

Tutkimusraportti

Päiväys	8.12.2022
Projekti	Rakenne- ja kosteustekninen kuntotutkimus
Tilaaaja	Tampereen Tilapalvelut Oy, Joonas Nikula, Isännöitsijä
Kohde	Varastorakennukset B ja C, Viinikankatu 44, 33800 Tampere



Sisältö

1	Tiivistelmä.....	3
2	Yhteystiedot.....	4
	2.1 Kohde	4
	2.2 Tilaaja	4
	2.3 Tutkimuksen suorittajat	4
3	Tutkimuksen perustiedot	5
	3.1 Toimeksiannon tausta ja tavoitteet	5
	3.2 Kohteen yleistietoja	5
	3.3 Lähtötiedot	6
	3.4 Korjaushistoria	6
4	Yleistä tutkimuksesta	6
	4.1 Tutkimusten ajankohta, laajuus ja rajaukset	6
	4.2 Suoritettavat tutkimukset ja mittaukset	6
	4.3 Käytetyt mittaus- ja tutkimuslaitteet	7
5	Maanvastaiset rakenteet ja piha	7
	5.1 Rakennetyypit	7
	5.2 Havainnot ja mittaustulokset	8
	5.3 Johtopäätökset	10
	5.4 Toimenpide-ehdotukset	10
6	Ulkoseinät, sokkelit, ikkunat ja ovet	11
	6.1 Rakennetyypit	11
	6.1.1 Ulkoseinät	11
	6.1.2 Sokkelit	11
	6.1.3 Ikkunat ja ovet	11
	6.2 Havainnot ja mittaustulokset	12
	6.2.1 Julkisivut ja ulkoseinät	12
	6.2.2 Sokkelit	15
	6.2.3 Ikkunat ja ovet	18
	6.3 Mittaukset ja laboratorioanalyysit	20
	6.3.1 Ohuthieanalyysit	20
	6.3.2 Vetolujuuskokeet	21
	6.3.3 Betonipeitepaksuudet	22
	6.3.4 Karbonatisoituminen	23
	6.3.5 Betoniraidoitteiden korrosio ja korrosioriskin arviointi	24
	6.3.6 Kloridipitoisuus	24
	6.4 Johtopäätökset	24
	6.4.1 Julkisivut	24
	6.4.2 Sokkelit	25
	6.5 Toimenpide-ehdotukset	25
7	Vesikatot	26
	7.1 Rakennetyypit	26



7.2	Havainnot	26
7.3	Johtopäätökset	29
7.4	Toimenpide-ehdotukset	30
8	Yhteenveto	30
8.1	Kiireelliset toimenpiteet	30
8.2	Maanvastaiset rakenteet ja piha	30
8.3	Ulkoseinät, sokkelit, ikkunat ja ovet	31
8.4	Vesikatot	31

Liitteet

Liite 1. Tutkimuskartat, 4 sivua

Liite 2. B-varaston betoninäyteanalyysit, Mitta Oy, 19 sivua

Liite 3. C-varaston betoninäyteanalyysit, Mitta Oy, 19 sivua

Liite 4. Tutkimusmenetelmät ja -käsitteet, 4 sivua



1 Tiivistelmä

Tämän kuntotutkimuksen tavoitteena oli määrittää varastorakennuksien rakenne- ja kosteustekninen kunto. Jatko- ja korjaustoimenpiteet määritettiin kohteen tulevaa käyttöä ja ylläpitoa varten. Tutkimuskohteena on kaksi puurunkoista ja -rakenteista kylmää varastorakennusta, B ja C. Kohteen suojelutilanne on tällä hetkellä käsittelyssä. Varastojen valmistusvuosi tai -vuodet eivät ole tiedossa, mutta rakennukset ovat arviolta 1950-luvun puolivälistä tai lopulta. Varastorakennukset on kannatettu puurakenteisilla ristikkokehillä ja osin tolpparungoilla sekä tiiliväliseinillä. Alapohjat ovat maanvaraisia ja lämmöneristämättömiä betonirakenteita. Sokkelit ovat teräsbetonia. Julkisivut ovat lautaverhoiltuja peiterimalaudoituksella. Vesikatot ovat harjakattoja savikatto-tilleillä.

Varastorakennuksien B ja C kunto on merkittävästi heikentynyt. Niiden säilyttäminen edellyttäisi raskaita toimenpiteitä, joista riskialttiita, kalliita ja haastavia toteutettavia ovat kantavien rakenteiden korjaukset ja uusimiset. Vaipparakenteiden kunto lähenee peruskorjaus- tai uusimistarvetta ja osittain ikääntyneet rakenteet eivät enää toimi suunnitellusti. Vaipparakenteiden kattavan uusimistarpeen vuoksi on vaikeaa säilyttää rakennuksien nykyistä ilmettä.

Tiilikattojen uusimiseen tulee varautua osana kokonaisvaltaista korjausta. Vesikatot ovat ikääntyneitä. Kattotiilet ovat orastavasti ja osin pitkälle rapautuneita ja sammaleen peitossa. Vesikatto on paikoin vuotanut sisäpuolelle lahattaen alusrakenteita ja kantavia rakenteita. Räystäillä vaurioita on yleisemmin. Räystäät ovat umpinaisia, eikä vesi ja kosteus ole päässyt poistumaan riittävästi rakenteesta. Vesikaton kehäristikoidissa ja muissa kantavissa rakenteissa on merkkejä poikkeavasta ja liiallisesta kuormituksesta. Kehiä ja kantavia rakenteita tulee vahvistaa peruskorjauksessa. Lyhytaikaisesti tulee rajoittaa vesikaton kuormitusta lumia poistamalla.

Julkisivulaudoituksessa vaurioituminen on edennyt säärasitukseen mukaan siten, että eteläjulkisivujen kunto ei mahdollista enää kunnostamista, pohjoisjulkisivuilla on vielä käyttöikä jäljellä kunnostamalla sekä itä- ja länsisivut ja näiden ikkunat ovat tältä väliltä. Vaurioituminen on ollut pääasiassa tavanomaista ikääntymistä säärasituksesta. Erityisesti eteläjulkisivujen laudoitukset on kuivunut ja kastunut toistuvasti siinä määrin, että laudat halkeilevat voimakkaasti läpi laudoituksen syvyys- ja pituussuunnasta useasta kohtaa. Lisäksi rakennuksen liikkeet ovat rikkoneet halkeiluna merkittävässä määrin lautoja ja rimoja. Muut vauriot olivat vähäisempiä. Vanhat julkisivulaudoitukset voidaan säilyttää pohjoispuolelta ja esimerkiksi yksittäisiltä itä- tai länsisivuilta siten, että käytetään uusittavista julkisivuista ehjiä laudoituksia ja rimoja. Muut julkisivulaudoitukset uusitaan. Ikkunat joko kunnostetaan raskaasti tai uusitaan. Vanhat ovet ensisijaisesti uusitaan.

Sokkelit ovat rapautuneet pitkälle ja laaja-alaisesti, paikoin läpi rakenteen, eikä niitä ole pääosin säilytettävissä. Rapautumisen lisäksi keskeisenä vaurioitumismekanismina on ollut betoniteräksien korroosiovaurioituminen. Terästen ruostuminen on rikkonut betonia ja nopeuttanut sokkelin rapautumista. Erityisenä ongelmana on kehäristikoiden liitokset perustuksiin. Liitosteräksset olivat ruostuneet osassa liitoksissa pitkälle ja ovat hankalasti korjattavissa. Kehien ja väliseinien vaurioituneita perustuksia tulisi vahvistaa. Sokkelissa havaittiin lisäksi useita halkeamia, jotka johtuivat perustuksien ja rakenteiden liikkeistä, teräskorroosiosta ja vähäisemmin muista syistä.

Varastojen piha-alueen ja kuivatusrakenteiden peruskorjaukseen sekä alapohjan uusimiseen tulisi varautua. Alapohja on liikkunut, vaurioitunut ja elänyt voimakkaasti routimisen ja kosteusrasituksen seurauksena. Alapohjan liikkeiden takia varastojen lattioissa on huomattavia korkoeroja ja betonilaatoissa on halkeilua, kulumista ja lohkeilua. Alapohjasta ja maaperästä tuleva kosteusrasitus on merkittävä ongelma sokkeli- ja perustusrakenteissa, jotka ovat vaurioituneet ja voivat vaurioitua kosteusrasituksesta. Varastojen vierustojen kaadot ovat puutteellisia, ja rakennukset ovat hieman montussa vierustojen kaataessa rakennusta kohti. Rakennuksien salaojitukselta ei ole tietoa, eikä pihassa ole kunnollista sadevesien ohjausta ja hallintaa.



2 Yhteystiedot

2.1 Kohde

Varastorakennus B ja C
Viinikankatu 44
33800 Tampere

2.2 Tilaaja

Tampereen Tilapalvelut Oy
Joonas Nikula, isännöitsijä
joonas.nikula@tilapa.fi
p. 041 730 0617
Hermiankatu 12 c
33720 Tampere

2.3 Tutkimuksen suorittajat

Sitowise Oy puh (vaihde) 020 747 6000
Vuolteenkatu 2
33100 Tampere

Jussi Saari, Ins. YAMK,
Rakennusterveysasiantuntija RTA
044 088 3017
jussi.saari@sitowise.com

Mika Körkkö, DI,
Rakennusten lämpökuvaaja, C-26479–25–21
044 427 9301
mika.korkko@sitowise.com



3 Tutkimuksen perustiedot

3.1 Toimeksiannon tausta ja tavoitteet

Toimeksiannon tarkoituksena on suorittaa rakenne- ja kosteustekninen kuntotutkimus kohteen tulevaa käyttöä ja ylläpitoa varten. Toimeksiantoon kuuluu asbesti- ja haitta-ainekartoitus, josta laaditaan erillinen raportti.

Tavoitteena on määrittää varastorakennuksien rakenne- ja kosteustekninen kunto kattavasti. Tarvittavat jatko- ja korjaustoimenpiteet määritetään kohteen tulevaa käyttöä ja ylläpitoa varten.

3.2 Kohteen yleistietoja

Kohteenä on kaksi puurunkoista ja -rakenteista kylmää varastorakennusta (yleiskuvat sijainnista alla olevissa kuvissa). Kohteen suojelutilanne on tällä hetkellä käsittelyssä. Varastojen valmistusvuosi tai -vuodet eivät ole tiedossa, mutta rakennukset ovat arviolta 1950-luvun puolivälistä tai lopulta kiinteistön muiden vastaavien rakennuksien perusteella. Rakennukset ovat avoimia halleja muuten, mutta sisäpuolelle on tehty puurakenteisia tasoja varastointia varten.

Rakennusta ja vesikattoa on kannatettu puurakenteisilla kehäristikoidella, joita on noin neljän metrin välein. Varaston jakaa keskeltä kahteen osaan kantava, yhden tiilen paksuinen tiilimuuraus. Kantavat päädyt ovat tolpparakenteisia. Hallien julkisivut ovat lautaverhoiltuja peiterimalaudoituksella. Julkisivuissa on jäämiä vanhasta maalipinnoitteesta. Vesikatot ovat harjakattoja savikatotiileillä. Aluskatteena toimii bitumikermi. Halleissa on puurakenteisia yksilasisiä ja -puitteisia ikkunoita. Ovet ovat metallirakenteisia. Sokkelit ja perustukset ovat betonirakenteisia. Rakennuksien perustamistapa ei ole tiedossa, mutta oletettavasti rakennukset on perustettu maanvaraisesti betonianturoiden varaan. Yksittäisiä kehien anturoita on näkyvissä. Sokkelissa on paikallisilla alueilla jäämiä rappauspinnoitteesta. Alapohjat, lattiat ovat maanvaraisia, lämmöneristämättömiä ja pinnoittamatonta betonia. B-osan pohjoispäädystä on lisäksi erillinen pienempi puurakenteinen varastokoppi.

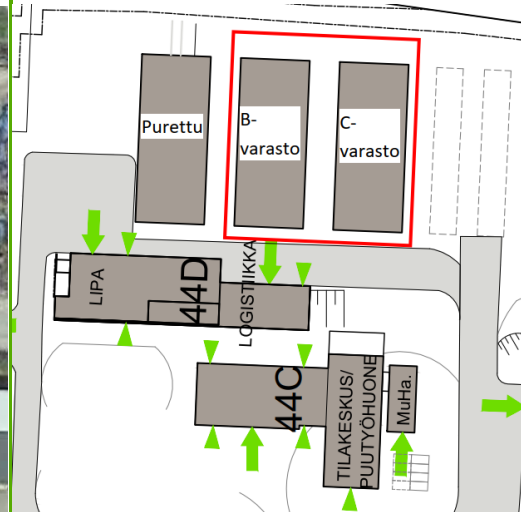
Kohteen yleistietoja on esitelty alla:

Käyttökohteet:	Varasto
Rakennuksia:	2
Kerros määrä:	1
Pinta-ala:	n. 20x48 m / rakennus
Vesikatto:	Harjakatto, n. 1:2,5
Lämmitys:	Lämmittämätön





Rakennukset ilmakuvassa (google.com/maps), vasemmalla oleva halli on purettu



Rakennukset alueopasteessa

3.3 Lähtötiedot

Käytössä olleet lähtötiedot on lueteltu alla. Lisäksi tutkimuksen aikana saatiin suullisia tietoja isännöitsijältä. Käytössä oli seuraavia asiakirjoja:

- Asbesti- ja haitta-ainekartoitusraportti, Varastorakennus A (viereinen jo purettu vastaavanlainen varastorakennus), JK Mikrobiteknikka Oy, 22.9.2021
- Alueen alueopaste vuodelta 2017

3.4 Korjaushistoria

Rakennuksen korjaushistoria ja -laajuudet eivät ole tarkemmin tiedossa. Havaintojen mukaan erilaisia pienempiä korjauksia ja rakenneosien uusimisia on tehty eri vaiheissa.

B-varaston pohjoispäätyyn on asennettu uudempi ovi. Varastojen sokkeliin on valettu uusia pinta-kerroksia. Paikallisesti on tehty kokonaan uusia valuja. Valaistuksia ja sähköjä on uusittu tai lisätty. Yksittäisiä tai muutamia julkisivujen rimoja ja lautoja on uusittu. Alapohjaan on tehty pieniä paikkausvaluja. Yläpohjaan ja ulkoseinään on lisätty joitakin tukirakenteita. Lisäksi joitakin muita pienempiä ylläpitäviä korjauksia on tehty.

4 Yleistä tutkimuksesta

4.1 Tutkimusten ajankohta, laajuus ja rajaukset

Kenttätutkimukset suoritettiin 3.–8.11.2022. Tutkimukseen kuului varastorakennus B, varastorakennus C ja näiden piha-alue. Tutkimus perustui tutkimussuunnitelmaan.

Tutkimus keskittyi alapohja-, vesikatto- ja ulkoseinärakenteisiin. Tutkimuksen yhteydessä suoritettiin asbesti- ja haitta-ainekartoitus, josta on laadittu erillinen raportti.

4.2 Suoritettavat tutkimukset ja mittaukset

Tutkimusmenetelmät ja -käsitteet ovat tarkemmin liitteenä 4. Tutkimus koostui pääkohtittain seuraavista tutkimuksista ja mittauksista:

- Aistinvarainen kartoitus ja kartoitus käsityökaluilla maanpinnalta ja henkilönostimella
- Rakenne- ja kosteuskartoitus
- Rakennetyyppien tarkennukset ja rakenneavaukset
- Betoninäytteenotto sokkeleista (varastosta B 2 ohuthie-, 1 kloridi- ja 6 vetolujuusnäytettä sisältäen karbonatisoitumissyvyyden sekä varastosta C 2 ohuthie-, 1 kloridi- ja 5 vetolujuusnäytettä sisältäen karbonatisoitumissyvyyden)

4.3 Käytetyt mittaus- ja tutkimuslaitteet

Tutkimuksessa käytettiin seuraavaa mittaus- ja tutkimuskalustoa:

- Rakennekosteusmittaus: Gann Hydromette RTU 600 Jh, M20-anturi (anturit kalibroitu 5/2022)
- Poraus- ja käsityökalusto
- Betonipeitepaksuusmittari Proceq Profoscope +


5 Maanvastaiset rakenteet ja piha

5.1 Rakennetyypit

Alapohjat ovat samanlaisia molemmissa halleissa. Alapohjat ovat maanvaraisia ja lämmöneristämättömiä betonilaattoja. Keskialueilla on paksumpia ja yhtenäisempiä valuja. Reuna-alueilla betonilaattoja on noin 1 neliömetrin kaistoissa. Laattojen saumoissa on käytetty lautoja.

Kaikki rakenneavaukset on merkitty liitteen 1 tutkimuskarttoihin. Edellä mainitut rakenteet rakenneavauksien perusteella on esitelty alla:

Rakenneavaukset RA.11-AP-B ja RA.10-AP-C, alapohjarakenne AP1 keskialueella

Todettu mitta (mm)	Rakenne, materiaali	
150-180	Betoni, pinnoittamaton	
-	Hiekkainen sora	
-		
-		

Rakenneavaukset RA.10-AP-B ja RA.11-AP-C alapohjarakenne AP2 reuna-alueilla, noin 1x1 m kaistoja

Todettu mitta (mm)	Rakenne, materiaali	
100-120	Betoni, pinnoittamaton	
-	Hiekkainen sora	

Rakennuksien itä- ja länsisivuilla on vierustoilla istutuksia, kuten puita ja nurmikkoa. Maa-aines on pääasiassa hiekkaa tai hienojakoisempaa. Eteläpuolella on asfalttia. Pohjoispäädyissä on hiekkaa

ja soraa kulkuväylillä. Pohjoispäätyjen vierustalla on lisäksi istutuksia ja hienoa maa-ainesta. Rakennuksien ympärillä ja välissä on myös muita hiekkateitä.

Rakennuksien kuivatusjärjestelmistä ei ole tietoa. Kattovedet ohjataan rakennuksen vierustalle. Sadevesille ei ole erillisiä sadevesijärjestelmiä.

5.2 Havainnot ja mittaustulokset

Alapohjan, sokkeleiden ja vierustan tarkastelua rajoitti vierustalla ja sisäpuolella oleva tavara. Havainnot on merkitty liitteen 1 tutkimuskarttoihin. Havainnot on esitetty kuvilla tekstien jälkeen.

Alapohjassa vaurioitumista on havaintojen mukaan aiheutunut merkittävimmin alustan liikkeistä, normaalista kulumisesta sekä rapautumisesta ja kosteusrasituksesta. Alapohjan betonilaatat olivat liikkuneet paikoin voimakkaasti alustan liikkeistä. Laattojen saumoissa oli erottuvia korkoeroja. Etenkin B-varastossa oli voimakasta liikettä. B-varaston länsisivulla betonilaatat kaatavat sokkeliä kohti. Keskialueelle on valettu luiskakerroksia korkoerojen vuoksi.

Alapohjalaatoissa on useita halkeamia. Halkeilua on erityisesti ovien edustoilla ja kulkureiteillä. Betonia on lisäksi lohkeillut näiltä rasitetuimmilta alueilta. Osittain halkeamat ja lohkeamat ulottuvat myös asfaltille.

Alapohjalaatan yläpinnan kiviaines on paljastanut ja kulunut laaja-alaisesti. Kiviaines on näkyvästi yleisesti keskialueen kulkuväylillä. Reuna-alueilla kiviaineksen paljastuminen on paikallisempaa.

Alapohjatäyttö oli rakenneavauksissa sorapainotteista. Seassa oli kuitenkin siinä määrin hiekkaa ja hienoainesta, ettei täyttö toimi arviolta kapillaarikatkona. Laatoissa oli paikoin kalkkihärmää, joka voi johtua myös yläpuolisesta kosteusrasituksesta.

Itä- ja länsisivuilla sekä osin pohjoispäädyissä ei ole kunnollista kaatoa rakennuksista pois päin. Eri-tyisesti B-varastossa rakennus on hieman montussa vierustaan verrattuna, ja vierustalla kasvaa erottuvasti sammalta verrattuna C-varastoon. Maatäytössä on paikoin kuoppia ja epätasaisuutta. Vierustojen kasvillisuus on hoitamaton ja kiinni rakennuksissa. Vierustalla ei havaittu salaojien tarkastuskaivoja, eikä ole tietoa onko rakennukset salaojitettu.

Sokkeleissa on näkyvästi sisäpinnoilla laaja-alaisesti kalkkihärmää viitaten kosteuden nousuun maaperästä. Ulkopinnoilla kalkkihärmää on paikallisemmin niin ylä- kuin alapinnoilla.

Eteläpäätyjen vierustan asfaltti halkeilee paikoin voimakkaasti. Vesi lammikoituu paikallisesti asfaltin vaurioiden takia. Asfaltilla kasvaa rakennuksen vierustalla yleisesti sammalta.



Yleiskuva rakennuksista ja vierustoista rakennuksien välistä eteläpäädyistä



Yleiskuva pohjoispuolelta rakennuksesta ja alueesta



Yleiskuva C-varaston sisäpuolelta



C-talo, etelä: asfaltissa sammalkasvustoa



B-varasto, länsi: varasto hieman montussa, hoitamaton kasvillisuutta ympärillä



B-varasto: alapohja halkeillut ja lohkeillut, jälkivalu tehty korkerojen vuoksi



B-varasto: betoni kiviaineksella kulkuväylällä



B-varasto: oven edustalla voimakasta asfaltin ja betonin halkeilua



C-varasto: reunalaattojen halkeilu ja kulumista, kalkkihärmää



Sokkelissa voimakasta kalkkihärmää

5.3 Johtopäätökset

Alapohjiin ja perustuksiin kohdistuu merkittävää kosteusrasitusta vierustasta, sadevesistä ja maaperästä. Tämä kosteusrasitus on vaurioittanut ja voi vaurioittaa sokkeli-, perustus- ja alapohjarakenteita. Vierusta pidättää ja kaataa veden rakennusta kohti. Vierustan kasvillisuus lisää kosteusrasitusta pitämällä maaperän kosteampana sekä estämällä sokkelin ja perustuksien kuivumista. Katto- ja sadevedet ohjautuvat vierustalle. Maaperässä on käytetty kapillaarista maa-ainesta, jonka kosteus nousee betonirakenteita pitkin.

Vierustan, piha-alueen, sadevesijärjestelmän ja kuivatusrakenteiden peruskorjaukseen sekä alapohjan uusimiseen vähintään ulkoseinä- ja väliseinälinjoilta tulisi varautua. Alapohjan uusimislaajuus on sen verran laaja, että uusiminen kokonaan on perusteltua alapohjan rakenteen ja vaurioiden takia. Alapohjan betonilaattojen liikkeet viittaavat, että osin maa-aines on niin hienojakoista, että alusta routii tai routimattomat kerrokset eivät ole riittäviä varsinkaan reuna-alueilla. Alapohjan routimisen vaikutus käyttöön on arviolta vähäinen muuten, mutta keskialueiden vauriot vaikuttavat haitallisesti kulkemiseen. Lisäksi routiminen vaikuttaa varastotasojen runkoihin. Maatäyttö on voinut myös painua. Keskialueilla maaperästä nouseva kosteusrasitus heikentää laattojen säilyvyyttä muun muassa rapautumisena ja kulumisena.

5.4 Toimenpide-ehdotukset

Tutkimustuloksien perusteella ehdotetaan seuraavaa maanvastaisille rakenteille ja piha-alueelle:

- Alapohjarakenteet maatäyttöineen uusitaan vähintään ulko- ja väliseinälinjoilta, mutta ensisijaisesti kokonaan. Mikäli alapohja säilytetään keskialueilta, se kunnostetaan esimerkiksi halkeamien ja lohkeamien korjauksilla ja valuilla sekä kulutuspinnojen uusimisella.
- Piha-alueet peruskorjataan siten, että ulkopuolelle rakennetaan kuivatus- ja sadevesijärjestelmät, ulkopuolinen routa- ja vedeneristys asennetaan ja maanpinta kallistetaan rakennuksesta pois päin.


6 Ulkoseinät, sokkelit, ikkunat ja ovet

6.1 Rakennetyypit

6.1.1 Ulkoseinät

Ulkoseinät ovat puurakenteisia. Ulkoseinät on kannatettu kehillä ja tiilimuurauksella pitkillä sivuilla ja tolilla (rankarungolla) päädyissä. Julkisivulaudat on kiinnitetty vaakapalkkeihin. Hallien julkisivut ovat pystylautaverhoituja peiterimalaudoituksella. Julkisivut ovat olleet alun perin maalattuja vaalealla maalilla, mutta maali on pääosin kulunut. Rakenteet havaintojen ja pistomaisten mittauksien perusteella ovat seuraavia:

Ulkoseinärakenne yleensä havaintojen ja mittauksien mukaan

Todettu mitta (mm)	Rakenne, materiaali	
n. 25x38	saumarimoitus	
n. 22x150	pystylaudoitus, maalijäämiä	
50x125 tai 50x150 n. k900-k1000	vaakapalkit, sahatavara	
-	kehäristikot / tiiliväliseinä / tolpat (n. 50x150, k900-k1000) (runko)	

6.1.2 Sokkelit

Sokkelit ovat teräsbetonirakenteisia ja paikallavalettuja. Sokkelin korkeus vaihtelee pääosin noin 300-700 mm välillä. Betoni on pääasiassa säästöbetonia. Sokkeleissa havaittiin paikoin ohut sementtipohjainen rappauspinnoite ulkopinnassa. Sisäpinnat ovat pinnoittamattomia. Betoninäyteporaukset on merkitty liitteen 1 tutkimuskarttoihin. Sokkelirakenne on esitetty alla olevassa taulukossa.

Sokkelirakenne näyteporauksien perusteella

Todettu mitta (mm)	Rakenne, materiaali	
2-4	Rappaus, sementtipohjainen, osittain, pääasiassa kulunut	
255-275	Teräsbetoni	
-	pinnoittamaton muottilautapinta	

6.1.3 Ikkunat ja ovet

Rakennuksen ikkunat ovat yksilasisia ja -puitteisia puuikkunoita. Muutamia ikkunoita on ummistettu tai muutettu tuuletusaukoiksi.

Päätyjen ulko-ovet ovat metallirakenteisia ja peltiverhoiltuja liukuovia. Rakennuksien puolivälissä on metallirakenteinen väliovi (palo-ovi). Yleiskuvat edellä mainituista rakenteista on esitetty alla.



Yleiskuva ikkunasta sisäpuolelta



Vanha päätyovi



B-varaston pohjoispäädyssä uudempi ovi



Väliovi

6.2 Havainnot ja mittaustulokset

6.2.1 Julkisivut ja ulkoseinät

Julkisivuissa pääasiallinen vaurioituminen on tapahtunut havaintojen mukaan puulaudoituksen normaalista ikääntymisestä. Käytetty puu on laadukkaan oloista, mutta oksaista. Julkisivulaudoitus on säärasituksesta kuivunut ja kastunut toistuvasti, halkeillut ja harmaantunut. Vaurioituminen on tapahtunut pääasiassa loogisesti siten, että eteläjulkisivujen kunto on heikoin, pohjoisjulkisivujen parhain sekä länsi- ja itäsivujen tältä väliltä. Itä- ja länsisivuilla julkisivua on osin suojeleut viereiset rakennukset ja kasvillisuus.

Toissijaisesti, mutta määrällisesti ja rakenteellisesti merkittävästi vaurioitumista on aiheutunut arviolta perustuksien ja rungon liikkeistä. Liikkeet havaitaan pääosin halkeiluna. Lisäksi lautoja ja etenkin rimoja on irtoillut ja rikkoutunut runsaasti alustan liikkeistä. Sisäpuolelta näkyy valoa julkisivujen halkeamista ja avoimista saumoista. Sisäpinnoilla on avoimien saumojen ja halkeamien seurauksena vesivuotojälkiä, ja saumat ovat tummuneet kosteudesta yleisesti. Lisäksi laudoituksessa on lähinnä alaosissa toistuvaa lahoa. Laholle suotuisat olosuhteet on muodostunut julkisi-



vuihin roiskuvasta tai kulkeutuvasta kattovedestä, julkisivuista alaosiin ja mahdollisesti taakse kulkeutuvista vesistä sekä sokkelista siirtyvästä kosteudesta. Julkisivulaudat ovat osin sokkelissa kiinni ja/tai niiden väli on tukkeutunut.

Eteläjulkisivujen halkeilu säärasituksesta on ollut tyyppillisesti erittäin voimakasta. Samassa laudassa on useita pystysuuntaisia ja syviä halkeamia. Eteläjulkisivuilla on myös useita isompia halkeamia sekä lautoja ja rimoja rikkoutunut. Rimoja puuttuu laajoilta alueilta, ja niitä on uusittu ja jatkettu. Lautojen ja rimojen alaosia on hieman lahonnut.

Itä- ja länsisivuilla on eniten alueellista vaihtelua julkisivujen kunnossa. Näiden sivujen eteläpuolella on usein voimakkaampaa vaurioitumista eteläpäätysten tapaan. C-varaston itäsivu on ollut avoin ja vaurioitunut yleisemmin pitkälle eteläjulkisivun tapaan. B-varaston länsisivulla on myös erottuvaa halkeilua, mutta myös alueellista vaihtelua. Länsisivu ei ole ollut alun perin avoin, vaan sitä on suojannut A-varasto. Muissa julkisivuissa on myös alueellista tai jopa lautakohtaisesti eroja halkeamien ja vaurioiden etenemisessä. Tähän on vaikuttanut mm. ulkoiset tekijät, kuten puuston tai viereisen rakennuksen luoma suojaus, kosteusrasitus esimerkiksi vesikatolta ja julkisivusuunnasta sekä sisäiset erot puun laadussa ja maalipinnan kunnossa.

Itä- ja länsijulkisivujen pituuden vuoksi rakenteelliset halkeamat ja liikkeet ovat olleet merkittävä ja säännöllinen vaurioitumisen syy. Rikkoutuneita ja puuttuvia rimoja on runsaasti. Laudoissa on useita halkeamia sekä osin aukkoja ja repeämiä. Alaosan lahovaurioita on korostetuimminkin C-varaston länsisivulla, mutta myös muilla sivuilla on toistuvia lahovaurioita. C-varaston länsisivun julkisivulaudat vaikuttavat muuten pitkistä sivuista vähiten vaurioituneilta.

Pohjoispäädyissä on muutamia tai useampia isompia mahdollisia rakenteellisia halkeamia molemmissa varastoissa. Julkisivujen halkeilu on pääasiassa vielä maltillista verrattuna muihin julkisivuihin. Useita rimoja kuitenkin puuttuu ja on rikkoutunut. Pohjoisjulkisivuissa on maalijäämiä yleisemmin koko julkisivussa. B-varaston erillinen varastokoppi on osin suojannut julkisivua ja sokkelia.

Vanha vaalea maalipinnoite on kulunut säärasitetuimmilta pinnoilta. Maalia on selkeämmin jäljellä lähinnä räystäiden alla ja muilla suojatuilla pinnoilla. Itä-, länsi- ja pohjoissivuilla ja osin eteläpäädyissä maalipinnoitetta on haaleasti jäljellä.

Ulkoseinissä ja julkisivuissa on muodonmuutoksia erityisesti pitkillä sivuilla. Vaakapalkit ovat sisäpuolella vääntyneitä. Julkisivulautoja ja rimoja on irtoillut ja rikkoutunut alustan liikkeistä. Julkisivulaudoitus on pullistunut vaakasuunnassa siten, että noin 2 metrin matkalla voi olla muodostunut 30 mm uloke reuna-alueisiin (runkoon) verrattuna. Julkisivussa ja sokkelissa on useita halkeamia, jotka usein alkavat kehien ja niiden perustuksien kohdalta. Ikkunat aaltoilevat alustan ja julkisivujen liikkeistä. Osittain ikkunoiden puitteet ja karmit näyttävät vääntyneiltä liikkeistä. Päädyissä on näkyvissä myös useita halkeamia sekä lautojen ja rimojen irtoamisia. Osa niiden halkeamista jatkuu sokkeliin.

Väliseinän tiilimuuraus jatkuu osittain ulkopuolelle. Muurauksen julkisivu on ollut maalattu, mutta maalipinta on kulunut laajalti. Julkisivuina olevat tiilet ja muurauslaastit olivat rapautuneet myös laajalti. Sisäpuolella tiilimuurauksessa ei ollut havaittavissa merkittävää vaurioitumista, mutta tiiliä on rikkoutunut aukkojen ympäriltä. Yllä mainittuja havaintoja on esitetty kuvilla alla.





B-varasto, eteläpääty: julkisivulaudoituksen halkeilu voimakasta



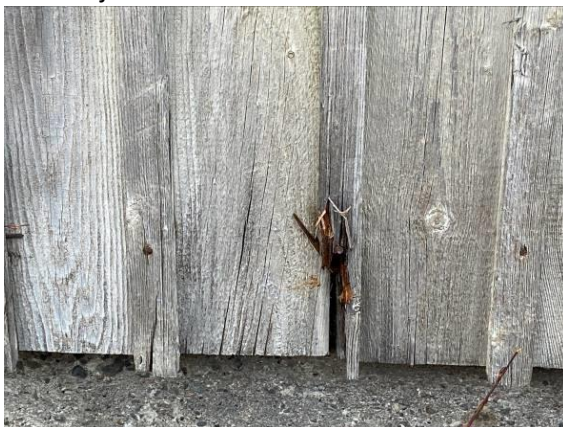
B-varasto, etelä: useita rimoja puuttuu, lautoja rikkoutunut



B-varasto, etelä: valo näkyy julkisivusta läpi, vesivuotojälkiä etenkin saumoissa



B-varasto, itä: kattovedet kastelevat julkisivujen alaosa



C-talo, länsi: julkisivu halkeillut etenkin alaosasta, alaosassa myös lahoa



Maalipinnoite säilynyt ehjempänä räystääiden alta



B-talo: sokkelin halkeama jatkuu julkisivuun rikkoen laudan



C-talo, itä: tiilimuurauksessa suurempi halkeama, tiiliä rapautunut, maalipinnoite kulunut



B-talo: sokkelin (perustuksien) halkeama jatkuu ulkoseinään



C-talo, itä: ulkoseinän vaakapalkit vääntyneet

6.2.2 Sokkelit

Sokkeleissa pääasiallisena vaurioitumismekanismina on ollut havaintojen mukaan betonin rapautuminen, jota on edesauttanut betoniteräksien korroosiovauriot sekä voimakas kosteusrasitus vierustasta ja maaperästä. Sokkelit ovat rapautuneet pitkälle ja laaja-alaisesti. Erityisesti eteläpäädyissä rapautumavauriot ovat edenneet syväälle, laajalti läpi rakenteen. Pohjoispäädyissä on myös laaja-alaisia vaurioita etenkin C-varastossa, jossa betoniteräksiset ovat jääneet liian lähelle ulkopintaa ja ruostuneet. B-varaston pohjoispäädyn sokkeliä on suojannut ulkopuolinen varastokoppi ulko-oven toiselta puolen. Länsi- ja itäisivuilla pitkälle edenneet vauriot ovat enemmän paikallisia, mutta myös laaja-alaisia määrältään. Vaurioituminen on ollut voimakkainta B-varaston länsisivulla, jossa on teräksiä jäänyt liian lähelle ulkopintaa. Sokkelien vaurioita ei ole pelkästään ulkopinnassa, vaan vaurioituminen on voinut alkaa tai tapahtua sisäpinnasta. Rapautuminen on alkanut yleisemmin yläosasta kuin alaosasta, mutta rapautumista on myös läpi sokkelin ja/tai alaosassa.

Rapautumisen lisäksi keskeisenä vaurioitumismekanismina on betoniteräksien säännöllinen korroosiovaurioituminen niin sisä- kuin ulkopinnasta. Terästen ruostuminen on rikkonut betonia ja edistänyt pakkasrapautumista. Erityisenä ongelmana on kehäristikoiden ruostuneet teräksiset liitokset betoniin. Sokkeleissa havaittiin lisäksi useita halkeamia, jotka johtuivat perustuksien ja rakenteiden liikkeistä, teräskorroosiosta, kuivumiskutistumasta ja vähäisemmin muista syistä.

Jo varasroimalla havaittiin sokkelin ulkopinnalla pitkälle edennyttä rapautumista (betoni vaimeaa ja/tai murenee pinnasta syvemältä) arviolta seuraavanlaisesti:

- B-varaston eteläpäädyssä yli 60 %, pohjoispäädyssä yli 20 %, itäisivussa 10-15 % ja länsisivussa 20-25 %
- C-varaston eteläpäädyssä yli 30 %, pohjoispäädyssä yli 40 %, itäisivussa 10-15 %, ja länsisivussa 10-15 %

Sisäpuolelta tarkasteltuna todellinen laajuus on vielä suurempi, koska sisäpuoliset vauriot eivät ole kaikilta osin samoissa kohdissa. Sisäpuolista tarkasteltua rajoitti edessä ollut tavara. Osin tavara rajoitti myös ulkopuolista tarkastelua, ja yllä mainittuja prosenttiosuuksia on arvioitu tarkastellun alueen perusteella.

Sokkelissa havaittiin useita ja toistuvia ruostuneita teräksiä, jotka ovat rikkoneet betonin ja nopeuttaneet betonin rapautumista. Teräksien peitepaksuuksissa oli alueellisia eroja. Alueellisesti teräksiä on jäänyt säännöllisesti liian lähelle ulkopintaa, ja ne ovat toistuvasti ruostuneet ja rikkoneet betonia. Sokkelissa on harvakseltaan betoniteräksiä aistinvaraisesti ja betonipeitepaksuusmittarilla mitattuna. Pystyteräksiä, 6 mm, oli näkyvissä noin 900 mm välein. Kehien kohdalla on enemmän raudoitusta. Ainoastaan näyteporauksessa 06 havaittiin teräs. B-varaston näytteessä 06 oli teräs (16 mm), joka oli kehäsokkelista. Teräs oli yli 50 mm syvyydessä.

Kehät on liitetty betoniperustuksiin u-profiilisilla teräksillä levyillä ja pulteilla. Yksittäisistä liitoksista betoni oli rikkoutunut ja lohkeillut teräslevyn pitkälle edenneen korroosioaurioitumisen seurauksena. Liitoskohtia varasroimassa oli havaittavissa myös muutamissa muissa liitoksissa koptoa, jolloin on todennäköisestä, että teräkset ovat alkaneet ruostumaan ja betoni vaurioitumaan.

Sokkelin betoni oli näytelieriöissä suhteellisen tasalaatuista. Merkittävimpiä eroja aiheutti sideainne vaihteleva liukeneminen ja näytteen huokoisuus. Näytteiden ulko- tai sisäpinnat näyttivät usein harventuneilta. Osassa näytteissä oli isoja tiivistyshuokosia. Tiivistyminen oli pääosin tyydyttävää tai korkeintaan hyvää, koska erityisesti kiviainestartuntoja oli auki. Usea näytteistä katkeili ja oli hiekoittunut. Näytteet katkesivat yleensä raekooltaan suuremman kiviaineksen liittymästä.

B-varaston sokkelin näyteporauksissa 02 ja 09 sekä C-varaston näyteporauksissa 02, 04 ja 05 pitkälle rapautunut betoni mureni, eikä betonista saatu ehjää kokonaista näytettä. C-varaston poraukset 02 ja 05 porattiin läpi. Betoni oli näytteessä 02 sisä- ja ulkopinnasta rapautunut. Välissä oli ehjempää betonia. Näytteessä 05 oli ehjempää betonia sisäpinnassa.

Kehien kohdalla sokkeli oli tyypillisesti kunnoltaan parempi verrattuna ympäröivään sokkeliin. Ero oli usein selkeä, jota korostaa sokkelin halkeilu kehään liittyessä. B-varastossa on näkyvissä yksittäisiä anturoita kehien sokkeleiden alla. Kehät on ilmeisesti perustettu pilarianturoilla, ja pitkän sivun sokkelit ovat muuten palkkirakenteisia.

Sokkelia on paikkailtu eri vaiheissa. Ovi-aukkoihin on tehty yksittäisiä jälkivaluja. Sokkeleiden yläpintaan on tehty uusia valuja. Yksittäisissä näytteissä myös sokkeliin pintaan oli valettu arviolta uusia kerroksia tai paikkavaluja.

Sokkelissa on ollut alun perin ilmeisesti ohut rappauspinnote. Pinnote on suurimmaksi osaksi kulunut pois. Betoni on julkisivun vaurioitumisasteen perusteella joko muotti-, rappaus- tai kiviainepinnalla. Rappauspintaa on vaihtelevasti pitkillä sivuilla. Yllä mainittuja havaintoja on esitetty kuvilla alla.





C-varasto, etelä: sokkelin kiviaines irtoaa vasa-roidessa rapautumisen seurauksena



Halkeama kehän kohdalla, betonin pinta eh-jempi



B-varasto, etelä: sokkeli rapautunut läpi, ruostuneita teräksiä sisäpinnalla



C-talo, pohjoinen: betoni rapautunut pitkälle, ruostuneita teräksiä pinnalla



B-varasto, etelä: sokkeliin valettu paikkavalu



B-varasto, länsi: sokkeli rapautunut pitkälle ylä-osasta alkaen, ruostuneita teräksiä



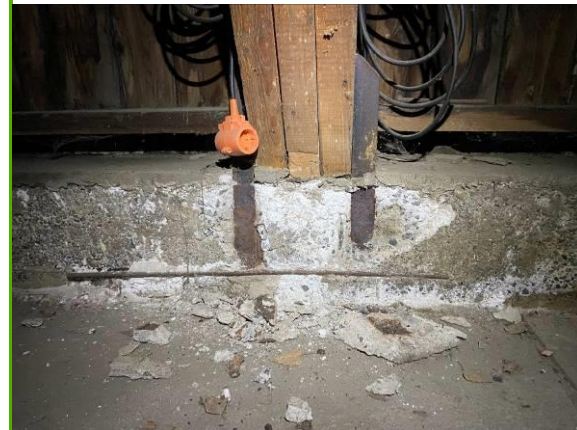
B-varasto, länsi: sokkeli rapautunut alaosasta, kohta tummunut



B-varasto, itä: kehän kohdalla näkyvissä mahdollinen antura



Kehän liitoksen kohdalla erotettavissa erillinen ja/tai parempilaatuinen valu



B-varasto: liitosteräket ruostuneet ja rikkoneet betonin, kalkkihärmää kosteusrasituksesta

6.2.3 Ikkunat ja ovet

Ikkunat ovat suurimmaksi osaksi suojaisessa sijainnissa räystään alla. Ikkunoiden paljaat alaosat ovat säärasitetumpia. Ikkunoiden alaosat näyttivät usein tummentuneelta kosteudesta. Pistomaisesti tarkastettuna ikkunoissa ei havaittu merkittävää lahoa, vaikka pinnat ovat pehmenneet. Ikkunoiden puuosat ovat harmaantuneet ja halkeilleet julkisivujen tapaan. Ikkunoiden yläosissa ja välilistoissa oli säilynyt maalipinnoite suhteellisen ehjänä suojaten puuosia.

Ikkunat ovat toistuvasti vääntyilleet rakennuksen liikkeistä. Useita laseja oli rikkoutunut mahdollisesti tästä syystä. Muutamia aukkoja oli laitettu umpeen tai muutettu muuhun käyttöön.

Ikkunalasien kittaukset olivat yleisesti kovettuneet, jolloin ne halkeilivat, putoilivat tai olivat jo pudonneet. Lasipuitteiden kulmaraudat olivat ruostuneet voimakkaasti ja alkanee irtoilemaan.

Ulko-ovet vaikuttivat toimintakuntoisilta, vaikka hieman ikääntyneiltä. Ovien peltiverhouksissa ja rungossa oli vääntymiä, iskujälkiä ja muodonmuutoksia. Vanhat ovet roikkuvat hieman. Teräsrunko oli alkanut ruostumaan laaja-alaisesti. Myös uudemman oven rungossa oli ruostetta.

Ulko-ovien yllä on vedenohjauspelti. Pellin kiinnitykset olivat ruostuneet. Uudemman oven pellityksen kiinnitykset olivat uusittu. Yllä mainittuja havaintoja on esitetty kuvilla alla.





B-varasto: yleiskuva ikkunoista ulkopuolelta, ikkunariveissä muodonmuutoksia



Rikkoutunut ikkunalasi



C-varasto: Lasikittaukset kovettuneet ja kuluneet, kulmaraudat ruostuneet, ikkunat tummuneet alaosasta, puu harmaantunut ja halkeilee



C-varasto: lasituskittauksia tippunut, kulmaraudat ruostuneet, maalipinnoite ehjänä välitilassa ylöspäin mentäessä



C-varasto: rikkoutunut lasi, ikkunoiden puuosien kunto parempi yläosissa



Ulko-oven rungossa ruostetta, ovi lähes kiinni maan tasossa

6.3 Mittaukset ja laboratorioanalyysit

Sokkeleista porattiin betonilieriönäytteitä laboratorioanalyysijä varten seuraavasti:

- varasto B: 2 ohuthie-, 1 kloridi- ja 6 vetolujuusnäytettä sisältäen karbonatisoitumissyvyyden
- varasto C: 2 ohuthie-, 1 kloridi- ja 5 vetolujuusnäytettä sisältäen karbonatisoitumissyvyyden

Näytteitä otettiin sekä läpi sokkelista että katkaistuna ulko- ja sisäpinnasta. Näytteillä selvitettiin muun muassa betonin vaurioitumissyitä, -astetta ja vaurioitumisen etenemistä. Näytteenottokohdat on merkattu liitteen 1 tutkimuskarttoihin. Näytevastaukset ovat liitteinä 2 (B-varasto) ja 3 (C-varasto). Lisäksi sokkelin ulkopinnasta mitattiin betonipeitepaksuudet B- ja C-varastosta.

6.3.1 Ohuthieanalyysit

B-varaston ohuthieanalyysit (48 mm) teetettiin näytteistä 05 ja 07. Näyte 05 oli sisäpinnasta idän suunnasta ja näyte 07 ulkopinnasta lännen suuntaan. Betonista voidaan todeta seuraava näytteiden perusteella:

- Betonin laadussa on puutteita, ja sen kunto on heikentynyt. Laadussa on puutteita heikentyneiden kiviainestartuntojen ja paikoin epätasaisen mikrotekstuurin takia. Betonin tiivistyminen on keskinkertaista tai hyvää. Kunto on heikentynyt arviolta kosteuden aiheuttamasta kemiallisesta rapautumisesta. Sideaine on muuttunut rapautumisesta, mikä arviolta johtaa lopulta sideaineen murenemiseen ja kiviaineen paljastumiseen. Lisäksi näytteissä on karbonatisoituminen edennyt syvälle. Paikoin havaittiin bi-karbonatisoitumista, joka voi alentaa betonin lujuutta.
- Betoni on tavanomaista. Kiviaines on soraa ja soramursketta. Kiviaines on pääosin ehjää ja rapautumatonta. Betonin sideaines on karkearakeista portlandsementtiä, jossa on kalkkikivifillereitä. Mikrohuokoisuus on paikoin hyvin epätasainen arviolta veden erottumisesta johtuen.
- Betoni ei ole arviolta huokosrakenteensa perusteella pakkasenkestävää kosteusrasituksessa. Näytteissä havaittiin kohtalaisesti epäsäännöllisiä pieniä huokosia, jotka ovat arviolta veden erottumisen aiheuttamia.
- Näytteen 07 ulkopinnalla havaittiin pintarapautumista ja sideaineen liukenemistä. Näytteiden pinnoilla kiviaines on paljastunut 2-3 mm syvyydelle.
- Näytteissä havaittiin yksittäisiä pääosin plastisia, kovettumaan betoniin syntyneitä halkeamia.

C-varaston ohuthieanalyysit (76 mm) teetettiin näytteistä 03 ja 06. Näyte 03 on ulkopinnasta idän suuntaan ja näyte 06 kehän sokkelista lännen suuntaan. Betonista voidaan todeta seuraava näytteiden perusteella:

- Näytteissä on puutteita laadussa. Laadulliset puutteet ovat betonin epätasaisessa mikrotekstuurissa, pinnan vastaisessa halkeilussa ja heikentyneissä kiviainestartunnoissa. Näytteiden kunto on heikentynyt arviolta kosteuden ja pakkasen aiheuttaman rapautumisen vuoksi. Näyte 03 on rapautunut syvälle 0-69 mm ja näytteessä 06 on viitteitä rapautumasta pinnassa (0-10 mm). Lisäksi näytteessä 03 karbonatisoituminen on edennyt erittäin syvälle rakenteeseen ja näytteessä 06 kohtalaisen syvälle. Näytteessä 03 korkea mikrohuokoisuus on mahdollistanut karbonatisoitumisen etenemisen syvälle. Sideaines on paikoin bi-karbonatisoitunutta, mikä alentaa betonin lujuutta.
- Näytteiden betoni on tavanomaista. Kiviaines on soraa ja soramursketta. Kiviaines on pääosin ehjää ja rapautumatonta. Betonin sideaines on karkearakeista portlandsementtiä, jossa on kalkkikivifillereitä ja masuunikuonaa. Mikrotekstuuri on paikoin epätasainen arviolta veden erottumisesta johtuen. Betoni on keskimäärin hyvin tiivistynyttä.



- Betonissa on suojahuokosia vähän, eikä se ole arviolta pakkasenkestävää huokosrakenteensa perusteella. Näytteissä havaittiin kohtalaisesti pieniä huokosia, jotka ovat arviolta veden erottumisen aiheuttamia. Kosteusrasitukseen viittaavia kiteytyymiä havaittiin vähäisesti näytteessä 06.
- Näytteen 03 suurin ongelma on arviolta kosteuden aiheuttama kemiallinen rapautuminen. Näytteessä 06 havaittiin myös viitteitä rapautumasta. Rapautumisesta sideaine on paikoin muuttunut, joka arviolta lopulta johtaa sideaineen murenemiseen ja kiviaineen paljastumiseen. Näytteessä 03 havaittiin myös pakkasrapautumaan viittaavaa halkeilua lähellä ulkopintaa.
- Näytteessä 03 havaittiin ulkopinnalla pintarapautumista.
- Näytteessä 06 on piirteiltään plastisia halkeamia.
- Näytteen 06 ulkopinnalla on maksimissaan 4,2 mm paksu ja yksikerroksinen laastipinnoite. Laasti on sementtilaastia, jossa kalkkikivifillieriä. Laastin tartunta betoniin on paikoin avoin.

6.3.2 Vetolujuuskokeet

B-varaston vetolujuudet teetettiin näytteistä 01, 03, 04, 05 (ulkopinta), 06 ja 08. Tulosten yhteenveto on esitelty alla olevassa taulukossa. Tulokset ovat tarkemmin liitteessä 2.

Taulukko: B-varaston sokkelibetoninäytteiden vetolujuudet

Tunnus	Näytteenottoaika ja näytetiedot	Tulos (MN/m ²)	Murtokohta ja -tapa	Poikkeamat ja huomiot
01	Sokkeli, länteen, pinta ehjä, lähellä vaurioaluetta, kehästä	0,61	3-5 mm ulkopinnasta, pääosin myötäilee kiviainesta	Kappaleet liimattu yhteen ennen vetoa
01, uusinta		1,54	17-27 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	
03	Sokkeli, itään, rappauspinta ehjä, ylempänä / halkeamassa orastavaa vaurioitumista, kehän vieressä	0,87	35-50 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	
03, uusinta		1,20	21-37 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	
04	Sokkeli, itään, kehä, rappauspinta ehjä	1,00	30-45 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	Veto tehty 7-47 mm ulkopinnasta
04, uusinta		1,70	7-17 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	
05	Sokkeli, itään, näyte läpi, veto ulkopinnasta, lähellä vaurioalueita	0,39	17-27 ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	
05, uusinta		1,17	39-54 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	
06	Sokkeli, pohjoiseen, lähellä vaurioalueita	0,70	9-19 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	Veto tehty 5-89 mm ulkopinnasta
06, uusinta		1,12	20-37 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	
08	Sokkeli, länteen, lähellä alaosassa vaurioita, kohdassa ei merkittäviä vaurioita	0,28	43-50 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	
08, uusinta		0,54	11-42 mm ulkopinnasta, pääosin myötäilee kiviainesta	Murtokohdassa kivi, jonka halkaisija n. 1/3 halkaisijasta

B-varaston näytteiden vetolujuudet ovat lähes kaikissa vetokokeissa heikentyneitä, osin merkittävästi. Osassa uusintavedoissa tulokset ylittävät 1,5 MPa. Näytteessä 04 ensimmäistä murtoa on voinut selittää isompi kivi. Näytteessä 01 ulkopinnassa on halkeileva alue, ja syvempänä betoni on parempikuntoista. Murtokohdissa ei ole tyyppillisesti poikkeavuutta selittäviä kiviä tai teräksiä yhtä



uusintavetoa lukuun ottamatta. Murtoja on tapahtunut läheltä ulkopintaa ja hieman syvempää, mutta enemmän ulkopinnasta kuin sisäpinnasta. Tulokset viittaavat pääasiassa siihen, että rapautuminen on edennyt jonkinasteisesti tai pitkälle. Rapautumisaste vaihtelee hieman rasituksen ja betonilaadun mukaan. Paras tulos oli kehän betonissa 04 uusintavedossa. Lisäksi kehänäytteen 01 uusintavedon tulos yli 1,5 MPa. Näissä näytteissä myös karbonatisoituminen on edennyt hitaasti. Vetokokeiden tulkintaa vaikeuttaa, että betoni on todennäköisesti ollut lähtökohtaisesti heikkoa vetolujuudelta. Ohuthieanalyysit ja aistinvaraiset havainnot tukevat kuitenkin rapautumista.

C-varastosta sokkelin vetolujuudet teetettiin viidestä näytteestä (01, 05, 07, 08 ja 09). Tulosten yhteenveto on esitelty alla olevassa taulukossa. Tulokset ovat tarkemmin liitteessä 3.

Taulukko: C-varaston sokkelibetoninäytteiden vetolujuudet

Tunnus	Näytteenottoaika ja näytetiedot	Tulos (MN/m ²)	Murtokohta ja -tapa	Poikkeamat ja huomiot
01	Sokkeli, pohjoiseen, ylemmän vaurioita, kiviaines hieman paljastunut	1,55	32-43 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	Veto tehty 10-55 mm ulkopinnasta
05	Sokkeli, etelään, sisäpinta, näyte läpi, ulkopinta rapautunut ja mureni	1,16	54-54 mm sisäpinnasta, myötäilee kiviainesta	
05, uusinta		1,60	19-32 mm sisäpinnasta, leikkaa kiviainesta	
07	Sokkeli, länteen, ehjä, kehän vierestä	0,59	45-61 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	
07, uusinta		0,79	84-90 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	
08	Sokkeli, länteen, näyte läpi, rappauspinta ehjä, ei merkittävää vaurioitumista	0,45	7-23 ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	
08, uusinta		0,52	158-178 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	
09	Sokkeli, itään, sisäpinta, kalkkihärmää, pinta paljaana	0,24	12-21 mm sisäpinnasta, myötäilee kiviainesta	
09, uusinta		0,66	8-14 mm sisäpinnasta, myötäilee kiviainesta	

C-varaston näytteiden vetolujuudet olivat yleisesti heikentyneitä. Näytteissä on viitteitä jonkinasteiseen tai pitkälle edenneeseen rapautumiseen. Näytteessä 01 tulos ylittää 1,5 MPa, ja näytteessä 05 tämä arvo ylittyy uusintavedossa. Näytteessä 05 ulkopinta (näyte porattu läpi) oli jo valmiiksi harventunut ja rapautunut. Veto on tehty ehjemmästä sisäpinnan lieriöstä. Tästä lieriöstä heikompi vetotulos on saatu näytteen ulkopinnasta. Muissa näytteissä on viitteitä pitkälle edenneeseen rapautumaan. Murto on tapahtunut yleensä ulkopinnasta, mutta näytteessä 07 murto on tapahtunut syvempää ja näytteen 08 uusintavedossa murto on tapahtunut lähempänä sisäpintaa. Murtokohdissa ei ole poikkeavuutta selittäviä kiviä tai teräksiä lukuun ottamatta mahdollisesti näytteen 08 ulkopintaa. Betonin vetolujuus on ollut todennäköisesti lähtökohtaisesti alhainen B-varaston tapaan.

6.3.3 Betonipeitepaksuudet

B-varaston sokkelin ulkopinnan betonipeitepaksuusmittauksien tulokset on esitelty alla olevassa taulukossa. B-varaston betonipeitepaksuuksien keskiarvo on 33,0 mm (50 mittapistettä). Teräkset ovat keskiarvoltaan suhteellisen syvällä, mutta tuloksissa on suurta vaihtelua. Yli 30 % teräksistä



on 25 mm tai sen alle ja yli 20 % on 20 mm tai sen alle. Merkittävä osa teräksistä on siten jäänyt lähelle ulkopintaa. Tämä on mittauksien ja havaintojen mukaan osittain alueellista.

Taulukko: B-varaston sokkelin ulkopinnan betonipeitepaksuudet

Peitepaksuusmittausten jakautuminen												
Syvyysalue (mm)	0...5	6...10	11...15	16...20	21...25	26...30	31...35	36...40	41...45	46...50	51...55	56...60
Havainto raudoiteteräksestä (kpl)	2	4	2	3	5	6	6	4	5	4	7	2
Havainto raudoiteteräksistä (%)	4,0	8,0	4,0	6,0	10,0	12,0	12,0	8,0	10,0	8,0	14,0	4,0

C-varaston sokkelin ulkopinnan betonipeitepaksuusmittauksien tulokset on esitelty alla olevassa taulukossa. C-varaston betonipeitepaksuuksien keskiarvo on 35,3 mm (49 mittapistettä). Teräksset ovat B-varaston tapaan suhteellisen syvällä, mutta hajonta on suurta. Yli 30 % teräksistä on 25 mm tai sen alle ja yli 20 % on 20 mm tai sen alle. Merkittävä osa teräksistä on jäänyt siten lähelle ulkopintaa B-varaston tapaan. Tämä on mittauksien ja havaintojen mukaan myös osittain alueellista.

Taulukko: C-varaston sokkelin ulkopinnan betonipeitepaksuudet

Peitepaksuusmittausten jakautuminen												
Syvyysalue (mm)	0...5	6...10	11...15	16...20	21...25	26...30	31...35	36...40	41...45	46...50	51...55	56...60
Havainto raudoiteteräksestä (kpl)	0	3	3	5	5	1	3	8	6	6	7	2
Havainto raudoiteteräksistä (%)	0,0	6,1	6,1	10,2	10,2	2,0	6,1	16,3	12,2	12,2	14,3	4,1

6.3.4 Karbonatisoituminen

Karbonatisoitumissyvyydet määritettiin kaikista ohuthie- ja vetolujuusnäytteistä. Näytteille laskettiin tuloksien perusteella karbonatisoitumiskertoimet, mutta useassa näytteessä karbonatisoituminen oli läpi rakenteen. Lisäksi varastojen tarkka ikä ei ole tiedossa, jolloin on käytetty tiukkaa arviota, vuotta 1960.

B-varaston karbonatisoitumissyvyyden määrittämisen tulokset ja karbonatisoitumiskertoimet on esitelty alla olevassa taulukossa. B-varaston näytteissä karbonatisoitumisen etenemisessä on suurta vaihtelua. Näytteissä 03, 06 ja 07 karbonatisoituminen on edennyt läpi. Näytteessä 05 karbonatisoituminen on ollut voimakasta sisä- ja ulkopinnassa. Näytteessä 01 karbonatisoituminen on ollut vähäistä sekä näytteissä 04 ja 07 kohtalaista. Betonin laatueroja on havaittavissa karbonatisoitumisen perusteella. Näyte 03 on karbonatisoitunut läpi, mutta viereisestä kehän sokkelista otetussa näytteessä karbonatisoituminen on maltillista. Karbonatisoitumisnopeuteen on vaikuttanut rappauskerroksen kunto. Lisäksi keskeisesti on voinut vaikuttaa sokkelin pysyminen märkänä, jolloin karbonatisoituminen on hidastunut.

Taulukko: B-varaston sokkelinäytteiden karbonatisoitumissyvyydet ja -kertoimet

Näyte	Ulkopinnan karb.syvyys vaihteluväli / keskimäärin (mm)	Ulkopinnan karb.kerroin (mm/va)	Sisäpinnan karb.syvyys, vaihteluväli / keskimäärin (mm)	Sisäpinnan karb.kerroin (mm/va)
01	4-9/7	0,9	-, katkaistu	-
03	100-120	>15,2 (läpi)	-, katkaistu	-
04	15-25/21	2,7	-, katkaistu	-
05	30-läpi/45	5,7	55 (suureen kiveen asti)	>7,0
06	läpi	läpi	läpi	läpi
07	18-25/21	2,7	-, katkaistu	-
08	55-67 (läpi)	>8,5	-, katkaistu	-



C-varaston karbonatisoitumissyvyyden määrittämisen tulokset ja karbonatisoitumiskertoimet on esitelty alla olevassa taulukossa. C-varaston näytteissä karbonatisoituminen on edennyt suurimassa osassa näytteissä voimakkaasti B-varaston tapaan. Näytteissä 01, 05 ja 07 karbonatisoituminen on edennyt läpi. Ainoastaan näytteessä 06, joka on kehän sokkelista, karbonatisoituminen on ollut maltillista.

Taulukko: C-varaston sokkelinäytteiden karbonatisoitumissyvyydet ja -kertoimet

Näyte	Ulkopinnan karb.syvyys vaihteluväli / keskimäärin (mm)	Ulkopinnan karb.kerroin (mm/va)	Sisäpinnan karb.syvyys, vaihteluväli / keskimäärin (mm)	Sisäpinnan karb.kerroin (mm/va)
01	133	>16,9 (läpi)	-, katkaistu	-
03	43-58/51	6,5	-, katkaistu	-
05	-, katkaistu	-	82-89 (läpi)	>11,3 (läpi)
06	8-16/11	1,4	-, katkaistu	-
07	140, katkaistu	> 17,8 (läpi)	-, katkaistu	-
08	55-60/57	7,2	120-146/135	17,1
09	-, katkaistu	-	30-34/32	4,1

6.3.5 Betoniraidoitteiden korroosio ja korroosioriskin arviointi

Pitkälle edenneen karbonatisoitumisen vuoksi suurin osa teräksistä on korroosioriskivöhykkeellä. Kehien sokkeleissa (perustuksissa) karbonatisoituminen on edennyt maltillisemmin, mutta noin 15 % ulkopinnan teräksistä on korroosioriskivöhykkeellä.

Kehien sisäpinnoilta karbonatisoituminen on havaintojen mukaan (mm. terästen korroosiovauriot ja niiden suojabetonipaksuus) ollut paljon nopeampaa. Tähän on vaikuttanut suojaamaton betoni ja mahdollinen vähäisempi kosteusrasitus.

6.3.6 Kloridipitoisuus

Sokkelista otettiin kaksi kloridinäytettä (näytteet 10 ja 10) molemmista varastoista. Näytettä otettiin noin 0-35 mm syvyydestä rikkoutuneelta betonipinnalta pohjoispäädystä sekä itä- ja länsisivusta.

Näytteiden kloridipitoisuus oli alle määrittämissä, <0,01 massa-%. Täten poikkeavia pitoisuuksia ei todettu.

6.4 Johtopäätökset

6.4.1 Julkisivut

Julkisivut ovat pääasiassa jo niin ikään tyneitä, että säärasitetuimmat laudoitukset eivät suojaa saateelta ja tuulelta. Eteläpäädyissä vauriot ovat edenneet jo niin pitkälle, ettei julkisivuja ole säilytettävissä. Pohjoispäädyjen sekä osin itä- ja länsisivujen julkisivuissa on käyttöikä jäljellä. Itä- ja länsisivuilla vaurioita on myös muistakin syistä sen verran merkittävästi, että niitä ei ole säilytettävissä kokonaan. Korjausvaihtoehtona on pyrkiä säilyttämään varastoista yksittäisiä itä- tai länsisivuja käyttämällä purettavien julkisivujen ehjiä lautoja ja rimoja. Raskain vaihtoehto on säilyttää pelkätään pohjoispäädyt, jolloin muut julkisivut uusitaan. Ulkoseinän alustan ja rungon vaurioiden



vuoksi suositellaan julkisivulaudoitusten ja -rakenteiden poistamista rungon ja perustuksien korjauksien ajaksi, ettei alustan liikkeitä vaurioita julkisivuja.

Alkuperäiset ja uusitut julkisivut on mahdollista maalata, jolloin julkisivut ovat yhtenäisempiä. Irrotetuista vanhoista laudoista ja rimoista poistetaan harmaantunut ja nukkaantunut puu ennen pintakäsittelyä. Korjauksien tekninen käyttöikäarvio on 10-15 vuotta ennen seuraavaa tarkastelutai huoltoväliä.

Julkisivuissa keskeisimpänä kosteusteknisenä puutteena on ollut katto- ja sadevesien ohjaus sekä osin mahdollisesti sokkelista nouseva tai siirtyvä kosteus, koska laudoituksia on ollut kiinni ja kosketuksessa sokkeliin. Puu on ollut sen verran laadukasta, että vauriot ovat jääneet pienille alueille. Ylimääräinen kosteusrasitus on kuitenkin nopeuttanut vaurioitumista, jolloin sen vähentäminen tai poistaminen on huomioitava kokonaisvaltaisessa korjauksessa.

Ikkunat ovat pääasiassa vielä kunnostettavissa. Kunnostaminen on kuitenkin raskasta puitteiden vääntymien, rikkoutuneiden lasien sekä puu-, teräs- ja lasitusosien heikentyneen kunnan vuoksi. Raskaan kunnostamisen vuoksi uusiminen on vaihtoehto. Osana kokonaisuutta suositellaan myös vanhojen ulko- ja väliovien uusimista sekä vaurioituneiden tiilimuurausten korjaamista.

6.4.2 Sokkelit

Sokkelin rapautuminen on johtunut laboratorioanalyysien perusteella pääasiassa kemiallisesta rapautumisesta kosteusrasituksesta. Lisäksi rapautumista on aiheuttanut pakkasrasitus. Kemiallinen rapautuminen todennäköisesti selittää sitä, että vaurioituminen on tapahtunut tyypillisesti sokkelin yläosasta alkaen. Sokkelin betoni on ollut heikkolaatuista, mikä on edesauttanut rapautumista. Kehien perustuksissa on tutkimuksen perusteella lujempaa ja parempilaatuista betonia. Merkittävä rapautumista nopeuttava tekijä on ollut kosteusrasituksen lisäksi korroosiovaurioituneet teräkset. Osa sokkeleista on rapautunut huomattavasti laajemmin liian lähelle ulkopintaa jääneistä ja ruostuneista teräksistä.

Sokkelissa on pitkälle edenneitä vaurioita sen verran kattavasti, että rakenteen säilyttäminen ei ole teknistaloudellisesti järkevää. Määrällisesti merkittäviä pitkiä sivuja voidaan pyrkiä säilyttämään poistamalla vanha vaurioitunut betoni sekä valamalla ja/tai ruiskubetonoimalla uusia kerroksia. Laboratorioanalyysien perusteella myös näiden julkisivujen sokkeleissa on orastavaa ja pitkälle edennyttä rapautumista merkittävästi, eikä säilyttäminen ole järkevää huomioiden uusimisen laajuus. Betoni on vaurioitunut syvälle rakenteeseen ja usein molemmin puolin. Betonin heikon laadun ja nopean karbonatisoitumisen vuoksi mahdollisesti säilytettävään rakenteeseen jää riskejä yhtenäistoiminnan ja piilevän vaurioitumisen, kuten teräskorroosion, kannalta. Näiden riskien poistaminen on järkevää huomioiden vähintään vaadittava sokkelien uusimislajuuus.

Korjauksen tai uusimisen kannalta merkittävänä haasteena on kehien sekä osin päätyjen ja väliseinien perustukset. Kehien betoni on kunnan puolesta paremmin säilytettävissä verrattuna muihin sokkeleihin, mutta terästen korroosio on vaurioittanut betonia ja liitosteräksiä. Kehien liitosterästen ruostumisen ja sen etenemisen vuoksi liittyy epävarmuutta liitoksen toimimiseen suunnitellusti. Korroosioriskin vuoksi myös liitoksen jättämiseen liittyy riskejä. Uusimiselle vaihtoehtona on esimerkiksi perustusten vahvistaminen ja kuormansiirto, missä teräkset (liitokset) vahvistetaan sekä uudelleenalkaloidaan ja suojataan uusilla valuilla.

6.5 Toimenpide-ehdotukset

Tutkimustulosten perusteella ehdotetaan seuraavaa julkisivuille, sokkeleille ja perustuksille:



- Ikkunat, ovet ja julkisivulaudoitukset puretaan perustuksien ja rungon korjaamisen ajaksi. Vanhat julkisivulaudoitukset asennetaan pohjoispäätyihin ja yhteen itä- tai länsisivuun molempiin varastoihin. Muut julkisivulaudoitukset uusitaan. Ikkunat ja vanhat ovet uusitaan.
- Vaurioituneet tiilet ja muurauslaastit uusitaan
- Vaihtoehtoisesti vanhat säilytettävät laudoitukset ja rimat puhdistetaan, hiotaan ja maalataan uusittavien julkisivujen kanssa.
- Vanhat sokkelit puretaan tarvittaessa kuormituksen ja tuentatarpeen mukaan osina. Uudet sokkelit muotitetaan, raudoitetaan ja valetaan.
- Kehien perustukset ja liitokset vahvistetaan ja suojataan

7 Vesikatot

7.1 Rakennetyypit

Vesikatot ovat tyypiltään harjakattoja. Vesikatteena toimii kaksikouruinen savitiili. Aluskatteena on bitumikermi. Vesikatot on kannatettu pääosin puisilla ristikkorakenteilla. Rakenne on esitelty alla havaintojen mukaan.

Yläpohjarakenne yleensä havaintojen ja mittauksien mukaan

Todettu mitta (mm)	Rakenne, materiaali
-	savikattotiili
n. 22x32-35 x 2	tiiliruoteet, ristiin, sahatavara
-	bitumikermi, aluskate
n. 20x100	alusruoteet, umpi, lauta
n. 125x125	orret, n. k 600
-	kehäristikot, rankarunko ja tiilimuuraus k n. 4000
-	hallitila



7.2 Havainnot

Vesikatot tarkastettiin nostimesta. Vesikatoille ei ole erillistä kulkua, eikä katoilla ole kattoturva- tuotteita.

Vesikatot ovat pääasiassa sammaleen peitossa. Tiilikate on alkanut rapautumaan etenkin tiilen ylä- ja osista, mutta kate kestää tyypillisesti astumista lukuun ottamatta paikallisia pitemmälle vaurioituneita alueita. Yksittäisiä tiiliä hajosi katolla kävellessä.

Räystäät ovat umpinaisia, eikä vesi- ja kosteus pääse poistumaan niistä riittävästi ja suunnitellusti. Osittain vesikatteen ja aluskatteen väli on tukkeutunut irtoaineksesta, kuten sahanpurusta. Tiilikate, räystäslaudoitukset, ruoteet ja aluskate olivat alkaneet vaurioitumaan ylimääräisesti kosteusrasituksesta. Muutamia tiiliä on rikkoutunut jokaiselta lappeelta. Vesirasitus (veden kulkeutuminen) keskittyy vesikatolla säännöllisiin väleihin ruoteiden painumisen, sammaloitumisen ja mui-



den vaurioiden perusteella. Räystäällä on jatkuvia painumia ja siirtymiä tämän seurauksena. Räystäälle ei ole sadevesikouruja, vaan vesi valuu vierustalle kastellen julkisivuja ja sokkeleita. Julkisivut ja sokkelit olivat tummuneet lähes säännöllisin välein tämän seurauksena sateisena päivänä.

Aluskate oli pääasiassa ehjä, mutta yleisesti ikääntynyt, haurastanut ja poimuuntunut. Rasitetuimilla alueilla, kuten räystäällä, bitumikermi oli halkeillut, kulunut ja rikkoutunut. Aluskate on päädyissä ja liittymissä nostettu hieman ylös, mutta liittymät ovat avoimia ja kiinnittämättömiä.

Länsisivuilla oli yksittäisiä (C-varasto) tai muutamia (B-varasto) laajempia keskialueen painuma-alueita, joissa tiiliruoteet oli lahonnut ja rikkoutunut, aluskatteessa oli halkeamia ja rikkoutumista sekä myös sisäpuolella oli näkyvissä paikoin keskittynyttä kosteusrasitusta. Sisäpuolelta aluruoteet oli paikoin lahonnut ja muutama orsi oli myös alkanut lahoamaan. Muuten sisäpuolella oli näkyvissä eri puolilla vesikattoa epäsäännöllisiä ja vähäisiä vesivuotojälkiä. Toistuvampia vuotojälkiä oli räystäällä. Vesikattojen itäisivuilla oli yksittäisiä pienempiä painuma-alueita. Lisäksi muutamia kattotiiliä puuttui lähinnä harjoilta ja päädyistä, jolloin myös alusrakenteet olivat päässeet vaurioitumaan, kuten lahoamaan.

Keskialueen tiilimuuraus on katolta pellitetty. Tiilimuuraus on ainoa vesikattoa lävistävä rakenne. Sen peltiverhous oli ruostunut laaja-alaisesti. Muurauksen vierellä oli tiilikatteen alla betonialusta. Katto-orsia on kannatettu muurauksen kohdalla betonikonsoleilla. Konsoleissa ei havaittu vaurioita.

Kehärakenteissa ja muissa kantavissa rakenteissa oli kuormitukseen viittaavia vaurioita ja muodonmuutoksia. Useita kehien vaakatkukia oli katkennut. Katto-orsissa oli säännöllisiä pituussuuntaisia ja syviä halkeamia. Orret näyttävät pyrkivän pyörähtämään ympäri. Kehissä havaittiin myös toistuvia ja osin merkittäviä halkeamia, mutta pääasiassa halkeamat olivat pintapuolisempia orsiin verrattuna. Kehissä oli liitoksissa viitteitä myös sivuliikkeisiin. Kehien näkyvissä pulteissa ja levyissä oli pintapuolista ruostetta. Kantavat tiili- ja puurakenteet on erotettu betonirakenteista bitumikermillä.

Tiilimuurauksen perustuksien betoni on myös paikoin rapautunut, sen betoniteräksiä on ruostunut rikkoen betonia ja betonipinnoilla on paikoin voimakasta kalkkihärmää. C-talon tiiliseinän itäisivuilla on yksi suurempi pystysuuntainen halkeama. Yllä mainittuja havaintoja on esitetty kuvilla alla.



Yleiskuva vesikatoista, B-varasto vastapäätä, tiilikate sammaloitunut



B-halli, länsisivu: räystäällä liikettä, katteen ja alustan vaurioita



B-halli, eteläpääty: tiiliä puuttuu, alusrakenteet alkaneet vaurioitumaan



C-talo, etelä: tiiliä puuttuu B-varaston tapaan, räystääs lahonnut



C-halli, länsi: tiilikate painunut, ruoteet lahonneet



B-halli: vesivuotojälkiä sisäpinnoilla, vuodot kas-
televat ulkoseinää



B-halli: orressa merkittävää halkeilua



C-halli: orsia ja ruodelautoja lahonnut vesivuodoista



C-halli: orsien halkeilua, betonikonsolit muurauksessa



C-halli: kehän vaakatuki katkennut



C-halli: vaakatuki kiertynyt



B-halli: tiiliväliseinän perustukset alkaneet rapautumaan, ruostunut teräs pinnalla

7.3 Johtopäätökset

Tiilikatteen vauriot eivät ole vielä edenneet niin pitkälle, etteikö vesikatto yleiskunnoltaan olisi ylläpidettävissä ja paikkakorjattavissa enintään noin 5 vuoden ajaksi tai tilanne olisi tarkasteltava uudestaan viiden vuoden päästä. Tiilikaton nopeampaa uusimista määrittää ensisijaisesti kantavien ja muiden rakenteiden korjaustarve. Ristikkokehiä sekä muita kantavia rakenteita ja perusrakenteita tulisi vahvistaa peruskorjauksessa lähivuosina (1-3 vuotta). Lisäksi paikkakorjaaminen jättäisi räystäät edelleen vaurioitumaan ja kastelemaan julkisivuja.

Tiilikaton vaurioituminen on ollut pääasiassa normaalia ikääntymistä, rapautumista säärasituksesta. Kosteusteknisesti ongelmana on ollut umpinaiset räystäät, joista kosteus ja vesi ei ole pääsyt poistumaan riittävästi. Räystäät ovat alkaneet vaurioitumaan muuta rakennetta nopeammin. Räystäät ohjaavat nykytilanteessa myös veden hallitsemattomasti vierustalle ja julkisivuihin. Aikakauden tapaan aluskatteen detaljit eivät ole täysin toimivia, mutta ne ovat ongelma lähinnä reuna-alueilla. Aluskate on toiminut pääosin tarkoituksenmukaisesti, vaikka paikallisilla alueilla keskittynyt kosteusrasitus on rikkonut myös aluskatteen.

Kehäristikoissa ja osin muissa kantavissa rakenteissa on merkkejä poikkeavasta ja liiallisesta kuormituksesta. Vesikaton kuormitus on lisääntynyt sen sammaloitumisesta ja tiilikatteen rapautumisesta. Kantavat rakenteet ovat osin ylikuormittuneita rakenteellisten ja perustusten liikkeiden ja vaurioiden perusteella. Kantavissa rakenteissa vaurioita on monipuolisesti, mikä vaikeuttaa niiden



toimivuuden arviointia. Lyhytaikaisesti tulee rajoittaa vesikaton ja kantavien rakenteiden kuormitusta lumia poistamalla.

Muurauksien perustuksissa on sokkelien tapaisia vaurioita betonin rapautumisesta ja teräksien korroosiosta. Perustuksiin kohdistuu kosteusrasitusta pääosin maaperästä. Teräksiä on jäänyt liian lähelle ulkopintaa ja ne ovat ruostuneet, kun karbonatisoitunut betoni ei ole tarjonnut enää suojaa. Perustuksien vahvistamiseen ja vaurioituneen betonin poistamiseen tulisi varautua peruskorjauksessa.

7.4 Toimenpide-ehdotukset

Lyhytaikaisesti tulee rajoittaa vesikaton kuormitusta lumia poistamalla. Tiilikatoille ja niiden kantaville rakenteille ehdotetaan seuraavia toimenpiteitä:

- Tiilikate ja sen alusrakenteet uusitaan kantaviin rakenteisiin saakka
- Kehäristikoiita ja muita kantavia rakenteita vahvistetaan
- Väliseinien perustuksista poistetaan vaurioitunut betoni ja perustuksia vahvistetaan

8 Yhteenveto

Tutkimustuloksien perusteella varastorakennuksien B ja C kunto on merkittävästi heikentynyt. Niiden säilyttäminen edellyttäisi raskaita toimenpiteitä, joista riskialttiita ja haastavia toteutettavia ovat runko- ja perustusrakenteiden pitkälle edenneiden vaurioiden korjaukset. Korjauksen raskaus huomioiden korjausriskit ovat merkittäviä kustannuksiin verrattuna.

Rakennuksien vaipparakenteiden kunto lähenee peruskorjaus- tai uusimistarvetta. Osittain teknisesti vanhentuneet rakenteet eivät enää toimi suunnitellusti. Alapohja-, sokkeli- ja perustusrakenteet ovat lähtökohtaisesti olleet kosteusteknisesti epävarmoja. Ne ovat vaurioituneet paikoin pitkälle, minkä takia näitä rakenteita joudutaan uusimaan. Varastorakennuksien yleiskunto vastaa toisiansa, mutta eroja on muun muassa erilaisen säärasisituksen ja vierustan kosteusrasituksen sekä työvirheiden vuoksi. Vaipparakenteiden kattavan uusimistarpeen vuoksi on vaikeaa säilyttää rakennuksien nykyistä ilmettä.

Toimenpide-ehdotukset ovat koottuna alla edellisten lukujen mukaan. Monipuolisten kantavien rakenteiden vaurioiden takia toimenpiteet suositellaan tehtävän 1-3 vuoden sisällä. Näiden toimenpide-ehdotuksien lisäksi voi olla myös muita korjausvaihtoehtoja. Toimenpiteet edellyttävät hanke- ja korjaussuunnittelua.

8.1 Kiireelliset toimenpiteet

Lyhytaikaisesti tulee rajoittaa vesikaton kuormitusta lumia poistamalla.

8.2 Maanvastaiset rakenteet ja piha

Tutkimustuloksien perusteella ehdotetaan seuraavaa maanvastaisille rakenteille ja piha-alueelle:

- Alapohjarakenteet maataytöineen uusitaan vähintään ulko- ja väliseinälinjoilta, mutta ensisijaisesti kokonaan. Mikäli alapohja säilytetään keskialueilta, se kunnostetaan esimerkiksi halkeamien ja lohkeamien korjauksilla ja valuilla sekä kulutuspinnojen uusimisella.
- Piha-alueet peruskorjataan siten, että ulkopuolelle rakennetaan kuivatus- ja sadevesijärjestelmät, ulkopuolinen routa- ja vedeneristys asennetaan ja maanpinta kallistetaan rakennuksesta pois päin.



8.3 Ulkoseinät, sokkelit, ikkunat ja ovet

Tutkimustulosten perusteella ehdotetaan seuraavaa julkisivuille, sokkeleille ja perustuksille:

- Ikkunat, ovet ja julkisivulaudoitukset puretaan perustuksien ja rungon korjaamisen ajaksi. Vanhat julkisivulaudoitukset asennetaan pohjoispäätyihin ja yhteen itä- tai länsisivuun molempiin varastoihin. Muut julkisivulaudoitukset uusitaan. Ikkunat ja vanhat ovet uusitaan.
- Vaurioituneet tiilet ja muurauslaastit uusitaan
- Vaihtoehtoisesti vanhat säilytettävät laudoitukset ja rimat puhdistetaan, hiotaan ja maalataan uusittavien julkisivujen kanssa.
- Vanhat sokkelit puretaan tarvittaessa kuormituksen ja tuentatarpeen mukaan osina. Uudet sokkelit muotitetaan, raudoitetaan ja valetaan.
- Kehien perustukset ja liitokset vahvistetaan ja suojataan

8.4 Vesikatot

Tiilikatoille ja niiden kantaville rakenteille ehdotetaan seuraavia toimenpiteitä:


- Tiilikate ja sen alusrakenteet uusitaan kantaviin rakenteisiin saakka
- Kehäristikoita ja muita kantavia rakenteita vahvistetaan
- Väliseinien perustuksista poistetaan vaurioitunut betoni ja perustuksia vahvistetaan

Tampereella 8.12.2022

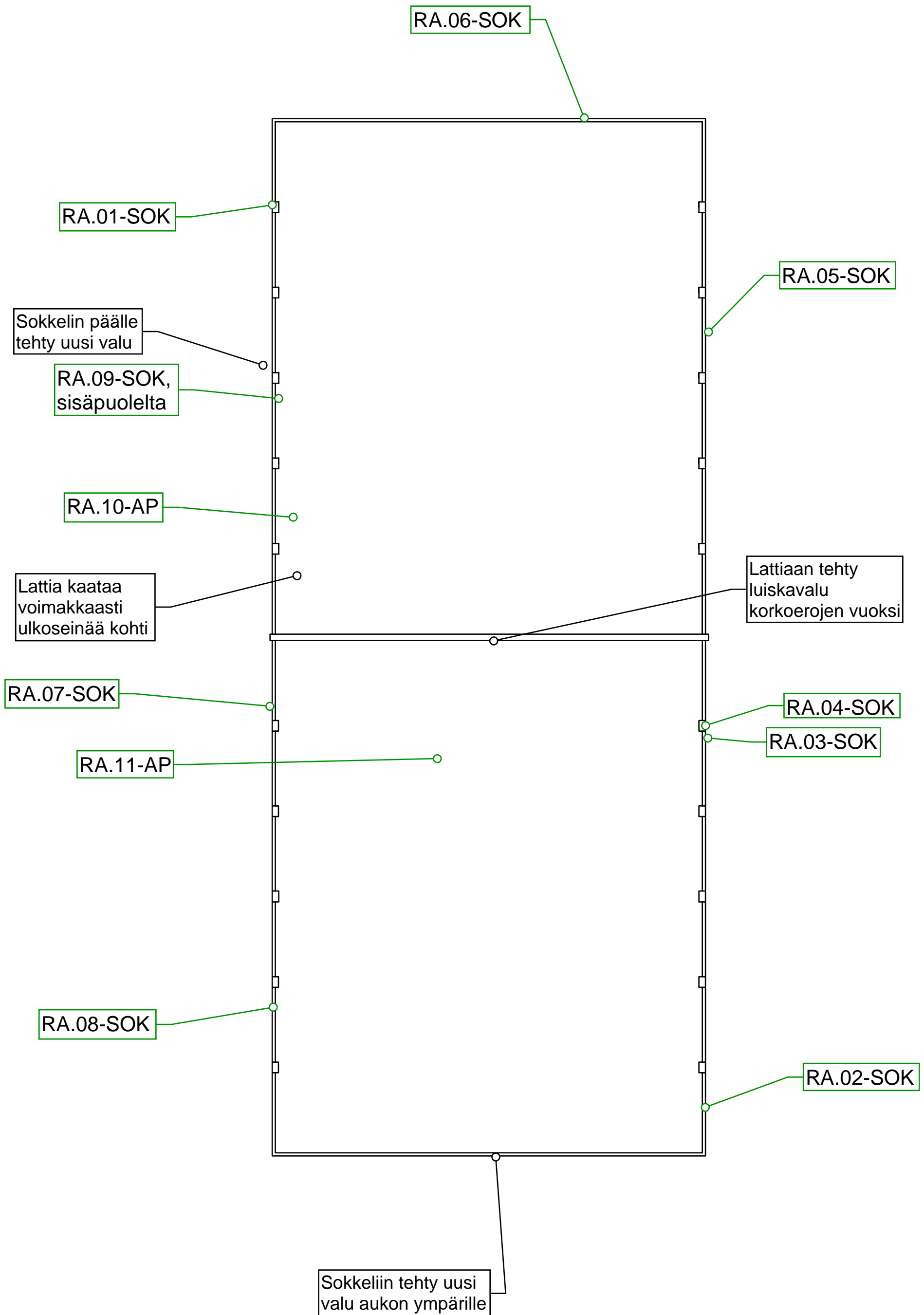
Sitowise Oy

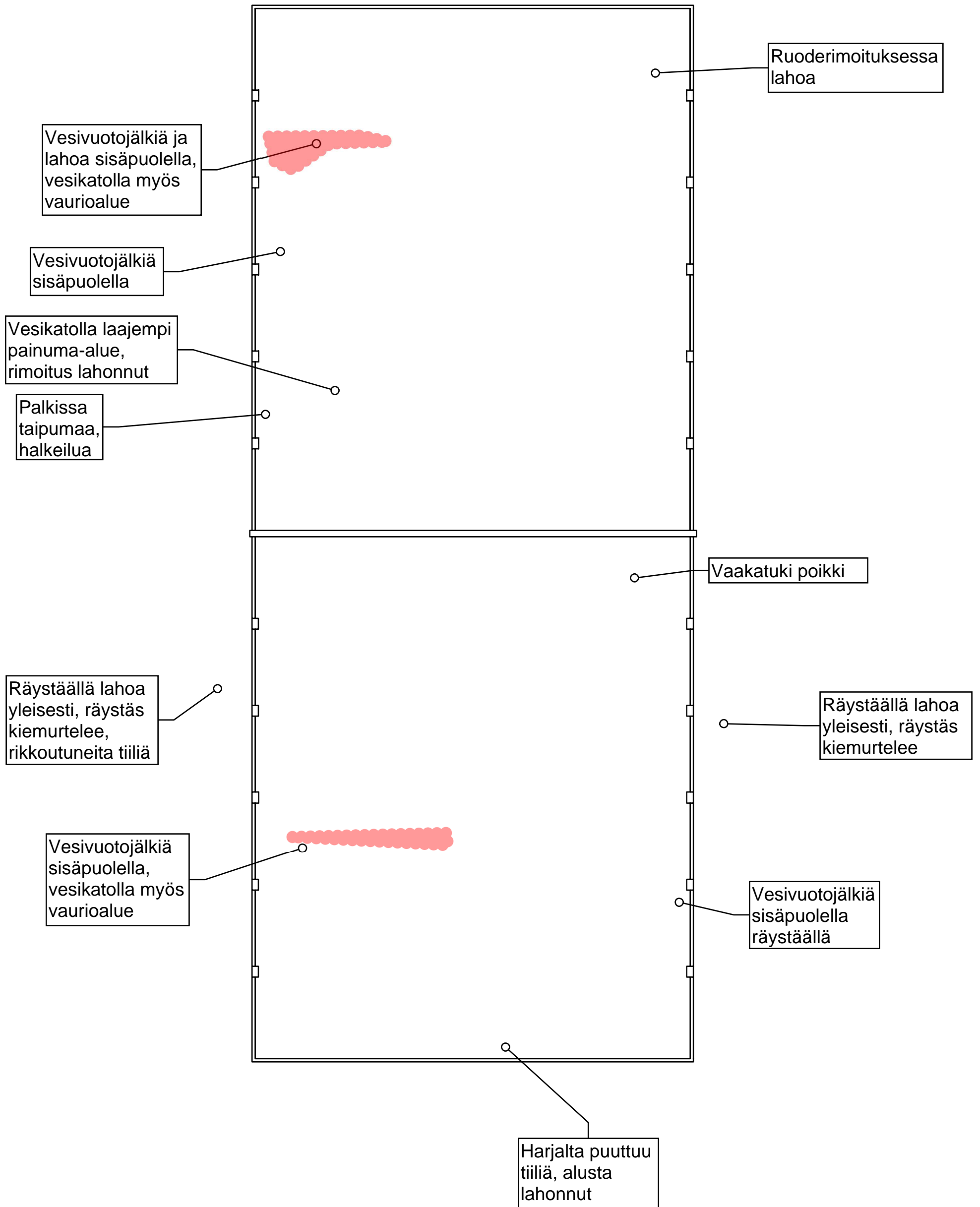


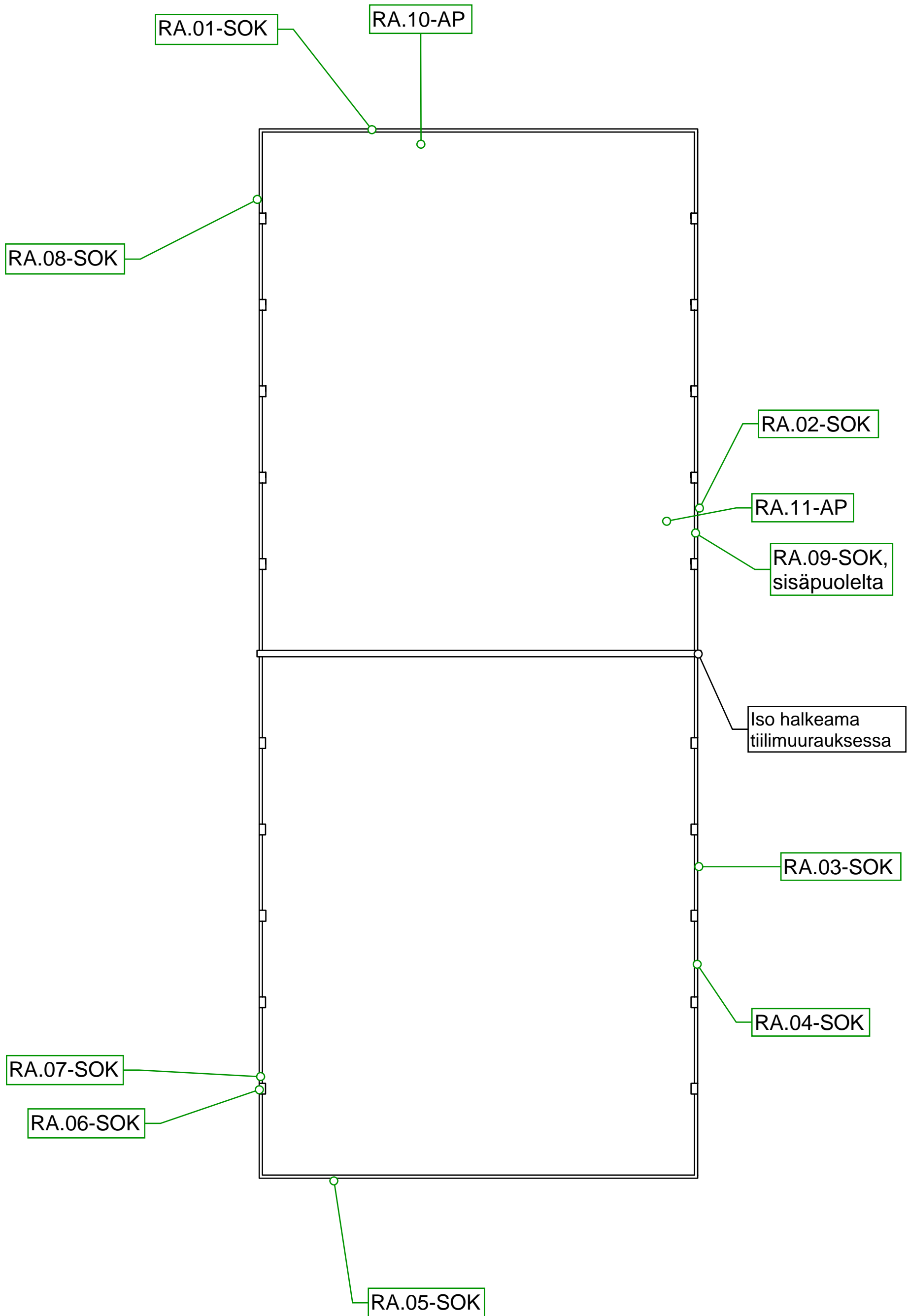
Mika Körkkö, DI

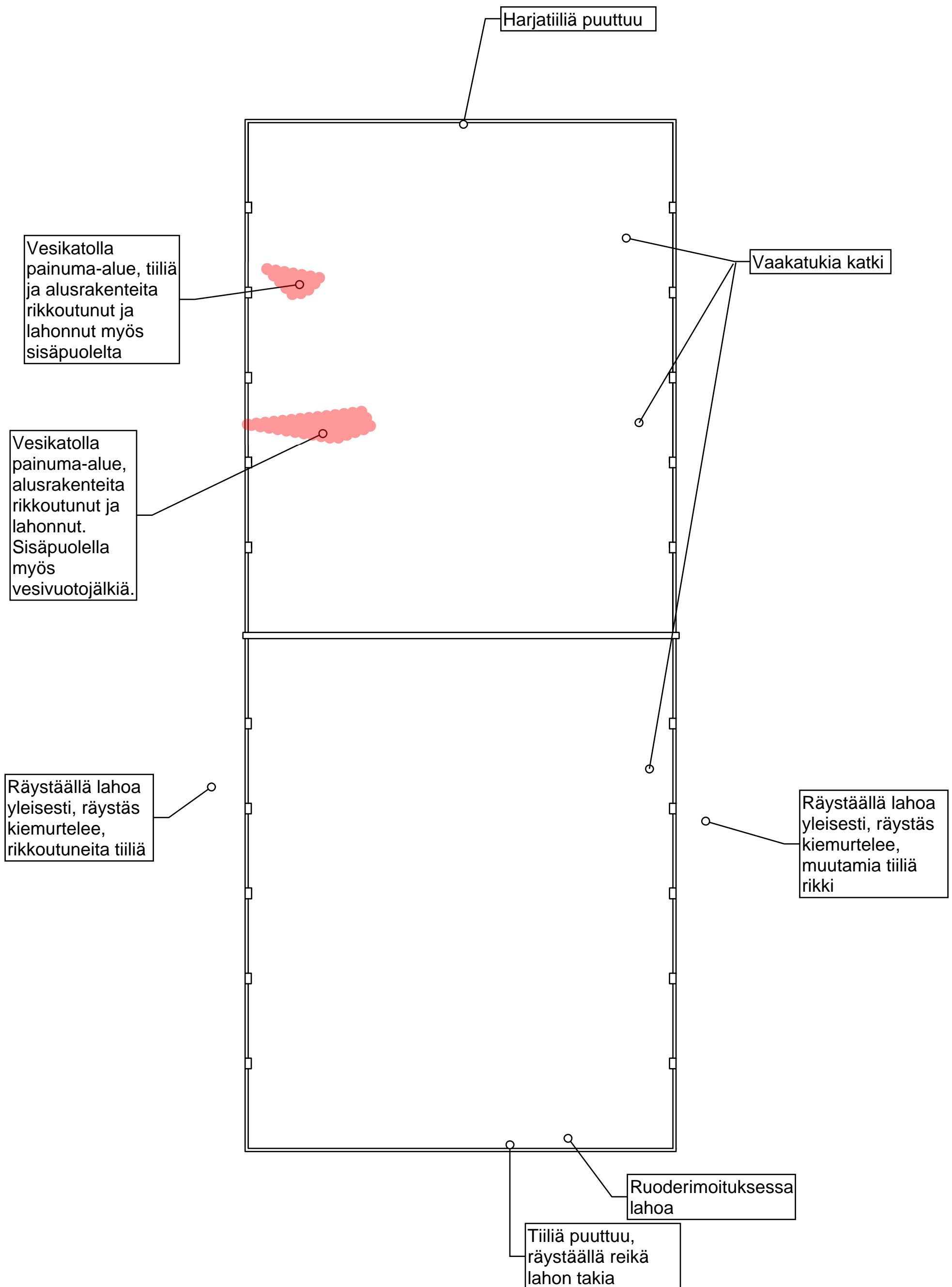


Jussi Saari, Ins. YAMK









22757



Materiaalin valomikroskooppinen tutkimus		 Finnish Accreditation Service T336 (EN ISO/IEC 17025)
<i>Kohde</i>	<i>Näytteenottaja ja päivämäärä</i>	<i>Laboratorion tilausnumero</i>
Nekalan varasto B	Jussi Saari ja Mika Körkkö, Sitowise Oy 4.11. ja 7.11.2022	22757
<i>Tilaaaja</i>	<i>Saapumispäivämäärä</i>	<i>Tutkija</i>
Sitowise Oy mika.korkko@sitowise.com jussi.saari@sitowise.com	9.11.2022 <i>Raportointipäivämäärä</i> 1.12.2022	Antti Soini, 044 758 7579 antti.soini@mitta.fi

Tutkimus pohjautuu soveltuvin osin standardiin ASTM C856/C856M-20. Ohuthieanalyysi on akkreditoitu menetelmä, pintahieanalyysi ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Pyydetessä annamme lisätietoja analyysistä. Raportti koostuu havainnoista sekä tutkijan niiden pohjalta tekemästä tulkinnasta. Yleistarkastelu on suoritettu käsittelemättömistä näytteistä, mikroskooppitutkimusta varten näytteet on preparoitu Mitta Oy:n Oulun betoni- ja haitta-aine laboratoriossa. Tulkinta perustuu standardiin ja sen lähteisiin, vertaisarvioituissa julkaisuissa kuvattuihin tutkimuksiin sekä tutkijan omaan kokemukseen. Tulos koskee vain tutkittua näytettä. Raportin osittainen kopiointi ilman lupaa on kielletty. Näytteenotosta vastaa tilaaja.

Sisällysluettelo

YHTEENVETO JA TULOSTEN TARKASTELU	3
05	4
07	7

Taulukko 1. Yhteenveto. Taulukko on yksinkertaistettu yhteenveto tutkimuksen tuloksista, ja perustuu havaintoihin sekä tutkijan niistä tekemään tulkintaan. Karbonatisoituminen on ohuthieestä tarkistettu keskimääräinen syvyys, pintahieiden osalta fenoliftaleiinikokeen perusteella saatu keskimääräinen syvyys. Tiivistyminen on ilmoitettu asteikolla 5 = erittäin hyvä, 4 = hyvä, 3 = keskinertainen, 2 = huono, 1 = erittäin huono (Huopainen 1997 mukaan). Huokostus arvioidaan silmämääräisesti pyöreiden/pallomaisten, \emptyset 0,02-0,8 mm huokosten määrästä (huokosjako > 0,30 = Ei, huokosjako < 0,30 = On), eikä se ota kantaa siihen, onko betonissa käytetty huokostinta. Materiaalin tai materiaaliyhdistelmän laatua arvioidaan asteikolla normaali, puutteita, merkittäviä puutteita. Kuntoa arvioidaan asteikolla normaali, heikentynyt, merkittävästi heikentynyt. Rapautumista arvioidaan asteikolla rapautumaton, viitteitä, rapautunut. Sp = sisäpinta, up = ulkopinta.

Näyte	Rakenne	Syvyys	Teräset (syvyys/pinta/ \emptyset) [mm]	Karbonati- soituminen [ka]	Teräs- korroosio	Tiivisty- minen	Huokos- tus	Laatu	Kunto	Rapautuminen
05	Sokkelibetoni, itään	0–45 mm sp	-	läpi	-	3–4	Ei	Puutteita	Heikentynyt	Rapautunut
07	Sokkelibetoni, länteen	0–45 mm up	-	22 mm	-	3	Ei	Puutteita	Heikentynyt	0–32 mm: Rapautunut 32-45 mm: Rapautumaton

YHTEENVETO JA TULOSTEN TARKASTELU

Yleistä

Betonilieriönäytteet ovat sokkelirakenteista. Betoni on koostumukseltaan samanlaista molemmissa näytteissä. Betonin laatu on puutteellinen pääosin heikentyneiden kiviainestartuntojen ja paikoin epätasaisen mikrotekstuurin vuoksi. Näytteiden kunto on heikentynyt arviolta kosteuden aiheuttaman rapautumisen takia.

Kiviaines

Kiviaines on arviolta soraa/soramursketta. Sen pääkivilajeja ovat granitoidit, gneissit, liuskeet ja amfiboliitit. Kiviaines on laadultaan normaalia sekä pääosin ehjää ja rapautumatonta. Kiviainestartunnat ovat vähintään paikoin auki epäsäännöllisten muotoisten huokosten vuoksi.

Sideaines

Koostumukseltaan sideaines on karkearakeista portlandsementtiä, jossa on kalkkikivifillieriä. Mikrohuokoisuus on paikoin hyvin epätasainen, mikä on arviolta veden erottumisen aiheuttamaa.

Näytteessä 05 on karbonatisoituminen ulottuu läpi tutkimusalueen ja näytteessä 07 karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin syvälle rakenteeseen. Karbonatisoituminen on paikoin karkearakeista ja sideaines on arviolta paikoin bi-karbonatisoitunutta, missä isotrooppiseksi muuttunut sideaine ja karkearakeiset, ruusukemaiset kalsiittikiteytymät vuorottelevat.

Huokokset

Betoni on keskinkertaisesti–hyvin tiivistynyttä. Suojahuokosia on vähän, joten betoni ei arviolta ole huokosrakenteensa perusteella pakkasenkestävää kosteusrasituksessa. Lisäksi näytteissä havaittiin vähintään kohdallisesti muodoltaan epäsäännöllisiä pieniä huokosia, jotka ovat arviolta veden erottumisen aiheuttamia. Kosteusrasitukseen viittaavia sekundäärisiä kiteytymiä ei havaittu.

Vauriot ja virheet

Näytteiden suurin ongelma on arviolta kosteuden aiheuttama kemiallinen rapautuminen. Rapautumisen seurauksena sideaineessa nähdään paikoin muuttumista, joka arviolta lopulta johtaa sideaineen murenemiseen ja kiviaineen paljastumiseen.

Sideaineen korkea mikrohuokoisuus on mahdollistanut karbonatisoitumisen etenemisen syvälle betoniin. Paikoin havaittiin arviolta bi-karbonatisoitumista, joka voi alentaa betonin lujuutta. Näytteen 07 ulkopinnalla havaittiin selkeää pintarapautumista ja sideaineen liukenemista < 0,5 mm syvyydelle. Molempien näytteiden tutkituilla pinnoilla kiviaines on paljastunut 2–3 mm syvyydelle.

Näytteissä havaittiin lisäksi yksittäisiä, pinnan vastaisia ja alle 0,05 mm leveitä halkeamia sekä näytteessä 05 yksittäisiä huokosjonomaisia, pinnan vastaisia ja alle 0,4 mm leveitä halkeamia. Halkeamat ulottuvat maksimissaan 7 mm syvyydelle ja ovat piirteiltään pääosin plastisia, eli kovettumattomaan betoniin syntyneitä.

MAKROANALYYSI - havainnot

Näyte	05	Tilausnumero	22757
Selite	Sokkelibetoni, itään	Koko	Ø 45 mm, pituus 264 mm

Karbonatisoitumissyvyys (fenoliftaleiini-indikaattori) minimi–maksimi/keskimääräinen

<i>Ulkopinta</i>	<i>Sisäpinta</i>	<i>Laastit, pintavalut, tms.</i>
30–läpi/45 mm	> 55 mm*	Korjausvalu up 3–4/3 mm, sp 0–5/4

Havainnot

Kiviaines	Korjausvalu: Pääosin hieman kulmikkaita, paikoin hieman pyöristyneitä grani- toidi/gneissi- ja liuskekappaleita, Ø < 3 mm. Betoni: Pääosin hieman kulmikkaita, paikoin hieman pyöristyneitä grani- toidi/gneissi- ja liuskekappaleita, Ø > 45 mm. Tartunnat paikoin auki. Keskellä lieriötä olevan suuren kiviaineskappaleen tartunta auki.
Sideaines	Korjausvalu: Rusehtavan harmaata, hieman karhean tuntuista. Betoni: Rusehtavan harmaata, hieman karhean tuntuista.
Tiivistyminen ja huokokset	Korjausvalu: Hyvä, huokokset Ø 1 mm. Betoni: Keskinertainen–hyvä, huokokset Ø 6 mm.
Raudoitus	-
Pinnat ja pinnoitteet	Molemmat pinnat ovat epätasaiset betonipinnat, joissa kiviaines on esillä.
Materiaalikerrokset ja niiden tartunta	Ulkopinnalla korjausvalu 14–25 mm ja betoni 239–250 mm. Korjausvalun ja betonin tartunta on osin avoin.
Puutteet ja vauriot	Näyte on katkennut 73–82 mm, 166–176 mm ja 192–207 mm syvyyksiltä ul- kopinnasta. Lisäksi pinnan vastainen halkeama, joka ulottuu noin 30 mm sy- vyydelle sisäpinnasta.
Muita huomioita	*Näyte on karbonisoitunut sisäpinnasta vähintään suureen kiviaineskappa- leeseen asti Näyte on porattu läpi rakenteen. Näytteen ulkopinnasta tehtiin vetolujuustutkimus.



Kuva 1. Näyte 05. Sisäpinta vasemmalla.

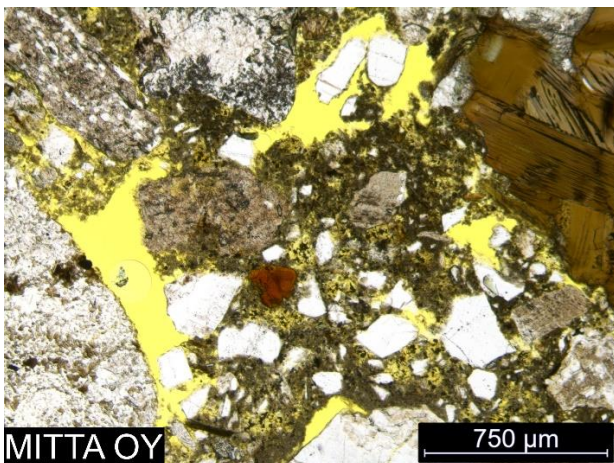
MIKROANALYYSI - havainnot

Näyte	05	Tutkimuskohta	0–45 mm sisäpinnasta
Ohuthie	SNB1	Koko	28 x 45 mm
Kiviaines, karkea	Pääosin hieman kulmikkaita, paikoin hieman pyöristyneitä granitoidi/gneissikappaleita.		
Kiviaines, hieno	Pääosin kulmikkaita, paikoin hieman pyöristyneitä granitoidi/gneissi- ja liuskekappaleita sekä mineraalirakeita.		
Kiviaines-tartunnat	Monin paikoin epäsäännöllisten muotoisten huokosten heikentämät.		
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä, jossa on kalkkikivifilleriä. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste korkea. Karbonatisoituminen osin peittää alkuperäistä mikrotekstuuria, mutta mikrohuokoisuus vaikuttaa korkealta. Paikoin sideaines on menettänyt alkuperäisen mikrotekstuurinsa ja muuttunut lähes isotrooppiseksi.		
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä läpi tutkitun alueen. Karbonatisoituminen on paikoin hyvin karkearakeista ja sideaines arviolta bi-karbonatisoitunutta.		
Ca(OH)₂	-		
Halkeilu, pinta	Yksittäinen, kiviainesta myötäilevä ja < 0,05 mm leveä halkeama, joka ulottuu maksimissaan 5 mm syvyydelle sisäpinnasta. Halkeaman reunat ovat pääosin epäsymmetriset.		
	Lisäksi yksittäisiä huokosjonomaisia, epäjatkuvia ja < 0,4 mm leveitä halkeamia, jotka ulottuvat maksimissaan 7 mm syvyydelle sisäpinnasta. Halkeamien reunat ovat epäsymmetriset.		
Halkeilu, sisäosa	-		
Huokokset	Suojahuokosia on vähän. Suurempia ($\varnothing < 2,6$ mm), muodoltaan pääosin melko pyöristyneitä huokosia on melko vähän. Lisäksi paikoin havaittiin melko runsaasti, pieniä ja muodoltaan epäsäännöllisiä huokosia.		
Sekundääriset kiteytymät	-		
ASR	-		
Muita huomioita	Kiviaines on esillä < 2 mm syvyydelle sisäpinnasta.		

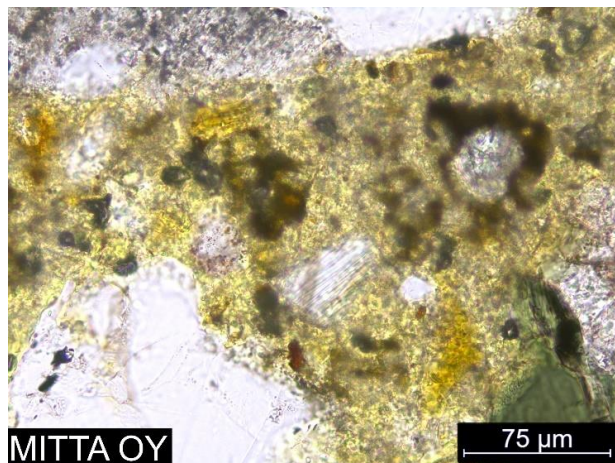
Valokuvat seuraavalla sivulla.

MIKROANALYYSI - kuvat

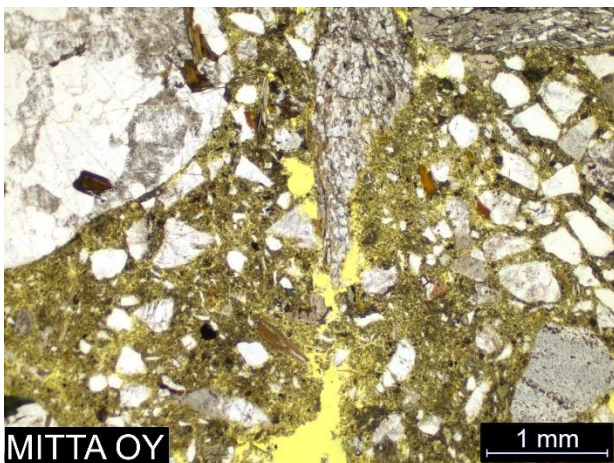
Näyte 05
Ohuthie SNB1



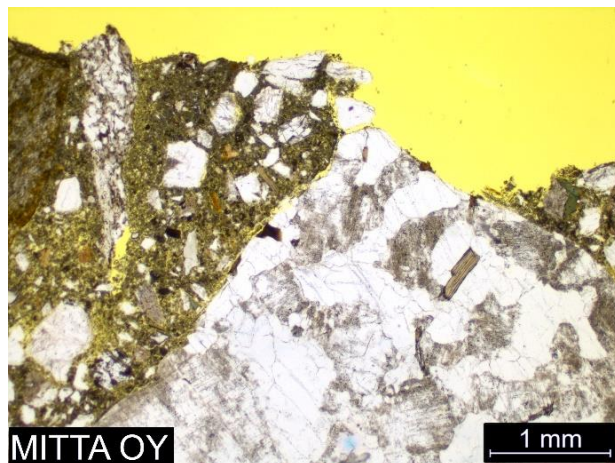
MITTA OY 750 µm
Kuva 2. Kiviainestartunnat ovat monin paikoin huokosten heikentämät. OPL



MITTA OY 75 µm
Kuva 3. Portlandsementtiklinkkeriä ja kalkkikivifilleriä sideaineessa. OPL



MITTA OY 1 mm
Kuva 4. Pinnan vastainen huokosjonomainen halkeama. OPL



MITTA OY 1 mm
Kuva 5. Kiviaines on esillä sisäpinnalla. OPL

MAKROANALYYSI - havainnot

Näyte	07	Tilausnumero	22757
Selite	Sokkelibetoni, länteen	Koko	Ø 48 mm, pituus 55–76 mm

Karbonatisoitumisvyvyys (fenoliftaleiini-indikaattori) minimi–maksimi/keskimääräinen

<i>Ulkopinta</i>	<i>Sisäpinta</i>	<i>Laastit, pintavalut, tms.</i>
18–25/21 mm	-	-

Havainnot

Kiviaines	Pääosin hieman kulmikkaita, paikoin hieman pyöristyneitä granitoidi/gneissikappaleita, Ø < 22 mm.
Sideaines	Rusehtavan harmaata, hieman karhean tuntuista.
Tiivistyminen ja huokokset	Keskinkertainen, huokokset Ø 4 mm.
Raudoitus	-
Pinnat ja pinnoitteet	Ulkopinta on epätasainen betonipinta, jossa kiviaines on esillä. Sisäpinta on katkaistu/katkennut kiviainesta pääosin myötäillen.
Materiaalikerrokset ja niiden tartunta	-
Puutteet ja vauriot	-
Muita huomioita	-



Kuva 6. Näyte 07. Ulkopinta vasemmalla.

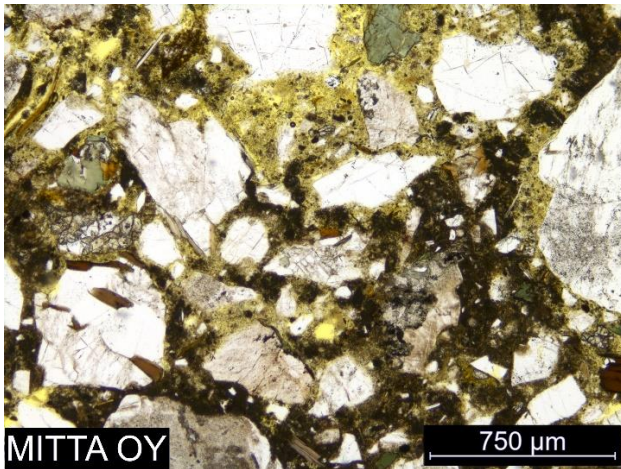
MIKROANALYYSI - havainnot

Näyte	07	Tutkimuskohta	0–45 mm ulkopinnasta
Ohuthie	SNB2	Koko	28 x 45 mm
Kiviaines, karkea	Pääosin hieman kulmikkaita, paikoin hieman pyöristyneitä granitoidi/gneissi- ja liuskekappaleita.		
Kiviaines, hieno	Pääosin kulmikkaita, paikoin hieman pyöristyneitä granitoidi/gneissi-, amfiboliitti- ja liuskekappaleita sekä mineraalirakeita.		
Kiviaines-tartunnat	Paikoin epäsäännöllisten muotoisten huokosten heikentämät.		
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä, jossa on kalkkikivifillieriä. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri on epätasainen, paikoin havaittiin korkeamman mikrohuokoisuuden alueita. Paikoin sekä etenkin ulkopinnalla maksimissaan 0,5 mm syvyydelle sideaines on menetänyt alkuperäisen mikrotekstuurinsa ja muuttunut lähes isotrooppiseksi.		
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin 22 mm, maksimissaan 36 mm syvyydelle ulkopinnasta. Karbonatisoituminen on paikoin hyvin karkearakeista ja sideaines arviolta bi-karbonatisoitunutta.		
Ca(OH)₂	Pääosin hienorakeisia kiteytyymiä, jotka ovat paikoin runsaampia mikrohuokoisemmillä alueilla. Karbonatisoituneen vyöhykkeen sisäpinnan puolella on 5–10 mm leveä kalsiumhydroksidista köyhtynyt vyöhyke.		
Halkeilu, pinta	Yksittäinen, kiviainesta myötäilevä ja < 0,02 mm leveä halkeama, joka ulottuu maksimissaan 5 mm syvyydelle ulkopinnasta. Halkeaman reunat ovat pääosin epäsymmetriset.		
Halkeilu, sisäosa	-		
Huokokset	Suojahuokosia on vähän. Suurempia ($\varnothing < 2,2$ mm), muodoltaan pääosin melko pyöristyneitä huokosia on melko vähän. Lisäksi paikoin havaittiin kohtalaisesti, pieniä ja muodoltaan epäsäännöllisiä huokosia.		
Sekundääriset kiteytymät	Huokosissa paikoin on erittäin vähäisiä ettringiittikiteytyymiä.		
ASR	-		
Muita huomioita	Kiviaines on paljastunut < 3 mm syvyydelle.		

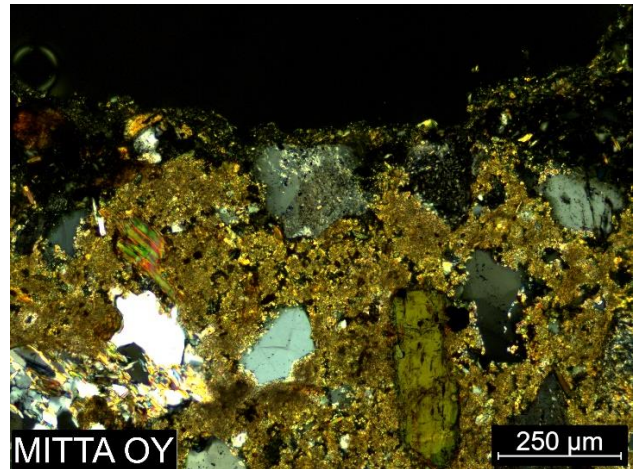
Valokuvat seuraavalla sivulla.

MIKROANALYYSI - kuvat

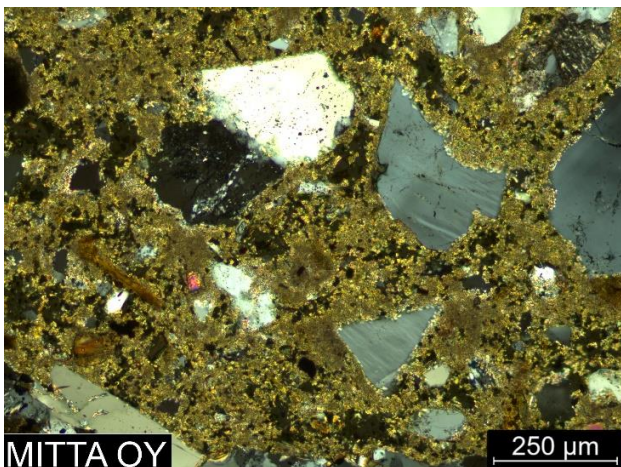
Näyte 07
Ohutlie SNB2



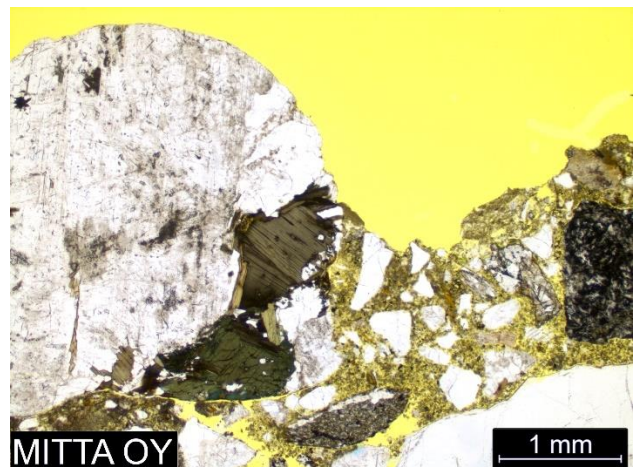
Kuva 7. Sideaineen mikrotekstuuri on epätasainen. OPL



Kuva 8. Sideaineen ulkopinnan muuttumista. XPL



Kuva 9. Karbonatisoituminen on paikoin karkearakeista. XPL



Kuva 10. Kiviaines on esillä ulkopinnalla. OPL

Sitowise Oy
mika.korkko@sitowise.com
jussi.saari@sitowise.com

Vetolujuuden määrittäminen			 Finnish Accreditation Service T336 (EN ISO/IEC 17025)
<i>Kohde</i>	<i>Näytteenottaja ja päivämäärä</i>	<i>Laboratorion tilausnumero</i>	
Nekalan varasto B	Jussi Saari, Mika Körkkö 4. ja 7.11.2022	22757	
<i>Saapumispäivämäärä</i>	<i>Raportointipäivämäärä</i>	<i>Tutkija</i>	
9.11.2022	28.11.2022	Iida Hentilä, 050 5997042 iida.hentila@mitta.fi	
<i>Näyttemateriaali</i>	<i>Näytteiden muoto</i>		
Betoni	Lieriö		

Näytteiden testaus suoritettiin standardin SFS 5445 mukaisesti Mitta Oy:n betoni- ja haitta-ainelaboratoriossa Easy-M-laitteella. Menetelmä on akkreditoitu.

Laite on kalibroitu vuonna 2022. Koekappaleiden pinnat on tasoitettu timanttisahalla. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Näytteenotosta vastaa tilaaja. Raportin osittainen kopiointi ilman lupaa on kielletty.

Vetolujuuden mittausepävarmuus (95% luotettavuustasolla) $\pm 2,33\%$

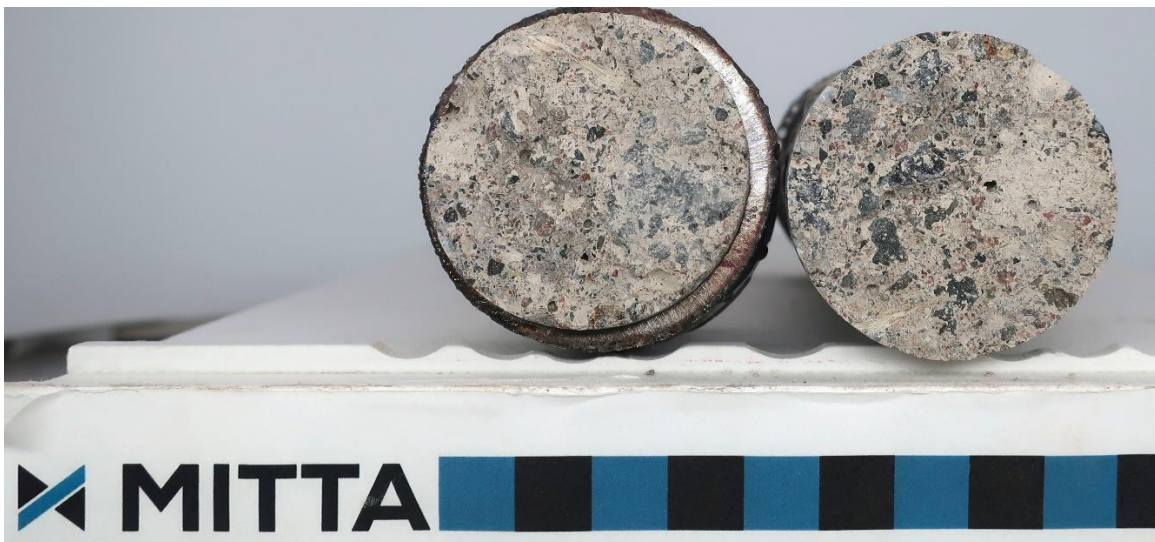
Näyte	Näytteenottoaikka	Näytteen pituus (mm)	Näytteen halkaisija (mm)	Näytteen tiheys (kg/m ³)	Tulos (MN/m ²)	Murtokohta ⁽¹⁾ / -tapa	Poikkeamat/Huomiot
01	Sokkelibetoni, länteen	109	45	2316	0,61	3-5 mm ulkopinnasta, pääosin myötäilee kiviainesta	Kappaleet liimattu yhteen ennen vetoa
01 uusinta	Sokkelibetoni, länteen	109	45	2316	1,54	17-27 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	-
03	Sokkelibetoni, itään	94	45	2330	0,87	35-50 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	-
03 uusinta	Sokkelibetoni, itään	94	45	2330	1,20	21-37 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	-
04	Sokkelibetoni, itään	40	45	2270	1,00	30-45 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	Veto tehty 7-47 mm ulkopinnasta
04 uusinta	Sokkelibetoni, itään	40	45	2270	1,70	7-17 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	-
05	Sokkelibetoni, itään	72	45	2223	0,39	17-27 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	-
05 uusinta	Sokkelibetoni, itään	72	45	2223	1,17	39-54 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	-
06	Sokkelibetoni, pohjoinen	84	45	2271	0,70	9-19 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	Veto tehty 5-89 mm ulkopinnasta
06 uusinta	Sokkelibetoni, pohjoinen	84	45	2271	1,12	20-37 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	-
08	Sokkelibetoni, länteen	50	45	2631	0,28	43-50 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	-
08 uusinta	Sokkelibetoni, länteen	50	45	2631	0,54	11-42 mm ulkopinnasta, pääosin myötäilee kiviainesta	Murtokohdassa kivi, jonka halkaisija noin 1/3 näytekappaleen halkaisijasta

¹⁾ Murtokohta mitattu näytekappaleen alkuperäisestä tutkittavasta pinnasta ennen tasoitussahausta

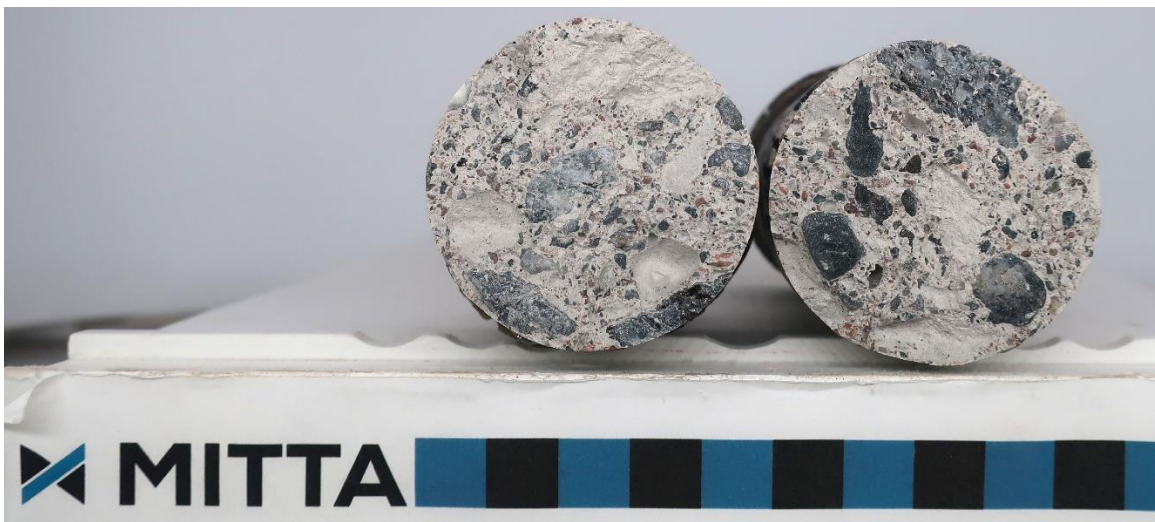
Koe uusitaan vetolujuuskokeen tuloksen ollessa < 1,50 MN/m².



Näyte 01, ulkopinta vasemmalla.



Näyte 01, ulkopinta vasemmalla.



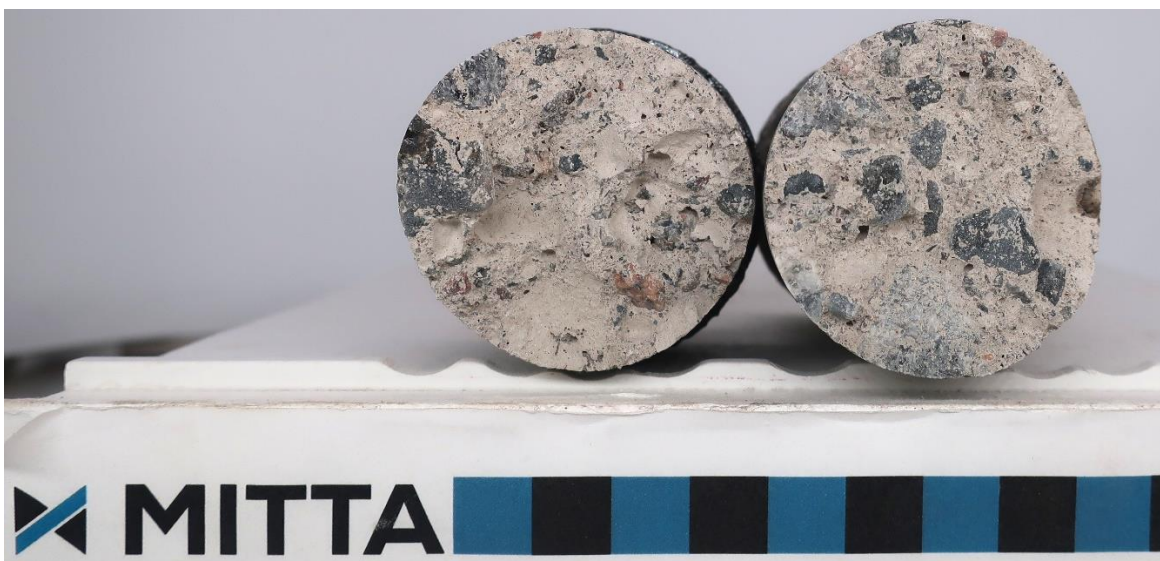
Näyte 01 uusinta, ulkopinta vasemmalla.



Näyte 03, ulkopinta vasemmalla.



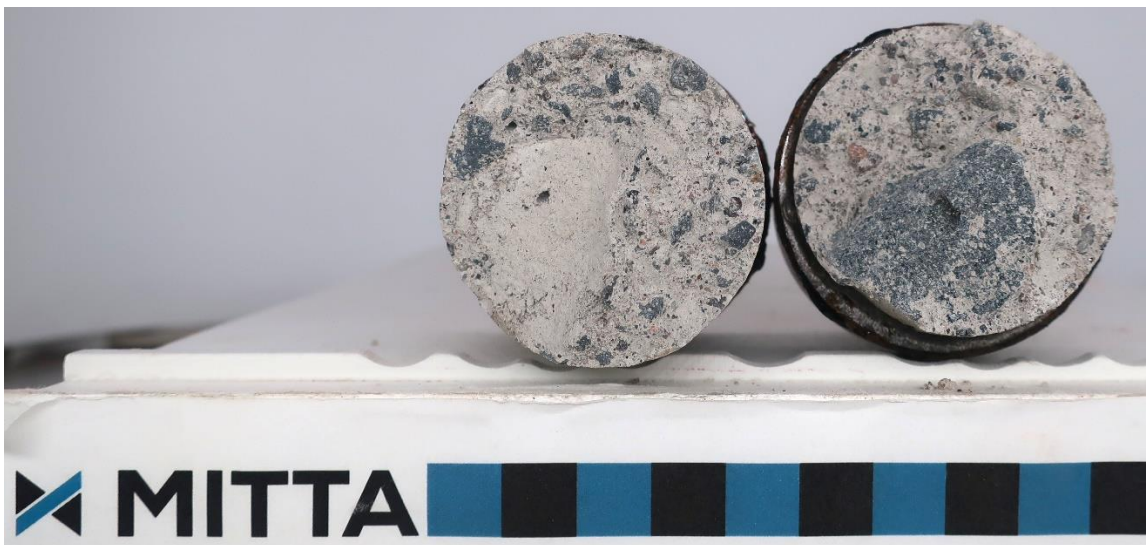
Näyte 03, ulkopinta vasemmalla.



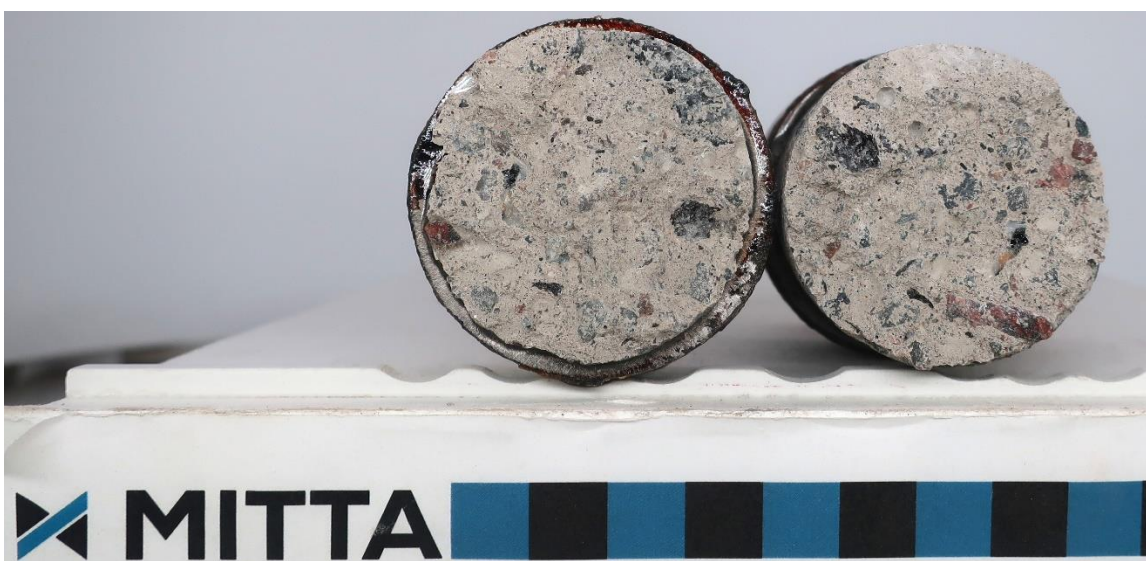
Näyte 03 uusinta, ulkopinta vasemmalla.



Näyte 04, ulkopinta vasemmalla.



Näyte 04, ulkopinta vasemmalla.



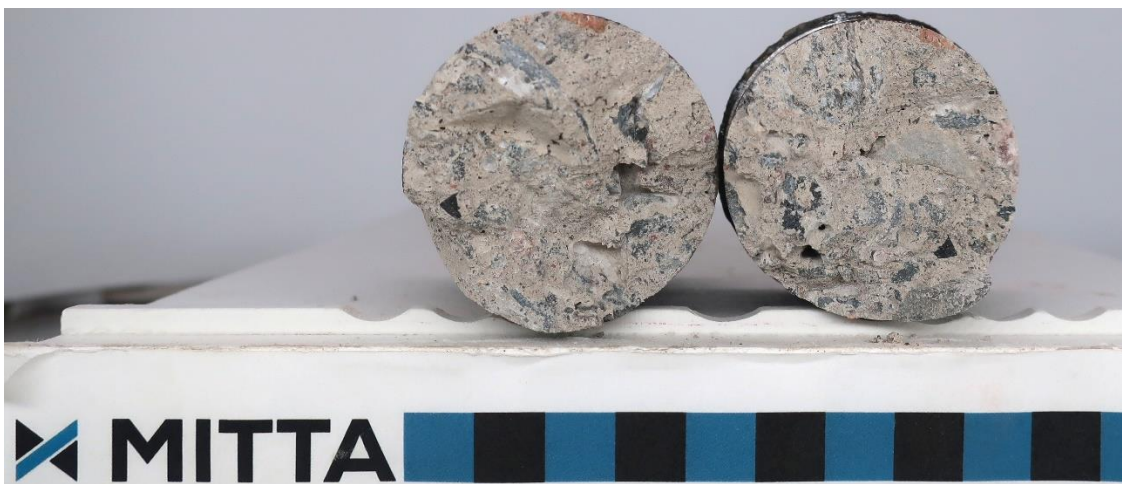
Näyte 04 uusinta, ulkopinta vasemmalla.



Näyte 05, ulkopinta vasemmalla.



Näyte 05, ulkopinta vasemmalla.



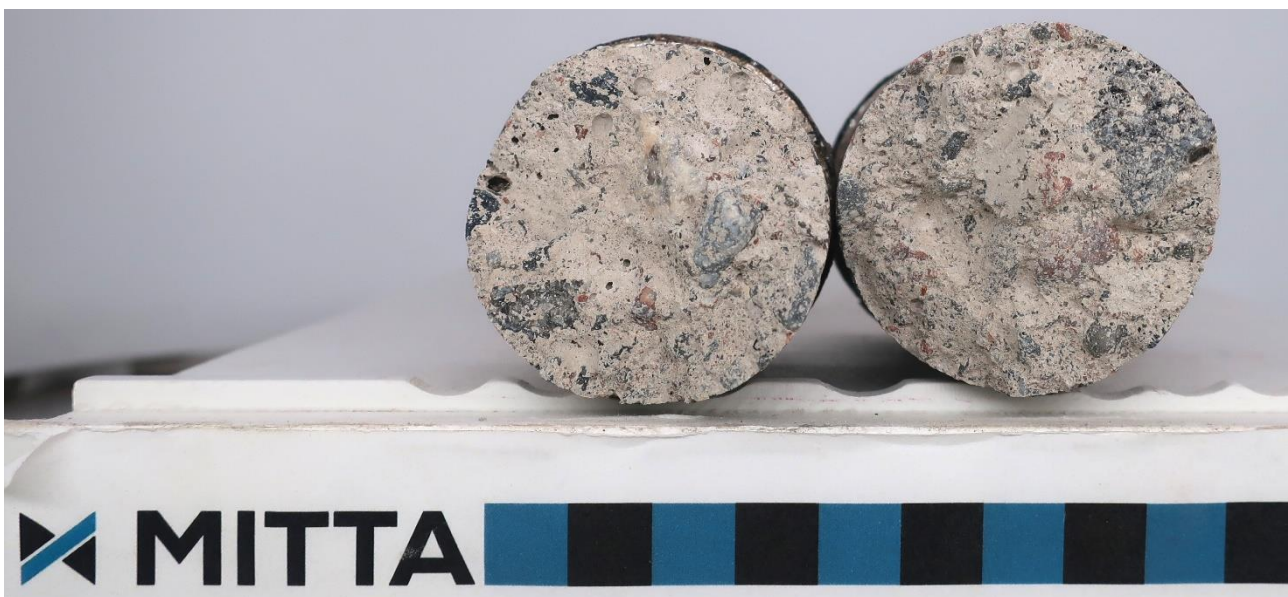
Näyte 05 uusinta, ulkopinta vasemmalla.



Näyte 06, ulkopinta vasemmalla.



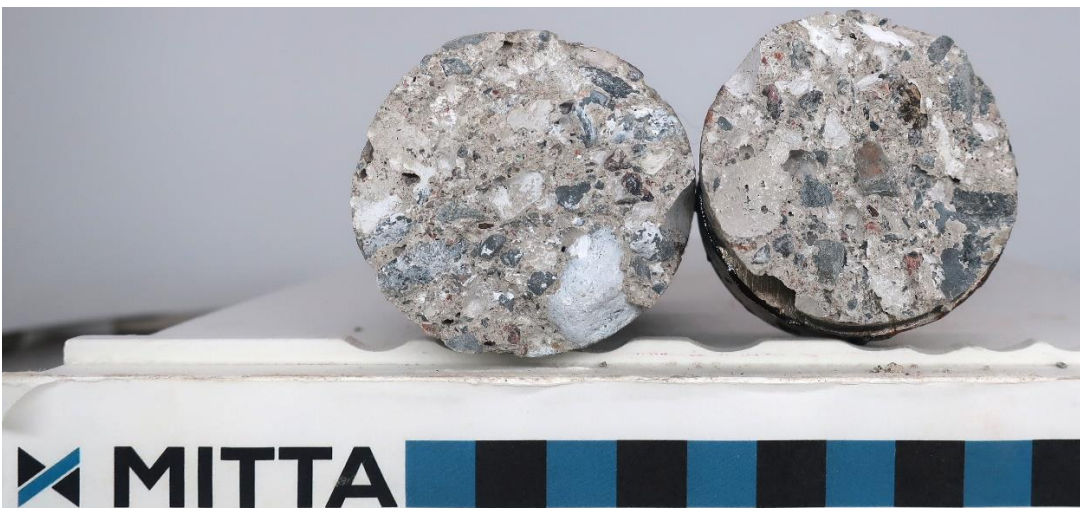
Näyte 06, ulkopinta vasemmalla.



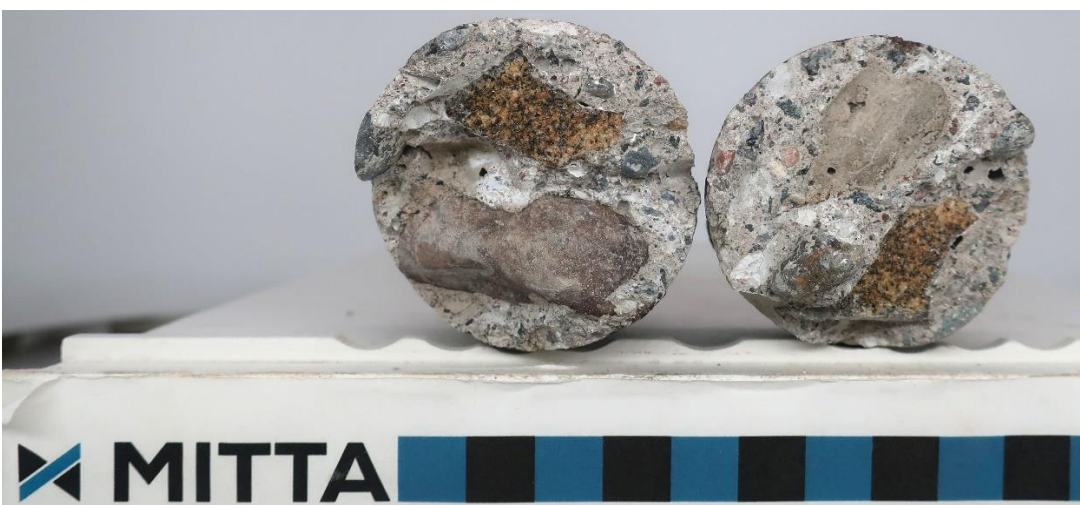
Näyte 06 uusinta, ulkopinta vasemmalla.



Näyte 08, ulkopinta vasemmalla.



Näyte 08, ulkopinta vasemmalla.



Näyte 08 uusinta, ulkopinta vasemmalla.

Sitowise Oy
Mika Körkkö
mika.korkko@sitowise.com
jussi.saari@sitowise.com

Karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen		
<i>Kohde</i>	<i>Näytteenottaja ja päivämäärä</i>	<i>Laboratorion tilausnumero</i>
Nekalan Varasto B	Jussi Saari ja Mika Körkkö 4. ja 7.11.2022	22757
<i>Saapumispäivämäärä</i>	<i>Raportointipäivämäärä</i>	<i>Tutkija</i>
9.11.2022	30.11.2022	Iida Hentilä, 050 5997042 iida.hentila@mitta.fi

Näytteen karbonatisoitumissyvyys on määritetty halkaistulta pinnalta fenoliftaleiini-indikaattorilla RILEM CPC-18 mukaan. Tulos koskee vain tutkittua näytettä. Näytteenotosta vastaa tilaaja. Raportin osittainen kopiointi ilman lupaa on kielletty.

Näyte nro	Näytteenottopaikka	Näytteen pituus (mm)	Karbonatisoitumissyvyys min-max/ka (mm)	
01	Sokkelibetoni, länteen	111-120	up: 4-9/7 sp: -	
03	Sokkelibetoni, itään	100-120	läpi	
04	Sokkelibetoni, itään	115	up: 15-25/21 sp: -	
05 OH	Sokkelibetoni, itään	264	Korjausvalu: up: 3-4/3 sp: 0-5/4	Betoni: up: 30-läpi/45 sp: 55 mm**
06	Sokkelibetoni, pohjoinen	275	läpi	
07 OH	Sokkelibetoni, länteen	55-76	up: 18-25/21 sp: -	
08	Sokkelibetoni, länteen	55-67	läpi	

*Vetonäytteiden tasoitussahauksesta johtuen karbonatisoitumista syvyydeltä 0–5 mm ei voida määrittää.

**Näyte on karbonatisoitunut vähintään suureen kiviaineskappaleeseen asti.

Sitowise Oy
mika.korkko@sitowise.com
jussi.saari@sitowise.com

Betonin kokonaiskloridipitoisuuden määrittäminen		
<i>Kohde</i>	<i>Näytteenottaja ja päivämäärä</i>	<i>Laboratorion tilausnumero</i>
Nekalan varasto B	Jussi Saari & Mika Körkkö, 4. ja 7.11.2022	22757
<i>Saapumispäivämäärä</i>	<i>Raportointipäivämäärä</i>	<i>Tutkija</i>
9.11.2022	30.11.2022	Karri Kouri, 040 5830242 karri.kouri@mitta.fi

Menetelmä

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

Näytteenotosta vastaa tilaaja. Tutkimusraportin saa kopioida vain kokonaan. Osittaisesta kopiointista on oltava Mitta Oy:n lupa.

Menetelmän raportointiraja on 0,01 massa-% ja mittaepävarmuus noin 11 % (95 % luotettavuustasolla). Tulokset on ilmoitettu 2 desimaalin tarkkuudella.

Näyte nro	Syvyys (mm)	Näytteenottoaika	Näytetyyppi (kappale/ jauhe)	Näytteen määrä (g)	Kloridipitoisuus (massa-%)
10	0–35	Sokkelibetoni, itä, pohj.	kappale	5,250	< 0,01

22758



Materiaalin valomikroskooppinen tutkimus		 Finnish Accreditation Service T336 (EN ISO/IEC 17025)
<i>Kohde</i>	<i>Näytteenottaja ja päivämäärä</i>	<i>Laboratorion tilausnumero</i>
Nekalan varasto C	Jussi Saari ja Mika Körkkö, Sitowise Oy 4.11. ja 7.11.2022	22758
<i>Tilaaaja</i>	<i>Saapumispäivämäärä</i>	<i>Tutkija</i>
Sitowise Oy mika.korkko@sitowise.com jussi.saari@sitowise.com	9.11.2022 <i>Raportointipäivämäärä</i> 2.12.2022	Antti Soini, 044 758 7579 antti.soini@mitta.fi

Tutkimus pohjautuu soveltuvin osin standardiin ASTM C856/C856M-20. Ohuthieanalyysi on akkreditoitu menetelmä, pintahieanalyysi ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Pyydetessä annamme lisätietoja analyysistä. Raportti koostuu havainnoista sekä tutkijan niiden pohjalta tekemästä tulkinnasta. Yleistarkastelu on suoritettu käsittelemättömistä näytteistä, mikroskooppitutkimusta varten näytteet on preparoitu Mitta Oy:n Oulun betoni- ja haitta-aine laboratoriossa. Tulkinta perustuu standardiin ja sen lähteisiin, vertaisarvioituissa julkaisuissa kuvattuihin tutkimuksiin sekä tutkijan omaan kokemukseen. Tulos koskee vain tutkittua näytettä. Raportin osittainen kopiointi ilman lupaa on kielletty. Näytteenotosta vastaa tilaaja.

Sisällysluettelo

YHTEENVETO JA TULOSTEN TARKASTELU	3
03	5
06	8

Taulukko 1. Yhteenveto. Taulukko on yksinkertaistettu yhteenveto tutkimuksen tuloksista, ja perustuu havaintoihin sekä tutkijan niistä tekemään tulkintaan. Karbonatisoituminen on ohuthieestä tarkistettu keskimääräinen syvyys, pintahieiden osalta fenoliftaleiinikokeen perusteella saatu keskimääräinen syvyys. Tiivistyminen on ilmoitettu asteikolla 5 = erittäin hyvä, 4 = hyvä, 3 = keskinertainen, 2 = huono, 1 = erittäin huono (Huopainen 1997 mukaan). Huokostus arvioidaan silmämääräisesti pyöreiden/pallomaisten, \emptyset 0,02-0,8 mm huokosten määrästä (huokosjako > 0,30 = Ei, huokosjako < 0,30 = On), eikä se ota kantaa siihen, onko betonissa käytetty huokostinta. Materiaalin tai materiaaliyhdistelmän laatua arvioidaan asteikolla normaali, puutteita, merkittäviä puutteita. Kuntoa arvioidaan asteikolla normaali, heikentynyt, merkittävästi heikentynyt. Rapautumista arvioidaan asteikolla rapautumaton, viitteitä, rapautunut. Up = ulkopinta.

Näyte	Rakenne	Syvyys	Teräokset (syvyys/pinta/ \emptyset) [mm]	Karbonati- soituminen [ka]	Teräs- korroosio	Tiivisty- minen	Huokos- tus	Laatu	Kunto	Rapautuminen
03	Sokkelibetoni, itä	0–75 mm up	-	53 mm	-	3–4	Ei	Puutteita	Heikentynyt	0–69 mm: Rapautunut 69–75 mm: Rapautumaton
06	Sokkelibetoni, länsi, kehäkohta	0–75 mm up	52 up 16	10 mm	-	4	Ei	Puutteita	Heikentynyt	0–10 mm: Viitteitä 10–75 mm: Rapautumaton

YHTEENVETO JA TULOSTEN TARKASTELU

Yleistä

Betonilieriönäytteet ovat sokkelirakenteista. Betoni on koostumukseltaan samanlaista molemmissa näytteissä. Betonin laatu on puutteellinen pääosin epätasaisen mikrotekstuurin, pinnan vastaisen halkeilun ja heikentyneiden kiviainestartuntojen vuoksi. Näytteiden kunto on heikentynyt arviolta kosteuden ja pakkasen aiheuttaman rapautumisen takia.

Kiviaines

Kiviaines on arviolta soraa/soramursketta. Sen pääkivilajeja ovat granitoidit/gneissit, liuskeet ja amfiboliitit. Kiviaines on laadultaan normaalia sekä pääosin ehjää ja rapautumatonta. Kiviainestartunnat ovat paikoin auki epäsäännöllisten muotoisten huokosten vuoksi.

Sideaines

Koostumukseltaan sideaines on karkearakeista portlandsementtiä, jossa on kalkkikivifillieriä ja masuunikuonaa. Mikrotekstuuri on paikoin epätasainen, mikä on arviolta veden erottumisen aiheuttamaa.

Näytteessä 03 karbonatisoituminen on edennyt erittäin syvälle rakenteeseen ja *näytteessä 06* kohtalaisen syvälle rakenteeseen. Karbonatisoituminen on paikoin karkearakeista ja sideaines on arviolta paikoin bi-karbonatisoitunutta, missä isotrooppiseksi muuttunut sideaine ja karkearakeiset, ruusukemaiset kalsiittikiteytyvät vuorottelevat.

Huokokset

Betoni on keskimäärin hyvin tiivistynyttä. Suojahuokosia on vähän, joten betoni ei arviolta ole huokosrakenteensa perusteella pakkasenkestävää kosteusrasituksessa. Lisäksi näytteissä havaittiin paikoin vähintään kohtalaisesti muodoltaan epäsäännöllisiä pieniä huokosia, jotka ovat arviolta veden erottumisen aiheuttamia. Kosteusrasitukseen viittaavia sekundäärisiä kiteytyksiä havaittiin vähäisiä määriä *näytteessä 06*.

Vauriot ja virheet

Näytteen 03 suurin ongelma on arviolta kosteuden aiheuttama kemiallinen rapautuminen. Myös *näytteessä 06* havaittiin viitteitä rapautumisesta. Rapautumisen seurauksena sideaineessa nähdään paikoin muuttumista, joka arviolta lopulta johtaa sideaineen murenemiseen ja kiviaineen paljastumiseen. *Näytteessä 03* havaittiin myös piirteiltään osin haurasta ja alle 0,15 mm leveää halkeilua lähellä ulkopintaa, joka voi arviolta olla pakkasrapautumisen aiheuttamaa.

Sideaineen korkea mikrohuokoisuus on mahdollistanut karbonatisoitumisen etenemisen syvälle betoniin *näytteessä 03*. Paikoin havaittiin arviolta bi-karbonatisoitumista, joka alentaa betonin lujuutta. *Näytteen 03* ulkopinnalla havaittiin selkeää pintarapautumista ja kiviaines on paljastunut alle 5 mm syvyydelle.

Näytteessä 06 havaittiin lisäksi vähäistä ja alle 1,0 mm leveää halkeilua, joka ulottuu maksimissaan 16 mm syvyydelle. Halkeamat ovat piirteiltään pääosin plastisia, eli kovettumattomaan betoniin syntyneitä. Halkeamat ovat arviolta voineet toimia veden vuotokanavina.

Näytteessä 06 havaittiin lisäksi pinnan suuntainen ja alle 1,0 mm leveä piirteiltään plastinen halkeama. Halkeama on voinut arviolta syntyä teräksen asettumisen yhteydessä. Näyte on myös katkennut 55 mm syvyydeltä (so. terässyvyys).

Pinnat ja pinnoitteet

Näytteen 06 ulkopinnalla on maksimissaan 4,2 mm paksu, yksikerroksinen *laastipinnoite*. Laasti on koostumukseltaan sementtilaastia, jossa on kalkkikivifillieriä. Kiviaineksen suurin havaittu raekoko on 1,0 mm. Laastin ulkopinnassa kiviaines on paljastunut alle 1 mm syvyydelle.

Laastipinnoitteen tartunta betoniin on paikoin avoin.

MAKROANALYYSI - havainnot

Näyte	03	Tilausnumero	22758
Selite	Sokkelibetoni, itä	Koko	Ø 44 mm, pituus 130 mm

Karbonatisoitumisvyvyys (fenoliftaleiini-indikaattori) minimi–maksimi/keskimääräinen

<i>Ulkopinta</i>	<i>Sisäpinta</i>	<i>Laastit, pintavalut, tms.</i>
43–58/51 mm	-	-

Havainnot

Kiviaines	Pääosin hieman kulmikkaita, paikoin hieman pyöristyneitä granitoidi/gneissi- ja liuskekappaleita, Ø < 27 mm. Tartunnat monin paikoin auki.
Sideaines	Rusehtavan harmaata, karhean tuntuista.
Tiivistyminen ja huokoset	Keskinkertainen–hyvä, huokoset Ø 9 mm.
Raudoitus	-
Pinnat ja pinnoitteet	Ulkopinta on epätasainen betonipinta, jossa porauksen jälkiä. Sisäpinta on katkaistu/katkennut pääosin kiviainesta myötäillen.
Materiaalikerrokset ja niiden tartunta	-
Puutteet ja vauriot	-
Muita huomioita	-



Kuva 1. Näyte 03. Ulkopinta vasemmalla.

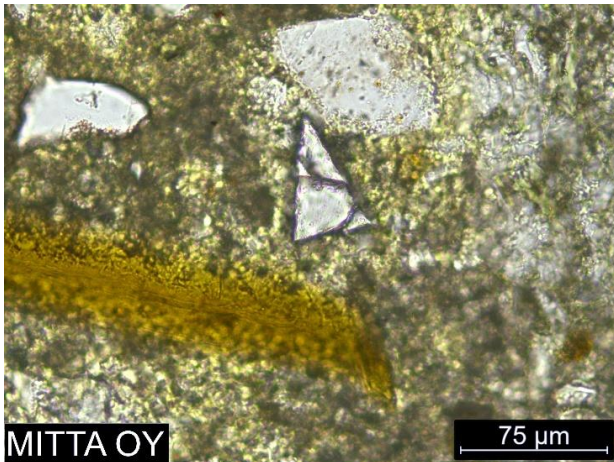
MIKROANALYYSI - havainnot

Näyte	03	Tutkimuskohta	0–75 mm ulkopinnasta
Ohuthie	SNC1	Koko	28 x 75 mm
Kiviaines, karkea	Pääosin hieman kulmikkaita, paikoin hieman pyöristyneitä granitoidi/gneissikappaleita.		
Kiviaines, hieno	Pääosin kulmikkaita, paikoin hieman pyöristyneitä granitoidi/gneissi-, amfiboliitti- ja liuskekappaleita sekä mineraalirakeita.		
Kiviaines-tartunnat	Paikoin epäsäännöllisten muotoisten huokosten heikentämät.		
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä, jossa on masuunikuonaa ja kalkkikivifillieriä. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri on epätasainen, paikoin havaittiin korkeamman mikrohuokoisuuden alueita. Paikoin sideaines on menettänyt alkupe räisen mikrotekstuurinsa ja muuttunut lähes isotrooppiseksi.		
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin 53 mm, maksimissaan 59 mm syvyydelle ulkopinnasta. Karbonatisoituminen on paikoin hyvin karkearakeista ja sideaines arviolta bi-karbonatisoitunutta.		
Ca(OH)₂	Pääosin hienorakeisia kiteytyviä, jotka ovat paikoin runsaampia mikrohuokoisemmilla alueilla. Karbonatisoituneen vyöhykkeen sisäpinnan puolella on paikoin noin 5–10 mm leveä kalsiumhydroksidista köyhtynyt vyöhyke.		
Halkeilu, pinta	Yksittäisiä, kiviainesta myötäileviä ja < 0,1 mm leveitä halkeamia, jotka ulottuvat maksimissaan 4 mm syvyydelle ulkopinnasta. Halkeamien reunat ovat pääosin symmetriset.		
Halkeilu, sisäosa	Yksittäinen, pääosin pinnan suuntainen, kiviainesta myötäilevä ja < 0,15 mm leveä halkeama, joka on noin 1–4 mm syvyydellä ulkopinnasta. Halkeaman reunat ovat pääosin symmetriset.		
Huokokset	Suojahuokosia on vähän. Suurempia ($\varnothing < 2,7$ mm), muodoltaan pääosin melko pyöristyneitä huokosia on melko vähän. Lisäksi paikoin havaittiin kohtalaisesti, pieniä ja muodoltaan epäsäännöllisiä huokosia.		
Sekundääriset kiteytymät	Huokosissa paikoin on erittäin vähäisiä ettringiittikiteytyviä.		
ASR	-		
Muita huomioita	Kiviaines on esillä < 5 mm syvyydelle ulkopinnasta.		

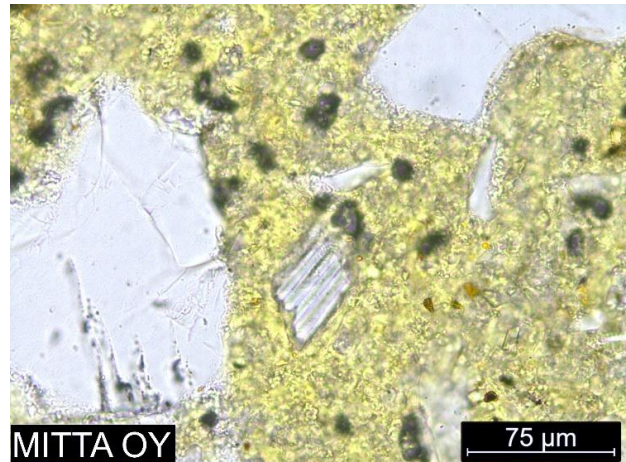
Valokuvat seuraavalla sivulla.

MIKROANALYYSI - kuvat

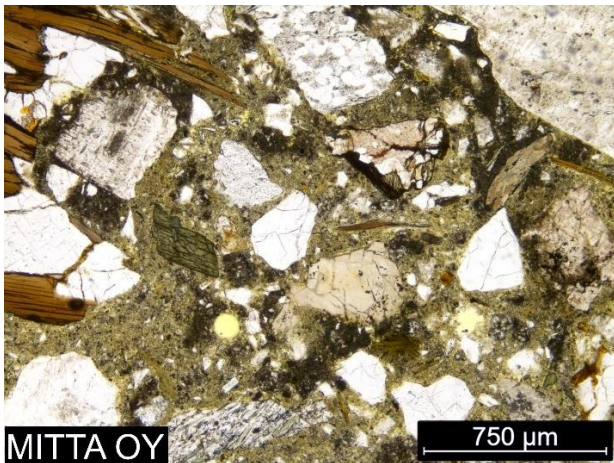
Näyte 03
Ohutlie SNC1



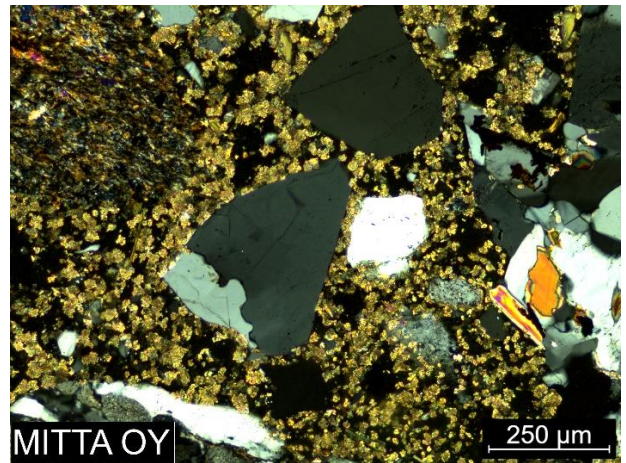
MITTA OY 75 µm
Kuva 2. Portlandsementtiklinkeriä ja masuunikuonaa sideaineessa. OPL



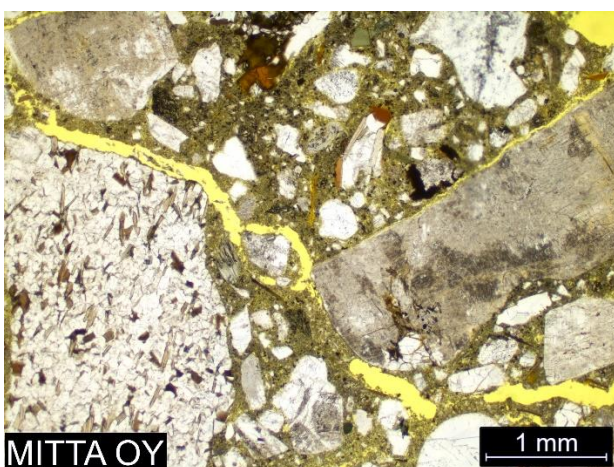
MITTA OY 75 µm
Kuva 3. Portlandsementtiklinkeriä ja kalkkikivifillereitä sideaineessa. OPL



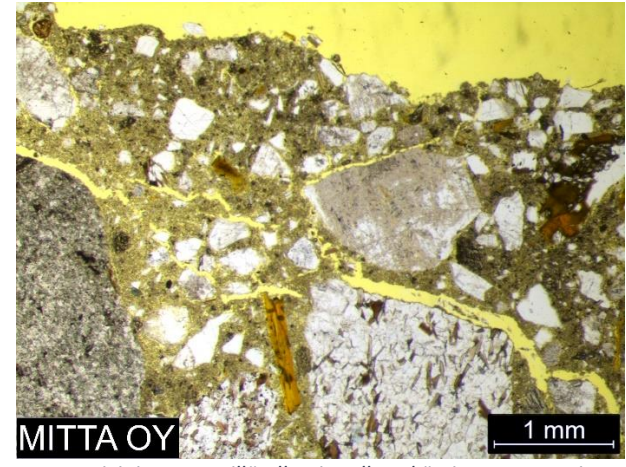
MITTA OY 750 µm
Kuva 4. Sideaineen mikrotekstuuri on epätasainen. OPL



MITTA OY 250 µm
Kuva 5. Paikoin havaittiin bi-karbonatisoitumista. XPL



MITTA OY 1 mm
Kuva 6. Pinnan suuntainen halkeama. OPL



MITTA OY 1 mm
Kuva 7. Kiviaines on esillä ulkopinnalla sekä pinnan suuntainen halkeama. OPL

MAKROANALYYSI - havainnot

Näyte	06	Tilausnumero	22758
Selite	Sokkelibetoni, länsi, kehäkohta	Koko	Ø 45 mm, pituus 127–145 mm

Karbonatisoitumisvyvyys (fenoliftaleiini-indikaattori) minimi–maksimi/keskimääräinen

<i>Ulkopinta</i>	<i>Sisäpinta</i>	<i>Laastit, pintavalut, tms.</i>
8–16/11 mm	-	Laasti up 0–läpi/1, sp 0–läpi/1

Havainnot

Kiviaines	Laasti: Pääosin hieman pyöristyneitä ja hieman kulmikkaita mineraalirakeita, Ø < 1 mm. Betoni: Pääosin hieman kulmikkaita, paikoin hieman pyöristyneitä grani- toidi/gneissi- ja liuskekappaleita, Ø < 20 mm.
Sideaines	Laasti: Tumman harmaata, sileän tuntuista. Betoni: Harmaata, sileän tuntuista.
Tiivistyminen ja huokokset	Laasti: Erittäin hyvä, huokokset Ø 1 mm Betoni: Hyvä, huokokset Ø 6 mm.
Raudoitus	52 mm ulkopinnasta Ø 16 mm, teräs on irti betonista.
Pinnat ja pinnoitteet	Ulkopinta on epätasainen laastipinta. Sisäpinta on katkaistu/katkennut kiviainesta pääosin myötäillen.
Materiaalikerrokset ja niiden tartunta	Laasti 4 mm ja betoni. Kerrosten tartunta on osin avoin.
Puutteet ja vauriot	Näyte on katkennut noin 60 mm ulkopinnasta (so. terässyvyys). Lisäksi pinnan vastaiset halkeamat 5–30 mm ja 35–60 mm ulkopinnasta sekä pinnan suuntainen halkeama 10–15 mm ulkopinnasta.
Muita huomioita	Näyte on liimattu yhteen ohuthieen valmistusta varten.



Kuva 8. Näyte 06. Ulkopinta vasemmalla.

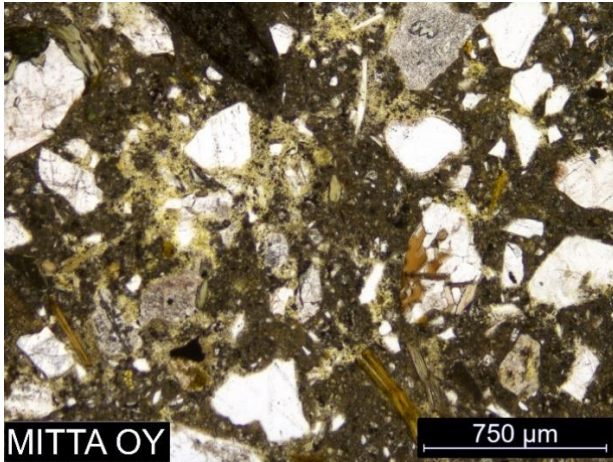
MIKROANALYYSI - havainnot

Näyte	06	Tutkimuskohta	0–75 mm ulkopinnasta
Ohuthie	SNC2	Koko	28 x 75 mm
Kiviaines, karkea	Pääosin hieman kulmikkaita, paikoin hieman pyöristyneitä granitoidi/gneissikappaleita.		
Kiviaines, hieno	Pääosin kulmikkaita, paikoin hieman pyöristyneitä granitoidi/gneissi-, liuske- ja amfiboliittikappaleita sekä mineraalirakeita.		
Kiviaines-tartunnat	Pääosin tiiviit, paikoin epäsäännöllisten muotoisten huokosten ja yksittäisten, lyhyiden ja < 0,08 mm leveiden halkeamien heikentämät.		
Sideaines	Karkearakeista portlandsementtiä, jossa on masuunikuonaa ja kalkkikivifillieriä. Hydrataatio on tasainen ja hydrataatioaste korkea. Mikrotekstuuri on epätasainen, paikoin havaittiin korkeamman mikrohuokoisuuden alueita.		
Karbonatisoituminen	Ohuthieessä keskimäärin 10 mm, maksimissaan 22 mm syvyydelle ulkopinnasta halkeaman reunoilla. Karbonatisoituminen on edennyt < 1 mm etäisyydelle halkeaman reunoilta. Karbonatisoituminen on yksittäisin paikoin karkearakeista.		
Ca(OH)₂	Pääosin hieno-keskirakeisia kiteytyymiä, jotka ovat paikoin kookkaampia ja runsaampia mikrohuokoisemmillä alueilla.		
Halkeilu, pinta	Yksittäisiä, kiviainesta myötäileviä ja < 0,5 mm leveitä halkeamia, joka ulottuvat maksimissaan 16 mm syvyydelle ulkopinnasta. Halkeamien reunat ovat pääosin epäsymmetrisiä		
Halkeilu, sisäosa	<p>Pääosin pinnan suuntainen, kiviainesta myötäilevä ja < 1,0 mm leveä halkeama, joka kulkee noin 1–4 mm syvyydellä ulkopinnasta. Halkeaman reunat ovat pääosin epäsymmetriset.</p> <p>Lisäksi pinnan suuntainen < 1,0 mm leveä halkeama noin 45 mm syvyydellä ulkopinnasta. Halkeama sijaitsee terässyvydellä ja sen reunat ovat pääosin epäsymmetriset.</p> <p>Näyte on katkennut 55 mm ulkopinnasta (so. terässyvyys). Murroskohdan reunoilla ei havaittu karbonatisoitumista tai sekundäärisiä kiteytyymiä.</p>		
Huokokset	Suojahuokosia on vähän. Suurempia ($\varnothing < 2,4$ mm), muodoltaan pääosin melko pyöristyneitä huokosia on melko vähän. Lisäksi havaittiin melko runsaasti muodoltaan epäsäännöllisiä huokosia 0–10 mm ulkopinnasta.		
Sekundääriset kiteytymät	Huokosissa havaittiin paikoin vähäisiä ettringiittikiteytyymiä, joista yksittäiset pienimmät ($\varnothing < 0,2$ mm) huokokset ovat täyttyneet.		
ASR	-		
Muita huomioita	<p>Ulkopinnalla on < 4,2 mm paksu <i>laastikerros</i>. Laastin sideaine on karkearakeista portlandsementtiä, jossa on kalkkikivifillieriä. Sideaine vaikuttaa lähes karbonatisoitumattomalta, paikoin karbonatisoituminen on edennyt kerroksen läpi halkeamia pitkin. Kerroksessa on melko runsaasti pieniä epäsäännöllisen muotoisia ja melko pyöristyneitä huokosia ($\varnothing < 0,6$ mm). Laastissa on pääosin hieman kulmikkaita granitoidi- ja gneissikappaleita sekä kvartsi- ja maasälpärakeita ($\varnothing < 1,0$ mm). Laastissa havaittiin vähäistä, pääosin pinnan vastaista ja < 0,1 mm leveää halkeilua. Halkeamien reunat ovat pääosin epäsymmetriset.</p> <p>Kiviaines on paljastunut < 1 mm syvyydelle laastin ulkopinnasta.</p> <p>Laastikerroksen tartunta betoniin on paikoin avoin.</p>		

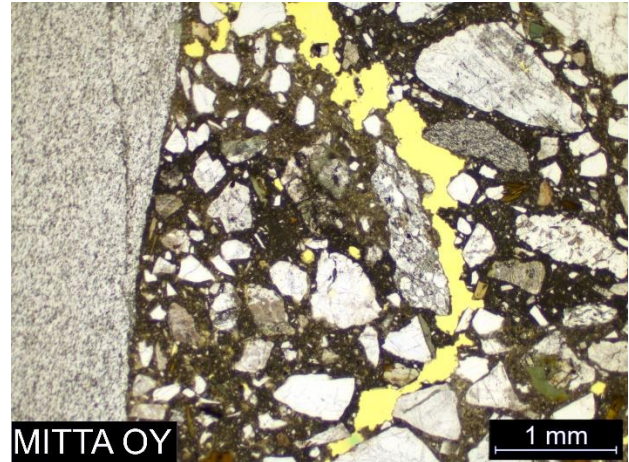
Valokuvat seuraavalla sivulla.

MIKROANALYYSI - kuvat

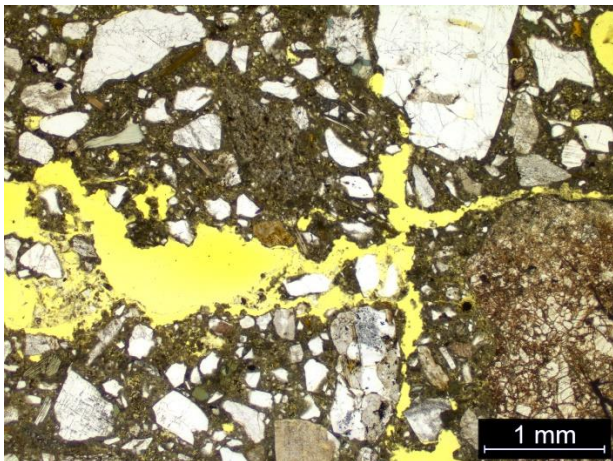
Näyte 06
Ohuthie SNC2



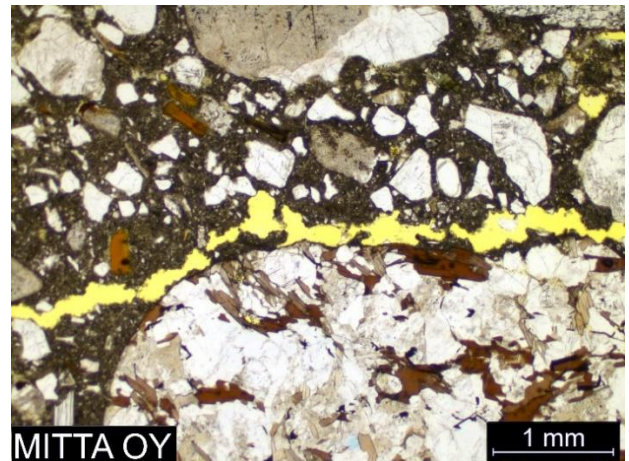
Kuva 9. Sideaineen mikrotekstuuri on epätasainen. OPL



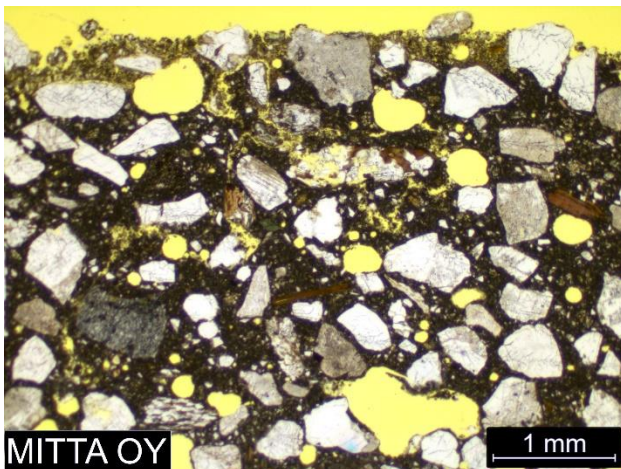
Kuva 10. Pinnan vastainen halkeama. OPL



Kuva 11. Pinnan suuntainen ja pinnan vastainen halkeama lähellä ulkopintaa. OPL




Kuva 12. Pinnan suuntainen halkeama syvemmällä. OPL



Kuva 13. Ulkopinnan laastikerros. OPL

Sitowise Oy
Mika Körkkö
mika.korkko@sitowise.com
jussi.saari@sitowise.com

Vetolujuuden määrittäminen			 Finnish Accreditation Service T336 (EN ISO/IEC 17025)
<i>Kohde</i>	<i>Näytteenottaja ja päivämäärä</i>	<i>Laboratorion tilausnumero</i>	
Nekalan Varasto C	4. ja 7.11.2022, Jussi Saari ja Mika Körkkö	22758	
<i>Saapumispäivämäärä</i>	<i>Raportointipäivämäärä</i>	<i>Tutkija</i>	
9.11.2022	29.11.2022	Iida Hentilä, 050 5997042 iida.hentila@mitta.fi	
<i>Näyttemateriaali</i>	<i>Näytteiden muoto</i>		
Betoni	Lieriö		

Näytteiden testaus suoritettiin standardin SFS 5445 mukaisesti Mitta Oy:n betoni- ja haitta-ainelaboratoriossa Easy-M-laitteella. Menetelmä on akkreditoitu.

Laite on kalibroitu vuonna 2022. Koekappaleiden pinnat on tasoitettu timanttisahalla. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Näytteenotosta vastaa tilaaja. Raportin osittainen kopiointi ilman lupaa on kielletty.

Vetolujuuden mittausepävarmuus (95% luotettavuustasolla) $\pm 2,33\%$

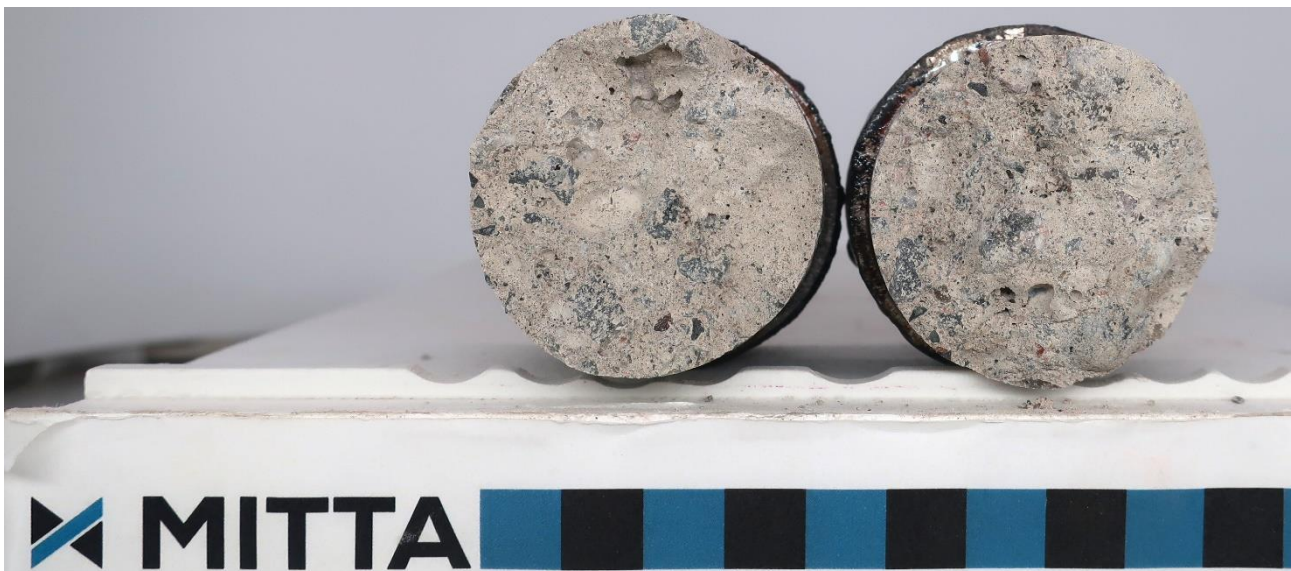
Näyte	Näytteenottoaikka	Näytteen pituus (mm)	Näytteen halkaisija (mm)	Näytteen tiheys (kg/m ³)	Tulos (MN/m ²)	Murtokohta ¹⁾ / -tapa	Poikkeamat/Huomiot
01	Sokkelibetoni, pohjoinen	45	45	2264	1,55	32-43 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	Veto tehty 10-55 mm ulkopinnasta
05	Sokkelibetoni, etelä, sisäpinta	61	45	2212	1,16	54-64 mm sisäpinnasta, myötäilee kiviainesta	-
05 uusinta	Sokkelibetoni, etelä, sisäpinta	61	45	2212	1,60	19-32 mm sisäpinnasta, leikkaa kiviainesta	-
07	Sokkelibetoni, länsi, kehän vierestä	117	45	2242	0,59	45-61 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	-
07 uusinta	Sokkelibetoni, länsi, kehän vierestä	117	45	2242	0,79	84-90 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	-
08	Sokkelibetoni, länsi	228	45	2252	0,45	7-23 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	-
08 uusinta	Sokkelibetoni, länsi	228	45	2252	0,52	158-178 mm ulkopinnasta, myötäilee kiviainesta	-
09	Sokkelibetoni, itä, sisäpinta	34	45	2349	0,24	12-21 mm sisäpinnasta, myötäilee kiviainesta	-
09 uusinta	Sokkelibetoni, itä, sisäpinta	34	45	2349	0,66	8-14 mm sisäpinnasta, myötäilee kiviainesta	-

¹⁾ Murtokohta mitattu näytekappaleen alkuperäisestä tutkittavasta pinnasta ennen tasoitussahausta

Koe uusitaan vetolujuuskokeen tuloksen ollessa < 1,50 MN/m².



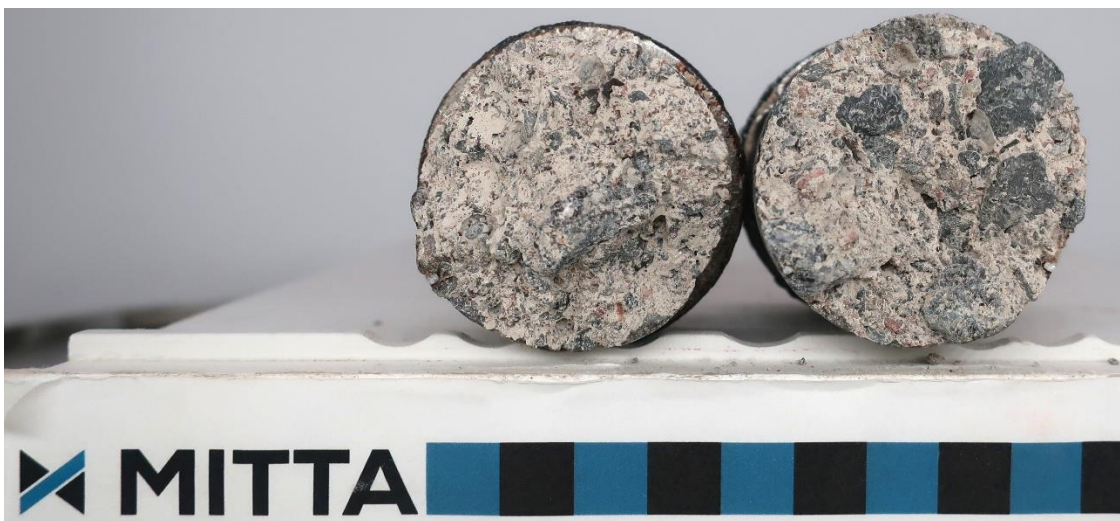
1, ulkopinta vasemmalla.



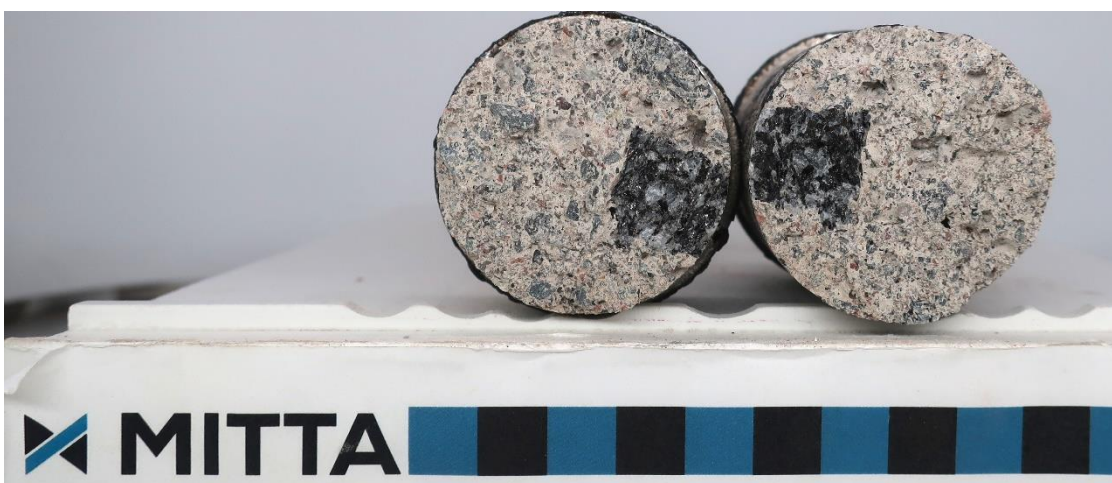
1, ulkopinta vasemmalla.



5, sisäpinta vasemmalla



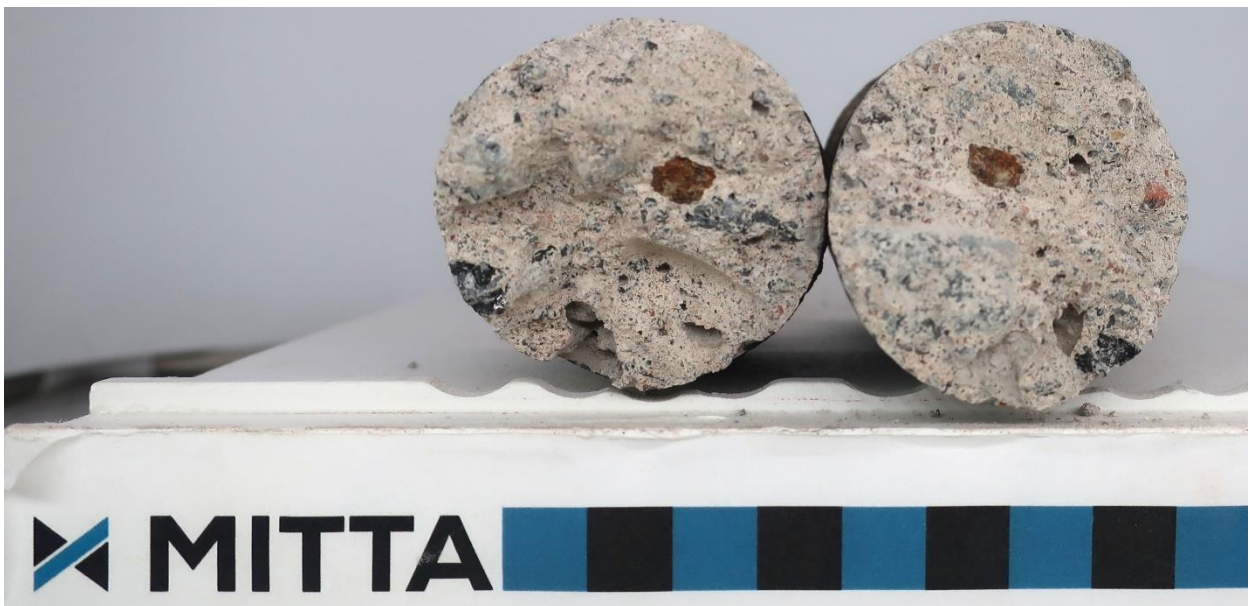
5, sisäpinta vasemmalla.



5, uusintaveto, sisäpinta vasemmalla.



7, ulkopinta vasemmalla.



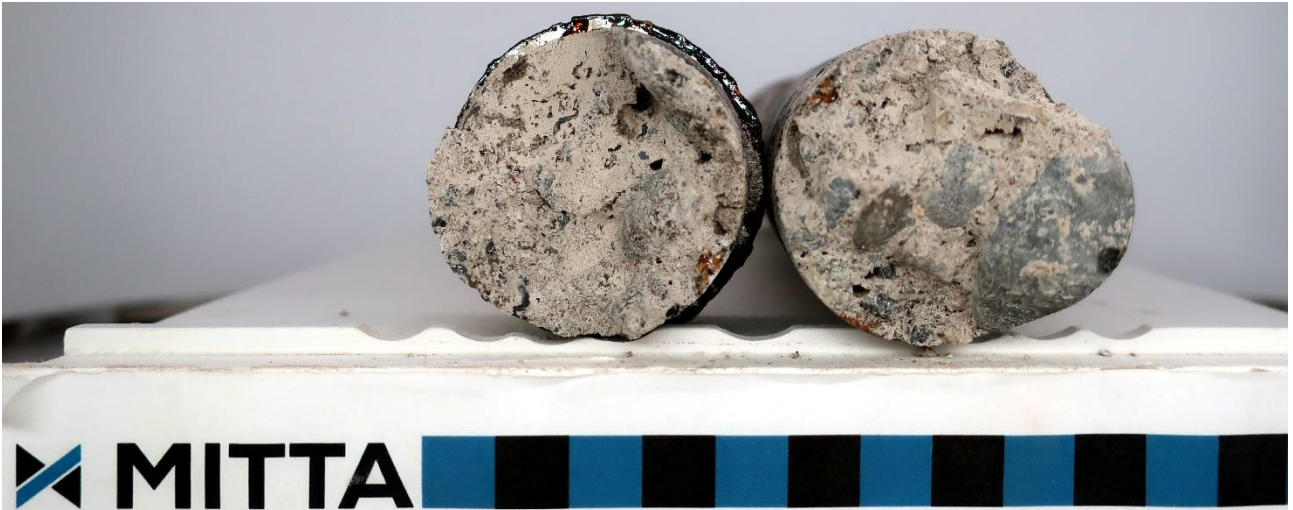
7, ulkopinta vasemmalla.



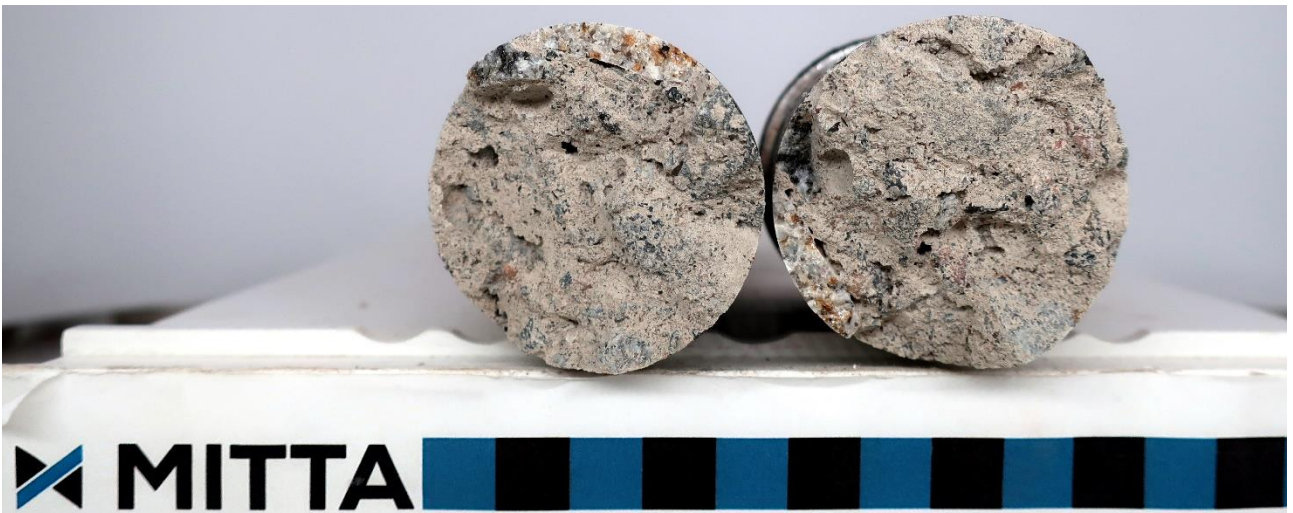
7, uusintaveto, ulkopinta vasemmalla.



8, ulkopinta vasemmallä.



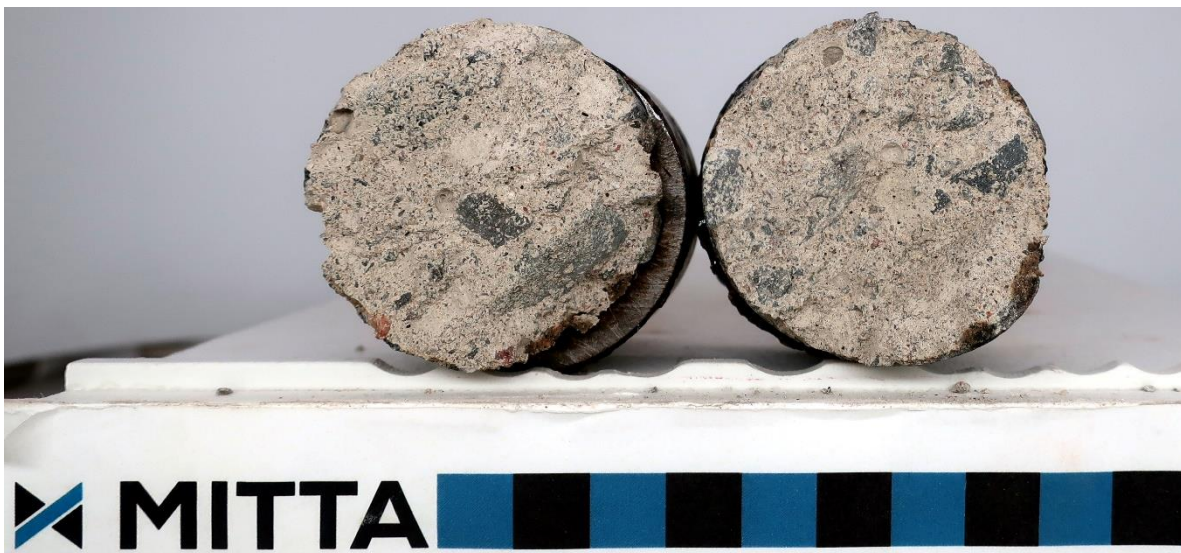
8, ulkopinta vasemmallä.



8, uusintaveto, ulkopinta vasemmallä.



9, sisäpinta oikealla



9, sisäpinta vasemmalla.



9, uusintaveto, sisäpinta vasemmalla.

Sitowise Oy
Mika Körkkö
mika.korkko@sitowise.com
jussi.saari@sitowise.com

Karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen		
<i>Kohde</i>	<i>Näytteenottaja ja päivämäärä</i>	<i>Laboratorion tilausnumero</i>
Nekalan varasto C	Jussi Saari, Mika Körkkö 4. ja 7.11.2022	22758
<i>Saapumispäivämäärä</i>	<i>Raportointipäivämäärä</i>	<i>Tutkija</i>
9.11.2022	1.12.2022	lida Hentilä, 050 5997042 iida.hentila@mitta.fi

Näytteen karbonatisoitumissyvyys on määritetty halkaistulta pinnalta fenoliftaleiini-indikaattorilla RILEM CPC-18 mukaan. Tulos koskee vain tutkittua näytettä. Näytteenotosta vastaa tilaaja. Raportin osittainen kopiointi ilman lupaa on kielletty.

Näyte nro	Näytteenottoaika	Näytteen pituus (mm)	Karbonatisoitumissyvyys min-max/ka (mm)	
01	Sokkelibetoni, pohjoinen	133	läpi	
03 OH	Sokkelibetoni, itä	130	up: 43-58/51 sp: -	
05	Sokkelibetoni, etelä, sisäpinta	82-89	läpi	
06 OH	Sokkelibetoni, länsi, kehäkohta	127-145	Laasti: up: 0-läpi/1 sp: 0-läpi/1	Betoni: up: 8-16/11 sp: -
07	Sokkelibetoni, länsi, kehän vierestä	140	läpi	
08	Sokkelibetoni, länsi	256	up: 55-60/57 sp: 120-146/135	
09	Sokkelibetoni, itä, sisäpinta	43-55	up: 30-34/32 sp: -	

Sitowise Oy
mika.korkko@sitowise.com
jussi.saari@sitowise.com

Betonin kokonaiskloridipitoisuuden määrittäminen		
<i>Kohde</i>	<i>Näytteenottaja ja päivämäärä</i>	<i>Laboratorion tilausnumero</i>
Nekalan varasto C	Jussi Saari & Mika Körkkö, 4. ja 7.11.2022	22758
<i>Saapumispäivämäärä</i>	<i>Raportointipäivämäärä</i>	<i>Tutkija</i>
9.11.2022	1.12.2022	Karri Kouri, 040 5830242 karri.kouri@mitta.fi

Menetelmä

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

Näytteenotosta vastaa tilaaja. Tutkimusraportin saa kopioida vain kokonaan. Osittaisesta kopiointista on oltava Mitta Oy:n lupa.

Menetelmän raportointiraja on 0,01 massa-% ja mittaepävarmuus noin 11 % (95 % luotettavuustasolla). Tulokset on ilmoitettu 2 desimaalin tarkkuudella.

Näyte nro	Syvyys (mm)	Näytteenottoaika	Näytetyyppi (kappale/ jauhe)	Näytteen määrä (g)	Kloridipitoisuus (massa-%)
10	0–35	Sokkelibetoni, länsi, pohjoinen	kappale	5,289	< 0,01

Tutkimusmenetelmät ja -kuvaukset

1 Betonitutkimukset

1.1 Aistinvarainen tutkimus

Aistinvaraisella tarkastelulla selvitetään pitkälle edenneiden vaurioiden aiheuttajia, niiden merkitystä korjaustavan valintaan sekä vaurioiden laajuutta ja vaurioiden sijainteja (säännölliset vauriot määrättyissä rakennneosissa tai rakenteiden liittymissä ja satunnaiset vauriot, joiden aiheuttajana ei ole systemaattinen virhe tai puute).

1.2 Ohuthietutkimus

Ohuthietutkimukset suoritetaan soveltaen standardia ASTM C 856-11. Ohuthietutkimuksessa poralieriöstä leikattu näyte hiotaan 0,025 mm paksuiseksi levyksi ja näytelevyä tutkitaan mikroskoopilla. Ohuthie on n. 48 mm tai n. 76 mm pitkä ja se tehdään näytekappaleen tutkittavasta pinnasta alkaen syvyyssuunnassa.

Ohuthietutkimuksella pyritään selvittämään betonista ja tai rappauksesta pääsääntöisesti seuraavia tekijöitä:

- betonin kiviaines ja kiviainesjakauma
- rappauslaastin kalkki-sementtisuhde
- karbonatisoitumissyvyys (raudoitteiden korroosioriski)
- huokosrakenne (pakkasenkestävyys)
- rapautumisaste
- ettringiitin ja muiden haitallisten kiteytymien (portlandiitti, karbonaatti) esiintyminen
- alkalikiviainesreaktion esiintyminen

1.3 Betonin karbonatisoituminen

Betonin karbonatisoituminen perustuu sementtikiven sisältämien emäksisten hydroksidien, natriumhydroksidin (NaOH), kaliumhydroksidin (KOH) ja kalsiumhydroksidin (Ca(OH)₂) ja ilman sisältämän hiilidioksidin (CO₂) reaktioihin.

Betoni on emäksistä (korkea pH-arvo) ja korkea pH-arvon omaavassa ympäristössä teräs on ns. passiivitulassa, jolloin korroosiota ei tapahdu. Ilman hiilidioksidin tunkeutuminen betoniin ja siitä aiheutuva betonin karbonatisoituminen aiheuttaa betonin pH:n laskemisen noin arvoon 8,3, jolloin betoniteräksen ympäristö on kosteusrasituksessa korroosiota aiheuttavaa (olosuhteiden muutoksesta johtuen teräs on passiivitulassa sijasta korroosiolle alttiissa tilassa). Korroosio edellyttää aina elektrolyytin (veden) läsnäoloa, joten betoniteräksien korroosio ei ole merkittävää, ellei rakenteisiin kulkeudu kosteutta.



Karbonatisoituminen alkaa betonin pinnasta ja etenee rintamana syvemmälle. Betonin karbonatisoituminen hidastuu etäisyyden kasvaessa betonin pinnan karbonatisoitumisrintaman välillä. Betonin karbonatisoitumissyvyys määritetään näytekappaleen poikkileikkauspinnalta pH-indikaattoriliuoksen avulla, joka värjää karbonatisoitumattoman osan punaiseksi.

1.4 Betoniraudoitteiden peitepaksuusmittaus

Raudoitteiden peitepaksuuden mittaaminen on olennainen tieto rakennuksen ulko-kuoren elinkaaren pituutta ja sen hetkistä tilaa arvioitaessa. Tunnettaessa kohteen keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys (määritetään esim. ohuthietutkimuksen yhteydessä), voidaan arvioida korroosion laajuutta rakennuksen ulko-kuorien raudoitteissa.

Mittaus suoritetaan Prosec Profometer 5-laitteella. Laitteella voidaan paikallistaa ainetta rikkomattomasti betoniraudoitteet, mitata paikallistetun raudoitteen peitepaksuus (syvyys rakenteessa) ja määrittää paikallistetun raudoitteen halkaisija. Laitteen toiminta perustuu pulssi-induktioon, jossa laite lähettää energiapulsseja ja seuraa niiden vaimenemista. Pulssin osuessa raudoitukseen sen vaimeneminen hidastuu ja laite rekisteröi muutoksen.

Betonirakenteiden peitepaksuus määritetään pistokoeluentoisesti. Mittaustuloksia verrattaessa laboratoriotutkimustuloksien avulla määritettyyn karbonatisoitumissyvyyteen voidaan arvioida korroosiovyöhykkeellä (korroosiovaurioitumisen riski) sijaitsevien betoniterästen määrä.

1.5 Betonin vetolujuuskoe

Betonin sisäistä lujuutta ja rapautumisastetta voidaan arvioida vetolujuuskokeiden avulla. Vetolujuusarvoja käytetään vaurioitumisasteen määrittämisen lisäksi rakenteiden korjattavuuden arviointiin sekä korjausmenetelmän valintaan. Betonimateriaalin vetolujuuskokeella selvitetään betonirakenteen pinnan lujuus/soveltuvuus betonikorjaustuotteiden ja pinnoitteiden alustaksi. Lisäksi vetokokeilla tutkitaan pintamateriaalien esim. maalin tartuntaa alustaansa. Vetokokeet suoritetaan standardien SFS 5446 ja 5445 mukaisesti.

Vetolujuuskokeet/tartuntalujuuskokeet suoritetaan kentällä poraamalla halkaisijaltaan n. 50 mm oleva lieriö noin 20 – 40 mm syvyyteen riippuen rakenteesta. Poralieriön 50 mm näytealue puhdistetaan epäpuhtauksista ja vetokokeen suorittamista varten lieriöön kiinnitetään epoksiliimalla vetokoesylinteri (Ø 50 mm). Vetokoe suoritetaan joko manuaalisesti tai sähkömoottoritoimista vetokoealaitetta käyttäen (Dyna Proceq Z16), jossa voiman kasvu tapahtuu 0,05 MPa/s (N/mm²/s) nopeudella.

Vetolujuuskokeet voidaan suorittaa myös laboratoriossa. Tällöin rakenteesta porataan halkaisijaltaan n. 50 mm oleva lieriö, joka kiinnitetään laboratoriossa vetokoealaitteeseen (Proceq DY-225), jolla selvitetään kappaleen vetolujuus.

Riippumatta onko vetokokeet suoritettu kentällä tai laboratoriossa voidaan tulosten tulkinnassa käyttää oheisen taulukon lujuusarvoja, kun arvioidaan



betonin rapautumista. Pintamateriaaleille ei ole yleensä määritetty lujuusarvoja tartunnalle (pl. maalipinnat), jolloin tartunnan riittävyttä arvioidaan myös muuten kuin vetokokeiden avulla.

Taulukko 2. Rapautumisen arviointi vetolujuudesta (BY42)

Vetolujuus	Arvioitu rapautumistilanne
Luokkaa 0	pitkälle edennyt rapautuma
0,5 – 1,0 MPa	jonkin asteista rapautumaa
luokkaa 1,5 MPa tai yli	rapautuminen epätodennäköistä

1.6 Betonin kloridipitoisuus

Kloridipitoisuus määritetään laboratoriossa standardin SFS 5451 mukaisesti ja kloridipitoisuus ilmoitetaan happoliuoksen kloridin määränä suhteessa betonin painoon.

Betonin kloridipitoisuus vaikuttaa betoniterästen korroosioriskiin. Kloridit aiheuttavat betoniterästen korroosiota kosteusrasituksessa, vaikka betoni olisi karbonatisoitumatonta, jolloin betonin emäksisyys suojaisi raudoitetta korroosiolta. Klorideja voi kulkeutua betonirakenteisiin valmistuksen yhteydessä (lähtöaineista kuten esim. kalsiumkloridikihihdyttimistä) tai klorideja voi tunkeutua rakenteisiin meri-ilmastossa ilman mukana, sulatussuolojen, meriveden tai muun ulkopuolisen lähteen vaikutuksesta.

Kloridipitoisuuden kynnyksarvona pidetään pitoisuutta 0,03 – 0,07 p-%, jonka alapuolella kloridi ei käynnistä korroosiota karbonatisoitumattomassa betonissa.

2 Rakennetyyppien tarkennukset ja rakenneavaukset

Suoritettujen rakenneavausten sijainnit määritetään riskirakennekartoituksen ja rakenteiden kosteuskartoituksen yhteydessä tehtävien havaintojen mukaan. Rakenneavausten päätarkoituksena on määrittää rakennetyypit ja rakenneratkaisut sekä verrata rakenteiden alkuperäisten suunnitelmien mukaisuutta ja rakenteellista toimivuutta. Rakenneavausten yhteydessä tarkastellaan rakenteiden vaurioitumisasteita ja vaurioiden laajuutta.

Rakenteiden avauskohdista suoritetaan:

- rakenteiden ja rakennemittojen kirjaus sekä vertaus vanhoihin suunnitelmiin
- aistinvaraisesti havaittavien vaurioiden kirjaus
- avauskohdan valokuvaus



- analyysinäytteenotto ja kosteusmittaus, mikäli näin on määritetty
- Rakenneaivausten sijaintien määrittelyssä joudutaan useimmiten huomioimaan kiinteistön käyttö ja sen asettamat rajoitteet.

