

Keskusvirastotalo

Pihakansirakenteiden kuntotutkimus

8.11.2018

RI(AMK) Mika Kalliomäki

RI(AMK) Kari Lehtola

31 14143.10



Tiivistelmä

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää rakenteiden tämänhetkinen kunto sekä arvioida vaurioitumislanteen kehittymistä jatkossa. Tutkimuksen tuloksia arvioidessa on otettava huomioon, että näytteiden otto sekä eri mittaukset tehdään rakenteista pistemäisesti otantana ja tästä syystä tutkimustuloksiin ja niistä tehtyihin arviointeihin sisältyy epävarmuutta. Mittaukset ja näytteenotto on kuitenkin pyritty kohdentamaan niin, että saadaan riittävän luotettavaa tietoa rakenteiden kunnosta ja niiden mahdollisesta korjaustarpeesta.

Kenttätutkimuksissa havaittiin pihakannen kantavan betonilaatan alapinnalla useita, melko laaja-alaisia kosteusjälkiä. Kosteusjäljet ovat pääosin laatan reuna-alueella, rakennuksen sokkelin ja pihakannen liitoskohdan alapuolella. Lisäksi kosteusjälkiä esiintyy runsaasti parkkihallin pihakannen alapuolisissa maanvastaisissa paikallavaluseinissä.

Pihakannen kantavasta laatasta otettujen näytteiden vetokoetulokset ovat vaihtelevia. Kahdessa näytteessä vetolujuustulos oli alentunut. Molemmissa murto on tapahtunut terästä pitkin, mikä osaltaan selittää alentunutta vetolujuutta. Murtokohdat ovat näytteiden yläosissa, eikä näiden näytteiden kohdalla voida poissulkea mahdollista alkavaa pakkasrapautumista. Ohuthietutkimuksissa ei havaittu merkittävää betonin rapautumiseen viittaavaa vaurioitumista.

Pihakansirakenteessa oleva vedeneriste oli avauskohdalla osin kulunut ja halkeillut. Vedeneriste on arviolta käyttökänsä lopussa. Pihakannelle suositellaan vedeneristeen ja pintarakenteiden uusimista kantavan laatan yläpintaan asti. Korjaustyöt suositellaan tehtäväksi seuraavan 3 vuoden kuluessa. Autohallin sisäpuolisille betonivauriokohdille suositellaan paikkakorjausta ja huoltomaalausta pihakannen muiden korjaustöiden yhteydessä.

Keskusvirastotalo

SISÄLLYSLUETTELO

1	Yleistä	3
1.1	Tutkimuksen tilaaja	3
1.2	Kohteen tunnistetiedot ja yleiskuvaus	3
1.3	Kuntotutkimuksen sisältö	3
1.4	Tutkimuksen rajaus ja luotettavuus.....	4
1.5	Kohteen rakennusaikaiset määräykset	4
2	Tutkimustulokset	5
2.1	Pihakansirakenteet.....	5
2.1.1	Rakenne tehtyjen havaintojen perusteella.....	5
2.1.2	Havaintoja rakenteesta ja näytteistä	5
2.1.3	Kosteustekninen toiminta.....	6
2.1.4	Raudoitteiden korroosio.....	9
2.1.5	Betonin rapautuminen	10
2.2	Liittyvät rakenteet	12
3	Turvallisuuden vaikuttavat tekijät	12
4	Yhteenveto ja johtopäätökset	13
4.1	Pihakansi	13
5	Toimenpide-ehdotus ja kustannusarvio	13
5.1	Pihakansi	13
5.2	Suosittelut jatkotutkimukset ja kiireelliset toimenpiteet.....	14

LIITELUETTELO

Liite 1: Rakenteiden vaurioituminen	2 s.
Liite 2: Näytetaulukko	1 s.
Liite 3: Paikannuskuvat	1 s.
Liite 4: Betonipeitemittaukset ja raudoituksen korroosion laajuuden arviointi	1 s.
Liite 5: Vetolujuus- ja kloriditulokset	8 s.
Liite 6: Ohuthieanalyysien tulokset	3 s.
Liite 7: Vedeneristeen haitta-aineanalyysit	2 s.

1 Yleistä

1.1 Tutkimuksen tilaaja

Nimi:	Keskusvirastotalo c/o Tampereen Tilapalvelut Oy
Osoite:	Frenckellinaukio 2K, 33101 Tampere
Yhdyshenkilö:	Mira Malmi-Jylänki
Puhelin:	040 630 6914
Sähköposti:	mira.malmi-jylanki@tampere.fi

1.2 Kohteen tunnistetiedot ja yleiskuvaus

Tutkimuksen kohde:	Keskusvirastotalo
Osoite:	Aleksis Kiven katu 14 - 16, 33210 Tampere
Tehtävä:	Pihakansirakenteiden kuntotutkimus
Työnumero:	31 14143.10

Tutkimuksen kohteena on Tampereen keskusvirastotalon pihakansi ja siihen liittyvät rakenteet. Pihakansi ja autohalli on rakennettu 1967.

Tutkimuksessa käytettävissämme olleet arkistomateriaalit:

- Pääpiirustuksia, Arkkitehtitoimisto Aarne Ervi

Tiedossa ei ole aikaisemmin tehtyjä, pihakanteen liittyviä korjauksia.

1.3 Kuntotutkimuksen sisältö

Tässä kuntotutkimuksessa tarkastellaan kohteen pihakannen rakenteiden kuntoa ja vaurioitumista sekä arvioidaan vaurioitumisen syitä 11.9.2018 laaditun tehtäväluettelon mukaisesti. Tehtäväluetteloa on tarkennettu kenttätutkimusten yhteydessä.

Kuntotutkimuksen on suorittanut A-Insinöörit Suunnittelu Oy (RI (AMK) Mika Kalliomäki). Kenttätutkimukset kohteella on tehty 27.09.2018. Rakenteille tehtiin silmämääräisten havaintojen lisäksi seuraavia tutkimuksia:

- pihaholvin rakennekerrokset ja niiden kunto selvitettiin yhdeltä avauskohdalta
- näyteliieriöporaukset rakenteen kantavasta laatasta (Ø 50 mm, 4 kpl)
- betonin karbonatisoituminen (fenoliftaleiini-indikaattori, 4 näytettä)
- raudoitteiden peitepaksuudet (raudoitemittari ProfoScope+, yleisesti)
- betonin kloridipitoisuus (4 näytettä)
- betonin halkeilu, pakkasvaurioituminen, huokoistus yms. (ohuthietutkimus, 1 näytettä)
- betonin vetolujuus (3 näytettä)
- vedeneristeen PAH-yhdistepitoisuus ja asbestipitoisuus (1 näyte).

1.4 Tutkimuksen rajaus ja luotettavuus

Tässä kuntotutkimuksessa tarkastellaan kohteen pihakannen betonirakenteiden vaurioita.

Tutkimusmenetelmät ovat suunniteltu siten, että useammalla käytössä olevalla menetelmällä pyritään varmistamaan tulosten perusteella syntyneet johtopäätökset. Rakenteiden toimintaa sekä siinä esiintyviä puutteita on tarkasteltu sekä kenttätutkimusten yhteydessä, että asiakirjojen perusteella. Tutkimukset ovat kohdennettu siten, että tutkittavasta rakenteesta saadaan riittävän tarkka käsitys johtopäätösten taustaksi.

Tässä kuntotutkimuksessa ei käsitellä kohteen muiden rakenteiden tai teknisten järjestelmien kuntoa. Kuntotutkimus sisältää ehdotuksen / vaihtoehtoisia ehdotuksia korjaustoimenpiteistä, mutta ennen korjaustoimenpiteiden suorittamista on tehtävä varsinainen korjaussuunnittelu, jossa määritellään tarkemmin kohteeseen soveltuvat korjausmenetelmät.

Tutkittavien rakenteiden kunnosta saatiin tutkimuksilla varsin hyvä käsitys. Luotettavuuden kannalta puutteina voidaan todeta seuraavat asiat:

- Autohallin sisäpuoliset pilarit ja palkit tutkittiin kuntotutkimuksen yhteydessä ainoastaan silmämaisesta. Rakenteet sijaitsevat lämpimässä hallitilassa.

1.5 Kohteen rakennusaikaiset määräykset

Kohteen rakennusaikaiset ulkobetonirakenteiden säilyvyyteen ja muuhun tekniseen laatuun merkittävästi vaikuttavat määräykset ja ohjeet (Betoninormit 1965) ovat olleet seuraavat:

- | | | |
|---|-------------|---------------------|
| - betonin lujuusluokka | | K25 |
| - raudoituksen suojabetonipeite | harjateräs | 20 mm |
| | sileä teräs | 15 mm |
| - betonin sallittu kloridipitoisuus | | ei vaatimusta |
| - ulkokuoren paksuus | | 50 mm |
| - lämmöneriste | paksuus | 70 mm |
| | lujuus | 2 kN/m ² |
| - muottikiertoa nopeutetaan lämpökäsittelyllä | | ei vaatimusta |
| - lämmöneristeen läpi menevät teräsosat ruostumatonta terästä (edelleen käytetään myös yksittäiskiinnityksiä) | | |
| - syöpymisvaaralle alttiit kiinnikkeet korroosion kestävästä aineesta | | |
| - elementtejä tehdään myös työmaalla | | |
| - betonin pakkasenkestävyyteen vaikuttavan lisähuokostuksen käyttöä suositeltiin. | | |

Kohteen rakennusaikana/saneerausten aikana on ollut sallittua käyttää rakennusmateriaaleja, jotka sisältävät asbestia, raskasmetalleja sekä PAH- ja PCB-yhdisteitä.

2 Tutkimustulokset

2.1 Pihakansirakenteet

2.1.1 Rakenne tehtyjen havaintojen perusteella

Pihakannesta ei ollut käytettävissä alkuperäisiä suunnitelmia. Pihakansi sijoittuu osittain rakennuksen eteläpäädyn ajokaistan kohdalle.

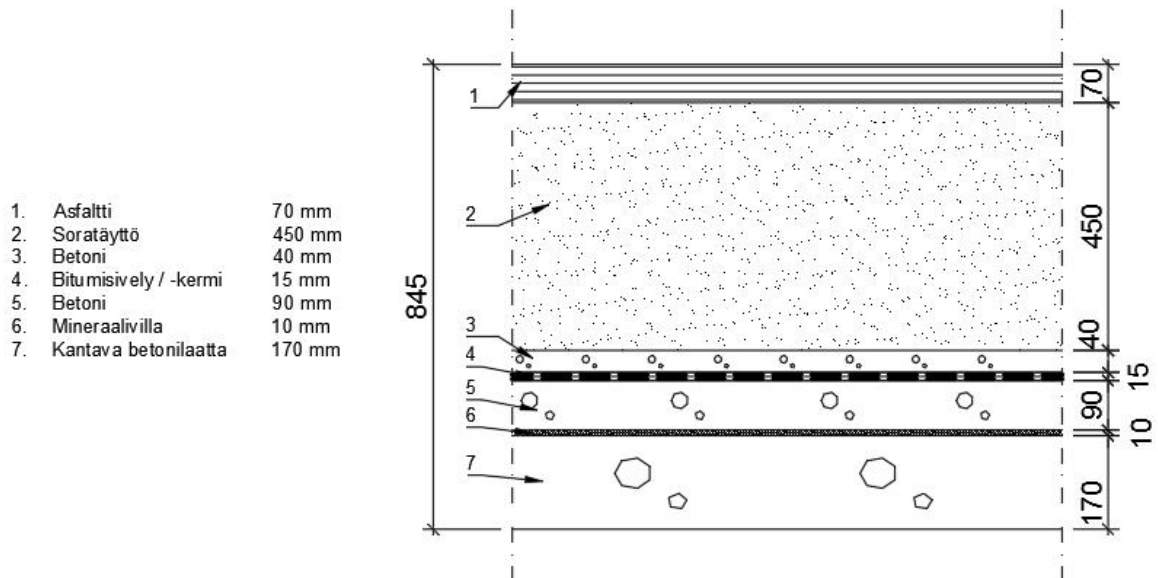
Tutkimusten yhteydessä pihaholvin yläosan rakenteisiin tehtiin yksi arviolta 300x800 mm rakenneavaus, yläpinnan asfaltin ja sorakerroksen jälkeen porattiin Ø 100 mm terällä kantavaan laattaan asti. Kantavasta laatasta porattiin n. 50 mm halkaisijaltaan oleva näytekappale. Muut kolme betoninäytettä porattiin autohallista kantavan betonilaatan läpi mineraalivillakerrokseen saakka. Avauskohta ja muut näytteenotkohdat on esitetty liitteen 3 paikannuskuvassa.

Pihakannen rakenne on rakenneavauksen perusteella ylhäältä päin lueteltuna seuraava: Asfaltti, sora- / mursketäyttö, betonilaatta, bitumisively ja -kermi, betonilaatta, mineraalivilla, kantava betonilaatta.

Rakenteessa havaittu mineraalivilla oli avauskohdalla vain noin 10 mm paksu, eikä toimi rakenteessa varsinaisena lämmöneristeenä.

Pihakannen laattanäytteistä havaitut raudoitteet ovat Ø 12mm harjateräksiä. Muista rakenteista oteuissa näytteissä ei havaittu raudoitteita.

Alla kuva pihakannen rakenteesta ja rakenteiden paksuudesta:



Kuva 1
Pihakannen rakenne rakenneavauskohdalla.

2.1.2 Havaintoja rakenteesta ja näytteistä

Rakenteessa olevassa bitumiveneristeessä havaittiin useita kerroksia. Veneriste on haurastunut ja osin halkeillut.

Näytteiden betoni on keskinkertaisesti tiivistynyttä. Näytteissä VT 02 ja VT 04 havaittiin yksittäisiä pitiussuuntaisia halkeamia.

Alla kuvia havainnoista.



Kuva 2
Kantavasta betonilaatasta otettu näytekappale.



Kuva 3
Kuva rakenneavauksesta.



Kuva 4
Kantavan laatan näytteet fenoliiftaleiinikäsittelyn jälkeä.



Kuva 5
Bitumikermi ja kermin yläpuolinen betoni.

2.1.3 Kosteustekninen toiminta

Pihakannen alapuoliset havainnot

Kantavan laatan alapinnoilla autohallissa, havaittiin melko paljon vuotokohtia ja kosteusjälkiä. Laatan alapinnan kosteus- ja vuotojäljet sijoittuvat pääosin laatan rakennuksen puoleiseen reunaan. Arviolta pihakansirakenteessa oleva vedeneristys on rakennuksen sokkelin ja pihakannen liittymän kohdalla epätiivis ja kosteus pääsee vuotamaan läpi rakenteen.

Laatan alapinnalla oli havaittavissa jonkin verran halkeilua. Aktiivisia vesivuotoja ei havaittu tutkimushetkellä.

Alla kuvia pihakannen alapuolisista havainnoista.



Kuva 6
Kosteusjälkiä ja näytteenottokohta VT 2.



Kuva 7
Laatan alapinnan reuna-alueen kosteusjälkiä.



Kuva 8
Laatan alapintaan tehty vedenpoistoputki, ympärillä kosteusjälkiä.



Kuva 9
Vedenpoistoputki, jonka alapuolella ei ole vedenohjausta.

Pihakannen yläpuoliset havainnot

Pihakannen yläpuolinen alue koostuu asfalttipintaisesta ajoradasta ja rakennuksen seinän vierisestä nurmialueesta. Asfaltointi ohjaa pintavesiä kohti rakennusta ja parkkialueella sijaitsevaa sadevesikaivoa. Pihakannen osuudella ei ole sadevesikaivoa. Asfaltissa havaittiin yksittäisiä halkeamia. Halkeamat mahdollistavat pintavesien pääsemisen piharakenteeseen. Tulee kuitenkin huomiota, että asfaltti ei toimi rakenteessa vedeneristeenä.

Rakennuksen vierustalla oleva nurmialue kallistaa kohti rakennuksen sokkeliä. Nurmialue sitoo itseensä merkittävästi kosteutta. Todennäköisesti kerääntynyt kosteus pääsee vuotamaan rakennuksen ja pihakannen liittymän epätiivetykskohdilta autohalliin.

Alla kuvia pihakannen yläpuolisista osista.



Kuva 10
Pihakannen arvioitu sijainti.



Kuva 11
Pihakannen päällä oleva nurmialue sitoo kosteutta, eikä kosteus pääse poistumaan rakenteesta, mikä aiheuttaa osaltaan vuotoja.



Kuva 12
Pihakannen lähin sadevesiviemäri on parkkipaikan puolella, melko kaukana pihakannesta.



Kuva 13
Halkeamia asfaltin yläpinnassa.

2.1.4 Raudotteiden korroosio

Pihakannen rakenteissa ei havaittu silmämääräisesti tai näytteistä tarkasteltuna terästen korroosioauri-
oita. Autohallin kosteusrasitus on paikallisista vesivuodoista huolimatta melko vähäinen, jolloin korroo-
sioaurioiden todennäköisyys hallin rakenteissa on melko pieni.

Betonin karbonatisoituminen

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto kohteen kantavan laatan karbonatisoitumissyvyyksistä.

RAKENNE / NÄYTEMÄÄRÄ		KARBONATISOITUMISSYVYYS [mm]	
		KESKIMÄÄRIN (keskiarvo / vaihtelu)	MAKSIMI (keskiarvo / vaihtelu)
Kantava laatta / 4 kpl	Yläpinta	15 / 6...30	25 / 15...41
	Alapinta	6 / 0...20	12 / 0...41

Pihakannen betonin karbonatisoituminen on edennyt keskimääräisesti arviolta tavanomaista nopeutta.
Karbonatisoitumisen alapinnan etenemässä oli suuresti vaihtelua eri näytteiden välillä. Vesivuotokoh-
dilta otetuissa näytteissä karbonatisoituminen on edennyt arviolta kosteusrasituksesta johtuen muita
näytteitä vähemmän.

Raudotteiden suojabetonipaksuudet

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto kohteen kantavan laatan raudotteiden suojabetonipak-
suuksista.

RAKENNE		RAUDOITUKSEN BETONIPEITE	
		PÄÄOSIN YLI / OSUUS	OSUUS ALLE 15 mm
Pihakansi	Kantavan laatan alapinnan teräkset	15 mm / 94 %	6 %

Kohteen pihakannen kantavan laatan peitepaksuudet ovat kohtalaisia ja täyttävät osin rakennusaikaiset
määräykset.

Karbonatisoituminen on saavuttanut laskennallisesti arvioituna noin 15 % kantavan laatan alapinnan
teräksistä.

Betonin kloridipitoisuus

Pihakannen kantavan laatan betonin kloridipitoisuutta tutkittiin neljän näytteen avulla. Vain kahdesta näytteestä (VT 01 ja VT 02) pystyttiin selvittämään kloridipitoisuus. Kahdesta muusta näytteestä ei kloridipitoisuutta voitu määrittää näytteissä olevista epäpuhtauksista johtuen (liite 7).

RAKENNEOSA	Betoninäytteestä	Kloridipitoisuus [paino-%]
Kantava laatta	VT 01	0,00
Kantava laatta	VT 02	<0,01
Kantava laatta	VT 03	-
Kantava laatta	VT 04	-

Tulosten perusteella kantavan holvin betonissa ei esiinny haitallisessa määrin klorideja, tutkittujen näytteiden kloridipitoisuus on laboratoriotutkimuksen mukaan alle 0,01 paino-%.

2.1.5 Betonin rapautuminen

Pihaholvin laatussa tai hallin sisäpuolisissa osissa ei havaittu silmämääräisesti tai näytteistä tarkastelemalla betonin rapautumiseen viittaavia vaurioita. Pihaholvirakenteen pilarit ja palkit sijaitsevat lämpimässä hallitilassa, jolloin niiden rapautumisen todennäköisyys on varsin pieni.

Betonin vetolujuus

RAKENNE JA NÄYTE		LUJUUS [MPa]	MURTO-KOHTA [mm]	MURTOTAPA
Pihakannen kantava laatta	VT 01	0,9	40-45 YP	Kokonaan Ø 12 mm terästä pitkin ja max. 9 mm ja 16 mm rakeet katkaisten.
	VT 03	0,6	62-72 YP	Kokonaan Ø 14 mm terästä pitkin ja max. 16 mm ja 25 mm rakeiden pintoja pitkin.
	VT 03 U	1,4	142-145 YP	Kokonaan Ø 14 mm terästä pitkin ja max. 12 mm rakeen pintaa pitkin.
	VT 04	2,2	118-128 YP	Kokonaan Ø 14 mm terästä ja max. 16 mm ja 24 mm rakeiden pintoja pitkin.
	ka.	1,2		Keskiarvoon ei ole laskettu mukaan näytteen VT 03 uusintavetoa.

U = uusintaveto

Pihakannen kantavasta laatasta otettujen näytteiden vetokoetulokset ovat vaihtelevia. Näytteiden VT 01 ja VT 03 ensimmäisten vetojen lujuudet olivat alle 1,0 MPa. Molemmissa murto on tapahtunut terästä pitkin, mikä osaltaan selittää alentunutta vetolujuutta. Murtokohdat ovat näytteiden yläosissa, eikä näiden näytteiden kohdalla ei voida poissulkea mahdollista alkavaa pakkasrapautumista. Näytteen VT 04 vetolujuus on hyvä ja se ylittää korjauslustralle asetetun yleisen vaatimuksen ($\geq 1,0 - 1,5$ MPa korjaustavasta riippuen).

Ohuthietutkimukset

Pihakannen kantavan laatan betonia tutkittiin ohuthietutkimuksella yhden näytteen avulla (VT 02). Tutkimuksen perusteella voidaan pihakannen kantavan laatan betonista todeta seuraavaa:

Näytteen betoni on kunnoltaan tyydyttävää, kiviaineksen laatu on tavanomaista. Betonin tiivistyminen on melko hyvä. Näytteen betonia ei ole suojahuokostettu, eikä se huokosrakenteensa perusteella ole arviolta pakkasenkestävää kosteusrasituksessa. Näytteen betonissa on jonkin verran arviolta kuivumiskutistumisesta johtuvaa suuntautumaton, lyhyttä mikrosäröilyä. Huokosissa on jonkin verran kosteusrasitusta indikoivia ettringiittikiteytymiä, osa huokosista on täynnä kiteytymiä.

YHTEENVETO/ TULOSTEN ARVIOINTI:

Taulukossa on arvioitu näytteiden kuntoa asteikolla: HYVÄ, TYYDYTTÄVÄ, VÄLTTÄVÄ ja HEIKKO.

Karbonatisoituminen on mitattu ohuthieestä ja/tai fenoliftaleiiniliuoksella lieriön halkaistulta pinnalta.

Rapautuneisuutta on kuvattu asteikolla 0-4:

0 - ei rapautumaa, 1 - vähäistä, 2 - orastavaa, 3 - kohtalaista, 4 - voimakasta.

Näyte:	Rakenneosa/ ohuthiepinta:	Kunto:	Karbonatisoituminen min-max/ka.(mm):	Huokostus / huokostäytteet	Rapautu- neisuus:
VT 02	pihakansi/ yläpinta	tyydyttävä	yläpinta 10-15/12	ei/ jonkin verran ettringiittiä	1

2.2 Liittyvät rakenteet

Autohallin muita rakenteita tutkittiin kenttätutkimusten yhteydessä silmämääräisesti.

Hallin maanvastaisessa betoniseinässä havaittiin runsaasti vesivuotojälkiä. Kaikki vuotojäljet alkavat noin 25-30 cm seinän yläosan alapuolelta (kuvat 14 – 17). Varmaa syytä kosteusvaurioihin ei tutkimuksen yhteydessä löytynyt. Arviolta rakenteen vedeneriste vuotaa pihakannen reuna-alueelta ja kosteus pääsee epätiivisiin / halkeilleen työsauman kohdalta halliin.

Alla kuvia autohallin maanvastaisesta seinästä.



Kuva 14
Kosteusvaurioita maanvastaisessa seinässä.



Kuva 15
Kosteusvaurioita maanvastaisessa seinässä.



Kuva 16
Kosteusvaurioita maanvastaisessa seinässä.



Kuva 17
Kosteusvaurioita maanvastaisessa seinässä.

3 Turvallisuuden vaikuttavat tekijät

Pihakansirakenteessa oleva bitumivedeneriste ei sisällä asbestia tai haitallista määrää PAH-yhdisteitä. Purkutytöt voidaan toteuttaa normaalein työmenetelmin.

4 Yhteenveto ja johtopäätökset

4.1 Pihakansi

Pihakannen kantavan laatan alapinnassa oli melko runsaasti paikallisia vesivuotojälkiä. Pihakannen vuotokohdat keskittyvät lähinnä rakennuksen sokkelin ja pihakannen liittymäkohdan alueelle. Pihakannen asfalttipinnalla on paikoin yksittäisiä halkeamia ja paikkauksia.

Pihakannen alapuolinen autohalli on lämmintä tilaa. Pihakannen alapuoliset rakenteet ovat melko hyvin suojassa kosteusrasitukselta, kantavan laatan kosteusrasitus muodostuu lähinnä pihakannen lävitse kulkeutuvasta vuotovedestä. Pihakannen raudotteiden korroosiovaurioita ei havaittu. Betonipeitemitauksen perusteella karbonatisoituneella alueella on noin 15 % teräksistä. Lähitulevaisuudessa (10 vuotta) karbonatisoituminen saavuttaa laskennallisesti arvioituna noin viidesosan laatan alapinnan teräksistä. Pihakannen kantavan laatan betoni ei sisällä klorideja haitallisissa määrin.

Rapautumavaurioita ei havaittu silmämääräisesti. Ohuthietutkimuksen mukaan kantavan laatan betoni ei ole pakkasenkestävää kosteusrasituksessa. Ohuthietutkimuksen mukaan betonissa ei kuitenkaan ole merkittäviä rapautumiseen viittaavia vaurioita. Vetolujuuskokeissa kantavan laatan tuloksissa havaittiin kahden näytteen vetolujuuden alenemista. Tavanomaista alhaisemmat vetolujuustulokset johtuvat arviolta murtokohdalla olleista teräksistä, tosin alkavan pakkasrapautumisen mahdollisuutta ei voida täysin rajata pois.

Pihakannen avauskohdalla rakenteessa oli vedeneristeenä bitumikermi. Bitumivedeneriste on avauskohdalla osittain halkeillut ja haurastunut. Tehtyjen havaintojen perusteella vedeneristeen tekninen käyttöikä on arviolta lopussa.

Tulevaisuudessa rakenteisiin voi syntyä teräskorroosiovaurioita, mikäli pihakansirakenteiden kosteusrasitusta ei pidetä alahaisena ja pihakannen vesivuotoja poisteta.

5 Toimenpide-ehdotus ja kustannusarvio

5.1 Pihakansi

Pihakannelle suositellaan pintarakenteiden uusimista ja uuden vedeneristeen asentamista 3 vuoden sisällä, jotta vesivuotojen määrä pysyy hallinnassa ja rakenteiden vaurioituminen ei pääse etenemään merkittävästi pidemmälle. Lisäksi suositellaan pintarakenteiden alapuolisten betonirakenteiden vauriokohtien paikkakorjauksia.

Pihaholvin perusteellinen kunnostus

- pihakannen yläosien purkaminen kantavan laatan yläpintaan
- kantavan laatan yläpinnan kunnostus vedeneristyksen alustaksi
- kallistusten korjaukset
- uuden vedeneristeen ja pintarakenteen rakentaminen pihakannelle
- ylösnostojen yms. liittymien tekeminen
- autohallin sisäpuolisten osien pesu ja huoltomaalaus, yksittäisten halkeamien injektointi
- mahdollisten betoni- ja teräskorroosiovaurioiden laastipaikkaukset.

Edellä mainittujen korjausten kustannusarvio on noin 100.000 €. Kustannukset on laskettu kertaluokkahintoina budjetointia varten, eikä niitä voi sellaisenaan käyttää esim. urakkatarjousten arvioimiseen. Hinnat sisältävät alv:n 24 %, mutta eivät sisällä rakennuttajan kuluja.

Uusittujen pintarakenteiden ja vedeneristeen käyttöikä on noin 30...40 vuotta. Maalaus- ja paikkauskorjausten käyttöikä on noin 15 vuotta.

Lopullinen korjaustapa tulee valita korjaussuunnittelun yhteydessä.

5.2 Suositeltavat jatkotutkimukset ja kiireelliset toimenpiteet

Suosittelavat jatkotutkimustoimenpiteet:

- Ei kiireellisiä toimenpiteitä.

Tampereella 8.11.2018

A-Insinöörit Suunnittelu Oy



RI(AMK) Mika Kalliomäki



RI(AMK) Kari Lehtola

Rakenteiden vaurioituminen

1 Ulkobetonirakenteet

1.1 Yleistä

Ulkobetonirakenteiden ikääntyessä niissä tapahtuu vaurioitumista, joka johtuu pääasiassa säärasituksesta. Säärasitus aiheuttaa erilaisia rinnakkaisia turmeltumisilmiöitä ja rakenteen vaurioituminen on yleensä seurausta useamman tekijän yhteisvaikutuksesta.

Normaalisti rakenteiden vaurioituminen on alkuvaiheessa hidasta, mutta vaurioiden edetessä turmeltumisnopeus yleensä kiihtyy.

Ulkobetonirakenteiden vaurioituminen aiheutuu pääasiallisesti seuraavista kolmesta syystä tai niiden yhdistelmästä:

- betonin karbonatisoitumisen mahdollistama teräskorroosio
- betonin pakkasrapautuminen
- betonin sisältämien kloridien aktivoima teräskorroosio ja betonin rapautuminen.

1.2 Betonin karbonatisoituminen ja raudotteiden korroosio

Betonin sisällä olevat raudotteet ovat suojassa teräskorroosiolta betonin korkean alkalisuuden (pH > 12) johdosta. Teräskorroosio ei voi käynnistyä korkeassa alkalisuuspitoisuudessa ja tällöin sanotaan, että raudotteet ovat passivoituneet korroosion suhteen.

Ulkobetonirakenteiden korkea alkalisuus laskee vähitellen ajan kuluessa rakenteen pinnalta alkaen ilman hiilidioksidin reagoidessa betonin ainesosien kanssa. Ilmiötä kutsutaan karbonatisoitumiseksi. Karbonatisoituminen etenee rintamana hidastuvalla nopeudella syvemmälle rakenteeseen.

Karbonatisoitumisessa betonin alkalisuus laskee tasolle pH < 9. Karbonatisoitumisrintaman edettyä raudotteiden tasolle aktivoituu raudotteiden korroosio. Raudotteiden korroosion jatkuttua riittävän kauan voi muodostuneen ruosteen aiheuttama paine halkaista ohuen betonipeitteen. Tässä vaiheessa karbonatisoitumisen aktivoiman teräskorroosion näkyvät vauriot ovat havaittavissa rakenteen ulkopinnalta.

1.3 Betonin pakkasrapautuminen

Betoni on huokoinen materiaali, jonka huokosverkostossa on olosuhteista riippuen erilainen määrä vettä ja kosteutta.

Huokosverkostossa olevan veden jäätyessä se laajenee ja aiheuttaa verkostoon ylipaineen. Siinä tapauksessa, että huokosverkoston vedellä täyttymisaste on korkea ja ylipaineella ei ole purkautumismahdollisuutta ilmatäytteisiin huokosiin, ylipaine voi murtaa betonin sisäisen rakenteen ja aiheuttaa betonin rapautumista.

Pakkasrapautuminen kehittyy vähitellen, yleensä kiihtyvällä nopeudella rakenteen pinnalta alkaen. Pitkälle edetessään pakkasrapautuminen aiheuttaa betonin täydellisen lujuuskadon.

Betonin pakkasenkestävyys voidaan varmistaa lisähuokoistamalla betoni valmistusvaiheessa siten, että betoniin muodostuu suojahuokosia, joihin jäätyvän veden aiheuttama ylipaine voi purkautua betonin huokosverkostossa.

Suojahuokostiloihin syntyvät ettringiittikiteytymät ovat haitallisia betonin pakkasenkestävyyden suhteen, koska ne pienentävät huokostilavuutta jolloin pakkasrasituksessa veden laajeneminen huokosissa estyy. Ettringiitti voi viitata myös ns. ettringiittireaktioon. Ettringiittireaktion eräs ominaispiirre on reaktiotuotteiden voimakas tilavuuden kasvu, joka jo itsessään aiheuttaa rakenteeseen sisäistä painetta ja siten saattaa vaurioittaa betonia.

1.4 Kloridien aiheuttamat vauriot

Mikäli betonin kloridipitoisuus on liian korkea, kloridit "murtavat" raudotteiden passiivisuuden ilman betonin karbonatisoitumista ja tällöin raudotteiden korrosio aktivoituu.

Kloridien läsnä ollessa teräskorrosio etenee normaalisti varsin nopeasti. Lisäksi betonissa olevat kloridit sitovat kosteutta betoniin ja aiheuttavat näin myös betonin rapautumista.

2 Laboratoriotutkimukset

Ohuthietutkimuksella (mikrorakennetutkimus) tarkoitetaan geologian asiantuntijan yleensä polarisaatiomikroskoopin avulla tekemiä havaintoja betonin mikrorakenteesta. Mikrorakennetutkimus suoritetaan betoninäytteestä valmistetusta, noin 25...30 µm paksusta preparaattista. Ohuthietutkimuksen avulla saadaan varsin tarkkaa tietoa betonin pakkasenkestävyydestä ja jo syntyneiden pakkasvaurioiden asteesta.

Betoninäytteiden standardin SFS 5445 mukaisilla vetolujuustutkimuksilla arvioidaan betonirakenteen pakkasrapautuman astetta ja rinnakkaisen näytteenoton avulla saadaan (näytemääristä riippuen) tietoa pakkasvaurioiden laajuudesta.

Vetolujuustulosten tulkinta BY 42 "Betonijulkisivun kuntotutkimus" -ohjeen mukaan:

- näytteessä on pitkälle edennyttä rapautumaa, jos vetolujuusarvo on luokkaa 0 MPa
- näytteessä on jonkinasteista rapautumaa, jos vetolujuusarvo on luokkaa 0,5...1,0 MPa
- näytteessä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa, mikäli betonin vetolujuus on yli 1,5 MPa

Betonin kloridipitoisuus määritetään rakenteesta otetusta porajauhenäytteestä standardin SFS-EN 14629 mukaisesti. Kloridien aktivoiman teräskorrosion suhteen kriittinen kloridipitoisuus on betonin laadusta riippuen 0,03...0,07 % betonin painosta. Vähäinenkin kloridipitoisuus (< 0,03 paino- %) saattaa kuitenkin nopeuttaa karbonatisoitumisvyöhykkeessä olevan raudotteen korrosiota.

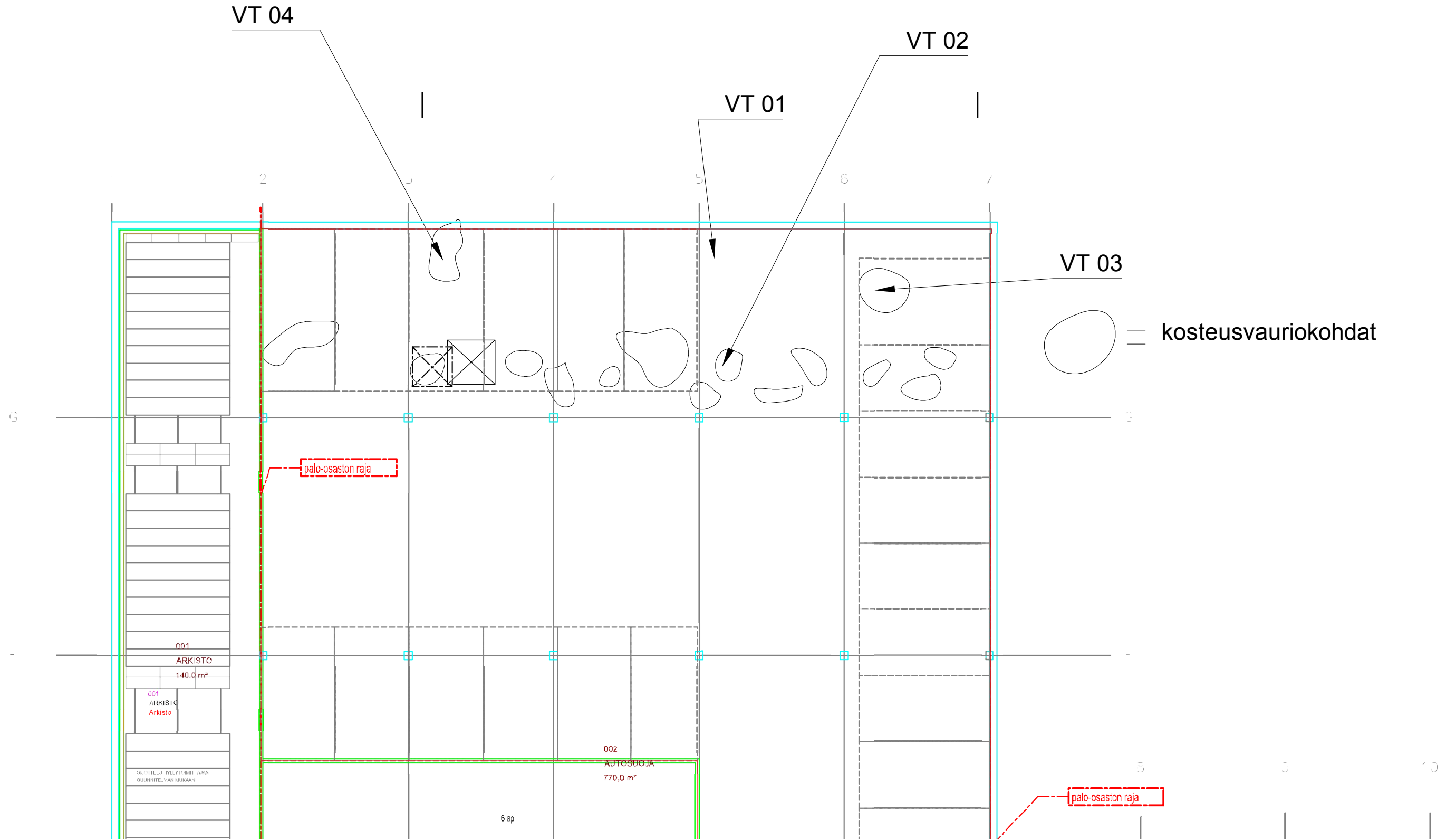
Betonin karbonatisoitumissyvyys määritetään fenoliftaleiini-indikaattorilla betonin pinnalta. Indikaattori-liuos suihkutetaan pestyn näytteen pinnalle ja pinnan kuivuttua karbonatisoitumissyvyys voidaan mitata indikaattorin värjäymän ja reagoimattoman betonin rajapinnasta. Betonin karbonatisoitumisnopeutta kuvataan ns. karbonatisoitumiskertoimella [$\text{mm} / \sqrt{\text{vuosi}}$], jonka tavanomainen arvo on yleensä välillä 1,5...3,0. Pienemmillä arvoilla karbonatisoitumisen eteneminen on tavanomaista hitaampaa ja suuremmilla arvoilla nopeampaa.

Betonirakenteen raudotteiden suojabetonipaksuudet mitataan kenttätutkimusten yhteydessä peitesyvyysmittarilla.

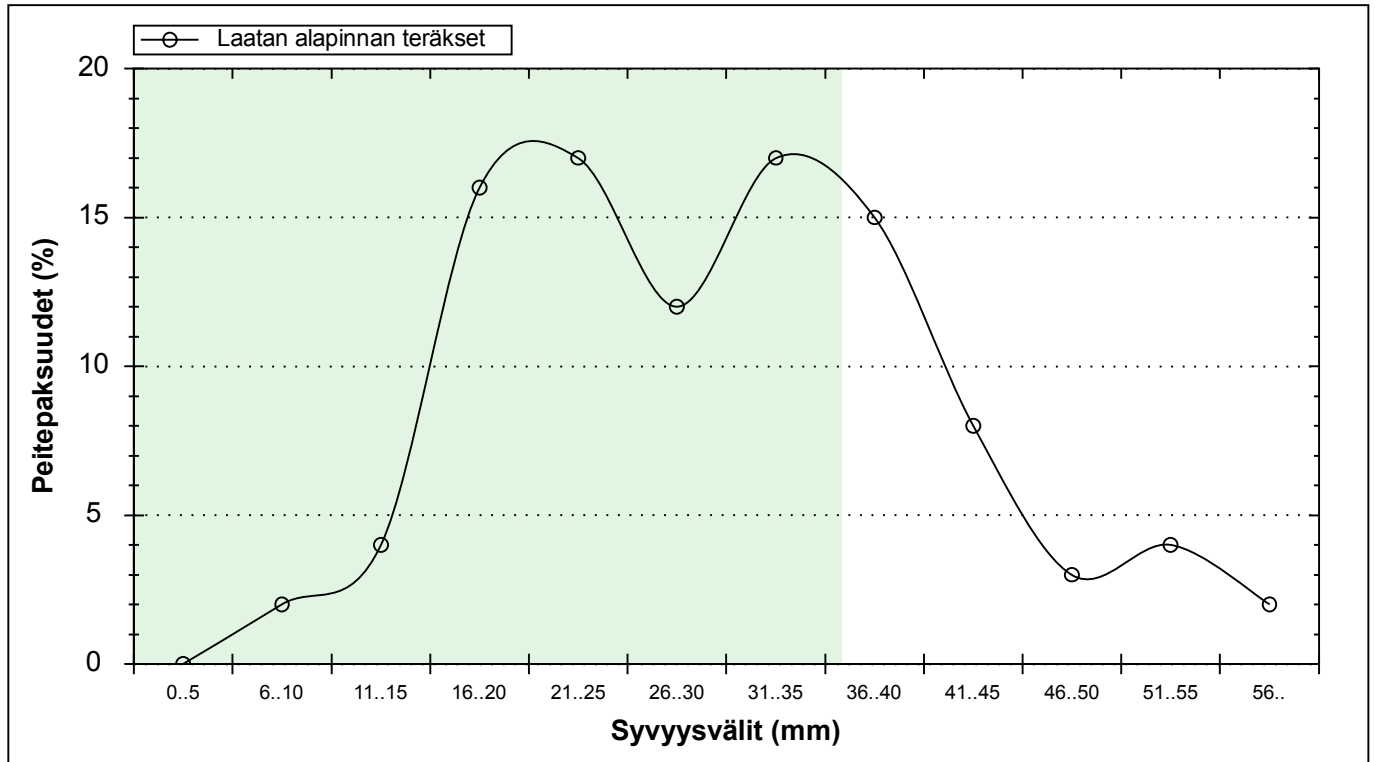
Näytteen tunnus	Rakenneosa	Ilmansuunta	Silmämääräinen tarkastelu		Raudoitteet			Karbonatisoituminen						Eristepaksuus (mm)	Veto-lujus	Ohuttlie	HUOM!
					peitepaksuus, min.			ulko-/alapinta			sisä-/yläpinta						
			pituus (mm)	tiivisyys (1-5)	halk. (mm)	ulko-/ala-pinta (mm)	sisä-/ylä-pinta (mm)	kesk. (mm)	maks. (mm)	karb.-kerroin	kesk. (mm)	maks. (mm)	karb.-kerroin				
VT 01	Pihakansi		169	3	12,12,12,12	30	32	30	41	4,2	1	3	0,14		x		
VT 02	Pihakansi		162	3	12,12,12,12	18	101	16	28	2,24	20	41	2,8			x	Alapinnassa oleva teräs ruosteessa. Karbonatisoituminen etenee yläpinnasta halkeamaa pitkin melko syvälle betoniin.
VT 03	Pihakansi		162	3	12,12,12,12	19	64	9	17	1,26	0	0	0		x		
VT 04	Pihakansi		161	3	12,12	29	120	6	15	0,84	3	4	0,42		x		Näytteessä muutamia näytteen pituussuuntaisia halkeamia
Keskiarvot:			164					15	25	2,14	6	12	0,84	0	3	1	

Näytteen tunnus	Rakenneosa	CL-pitoisuus (paino-%)
VT CL 01	Pihakansi	< 0,01
VT CL 02	Pihakansi	0,00

Näytteen tunnus	Rakenneosa	Arvo	Huom!
Bitumikermi, asbesti 1	Pihakansi	Ei sisällä asbestia, eikä PAH-yhdisteitä yli raja-arvon.	



Pihakansi	Laatan alapinnan teräkset											
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..
Raudoitteita (kpl)	0	3	8	31	36	24	34	30	15	6	7	4
Peitepaksuudet	0 %	2 %	4 %	16 %	17 %	12 %	17 %	15 %	8 %	3 %	4 %	2 %
Karbonatisoituminen	0 %	50 %	0 %	25 %	0 %	25 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Raudoituksesta korroosiotilassa	0 %	1 %	2 %	6 %	5 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Korroosiotilan kumulatiivinen osuus	0 %	1 %	3 %	9 %	14 %	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %





TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennuslaboratorio

KUNTOTUTKIMUKSEEN LIITTYVÄT MITTAUKSET

17.-24.10.2018

3114143.10

25.10.2018

RAKENNUSLABORATORION MITTAUSPALVELU

Betonin vetolujuustestit 17.-24.10.2018

Tilaaja A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Mika Kalliomäki
Puutarhakatu 10
33210 Tampere

Kohde 3114143.10

Vetolujuudet

Koekappaleiden halkaisija oli noin 43 mm. Tulokset on laskettu olettaen lieriöiden halkaisijaksi 43 mm.

Tilaaajan toimittamista betonilieriö näytteistä määritettiin betonin vetolujuus standardin SFS-EN 5445 Betoni. Vetolujuus mukaisesti.

Kloridit

Näytteestä poratusta porajauhonäytteestä määritettiin kloridipitoisuus standardin SFS-EN 14629 Betoni. Kloridipitoisuus mukaisesti.

Tulokset
Taulukko 1. Vetolujuudet

Näytteen tunnus	Rakenne	Vetolujuus [MPa]	Murtokohta [mm]	Murtotapa
(* VT 01	Pihakansi	0,9	40-45 YP	Kokonaan Ø 12 mm terästä pitkin ja max. 9 mm ja 16 mm rakeet katkaisten.
(* VT 03	Pihakansi	0,6	62-72 YP	Kokonaan Ø 14 mm terästä pitkin ja max. 16 mm ja 25 mm rakeiden pintoja pitkin.
VT 03 U	Pihakansi	1,4	142-145 YP	Kokonaan Ø 14 mm terästä pitkin ja max. 12 mm rakeen pintaa pitkin.
VT 04	Pihakansi	2,2	118-128 YP	Kokonaan Ø 14 mm terästä ja max. 16 mm ja 24 mm rakeiden pintoja pitkin.

YP=yläpinnasta, U=uusintaveto (* = Katkenneet näytteet liimattu ennen vetokoetta.

Taulukko 2. Kloriditestit.

Näytteen tunnus	Rakenne	Näytteen paino [g]	Ammoniumtiosyanaatti [ml]	Kloridipitoisuus [p-%näytteestä]
VT 01 CL 1	Pihakansi	4,833	5,00	0,00
VT 03 CL 2	Pihakansi	4,891	---	---
VT 04 CL 3	Pihakansi	4,761	---	---

Näytteistä VT 03 ja VT 04 poratuista betonijauhonäytteistä ei voitu määrittää kloridipitoisuutta, johtuen niiden sisältämistä epäpuhtauksista jotka haittasivat analyysiä. Kyseiset näytteet värjäntyivät suodatuksessa punertaviksi.

Tampereella, 25.10.2018

Hannu Kauranen
Koulutuspäällikkö
Rakentaminen ja ympäristöteknologia

Jarno Oravasaari
Laboratorioinsinööri
Rakennuslaboratorio

Liitteet Mittauspöytäkirjat.

VETOLUJUUS

Pvm: 18.10.18
mittalaite: _____
suorittaja: jo

Kohde	<u>3114143,10</u>	Tilaja	<u>A-lusinsidat Suurmittale Oy</u> <u>Mike Kallionmäki</u>
Osoite	_____	Osoite	_____
Puh.	_____	Puh. päivä	_____ ilta _____

Näytteen tunnus	Kp	MPa	Murtokohta [mm]	Murtotapa
X/ VT 07	140	0,9	40-45 YP	ko. ϕ 12 mm ter. p. t. ja 2 reik. 10 mm
X/ VT 03	90	0,6	62-72 YP	ko. ϕ 14 mm ter. p. t. ja reik. 16 mm
Z, veto	210	1,4	142-145 YP	ko. ϕ 14 mm ter. p. t. ja reik. 16 mm
VT 04	330	2,2	118-120 YP	ko. ϕ 14 mm ter. p. t. ja reik. 16 mm

LISÄSELVITYKSIÄ ϕ 43 mm X/ kant. kunnat vinyheet liimatta ennen vetoa.

KLORIDIPITOISUUS

pvm: 29.10.18
mittalaite:
suorittaja: V.O

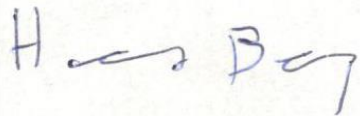
Kohde

Nimi	3114143.10	Tilaja	A-lusinsinööri Seuran Kela Oy
Osoite		Osoite	M. Lehtinen
Puh.		Puh. päivä	ilta

Näytteen tunnus	Paino [g]	Ammoniumtio- syanaatti [ml]	Kloridi- pitoisuus [p-%]	Muuta
VT 01	4,833	5,00	0,00	
VT 03	4,891	—	—	CFäpuh/malesia
VT 04	4,761	—	—	— / —

LISÄSELVITYKSIÄ	0	5,06 ml		
	2 %	4,824 g	1,94 ml	0,23

KLORIDIPITOISUUDEN MÄÄRITYS			
Tilaja:	A-Insinöörit Suunnittelu Oy		
Kohde:	31 14143.10	Tilauspäivä:	4.10.2018
Projektinnumero:	31 14143.10	Toimituspäivä:	5.10.2018
Menetelmät:			
Koe suoritettiin titraamalla tilaajan toimittamista näytteistä standardin SFS-EN 14629 mukaan (Volhardin menetelmä). Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Labroc Oy vastaa toimeksiannoista KSE 2013 mukaisesti.			
TULOKSET:			
Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Kuivapaino [g]	Cl -pitoisuus [p-%]
VT CL 01	Pihakansi (porakappale)	5,11	< 0,01



Henna Berg
 Tutkija, laborantti
 040 7411 421

OHUTHIEANALYYSI		
Tilaja: A-Insinöörit Suunnittelu Oy / Mika Kalliomäki	Tilaus-/ toimituspäivä: 24.9.2018 (tilaus)	Kohde/ projektinnumero: Kolmas linja 21, Helsinki
Näytetunnukset: VT 02	Näytteiden materiaali, muoto ja koko: Betoni, poralieriö Ø 43 mm	näytepreparaatti: Ohuthie 48 mm x 25 mm (paksuus 0,020-0,025 mm)
Menetelmä: Tilajan toimittamat näytteet tutkittiin stereomikroskoopilla ja niistä valmistetut ohuthieet polarisaatio- mikroskoopilla. Ohuthieanalyysi on akkreditoitu menetelmä ja analyysissä sovelletaan standardia ASTM C 856-18a. Laasti- ja tiilianalyysi ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Näytteenotosta vastaa tilaaja. Ohuthieet on valmistettu tilajan osoittamasta näytepinnasta pintaa vastaan kohtisuoraan. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Labroc Oy vastaa toimeksiannoista KSE 2013 mukaisesti.		

YHTEENVETO/ TULOSTEN ARVIOINTI:

Taulukossa on arvioitu näytteiden kuntoa asteikolla: HYVÄ, TYYDYTTÄVÄ, VÄLTÄVÄ ja HEIKKO.
Karbonatisoituminen on mitattu ohuthieestä ja/tai fenoliftaleiiniliuoksella lieriön halkaistulta pinnalta.
Rapautuneisuutta on kuvattu asteikolla 0-4:
0 - ei rapautumaa, 1 - vähäistä, 2 - orastavaa, 3 - kohtalaista, 4 - voimakasta.

Näyte:	Rakenneosa/ ohuthiepinta:	Kunto:	Karbonatisoituminen min-max/ka.(mm):	Huokostus / huokostäytteet	Rapautu- neisuus:
VT 02	pihakansi/ yläpinta	tyydyttävä	yläpinta 10-15/12	ei/ jonkin verran ettringiittiä	1

YHTEENVETO:

- pihakannessa VT 02 tavataan jonkin verran, lyhyttä ja suuntautumaton, kutistumatyyppistä säröilyä (kunto tyydyttävä, rapautuneisuus 1)
- betoni on laadultaan melko tasalaatuinen, tiivistyneisyydeltään melko hyvä
- kiviaineksen laatu on tavanomainen
- sideaineen karbonatisoituminen on edennyt jonkin verran laatan yläpinnassa, ei ulotu terässyvyydelle, teräksessä on vähän ruostetta
- sideaineen mikrorakenne on melko tasalaatuista, hydrataatioaste korkea, sideaineessa esiintyy paikoin osittaista, heikkoa karbonatisoitumista, joka voi viitata sideaineen läpäisevyyteen ja keskimääräistä korkeampaan vesisementtisuhteeseen
- betoni ei ole huokostettua (huokosrakenteen perusteella arviolta ei ole pakkasenkestävä kosteusrasituksessa)
- betonissa esiintyy kosteusrasitusta indikoivia, sekundäärisiä kiteytymiä (ettringiittiä), osa huokosista on täynnä kiteytymiä

TUTKIMUSTULOKSET:

Näyte: VT 02		
Rakenneosa:	Lieriönäytteen pituus:	Ohuthiepinta:
Pihakansi	130-140 mm	Yläpinta
Yleistiedot: <ul style="list-style-type: none">- näyteliieriö on katkaistu lohkaisemalla- yläpinta on hieman epätasainen ja sementtiliimamainen betonipinta- yksi teräs (\varnothing 12 mm) on yläpinnalta 111 mm syvyydellä, irronnut ilmeisesti porauksessa, vähän ruostetta- karbonatisoituminen on edennyt yläpinnalta 10-15 mm, keskimäärin 12 mm		
Laatu ja mikrorakenne: <ul style="list-style-type: none">- betonin rakenne on melko tasalaatuinen, massa on hieman pastarikasta (sideaineen määrä suhteessa kiviainekseen hieman korostunut)- tiivistyminen on melko hyvä, tiivistyshuokosia ($\varnothing < 3$ mm) on melko vähän, kiviaineksen tartunnat pääosin tiiviit- kiviaines on kulmikasta ja osin pyöristynyttä ja osin särmikästä (pääkivilajit: liuskeet, granitoidit, metavulkaniitit), suurin havaittu raekoko 23 mm- sideaineen (portlandsementti, jonkin verran masuunikuonaa) mikrorakenne on melko tasalaatuista, hydrataatioaste korkea, sideaine on vähän muuttanut ja siinä esiintyy paikoin osittaista, heikkoa karbonatisoitumista- suojahuokosia (\varnothing 0,02-0,8 mm) vähän- huokosissa on jonkin verran ettringiittiä, osa huokosista on täynnä kiteytyviä		
Rapautuneisuus/ säröily: <ul style="list-style-type: none">- lieriönäyte on katkennut teräksen kohdalta, yläpinnalta 116 mm syvyydellä on myös yksi pinnansuuntainen särö, joka liittyy katkeamiseen- betonissa on jonkin verran, lyhyttä ja suuntautumaton mikrosäröilyä		

Paula Raivio
tutkija, FM
Puh. 050 325 9283Petri Aho
tutkija, FM



ASBESTIANALYYSI			
Tilaja:	A-Insinöörit Suunnittelu Oy		
Kohde:	31 14143.10	Tilauspäivä:	4.10.2018
Projektinumero:	31 14143.10	Toimituspäivä:	5.10.2018
Menetelmät:			
<p>Asbestianalyysi on akkreditoitu menetelmä ja analyysi suoritetaan tilaajan toimittamista näytteistä soveltaen standardia ISO22262-1 optisella analyysillä käyttäen stereomikroskooppia Nikon SMZ745 sekä polarisaatiomikroskooppia Nikon CiPOL ja/tai alkuaineanalyysillä käyttäen pyyhkäisyelektronimikroskooppia Jeol JSM6300/6400 tai läpäisyelektronimikroskooppia Leo 912. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Labroc Oy vastaa toimeksiannoista KSE 2013 mukaisesti. Laboratorio ei vastaa näytteenotosta. Tulokset toimitetaan sähköpostilla PDF-muodossa ilman suojausta.</p>			
TULOKSET: Näytteenottaja: -			
Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Menetelmä VM/EM*	Asbestipitoisuus
ASB 1	Pihakansi, bitumikermi	VM	Ei sisällä asbestia.

*VM = polarisaatiomikroskooppi, EM = elektronimikroskooppi



Hanna Puotiniemi
Tutkija, FM
050 3259 213

PAH-ANALYYSI																			
Tilaaaja:		A-Insinöörit Suunnittelu Oy																	
Kohde:		31 14143.10										Tilauspäivä:		4.10.2018					
Projektinumero:		31 14143.10										Toimituspäivä:		5.10.2018					
Menetelmät:																			
Analyysi suoritettiin tilaajan toimittamasta näytteestä GC-MSD-menetelmällä. Analyysissä sovelletaan menetelmää ISO 18287. Menetelmän mittaepävarmuus on 24 % ja määrittärajana on 2,0 mg/kg. Tulokset koskevat vain tutkittua näytettä. Labroc Oy vastaa toimeksiantoista KSE 2013 mukaisesti. Laboratorio ei vastaa näytteenotosta. Tulokset toimitetaan sähköpostilla PDF-muodossa ilman suojausta.																			
TULOKSET:																			
[mg/kg]																			
Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Naftaleeni	Asenaftaleeni	Asenafteneeni	Fluoreeni	Fenantreeni	Antraseeni	Fluoranteeni	Pyreeni	Bentso(a)antraseeni	Kryseeni	Bentso(b)fluoranteeni	Bentso(k)fluoranteeni	Bentso(a)pyreeni	Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	Dibentso(a,h)antraseeni	Bentso(ghi)peryleeni	PAH-yht.*	
1	Pihakansi, bitumikermi	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	5,0	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 30	

* Vaarallisen jätteen raja-arvon 200 mg/kg (kokonaispitoisuus, 16-yhdistettä) ylittävät tulokset on lihavoitu.

Näytettä 1 vastaavat materiaalit voidaan PAH-pitoisuuden osalta käsitellä normaalisti.



Mikko Kivelä
Tutkija, laboratorioanalyytikko
050 4388 912