



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tommi Puuronen

---

## **Parvekelaattojen kuntotutkimus**

Tapiolantie 9 A, Seinäjoki

Opinnäytetyö

Kevät 2021

SeAMK Tekniikka

Insinööri (AMK), Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Rakennesuunnittelu

Tekijä: Tommi Puuronen

Työn nimi: Parvekelaattojen kuntotutkimus

Ohjaaja: Jorma Tuomisto

Vuosi: 2021

Sivumäärä: 32

Liitteiden lukumäärä: 1

---

Opinnäytetyön aiheena oli paikalla valettujen parvekelaattojen kunnan tutkiminen. Tutkimuskohteena oli As Oy Seinäjoen Tapiolantie 9 talo A, joka on noin 70-luvulla rakennettu kerrostalo. Tämän työn tavoitteena oli selvittää parvekelaattojen kuntotutkimuksen avulla betonirakenteiden kunto ja korjaustarve.

Tutkimus toteutettiin kenttätöskentelynä ja laboratoriotutkimuksina. Kenttätutkimusten yhteydessä toteutettiin visuaalinen tutkimus sekä kimmo- ja peitepaksuusmittaukset. Laboratoriotutkimuksia varten parvekelaatoista porattiin näytepaloja laajempaa tutkimusta varten. Näytepaloista tutkittiin karbonatisoitumista sekä puristus- ja vetolujuutta.

Tutkimustuloksista kävi ilmi, että betonirakenteen vaurioituminen on edennyt pitkälle. Parvekelaatan kestävyys on heikentynyt. Kestävyttä heikentävät rata- ja harjaterästen liitoksen ongelmat. Turvallisuuden ja taloudellisuuden kannalta ainoa korjausmahdollisuus on purkaminen ja uudelleenrakentaminen. Muut korjaustavat eivät tässä vaiheessa ole teknisesti ja taloudellisesti kannattavia.

<sup>1</sup> Asiasanat: kuntotutkimus, betoni, korroosio, parvekelaatta, rapautuminen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Structural Engineering

Author: Tommi Puuronen

Title of thesis: Condition examination of balcony slabs

Supervisor: Jorma Tuomisto

Year: 2021

Number of pages: 32

Number of appendices: 1

---

The topic of the thesis was to examine the condition of the balcony slab cast on site. The object of the study was As Oy Seinäjoki Tapiolantie 9 house A, which is an apartment building built in the 1970s. The aim of the work was to determine the condition and need for repair of concrete structures with the help of a condition research of balcony slabs.

The research was carried out as fieldwork and laboratory studies. In connection with the field research, a visual research as well as rebound hammer and cover thickness measurements were carried out. For laboratory research, sample pieces were drilled from the balcony slabs for a broader study. The specimens were examined for carbonation, compressive and tensile strength.

The research results showed that the damage to the concrete structure has advanced. The durability of the balcony slab has weakened. Durability was impaired by problems with the connection between the rail and the rebar. From the safety and economic point of view, the only option would be demolition and reconstruction. Other improvements at this stage were not technically and economically viable.

<sup>1</sup> Keywords: condition research, concrete, corrosion, balcony slab, crumble

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvioluettelo .....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	7
1 JOHDANTO .....	8
2 KUNTOTUTKIMUS JA KORJAUSMAHDOLLISUUDET SUOMESSA .....	9
2.1 Parvekelaattojen kuntotutkimus Suomessa.....	9
2.2 Parvekelaattojen korjausmahdollisuudet.....	9
2.2.1 Pinnoitus- ja paikkakorjaus .....	9
2.2.2 Peittävä korjaus .....	10
2.2.3 Purkaminen ja uudelleenrakentaminen.....	10
3 KOHDETIEDOT .....	12
3.1 Kohde.....	12
3.2 Rakennetyyppi.....	12
4 BETONIPARVEKKEEN VAURIOITUMINEN .....	14
4.1 Vaurioitumisen syyt .....	14
4.2 Kosteusrasitus.....	14
4.3 Betonin karbonatisoituminen .....	14
4.4 Raudotteiden korroosiottomineen.....	15
5 KENTTÄTUTKIMUKSET .....	17
5.1 Silmämääräinen tutkimus.....	17
5.2 Peitesyvyyden määrittäminen.....	18
5.3 Kimmovasaramittaukset .....	18
5.4 Näytelieriöiden ottaminen.....	20
6 LABORATORIOTUTKIMUKSET .....	22
6.1 Karbonatisoitumissyvyyden tutkiminen.....	22
6.2 Puristuslujuuden määrittäminen .....	23

6.3 Vetolujuuden määrittäminen.....	24
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	28
LÄHTEET .....	32
LIITTEET .....	33

## Kuva- ja kuvioluettelo

Kuva 1. Kohderakennus lännestä .....	12
Kuva 2. Parvekelaatta.....	17
Kuva 3. Kimmovasara.....	19
Kuva 4. Timanttikorakone .....	20
Kuva 5 Vedensyöttösäiliö.....	21
Kuva 6. Karbonatisoitumissyvyyden mittaus.....	22
Kuva 7. Puristuslujuuden testaaminen ToniTechnik 3000 kN puristimella. ....	24
Kuva 8. Koelieriön vetokoe .....	25
Kuva 9. Vetokokeen murtumakuva. ....	26
Kuva 10. Vetokokeiden murtotapa.....	27
Kuva 11. Vetokoepalan murtumapinta.....	27
Kuva 12. A rakennus tutkimuskohdat länsipuolelta.....	29
Kuva 13. A rakennus tutkimuskohdat eteläpuolelta. ....	30
Kuva 14. A rakennuksen tutkimuskohdat idänpuolelta.....	31
Kuvio 1. Raudotteiden korroosioaurio .....	16
Kuvio 2. Korroosion vaiheet kuivissa ja kosteissa, muuttujana vain sade rasitus .....	16
Kuvio 3. Kimmovasaratestien taulukko ja tulkinta.....	19

## Käytetyt termit ja lyhenteet

**Karbonatisoituminen** Betonin neutraloitumisreaktio.

**Pakkasrapautuminen** Lämpötilavaihteluiden ja jäätyvän veden aiheuttama betonin halkeilu ja sen seurauksena rikkoontuminen.

### Sähkömagneettinen induktio

Muuttuva magneettikenttä indusoi johtimeen jännitteen, joka saa aikaan sähkövirran.

**Korroosio** Veden ja hapen vaikutuksista johtuvaa ruostumista.

**Kondensoituminen** Vesihöyry tiivistyy kylmään pintaan lämpötilan laskiessa.

**Rh%** Ilman suhteellinen kosteus.

**Peitepaksuus** Betonipeitteen paksuus raudoitteen päällä.

**pH** Happamuus.

**K-jako** Keskeltä keskelle jako.

# 1 JOHDANTO

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan paikalla valettujen parvekelaattojen kuntoa. Tutkimuskohde on As Oy Seinäjoen Tapiolantie 9 talo A, joka on 1970-luvulla rakennettu viisikerroksinen kerrostalo. Tutkimuksien tavoitteena on selvittää parvekkeiden tämänhetkinen kunto ja vaurioiden laajuus sekä korjauksen ajankohta ja tarve.

Aihe valikoitui kiinnostuksen ja ajankohtaisuuden kautta sekä koulun ehdotuksen myötä. Tämä työ tarjosi oman oppimisen kannalta itselleni keskeisiä asioita ja pääsin hyödyntämään omaa osaamistani. Lisäksi tutkimus tarjosi hyödyllisiä taitoja ja tietoja tulevaisuuden työskentelyn kannalta.

Kuntotutkimus on rakennuksien käyttöiän kannalta äärimmäisen keskeistä. Rakenteiden kestävyys lisäksi kuntotutkimuksien kautta voidaan parantaa rakennuksien julkisivujen ulkoa-asua ja estetiikkaa. Ajankohtaisuuden perustelin sillä, että Suomessa on hyvin paljon saman ikäluokan rakennuksia käytössä.

Tutkimukset toteutettiin osittain paikan päällä ja osittain Seinäjoen ammattikorkeakoulun betonilaboratoriossa. Tutkimuskohteessa tehtiin raudotteiden peitekerrosmittaus, kimmovasaramittaus sekä silmämääräinen havainnointi. Parvekelaatoista otettiin myös koepaloja jatkotutkimuksia varten. Koulun laboratoriossa määritettiin koepalojen betonin vetolujuus, karbonatisoitumissyvyys ja puristuslujuus.

Tutkimuksen tulokset ja tarkat mittaustulokset käyvät ilmi tehdystä raportista, joka toimitettiin tilaajalle.



## **2 KUNTOTUTKIMUS JA KORJAUSMAHDOLLISUUDET SUOMESSA**

### **2.1 Parvekelaattojen kuntotutkimus Suomessa**

Kuntotutkimuksen avulla saadaan selville halutun rakennuksen osan kunto ja korjaustarve. Tutkimustulokset sisältävät tutkitun osan piilevät vauriot, niiden laajuuden ja vaikutukset tulevaisuudessa odotettavissa olevista vaurioista. Betonirakenteen kunto selviää ainoastaan rakenteita rikkomalla. Kuntotutkimus on tärkeä osa kiinteistöpittoa. Parvekelaattojen kuntotutkimus toteutetaan yleensä silloin, kun huomataan näkyviä vaurioita rakenteessa. Kuntotutkimus olisi kuitenkin hyvä tehdä ennen näkyviä vaurioita. Yleensä kuntotutkimus olisi hyvä suorittaa 15–20 vuoden päästä rakennuksen valmistumisesta ja päivitykset aina 10 vuoden välein. Ajoissa tehdyt havainnot tulevat taloudellisesti kannattavammiksi kuin pitkälle edenneiden vaurioiden korjaaminen. Kuntotutkimus voidaan toteuttaa visuaalisesti ja paikan päällä tutkien tai rakenteesta voidaan ottaa näytepaloja ja tutkia niitä tarkemmin laboratorio-olosuhteissa. (Suomen betoniyhdistys ry 2014, 4–6.)

### **2.2 Parvekelaattojen korjausmahdollisuudet**

Kuntotutkimuksen tulosten perusteella valitaan oikea korjaustapa ja ajankohta korjaamiselle. Korjaustavan valinta riippuu rakenteen kunnosta ja vaurioiden laajuudesta sekä onko rakennetta mahdollista korjata. Korjaustavan valinnassa tulee ottaa myös huomioon taloudelliset asiat. Parvekelaattojen korjaustavat on jaoteltu seuraavasti: ei korjaustoimenpiteitä, pinnoitus- ja paikkauskorjaus, peittävä korjaus sekä purkaminen ja uudelleenrakentaminen. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 41.)

#### **2.2.1 Pinnoitus- ja paikkakorjaus**

Kevyt pintakorjaus tarkoittaa, että betonirakenteen pinta käsitellään uudelleen ja tehdään lisäksi pieniä laastipaikkauksia. Laastipaikkauksien teko on silloin kannattavaa, jos vaurioituneet alueet ovat vähäisiä. Yleensä vanha betonipinnoitetta ei poisteta. Kuitenkin vaurioiden todellinen laajuus paljastuisi, jos vanha pinnoite poistettaisiin ensin. Pinnoitus- ja paikkauskorjaus suunnitellaan yleensä siten, että vain näkyvät kohdat korjataan. Tällä

korjauksella pystytään hidastamaan ja vähentämään rakenteen kosteusrasitusta ja vaurioita. Käyttöiän lisäystä on vaikea arvioida, sillä työn laatu vaikuttaa korjaukseen merkittävästi. Huolellisella esikäsittelyllä, saumojen uusinnalla ja pellityksellä varmistetaan pidempi käyttöikä. Kyseistä korjausvaihtoehtoa voidaan suunnitella rakenteeseen, johon ei ole odotettavissa laajoja vaurioita lähitulevaisuudessa. Pinnoitus- ja paikkauskorjauksella ei voida korjata laajempia vaurioita, eikä se silloin ole taloudellisesti kannattava ratkaisu. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 41–43.)

### **2.2.2 Peittävä korjaus**

Peittävä korjaus tarkoittaa, että vaurioitunut rakenne peitetään uudella pintaverhouksella. Näin voidaan vähentää useimmissa tapauksissa kosteusrasitusta. Uuden verhouksen myötä betonin rapautuminen pysähtyy ja raudoitteiden korroosio hidastuu. Julkisivu voidaan lisälämmöneristää verhouksen yhteydessä. Jos rakenteessa esiintyy kloridikorroosiota, se voidaan peittävällä korjaustavalla muuttaa kuivemmaksi, jolloin rakenteen korroosion eteneminen pysähtyy. Kloridin esiintyminen on kuitenkin harvinaista julkisivuissa. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 43–45.)

Kun korroosio- tai rapautumisvaurioita on näkyvissä tai odotettavissa niin runsaasti, että pienemmät korjaukset eivät ole enää kannattavia, peittävä korjaustapa on hyvä ratkaisu. Peittävä korjaus tarkoittaa yleensä kevytverhoilua, levyverhoilua, eristerappauksia ja rappauksia sekä erinäköisiä peittäviä pinnoitteita. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 43–45.)

### **2.2.3 Purkaminen ja uudelleenrakentaminen**

Tässä tapauksessa rakenne tai sen osa korvataan uudella rakenteella. Rakenteen purkamista ja uudelleenrakentamista harkitaan silloin, kun vaurioituminen on päässyt pitkälle, eivätkä muut korjaustavat ole enää teknisesti tai taloudellisesti kannattavia. Vanhaa rakennetta ei voi käyttää uuden korjauksen alustana. Usein purkaminen ja uudelleenrakentaminen on riskittömämpää kuin yrittää korjata pahasti vaurioitunutta rakennetta. Uuden rakenteen käyttöikä on aina pidempi kuin vanhan rakenteen korjaamisella saavutettu käyttöikä. Purkaminen ja uudelleenrakentaminen voidaan toteuttaa joko koko rakennuskokonaisuuteen tai purkamalla vain vaurioituneet rakenteen osat, kuten

esimerkiksi parveke-elementit tai sandwich-elementin ulkokuori. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 45–46.)

### 3 KOHDETIEDOT

#### 3.1 Kohde

Kohde on rakennettu 1970-luvulla (Kuva 1.). Rakennus on viisikerroksinen kerrostalo. Runkona on betonirunko ja julkisivuna on muurattu tiili. Parvekelaattojen kannatus on toteutettu ratakiskoilla välipohjasta. Osalle parvekkeista on asennettu jälkikäteen lasitukset. Parvekekaide on metallirunkoinen ja ulkopintana on levytys. Parvekkeiden määrä on 20 kpl.



Kuva 1. Kohderakennus lännestä

#### 3.2 Rakennetyyppi

Parvekelaatta on pintavalun kanssa noin 200–230 mm paksu betonilaatta. Parvekelaattojen koot ovat 1 200 x 6 640 mm 4 kpl ja 1 200 x 3 580 mm 16 kpl. Parvekkeiden pinta-ala on yhteensä 100 m<sup>2</sup>.

Laatan kannatus tapahtuu välipohjasta rataakiskoilla, joihin on hitsattu kiinni kuvien mukaan #6k150 verkko. Verkon hitsausta ei saatu varmistettua rakenneavauksella kannatuksen kohdalta.

## 4 BETONIPARVEKKEEN VAURIOITUMINEN

### 4.1 Vaurioitumisen syyt

Vanhojen parvekkeiden vaurioituminen johtuu rakennuksen sijainnista, sekä rasiustekijöistä. Sijaintiin vaikuttavat tekijät ovat rakennuksen korkeus, ilmansuunta, kasvillisuus ja ympäristö. Yleisimpiä vaurioita parvekkeissa ovat pakkasrapautuminen ja raudoitteiden korroosio. Raudoitteiden korroosio johtuu yleisesti betonin karbonatisoitumisesta ja betonin alhaisesta peitepaksuudesta. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 15.)

### 4.2 Kosteusrasitus

Parvekelaatan yläpinta on lähes aina suoraan alttiina lumi- ja vesisateelle. Laatan alapintaan puolestaan vaikuttaa kosteuden kondensoituminen ja viistosateet. Parvekkeille tulee paljon kosteusrasitusta vuoden aikana, koska ne ovat pitkiä aikoja märkinä. Kosteusrasituksesta johtuen parvekkeiden vedenpoistoon pitää kiinnittää erityistä huomiota. Kosteuden eri muodot aiheuttavat rakenteille yhden niiden pahimmista rasiustekijöistä ja turmeltumisilmiöistä. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 15–17.)

### 4.3 Betonin karbonatisoituminen

Karbonatisoituminen on betonin neutraloitumisreaktio, jonka seurauksena betonin huokosveden pH-arvo alenee. Betonin sementtikiven mineraalit ovat hyvin emäksisiä. Mineraalien pH-arvo on noin 13–14. Karbonatisoitumisen aiheuttaa ilman sisältävä hiilidioksidi, joka sementtikiven kanssa alentaa sen pH-arvoa likimain arvoon 8,5. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 19.) Esitettynä yksinkertaisesti reaktio on  $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$ . (Hiilidioksidin sitoutuminen betoniin, [viitattu 1.2.2021]). Karbonatisoituminen etenee betonin pinnasta yhtenä rintamana betonin sisälle. Karbonatisoitumisnopeus riippuu monesta eri tekijästä, kuten pinnan diffuusiovastuksesta hiilidioksidin tunkeutumisesta vastaan, ilman hiilidioksidipitoisuudesta, betonin paksuudesta ja laadusta. Betonin kosteuden määrä vaikuttaa hiilidioksidin, vastukseen samoin huokosten määrää. Halkeamat lisäävät karbonatisoitumisnopeutta, kun hiilidioksidi pääsee halkeamaa

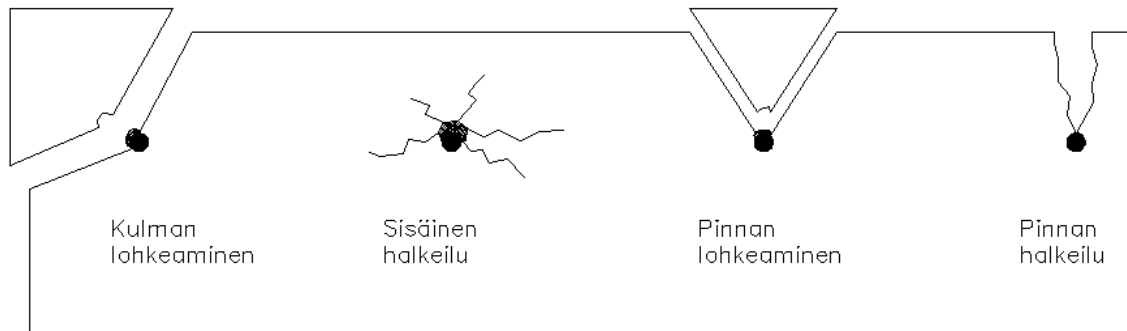
pitkin syvemmälle ja pinta-ala, josta hiilidioksidi vaikuttaa betoniin, lisääntyy (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 18.)

Betonin karbonatisoitumista pidetään haitallisena ilmiönä betonille, koska betonin karbonatisoituminen aiheuttaa neutralisoimisreaktion betonissa. Kun neutralisoituminen etenee raudoitukseen asti, käynnistyy terästen ruostuminen, jos betonin kosteus on siihen riittävä. Karbonatisoitumisen takia betonin suojaetäisyys teräksiin on tärkeä. (Hiilidioksidin sitoutuminen betoniin, [viitattu 2.3.2021].)

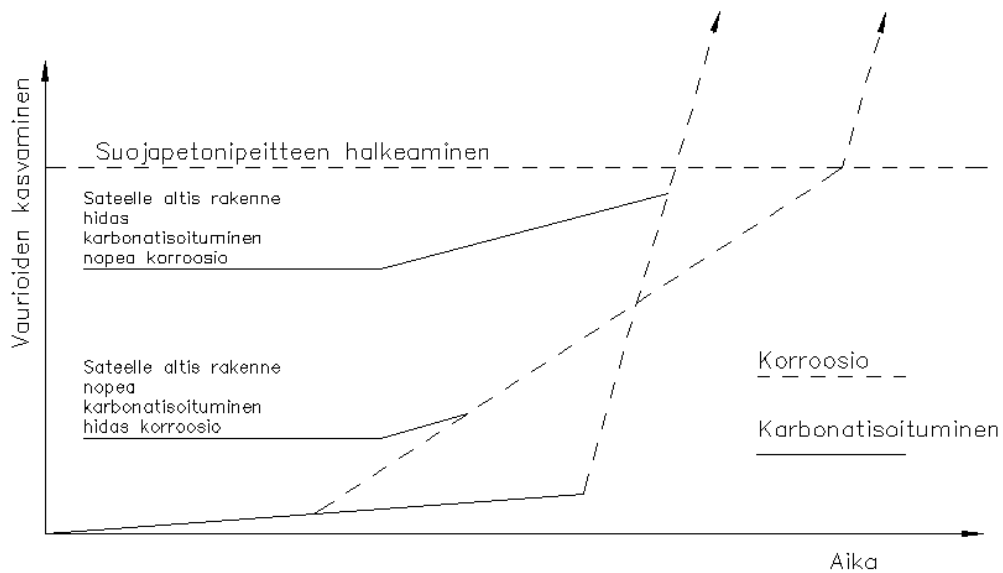
#### **4.4 Raudoitteiden korroosiottomineen**

Betonissa olevat harjateräokset suojataan yleensä hyvin. Harjateräksien pintaan syntyy oksidikalvo betonin alkalisuuden takia. Oksidikalvo suojaa hyvin teräksiä sähkökemialliselta ruostumiselta, kun teräs passivoituu, joten tarpeeksi tiiviillä ja paksulla suojabetonipeitteellä on hyvä korroosiosuojavaikutus. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 17.)

Karbonatisoitumisen ja liian pienen peitepaksuuden takia harjateräokset voivat alkaa ruostua liian aikaisessa vaiheessa rakennuksen suunniteltuun elinikään nähden. Korroosiota lisää kloridin läsnäolo ympäröivässä betonissa. Korroosion käynnistymiseen betonissa pitää olla tarpeeksi kosteutta, että teräs voi alkaa ruostua. Ympäröivä kosteus ja muut olosuhteet vaikuttavat korroosion ja karbonatisoitumisen nopeuteen. Raudoitteiden korroosionopeus kasvaa, kun kosteus nousee yli 65–75 %. Korroosio on nopeammillaan, kun rakenteen kosteus on 80–85 %. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 17–18.)



Kuvio 1. Raudotteiden korroosioaurio. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 18.)



Kuvio 2. Korroosion vaiheet kuivissa ja kosteissa, muuttujana vain sade räsitus. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 18.)



## 5 KENTTÄTUTKIMUKSET

### 5.1 Silmämääräinen tutkimus

Silmämääräisellä tutkimuksella voidaan havainnoida rakenteiden kuntoa ja näkyvät vauriot saadaan selville. Näkyvistä vaurioista voidaan havainnoida vaurioiden laajuutta ja vaurion tyyppiä. Rakenteiden kosteusteknistä toimivuutta on tarkasteltava tarkasti etenkin veden poistamisen ja pellityksen kannalta. Näkyviä vaurioita ovat korroosion aiheuttama halkeilu, betonin lohkeilu, betonin rapautuminen ja pintakäsittelyn irtoaminen. Näkyvistä vaurioista voidaan arvioida vaurioiden laajuutta. Alla olevassa kuvassa 2 näkyy, kuinka betoni on lohjennut ratakiskon alapuolelta irti. Laatan alapinnassa näkyy, että pintakäsittelyssä on vaurioita, jotka ovat syntyneet kosteus- ja pakkasrasituksesta. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 64.)



Kuva 2. Parvekelaatta.

Silmämääräisen tutkimuksen tavoite on tarkentaa muiden tutkimusten määrää ja tarpeellisuutta. Jos vaurioita on paljon näkyvillä, niin muiden tutkimusten tarpeellisuus on vähäisempää. Silmämääräiseen tutkimukseen apuvälineitä ovat kamera ja kiikarit. Apuvälineiden avulla voidaan tarkastella eri kohtia rakennuksesta hyvinkin tarkasti maan

pinnalta käsin. Joissain kohdissa voidaan tarvita työtasoa tai nosturia, jotta nähdään piilossa olevat elementit. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 64.)

## 5.2 Peitesyvyyden määrittäminen

Peitepaksuuden määrittäminen tehtiin peitekerrosmittarilla työmaalla ja poratuista koelieriöistä mittaamalla laboratoriossa. Peitekerrosmittarin toiminta perustuu sähkömagneettiseen pulssi-induktiotekniikkaan. Peitepaksuutta mitattiin kahdella eri tavalla. Tulokset olivat johdonmukaisia. Mittausta tehtäessä tulee tietää mitattavan raudoitteen halkaisija. Jos halkaisija ei selviä piirustuksista voidaan raudoitteen paksuus arvioida rakennuksen iän ja rakenteen avulla. Peitepaksuusmittarilla voidaan mitata raudoitteiden peitepaksuus ja K-jako. (Drilling into reinforced concrete, [viitattu 15.3.2021].)

## 5.3 Kimmovasaramittaukset

Kimmovasaramittaukset tehtiin SFS-EN 12504-2 (2013) standardin mukaisesti. Kimmovasaralla mitataan kimmoarvoa. Se saadaan, kun jousen liikkeelle lähettämä paino osuu iskuriin, joka on rakenteessa kiinni. Testissä ilmaistaan painon kimpoamisetaisyyttä. Kimmoarvo saadaan myös määritettyä nopeuden muutoksella tai energian muutoksella iskun aikana. (SFS-EN 12504-2 2013, 4).

Eurooppalaisen standardin SFN-EN 12504-2 (2013, kohta 5.2) mukaan testattavan kohdan tulee olla ehjä ja pinnan tasainen. Jos pinta on hiomaton tai maalattu, se tulee puhdistaa hiomalla. Hionta tapahtuu keskikarhealla piikarbidikivellä. Testattava pinta ei saa olla jäässä, eikä pinnalla saa olla vettä. Testiä tehtäessä on muistettava valita iskun suunta mittalaitteesta. (SFS-EN 12504-2 2013, 5).

Testauskohdan on oltava kooltaan minimissään 300 mm x 300 mm x 100 mm. Pienemmän betonikappaleen testaaminen onnistuu, kun varmistetaan, että kappale on tukevasti kiinni. Kimmovasaraa voi käyttää vain 0–50 °C lämpötilassa. (SFS-EN 12504-2 2013, 5.)



Kuva 3. Kimmovasara (Mastrad, [viitattu 10.4.2021]).

PURISTUSLUJUUDEN KIMMOVASARATESTAUS															Liikennevirasto 25.1.2010		
<b>Kohteen tiedot</b>															<b>Kimmovasaran kalibrointiarvot</b>		
Kohde	Esimerkki														Kimmovasaran n:o		
Rakenneosa															N F		
Valupäivämäärä															Testaussuunta		
Arvosteluosan koko	950	m <sup>3</sup> betonia													Y 1. piste	28,0	22,9
Betonin suunnittelulujuus	30	MPa													Y 2. piste	40,0	44,1
Betonin rakenneluokka	1	Merkittävä ioko 1tai 2													V 1. piste	25,0	26,2
Testauspäivämäärä	1.1.2021														V 2. piste	35,0	42,2
Testaaja	T.P														A 1. piste	25,0	31,8
Tarkastaja	T.P														A 2. piste	35,0	46,9
Urakoitsijan työnjohtaja	T.P																
Arvosteluosan koko edellyttää vähintään 10 testauskohtaa																	
<b>Täyttö- ja testausohjeet</b>																	
- Kohdetiedoista välttämättömät merkityt keltaisella pohjalla																	
- Kimmovasaran kalibrointiarvot merkitään kaikkien testaussuuntien osalta viereisen taulukon keltaiseen osioon																	
- Koostetaulukon keltaiseen osioon merkitään testaussuunta joko V, Y tai A (Vaaka, Ylös tai Alas); vain merkityt testauskohdat otetaan huomioon vertailulujuuslaskelmissa																	
- Yksittäislukemia on oltava vähintään 10 / testauskohta																	
- Testaus Liikenneviraston julkaisun TIEH 28/2006 mukaisesti																	
Testauskohta nro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Pinta hiottu (X)	X	X	X														
Testaussuunta	V	V	V	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y							
Kimmovasarakokemat	26	32	26	31	25	26,5	27,5	26,5	26	25							
	30	34	28	33	28	28	29	28	28	27							
	28	35	26	34	28	28	29	28	28	27							
	26	33	30	32	32	30	31	30	30	29							
	28	33	32	32	32	32	33	32	32	31							
	28	34	26	33	33	28	29	28	31	27							
	30	35	30	34	34	30	31	30	32	31							
	32	34	24	33	33	24	25	24	34	32							
	28	37	36	36	36	36	37	36	33	34							
	30	29	28	28	28	28	29	28	32	33							
24	35	34	34	34	25	26	25	37	32								
36	37		36	36	28	29	28	33	27								
28	31		30	30		29		36									
25			34	34		31		35									
28			26	26		31		32									
Keskiarvo	28,5	33,8	29,5	32,4	31,3	28,6	29,8	28,6	31,9	29,6							
Testauskohdan lujuusarvo [MPa]	31,5	40,0	33,5	30,5	28,5	24,0	26,0	24,0	30,0	25,5							
<b>VERTAILULUJUUDEN LASKENTA</b>																	
Testauskohtien lukumäärä n															10		
Lujuuslosten keskiarvo $f_{cm}$															29,4		
Koetulosten keskihajonta s															5,0		
Variaatiokerroin $s/f_{cm}$															0,17		
Pienen yksittäistulos $f_{cm}$															24		
$f_c$															4		
Koska testauskohtien lukumäärä on 10																	
vertailulujuus on pienempi seuraavista arvoista:																	
- $Kk=f_{cm}-f_n = 25$ MPa																	
- $Kk=f_{cm}+4 = 28$ MPa																	
Arvosteluosan vertailulujuus $Kk = 25$ MPa																	
<b>ARVOSTELUERÄN HYVÄKSYTTÄVYYS</b>																	
Rakenneluokassa 1 arvosteluosan on hyväksyttävä, jos variaatiokerroimen arvolla															0,17		
vertailulujuus $Kk$ on vähintään															87,8 % nimellislujuusvaatimuksesta 30 MPa.		
Koska vertailulujuus $Kk$ on															83,3 % nimellislujuusvaatimuksesta arvosteluosaa ei voida hyväksyä.		

Kuvio 3. Kimmovasaratestien taulukko ja tulkinta. (Liikennevirasto, [viitattu 20.2.2021]).

## 5.4 Näytelieriöiden ottaminen

Laatoista porattiin näytelieriöt timanttikuppiterällä. Näytepaloja otettiin kymmenen kappaletta. Näytteiden ottaminen tapahtui suunnitelman mukaisesti eri ilmansuunnista, erilaisilta parvekkeilta ja näkyvien vaurioiden läheltä. Näytepalojen ottaminen parvekelaatasta oli haastavaa. Kun näytepalaa porataan, se työntyy alaspäin ja se tulee ottaa vastaan astialla ennen kuin se tippuu alla olevalle parvekkeelle. Muuten näytepala menee rikki. Näytepalat kuivattiin poraamisen jälkeen ja laitettiin merkattuihin näytopusseihin. Pussit kuljetettiin varovasti säilytyspaikalle. Säilytys tapahtuu siten, että näytepalat eivät päässeet liikkumaan tai osumaan toisiinsa. Näin välttyttiin vaurioilta.

Timanttikorakone (Kuva 4.) kiinnitettiin alustaan betoniruuvilla, jotta se ei päässeet liikkumaan porauksen aikana. Timanttiterää jäähdytettiin vedellä, jota saatiin Hiltin DWP 10 vedensyöttöyksikön kautta. Parvekkeille veden saanti onnistui ainoastaan vedensyöttöyksiköllä. Vedensyöttöyksikkö on kannettava pumppupullo (Kuva 5.). Näytteenoton jälkeen reiät tukittiin liimaamalla viemäritulpat reikiin kiinni.



Kuva 4. Timanttikorakone

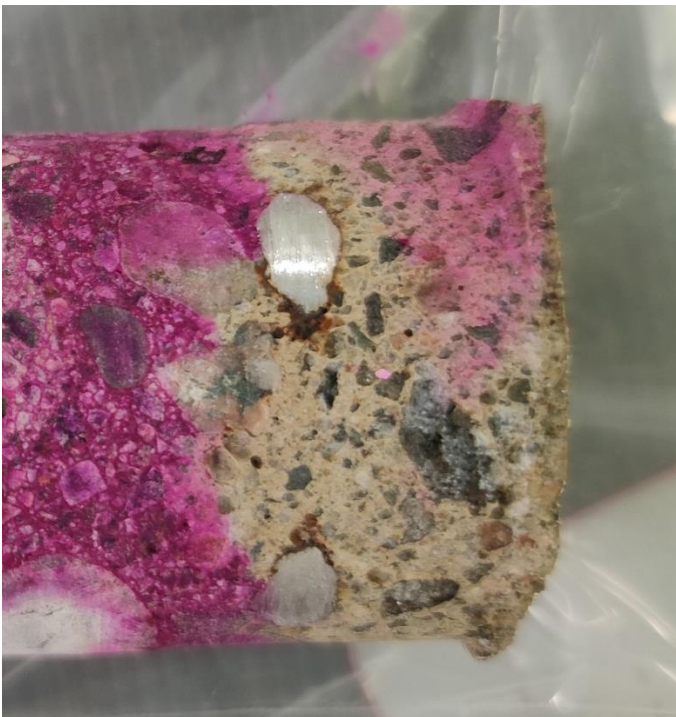


Kuva 5 Vedensyöttösäiliö. (Hilti, [viitattu10.4.2021]).

## 6 LABORATORIOTUTKIMUKSET

### 6.1 Karbonatsoitumissyvyyden tutkiminen

Karbonatsoitumissyvyyden tutkiminen tehtiin koelieriöiden pinnoista. Karbonatsoitumista tutkittiin fenoliftaleiiniliuoksella. Liuos toimii indikaattorina, joka ilmaisee, kuinka syväälle karbonatsoituminen on edennyt. Karbonatsoitumisen tutkiminen suoritettiin porattujen koelieriöiden pinnalle heti porauspäivänä. Riittävän usean mittauksen avulla pystytään arvioimaan keskimääräisen karbonatsoitumisen syvyys. Yksittäiset mittaustulokset voivat vaihdella paljonkin saman elementin sisällä, mikä johtuu useasta eri tekijästä. Kuvassa 6 näkyy, kuinka karbonatsoituminen on ohittanut raudoitteen ja raudoite on alkanut ruostua. (Suomen betoniyhdistys ry 2019, 83–85.)



Kuva 6. Karbonatsoitumissyvyyden mittaus

## 6.2 Puristuslujuuden määrittäminen

Puristuslujuuden määrittäminen tehdään standardien SFS-EN 12390-3 (2019) ja SFS-EN 12504-1 (2019) +AC (2020) mukaisesti. Puristuslujuuden määrittäminen alkaa koelieriöiden tarkastuksella. Lieriöitä tarkastellaan silmämääräisesti. Niistä arvioidaan, onko kappaleessa liikaa huokoisuutta. Koelieriöiden mittaukset aloitetaan halkaisijan mittaamisesta 0,5 prosentin tarkkuudella kahdella kohtisuoraan toisistaan olevilla mittauksilla. Mittauspisteet ovat korkeuden puoliväli ja neljännes pisteet. Porakappaleen halkaisijan keskiarvo on  $d_m$ . Lasketaan kuuden mittauksen keskiarvo ja pyöristetään lähimpään tasalukuun. (SFS-EN 12504-1 2019 + AC 2020.)

Kappaleiden halkaisijan selvityksen jälkeen voidaan lyhentää koepalat siten, että saadaan pituus/halkaisijasuhde 1,0, jolloin verrataan betonia kuutiolujuuteen. Koekappaleet sahattiin timanttisahalla noin 5 mm pidemmiksi, mitä koekappaleen halkaisija on. Koekappaleiden puristuspintoihin jää tasoitusvaraa hiomista varten. Puristuspintojen oikaisun jälkeen seuraava vaihe on pituuden mittaaminen. Pituus mitataan kolmesta kohdasta 120° kulmassa toisistaan mittaustulos pyöristetään lähimpään millimetriin. Tämän jälkeen voidaan mitata testikappaleen massa. (SFS-EN 12504-1 2019 + AC 2020.)

Puristuslujuus määritettiin ToniTechnik 3000 kN puristimella käyttäen lisänivelä (Kuva 7.). Puristimeen tarvittiin lisänivel, koska puristettava kappale oli ainoastaan noin 50 mm halkaisijaltaan. Puristuksessa käytettiin testausnopeutena 0.6 MPa/s  $\pm$ 0.2 MPa/s. (SFS-EN 12390-3 2019.)

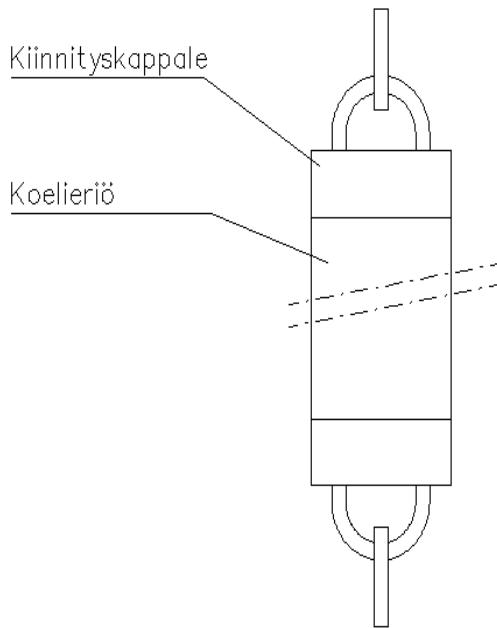


Kuva 7. Puristuslujuuden testaaminen ToniTechnik 3000 kN puristimella.

### 6.3 Vetolujuuden määrittäminen

Vetolujuuden määrittäminen tehtiin poratuista koelieriöistä. Vetolujuuden määrittäminen suoritettiin SFS 5445 standardin mukaisesti. Standardissa esitetään tapa, kuinka koelieriötä koestamalla saadaan vetolujuuden arvo määritettyä. Samalla standardilla voidaan määrittää tartuntalujuus, jos koelieriössä on tartuntasäily. (SFS 5445 1988,1-2.)





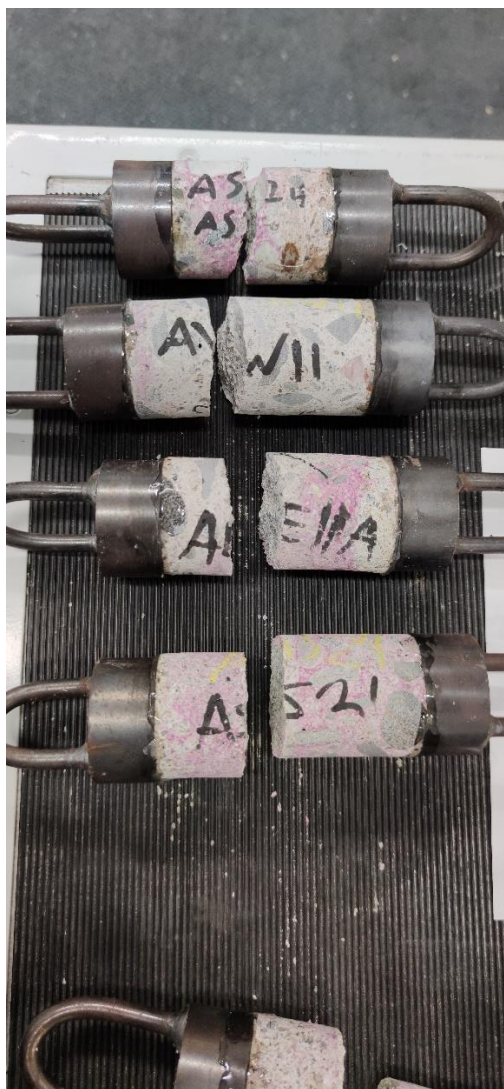
Kuva 8. Koelieriön vetokoe (SFS 5445 1988, 2.)

Koekappaleen kiinnittäminen vetokoelaitteistoon tapahtuu kiinnityskappaleiden avulla. Kiinnityskappaleet liimataan koelieriöiden lieriöpohjiin kiinni. Kiinnityskappaleen pitää olla vähintään koekappaleen kokoinen. (SFS 5445 1988,1.) Kiinnityskappaleen kiinnityspinnat tulee puhdistaa huolellisesti sopivalla liuottimella sekä betonikappaleen kiinnityspinta pitää puhdistaa pölystä. Kiinnityskappale tulee liimata keskitetysti koekappaleen kanssa.

Testaustilan lämpötilan pitää olla standardin mukaisesti 20 °C. Koekappale voidaan testata, kun liima on kovettunut. Testaus tehdään vetotankojen avulla, jotka on kiinnitetty nivelellisesti kiinni testilaitteeseen. Kiinnityskappaleen ja betonin väliin ei saa kohdistua momenttia. Kuormitusta lisätään tasaisesti siihen asti, että koekappale katkeaa. Kuormitusnopeus on standardin mukainen  $0.05 \pm 0.01 \text{ MN}/(\text{m}^2\text{s})$  (SFS 5445 1988,1). Kuvassa 9 näkyy, kuinka koekappale murtuu ja vetotankojen nivel toimivat, eivätkä aiheuta momenttia koekappaleeseen. Kuvassa 10 puolestaan näkyy murtumapinnat koekappaleissa, jotka ovat yhden mukaisia. Murtumalinjat menevät koekappaleiden keskivaiheilla ja kokeet voidaan hyväksyä.



Kuva 9. Vetokokeen murtumakuva.



Kuva 10. Vetokokeiden murtotapa.



Kuva 11. Vetokoepalan murtumapinta.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuntotutkimuksen avulla saatiin parvekkeiden todellinen kunto ja vaurioaste selville sekä korjaustarve. Parvekelaatan kestävyys arvio on esitetty liitteen kohdassa 3.2.

Parvekelaattojen terästen peitesyvyyden määrittäminen on liitteen kohdassa 2.2. Vertaamalla peitesyvyyttä ja karbonatisoitumissyvyyttä voidaan todeta, että karbonatisoitumisvyöhyke on ohittanut suurimmalta osin harjateräksiset laatan alapinnassa. Karbonatisoitumissyvyyden mittausarvot näkyvät liitteen kuvassa 6.

Tutkimustuloksista voidaan päätellä, että betonirakenteen vaurioituminen on edennyt pitkälle. Parvekelaatan kestävyys on heikentynyt. Kestävyyttä heikentävät rataiskon ja harjaterästen liitoksen ongelmat. Ongelmakohdat näkyvät liitteen kuvissa 2–4. Turvallisuuden ja taloudellisuuden kannalta ainoa korjausmahdollisuus on parvekkeiden purkaminen ja uudelleenrakentaminen tai koko rakennuksen purkaminen ja uudelleenrakentaminen. Muut korjaustavat eivät tässä vaiheessa ole teknisesti ja taloudellisesti kannattavia.



Kuva 12. A rakennus tutkimuskohdat länsipuolelta.



Kuva 13. A rakennus tutkimuskohdat eteläpuolelta.



Kuva 14. A rakennuksen tutkimuskohdat idänpuolelta.

## LÄHTEET

Drilling into reinforced concrete. Ei päivystä. Profoscope. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 15.3.2021]. Saatavana:

<https://www.nycander.com/images/downloads/ProfoscopeBrochure.pdf>

Hiilidioksidin sitoutuminen betoniin. Ei päivystä. [Verkkajulkaisu]. Concretesolution. [Viitattu 20.2.2021]. Saatavana: <https://concretesolution.fi/karbonatisoituminen/>

Liikennevirasto. Ei päivystä. Puristuslujuuden kimmovasara. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 1.2.2021]. Saatavana:

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjdvOXW2oLvAhUeBhAIHRXgChsQFjAAegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fjulkaisut.liikennevirasto.fi%2Fsillat%2Flaskentataulukot%2Fpuristuslujuuden\\_kimmovasaratestaus.xls&usq=AOvVaw3Ddrlaw-yZBs2iy5ClaxZj](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjdvOXW2oLvAhUeBhAIHRXgChsQFjAAegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fjulkaisut.liikennevirasto.fi%2Fsillat%2Flaskentataulukot%2Fpuristuslujuuden_kimmovasaratestaus.xls&usq=AOvVaw3Ddrlaw-yZBs2iy5ClaxZj)

SFS 5445. 1988. Betoni vetolujuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN 12390-3. 2019. Testing hardened concrete. Part 3: Compressive strenght of test specimens. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN 12504-1+AC. 2019 & 2020. Betonin testaus rakenteista. Osa 1: Poratut koekappaleet. Näytteenotto, tutkiminen ja puristuslujuuden testaus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

SFS-EN 12504-2. 2013. Betonin testaus rakenteista. Osa 2: Rikkomaton aineenkoetus. Kimmoarvon määrittäminen kimmovasaralla. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2014. Betonijulkisivun ja parvekkeiden kuntotutkimus-tilaajan ohje 2014. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 10.4.2021]. Saatavana:

<file:///C:/Users/tommi/AppData/Local/Temp/betonijulkisivun-kuntotutkimus-tilaajan-ohje.pdf>

Suomen Betoniyhdistys ry. 2019. Betonijulkisivun kuntotutkimus 2019 by 42. 4. uud. p. Helsinki: BY-Koulutus Oy.



## LIITTEET

Liite 1. Parvekelaattojen kuntotutkimus Tapiolantie 9 A, Seinäjoki