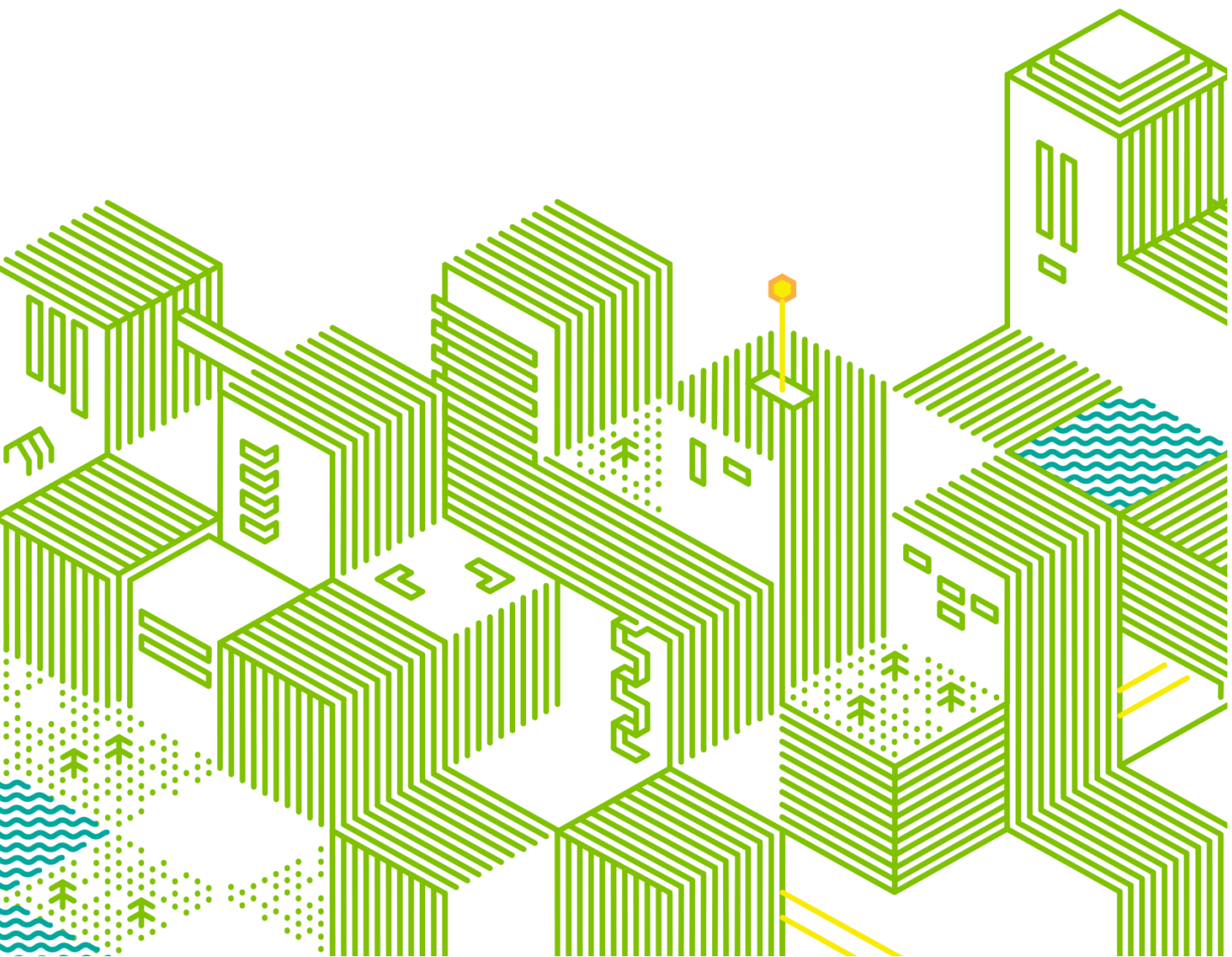


Kuntotutkimusraportti

Päiväys 19.3.2020
Projekti Julkisivun kuntotutkimus
Tilaaja Savonlinnan kaupunki
Kohde Tottinkatu 16, 57130 Savonlinna



Sisältö

1	Tiivistelmä.....	3
2	Yhteystiedot.....	4
2.1	Kohde.....	4
2.2	Tilaaaja.....	4
2.3	Kuntotutkimukset ja korjaussuunnittelu.....	4
3	Kohteen yleistiedot ja lähtötiedot.....	4
3.1	Lähtötiedot.....	4
4	Yleistä tutkimuksesta ja sisällöstä.....	5
4.1	Tutkimuksen laajuus, tarkoitus ja tavoite.....	5
4.2	Tutkittujen rakenteiden tekninen käyttöikä.....	5
5	Rakenteista tehdyt havainnot.....	6
5.1	Rakennekuvaukset.....	6
5.2	Julkisivut ja kantavat rakenteet.....	7
5.3	Välipohjarakenteet.....	9
5.4	Kaiteet, katokset ja portaikot.....	11
5.5	Muut rakenteet ja järjestelmät.....	12
6	Tutkimukset ja laboratorioanalyysit.....	12
6.1	Ohuthieanalyysit.....	12
6.2	Betoniraudotteiden korroosioriskin arviointi.....	13
7	Johtopäätökset kootusti.....	14
8	Toimenpide-ehdotukset ja korjaussuosituksset.....	15
8.1	Toimenpide-ehdotukset.....	15
8.1.1	Turvallisuusriskit sekä toimenpiteet, jotka eivät edellytä suunnittelua.....	15
8.1.2	Kansirakenteen vedeneristeen uusiminen ja liikuntasauvojen lisääminen.....	15
8.1.3	Julkisivuelementtien paikkakorjaus ja huoltokunnostus.....	15
8.1.4	Kaide- ja katosrakenteet sekä muut teräsrakenteet.....	16
9	Liitteet.....	16

1 Tiivistelmä

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kohteen julkisivurakenteiden tämänhetkinen kunto ja tarkastella muita rakenteita yleisellä tasolla. Kuntotutkimuksen pääpaino kohdistui vuonna 1997 valmistuneen pysäköintitalon katujulkisivuun. Rakennuksen julkisivut ovat lämmöneristämättömiä ja betonielementtirakenteisia. Julkisivupinnat ovat valkobetonia. Vesikatteena toimii ylin autokansi, joka on pääasiassa kattamaton.

Turvallisuuden liittyvät havainnot:

Ylimmän autokannen teräskaiteet ovat paikoittain irronneet betonirakenteista. Julkisivuissa on lisäksi yksittäisiä, irtoamaisillaan olevia betonikappaleita. Edellä mainitut puutteet/vauriot muodostavat turvallisuusriskin. Kiireellisinä korjaustoimenpiteinä ovat kaiteiden kiinnitys ja irtoamaisillaan olevien betonikappaleiden hallittu pudottaminen.

Julkisivut ja muut rakenteet

Tutkimuksen lähtötiedoista ei selviä julkisivujen korjaushistoriaa, ilmeisesti julkisivurakenteet ovat alkuperäisiä ja niihin on kohdistettu korkeintaan huoltokorjauksia.

Tutkimuksessa havaittiin betonin vaurioitumista kaikilla julkisivuilla, mutta vaurioiden määrä on muilla julkisivuilla huomattavasti katujulkisivuja pienempi. Näkyvät vauriot ovat pääasiassa betonirakenteen halkeamia.

Kohteen vaakarakenteet muodostuvat pääasiassa teräsbetonilaatoista ja -palkeista. Ylimmän autokannen vedeneristeenä on todennäköisesti bitumikermi (rakenteita ei avattu tämän tutkimuksen yhteydessä). Vesivuodoista päätellen vedeneristeen käyttöikä on päättynyt ja sen uusimisen suunnittelu on syytä aloittaa lähiaikoina.

Kohteessa tehtyjen havaintojen perusteella ylimmän autokannen pintalaatassa on liikuntasaumata, mutta muista vaakarakenteista liikuntasaumata puuttuvat. Tämä on todennäköisesti aiheuttanut rakenteisiin hallitsemattomia jännityksiä, jotka ovat puolestaan aiheuttaneet julkisivuissa, ja osittain myös muissa rakenteissa havaitut, halkeamat. Edellä mainittuja vaurioita voidaan pyrkiä hallitsemaan esimerkiksi lisäämällä vaakarakenteisiin liikuntasauvoja vedenerityskorjausten yhteydessä. Liikuntasauvojen toteutustapa ja se, onko niiden toteuttaminen ylipäätään mahdollista, on järkevintä tarkastella korjaussuunnittelun yhteydessä.

Kun rakenteiden hallitsemattomat liikkeet ja vesivuodot on saatu hallintaan, voidaan julkisivuissa havaitut vauriot paikkakorjata. Samassa yhteydessä on syytä toteuttaa teräsrakenteissa (kulkusillat, katokset, kaiteet, julkisivuaukkojen ylitysten teräspalkit yms.) havaittujen vaurioiden korjaukset.

Raskaampien korjausten yhteydessä suositellaan harkitsemaan betonirakenteiden puhdistamista ja käsittelyä suoja-aineella, jolloin saadaan vähennettyä rakenteisiin kohdistuvaa kosteusrasitusta ja siistittyä rakennuksen ulkoasua. Myös rakenteiden pysyvällä sääsuojauksella saadaan hidastettua rakenteiden vaurioitumista ja näin ollen jatkettua niiden käyttöikä.

2 Yhteystiedot

2.1 Kohde

Savonlinnan pysäköintilaitos
Tottinkatu 16
57130 Savonlinna

2.2 Tilaaja

Savonlinnan kaupunki, tekninen toimiala
Janne Reijonen, työpäällikkö
Olavinkatu 27
51730 Savonlinna

2.3 Kuntotutkimukset ja korjaussuunnittelu

Sitowise Oy
Sammonkatu 12
50130 Mikkeli
puh. 029 0059 205

Mika Tuukkanen, ins. AMK
asbesti- ja haitta-aineasiantuntija, C-23273-33-17
puh. 044 427 9271
email mika.tuukkanen@sitowise.com

Timo Härkönen, ins. AMK
puh. 050 430 4442
email timo.harkonen@sitowise.com

3 Kohteen yleistiedot ja lähtötiedot

Kohteena on Savonlinnassa, osoitteessa Tottinkatu 16, sijaitseva 3-kerroksinen pysäköintilaitos. Rakennus on valmistunut vuonna 1997. Rakennuksen ulkoseinät ovat betonirakenteisia elementtejä, joiden ulkopinnat ovat valkobetonia. Välipohjat ovat betonielementtejä. Rakennuksen ylin kerros on pääosin kattamaton.

Kohteen tietoja:

Rakennustyyppi	Pysäköintilaitos
Tilavuus	11 635 m ³
Kerrosala	3 617 m ²
Julkisivupinta-ala	n. 500 m ² (Tottinkadun puoleinen julkisivu, karkea arvio, sis. aukot n. 170 m ²)

3.1 Lähtötiedot

Tutkimuksen suoritusta varten tilaajalta on saatu käyttöön julkisivu- ja pohjapiirustuksia (ARK, noin 10 kpl) ja rakennepiirustuksia (noin 20 kpl). Aikaisemmista tutkimuksista tai korjauksista ei ole ollut tietoja käytettävissä.

4 Yleistä tutkimuksesta ja sisällöstä

4.1 Tutkimuksen laajuus, tarkoitus ja tavoite

Tutkimus rajattiin tilaajan toimesta koskemaan Tottinkadun puoleista julkisivurakennetta. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää julkisivurakenteiden tämänhetkinen kunto, vauriot ja niiden laajuus sekä arvioida rakenteiden jäljellä olevaa käyttöikää. Muita rakenteita tarkasteltiin julkisivututkimusten yhteydessä aistinvaraisesti ja suunnitelmien avulla.

Kenttätutkimukset tehtiin pääasiassa elo-syyskuussa 2018, jonka jälkeen suunnittelutyöt keskeytettiin väliaikaisesti. Toimeksiantoa jatkettiin alkuvuodesta 2020.

Tutkimustulosten ja havaintojen perusteella määritettyjen korjaustarpeiden mukaan annetaan korjaussuositukset tutkituille rakenteille. Raportti toimii sekä lähtötietoina hanke- ja toteutus-suunnittelulle että pohjana myös päätöksen teolle korjaustapoja arvioitaessa.

Tutkimusmenetelmät ja -kuvaukset on eritelty tarkemmin liitteessä 3.

4.2 Tutkittujen rakenteiden tekninen käyttöikä

Rakennusten tutkittujen rakenteiden käyttöikään vaikuttavat suunnitteluvaiheessa tehdyt ratkaisut, materiaalivalinnat sekä rakenteiden pintakäsittely ja työsuoritteiden laatu.

Rakenteiden käyttöikään vaikuttavat lisäksi rakennusajan jälkeen mm. seuraavat tekijät:

- kohteessa vallitsevat ilmasto-olosuhteet (UV-säteily, lämpötilat, kosteusrasitus/vesi, ilman epäpuhtaudet ja tuuli)
- mekaaniset rasitukset (rakenteiden ja rakenneosien oma paino, jaksottaiset rasitteet kuten mm. lumikuormat, käytön aiheuttamat kuormat sekä ajan myötä tapahtuvat rasitukset kuten mm. rakenteen painuminen ja lämpöliikkeet)
- käytön aiheuttamat rasitukset (käyttäjien aiheuttama mekaaninen rasitus etenkin pintamateriaaleille, rakenteiden puutteellinen huolto ja puhdistus sekä virheelliset hoitotoimenpiteet)
- biologiset tekijät (mikro-organismit, sienet, levät ja bakteerit)
- materiaalien vanheneminen (useimmat materiaalit reagoivat ympäristössä ja ilmastossa olevien kaasujen, nesteiden ja muiden aineiden kanssa aiheuttaen materiaalin ominaisuuksien heikkenemistä).

Alla olevassa taulukossa on tutkimuksen alaisen kohteessa olevien rakenteiden sekä pinnoitteiden yleisiä teknisiä käyttöikäarvioita normaaleissa rasitusolosuhteissa viitaten RT-korttiin 18-10922. Kyseisiä käyttöikäarvioita käytetään tukevana tietona korjaussuosituksia määritettäessä.

Taulukko 1. Tarkasteltujen rakenteiden arvioidut tekniset käyttöiät (RT 18-10922)

Tunnus	Rakenneosa	Käyttöikä, normaali rasitus	Rakenteen ikä	Muuta
124	Julkisivut			
1241	Pinnoittamaton betoni	40...50 v.	23 vuotta	
1242	Elementtien saumat	20 v.	23 vuotta	
125	Ulkotasot			
1251	Vedeneristys pintalaatan alla	40 v.	23 vuotta	

5 Rakenteista tehdyt havainnot

5.1 Rakennekuvaukset

Rakennuksen ulkoseinät ovat massiivisia, lämmöneristämättömiä betonielementtiseiniä, joiden ulkopinnat ovat valkobetonia ja sisäpinnat käsittelemättömiä. Ulkoseinärakenteet toimivat myös kantavina rakenteina.

Rakennus on louhittu kallioon niin, että eteläinen ja suurelta osin itäinen ulkoseinä ovat kalliota vasten eikä niiden julkisivupinta ole näkyvässä. Eteläisen ja itäisen julkisivun ja kallion väliin on jätetty tilaa taloteknisille järjestelmille, kuten ilmanvaihtokanavistoille.

Ulkoseinäelementtien lisäksi kantavat rakenteet ovat toteutettu betonirakenteisilla pilari-palkkirakenteilla. Alkuperäisten suunnitelmien perusteella rakennus on perustettu betonianturoiden ja betonianturapalkkien avulla pääasiassa kallion varaan.

Rakennuksen ikkuna-aukot ja ajoväylät ovat avoimia. Julkisivun sisään-/ulosajoväylien aukkojen ylityksissä on käytetty lisäksi teräsrakenteisia palkkeja.

Pysäköintikansien vedenpoisto on toteutettu kallistusten avulla sadevesikaivoihin ja niistä sisäpuoliseen viemärijärjestelmään.

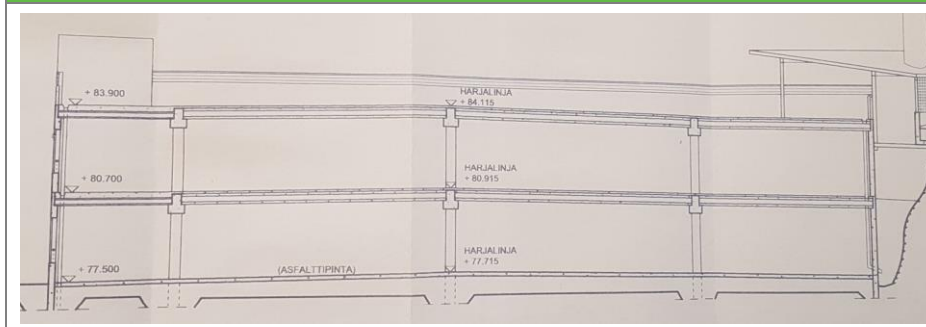


Yleiskuva katujulkisivusta



Yleiskuva katujulkisivusta

Vuoden 1997 leikkauspiirustus (A-A)



Kuvassa leikkauspiirustus rakennuksesta. Kuvan vasemmassa reunassa on Tottinkadun puoleinen ulkoseinä.

5.2 Julkisivut ja kantavat rakenteet

Julkisivurakenteita tarkasteltiin niiltä osin, kun se ilman nostokalustoa oli mahdollista. Alla on esitetty merkittävimpiä rakenteista tehtyjä havaintoja. Tutkimuksessa tehtyjä havaintoja on esitetty pohjoisen julkisivun osalta myös liitteessä 1 olevassa tutkimus- ja havaintokartassa.

- Varsinkin Tottinkadun puoleisessa julkisivussa on havaittavissa runsaasti halkeamia ja lohkeamia, erityisesti rakenneliittymissä ja julkisivuaukkojen ympärillä
 - itäistä ja etelästä julkisivua ei saatu tarkastettua kuin pistokoelunteisesti
- julkisivuissa on runsaasti tummentumia ja valumajälkiä
- julkisivuissa on paikoittain havaittavissa rapaumaa
- Julkisivuissa havaittiin muutamia paljastuneita ja korroosiovaurioituneita
- julkisivuelementtien pystysaumamat ovat jätetty pääosin auki.

Julkisivurakenteeseen tehtiin yhteensä 5 rakenneavausta poraamalla (\varnothing 55 mm). Rakenneavausten perusteella rakenteen ulkopinta on valkobetonia. Ulko-osan valkobetongerroksen paksuus vaihteli 42 mm ja 90 mm välillä, koko rakenteen paksuuden ollessa noin 180 mm.

Sisäpuolisissa, betonirakenteisissa pilari-palkkirakenteissa havaittiin jonkin verran halkeamia ja pintavaurioita. Teräsrakenteisissa aukkojen ylityspalkeissa on näkyvillä osilla havaittavissa korroosiovaurioita.

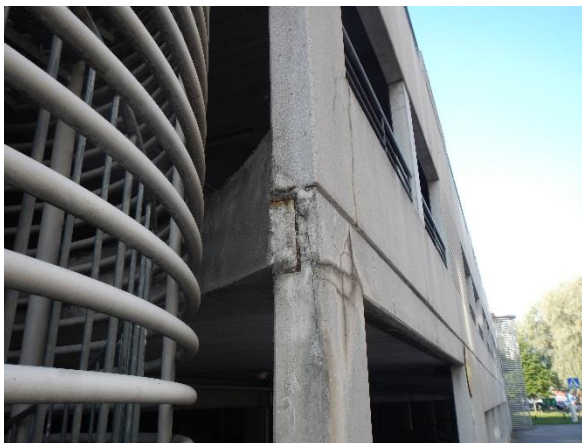
Valokuvat



Halkeamia julkisivussa



Elementissä lohkeama



Vaurioita julkisivurakenteissa



Elementissä lohkeama, julkisivussa valumajälkiä

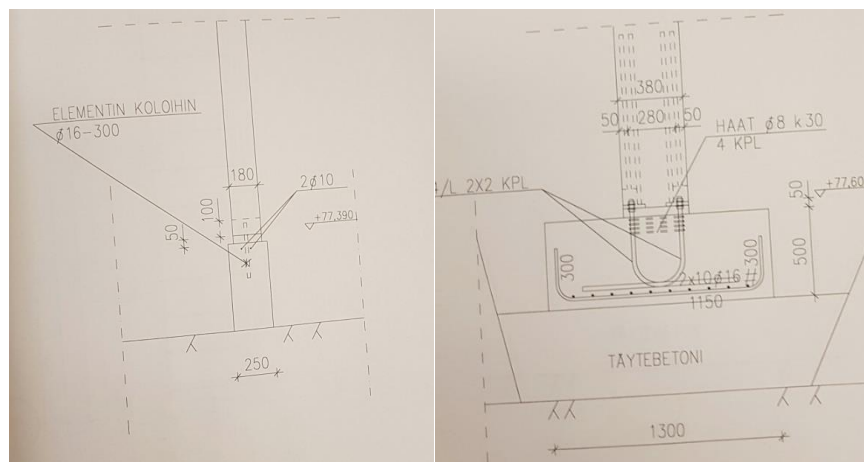


Ulkoseinäelementin ja välipohjan liittymässä te- Aukon ylityspalkissa korroosiota
räksiä näkyvissä



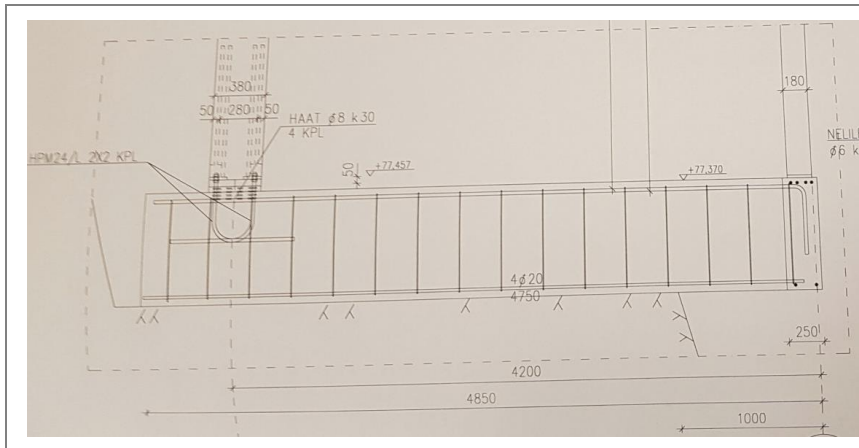
Yleiskuva sisäpuolen pilari-palkkirakenteista Pilarissa lohkeama

Alkuperäisistä, vuoden 1997 suunnitelmista tehtyjä havaintoja



Vasemmassa kuvassa rakenneleikkauspiirustus A-anturalinjasta (Tottinkadunpuoleisen julkisivulinjan perustus) ja oikeassa kuvassa C-anturalinjasta. Piirustusten perusteella rakennus on perustettu kallionvaraisesti.

19.3.2020



Kuvassa rakenneleikkauspiirustus A-B-anturapalkkilinjasta (Tottinkadunpuoleisen julkisivulinjan ja seuraavan pilarilinjan perustus). Piirustuksen perusteella rakennus on perustettu kallionvaraisesti.

5.3 Välipohjarakenteet

Rakennuksen välipohjat on toteutettu ontelolaattarakenteisena. Rakennuksen katolla, 3. kerroksessa, on kattamaton pysäköintialue.

2. ja 3. kerroksen välisen ontelolaatan päällä on todennäköisesti vedeneristekerros ja sen päällä betonivalu. 1. ja 2. kerroksen välisen ontelolaatan ja pintavalun välisestä vedeneristekerroksesta ei ole ollut tietoja käytettävissä.

Vaakarakenteissa (laatasto ja palkisto) ei havaittu rakenteellisia liikuntasauvoja, lukuun ottamatta välipohjien pintavaluja, joissa on liikuntasauvat ja niissä elastiset saumamassat.

Ontelolaattojen alapinnassa ja varsinkin elementtisaumojen kohdalla on runsaasti vuotojälkiä erityisesti 2. kerroksen katossa. Jonkin verran vuotojälkiä on myös kaivoläpivientien kohdalla.

Ylimmän kerroksen pintavalun elastinen saumamassa on paikoittain vaurioitunut ja/tai sammalkasvuston peitossa. Lisäksi varsinkin ylimmän kerroksen pintavalussa on paikoittain rapaumaa.

Valokuvat



Vuotojälkiä 2. kerroksen katossa



Rapaumaa ylimmän kerroksen pintalaatassa

19.3.2020



Vuotojälkiä 2. kerroksen katossa



Vuotojälkiä 2. kerroksen katossa



Yleiskuva ylimmästä autokannesta



Rapautumaa ylimmän kerroksen pintalaatassa



Ylimmällä kannella paikoittain sammalkasvustoa



Elastisen saumat ovat kovettuneet ja vaurioituneet

5.4 Kaiteet, katokset ja portaikot

Rakennuksen 3. kerroksen kaiteet ovat alaosaltaan betonirakenteisia ja yläosasta teräsrakenteisia. Alaosan betoniosuus on toteutettu niin, että 2. kerroksen julkisivuelementit jatkuvat ylöspäin 3. kerrokseen muodostaen kaidarakenteen alaosan, joka on paksuudeltaan noin 100 mm. Lisäksi 3. kerroksessa on teräsrakenteisia katoksia muun muassa porraskuilujen yläosissa ja osassa pysäköintipaikkoja.

Teräsrakenteissa on paikoittain korroosiovaurioita, erityisesti kattamattomilla osilla. Teräsrakenteiset kaiteet ovat paikoittain irronneet betonirakenteista joko katkeamalla tai betonirakenteiden vaurioitumisen seurauksena.

Kaiteiden alaosien betonirakenteissa on paikoittain paljastuneita ja korroosiovaurioituneita teräksiä näkyvissä. Betonikaiteissa on lisäksi mm. niin sanottua punajäkäläkasvustoa (viherlevä) ja halkeamia.

Rakennuksen eteläpuolella on teräsrakenteinen kulkusilta/-taso kalliroleikkauksen ja ylimmän kerroksen pysäköintikannen välillä. Teräsrakenteissa on korroosiovaurioita.



Korroosiota teräsrakenteissa



Betonikaiteessa lohkeamia ja paljastuneita teräksiä



Kaiteen kiinnitys katkennut



Kaiteen kiinnitys irronnut

5.5 Muut rakenteet ja järjestelmät

Pysäköintilaitoksen eteläseinustalla on takaseinän ja kallion välissä tila, jossa kulkee muun muassa talotekniikkaa. Takaseinustan ilmanvaihtokanavien säleikköjä oli rikottu ja ilmanvaihtohormeihin oli työnnetty sekalaista jätettä.



Takaseinän ja kallion välissä tila, jonka yläpuoli- Takaseinustan kanavassa jätettä sissa teräsrakenteissa korrosiovaurioita

6 Tutkimukset ja laboratorioanalyysit

6.1 Ohuthieanalyysit

Tottinkadun puoleisen julkisivun betonista teetettiin yhteensä viisi ohuthietutkimusta. Analyysin päätarkoitus on selvittää betonin sisäinen kunto sekä laatu. Alkuperäinen analyysiraportti on liitteessä 2.

Näytteet otettiin pistokoeluonteisesti 1. ja 2. kerroksen rakenteista silminnähden vaurioitumattomalta alueelta. Näytteenottoapaikat on esitetty liitteenä olevassa tutkimuskartassa (liite 1).

Taulukko 2. Suoritetut ohuthieanalyysit

Näyte:	Rakenneosa/ ohuthiepinta:	Kunto:	Karbonatisoituminen min-max/ka.(mm):	Huokostus/ huokostäytteet	Rapautu- neisuus:
RA.01	betonielementti/ ulko- ja sisäpinta	hyvä	ulkopinta 1 sisäpinta 3-8/4	on/ ei	0
RA.02	betonielementti/ ulko- ja sisäpinta	ulkopinta: hyvä sisäpinta: 0-8 mm tyydyttävä 8-48 mm hyvä	ulkopinta 1 sisäpinta 6-18/11	on/ ei	up 0, sp 1
RA.03	betonielementti/ ulko- ja sisäpinta	hyvä	ulkopinta 1 sisäpinta 1-7/3	on/ ei	0
RA.04	betonielementti/ ulko- ja sisäpinta	ulkopinta: hyvä sisäpinta: tyydyttävä	ulkopinta 1 sisäpinta 3-8/4	on/ sisäpinnassa vähän ettringiittiä	up 0, sp 1
RA.05	betonielementti/ ulko- ja sisäpinta	ulkopinta: hyvä sisäpinta: 0-12 mm tyydyttävä 12-48 mm hyvä	ulkopinta 1-3/2 sisäpinta 2-11/2	on/ sisäpinnassa vähän ettringiittiä	up 0, sp 1

Laadultaan sekä tiivistyneisyydeltään betonit luokiteltiin hyväksi, myös kiviaineen laadun osalta. Osassa betoninäytteitä havaittiin sisäpinnassa mikrohalkeilua/-säröilyä, mikä heikentää sisäpintojen kunnot tyydyttäväksi tai osin tyydyttäväksi, mutta muilta osin betonin kunto on hyvä.

Julkisivujen betonit ovat huokosrakenteensa perusteella kosteusrasituksessa pakkasenkestäviä. Ulko-osan valkobetonin kontakti taustabetoniin on hyvä. Betonissa ei havaittu merkittäviä määriä kosteusrasitukseen viittavia kiteytymiä. Karbonatisoituminen ei ole yleisesti edennyt syvälle ulko- eikä sisäpinnasta.

6.2 Betonirauδοitteiden korroosioriskin arviointi

Rauδοitteiden korroosioriskiä arvioitiin julkisivuelementtien osalta betonin peitepaksuusmittausten ja karbonatisoitumissyvyyksien avulla. Peitepaksuuksia mitattiin useilta eri alueilta rakennevausten yhteydessä ja karbonatisoitumissyvyudet mitattiin poranäytteistä.

Keskimääräinen rauδοitteiden syvyys ulkopinnasta	34,0 mm
Keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys ulkopinnasta	1,2 mm
Rauδοitteiden suhteellinen osuus karbonatisoitumissyvyydellä	0 %

Keskimääräinen rauδοitteiden syvyys sisäpinnasta	37,5 mm
Keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys sisäpinnasta	4,8 mm
Rauδοitteiden suhteellinen osuus karbonatisoitumissyvyydellä	0,2 %

Mittaustulosten perusteella voidaan todeta, että karbonatisoituminen ei ole vielä edennyt syvälle. Julkisivun sisäpinnassa karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin noin 5 mm syvyyteen ja ulkopinnassa vain noin 1 mm syvyyteen.

Taulukko 3. Keskimääräisen karbonatisoitumisen laskennallinen eteneminen ulkopinnasta

Ajankohta	2018	2023	2028	2033	2038	2043
Rakennuksen / rakenteen ikä	21	26	31	36	41	46
Keskimääräinen karb.syvyys	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8

Taulukko 4. Keskimääräisen karbonatisoitumisen laskennallinen eteneminen sisäpinnasta

Ajankohta	2018	2023	2028	2033	2038	2043
Rakennuksen / rakenteen ikä	21	26	31	36	41	46
Keskimääräinen karb.syvyys	4,8	5,3	5,8	6,3	6,7	7,1

Arvioitaessa laskennallisesti karbonatisoitumisen etenemistä betonirakenteessa, voidaan todeta, etteivät rauδοitukset ole korroosioriskialueella vielä vuosikymmeniin.

7 Johtopäätökset kootusti

Lähtötietojen perusteella pysäköintilaitoksen rakenteet ovat pääpiirteittäin alkuperäisiä. Rakenteilla on keskimääräistä teknistä käyttöikää jäljellä vielä noin 20...25 vuotta. Myöskin ohuthieanalyysien perusteella betonirakenteilla on vielä runsaasti käyttöikää jäljellä.

Havaintojen perusteella julkisivun rakenteissa on kuitenkin tapahtunut hallitsemattomia muodonmuutoksia, jotka ovat aiheuttaneet vaurioita varsinkin julkisivurakenteiden nurkkien alueille ja aukkojen ympärille. Rakenteiden vaurioituminen johtuu todennäköisesti kantavien vaakarakenteiden liikuntasaumojen puuttumisesta, jonka takia rakenteet eivät ole kyenneet ottamaan vastaan rakenteiden lämpöliikkeitä. Julkisivuelementtien saumat ovat avoimia, mikä on todennäköisesti osaltaan vähentänyt vaurioitumisen määrää.

Lisäksi varsinkin ylimmän kannen betonirakenteet ovat alttiina sadevedelle ja talviaikaan pakkasrapautumiselle. Rapautumisen takia betoniraudotteet altistuvat korroosiovaurioitumiselle, joka puolestaan kiihdyttää betonirakenteiden vaurioitumista entisestään.

Välipohjien vedeneristyskerroksista tai niiden toteutuksesta ei ollut tietoja käytettävissä. Väli-/yläpohjissa on vesivuotoja ainakin elementtisaumojen alueelta ja seinäliittymistä. Vuotovedet lyhentävät rakenteiden elinikää ja lisäksi ne keräävät betonista muun muassa mineraaleja, jotka saattavat aiheuttaa pinnoitevaurioita autoille.

Betonilattioiden pintavalujen liikuntasaumamassojen käyttöikä on päättynyt ja ne suositellaan uusimaan joko erikseen tai muiden korjaustoimenpiteiden yhteydessä. Saumojen uusimisessa on huomioitava, että havaintojen perusteella myös ylimmän kannen mahdollinen vedeneristekerros on vaurioitunut.

Vedeneristekerroksen kuntoa, ja olemassa oloa ylipäätään, voidaan tarkentaa rakenneavauksilla, mutta yksittäisten rakenneavausten avulla saadaan tieto hyvin suppean alueen osalta. Näin ollen suositellaan varautumaan ylimmän tason vedeneristekerroksen uusimiseen kokonaisuudessaan elastisten saumojen uusimisen yhteydessä.

Vedeneristekerrosten suunnittelun yhteydessä on syytä tarkastella eri vaihtoehtoja rakenteiden muodonmuutosten, ja sen myötä halkeilun, hallitsemiseksi. Yhtenä vaihtoehtona on liikuntasaumojen lisääminen vaakarakenteisiin. Lisäksi betonirakenteiden vaurioitumista saadaan hidastettua huomattavasti rakenteiden sääsuojauksen avulla, joiden toteutus suositellaan huomioidaan toteutussuunnittelun yhteydessä.

Raskaampana toimenpiteenä voidaan harkita esimerkiksi sisäpuoleisten, teräsrakenteisten tukirakenteiden asentamista, millä pyritään vähentämään ulkoseinärakenteisiin kohdistuvaa rasiitusta ja varmistamaan ylä- ja välipohjien kantavuus.

Kun rakenteiden halkeilu on saatu joko liikuntasaumojen tai muiden ratkaisujen avulla hallintaan, suositellaan julkisivut ja muut vaurioituneet betonirakenteet paikkakorjaamaan ja huoltokunnostamaan.

Ennen laajempia korjauksia on irtoamaisillaan olevat betonikappaleet pudotettava hallitusti, sillä tippuessaan kiven kappale aiheuttaa merkittävän turvallisuusriskin. Myös ylimmän kerroksen kaiteiden kiinnitystä on parannettava turvallisuussyistä.

Ilmanvaihtokanavat suositellaan tyhjentämään huoltotöinä ja samassa yhteydessä korjaamaan niiden luukut ja säleiköt. Myös lintuverkkojen eheys on syytä tarkastaa samassa yhteydessä.

Julkisivuaukkojen ylitysten teräspalkkien ja muiden teräsrakenteiden (katokset, kulkusillat yms.) korjaukset ja korroosiosuojaukset ovat ajankohtaisia lähivuosina, muiden laajempien korjausten yhteydessä.

8 Toimenpide-ehdotukset ja korjaussuositukset

Korjaussuositukset ovat suuntaa-antavia ja niiden tarkoituksena on luoda pohja varsinaiselle korjaussuunnittelulle. Hanke- ja korjaussuunnitteluvaiheessa määritetään tarkkaan korjauksen laajuus, jolloin pystytään tarvittaessa myös tekemään korjauskustannusarvio. Lopulliset kokonaishinnat selviävät korjausurakan kilpailutusvaiheessa ja lopulliset kustannukset vasta toteutusvaiheessa. Suunnittelu-, rakennuttamis- ja valvontakustannukset ovat tyypillisesti noin 8 – 20 % korjauksen kokonaisurakkahinnasta. Suositellut, laajemmat korjaukset edellyttävät korjaussuunnittelua.

8.1 Toimenpide-ehdotukset

8.1.1 Turvallisuusriskit sekä toimenpiteet, jotka eivät edellytä suunnittelua

- Teräskateiden kiinnitysten varmistaminen ja putoamaisillaan olevien betonikappaleiden hallittu pudottaminen
 - ennen laajempia korjauksia tulee rakenteiden kuntoa seurata säännöllisesti ja merkittäviin rakenteellisiin muutoksiin tulee reagoida nopeasti
- ilmanvaihtokanavien yms. tarkastus ja tyhjentäminen
 - samassa yhteydessä vaurioituneiden luukkujen, säleikköjen ja lintuverkkojen korjaus.

8.1.2 Kansirakenteen vedeneristeen uusiminen ja liikuntasauvojen lisääminen

Vedeneristekerroksen uusimisen toimenpiteet pääpiirteittäin:

- ylimmän kerroksen pintalaatan ja vanhan vedeneristekerroksen purku
 - rakentamisajankohta ei edellytä haitta-ainekartoitusta
- mahdollisesti tarvittavat betoniontelolaatan korjaukset
- uuden vedeneristekerroksen asentaminen
- uuden pintavalun asentaminen

Edellä mainittujen korjausten yhteydessä lisätään vaakarakenteisiin liikuntasauvoja uusien vaurioiden ehkäisemiseksi. Määrän, sijainnin ja toteutustavan määrittely edellyttää erillistä rakennussuunnittelua.

8.1.3 Julkisivuelementtien paikkakorjaus ja huoltokunnostus

Kun rakenteiden vaurioituminen on saatu vedeneristeiden uusimisen ja esimerkiksi liikuntasauvojen lisäysten avulla hallintaan, voidaan vaurioituneet betonirakenteet (julkisivut, alemmat kansirakenteet, ylimmän tason kaiteiden betoniosat yms.) kunnostaa niiden eliniän jatkamiseksi ja vaurioiden etenemisen pysäyttämiseksi. Alla on kuvattu toimenpiteet pääpiirteittäin:

- kaikki rapautunut betoni poistetaan
- jätettävän betonin puhdistus, esim. märkähiekkapuhallus
- paljastuneiden betoniraudotteiden esiin piikkaus ja korroosiosuojaus sekä ylitasoitus
- tarvittavat valukorjaustyöt (pahimmin vaurioituneet betonielementit)
- halkeamien avartaminen ja injektointi esim. epoksilla (laajemmat julkisivuhalkeamat)
- julkisivujen pesu ja pinnoittaminen esim. diffuusioavoimella, vettä hylkivällä pinnoitteella.

19.3.2020

8.1.4 Kaide- ja katosrakenteet sekä muut teräsrakenteet

Muiden, laajempien korjaustoimenpiteiden yhteydessä on huomioitava seuraavat korjaukset:

- julkisivuaukkojen ylitysten teräspalkkien korjaus ja korroosiosuojaus
- ylimmän tason katosten ja eteläisen seinustan kulkusiltojen teräsrakenteiden puhdistus ja korroosiosuojaus
- porraskäytävien betoni- ja teräsrakenteiden paikkakorjaukset.

9 Liitteet

1. Tutkimus- ja havaintokartat, pohjoinen julkisivu, Sitowise Oy (1 sivu)
2. Ohuthieanalyysi, Labroc Oy (7 sivua)
3. Tutkimusmenetelmät ja -kuvaukset, Sitowise Oy (2 sivua)

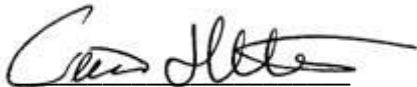
Mikkelissä 19.3.2020

Sitowise Oy



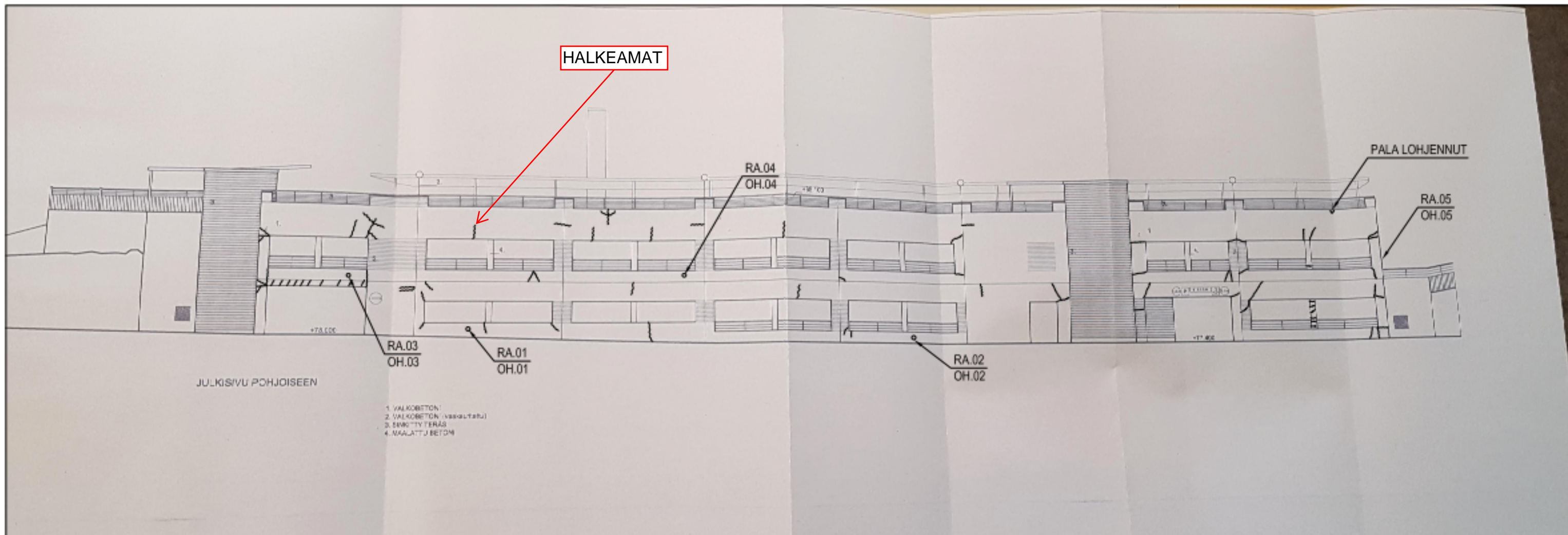
Mika Tuukkanen, ins. AMK

Tarkastanut:



Timo Härkönen, ins. AMK

RA.XX = RAKENNEAVALUS
OH.XX = OHUTHIENÄYTE



OHUTHIEANALYYSI		
Tilaja: Sitowise Oy/ Mika Tuukkanen	Tilaus-/ toimituspäivä: 11.9.2018 (tilaus)	Kohde/ projektinumero: Savonlinnan kaupunki, Tonttikatu 16/ M18270
Näytetunnukset: RA: 01, 02, 03, 04, 05	Näytteiden materiaali, muoto ja koko: Betoni, poralieriöt Ø 45 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. Näytteenotosta vastaa tilaaja. Ohuthieet on valmistettu tilaajan 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:
RA.01	betonielementti/ ulko- ja sisäpinta	hyvä	ulkopinta 1 sisäpinta 3-8/4	on/ ei	0
RA.02	betonielementti/ ulko- ja sisäpinta	ulkopinta: hyvä sisäpinta: 0-8 mm tyydyttävä 8-48 mm hyvä	ulkopinta 1 sisäpinta 6-18/11	on/ ei	up 0, sp 1
RA.03	betonielementti/ ulko- ja sisäpinta	hyvä	ulkopinta 1 sisäpinta 1-7/3	on/ ei	0
RA.04	betonielementti/ ulko- ja sisäpinta	ulkopinta: hyvä sisäpinta: tyydyttävä	ulkopinta 1 sisäpinta 3-8/4	on/ sisäpinnassa vähän ettringiittiä	up 0, sp 1
RA.05	betonielementti/ ulko- ja sisäpinta	ulkopinta: hyvä sisäpinta: 0-12 mm tyydyttävä 12-48 mm hyvä	ulkopinta 1-3/2 sisäpinta 2-11/2	on/ sisäpinnassa vähän ettringiittiä	up 0, sp 1

- näytteiden betonit ovat laadultaan ja tiivistyneisyydeltään hyviä, näytteet ovat rakenteeltaan ja koostumukseltaan hyvin samankaltaisia, betonit ovat huokostettuja
- näytteissä on valkobetonisat pintaosat, joiden kontaktit taustabetoniin ovat hyvät
- näytteissä ei havaittu tyypillisiä pakkasrapautumisen aiheuttamia vaurioita
- näytteiden betoneissa on vähän kutistumatyyppistä mikrohalkeilua/ -säröilyä, mikä heikentää sisäpintojen RA.02, RA.04 ja RA.05 kunnot tyydyttäväksi tai osin tyydyttäväksi (rapautuneisuus 1, halkeilu/ säröily voi hieman heikentää betonien tiiveyttä)
- karbonatisoituminen ei keskimäärin ole edennyt syvälle
- kiviaineen laatu on hyvä
- sideaine on kovettunut normaalisti (hydrataatioaste tavanomainen)
- näytteissä ei havaittu merkittäviä määriä kosteusrasitusta indikoivia tai haitallisia sekundäärisiä kiteytyksiä

TUTKIMUSTULOKSET:

Näyte: RA.01		
Rakenneosa: Betonielementti, eristämätön, ulkopinta väribetonia	Lieriönäytteen pituus: 179 mm	Ohuthiepinta: Ulko- ja sisäpinta
Yleistiedot: <ul style="list-style-type: none">- näytelieriö on ehjä, ulottuu rakenneosan läpi- ulko-osan valkobetongerros (42 mm) on hyvin kiinni muussa betoniosassa- karbonatisoituminen edennyt ulkopinnasta noin 1 mm ja sisäpinnasta 3-8 mm, keskimäärin 4 mm		
VALKOBETONI, ULKO-OSA: Laatu, mikrorakenne ja rapautuneisuus/ säröily: <ul style="list-style-type: none">- betonin rakenne on tasalaatuinen- tiivistyminen on hyvä, tiivistyshuokosia ($\varnothing < 2$ mm) on vähän, kiviaineen tartunnat tiiviit- kiviaine on pääosin kulmikasta (pääkivilajit: kalkkikivet), suurin havaittu raekoko 8 mm- sideaineen (valkosementti) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen ja hydrataatioaste tavanomainen- suojahuokosia ($\varnothing 0,02-0,8$ mm) runsaasti- huokosissa ei merkittäviä sekundäärisiä kiteytymiä/ täytteitä- yksittäisesti suuntautumaton mikrosäröilyä (säröjen leveys alle 0,01 mm, epäjatkuvia)		
SISÄOSA: Laatu, mikrorakenne ja rapautuneisuus/ säröily: <ul style="list-style-type: none">- betonin rakenne on tasalaatuinen- tiivistyminen on hyvä, tiivistyshuokosia ($\varnothing < 3$ mm) on vähän, kiviaineen tartunnat tiiviit- kiviaine on pääosin kulmikasta (pääkivilajit: granitoidit), suurin havaittu raekoko 16 mm- sideaineen (portlandsementti, masuunikuonaa) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen ja sementti on hyvin hydratoitunut- suojahuokosia ($\varnothing 0,02-0,8$ mm) erittäin runsaasti- huokosissa ei havaittu merkittäviä täytteitä- vähän suuntautumaton mikrosäröilyä, sisäpinnan läheisyydessä hieman enemmän, säröjen leveys alle 0,01 mm		

Näyte: RA.02

Rakenneosa: Betonielementti, eristämätön, ulkopinta väribetonia	Lieriönäytteen pituus: 182 mm	Ohuthiepinta: Ulko- ja sisäpinta
--	---	--

Yleistiedot:

- näytelieriö on ehjä, ulottuu rakenneosan läpi
- ulko-osan valkobetongerros (90 mm) on hyvin kiinni muussa betoniosassa
- karbonatisoituminen edennyt ulkopinnasta alle 1 mm ja sisäpinnasta 6-18 mm, keskimäärin 11 mm

VALKOBETONI, ULKO-OSA:**Laatu, mikrorakenne ja rapautuneisuus/ säröily:**

- betonin rakenne on yleisesti tasalaatuinen
- tiivistyminen on normaali, tiivistyshuokosia ($\varnothing < 7$ mm) on suhteellisen vähän, kiviaineen tartunnat tiiviit
- kiviaine on pääosin kulmikasta (pääkivilajit: kalkkikivet), suurin havaittu raekoko 8 mm
- sideaineen (valkosementti) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen ja hydrataatioaste tavanomainen
- suojahuokosia ($\varnothing 0,02-0,8$ mm) runsaasti
- huokosissa ei merkittäviä sekundäärisiä kiteytymiä (ulkopinnan läheisyydessä vähän kalsiumhydroksidia)
- halkeilua, suuntautunutta säröilyä tai merkittävää mikrosäröilyä ei havaittu

SISÄOSA:**Laatu, mikrorakenne ja rapautuneisuus/ säröily:**

- betonin rakenne on tasalaatuinen
- tiivistyminen on hyvä, tiivistyshuokosia ($\varnothing < 5$ mm) on vähän, kiviaineen tartunnat tiiviit
- kiviaine on pääosin kulmikasta ja osin pyörästynyttä (pääkivilajit: granitoidit, amfiboliitit), suurin havaittu raekoko 14 mm
- sideaineen (portlandsementti, masuunikuonaa) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen ja sementti on hyvin hydratoitunut
- suojahuokosia ($\varnothing 0,02-0,8$ mm) erittäin runsaasti
- huokosissa ei havaittu merkittäviä täytteitä
- kaksi mikrohalkeamaa ulottuu pinnasta 8 mm:n syvyyteen ja niiden leveys on alle 0,03 mm
- yksittäisesti suuntautumaton mikrosäröilyä, säröjen leveys alle 0,01 mm

Näyte: RA.03

Rakenneosa: Betonielementti, eristämätön, ulkopinta väribetonia	Lieriönäytteen pituus: 182 mm	Ohuthiepinta: Ulko- ja sisäpinta
--	---	--

Yleistiedot:

- näyteliieriö on ehjä, ulottuu rakenneosan läpi
- ulko-osan valkobetongerros (60 mm) on hyvin kiinni muussa betoniosassa
- karbonatisoituminen edennyt ulkopinnasta noin 1 mm ja sisäpinnasta erittäin epätasaisesti/ läikikkäästi 1-10 mm, keskimäärin 1 mm

VALKOBETONI, ULKO-OSA:**Laatu, mikrorakenne ja rapautuneisuus/ säröily:**

- betonin rakenne on tasalaatuinen
- tiivistyminen on hyvä, tiivistyshuokosia ($\varnothing < 6$ mm) on vähän, kiviaineen tartunnat tiiviit
- kiviaine on pääosin kulmikasta (pääkivilajit: kalkkikivet), suurin havaittu raekoko 6 mm
- sideaineen (valkosementti) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen ja hydrataatioaste tavanomainen
- suojahuokosia ($\varnothing 0,02-0,8$ mm) runsaasti
- huokosissa ei merkittäviä sekundäärisiä kiteytymiä/ täytteitä
- halkeilua, suuntautunutta säröilyä tai merkittävää mikrosäröilyä ei havaittu

SISÄOSA:**Laatu, mikrorakenne ja rapautuneisuus/ säröily:**

- betonin rakenne on tasalaatuinen
- tiivistyminen on hyvä, tiivistyshuokosia ($\varnothing < 5$ mm) on vähän, kiviaineen tartunnat tiiviit
- kiviaine on pääosin kulmikasta (pääkivilajit: granitoidit), suurin havaittu raekoko 16 mm
- sideaineen (portlandsementti, masuunikuonaa) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen ja sementti on hyvin hydratoitunut
- suojahuokosia ($\varnothing 0,02-0,8$ mm) runsaasti
- huokosissa ei havaittu merkittäviä täytteitä
- yksittäisesti suuntautumaton mikrosäröilyä, säröjen leveys alle 0,01 mm

Näyte: RA.04

Rakenneosa: Betonielementti, eristämätön, ulkopinta väribetonia	Lieriönäytteen pituus: 181 mm	Ohuthiepinta: Ulko- ja sisäpinta
--	---	--

Yleistiedot:

- näyteliieriö on ehjä, ulottuu rakenneosan läpi
- ulko-osan valkobetongerros (70 mm) on hyvin kiinni muussa betoniosassa
- karbonatisoituminen edennyt ulkopinnasta noin 1 mm ja sisäpinnasta 1-7 mm, keskimäärin 3 mm

VALKOBETONI, ULKO-OSA:**Laatu, mikrorakenne ja rapautuneisuus/ säröily:**

- betonin rakenne on tasalaatuinen
- tiivistyminen on hyvä, tiivistyshuokosia ($\varnothing < 4$ mm) on vähän, kiviaineen tartunnat tiiviit
- kiviaine on pääosin kulmikasta (pääkivilajit: kalkkikivet), suurin havaittu raekoko 8 mm
- sideaineen (valkosementti) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen ja hydrataatioaste tavanomainen
- suojahuokosia ($\varnothing 0,02-0,8$ mm) runsaasti
- huokosissa ei merkittäviä sekundäärisiä kiteytyksiä
- halkeilua, suuntautunutta säröilyä tai merkittävää mikrosäröilyä ei havaittu

SISÄOSA:**Laatu, mikrorakenne ja rapautuneisuus/ säröily:**

- betonin rakenne on tasalaatuinen
- tiivistyminen on hyvä, tiivistyshuokosia ($\varnothing < 4$ mm) on vähän, kiviaineen tartunnat tiiviit
- kiviaine on pääosin kulmikasta (pääkivilajit: granitoidit), suurin havaittu raekoko 16 mm
- sideaineen (portlandsementti, masuunikuonaa) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen ja sementti on hyvin hydratoitunut
- suojahuokosia ($\varnothing 0,02-0,8$ mm) erittäin runsaasti
- huokosissa vähäisesti ettringiittiä
- kaksi mikrohalkeamaa ulottuu pinnasta enintään 33 mm:n syvyyteen ja niiden leveys on alle 0,02 mm
- suhteellisen vähän suuntautumaton mikrosäröilyä ja yksitäinen lähes jatkuva mikrosärö 45 mm syvyydessä sisäpinnasta, säröjen leveys alle 0,01 mm, yksittäisesti leikkaavat kiviainetta

Näyte: RA.05

Rakenneosa: Betonielementti, eristämätön, ulkopinta väribetonia	Lieriönäytteen pituus: 178 mm	Ohuthiepinta: Ulko- ja sisäpinta
--	---	--

Yleistiedot:

- näyteliieriö on ehjä, ulottuu rakenneosan läpi
- ulko-osan valkobetongerros (73 mm) on hyvin kiinni muussa betoniosassa
- karbonatisoituminen edennyt ulkopinnasta 1-3 mm, keskimäärin 2 mm ja sisäpinnasta erittäin paikallisesti 1-11 mm, keskimäärin 2 mm

VALKOBETONI, ULKO-OSA:**Laatu, mikrorakenne ja rapautuneisuus/ säröily:**

- betonin rakenne on yleisesti tasalaatuinen
- tiivistyminen on hyvä, tiivistyshuokosia ($\varnothing < 7$ mm) on vähän, kiviaineen tartunnat tiiviit
- kiviaine on pääosin kulmikasta (pääkivilajit: kalkkikivet), suurin havaittu raekoko 8 mm
- sideaineen (valkosementti) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen ja hydrataatioaste tavanomainen
- suojahuokosia ($\varnothing 0,02-0,8$ mm) runsaasti
- huokosissa ei merkittäviä sekundäärisiä kiteytyksiä
- halkeilua, suuntautunutta säröilyä tai merkittävää mikrosäröilyä ei havaittu

SISÄOSA:**Laatu, mikrorakenne ja rapautuneisuus/ säröily:**

- betonin rakenne on tasalaatuinen
- tiivistyminen on hyvä, tiivistyshuokosia ($\varnothing < 4$ mm) on vähän, kiviaineen tartunnat tiiviit
- kiviaine on pääosin kulmikasta (pääkivilajit: granitoidit), suurin havaittu raekoko 12 mm
- sideaineen (portlandsementti, masuunikuonaa) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen ja sementti on hyvin hydratoitunut
- suojahuokosia ($\varnothing 0,02-0,8$ mm) erittäin runsaasti
- huokosten seinämällä vähäisesti ettringiittiä
- mikrohalkeama ulottuu pinnasta 12 mm:n syvyyteen ja sen leveys on alle 0,02 mm
- vähän suuntautumaton mikrosäröilyä, säröjen leveys alle 0,02 mm



Vesa Kontio
tutkija, FM
Puh. 050 4395 076



Jussi Myllykangas
tutkija, FM

TUTKIMUSMENETELMÄT JA KÄSITTEET

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 määräytyissä rakennesosissa 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. 46 mm pitkä ja se tehdään näytekappaleen tutkittavasta pinnasta alkaen syvyysuunnassa.

Ohuthietutkimuksella pyritään selvittämään betonista ja tai rappauksesta pääsääntöisesti seuraavia tekijöitä:

- betonin kiviaines ja kiviainesjakauma
- rappauslaastin kalkki-sementtisuhte
- karbonatisoitumissyvyys (raudoitteiden korroosioriski)
- huokosrakenne (pakkasenkestävyys)
- rapautumisaste
- ettringiitin ja muiden haitallisten kiteytymien (portlandiitti, karbonaatti) 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. passiivitilassa, jolloin korroosiota ei tapahdu. Ilman hiilidioksidin tunkeutuminen betoniin ja siitä aiheutuva betonin karbonatisoituminen aiheuttaa betonin pH:n laskemisen noin 8,3, jolloin betoniteräksen ympäristö on kosteusrasituksessa korroosiota aiheuttavaa (olosuhteiden muutoksesta johtuen teräs on passiivitilan 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 mittaus on olennainen tieto rakennuksen ulkokuoren elinkaaren pituutta ja sen hetkistä tilaa arvioitaessa. Tunnettaessa kohteen keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys (määritetään esim. ohuthietutkimuksen yhteydessä), voidaan arvioida korroosion laajuutta rakennuksen ulkokuorien raudoitteissa.

Mittaus suoritetaan laitteella, jolla 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 pistokoeluoontoisesti. Mittaustuloksia verrattaessa laboratoriotutkimustuloksien avulla määritettyyn karbonatisoitumissyvyyteen voidaan arvioida korroosiovyöhykkeellä (korroosiovaurioitumisen riski) sijaitsevien betoniterästen määrä.

1.5 Betonin kloridipitoisuus

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

Betonin kloridipitoisuus vaikuttaa betoniterästen korroosioriskiin ja 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.