varnothing = 0,2 - 20$  mm) koostuu pääasiallisesti melko pyöristyneistä graniitti- ja amfiboliittikappaleista sekä pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on ehjää ja rapautumatonta.

Sideaines on portlandsementtiä ja hydrataatio on tasainen. Runko- ja sideaineksen tartunnat ovat hyvät ja pääosin tiiviit. Runkoaineskappaleiden reunoilla esiintyvät rakomaiset huokostilat heikentävät paikoin tartuntoja. Sideaines on karbonatisoitunut n. 18 mm syvyydelle näytteen ulkopinnasta alkaen. Paikoin karbonatisoituminen on edennyt syvemmälle (n. 27 mm) saavuttaen näytteen terässyvyyden. Näytteessä tulee huomioida mahdollinen teräskorroosioriski.

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,06 - 0,8$  mm) esiintyy vähän ja pääosa huokosista on yli 0,1 mm suuruisia (puutteellinen huokostus). Huokosten reunoille on kiteytynyt ettringiittiä ja osa pienimmistä alle 0,1 mm suuruista huokosista on kokonaan täyttyneitä.

Tiivistyshuokosia ( $\varnothing < 5,0$  mm) esiintyy kohtalaisesti. Huokokset ovat pääosin epäsäännöllisen muotoisia, onkalomaisia rakenteita muodostavia tai runkoaineskappaleiden reunoilla esiintyviä rakomaisia huokostiloja. Huokostiloissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytymiä. Huokosrakenteet voivat edistää kosteuden kulkeutumista betoniin heikentäen betonin kestävyttä mm. pakkasrasituksessa.

Näytteessä ei ole nähtävissä rapautumista eikä muuta merkittävää mikrosäröilyä/-halkeilua.



**Näyte KI 17SO**, sokkeli, itä. Näytteen pituus on n. 121 mm ja ohuthie on valmistettu näytteen ulkopinnasta alkaen n. 45 mm syvyydelle.

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines ( $\varnothing = 0,2 - 25$  mm) koostuu pääasiallisesti melko pyörityneistä graniitti- ja amfiboliittikappaleista sekä yksittäisistä kiillekappaleista ja pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on yksittäisiä säröilleitä runkoaineskappaleita lukuun ottamatta ehjää ja rapautumatonta.

Sideaines on portlandsementtiä ja hydrataatio on tasainen. Runko- ja sideaineksen tartunnat ovat hyvät ja pääosin tiiviit. Runkoaineskappaleiden reunoilla esiintyvät rakomaiset huokostilat heikentävät paikoin tartuntoja. Sideaines on karbonatisoitunut n. 15 mm syvyydelle näytteen ulkopinnasta alkaen. Paikoin karbonatisoituminen on edennyt syvemmälle (n. 28 mm).

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,06 - 0,8$  mm) esiintyy vähän ja pääosa huokosista on yli 0,1 mm suuruisia (puutteellinen huokostus). Huokosiin on kiteytynyt ettringiittiä ja osa pienimmistä alle 0,1 mm suuruista huokosista on kokonaan täyttyneitä. Yksittäisissä huokosissa on nähtävissä vähäisiä portlandiittikiteytymiä.

Tiivistyshuokosia ( $\varnothing < 1,2$  mm) esiintyy melko vähän. Huokokset ovat pyöreitä/pyöreähköjä ja yli 0,8 mm suuruisia tai runkoaineskappaleiden reunoilla esiintyviä rakomaisia huokostiloja. Rakomaisiin huokostiloihin on paikoin kiteytynyt portlandiittia, mutta muutoin huokostiloissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytymiä.

Näytteen ulkopinnasta n. 17 - 43 mm syvyydellä esiintyy pinnansuuntaista, yksittäisiä runkoaineskappaleita leikkaavaa, epäjatkovaa ja arviolta alkavaan rapautumiseen viittaavaa mikrosäröilyä.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella ole arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

**Näyte KI 19SO**, sokkeli, länsi. Näytteen pituus on n. 170 mm ja näytteessä esiintyy teräs ( $\varnothing = 8,0$  mm) n. 27 mm syvyydellä näytteen ulkopinnasta alkaen. Ohuthie on valmistettu näytteen ulkopinnasta alkaen n. 45 mm syvyydelle.

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines ( $\varnothing = 0,2 - 25$  mm) koostuu pääasiallisesti melko pyörityneistä graniitti- ja amfiboliittikappaleista sekä yksittäisistä kiillekappaleista ja pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on ehjää ja rapautumatonta.

Sideaines on portlandsementtiä ja hydrataatio on tasainen. Runko- ja sideaineksen tartunnat ovat hyvät ja pääosin tiiviit. Runkoaineskappaleiden reunoilla esiintyvät huokostilat heikentävät paikoin tartuntoja. Sideaines on karbonatisoitunut n. 5,0 mm syvyydelle näytteen ulkopinnasta alkaen.

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,05 - 0,8$  mm) esiintyy vähän ja pääosa huokosista on yli 0,1 mm suuruisia (puutteellinen huokostus). Huokosiin on kiteytynyt ettringiittiä ja osa alle 0,1 mm suuruista huokosista on kokonaan täyttyneitä (Kuva 2).

Tiivistyshuokosia ( $\varnothing < 3,0$  mm) esiintyy kohtalaisesti. Huokokset ovat pyöreitä/pyöreähköjä ja yli 0,8 mm suuruisia tai rakomaisia huokostiloja. Rakomaisiin huokostiloihin on paikoin kiteytynyt portlandiittia ja muiden huokosten reunoilla on nähtävissä vähäisiä ettringiittikiteytymiä.

Näytteen ulkopinnasta n. 7,0 mm syvyydelle kulkeutuu pintaa vasten kohtisuoraa, alle 0,01 mm syvyydelle ja arviolta betonin varhaisessa vaiheessa kuivumiskutistumisen seurauksena syntyntä mikrosäröilyä. Näytteessä ei ole nähtävissä rapautumiseen viittaavaa mikrosäröilyä/-halkeilua.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella ole arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

### Pilari

**Näyte KI 3PI**, pilari, 2. krs. Näytteen pituus on n. 90 mm ja näytteen ulkopinnassa esiintyy n. 18 mm paksuinen pesubetonikerros. Näytteen sisäpinnassa esiintyy pinnoitekerros. Ohuthie on valmistettu näytteen ulkopinnasta alkaen n. 47 mm syvyydelle.

#### *Pesubetoni (n. 18 mm)*

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines koostuu ( $\varnothing = 0,2 - 20$  mm) esiintyy melko pyörityneistä kalkkikivikappaleista sekä pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on yksittäisiä säröilleitä runkoaineskappaleita lukuun ottamatta ehjää ja rapautumatonta.

Runko- ja sideaineksen tartunnat ovat hyvät ja tiiviit. Sideaineksessa karbonatisoituminen on edennyt keskimääräisesti n. 5,0 mm syvyydelle näytteen ulkopinnasta alkaen. Paikoin karbonatisoituminen on edennyt mikrosäröilyä myöten syvemmälle (n. 15 mm).

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,03 - 0,8$  mm) esiintyy melko runsaasti. Huokosissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytymiä.

Pesubetonikerroksessa ei ole nähtävissä merkittäviä tiivistyshuokosia.

Pesubetonikerroksessa on nähtävissä kohtalaisesti pääosin pintaa vasten kohtisuoraa, keskimäärin alle 0,01 mm paksuista, haaroittuvaa ja yksittäisiä runkoaineskappaleita leikkaavaa mikrosäröilyä. Mikrosäröily on arviolta syntynyt betonin varhaisessa vaiheessa kuivumiskutistumisen seurauksena.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

#### *Alusbetoni (n. 29 mm)*

Betoni on tiivistä ja tasalaatuista. Runkoaines ( $\varnothing = 0,2 - 18$  mm) koostuu pääasiallisesti melko pyörityneistä graniitti- ja amfiboliittikappaleista sekä yksittäisistä

kiillekappaleista ja pienemmistä mineraalirakeista. Runkoaines on ehjää ja rapautumatonta.

Sideaines on portlandsementtiä ja hydrataatio on tasainen. Runko- ja sideaineiden tartunnat ovat hyvät ja tiiviit. Alusbetonin sideaineksessa ei ole nähtävissä merkittävää karbonatisoitumista.

Suojahuokosia ( $\varnothing = 0,1 - 0,8$  mm) esiintyy vähän (puutteellinen huokostus). Huokosissa ei ole nähtävissä merkittäviä haitallisia kiteytymiä.

Tiivistyshuokosia ( $\varnothing < 3,0$  mm) esiintyy vähän. Huokokset ovat pyöreitä/pyöreähköjä, pallomaisia ja yli 0,8 mm suuruisia. Huokosissa ei havaittu merkittäviä haitallisia kiteytymiä.

Alusbetonissa ei ole nähtävissä rapautumista eikä muuta merkittävää mikrosäröilyä/halkeilua.

Betoni ei huokosrakenteensa perusteella ole arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

## ALLEKIRJOITUKSET

Tulokset, johtopäätökset, toimenpidesuositukset ja muut tässä raportissa esitetyt lausunnot koskevat vain tätä allekirjoitettua raporttia kokonaisuudessaan ja vain tähän raporttiin sisältyviä näytteitä.

Ositum Oy vastaa antamastaan lausunnostaan konsulttitoiminnan yleisten sopimusehtojen mukaisesti (KSE 1995).

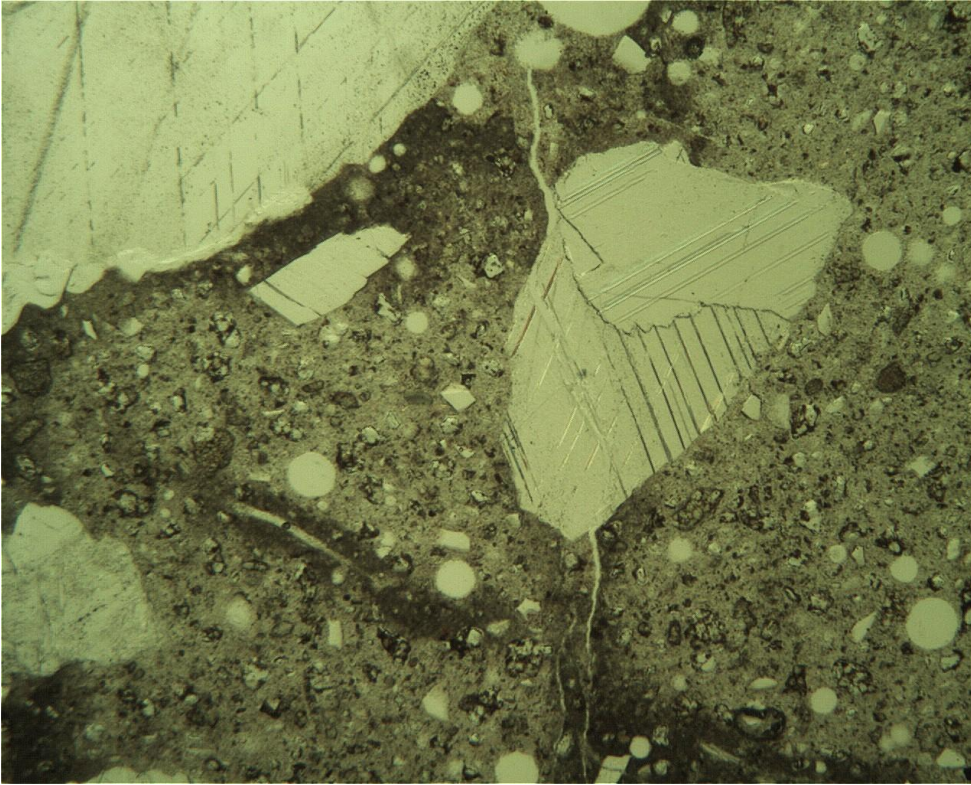
Ositum Oy, Espoo  
24.2.2012



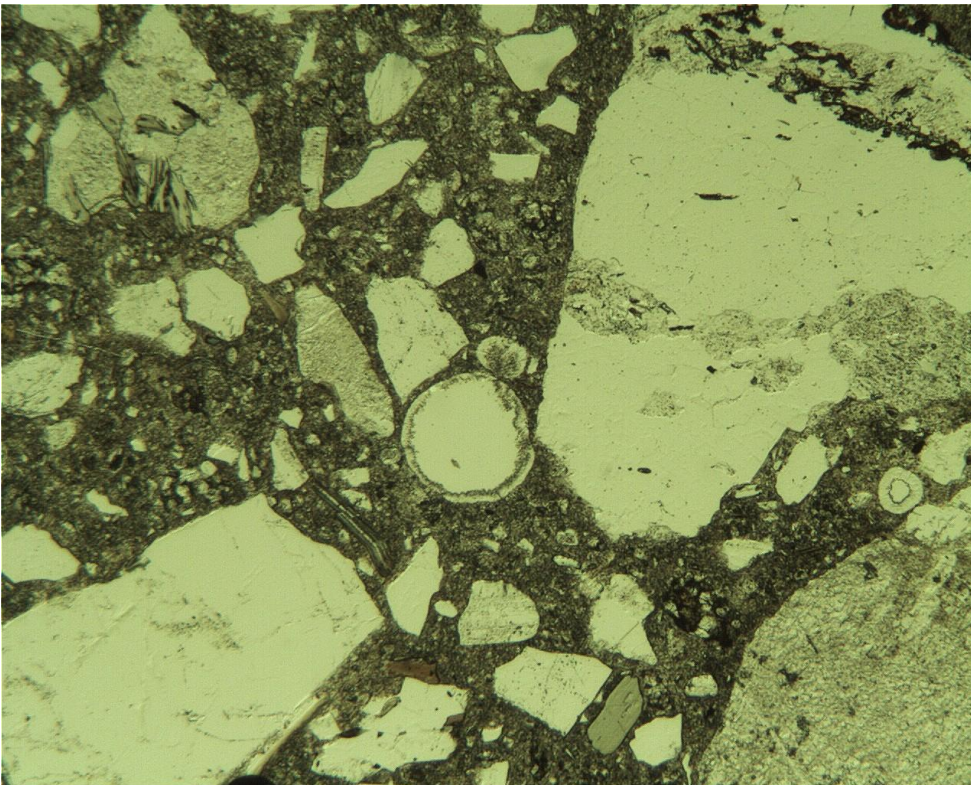
Viveca Lindqvist  
FM, Geologi, Tutkija

Liitteet      1 sivu mikrorakennekuvat  
Jakelu        1 kpl tilaaja  
                  1 kpl Ositum Oy:n arkisto





**Kuva 1.** Näyte KI 10JS, julkisivu, pesubetoni. Runkoainesta leikkaavaa mikrosäröilyä. Kuvan pidempi sivu on n. 1,8 mm.



**Kuva 2.** Näyte KI 19SO, sokkeli. Suojahuokosiin on kiteytynyt ettringiittiä. Kuvan pidempi sivu on n. 1,8 mm.

## Vetolujuuden määrittäminen

1(2)

Ositum Oy  
Kiilakiventie 1  
90250 OULU

### VETOLUJUUDEN MÄÄRITYS

**Kohde** Kivimäen koulu

**Raporttitunnus** 1280012

**Menetelmät** Vetokokeet suoritettiin laboratoriossa standardin SFS 5455 mukaisesti.

**Koekappaleet** Vetokoekappaleet olivat halkaisijaltaan 50 mm.

### Tulokset

Näyte	Rakenneosa	Vetolujuus N/mm <sup>2</sup>	Murtokohta/- tapa
KI1SO	Sokkeli, etelä	2,8	Ulkopinnasta 39-50 mm, myötäilee
KI4JS	Julkisivu, itä, II krs.	3,2	Ulkopinnasta 9-24 mm, leikkaa
KI6JS	Julkisivu, länsi, I krs.	2,5	Ulkopinnasta 17-30 mm, myötäilee/leikkaa
KI7PI	Pilari, länsi, I krs.	2,2	Ulkopinnasta 11-16 mm, leikkaa
KI11PI	Pilari, etelä, II krs.	1,3	Ulkopinnasta 28-30 mm, myötäilee
KI11PI (uusinta)	Pilari, etelä, II krs.	2,0	Ulkopinnasta 65-70 mm, myötäilee
KI12JS	Julkisivu, etelä, II krs.	0,4	Ulkopinnasta 50-60 mm, myötäilee
KI12JS (uusinta)	Julkisivu, etelä, II krs	0,8	Ulkopinnasta 44-54 mm, myötäilee

## Vetolujuuden määrittäminen

2(2)

KI14JS	Julkisivu, itä, I krs	2,7	Ulkopinnasta 45-55 mm, myötäilee/leikkaa
KI15JS	Julkisivu, pohjoinen, II krs.	3,2	Ulkopinnasta 25-37 mm, myötäilee, teräs Ø 3mm
KI18SO	Sokkeli, länsi	0,8	Ulkopinnasta 81-100 mm, myötäilee
KI18SO (uusinta)	Sokkeli, länsi	0,9	Ulkopinnasta 72-87 mm, myötäilee
KI20SO	Sokkeli, länsi	2,1	Ulkopinnasta 50-65 mm, myötäilee

Päiväys

20.02.2012

Ositum Oy

Janne Lepistö  
DI, Projektipäällikkö



Ositum Oy  
Otakaari 12  
02150 ESPOO

## KLORIDIPITOISUUDEN MÄÄRITYS

Kohde Kivimäen koulu, Vantaa

Raporttitunnus 128 0012

Menetelmä Näytteiden kokonaiskloridipitoisuudet määritettiin laboratoriossa standardin SFS 5451 mukaisesti.

### Tulokset

Näyte	Rakenneosa	Cl <sup>-</sup> (paino -%)
KI 1SO	Sokkeli, etelä	< 0,01
KI 4JS	Julkisivu, itä, 2. krs	0,01

Päiväys Espoo 23.2.2012  
Ositum Oy



Viveca Lindqvist  
FM, Geologi, Tutkija

Jakelu 1 kpl Ositum Oy:n arkisto  
1 kpl Tilaaja

# LYIJYANALYYSI

## Analyysiraportti 1280012

<b>Tilaaaja</b>	Vantaan kaupunki Tilakeskus, hankepalvelut, rakennuttaminen
<b>Tutkimuskohde</b>	Kivimäen koulu Lintukallionkuja 6 01620 Vantaa
<b>Laboratorio</b>	Ositum Oy Otakaari 12 02150 Espoo
<b>Analysoija ja raportoiija</b>	FT kemisti Juhani Kronholm Puhelin 050 350 9880

## 1. Lyijyanalyysi

### 1.1 Tutkimusmenetelmä

Näytteet esikäsiteltiin mikroaaltoavusteisella märkäpolttolaitteistolla standardin EPA 3051 mukaisesti. Näytteet analysoitiin mikroaaltoplasma-atomiemissiospektrometrilla (MP-AES) aallonpituudella 405,78 nm.

## 1.2 Tulos

Taulukko 1. Näytteissä havaitut lyijypitoisuudet (mg/kg).

Näyte#	Pb (mg/kg)
1, saumamassa, julkisivu	21.400
2, saumamassa, julkisivu	27.800
3, saumamassa, julkisivu	16.200

## 1.3 Johtopäätös

Lyijypitoisuuden ollessa yli 1.500 mg/kg on suositeltavaa käsitellä jäte ongelmajätteenä. (Viite 1)  
Analysoitujen näytteiden pitoisuudet ylittävät kyseisen arvon.

## 2. Kirjallisuus

- 1) RATU-OHJE 82-0238 PCB:tä ja lyijyä sisältävien saumamassojen purku.

### 3. ALLEKIRJOITUKSET

Tulokset, johtopäätökset, toimenpidesuositukset ja muut tässä raportissa esitetyt lausunnot koskevat vain tätä allekirjoitettua raporttia kokonaisuudessaan ja vain tähän raporttiin sisältyviä näytteitä.

Mahdollisissa oikeudessa käsiteltävissä tai muuten ratkaistavissa riitatapauksissa raportissa esitettyjä tuloksia, johtopäätöksiä, toimenpidesuosituksia ja muita tämän raportin lausuntoja ei saa käyttää, ennen kuin raporttia koskevat maksusaatat on suoritettu kokonaisuudessaan Ositum Oy:lle.

Raporttia ja sen sisältämiä tuloksia, johtopäätöksiä, toimenpidesuosituksia ja muita tässä raportissa esitettyjä lausuntoja ei saa käyttää todisteena missään oikeusasteissa ilman Ositum Oy:n kirjallista lupaa.

Raportin saa kopioida ainoastaan kokonaisuutena. Osien kopioiminen ilman lupaa on kielletty.

Ositum Oy vastaa antamastaan lausunnostaan konsulttitoiminnan yleisten sopimusehtojen mukaisesti (KSE 1995).

Espoo 10.02.2012

Ositum Oy

A handwritten signature in blue ink that reads 'Juhani Kronholm'.

Juhani Kronholm  
FT, kemisti

Jakelu 1 kpl tilaaja  
1 kpl Ositum Oy:n arkisto