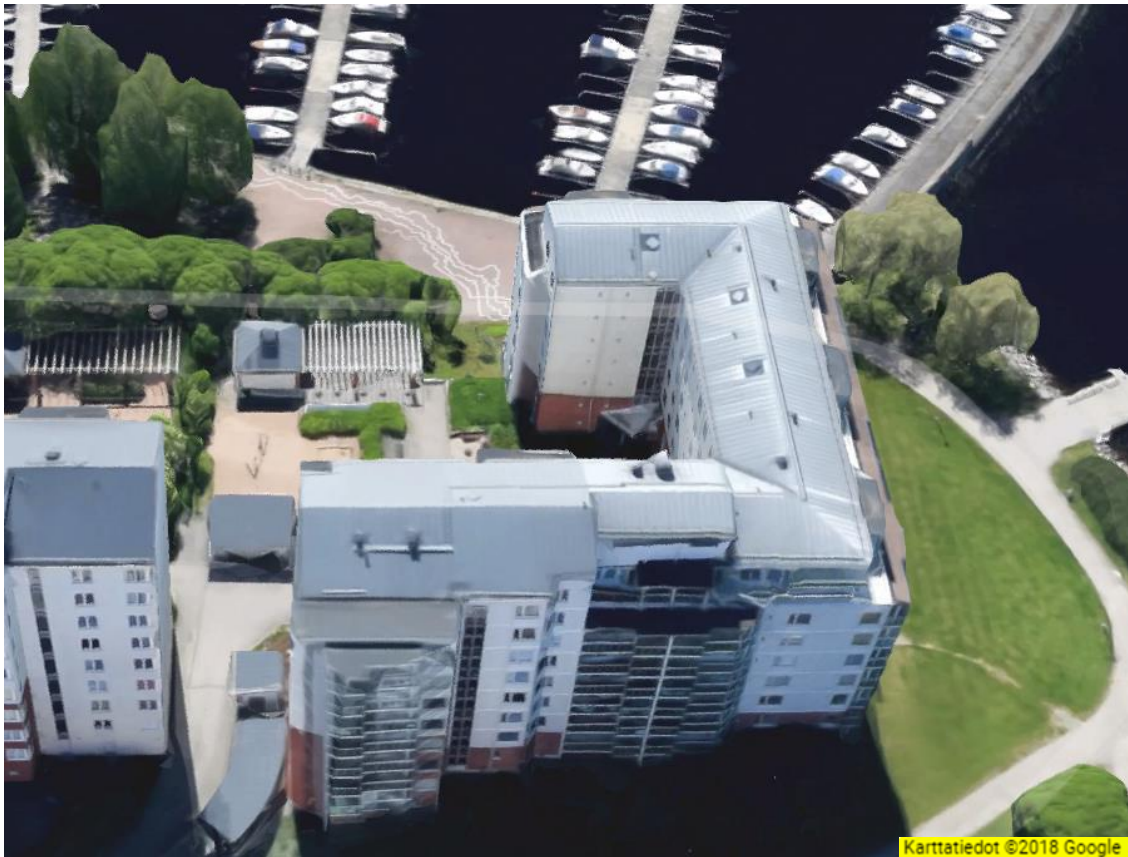


Tutkimusraportti

As Oy Lapinniemen Luotsi ja Solmu

P-hallin kuntotutkimus



10.12.2018

Projekti 309892

SISÄLTÖ

Tiivistelmä.....	3
1. Tutkimuksen kohde ja lähtötiedot.....	5
1.1. Yleistiedot.....	5
1.2. Tutkimustehtävä ja sisältö (POS1)	5
2. Tutkimushavainnot, pilarit ja anturat (POS1).....	6
2.1. Rakenteet havaintojen perusteella (POS1)	6
2.2. Tutkimuskohta 1 (POS1)	7
2.3. Tutkimuskohta 2 (POS1).....	8
2.4. Tutkimuskohta 3 (POS1)	9
2.5. Tutkimuskohta 4 (POS1)	10
3. Laborioriotutkimukset (POS1)	11
3.1. Kloriditutkimukset (POS1)	11
3.2. Ohuthietutkimukset (POS1)	12
3.3. Betonin vetolujuustutkimukset (POS1).....	13
3.4. Betonin sulfaattipitoisuus (POS1)	14
3.5. Betoniraudituksen korroosio (POS1).....	14
4. Muut rakenteet (POS1)	15
4.1. Havainnot liittyvistä rakenteista (POS1).....	15
4.2. Perustusantura ja koekuoppa pohjavesipinnan tavoittamiseksi (POS1)	15
5. JATKOTUTKIMUKSET (POS2)	16
5.1. Kloriditutkimukset (POS2).....	17
5.2. Ohuthietutkimukset (POS2)	18
5.3. Betonin puristuslujuustutkimukset (POS2)	19
5.4. Kimmomasaratutkimus (POS2).....	20
6. Yhteenvedo ja toimenpide-ehdotukset.....	20
6.1. Turvallisuuden vaikuttavat tekijät	20
6.2. Pilarien / seinien betonin vaurioitumiseen vaikuttavat tekijät.....	20
6.3. Toimenpide-ehdotukset.....	21

LIITTEET

Liite 1:	Tutkimuslomakkeet
Liite 2:	Pilarien numerointi/vaurioitumisasteet
Liite 3:	Lisätöiden näytekartta
Liite 4:	Sulfaattianalyysi VTT-S-01804-18
Liite 5:	Kloridianalyysi 19174
Liite 6:	Vetolujuus
Liite 7:	Puristuslujuus
Liite 8:	Ohuthieanalyysi 19174
Liite 9:	Ohuthieanalyysi K113718
Liite 10:	Kloridianalyysi

TIIVISTELMÄ

Pysäköintihallin kuntotutkimuksen tavoitteena oli selvittää teräsbetonisten pilarien / seinien alaosissa havaitun betonin rapautumisen laajuus ja saada käsitys vaurioitumismekanismista.

Lämpimässä pysäköintihallissa tutkittiin pyöreiden pilareiden ja seinämäisten pilareiden kuntoa poranäytteillä ja vauriokohtien tarkastelulla lähietäisyydeltä. Vaurioituneiden pilarien kohdalta tehtiin myös teräsbetonisen lattialaatan avauksia, joissa paljastettiin pilarianturoiden yläpinta sekä otettiin poranäytteet anturoiden yläpinnasta.

Lähtötilanteessa vaurioiden aiheuttajaksi epäiltiin alkalikiviainesreaktiota tai sulfaattien aiheuttama rapautumista, joista voi syntyä tämän kaltaisia vaurioita betoniin. Sulfaattien mahdolliseksi lähteenä epäiltiin perustustasossa olevaa vettä, joka voi nousta kapillaarisesti betonirakenteessa. P-hallin viereisestä tilasta kaivettiin maataytettä teräsbetonianturan alapinnan tasolle mahdollisen pohjavesipinnan tavoittamiseksi ja vesinäytteiden ottamiseksi. Vesipintaa ei kuitenkaan tavoitettu ja tämän takia vesinäyte korvattiin betonin porajauhenäytteen sulfaattipitoisuustutkimuksella yhdestä vaurioituneesta pilarista.

Ensivaiheen kuntotutkimuksessa (POS1) hallista valittiin neljästä pilarista tutkimuskohdat, joiden vierestä avattiin myös lattialaatta kolmesta kohdasta. Jokaisesta pilarista otettiin 3 kpl poralieriöitä (yhteensä 12 kpl) sekä anturoista otettiin kustakin 2 kpl betonilieriöitä (yhteensä 6 kpl). Betonin kloridipitoisuus tutkittiin yhdestä pilarista lattiatasosta sekä 0,1 m:n korkeudelta. Laboratoriotutkimuksessa tehtiin betonin mikrorakennetutkimukset, vetolujuuskokeet, kloriditutkimukset ja betonin sulfaattipitoisuustutkimukset.

Kuntotutkimusta täydennettiin jatkotutkimuksilla (POS2), koska betonin vaurioitumiseen ei löytynyt selvää syytä. Kohteen lisätutkimukset tehtiin syyskuussa 2018, jolloin otettiin betonin poralieriönäytteitä pyöreistä sekä seinämäisistä pilareista yhteensä 12 kpl, kloridijauhenäytteitä yhteensä 8 kpl sekä tehtiin kimmovasaramittauksia yleisesti. Betoninäytteistä teetettiin lisää ohuthietutkimuksia (3 kpl) sekä tutkittiin betonin puristuslujuuksia (9 kpl).

Betonin vaurioitumismekanismia ei saatu tehdyillä tutkimuksilla yksiselitteisesti varmistettua. Rapautuminen johtuu usein monen tekijän yhteisvaikutuksesta ja tämän tutkimuksen perusteella pystyttiin kuitenkin rajaamaan alkalikiviainesreaktio ja sulfaattirasituksen aiheuttama rapautuminen pois.

Vaurion mahdollisia osasyitä voivat olla työvirheet betonin tiivistämisessä, betonin kuormittuminen liikaa plastisessa vaiheessa ja P-hallin lattian pesuissa joskus mahdollisesti käytetyt happamat pesuaineet tai liuottimet. Lähtötietojen mukaan lattiaa on viime vuosina kuitenkin pesty puhtaalla vesi-johtovedellä. Aikaisemmista pesuista ja niissä käytetyistä aineista ei ole tietoa.

Suurimman korjaustarpeen aiheuttavat paikalliset pilari- / seinäjuurien vakavat rapautumat ja pääterästen syöpyminen rapautumakohdissa. Paikoin pitkälle edenneet vauriot vaikuttavat rakenteen kantavuuteen. Tutkimuksen perusteella suositellaan pisimmälle edenneiden vaurioiden kohdille harkittavaksi joko teräksisiä lisärakenteita tai teräsbetonimanttelointeja, joilla vahvistetaan vaurioituneet rakenteet. Teräsrakenteiden asentamisen jälkeen betonivauriokohdat voidaan korjata esteettisesti halutulle tasolle. Manttelointimenetelmän käyttäminen edellyttää rakennustyön aikaisia rakenteiden tuentoja.

Lievempien vaurioiden korjaaminen ja rakenteen suojaaminen voidaan toteuttaa betonin laastikorjausmenetelmillä ja suojaavalla laastipinnoituksella ja maalauksella. Korjauksien yhteydessä poistetaan rakenteen heikentynyt pinta mekaanisella jyrsinällä. Käytettävän korjausyhdistelmän tulee olla diffuusioavoin, jotta rakenteella on kuivumiskyky heti lattian yläpuolisessa osassa.



Helsingissä 10.12.2018

WSP Finland Oy

Pasi-Pekka Immonen
Tiimipäällikkö, RI(AMK)
Korjausrakentaminen

Tarkastanut / hyväksynyt:

Mika Matikka
Liiketoimintajohtaja, RI
Korjausrakentaminen

1. TUTKIMUKSEN KOHDE JA LÄHTÖTIEDOT

1.1. Yleistiedot

Työn tilaaja: As Oy Lapinniemen Luotsi ja Solmu
c/o Lasse Mällinen
Realia Tampere
Pyhäjärvenkatu 5
33100 TAMPERE
lasse.mallinen(at)realia.fi

Tutkimuksen tekijä: WSP Finland Oy
Kelloportinkatu 1D
33100 TAMPERE
pasi-pekka.immonen(at)wsp.com
puh. 044 5210 677

Kohde: As Oy Lapinniemen Luotsi ja Solmu
Lapinkaari
33180 TAMPERE

Rakennusvuosi 1999-2000
Rakennustyyppi Asuinkerrostalo + pysäköintihalli

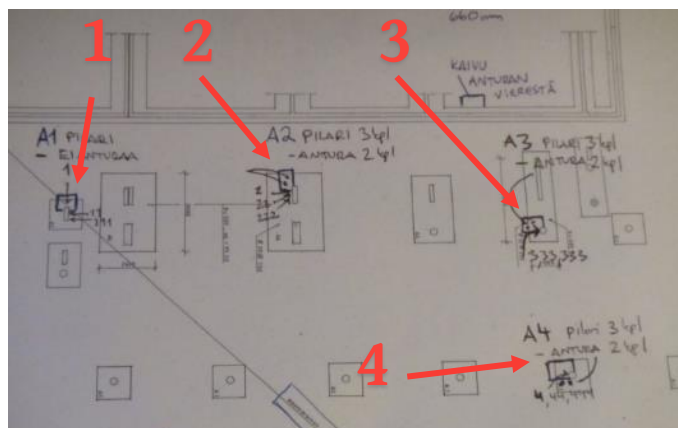
Tutkimuksessa oli käytössä kohteen rakennepiirustuksia.

1.2. Tutkimustehtävä ja sisältö (POS1)

Pysäköintihallin kuntotutkimuksen tavoitteena oli selvittää teräsbetonisten pilarien alaosissa havaittujen rapautumien syntytytä ja saada käsitys käynnissä olevasta vaurioitumismekanismista.

Tutkimusmenetelmät on suunniteltu siten, että useammalla käytössä olevalla menetelmällä voidaan varmistaa tulosten perusteella syntyneet johtopäätökset. Tutkimukset on kohdennettu siten, että tutkittavasta rakenteesta saadaan riittävä käsitys johtopäätösten taustaksi.

Oheisessa näytekartassa on esitetty näytekohtien 1-4 sijainnit. Tasokuvan oikeassa yläkulmassa on ajoluiska. Kenttätutkimus suoritettiin 9.2.2018. Tutkimuksen suoritti Pasi-Pekka Immonen (WSP). Aliurakoitsijana lattia-avauksissa oli AA-Patron Oy, joka suoritti timanttisahauksen ja avauskohtien paikkauksen sepelitäytöillä.



Kuva 1. Näytekartta

2. TUTKIMUSHAVAINNOT, PILARIT JA ANTURAT (POSTI)

2.1. Rakenteet havaintojen perusteella (POSTI)

- Kohteen useassa pilarissa havaittiin lattiatason yläpuolella rapautumisvaurioita. Pahimmillaan rapautumat ovat edenneet syvälle (40 mm) betoniin. Kohdissa on haka- ja pääraudoitus näkyvissä. Tarkastelluissa kohdissa raudoitukset ovat ruosteessa ja osin syöpyneitä.
- Rapautumista havaittiin pääosin 0 – 50 mm:n korkeudella, mutta vakavimmillaan rapautumista on jopa 150 mm:n etäisyydellä lattiapinnasta.
- Rapautumiskohdissa betonia on irronnut pääraudoituksen tasalle saakka.
- Pilarijuurissa on myös pääteräksen teräskorroosion aiheuttamaa betonipinnan halkeilua.
- Pilarijuurissa on yleisesti kertynyt kalkkihärmää rapautuneen betonin pinnalle.
- Pilarin ja lattiaaatan liittymä on saumattu elastisella saumausmassalla. Saumausmassa on monin paikoin irronnut joko betonipinnan pinnoitteen irtoamisen tai pilarin betonin rapautumisen takia.
- Lattiaaatan ja pilarin välissä on solumuovi.
- Lattiapinnan tason alapuolella pyöreiden pilarien betoni on havaintojen perusteella hyväkuntoista eikä rapautumia ole.
- Lattiaaatta on pääosin hyväkuntoista ja rapautumatonta betonia. Siellä täällä on kutistumishalkeilua. Lattiaaatasta ei otettu näytteitä laboratoriotutkimuksiin.
- Pilarianturat ovat avausten havaintojen ja laboratoriotutkimusten perusteella hyväkuntoista ja rapautumatonta betonia.
- Lähtötiedon mukaan hallin lattiaa on pesty säännöllisesti. Viimevuosina pesuun on käytetty vesijohtovettä. Aikaisemmin ulkopuolinen taho vastasi hallin pesuista, eikä käytetyistä pesuaineista ole tietoa.

2.2. Tutkimuskohta 1 (POSI)



Kuva 2. Yleiskuva tutkimuskohdasta 1.



Kuva 3. Pilarin juuren rapautumista.



Kuva 4. Rapautuman syvyys on jopa 40 mm.



Kuva 5. Betonia on irronnut noin 150 mm:n korkeudelle lattiapinnasta



Kuva 6. Haka- ja pääraudoitus on näkyvissä.



Kuva 7. Raudoituksessa on syöpymiä.

Tutkimuskohdassa 1. ei avattu lattialaattaa.

2.3. Tutkimuskohta 2 (POSTI)



Kuva 8. Tutkimuskohta 2. on seinämäisen pilarin vieressä.



Kuva 9. Juurella on teräskorroosion aiheuttamat halkeamat noin 200 mm:n korkeudelle.



Kuva 10. Rapautumisvaurio on lattiapinnan yläpuolella.



Kuva 11. Raudoitus on kohdassa syöpynyttä.



Kuva 12. Pilarin rapautumat / huono tiivistyminen ulottuvat miltei anturaan saakka.



Kuva 13. Anturan yläpinta on paljastetulta osin hyväkuntoinen. Anturasta otettiin 2 näytettä.

2.4. Tutkimuskohta 3 (POSTI)



Kuva 14. Tutkimuskohta 3 on ajoluiskan alapäässä pyöreän pilarin vieressä.



Kuva 15. Pyöreän pilarin alaosassa on rapautumista noin 50 mm:n korkeudelle.



Kuva 16. Lattialaatta ja antura ovat avauksessa hyväkuntoisia.



Kuva 17. Lattialaatan tasolla pilarin betoni on rapautumaton ja hyväkuntoinen.



Kuva 18. Anturan yläpinta on hyväkuntoinen.



Kuva 19. Anturan yläpinnasta otettiin kaksi poranäytettä.

2.5. Tutkimuskohta 4 (POSTI)



Kuva 20. Yleiskuva pilarista ja avauskohdasta.



Kuva 21. Pilarin juuressa on rapautumista.



Kuva 22. Avattu lattialaatta ja hiekkatäyttö.



Kuva 23. Lattialaatan alapuolella pilarissa ei ole rapautumista.



Kuva 24. Näytteenottokohdat rapautumasta ja hyväkuntoinen betonipinta alempana.



Kuva 25. Pilarianturan hyväkuntoisesta yläpinnasta otettiin kaksi lierönäytettä.

3. LABORATORIOTUTKIMUKSET (POSI)

3.1. Kloriditutkimukset (POSI)

Tulokset

Näyte	Näytteenottoaika	Tutkitun näytteen määrä [g]	Cl ⁻ [massa-%]
KLO1	Seinämainen pilari, 0-3 cm	4,46	0,04
KLO2	Seinämainen pilari, 3-6 cm	3,90	0,03
KLO3	Seinämainen pilari, 0-3 cm	4,16	0,03
KLO4	Seinämainen pilari, 3-6 cm	4,56	0,01

Menetelmän määrittäjäraja on 0,006 massa-% ja mittaepävarmuus (95 % luotettavuustasolla) ± 0,004 massa-%. Tulokset on ilmoitettu 2 desimaalin tarkkuudella.

Tutkimusten perusteella betonissa havaittiin hieman kohonneita kloridipitoisuuksia. Pitoisuus laskee tutkimusten mukaan syvemmälle mentäessä. Raudoituksen korroosion ja betonin säilyvyyden suhteen kriittisen kloridipitoisuuden alarajana pidetään 0,07 p-% riippuen betonin laadusta.

Betonin kloridipitoisuus on todennäköisesti kohonnut autoista sulaneen lumen ja siihen kertyneen talvisuolauksen kloridien takia. Lattiaan pestessä kloridit ovat rasittaneet pilarijuuria. Vaikutusta tehostaa pilarin betonin paikoin huono tiivistymisaste tai mahdollinen työsauma lattialaatan yläpinnan tasossa.

3.2. Ohuthietutkimukset (POS1)

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

Näyte	Rakenneosa/ pinta	Laatu	Kunto	Karbonati- soituminen [ka]	Pakkaskesto/ huokostäytteet	Rapautuneisuus
1	Pilari/ ulkopinta	tyydyttävä	välttävä	31 mm	Ei/Vähän haitallisia kiteytymiä (ettringiitti)	0–4 mm: voimakasta 4–15 mm: kohtalaista 15–45 mm: ei rapautumaa
2	Pilari/ ulkopinta	tyydyttävä	hyvä	26 mm	Ei/Ei haitallisia kiteytymiä	Ei rapautumaa
3	Pilari/ ulkopinta	tyydyttävä	tyydyttävä	15 mm	Ei/Vähän haitallisia kiteytymiä (ettringiitti)	0–7 mm: kohtalaista 7–45 mm: ei rapautumaa
4	Pilari/ ulkopinta	tyydyttävä	välttävä	20 mm	Ei/Vähän haitallisia kiteytymiä (ettringiitti)	0–10 mm: voimakasta 10–35 mm: ei rapautumaa

Karbonatisoituminen on keskimäärin kohtalaisen syvälle tai syvälle edennyttä. Betoni on huokoisuuden suhteen hieman epäsäännöllistä, näytteissä 1 ja 2 huokokset muodostavat paikoin ryppäitä tai pintaa kohti kulkevia jonoja, mikä voi muodostaa paikallisia heikkousvyöhykkeitä tai lisätä betonin läpäisevyyttä, mikäli runsaampaa huokoisuutta on pinnan lähellä. Myös sideaineen mikrohuokoisuudessa on vaihtelua.

Näytettä 2 lukuun ottamatta näytteiden ulkopinnalla on rapautumiseen viittaavaa säröilyä. Säröilyn syntysyy ei ole täysin selkeä. Säröily on paikoin piirteiltään enemmän pakkasrapautumisen tyyppistä, kiviainesta myötäilevää, mutta paikoin kiviainesta leikkaavaa ja vaikuttaa pikemminkin jonkin ulkoisen kemiallisen rasituksen aiheuttamalta. Säröilyyn ei kuitenkaan liity merkittäviä sekundäärisiä kiteytymiä, näytteessä 4 nähtävää ettringiittiä lukuun ottamatta, eikä selkeää sideaineen muuttumista, mikä olisi tyypillistä esim. sulfaattirasitukselle.

Laboratoriotutkimusten analyysit ovat täydellisenä raportin liitteenä.

3.3. Betonin vetolujuustutkimukset (POS1)

Tulokset

Näyte	Näytteenottoaikka	Tulos [MN/m ²]	Murtokohta/-tapa	Poikkeamat
1	Näytekohta 1 - seinämäinen pilari - etureuna 1 ja sivupinta 2 - 0,1 m laatasta	3,4	10-21 mm ulkopinnasta, leikkaa 50 %	Vetokoekappaleen pituus 43 mm
2	Näytekohta 2 - seinämäinen pilari - sivupinta 3 kpl - 0,05 m laatasta	3,1	30-44 mm ulkopinnasta, myötäilee	Vetokoekappaleen pituus 42 mm
A2	Näytekohta 2 - Pilarianturan yläpinta	1,9	52-64 mm yläpinnasta, myötäilee	
3	Näytekohta 3 - pyöreä pilari - näytteet eri puolilta pilaria - 0,05 m laatasta	2,7	17-29 mm ulkopinnasta, myötäilee	Vetokoekappaleen pituus 34 mm
A3	Näytekohta 3 - pilarianturan yläpinta	3,5	18-25 mm yläpinnasta, myötäilee	
4	Näytekohta 4 - pyöreä pilari	0,8	5-10 mm ulkopinnasta, myötäilee	Vetokoekappaleen pituus 31 mm
4 Uusinta	Näytekohta 4 - pyöreä pilari	1,8	2-12 mm ulkopinnasta, myötäilee	
A4	Näytekohta 4 - pilarianturan yläpinta	2,9	23-43 mm yläpinnasta, myötäilee	

Vetokoetulosten perusteella pilarien betonit soveltuvat puhdistettuina pääosin korjausalustaksi. Näytekohdassa 4. pilarin rapautuminen ilmenee pinnan suuntaisena säröilynä vetokokeen murtokohdassa. Korjaustyössä pilarijuuren betonin piikkaus on ulotettava tätä syvemmälle, jotta huonolaatuinen betoni saadaan poistettua.

Pilarianturoiden betonien vetolujuudet ovat tyydyttäviä-hyviä (1,9-3,5). Tulosten ja silmämääräisten havaintojen perusteella pilarianturoissa ei havaittu merkittävää rapautumista.

3.4. Betonin sulfaattipitoisuus (POSI)

Betonin sulfaattipitoisuus tutkittiin rapautuneesta pilarijuuresta kahdella porajauhenäytteellä. Tutkimuksen teki VTT Expert Services, Espoo.

Tulokset

Näytteiden sulfaattipitoisuus (SO₃) on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Näytteiden SO₃ -pitoisuus

Näytetunnus	SO ₃ -pitoisuus
5-6 S	0,35 %
7-8 S	0,51 %

Sulfaatit ovat rikkihapon suoloja, jotka osin vesiliukoisina liukenevat ja kemiallisen reaktion seurauksena voivat muodostaa sekundäärisiä kiteytyymiä (kipsiä ja/tai ettringiittiä). Tehtyjen ohut-hietutkimusten perusteella betoneissa ei havaittu kipsiä tai merkittäviä ettringiittikiteytyymiä.

3.5. Betoniraudituksen korroosio (POSI)

3.5.1. Silmämääräinen arvio raudituksen korroosiosta (POSI)

Näytekohdissa 1. ja 2. seinämäisten pilarien juurien raudoitustangot ovat ruosteessa ja näkyviä teräskorroosiovaurioita on alaosan betonipinnoilla. Pilarien hakateräkset ovat pintaruosteessa ja pääteräkset ovat vakavimmilla osin syöpyneitä. Näissä kohdissa raudoituksella ei ole enää suojaavaa betonipeitettä tai kohdissa on huonosti tiivistynyttä betonia.

Näytekohdissa 3. ja 4. pyöreiden pilarien kierrehaissa on ruostetta, joka on todennäköisesti rakennustyön aikaista. Ruostetta on hieman hakaterästen harjoissa.

Pilarien juurien raudituksen betonipeite on rapautunut ja rauditus on yleisesti altistunut ulkoisille rasituksille. Pitkälle edennyt raudituksen korroosio on vakava riski rakenteen kantavuudelle. Pitkälle edennyttä teräskorroosiota esiintyi voimakkaimpien betonivaurioiden kohdilla.

3.5.2. Raudituksen betonipeitteet ja betonin karbonatisoituminen (POSI)

Pilarien betonipeitteitä mitattiin satunnaisesti tutkimuskohdista raudituksen likimääräisen betonipeitepaksuuden tarkistamiseksi. Betonipeitteet mitattiin Profometer 5+ -peitepaksuusmittarilla.

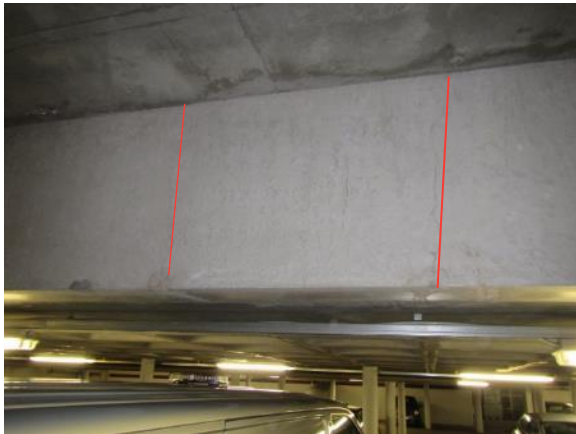
Mitatut betonipeitteet hakateräksillä olivat 28 – 41 mm ja pääteräkset ovat hakaterästen takana.

Karbonatisoituminen on rapautumakohdista tai niiden läheltä poratuissa näytteissä keskimäärin 10 – 31 mm. Näytteenottokohdissa betoni on paikoin huonosti tiivistynyttä tai selvästi rapautunutta. Normaalkuntoisesta betonipinnasta ei betonin karbonatisoitumistietoja ole näytteenoton selektiivisyyden takia. Lämpimissä sisätiloissa ei ehjän betonin kohdalta mitatuilla suojabetonikerroksilla varustettuihin rakenteisiin synny pitkiin aikoihin ongelmia teräskorroosiosta.

4. MUUT RAKENTEET (POSTI)

4.1. Havainnot liittyvistä rakenteista (POSTI)

Pysäköintihallissa olevassa teräsbetonipalkissa havaittiin erittäin leveä taivutushalkeama. Palkki sijaitsee rakennuksen ulkoseinälinjalla.



Kuva 26. Palkki ulkoseinälinjalla ja sen halkeilua.



Kuva 27. Halkeamat ovat erittäin leveitä (>1 mm).

4.2. Perustusantura ja koekuoppa pohjavesipinnan tavoittamiseksi (POSTI)

Pysäköintihallin viereisestä rakennuksen alapuolen tilasta kaivettiin maa-aineksia perustusanturan alapinnan tasoon, jotta saataisiin indikaatio pohjaveden läheisyydestä. Tilan ilma oli hyvin kosteaa ja maa-aineksen pinnalla oli härmää. Kaivu ulotettiin noin 600 mm:n syvyydelle P-hallin lattiata-sosta. Kaivua jatkettiin perustusanturan alapinnan tasoon, mutta indikaatiota irtovedestä tai voimakkaasta kosteusrasituksesta ei saatu. Betonianturan kunto oli silmämääräisten havaintojen perusteella tyydyttävä eikä merkittäviä vaurioita havaittu.

Koekuopan pohjalle ei koko tutkimuspäivän aikana suotautunut merkittävää kosteutta.



Kuva 28. Hallin viereisen maatyötilan kaivu.



Kuva 29. Anturassa ei vaurioita eikä irtovettä havaittu.

5. JATKOTUTKIMUKSET (POS2)

Kohteella tehtiin jatkotutkimuksia 24.9.2018. Jatkotutkimukset tekivät WSP Oy:n asiantuntija Jarno Jaakkola ja tutkimusinsinööri Sampo Salminen. Tutkimuksissa katselmoitiin kaikki autotallin pilarien juuret ja niistä valikoitiin pilarit neljään eri ryhmään vaurioitumisasteen mukaisesti. Kustakin ryhmästä tehtiin tutkimuksia tietyllä otannalla, jotta saataisiin yksiselitteinen käsitys betonin vaurioitumismekanismista ja korjattavan rakenteen varioitumisrajoista.

Jatkotutkimuksissa tehtiin seuraavat tutkimukset:

- Puristuslujuusnäyte (9 kpl)
- Ohuthienäyte (3 kpl)
- Kloridijauhenäyte (8 kpl)
- Kimmovasaramittauksia parkkihallin pyöreistä pilareista.

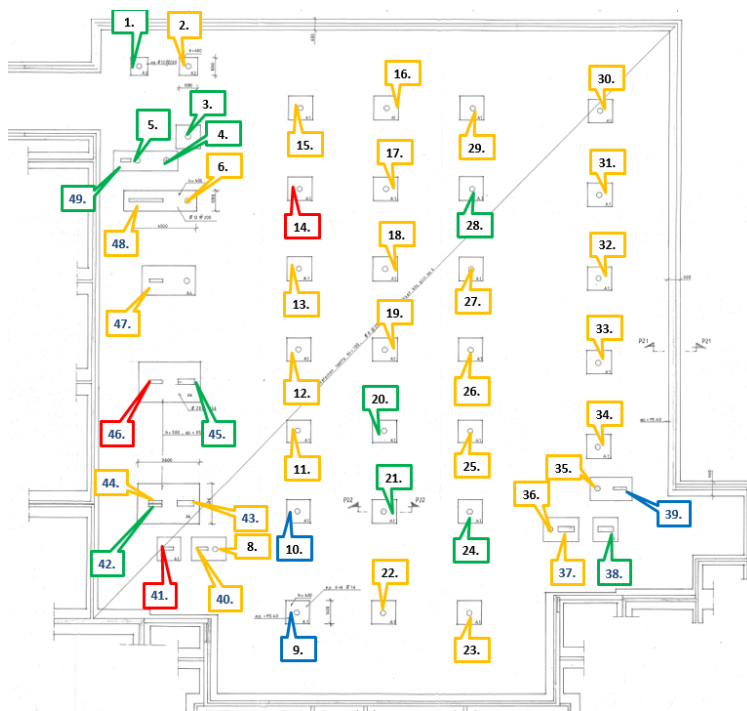
Näytteitä otettiin pilareista 14, 15, 22, 37, 40, 43, 45 ja 48. Numerot vastaavat liitteen 1 pilarinumerointia, jossa on esitetty värikoodein pilarien vaurioitumisasteet.

Sininen = Vaurioitumattomat pilarit: 9, 10, 39

Vihreä = Lievästi vaurioituneet pilarit: 1, 3-5, 20, 21, 24, 28, 38, 42, 45, 49

Keltainen = Pinnasta rapautuneet pilarit: 2, 6, 8, 11-18, 22-(24,28) 37, 40, 43, 44, 47, 48

Punainen = Pahoin juuresta rapautuneet pilarit: 14, 41, 46.



Kuva 30. Pilarien vaurioitumisasteet esitetty värikoodein.

5.1. Kloriditutkimukset (POS2)

Kloridipitoisuus tutkittiin pilareista, joiden vaurioituminen on eri vaiheessa. Pilari nro 14 sijaitsee lähellä sisään ajoa ja on juurestaan pahoin rapautunut. Pilari nro 22 sijaitsee hallin takaosassa ja sen pinnassa on lievää rapautumista. Kloridinäytteet otettiin kahdelta eri korkeudelta ja kahdelta eri syvyydeltä. Tarkoituksena oli selvittää mahdollista ulkoisten kloridien tunkeutumista betoniin eri syvyyksiin.

Tulosten perusteella näytekohdissa ei ollut korkeita kloridipitoisuuksia. Kloridipitoisuus ei ole syy betonin vaurioitumiseen eikä se kiihdytä teräskorroosiota. Taulukossa on käytetty värikoodia pilarin vaurioitumisen mukaan. PUNAINEN=vakavaa rapautumista / KELTAINEN=betonin pinta rapautunut. Pilarien vaurioitumisasteet on esitetty kuvassa 30 ja liitteessä 3.

Tulokset

Näyte	Näytteenottoaika	Tutkitun näytteen määrä [g]	Cl ⁻ [massa-%]
WLA13	Pilari, kloridi 0-3 cm, alempaa, nro 22.	4.71	<0,01
WLA14	Pilari, kloridi 3-6 cm, alempaa, nro 22.	4.37	<0,01
WLA15	Pilari, kloridi 0-3 cm, ylempi, nro 22.	4.70	<0,01
WLA16	Pilari, kloridi 3-6 cm, ylempi nro 22.	3.85	<0,01
WLA17	Pilari, kloridi 0-3 cm, alempaa, nro 14.	1.81	<0,01
WLA18	Pilari, kloridi 3-6 cm, alempaa, nro 14.	3.67	<0,01
WLA19	Pilari, kloridi 0-3 cm, ylempi, nro 14.	4.42	<0,01
WLA20	Pilari, kloridi 3-6 cm, ylempi, nro 14.	4.73	<0,01

Menetelmän määrittäjäraja on 0,006 massa-% ja mittaepävarmuus (95 % luotettavuustasolla) ± 0,004 massa-%. Tulokset on ilmoitettu 2 desimaalin tarkkuudella.

Raudituksen korroosion ja betonin säilyvyyden suhteen kriittisen kloridipitoisuuden alarajana pidetään 0,07 p-% riippuen betonin laadusta.

Kloriditutkimusraportti on täydellisenä liitteissä.

5.2. Ohuthietutkimukset (POS2)

Pilarien betoneista tehtiin ohuthietutkimuksia vaurioitumisen syiden selvittämiseksi. Taulukossa on käytetty liitteen mukaista värikoodia pilarin vaurioitumisen mukaan. KELTAINEN=betonin pinta rapautunut.

Tulokset taulukoituna:

Näyte	Rakenne-osa/pinta	Laatu	Kunto	Karbonatitumainen mm	Pakkasenkesto/huokostäytteet	Rapautuneisuus
WLA 1 pilari nro 40	Seinämainen pilari/ulkopinta		tydyttävä	28-32	ei riittävää suojahuokostusta	ei pakkasrapautumasta aiheutunutta halkeilua
WLA 7 pilari nro 15	Pilari/ulkopinta		tydyttävä	20-26	ei riittävää suojahuokostusta	ei pakkasrapautumasta aiheutunutta halkeilua
WLA 8 pilari nro 15	Pilari/ulkopinta		tydyttävä	36-40	ei riittävää suojahuokostusta	ei pakkasrapautumasta aiheutunutta halkeilua

WLA 1, pilari 40; 0,1 m laatasta

- Betonissa on harvakseltaan pallomaisia suojahuokoskoon ilmahuokosia (\emptyset 0,06 – 0,55 mm). Ei ole havaittavissa varsinaista lisähuokostusta, millä perusteella betonia ei voida nykyvaatimusten mukaan luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa. Lisäksi on muutamia epämääräisen muotoisia tiivistyshuokosia (pituus <1,4 mm).
- Huokostiloissa ei ole täyttekiteytymiä.
- Vesi-sementtisuhde vaikuttaa tavanomaiselta ja hydrataatioaste tavanomaista korkeammalta.
- Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjät.
- Betonissa ei ole halkeamia.

WLA 7, pilari 15; 0,1 m laatasta

- Maalipinnoite on irti alustana olevasta betonista noin 13 mm:n matkalta. Maalin mukana on irronnut <0,8 mm:n paksuudelta alustana olevaa betonia. Maalipinnoite puuttuu kokonaan noin 7,5 mm:n matkalta.
- Betonissa on muutamia pallomaisia suojahuokoskoon ilmahuokosia (\emptyset 0,22 – 0,8 mm). Ei ole havaittavissa varsinaista lisähuokostusta, millä perusteella betonia ei voida nykyvaatimusten mukaan luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa. Lisäksi on muutamia epämääräisen muotoisia tiivistyshuokosia (pituus <2,0 mm).
- Huokostiloissa ei ole täyttekiteytymiä.
- Vesi-sementtisuhde vaikuttaa tavanomaiselta ja hydrataatioaste tavanomaista korkeammalta.
- Sideaine-runkoainekontakteissa on muutamain paikoin rakoilua, joka viittaa betonin plastisen vaiheen vedenerottumaan tai painumaan.
- Betonissa ei ole halkeamia.

WLA 8, pilari 15; 0,15 m laatasta

- Maalipinnoite on irti alustana olevasta betonista noin 20 mm:n matkalta. Maalin mukana on irronnut <0,2 mm:n paksuudelta alustana olevaa betonia. Maalipinnoite puuttuu kokonaan noin 4 mm:n matkalta.
- Betonissa on muutamia pallomaisia suojahuokoskoon ilmahuokosia (\emptyset 0,14 – 0,55 mm). Ei ole havaittavissa varsinaista lisähuokostusta, millä perusteella betonia ei voida nykyvaatimusten mukaan luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa.

- Huokostiloissa ei ole täytekiteytymiä.
- Noin 12 mm:n syvyydellä ulkopinnasta on Ø 6 mm:n teräs, joka on betonin karbonatisoituneella alueella. Teräksen ympärillä olevassa sideaineessa on havaittavissa värimuutoksia, jotka viittaavat mahdollisesti käynnistyneeseen teräskorroosioon. Teräs on osittain irti ympäröivästä betonista. Teräksestä lähtee säteen suuntaisesti 1 kpl <0,02 mm leveä ja noin 1,5 mm pitkä mikrohalkeama.
- Vesi-sementtisuhte vaikuttaa tavanomaiselta ja hydrataatioaste tavanomaista korkeammalta.
- Sideaine-runkoainekontakteissa on monin paikoin rakoilua, joka viittaa betonin plastisen vaiheen vedenerottumaan tai painumaan.

Laboratoriotutkimusten analyysit ovat täydellisenä raportin liitteenä.

5.3. Betonin puristuslujuustutkimukset (POS2)

Pilarien alaosista poratuista betonilieriöistä tehtiin puristuslujuuskokeet. Pilarit jakautuvat vaurioitumisen mukaan kahteen eri vaurioitumisasteeseen. Pääosassa näytekohtia on pilarin pintabetoni rapautunutta. Yhdessä pilarissa maalipinta hilseilee. Näytekohdista on porattu yksi betonilieriö aivan pilarin juuresta ja yksi betonilieriö hieman ylempää, paitsi pilarin 22 näytekohdassa porattiin vain alaosan näyte.

Alla olevassa tulostaulukossa on käytetty värikoodia pilarin vaurioitumisasteen mukaan. VIHREÄ=maalipinta hilseilee/KELTAINEN=betonin pinta rapautunut. Pilarien vaurioitumisaste on esitetty liitteessä.

Tulokset taulukoituna:

Tunnus	Halk.Ø mm	Voima kN	Lieriö- lujuus ¹ MPa	Kuutio- lujuus ² MPa	Tiheys kg/m ³	Suora- kulmai- suus ³	Arvioitu max raekoko ⁴ mm	Pituus / halkaisijan suhde	Testaus- päivä
p 22	54,4	171	73,6	80,9	2420	T	14	0,7 ⁶	12.11.2018
p 37	54,5	129	55,3	60,8	2360	T	13	1,0	12.11.2018
	54,5	101	43,3	47,6	2340	T	13	1,0	12.11.2018
p 48	54,5	134	57,4	63,2	2390	E	15	1,0	12.11.2018
	54,4	91,8	39,5	43,4	2320	T	12	1,0	12.11.2018
p 43	54,4	124	53,3	58,7	2350	E	12	0,8 ⁶	12.11.2018
	54,4	88,3	38,0	41,8	2390	E	29 ⁵	1,0	12.11.2018
p 45	54,4	105	45,2	49,7	2340	T	16	1,0	12.11.2018
	54,3	104	44,9	49,4	2340	T	12	1,0	12.11.2018

Taulukossa näyte p 22 on pyöreästä pilarista ja muut näytekohdat ovat seinämäisistä pilareista. Puristuskoetulosten perusteella pilarien betoni lujuudessa ei ole suuria puutteita ja ne soveltuvat puhdistettuina pääosin korjausaluksi.

5.4. Kimmovasaratutkimus (POS2)

Kimmovasaralla otettiin tuloksia yhteensä kymmenestä pyöreästä pilarista kahdelta eri korkeudelta (50 mm – 150 mm ja 400 mm). Mittaukset otettiin kaikki maalipinnan päältä, jotta mittaustapa on yhdenmukaisia. Alla olevassa taulukossa Tulokset ovat seuraavat pilareittain:

Tulokset taulukoituna:

Pilarin numero	Kuutiolujuus [MPa] (mittaus 50 – 150 mm korkeudelta laatasta)	Kuutiolujuus [MPa] (mittaus 400 mm korkeudelta laatasta)
11	43,0	38,5
48	45,0	42,5
46	59,0	54,5
26	35,0	33,5
19	41,5	35,0
15	27,0	27,5
37	52,5	44,0
30	46,5	40,5
28	45,0	38,5
22	34,5	31,0

Mittauskohdat valittiin pilareista toisiaan vastaavista kohdista. Mittauskohdissa oli pinnoite betonin pinnassa eikä siinä havaittu erityistä rapautumaa. Alaosastaan vakavasti rapautuneesta pilarista saatiin parhaimmat kimmovasaratutkimuksen mittaustulokset. Yksittäisessä pilarissa oli yleistä tasoa (>K35) heikompi kimmovasaramittauksen tulos.

6. YHTEENVETO JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

6.1. Turvallisuuden vaikuttavat tekijät

Pilarien / seinien rapautuminen ja raudoituksen korroosio ovat rakenteen kantavuuteen vaikuttavia vaurioita. Pahiten vaurioituneiden pilarien / seinien pinta-alan pientyminen vauriokohdissa huomattavasti ja pääraudoituksen paljastuminen sekä korroosio aiheuttavat riskin rakenteen kantavuudelle.

6.2. Pilarien / seinien betonin vaurioitumiseen vaikuttavat tekijät

Rapautuminen johtuu usein monen tekijän yhteisvaikutuksesta. Tämän tutkimuksen perusteella pystyttiin rajaamaan osa vaurion mahdolliseksi aiheuttajaksi epäillyistä tekijöistä pois.

Tutkimuksen alkutilanteessa potentiaalisina tekijöinä pidettiin betonin alkalikiviainesreaktiota ja/tai pohjaveden kapillaarisen nousun ja veden sulfaattipitoisuuden aiheuttamaa betonin rapautumista. Tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu viitteitä sulfaattirasituksesta eikä myöskään alkalikiviainesreaktiosta.

Ulkoisen rasituksen osuus yhtenä vaurioiden osatekijänä on todennäköinen, sillä vauriokohdat sijaitsevat pääosin lattiapinnan yläpuolella noin 5-10 cm korkeudella. Ulkoisena rasituksena voidaan pitää lattian pesua. Normaalista vesipesua betoni kuitenkin kestää hyvin eikä havaittujen vaurioiden kaltaisia rapautumavaurioita normaalista pesusta synny. Lähtötietojen mukaan viime vuosina hallin lattiaa on pesty pelkällä vesijohtovedellä, mutta aikaisemmin hallin huolto oli ulkoistettu eikä mahdollisesti käytetyistä pesuaineista ole tietoa. Betonilattian pesu tulisi tehdä neutraaleilla tai lievästi emäksisillä

aineilla. Happamien pesuaineiden käyttöä ei suositella tai jos niitä käytetään, on huuhtelu tehtävä huolellisesti. Happamat aineet rapauttavat betonia ja tiettyjä happamia pesuaineita käytetään mm. betonin sementtiliiman poistoon. Happamien aineiden vaikutuksesta jää yleensä merkkejä jäljelle jäävään betoniin mutta tämän tutkimuksen analyyseissä ei tästä saatu viitteitä. On mahdollista, että betoni, jossa happamien aineiden aiheuttamia merkkejä olisi ollut, on rapautunut ajan myötä kokonaan jo pois.

Pilarijuurien vaurioitumiseen vaikuttavia tekijöitä saattavat olla myös rakennustyön aikaiset työvirheet betonin tiivistyksessä ja betonin liian suuret rasitukset plastisessa vaiheessa. Ohuthieanalyysissä havaittiin betonin runkoaineskontakteissa merkkejä plastisessa vaiheessa tapahtuneista painumista ja vedenerottumisesta.

Betonin rapautumisen takia raudoituksen korroosio on käynnistynyt pisimmälle edenneiden rapautumien kohdalla ja siitä seuranneet teräskorroosiovauriot betonissa lisäävät betonin läpäisevyyttä. Olosuhteet rakenteen vaurioitumiselle ovat otolliset lämpimässä autohallissa.

Pilarien / seinien alla olevissa anturalaatoissa ei havaittu betonin vaurioitumista.

6.3. Toimenpide-ehdotukset

Akuutin korjaustarpeen aiheuttavat pilari- / seinäjuurien paikoin vakavat rapautumat ja pääterästen syöpyminen rapautumakohdissa. Pisimmälle edenneet vauriot vaikuttavat rakenteen kantavuuteen. Tutkimuksen perusteella suositellaan pisimmälle edenneiden vaurioiden kohdille harkittavaksi joko teräksisiä lisärakenteita tai teräsbetonimanttelointeja, joilla vahvistetaan vaurioituneet rakenteet. Teräsrakenteiden asentamisen jälkeen betonivauriokohdat voidaan korjata esteettisesti halutulle tasolle. Manttelointimenetelmän käyttäminen edellyttää rakennustyön aikaisia rakenteiden tuentoja, koska vanhaa betonia joudutaan poistamaan riittävästi ennen manttelivalua. Rakennekorjaukset on suunniteltava asiantuntevan rakennesuunnittelija toimesta.

Lievempien vaurioiden korjaaminen ja rakenteen suojaaminen voidaan toteuttaa betonin laastikorjausmenetelmillä ja suojaavalla laastipinnoituksella ja maalauksella. Korjauksien yhteydessä poistetaan rakenteen heikentynyt pinta mekaanisella jyrinnällä. Käytettävän korjausyhdistelmän tulee olla diffuusioavoin, jotta rakenteella on kuivumiskyky heti lattian yläpuolisessa osassa.

Pisimmälle edenneet rapautumisvauriot tulee korjata mahdollisimman nopealla aikataululla ja suosittelemme väliaikaisten tuentojen tekemistä pahimpien rakennevaurioiden kohdille.

Positiivinen tieto rakenteiden kunnosta on, että rapautuminen on paikallista ja anturoiden betonissa ei havaittu vaurioitumista. Tutkimuksen tuloksena saatiin tarkat havainnot kaikista pilareista / seinistä ja tieto nykyisen betonin kelvollisuudesta korjausalustaksi.

Lisätutkimuksia suositellaan kantavassa palkissa havaitun halkeilun takia. Hallin kaikki kantavat rakenteet tulisi tarkastaa kauttaaltaan ja selvittää halkeilun määrä tarkasti sekä vaurioiden vakavuus ja niiden syyt.



Liitteet

Liite 1:	Tutkimuslomakkeet
Liite 2:	Pilarien numerointi/vaurioitumisasteet
Liite 3:	Lisätöiden näytekartta
Liite 4:	Sulfaattianalyysi VTT-S-01804-18
Liite 5:	Kloridianalyysi 19174
Liite 6:	Vetolujuus
Liite 7:	Puristuslujuus
Liite 8:	Ohuthieanalyysi 19174
Liite 9:	Ohuthieanalyysi K113718
Liite 10:	Kloridianalyysi

Kohde As Oy Lapinniemen Luotsi ja Solmu, P-halli	Projektinnumero 309892	Aikataulu 14.12.2018	Vastuhenkilö Pasi-Pekka Immonen
--	----------------------------------	--------------------------------	---

Näyte-numero	Näytteenottoaikka	Havainnot näytteestä	OH	PUR	KLO	MUUT	Muuta
WLA 1	Seinämäinen pilari -nro 40. (liite 6) -0,2 m reunasta -0,1 m laatasta	Karbonatisoituminen min-max/km = 22-31/25 Betonin tiivistymisaste (1...5) = 4 Max raekoko = 14 mm Näytteen pituus = 95 mm	OH				-tiivistymishuokosia -ulkopinnassa valkoinen pinnoite
WLA 2	Pilari -nro 22. (liite 6) -0,1 m laatasta	Karbonatisoituminen min-max/km = 26-39/37 Betonin tiivistymisaste (1...5) = 3 Max raekoko = 15 mm Näytteen pituus = 45-50 mm		PUR			-tiivistymishuokosia -ulkopinnassa valkoinen pinnoite
WLA 3	Seinämäinen pilari -nro 37. (liite 6) -0,15 m reunasta -0,15 m laatasta	Karbonatisoituminen min-max/km = 16-36/28 Betonin tiivistymisaste (1...5) = 3 Max raekoko = 13 mm Näytteen pituus = 85 mm		PUR			-tiivistymishuokosia -ulkopinnassa valkoinen pinnoite -ulkopinta (0-35 mm) huokoista
WLA 4	Seinämäinen pilari -nro 37. (liite 6) -0,15 m reunasta -0,5 m laatasta	Karbonatisoituminen min-max/km = 22-29/28 Betonin tiivistymisaste (1...5) = 3 Max raekoko = 14 mm Näytteen pituus = 93 mm		PUR			-tiivistymishuokosia -ulkopinnassa valkoinen pinnoite -rotankoloja
WLA 5	Seinämäinen pilari -nro 48. (liite 6) -0,8 m reunasta -0,05 m laatasta	Karbonatisoituminen min-max/km = 18-22/19 Betonin tiivistymisaste (1...5) = 5 Max raekoko = 15 mm Näytteen pituus = 90 mm		PUR			-muutama pieni tiivistymishuokonen -ulkopinnassa valkoinen pinnoite
WLA 6	Seinämäinen pilari -nro 48. (liite 6) -0,8 m reunasta -0,4 m laatasta	Karbonatisoituminen min-max/km = 5-10/5 Betonin tiivistymisaste (1...5) = 4 Max raekoko = 13 mm Näytteen pituus = 90 mm		PUR			-muutamia tiivistymishuokosia -ulkopinnassa valkoinen pinnoite -näytteen ulkopinnassa (3 mm syvyys) näytteen poikkisuuntainen halkeama (pituus 35 mm)

Näyte-numero	Näytteenottoaikka	Havainnot näytteestä	OH	PUR	KLO	MUUT	Muuta
WLA 7	Pilari -nro 15. (liite 6) -0,1 m laatasta	Karbonatisoituminen min-max/km = 17-32/19 Betonin tiivistymisaste (1...5) = 4 Max raekoko = 10 mm Teräs, betonipeite 52 mm Näytteen pituus = 50 mm Näytteen leveys 45 mm	OH				-tiivistymishuokosia -ulkopinnassa valkoinen pinnoite -iso kiviaines puuttuu
WLA 8	Pilari -nro 15. (liite 6) -0,15 m laatasta	Karbonatisoituminen min-max/km = 34-42/34 Betonin tiivistymisaste (1...5) = 4 Max raekoko = 11 mm Teräs 6 mm, betonipeite 12 mm Näytteen pituus = 75 mm Näytteen leveys 45 mm	OH				-tiivistymishuokosia -ulkopinnassa valkoinen pinnoite -iso kiviaines puuttuu -rotankolo
WLA 9	Seinämainen pilari -nro 43. (liite 6) -0,2 m reunasta -0,1 m laatasta	Karbonatisoituminen min-max/km = 21-27/26 Betonin tiivistymisaste (1...5) = 3 Max raekoko = 10 mm Teräs 16 mm, betonipeite 54 mm Näytteen pituus = 54 mm		PUR			-muutama pieni tiivistymishuokonen -ulkopinnassa valkoinen pinnoite
WLA 10	Seinämainen pilari -nro 43. (liite 6) -0,4 m reunasta -0,3 m laatasta	Karbonatisoituminen min-max/km = 1-7/1 Betonin tiivistymisaste (1...5) = 4 Max raekoko = 34 mm Näytteen pituus = 84 mm		PUR			-muutama pieni tiivistymishuokonen -ulkopinnassa valkoinen pinnoite -rotankolo -iso kivi
WLA 11	Seinämainen pilari -nro 45. (liite 6) -0,15 m reunasta -0,1 m laatasta	Karbonatisoituminen min-max/km = 1-15/1 Betonin tiivistymisaste (1...5) = 3 Max raekoko = 13 mm Näytteen pituus = 92 mm		PUR			-tiivistymishuokosia -ulkopinnassa valkoinen pinnoite -rotankoloja -betoni on huokoista
WLA 12	Seinämainen pilari -nro 45. (liite 6) -0,3 m reunasta -0,3 m laatasta	Karbonatisoituminen min-max/km = 5-14/8 Betonin tiivistymisaste (1...5) = 3 Max raekoko = 15 mm Näytteen pituus = 59 mm		PUR			-tiivistymishuokosia -ulkopinnassa valkoinen pinnoite -rotankolo

Näyte- numero	Näytteenottoaikka	Havainnot näytteestä	OH	PUR	KLO	MUUT	Muuta
WLA 13	Pilari -kloridi 0-3 cm -alempaa -nro 22. (liite 6)				KLO		
WLA 14	Pilari -kloridi 3-6 cm -alempaa -nro 22. (liite 6)				KLO		
WLA 15	Pilari -kloridi 0-3 cm -ylempi -nro 22. (liite 6)				KLO		
WLA 16	Pilari -kloridi 3-6 cm -ylempi -nro 22. (liite 6)				KLO		
WLA 17	Pilari -kloridi 0-3 cm -alempaa -nro 14. (liite 6)				KLO		
WLA 18	Pilari -kloridi 3-6 cm -alempaa -nro 14. (liite 6)				KLO		
WLA 19	Pilari -kloridi 0-3 cm -ylempi -nro 14. (liite 6)				KLO		
WLA 20	Pilari -kloridi 3-6 cm -ylempi -nro 14. (liite 6)				KLO		



WSP Finland Oy
KORJAUSRAKENTAMINEN

Heikkiläntie 7 D
00210 HELSINKI
Puhelin 0207 864 11

Kiviharjunlenkki 1 D
90220 OULU
Puhelin 0207 864 12

Kelloportinkatu 1 D
33100 TAMPERE
Puhelin 0207 864 11

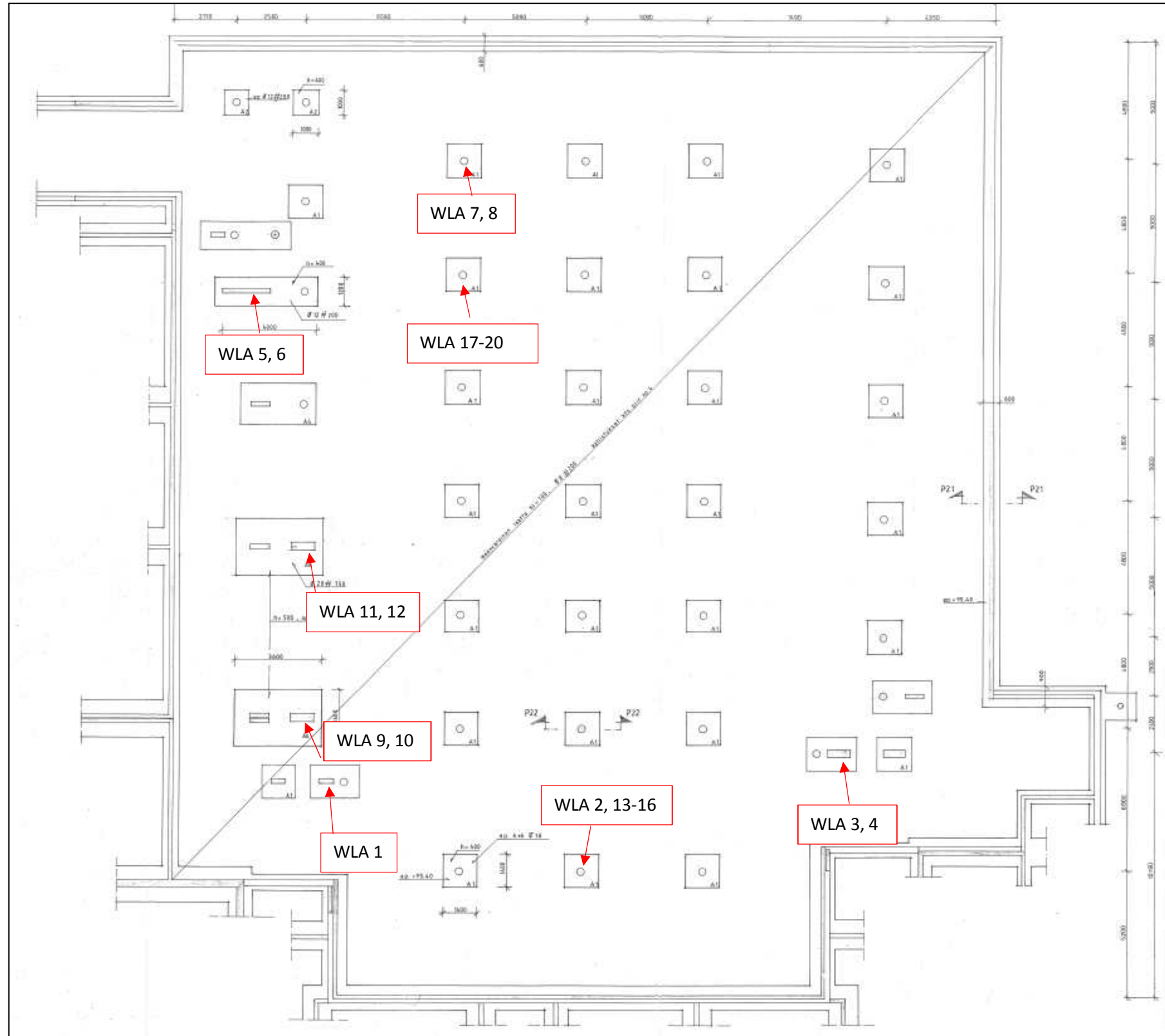
Y-tunnus 0875416-5
www.wsp.com

Paikoitushalli



#	Pyöreät pilarit 1 – 36	#	Vaurioluokka 4 = ei vauriota	#	Vaurioluokka 2 = Pilarin betoni irtoilee
#	Seinämäiset pilarit 37 – 49	#	Vaurioluokka 3 = maalipinta irtoilee	#	Vaurioluokka 1 = Pilarin raudotteet näkyvissä

Paikoitushalli





Materiaalinäytteen sulfaattipitoisuuden määrittäminen

| Tilaaaja: WSP Finland Oy

Tilaaaja WSP Finland Oy
Laboratoriopalvelut
Kiviharjunlenkki 1D
90220 OULU

Tilaus kirjallinen tilaus 1.3.2018 Pii Manninen / VTT OM-195716

Yhteyshenkilö VTT Expert Services Oy
Asiantuntija Jarkko Klami
Kemistintie 3
PL 1001, 02044 VTT
Puh. 020 722 7185
jarkko.klami@vtt.fi Sähköposti

Tehtävä **Materiaalinäytteen sulfaattipitoisuuden määrittäminen**

Näytteet Tilaaja toimitti VTT Expert Services Oy:n laboratorioon kaksi (2) jauhemaista materiaalinäytettä, joiden massat olivat noin 20 g. Näytteet saapuivat laboratorioon 2.3.2018. Jauhenäytteet olivat merkitty kohdetunnuksella; 19174 sekä näytetunnuksin, 5-6 S ja 7-8 S. Tilaaja on kiinnostunut selvittämään näytteiden sulfaattipitoisuuden (SO₃).

Tehtävän suoritus Näytteiden sulfaattipitoisuus määritettiin standardin EN 196-2 mukaisesti.

Tulokset Näytteiden sulfaattipitoisuus (SO₃) on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Näytteiden SO₃ -pitoisuus

Näytetunnus	SO ₃ -pitoisuus
5-6 S	0,35 %
7-8 S	0,51 %

Espoo, 6.4.2018



Jarkko Klami
Asiantuntija



Mia Löija
Tekninen asiantuntija

JAKELU Tilaaja Alkuperäinen
Arkisto Alkuperäinen

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille

VTT Expert Services Oy:n tai VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain

VTT Expert Services Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.

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

26.02.2018

WSP Finland Oy
 Pasi-Pekka Immonen
 pasi-pekka.immonen@wsp.com

KLORIDIPITOISUUDEN MÄÄRITYS		
Kohde: As Oy Luotsi ja Solmu, P-halli	Saapumispäivämäärä: 12.2.2018	Näyttemateriaali: betoni
Näytetunnukset: KLO1-4	Näytteiden tyyppi: Porausjauhe	Analyysin ajankohta: 22.2.2018

Menetelmä

Tilaaajan toimittamien näytteiden kokonaiskloridipitoisuudet on määritetty standardin SFS-EN 14629 Volhardin menetelmää soveltaen. Tulokset on ilmoitettu betonin massasta. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä.

Tulokset

Näyte	Näytteenottoaika	Tutkitun näytteen määrä [g]	Cl ⁻ [massa-%]
KLO1	Seinämäinen pilari, 0-3 cm	4,46	0,04
KLO2	Seinämäinen pilari, 3-6 cm	3,90	0,03
KLO3	Seinämäinen pilari, 0-3 cm	4,16	0,03
KLO4	Seinämäinen pilari, 3-6 cm	4,56	0,01

Menetelmän määrittäjäraja on 0,006 massa-% ja mittapöytävarmuus (95 % luotettavuustasolla) ± 0,004 massa-%. Tulokset on ilmoitettu 2 desimaalin tarkkuudella.

WSP FINLAND OY



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

WSP Finland Oy
 Laboratoriopalvelut

Heikkiläntie 7
 00210 HELSINKI
 Puhelin 0207 864 11

Kiviharjunlenkki 1 D
 90220 OULU
 Puhelin 0207 864 11

Y-tunnus 0875416-5
 www.wspgroup.fi

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

20.02.2018

WSP Finland Oy
 Pasi-Pekka Immonen
 pasi-pekka.immonen@wsp.com

VETOLUJUUDEN MÄÄRITYS		
kohde: As Oy Luotsi ja Solmu, P-halli	saapumispäivämäärä: 12.2.2018	näytemateriaali: betoni
näytetunnukset: 1, 2, A2, 3, A3, 4, A4	näytteiden muoto ja halkaisija: lieriönäytteet \varnothing 54 mm	testauksen ajankohta: 19.2.2018

Menetelmä

Tilaaajan toimittamien näytteiden testaus suoritettiin standardin SFS 5445 mukaisesti laboratoriossa EASY-M -laitteella. Laite on kalibroitu vuonna 2016. Koekappaleiden pinnat on tasoitettu timanttisahalla. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä.

Tulokset

Näyte	Näytteenottoaika	Tulos [MN/m ²]	Murtokohta/ -tapa	Poikkeamat
1	Näytekohta 1 - seinämäinen pilari - etureuna 1 ja sivupinta 2 - 0,1 m laatasta	3,4	10-21 mm ulkopinnasta, leikkaa 50 %	Vetokoekappaleen pituus 43 mm
2	Näytekohta 2 - seinämäinen pilari - sivupinta 3 kpl - 0,05 m laatasta	3,1	30-44 mm ulkopinnasta, myötäilee	Vetokoekappaleen pituus 42 mm
A2	Näytekohta 2 - Pilarianturan yläpinta	1,9	52-64 mm yläpinnasta, myötäilee	
3	Näytekohta 3 - pyöreä pilari - näytteet eri puolilta pilaria - 0,05 m laatasta	2,7	17-29 mm ulkopinnasta, myötäilee	Vetokoekappaleen pituus 34 mm
A3	Näytekohta 3 - pilarianturan yläpinta	3,5	18-25 mm yläpinnasta, myötäilee	
4	Näytekohta 4 - pyöreä pilari	0,8	5-10 mm ulkopinnasta, myötäilee	Vetokoekappaleen pituus 31 mm
4 Uusinta	Näytekohta 4 - pyöreä pilari	1,8	2-12 mm ulkopinnasta, myötäilee	

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

20.02.2018

Näyte	Näytteenottoaikka	Tulos [MN/m ²]	Murtokohta/ -tapa	Poikkeamat
A4	Näytekohta 4 - pilarianturan yläpinta	2,9	23-43 mm yläpinnasta, myötäilee	

WSP FINLAND OY


Olli-Pekka Luoto
 Laboratoriotyöntekijä
 olli-pekka.luoto@wsp.com

**SFS-EN 12504-1. Betonin testaus rakenteista.
Osa 1: Poratut koekappaleet.
Puristuslujuuden testaus.**

Tilaaaja: WSP Finland Oy
Kiviharjunlenkki 1 D
90220 Oulu

Tilaaaja WSP Finland Oy
Kiviharjunlenkki 1 D
90220 OULU

Tilaus 5.11.2018, saapunut 6.11.2018

Yhteyshenkilö Oulun ammattikorkeakoulu Oy:ssä

Heikki Isohookana, laboratoriomestari
Kotkantie 1, 90250 Oulu
Puh. 040 580 1548
Sähköposti: heikki.isohookana@oamk.fi



Tehtävä **SFS-EN 12504-1. Betonin testaus rakenteista. Osa 1:**
Poratut koekappaleet. Puristuslujuuden testaus (25.5.2009)

Näytteet Tilaajan 6.11.2018 toimittamat porausnäytteet 9 kpl, Ø noin 54 mm, pituus noin 45 - 90 mm

Näytteenottoaika Tilaajan viite: 22085

Testaus ja testaustulokset

Koekappaleita on säilytetty ennen testausta laboratoriossa suojaamattomana ilmasäilytyksessä vähintään kolme vuorokautta, standardin SFS-EN 13791 kohdan 7.1 mukaisesti.

Puristuspinnot on tasoitettu hiomalla.

Pintakosteustila testaushetkellä: kuiva.

Tiheyden määrittäminen: toimitustilassa / mitatut mitat.

Testaustulokset on ilmoitettu taulukossa 1.


Taulukko 1. Testaustulokset

Tunnus	Halk.Ø mm	Voima kN	Lieriö- lujuus ⁽¹⁾ MPa	Kuutio- lujuus ⁽²⁾ MPa	Tiheys kg/m ³	Suora- kulmai- suus ⁽³⁾	Arvioitu max raekoko ⁽⁴⁾ mm	Pituus / halkaisijan suhde	Testaus- päivä
WLA 2	54,4	171	73,6	80,9	2420	T	14	0,7 ⁽⁶⁾	12.11.2018
WLA 3	54,5	129	55,3	60,8	2360	T	13	1,0	12.11.2018
WLA 4	54,5	101	43,3	47,6	2340	T	13	1,0	12.11.2018
WLA 5	54,5	134	57,4	63,2	2390	E	15	1,0	12.11.2018
WLA 6	54,4	91,8	39,5	43,4	2320	T	12	1,0	12.11.2018
WLA 9	54,4	124	53,3	58,7	2350	E	12	0,8 ⁽⁶⁾	12.11.2018
WLA 10	54,4	88,3	38,0	41,8	2390	E	29 ⁽⁵⁾	1,0	12.11.2018
WLA 11	54,4	105	45,2	49,7	2340	T	16	1,0	12.11.2018
WLA 12	54,3	104	44,9	49,4	2340	T	12	1,0	12.11.2018

- 1) Lujuus on ilmoitettu Ø 54,3 – 54,5 mm rakennekoekappaleen lieriölujuutena.
- 2) Koekappaleiden lieriölujuustulos on muunnettu vastaamaan 150 mm kuutiolujuutta kertomalla lieriölujuustulos luvulla 1,1 betoninormit 2016 (by65), kohdan 5.2.3.2 ohjeen mukaisesti.
- 3) Suorakulmaisuusvaatimus: T = täyttyy, E = ei täyty.
- 4) Maksimiraekoko on arvioitu koekappaleen ulkopinnasta.
- 5) Standardin mukaan betonissa olevan runkoaineen maksimiraekoon ja porausnäytteiden halkaisijan välisellä suhteella on merkittävä vaikutus määritettyyn lujuuteen, kun suhde lähestyy suurempia kuin noin 1:3 olevia arvoja.
- 6) Standardin mukaan suositeltava pituuden- ja halkaisijan suhde on 1,0 jos tulosta verrataan kuutiolujuuteen.

Oulu, 12.11.2018


Hannu Käriäinen
Laboratorionjohtaja


Heikki Isohookana
Laboratoriomestari

Jakelu

Tilaaaja, alkuperäinen
Oamk Oy, arkisto, alkuperäinen
hanna.pohto@wsp.com
elisa.kyllonen@wsp.com

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



WSP Finland Oy
Pasi-Pekka Immonen
pasi-pekka.immonen@wsp.com



Analyysi:		
OHUTHIEANALYYSI		
Kohde:	Saapumispäivämäärä:	Raportointipäivämäärä:
As Oy Luotsi ja Solmu Pysäköintihalli	12.2.2018	28.02.2018
Näytetunnukset:	Näyttemateriaali:	Laboratorion työnumero:
1, 2, 3, 4, A2, A3 ja A4	betoni	19174

Tutkimukset

Näytteet on tutkinut Pirkko Kekäläinen, WSP Finland Oy. Tutkimuksen tarkoitus on todeta näyttemateriaalin laatu ja kunto. Tutkimus suoritettiin seitsemästä poralieriestä. Näytteet on otettu 9.2.2018 (Pasi-Pekka Immonen, WSP Finland Oy).

Näytteiden yleispiirteiden tarkastelu suoritettiin ensin Olympus SZ60 -stereomikroskoopilla, minkä jälkeen ohuthie tutkittiin Leica DM 2700 P -polarisaatiomikroskoopilla. Tutkimusta varten näytteistä valmistettiin ohuthieet (paksuus 0,020–0,025 mm), ohuthienäytteiden valmistuksesta vastasi Riku Inkiläinen, WSP Finland Oy. Ohuthieet on valmistettu asiakkaan pyynnön mukaisesti. Tulokset koskevat vain tutkittuja näyteitä. Raportin osittainen kopiointi ilman lupaa on kielletty.

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

Analyysihavainnot

Seuraavilla sivuilla 2–9 on dokumentoitu pilarinäytteistä ja sivuilla 10–15 pilarianturan näytteistä tehdyt analyysihavainnot.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poraliieriö, pilari	Työnumero	19174
Näytetunnus	1	Mitat	Ø 52 mm, pituus 50 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi-maksimi/keskimäärin)

Ulkopinta	26–39/31 mm	Sisäpinta	-
Materiaali	Betoni		
Kiviaines	Pääosin kulmikkaita, paikoin pyörityneitä granitoidi- ja liuskekappaleita. Raekoko Ø < 9 mm.		
Sideaines	Harmaata, melko sileää. Säröilleellä alueella sideaines on hopeanharmaata ja jauhoista.		
Tiivistyminen	Hyvä-keskinkertainen. Tiivistyshuokokset Ø < 2 mm.		
Säröt/vauriot	0–30 mm syvyydellä ulkopinnasta on pinnan suuntaista säröilyä.		

Pinnat

Ulkopinta	Valkoinen, mattapintainen maalipinnoite.
Sisäpinta	Katkaistu.

Teräksset

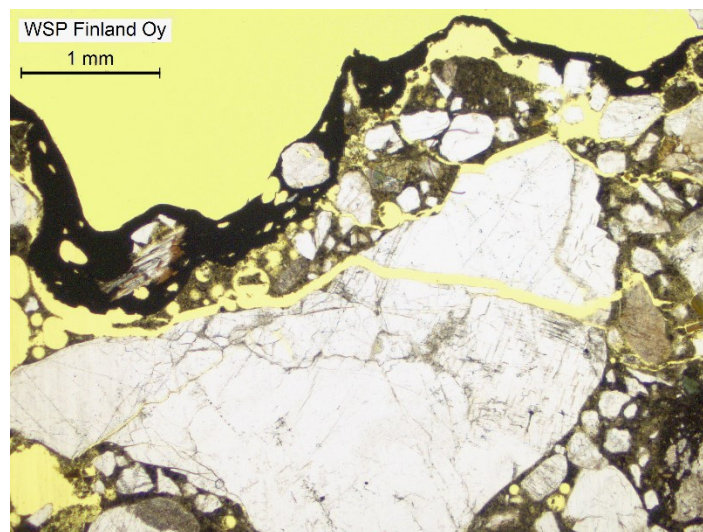
	Näyteliieriön sivussa on pintaa vastaan kohtisuoran teräksen painauma n. 15 mm syvyydellä ulkopinnasta.
--	---

Muita huomioita -


Kuva 1. Näyte 1. Ulkopinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Betonilieriö	Näyte	1	Työnumero	19174
Ohuthie	WAL1	Ohuthieen koko	28 x 45 mm	Tutkimuskohta	Ulkopinta
Karkea kiviaines	Kulmikkaita granitoidikappaleita, joissa on paikoin vähäistä maasälpjen muuttumista, sekä yksittäisiä liuskekappaleita, joissa on opaakkeja mineraaleja.				
Hieno kiviaines	Pääosin kulmikkaita, paikoin pyörityneitä granitoidi-, kvartsiitti- ja liuskekappaleita sekä pienempiä mineraalirakeita.				
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä. Hydrataatio on melko tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri ei ole täysin tasainen, vaan etenkin n. 0–10 mm syvyydellä kiviaineksen pinnalla on paikoin hyvin korkea mikrohuokoisuus.				
Kalsiumhydroksidi	Runsaita, melko karkearakeisia kiteytymiä, jotka pääosin ovat keskittyneet kiviainekappaleiden pinnalle.				
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin n. 31 mm, maksimissaan 35 mm syvyydelle ulkopinnasta. 20–35 mm syvyydellä melko epätäydellistä.				
Kivi- ja sideaineksen tartunnat	Pääosin tiiviit, mutta paikoin tartuntasäröjen, joissa paikoin on kalsiumhydroksiditeytymiä, heikentämät.				
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02–0,8 mm) on kohtalaisesti – melko runsaasti. Suojahuokosten epätasainen jakautuminen sideaineeseen vaikeuttaa niiden kokonaismäärän arviointia. Tiivistyshuokosia (\varnothing < 2,4 mm) on keskimäärin melko vähän, mutta nekin ovat epätasaisesti jakautuneita, yksittäisissä ryppäissä. Muodoltaan huokokset ovat melko säännöllisiä, pyörityneitä.				
Säröt, pinta	Hyvin epäsäännöllisin välein maksimissaan 1 mm syvyydelle ulottuvia säröjä, jotka myötäilevät kiviainesta. Säröjen leveys on < 0,1 mm.				
Säröt, sisäosa	Pinnan suuntaista, paikoin kiviainesta leikkaavaa säröilyä, joka ohuthieen toisessa laidassa ulottuu pinnasta n. 2 mm syvyydelle, toisessa laidassa n. 15 mm syvyydelle. Säröily on tiheintä 0–4 mm syvyydellä, missä säröjen etäisyys toisistaan on 0,5–1 mm. 4–15 mm syvyydellä etäisyys on 4–5 mm. Leveimmät säröt lähellä ulkopintaa ovat 0,25 mm levyisiä.				
Kiteytymät	Huokosissa on paikoin hyvin vähäisiä ettringiittikiteytymiä.				
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.				
Muita huomioita	Ulkopinnalla on 0,04–0,2 mm paksu maalipinnoite. Se on hyvin tumma ja läpinäkyvätön tasopolaroidussa valossa, koostumukseltaan arviolta orgaaninen. Maalissa on kohtalaisesti pieniä pyöreitä huokosia. Tartunta on monin paikoin säröilyt auki.				



Kuva 2. Näyte 1, säröilyä näytteen ulkopinnalla.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poraliieriö, pilari	Työnumero	19174
Näytetunnus	2	Mitat	Ø 52 mm, pituus 38–45 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi-maksimi/keskimäärin)

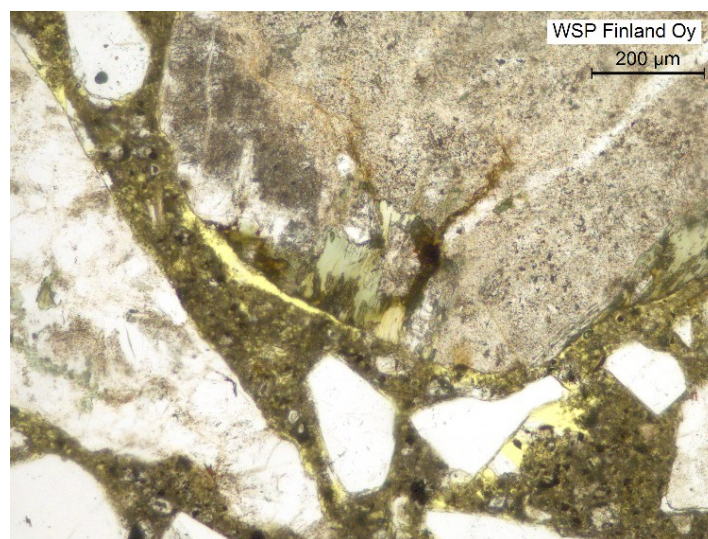
Ulkopinta	21–26/24 mm	Sisäpinta	-
Materiaali	Betoni		
Kiviaines	Pääosin kulmikkaita granitoidikappaleita, yksittäisiä pyörityneitä kvartsiitteja/hiekkakiviä. Raekoko Ø < 10 mm.		
Sideaines	Harmaata, melko sileää.		
Tiivistyminen	Hyvä-keskinkertainen. Tiivistyshuokokset Ø < 2 mm.		
Säröt/vauriot	-		
Pinnat			
Ulkopinta	Valkoinen, mattapintainen maalipinnoite.		
Sisäpinta	Katkaistu.		
Teräksset	Ei havaittu.		
Muita huomioita	-		



Kuva 3. Näyte 2. Ulkopinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Betonilieriö	Näyte	2	Työnumero	19174
Ohuthie	WAL2	Ohuthieen koko	28 x 45 mm	Tutkimuskohta	Ulkopinta
Karkea kiviaines	Kulmikkaita granitoidikappaleita sekä harvalukuisempia gneissi- ja kvartsiittikappaleita.				
Hieno kiviaines	Pääosin kulmikkaita, paikoin pyörityneitä granitoidi-, liuske- ja kvartsiittikappaleita sekä pienempiä mineraalirakeita. Lisäksi yksittäisiä hiekkakiviä.				
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä. Hydrataatio on melko tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri ei ole täysin tasainen, vaan huokosryppäiden yhteydessä ja paikoin kiviaineksen pinnalla on mikrohuokoisempaa sideainesta. Pieniä opaakkeja partikkeleja on kohtalaisesti ja sideaines on hieman läpinäkyvä.				
Kalsiumhydroksidi	Runsaita, keskirakeisia kiteytymiä, jotka pääosin ovat keskittyneet kiviaineskappaleiden pinnalle.				
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin n. 26 mm, maksimissaan 28 mm syvyydelle ulkopinnasta.				
Kivi- ja sideaineksen tartunnat	Pääosin tiiviit, mutta paikoin tartuntasäröjen, joissa paikoin on kalsiumhydroksiditeytymiä, heikentämät.				
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02–0,8 mm) on vähän. Tiivistyshuokosia ($\varnothing < 2,3$ mm) on keskimäärin kohtalaisesti, ja ne ovat osin sijoittuneet pinnan vastaiseksi, mutkittelevaksi jonoksi. Muodoltaan huokokset ovat paikoin melko säännöllisiä, pyörityneitä, paikoin hyvin epäsäännöllisiä.				
Säröt, pinta	Yksittäisiä, maksimissaan 2 mm syvyydelle ulottuvia mikrosäröjä, jotka myötäilevät kiviainesta.				
Säröt, sisäosa	Katkaistusta, epätasaisesta sisäpinnasta pinnan suuntaisena jatkuvia säröjä, jotka leikkaavat kiviainesta. Säröt ovat arviolta näytteenotossa syntyneitä.				
Kiteytymät	Merkittäviä sekundaarisia kiteytymiä ei havaittu.				
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.				
Muita huomioita	Ulkopinnalla on 0,02–0,3 mm paksu maalipinnoite. Se on hyvin tumma ja läpinäkyvyyden tasopolaroidussa valossa, koostumukseltaan arviolta orgaaninen. Maalissa on yksittäisiä pieniä pyöreitä huokosia. Tartunta betoniin on pääosin tiivis.				



Kuva 4. Näyte 2, kiviainestartunnat eivät kaikilta osin ole tiiviit.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poralieriö, pilari	Työnumero	19174
Näytetunnus	3	Mitat	Ø 52 mm, pituus 59 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi-maksimi/keskimäärin)

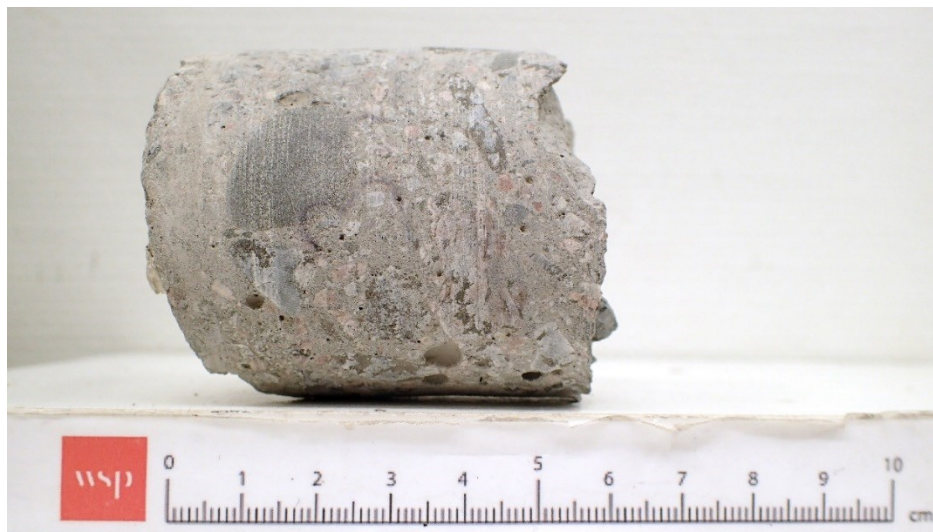
Ulkopinta	6–11/10 mm	Sisäpinta	-
Materiaali	Betoni		
Kiviaines	Pääosin kulmikkaita, paikoin pyörityneitä granitoidi- ja liuskekappaleita. Raekoko Ø < 15 mm.		
Sideaines	Harmaata, melko sileää.		
Tiivistyminen	Hyvä. Tiivistyshuokokset Ø < 5 mm. Huokokset ovat pääosin pallomaisia.		
Säröt/vauriot	0–6 mm syvyydellä ulkopinnasta on pinnan suuntaista säröilyä. Ulkopinta on rikkonainen ja materiaalia on irronnut paikoin 10 mm syvyydelle saakka.		

Pinnat

Ulkopinta	Valkoinen, mattapintaisen maalipinnoitteen jäänteitä epätasaisella pinnalla, josta on irtoillut materiaalia ja kiviaines on paljastunut.
Sisäpinta	Katkaistu.

Teräkset

Ei havaittu.

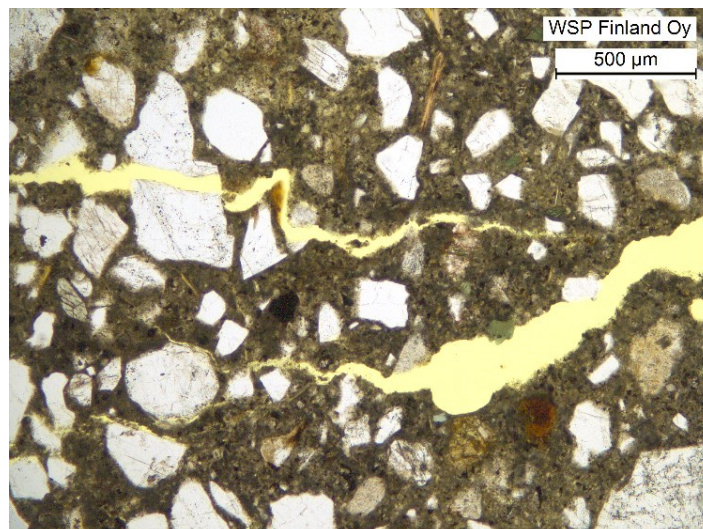
Muita huomioita -


Kuva 5. Näyte 3. Ulkopinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Betonilieriö	Näyte	3	Työnumero	19174
Ohuthie	WAL3	Ohuthieen koko	28 x 45 mm	Tutkimuskohta	Ulkopinta

Karkea kiviaines	Kulmikkaita granitoidikappaleita, joissa on paikoin kohtalaista maasälprien muuttumista, sekä pyöristyneitä liuskekappaleita, joissa on opaakkeja.
Hieno kiviaines	Pääosin kulmikkaita, paikoin pyöristyneitä granitoidi/gneissi-, liuske- ja kvartsiittikappaleita sekä pienempiä mineraalirakeita.
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä. Hydrataatio on melko tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri on suhteellisen tasainen ja tiivis. Pieniä opaakkeja partikkeleja on kohtalaisesti ja sideaines on hieman läpinäkymätöntä.
Kalsiumhydroksidi	Keskirakeisia, melko tasaisesti sideaineeseen jakautuneita kiteytymiä.
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin n. 15 mm, maksimissaan 19,5 mm syvyydelle ulkopinnasta. Pääosin melko epätäydellistä.
Kivi- ja sideaineksen tartunnat	Pääosin tiiviit, mutta paikoin kapeiden tartuntasäröjen, joissa paikoin on kalsiumhydroksidikiteytymiä, heikentämät.
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02–0,8 mm) on kohtalaisesti. Tiivistyshuokosia (\varnothing < 2,4 mm) on melko vähän, ja ne ovat muodoltaan pääosin lähes pyöreitä/pallomaisia.
Säröt, pinta	1–3 mm välein maksimissaan 2,5 mm syvyydelle ulottuvia säröjä, jotka myötäilevät kiviainesta. Säröjen leveys on < 0,08 mm, pääosin ne ovat mikrosäröjä.
Säröt, sisäosa	0–7 mm syvyydellä on pinnan suuntaista, pääosin kiviainesta myötäilevää, tai paikoin sitä leikkaavaa säröilyä. Säröjen leveys on < 0,2 mm, pääosin ne ovat hennompia ja ulottuvat maksimissaan poikki ohuthieen. Säröjen etäisyys toisistaan on 0,5–2,5 mm ja niitä yhdistävät paikoin pinnan vastaiset säröt.
Kiteytymät	Huokosissa on hyvin vähäisiä ettringiittikiteytymiä.
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.
Muita huomioita	Ulkopinnalla on paikoin < 0,15 mm paksu maalipinnoite. Se on hyvin tumma ja läpinäkymätön tasopolaroidussa valossa, koostumukseltaan arviolta orgaaninen. Maalissa on kohtalaisesti pieniä pyöreitä huokosia. Tartunta on monin paikoin säroilyllä auki.



Kuva 6. Näyte 3, pinnan suuntaista säröilyä leveimmillään.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poralieriö, pilari	Työnumero	19174
Näytetunnus	4	Mitat	Ø 52 mm, pituus 30–38 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi-maksimi/keskimäärin)

Ulkopinta	16–35/25 mm*	Sisäpinta	-
-----------	--------------	-----------	---

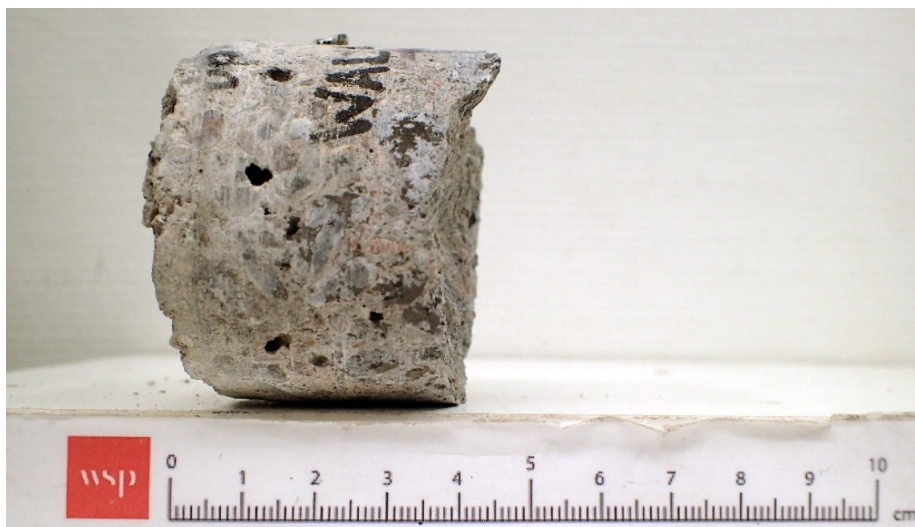
Materiaali	Betoni
Kiviaines	Pääosin kulmikkaita, paikoin pyöristyneitä granitoidikappaleita. Raekoko Ø < 9 mm.
Sideaines	Harmaata, melko sileää.
Tiivistyminen	Hyvä. Tiivistyshuokokset Ø < 5 mm. Huokokset ovat pääosin pallomaisia.
Säröt/vauriot	Ulkopinta on rikkonainen ja materiaalia on irronnut vähintään 10 mm. Melko tiheää, pinnan suuntaista säröilyä n. 5 mm syvyydelle rapautumistasosta.

Pinnat

Ulkopinta	Epätasainen betonipinta, josta on irronnut materiaalia.
Sisäpinta	Katkaistu.

Teräkset Ei havaittu.

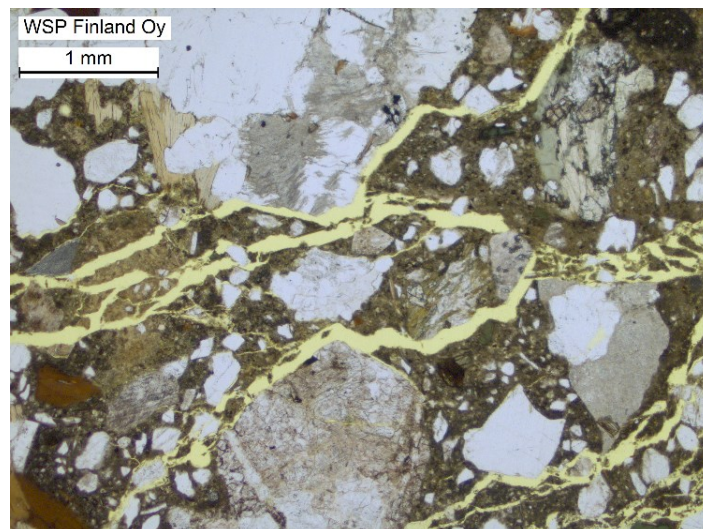
Muita huomioita * Karbonatisoituminen on mitattu ylimmän pinnan tasosta.



Kuva 7. Näyte 4. Ulkopinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Betonilieriö	Näyte	4	Työnumero	19174
Ohuthie	WAL4	Ohuthieen koko	28 x 45 mm	Tutkimuskohta	Ulkopinta
Karkea kiviaines	Kulmikkaita granitoidikappaleita.				
Hieno kiviaines	Pääosin kulmikkaita, paikoin pyöristyneitä granitoidi/gneissi-, kvartsiitti- ja liuskekappaleita sekä pienempiä mineraalirakeita.				
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä. Hydrataatio on melko tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri on suhteellisen tasainen ja tiivis. Pieniä opaakkeja partikkeleja on kohtalaisesti ja sideaines on hieman läpinäkymätöntä.				
Kalsiumhydroksidi	Keskirakeisia ja runsaita, mutta melko tasaisesti sideaineeseen jakautuneita kiteytymiä.				
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin n. 20 mm, maksimissaan 25 mm syvyydelle ulkopinnan ylimmästä tasosta. Pääosin melko epätäydellistä ja karbonatisoitumisen voimakkuudessa on epäsäännöllistä vaihtelua.				
Kivi- ja sideaineksen tartunnat	Pääosin tiiviit, mutta paikoin kapeiden tartuntasäröjen, joissa paikoin on kalsiumhydroksidi- ja ettringiittikiteytymiä, heikentämät.				
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02–0,8 mm) on vähän. Tiivistyshuokosia ($\varnothing < 1,65$ mm) on melko vähän, ja ne ovat muodoltaan pääosin lähes pyöreitä/pallomaisia.				
Säröt, pinta	-				
Säröt, sisäosa	Pinnan suuntaista kiviainesta leikkaavaa säröilyä, joka ulottuu 1–6 mm syvyydelle näytteen ulkopinnasta (ja maksimissaan n. 10 mm syvyydelle rapautuneen pinnan korkeimmasta tasosta). Säröjen leveys on $< 0,25$ mm, pääosin ne ovat hennompia ja ulottuvat maksimissaan poikki ohuthieen. Säröjen etäisyys toisistaan on 0,1–0,5 mm.				
Kiteytymät	Säröissä n. 5–6 mm syvyydellä ulkopinnasta ja paikoin huokosissa läpi näytteen on kiteytymiä, jotka arviolta ovat kaikki ettringiittiä. Karbonatisoituneella vyöhykkeellä myös kiteytymät ovat karbonatisoituneita, mutta niillä on ettringiitin asu. Säröissä kiteytymät vaikuttavat muuttuneilta.				
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.				
Muita huomioita	-				



Kuva 8. Näyte 4, säröilyä näytteen ulkopinnalla.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poraliieriö, pilarin antura	Työnumero	19174
Näytetunnus	A2	Mitat	Ø 52 mm, pituus 80 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi-maksimi/keskimäärin)

Yläpinta	3–6/4 mm	Alapinta	-
----------	----------	----------	---

Materiaali Betoni

Kiviaines Pääosin kulmikkaita, paikoin pyöristyneitä granitoidikappaleita. Raekoko Ø < 10 mm.

Sideaines Harmaata, melko sileää.

Tiivistyminen Keskinkertainen. Tiivistyshuokokset Ø < 6 mm.

Säröt/vauriot -

Pinnat

Yläpinta Pinnoittamaton betoni.

Alapinta Katkaistu.

Teräkset Ei havaittu.

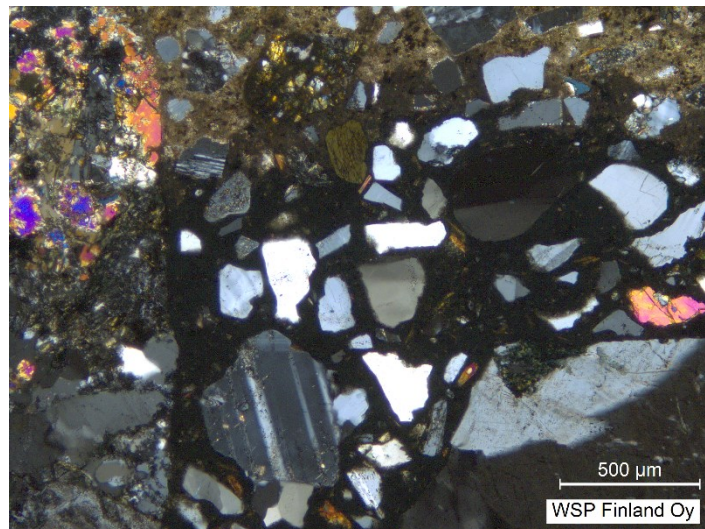
Muita huomioita Näyteliieriö on hieman deformoitunut.



Kuva 9. Näyte A2. Yläpinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Betonilieriö	Näyte	A2	Työnumero	19174
Ohuthie	WAL5	Ohuthieen koko	28 x 45 mm	Tutkimuskohta	Yläpinta
Karkea kiviaines	Kulmikkaita granitoidikappaleita, joissa on vähäistä maasälpien muuttumista.				
Hieno kiviaines	Pääosin kulmikkaita, paikoin pyöristyneitä granitoidi-, liuske- ja gneissikappaleita sekä pienempiä mineraalirakeita.				
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä. Yksittäisiä lentotuhkapalleroita. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri on melko tasainen. Pieniä opaakkeja partikkeleja on kohtalaisesti ja sideaines on hieman läpinäkymätöntä.				
Kalsiumhydroksidi	Pääosin keskirakeisia, melko tasaisesti sideainekseen jakautuneita kiteytymiä. Karbonatisoitumisrintaman edessä on n. 4 mm leveä vyöhyke, jolla sideaines on köyhäntynyt kalsiumhydroksidista.				
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin n. 8 mm, maksimissaan 10 mm syvyydelle yläpinnasta.				
Kivi- ja sideaineksen tartunnat	Pääosin melko tiiviit, mutta paikoin kalsiumhydroksiditäyteisten tartuntasärojen heikentämät.				
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02–0,8 mm) on kohtalaisesti. Tiivistyshuokosia (\varnothing < 2,5 mm) on kohtalaisesti, ja ne ovat muodoltaan pääosin säännöllisiä, pyöristyneitä. 0,5–1,0 mm syvyydellä on vyöhyke, jossa on runsaasti pieniä, repaleisen muotoisia, paikoin pintaa vastaan pitkulaisia huokosia.				
Säröt, pinta	Noin 2,5 mm syvyydelle ulottuva mikrosäro, joka myötäilee kiviainesta.				
Säröt, sisäosa	Ei havaittu.				
Kiteytymät	Kalsiumhydroksidista köyhtyneellä vyöhykkeellä huokosissa on ettringiittikiteytymiä, ja yksittäiset suojahuokokset ovat umpeutuneet kiteytymistä. Karbonatisoitumisrintaman etureunassa yksittäisissä huokosissa ja kiviaineksen tartunnoissa on vähäisiä kalsiittikiteytymiä.				
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.				
Muita huomioita	-				



Kuva 10. Näyte A2, kalsiumhydroksidista köyhtynyt vyöhyke on ristipolaroidussa valossa musta.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poraliieriö, pilarin antura	Työnumero	19174
Näytetunnus	A3	Mitat	Ø 52 mm, pituus 55 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi-maksimi/keskimäärin)

Yläpinta	2–5/3 mm	Alapinta	-
----------	----------	----------	---

Materiaali Betoni

Kiviaines Pääosin kulmikkaita, paikoin pyöristyneitä granitoidi- ja liuskekappaleita. Raekoko Ø < 9 mm.

Sideaines Harmaata, melko sileää.

Tiivistyminen Hyvä. Tiivistyshuokokset Ø < 3 mm.

Säröt/vauriot -

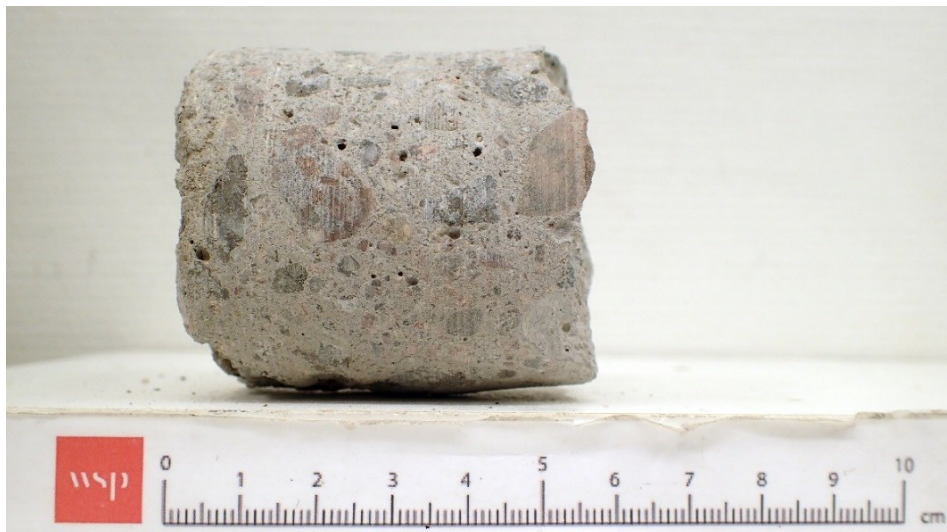
Pinnat

Yläpinta Pinnoittamaton betoni.

Alapinta Katkaistu.

Teräksset Ei havaittu.

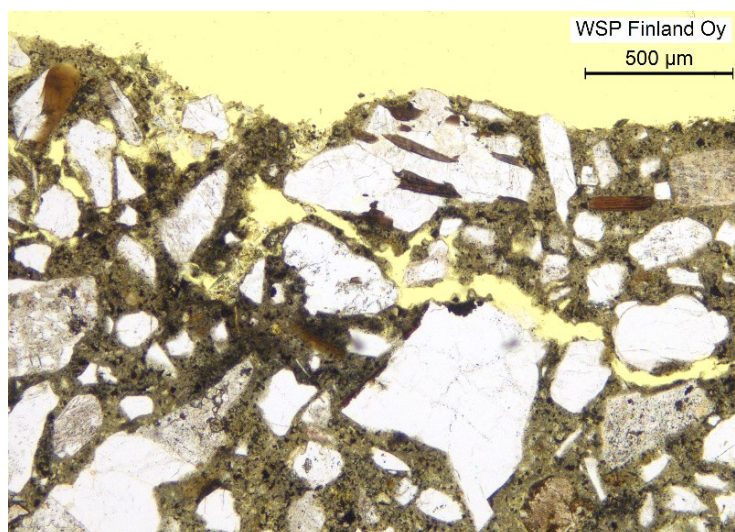
Muita huomioita Näytelieriö on hieman deformoitunut.



Kuva 11. Näyte A3. Yläpinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Betonilieriö	Näyte	A3	Työnumero	19174
Ohuthie	WAL6	Ohuthieen koko	28 x 45 mm	Tutkimuskohta	Yläpinta
Karkea kiviaines	Kulmikkaita granitoidikappaleita sekä yksittäinen pyörästynyt amfiboliittikappale.				
Hieno kiviaines	Pääosin kulmikkaita, paikoin pyörästyneitä granitoidi-, liuske- ja gneissikappaleita sekä pienempiä mineraalirakeita. Granitoideissa on paikoin kohtalaista maasälpäen muuttumista.				
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri on melko tasainen. Pieniä opaakkeja partikkeleja on kohtalaisesti ja sideaines on hieman läpinäkymätöntä.				
Kalsiumhydroksidi	Pääosin keskirakeisia, usein kiviaineksen pinnalle keskittyneitä kiteytymiä. Karbonatisoitumisrintaman edessä on 3–5 mm leveä vyöhyke, jolla sideaines on köyhäntynyt kalsiumhydroksidista.				
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin n. 2 mm, maksimissaan 3 mm syvyydelle yläpinnasta.				
Kivi- ja sideaineksen tartunnat	Pääosin melko tiiviit, mutta paikoin kapeiden kalsiumhydroksiditäytteisten tartuntasäröjen heikentämät.				
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02–0,8 mm) on melko vähän. Tiivistyshuokosia ($\varnothing < 2,5$ mm) on melko vähän, ja ne ovat muodoltaan pääosin säännöllisiä, pyörästyneitä. 0–1,5 mm syvyydellä on runsaasti pieniä, repaleisen muotoisia huokosia.				
Säröt, pinta	Ei havaittu.				
Säröt, sisäosa	0–2 mm syvyydellä on paikoin kiviainesta myötäileviä, pinnan suuntaisia säröjä. Säröjen leveys on $< 0,05$ mm ja pituus < 3 mm. Säröjen reunat eivät ole toistensa vastakappaleet.				
Kiteytymät	Kalsiumhydroksidista köyhäntyneellä vyöhykkeellä huokosissa on ettringiittikiteytymiä. Karbonatisoitumisrintaman etureunassa ja yläpinnan huokoisella vyöhykkeellä on yksittäisissä huokosissa ja kiviaineksen tartunnoissa on vähäisiä kalsiittikiteytymiä.				
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.				
Muita huomioita	-				



Kuva 12. Näyte A3, huokoisuutta ja säröjä yläpinnalla.

YLEISTARKASTELU

Tutkimuskohde	Poralieriö, pilarin antura	Työnumero	19174
Näytetunnus	A4	Mitat	Ø 52 mm, pituus 82 mm

Karbonatisoituminen määritettynä fenoliftaleiiniliuoksella (minimi-maksimi/keskimäärin)

Yläpinta	0–1/0,5 mm	Alapinta	-
----------	------------	----------	---

Materiaali Betoni

Kiviaines Pääosin kulmikkaita, paikoin pyörityneitä granitoidi- ja liuskekappaleita. Raekoko Ø < 13 mm.

Sideaines Harmaata, melko sileää.

Tiivistyminen Keskinkertainen. Tiivistyshuokokset Ø < 3 mm.

Säröt/vauriot -

Pinnat

Yläpinta Pinnoittamaton betoni.

Alapinta Katkaistu.

Teräksset Ei havaittu.

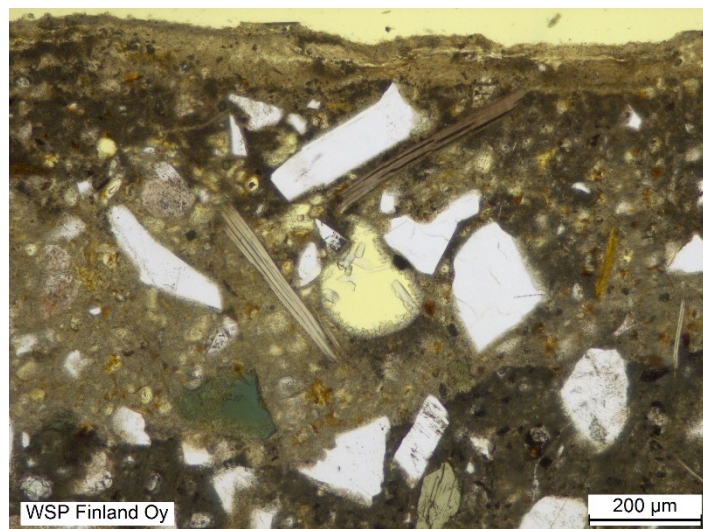
Muita huomioita -



Kuva 13. Näyte A4. Yläpinta vasemmalla.

OHUTHIEANALYYSI

Kohde	Betonilieriö	Näyte	A4	Työnumero	19174
Ohuthie	WAL7	Ohuthieen koko	28 x 45 mm	Tutkimuskohta	Yläpinta
Karkea kiviaines	Kulmikkaita granitoidikappaleita, joissa on paikoin vähäistä maasälprien muuttumista.				
Hieno kiviaines	Pääosin kulmikkaita, paikoin pyöristyneitä granitoidi-, liuske- ja gneissikappaleita sekä pienempiä mineraalirakeita.				
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä. Yksittäisiä lentotuhkakappaleita. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri on melko tasainen.				
Kalsiumhydroksidi	Keskirakeisia ja runsaita, mutta melko tasaisesti sideainekseen jakautuneita kiteytymiä.				
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin n. 2 mm, maksimissaan 3 mm syvyydelle yläpinnasta. Noin 1 mm on selkeästi karbonatisoitunutta, loput hyvin epätäydellisesti karbonatisoitunutta.				
Kivi- ja sideaineksen tartunnat	Pääosin melko tiiviit, mutta paikoin kapeiden kalsiumhydroksiditäytteisten tartuntasäröjen heikentämät.				
Huokokset	Suojahuokosia (\varnothing 0,02–0,8 mm) on kohtalaisesti. Tiivistyshuokosia ($\varnothing < 2,8$ mm) on melko vähän, ja ne ovat muodoltaan pääosin säännöllisiä, pyöristyneitä.				
Säröt, pinta	Yksittäisiä, maksimissaan 6 mm syvyydelle ulottuvia mikrosäröjä, jotka myötäilevät kiviainesta.				
Säröt, sisäosa	Ei havaittu.				
Kiteytymät	Huokosissa on vähäisiä, omamuotoisia kalsiumhydroksidikiteytymiä. 0–1 mm syvyydellä yläpinnasta huokosissa on kalsiittikiteytymiä.				
AKR (silikageeli)	Ei havaittu.				
Muita huomioita	-				



Kuva 14. Näyte A4, karbonatisoitunut ja kalsiittikiteytymiä sisältävä vyöhyke näytteen yläpinnalla.

Tulokset

Betonilieriönäytteet ovat pysäköintihallin pilarin ja pilarianturan betonista. Betoni on laadultaan tyydyttävää, pääosin johtuen paikoin heikoista kiviainestartunnoista sekä epäsäännöllisestä huokoisuudesta ja/tai mikrohuokoisuuden vaihtelusta.

Betoni on molemmissa rakenteissa koostumukseltaan samankaltaista. Pilarissa hyvin, pilarin anturassa keskinertaisesti tiivistynyttä. Kiviaines koostuu pääosin granitoidivaltaisesta murskeesta ja on ehjää, pääosin rapautumatonta ja hyvälaatuista. Kivi- ja sideaineksen tartunnat eivät kaikilta osin ole täysin tiiviit, mikä voi jossain määrin vaikuttaa betonin lujuteen.

Sideaines on karkearakeista portlandsementtiä. Vain kahdessa pilarin anturan näytteessä havaittiin yksittäisiä lentotuhkapalleroita, mutta kaikissa näytteissä sideaines on hieman läpinäkymätön ja pieniä opaakkeja kappaletta on runsaasti, mikä voi viitata seosaineeseen. Seosaineen määrä voi olla vähäinen tai se on niin hyvin aktivoitunutta, ettei sitä analyysissä (kaikissa näytteissä) havaittu.

Suojahuokostus on puutteellinen, eikä betoni arviolta huokosrakenteensa perusteella ole pakkasenkestävää kosteusrasituksessa.

Muilta osin pilarin ja pilarianturan näytteiden tuloksia käsitellään seuraavassa erikseen:

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

Näyte	Rakenneos/pinta	Laatu	Kunto	Karbonatisoituminen [ka]	Pakkaskesto/huokostäytteet	Rapautuneisuus
1	Pilari/ulkopinta	tyydyttävä	välttävä	31 mm	Ei/Vähän haitallisia kiteytymiä (ettringiitti)	0–4 mm: voimakasta 4–15 mm: kohtalaista 15–45 mm: ei rapautumaa
2	Pilari/ulkopinta	tyydyttävä	hyvä	26 mm	Ei/Ei haitallisia kiteytymiä	Ei rapautumaa
3	Pilari/ulkopinta	tyydyttävä	tyydyttävä	15 mm	Ei/Vähän haitallisia kiteytymiä (ettringiitti)	0–7 mm: kohtalaista 7–45 mm: ei rapautumaa
4	Pilari/ulkopinta	tyydyttävä	välttävä	20 mm	Ei/Vähän haitallisia kiteytymiä (ettringiitti)	0–10 mm: voimakasta 10–35 mm: ei rapautumaa

Karbonatisoituminen on keskimäärin kohtalaisen syvälle tai syvälle edennyt. Betoni on huokoisuuden suhteen hieman epäsäännöllistä, näytteissä 1 ja 2 huokoset muodostavat paikoin ryppäitä tai pintaa kohti kulkevia jonoja, mikä voi muodostaa paikallisia heikkousvyöhykkeitä tai lisätä betonin läpäisevyyttä, mikäli runsaampaa huokoisuutta on pinnan lähellä. Myös sideaineen mikrohuokoisuudessa on vaihtelua.

Näytettä 2 lukuun ottamatta näytteiden ulkopinnalla on rapautumiseen viittaavaa säröilyä. Säröilyn syntysyy ei ole täysin selkeä. Säröily on paikoin piirteiltään enemmän pakkasrapautumisen tyyppistä, kiviainesta myötäilevää, mutta paikoin kiviainesta leikkaavaa ja vaikuttaa pikemminkin jonkin ulkoisen kemiallisen rasituksen aiheuttamalta. Säröilyyn ei kuitenkaan liity merkittäviä sekundäärisiä kiteytymiä, näytteessä 4 nähtävää ettringiittiä lukuun ottamatta, eikä selkeää sideaineen muuttumista, mikä olisi tyyppillistä esim. sulfaattirasitukselle.

Taulukko 2. Tulosityhteen veto pilarianturat. Näytemateriaalin laatua ja kuntoa on kuvattu arviolla hyvä, tyydyttävä, välttävä tai heikko. Karbonatisoitumisesta on annettu ohuthieestä varmistettu tulos. Pakkaskestävyyttä on arvioitu huokosrakenteen perusteella vertaamalla tunnettuun näytteeseen, jonka huokosjako on 0,31. Rapautuneisuutta on kuvattu arviolla ei rapautumaa, orastavaa, vähäistä, kohtalaista tai voimakasta. Kaikkien arvioiden perustana on käytetty ohuthieanalyysistä saatuja tuloksia.

Näyte	Rakenneseosa/ pinta	Laatu	Kunto	Karbonati- soituminen [ka]	Pakkaskesto/ huokostäytteen	Rapautuneisuus
A2	Pilariantura/ yläpinta	tyydyttävä	hyvä	8 mm	Ei/Yksittäin umpeutuneet (ettringiitti, kalsiitti)	0–14 mm: Orastavaa 14–45 mm: Ei rapautumaa
A3	Pilariantura/ yläpinta	tyydyttävä	hyvä	2 mm	Ei/Vähän haitallisia kiteytymiä (ettringiitti, kalsiitti)	0–8 mm: Orastavaa 8–45 mm: Ei rapautumaa
A4	Pilariantura/ yläpinta	tyydyttävä	hyvä	2 mm	Ei/Vähän haitallisia kiteytymiä (kalsiitti)	0–2 mm: Orastavaa 2–45 mm: Ei rapautumaa

Karbonatisoituminen on pilarin anturan pinnalla odotetusti vähäistä. Näytteissä on vähäisiä viitteitä (happaman) veden aiheuttamasta sideaineen liukenemisestä/muuttumisesta. Siihen viittaavat vähäiset kalsiittikiteytymät, jotka voivat olla uudelleenkiteytymistä, sekä kalsiumhydroksidista köyhtynyt vyöhyke. Tämä orastava rapautuminen on kuitenkin hyvin vähäistä ja betonin lujuuden kannalta arviolta vähämerkityksistä tai merkityksetöntä.

Analyysin merkittävimmät havainnot ja johtopäätökset:

- betoni on koostumukseltaan samankaltaista molemmissa rakenteissa
- pilarinäytteiden pinnalla on rapautumisen aiheuttamaa säröilyä, jonka syntysyy ei ole selkeä
- pilarianturan pinnalla on orastavaa rapautumista, joka on arviolta liukenemisen aiheuttamaa

WSP Finland Oy

tekijä:
Pirkko Kekäläinen
petrografi, FM
pirkko.kekalainen@wsp.com

tarkastaja:
Elina Lehtonen
petrografi, FT

Tekninen vastuhenkilö, testaus, raportointi:



Kari Peippo, RI / tj.

Tilaja: WSP Finland Oy Heikkiläntie 7 00210 Helsinki	Tilaus/ pvm.: Hanna Pohto/15.11.2018 Näytteiden saap.pvm.: 16.11.2018
Kohde: As. Oy Lapinniemen Luotsi ja Solmu, P-halli	
Tehtävä: Mikrorakennetutkimus ohuthieestä, 3 kpl; testaus 27.11.2018 Mikroskooppivalokuva, 1 kpl; 27.11.2018	

NÄYTTEET

Tilajaan toimittamana 3 kpl ohuthieitä, jotka oli varustettu tunnuksilla: WLA 1, -7 ja -8.

Ohuthieet arvioitiin suunniteltuihin testauksiin soveltuviksi.

TUTKIMUKSET

Ohuthieet tutkittiin Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n Koski TI:n toimipisteessä polarisaatiomikroskoopilla. Ohuthieet oli valmistettu 28 mm x 48 mm:n kokoisille näytelaseille. Tutkimuksissa noudatettiin standardia *ASTM C856 – 18a* soveltuvin osin.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:llä on FINAS-akkreditointi betonin ohuthietutkimuksille ja laattakokeelle rasitusluokissa XF2 ja XF4 (akkreditoitu testauslaboratorio T208, *SFS-EN ISO/IEC 17025*).

TULOKSET

Tutkimustulokset koskevat tähän toimeksiantoon sisältyneitä ohuthienäytteitä.

Tekninen vastuhenkilö, testaus, raportointi:



Kari Peippo, RI / tj.

OHUTHIETUTKIMUKSET

WLA 1, seinämäinen pilari, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 45 – 46 mm (ulottuvuus syvyys suunnassa). Hienäyte ei ulotu rakenteen läpi.

- Ulkopinnassa on yhdestä osakerroksesta koostuva 0,03 – 0,45 mm paksu orgaaninen maalipinnoite, jossa on harvakseltaan epämääräisen muotoisia huokosia (pituus <0,28 mm). Mineraalisia täyteaineita ei ole. Maalipinnoitteessa ei ole halkeamia ja sen kontakti alustana olevaan betoniin on kunnossa.
- Betoni on karbonatisoitunut noin 28 – 32 mm:n syvyyteen ulkopinnasta.
- Betonissa on harvakseltaan pallomaisia suojahuokoskoon ilmahuokosia (Ø 0,06 – 0,55 mm). Ei ole havaittavissa varsinaista lisähuokostusta, millä perusteella betonia ei voida nykyvaatimusten mukaan luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa. Lisäksi on muutamia epämääräisen muotoisia tiivistyshuokosia (pituus <1,4 mm).
- Huokostiloissa ei ole täytekiteytymiä.
- Vesi-sementtisuhde vaikuttaa tavanomaiselta ja hydrataatioaste tavanomaista korkeammalta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkää. Pääkivilajina on graniitti. Suurin raekoko on ohuthieestä mitattuna yli # 7,7 mm. Ko. kivirae ulottuu ohuthieen ulkopuolelle. Sideaine-runkoainekontaktit ovat ehjät.
- Betonissa ei ole halkeamia.

WLA 7, pilari, ulkopinta

Näytteen pituus ohuthieessä on 46 mm (ulottuvuus syvyys suunnassa). Hienäyte ei ulotu rakenteen läpi.

- Ulkopinnassa on yhdestä osakerroksesta koostuva <0,29 mm paksu orgaaninen maalipinnoite, jossa on harvakseltaan epämääräisen muotoisia huokosia (pituus <0,08 mm). Mineraalisia täyteaineita ei ole. Maalipinnoitteessa ei ole halkeamia. Maalipinnoite on irti alustana olevasta betonista noin 13 mm:n matkalta. Maalin mukana on irronnut <0,8 mm:n paksuudelta alustana olevaa betonia. Maalipinnoite puuttuu kokonaan noin 7,5 mm:n matkalta.
- Betoni on karbonatisoitunut noin 20 – 26 mm:n syvyyteen ulkopinnasta.
- Betonissa on muutamia pallomaisia suojahuokoskoon ilmahuokosia (Ø 0,22 – 0,8 mm). Ei ole havaittavissa varsinaista lisähuokostusta, millä perusteella betonia ei voida nykyvaatimusten mukaan luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa. Lisäksi on muutamia epämääräisen muotoisia tiivistyshuokosia (pituus <2,0 mm).
- Huokostiloissa ei ole täytekiteytymiä.
- Vesi-sementtisuhde vaikuttaa tavanomaiselta ja hydrataatioaste tavanomaista korkeammalta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkää. Pääkivilajina on graniitti. Suurin raekoko on ohuthieestä mitattuna # 9,8 mm. Sideaine-runkoainekontakteissa on muutamia paikoin rakoilua, joka viittaa betonin plastisen vaiheen vedenerottumaan tai painumaan.

Tekninen vastuhenkilö, testaus, raportointi:



Kari Peippo, RI / tj.

- Betonissa ei ole halkeamia.

WLA 8, pilari, ulkopinta

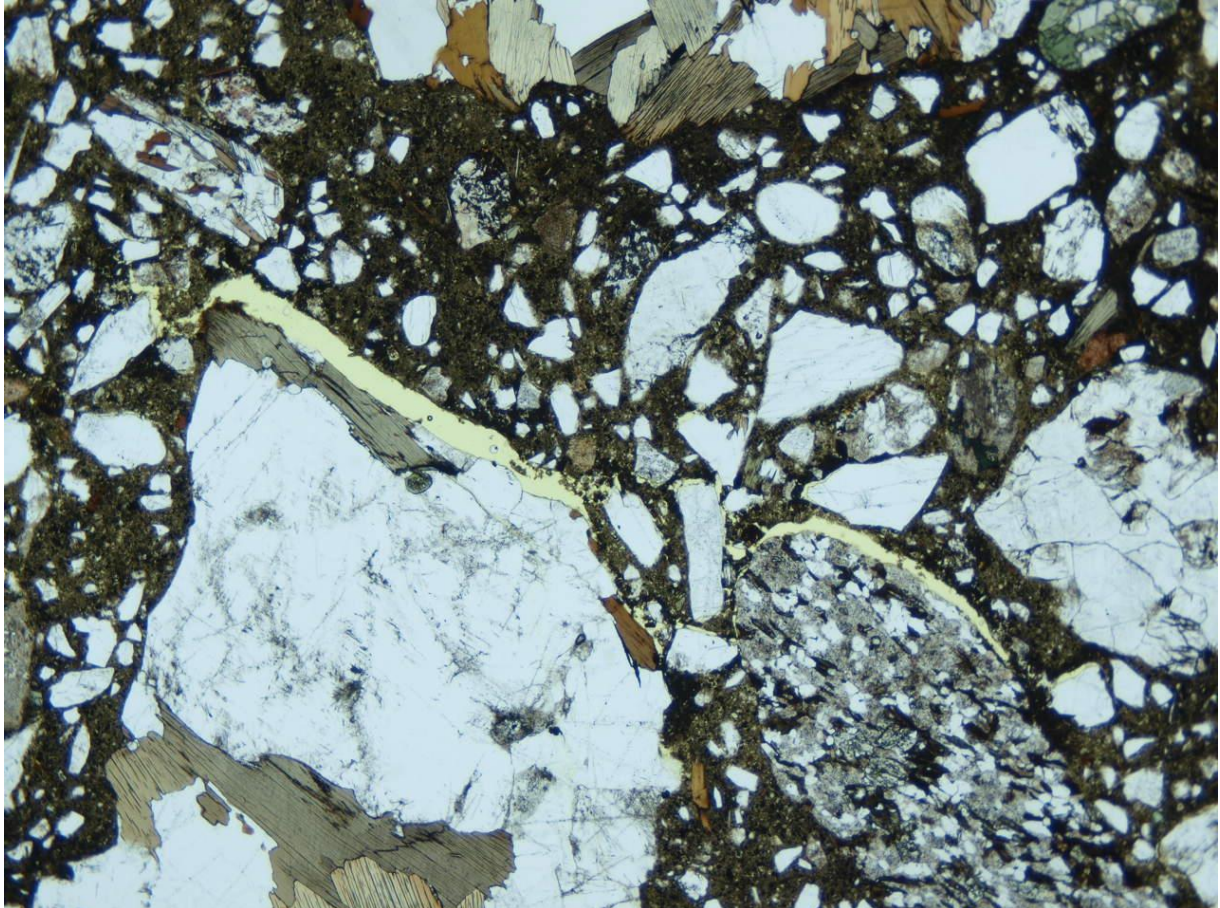
Näytteen pituus ohuthieessä on 45 – 47 mm (ulottuvuus syvyysuunnassa). Hienäyte ei ulotu rakenteen läpi.

- Ulkopinnassa on yhdestä osakerroksesta koostuva <0,30 mm paksu orgaaninen maalipinnoite, jossa on harvakseltaan epämääräisen muotoisia huokosia (pituus <0,16 mm). Mineeraalisia täyteaineita ei ole. Maalipinnoitteessa ei ole halkeamia. Maalipinnoite on irti alustana olevasta betonista noin 20 mm:n matkalta. Maalin mukana on irronnut <0,2 mm:n paksuudelta alustana olevaa betonia. Maalipinnoite puuttuu kokonaan noin 4 mm:n matkalta.
- Betoni on karbonatisoitunut noin 36 – 40 mm:n syvyyteen ulkopinnasta.
- Betonissa on muutamia pallomaisia suojahuokoskoon ilmahuokosia (Ø 0,14 – 0,55 mm). Ei ole havaittavissa varsinaista lisähuokostusta, millä perusteella betonia ei voida nykyvaatimusten mukaan luokitella pakkasenkestäväksi märissä olosuhteissa.
- Huokostiloissa ei ole täyttekiteytymiä.
- Noin 12 mm:n syvyydellä ulkopinnasta on Ø 6 mm:n teräs, joka on betonin karbonatisoituneella alueella. Teräksen ympärillä olevassa sideaineessa on havaittavissa värimuutoksia, jotka viittaavat mahdollisesti käynnistyneeseen teräskorroosioon. Teräs on osittain irti ympäröivästä betonista. Teräksestä lähtee säteen suuntaisesti 1 kpl <0,02 mm leveä ja noin 1,5 mm pitkä mikrohalkeama.
- Vesi-sementtisuhde vaikuttaa tavanomaiselta ja hydrataatioaste tavanomaista korkeammalta.
- Runkoaine on särmikkäistä ja särmiltään pyöristyneistä rakeista koostuvaa luonnonsoraa/-hiekkää. Pääkivilajina on graniitti. Suurin raekoko on ohuthieestä mitattuna # 8,7 mm. Sideaine-runkoainekontakteissa on monin paikoin rakoilua, joka viittaa betonin plastisen vaiheen vedenerottumaan tai painumaan (Kuva 1).
- Noin 0 – 3 mm:n syvyydellä ulkopinnasta on 1 kpl ulkopintaa vastaan kohtisuora <0,01 mm leveä betonin kutistumisesta aiheutunut mikrohalkeama.

Tekninen vastuhenkilö, testaus, raportointi:



Kari Peippo, RI / tj.



Kuva 1. Näyte WLA 8, pilari: Kivirakeiden ja sideainepastan välisissä kontaktipinnoissa on rakoilua. Kuva-ala on noin 5,5 mm x 7,5 mm.

Yhteenveto:

Betonin kunto: tydyttävä

Pakkasenkestävyys: ei riittävää suojuhuokostusta

Rapautuneisuus: ei pakkasrapautumasta aiheutunutta halkeilua

Muut havainnot: näytteessä WLA 8 oleva teräs on todennäköisesti alkanut ruostua

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

03.12.2018

WSP Finland Oy
 Pasi-Pekka Immonen
 pasi-pekka.immonen@wsp.com

KLORIDIPITOISUUDEN MÄÄRITYS		
Kohde: As Oy Lapinniemen Luotsi ja Solmu, P-halli	Saapumispäivämäärä: 31.10.2018	Näyttemateriaali: betoni
Näytetunnukset: WLA13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	Näytteiden tyyppi: Porausjauhe	Analyysin ajankohta: 3.12.2018

Menetelmä

Tilaaajan toimittamien näytteiden kokonaiskloridipitoisuudet on määritetty standardin SFS-EN 14629 Volhardin menetelmää soveltaen. Tulokset on ilmoitettu betonin massasta. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä.

Tulokset

Näyte	Näytteenottoaikka	Tutkitun näytteen määrä [g]	Cl ⁻ [massa-%]
WLA13	Pilari, kloridi 0-3 cm, alempaa, nro 22.	4.71	<0,01
WLA14	Pilari, kloridi 3-6 cm, alempaa, nro 22.	4.37	<0,01
WLA15	Pilari, kloridi 0-3 cm, ylempi, nro 22.	4.70	<0,01
WLA16	Pilari, kloridi 3-6 cm, ylempi nro 22.	3.85	<0,01
WLA17	Pilari, kloridi 0-3 cm, alempaa, nro 14.	1.81	<0,01
WLA18	Pilari, kloridi 3-6 cm, alempaa, nro 14.	3.67	<0,01
WLA19	Pilari, kloridi 0-3 cm, ylempi, nro 14.	4.42	<0,01
WLA20	Pilari, kloridi 3-6 cm, ylempi, nro 14.	4.73	<0,01

Menetelmän määrittäjäraja on 0,006 massa-% ja mittapöytävarmuus (95 % luotettavuustasolla) ± 0,004 massa-%. Tulokset on ilmoitettu 2 desimaalin tarkkuudella.

WSP FINLAND OY



Hanna Pohto, Laborantti
 hanna.pohto@wsp.com

WSP Finland Oy
 Laboratoriopalvelut