



Henrik Etholén

# Liikennöidyn betonilattian korjaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari

Talonrakennus

Opinnäytetyö

3.8.2021

## Tiivistelmä

Tekijä(t):	Henrik Etholén
Otsikko:	Liikennöidyn betonilattian korjaus
Sivumäärä:	26 sivua + 1 liitettä
Aika:	28.8.2020
Tutkinto:	Rakennusmestari
Tutkinto-ohjelma:	Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto:	Talonrakennus
Ohjaaja(t):	Tutkintovastaava, Lehtori Jouni Ruotsalainen

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada yritykselle selkeä korjaustyöselostus sekä selvittää vaihtoehtoisia korjaustapoja autohallien betonilattioiden korjaamiseen. Opinnäytetyössä käytiin lisäksi läpi hieman erilaisia autohallien rakenneratkaisuja ja autohallityyppejä. Työssä perehdyttiin myös autohallien tekniikkaan sekä toimintaperiaatteisiin.

Työ toteutettiin teettämällä tutkimuksia, pitämällä kokouksia rakennesuunnittelijoiden kanssa sekä tutkimalla detalj kuvia yrityksen tietokannasta. Opinnäytetyössä tutkittiin mahdollisia syitä betonilattian rikkoutumiselle sekä vaihtoehtoisia pinnoitusmenetelmiä.

Työn tuloksena saatiin selvä käsitys siitä, mikä on johtanut betonilattian halkeamien muodostumiseen. Lisäksi saatiin korjaustyöselostus vastaaville korjaustöille tulevaisuudessa.

Avainsanat: pysäköintihalli, betonilattia, runkorakenteet

## Abstract

Author(s): Henrik Etholén  
Title: Concrete parking floor repair  
Number of Pages: 26 pages + 1 appendices  
Date: 28 August 2020

Degree: Construction site manager  
Degree Programme: Degree Program in Construction Work Leadership  
Specialisation option: House construction  
Instructor(s): Principal Lecturer: Jouni Ruotsalainen

---

The aim of this thesis was to create a simple repair manual and to find out alternative repair methods for a cracked parking garage's concrete floor. This thesis is also reviewing different structural solutions and types of parking garages. This thesis is also getting acquainted with the technology of parking garages as well as operation principles.

This thesis was made by commissioning investigations for the concrete floor, by holding meetings with structural designers and by browsing the construction company's database for structural detail pictures. This thesis studied different possible reasons for the cracking of the concrete floor by conducting experiments.

The result of this thesis was to find out what caused the cracking in the concrete floor and a repair manual on how to repair these kinds of cracks in concrete floors in the future.

Keywords: parking garage, concrete floor, frame structures

## Sisällys

1	Johdanto	6
2	Pysäköintihallien historia	7
3	Yleistä pysäköintihalleista	8
4	Pysäköintihallin runkorakenteet	9
4.1	Rungon periaatteet	9
4.2	Pystyrakenteet	10
4.2.1	Pilarit	10
4.2.2	Seinät	11
4.3	Vaakarakenteet	11
4.4	Rungon vedenpoisto ja vesitiiveys	11
4.5	Ilmanvaihto	13
4.6	Lattian päällysteet	14
4.7	Lattiarakenne	15
5	Pysäköintihallien yleisimmät ongelmat	16
5.1	Vesivuodot	16
5.2	Lattian halkeamat	17
6	Pysäköintihallin betonilattian korjaus case	18
6.1	Tausta	18
6.2	Tutkimukset	19
6.2.1	Tutkimusmenetelmät	20
6.2.2	Tutkimuskohteen vauriohavainnot	20
6.2.3	Havainnot poranäytteistä	21
6.2.4	Näytteiden ohuthietutkimus	22
6.2.5	Tartuntavetolujuuden testaus	24
6.3	Tutkimusten tulokset ja yhteenveto	24
6.4	Halkeamien korjaaminen	25
6.4.1	Halkeamien haitta ja esteettisyys	26
6.5	Arvio halkeamien uudelleensyntymisestä	26
6.6	Korjaussuunnitelma	27
6.6.1	Koekorjaus	27
6.6.2	Varsinainen korjaus	28

7	Yhteenveto	30
	Lähteet	31
	Liitteet	33
	Betoni lattian korjaustyöselostus	33

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön kohteena oli Helsingin Jätkäsaaren rakennettujen asuinkerrostalojen alla sijaitseva asukkaiden ajoneuvojen pysäköintihalli. Asuinkerrostaloja on kolme ja talot ovat seitsemänkerroksisia. Pysäköintihalli on yksitasoinen ja puoliksi lämmin. Tämä tarkoittaa, että lämpötila hallissa ei koskaan laske pakkasen puolelle. Pysäköintihalli on rakennettu puoliksi maan alle ja autopaikkoja hallissa on 45. Moottoripyöräpaikkoja ei ole erikseen merkitty. Pysäköintihallin kannen ympärille ja osittain myös sen päälle on rakennettu kolmen asuinkerrostalon asukkaita varten viihtyisä puisto kauniine istutuksineen. Pysäköintihalli ei paista voimakkaasti jalankulkijan silmään ja sulautuu Helsingin Jätkäsaaren merenranta-arkkitehtuuriseen julkisivuun. Pysäköintipaikat ovat säältä suojassa koneellisesti ilmastoidussa hallissa bitumikermin vedeneristämänä.

## 2 Pysäköintihallien historia

Ajoneuvojen kysynnän kasvaessa maailmalla, kasvoi myös kysyntä autopaikoituksista. Kaupungeissa etsittiin kiireisesti ratkaisua ja tavoitteena oli saada pysäköityä niin monta autoa kuin mahdollista, niin pieneen tilaan kuin mahdollista.

Ennen vanhaan autot olivat avokattoisia ja valmistuksessa oli käytetty nahkaa, mikä teki autoista erityisen herkkiä säälle altistumiselle. Silloin autot olivat saatava suojaan sateelta, kylmältä ja muilta huonoilta sääolosuhteilta. Autot oli saatava pysäköityä sisälle. Autoilijat joutuivat välillä pysäköimään hevostalliin ja maksamaan saman verran auton säilytyksestä kuin hevosen (Nicole van Mel-sen).

Kun autoilijat tarvitsivat lisää pysäköintitilaa katutilan vähentyessä, rakennettiin Ranskan Pariisiin vuonna 1905 maailman ensimmäinen automatisoitu pysäköintihalli nimeltään Garage Rue de Ponthieu. Kerroksia oli monia ja autot liikkuivat kerroksien välissä halliin sisäänrakennetulla hissillä. Moni näki tämän edelläkävijänä automatisoidulle pysäköintijärjestelmille, vaikka järjestelmä olikin lähes automaattinen (Shannon Sanders McDonald).

Vuosina 1927–1928 rakennettiin Poriin Eteläranta kadulle Suomen ensimmäisiä pysäköintitaloja. Neljäkerroksisessa pysäköintitalossa kuljettiin kerroksien välissä kahdella hissijärjestelmällä, jotka sijaitsivat rakennuksen päädyissä. Autohissien kantavuus oli 2500 kg. Vuonna 1937 purettiin rakennuksesta hissit ja suunniteltiin tilat asuinhuoneistoiksi (Autoliitto).



Kuva 1. Kuvassa Porin pysäköintitalo vuodelta 1905 (Autoliitto).

### 3 Yleistä pysäköintihalleista

Asutusten tiivistyminen kaupungeissa tarkoittaa yhä vähemmän maanpäällistä pysäköintitilaa, jota ei ole loputtomasti. Nykyään rakennetaan korkeita taloja, joissa on lukuisia asuntoja siellä, missä maa on kalliimpaa. Kalliin tontin arvon takia on viisaampaa sijoittaa asukkaiden ajoneuvot asuinrakennuksen alle tai rakentaa erillisiä pysäköintilaitoksia sekä halleja säilyttämään asiakkaiden ajoneuvot. Kaupungeissa melkein jokainen parkkihalli on maksullinen.

Pysäköintihalleja sijaitsee usein keskustassa ja ostoskeskusten läheisyydessä. Ne ovat usein monikerroksisia ja niissä on runsaasti tilaa ajoneuvoille. Pysäköintihalleja rakennetaan maan alle sekä päälle. Pysäköintihalleja voi olla lämpimiä, kylmiä ja puolikylmiä.

Pysäköintilaitoksien ja parkkihallien hyväksyttävä kävelyetäisyys on 250 m (RT 98-11237, 2). Asuinkerrostalon alle rakennettavat parkkihallit ovat esteettisesti hyvä ratkaisu kaupunkialueelle, sillä ne piilottavat mitäänsanomattoman näköiset autopaikoitukset. Tämä ratkaisu tuo kuitenkin usein haasteita rakentamisen ja esimerkiksi vuotojen korjauksen kannalta. Vesivuotojen korjaaminen on kallista ja haastavaa. Pysäköintihallit ovat massiivisia ja usein betonisia rakennelmia, joissa on paljon liitoksia ja liikuntasauvoja. Nämä lisäävät riskiä vesivuotojen aiheutumiselle.



Kuva 2. Kuvassa julkisivukuva kahdesta kerrostalosta, jonka alle on rakennettu puoliksi maanalainen pysäköintihalli (SokoPro).

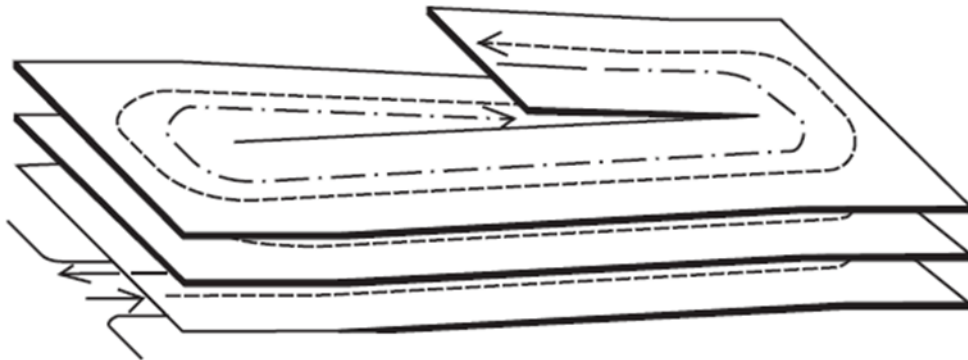


## 4 Pysäköintihallin runkorakenteet

### 4.1 Rungon periaatteet

Rungon tarkoituksena on ottaa vastaan rakennuksen paino ja siirtää se maahan. Pysäköintihallien eri runkojärjestelmiä on muutama kappale ja niistä yleisin käytetty järjestelmä on pilaripalkkirunko. Jotta 2–3 autopaikkaa ja kaksisuuntainen ajoväylä saadaan mahtumaan pilareiden väliin, voidaan pilarit sijoittaa niin, että paikoituksen pituussuunnassa pilareiden välillä on etäisyyttä 17 m ja leveysuunnassa 5,0–7,5 m (RT 82-10821, 14).

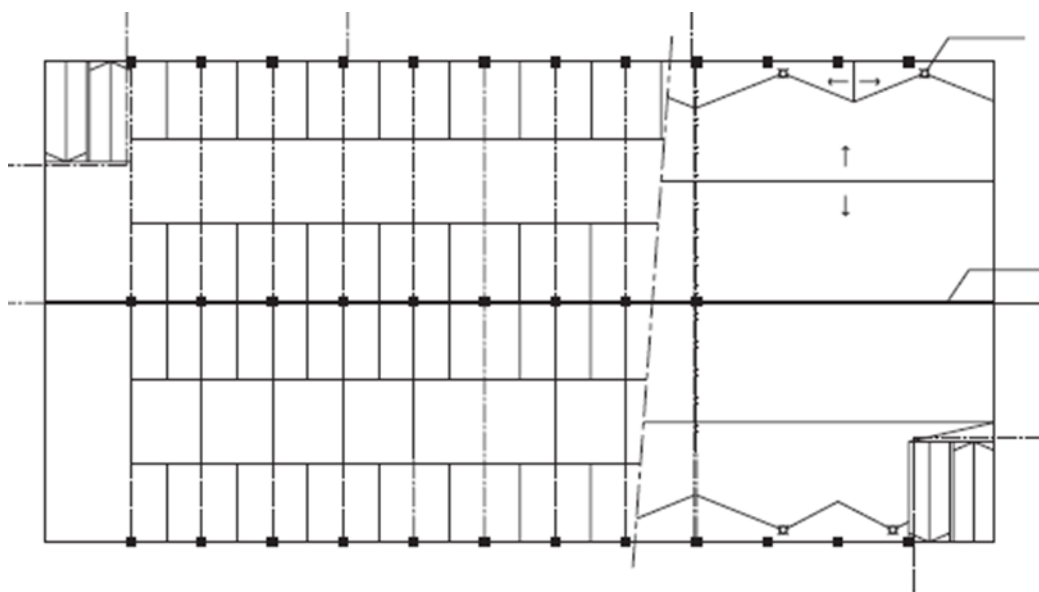
Monissa tämän päivän monikerroksisissa pysäköintihalleissa siirrytään tasojen välillä käyttäen ulkona tai rakennuksen sisällä sijaitsevia ajoramppia. Yksi keino hyödyntää ajoramppien viemä tila, on rakentaa tasot kallelleen niin, että tasot itsessään toimivat ajoramppeina.



Kuva 3. Kuvassa tasot toimivat itsessään ajoramppeina (RT 98-11237, 7).

Rakennuksen runko tuetaan ulokkeina tukeutuvalla betoniseinillä, pilareilla ja pilareiden väliin asennettavilla teräsristikoilla. Rakennuksen rungon tuet pitävät rakennuksen tukevana. Jotta rungon voimat saadaan jaettua mahdollisimman tasaisesti, tulisi myös seinien sijainti rakennuspohjassa olla mahdollisimman tasainen (RT 82-10821, 14).

Runkoa voidaan jäykistää myös pilareilla mastojäykistykseenä enintään kaksikerroksisissa pysäköintilaitoksissa. Jännityskaapeleiden suunnassa kulkevat ristikot ja jäykistävät seinät tulee sijoittaa jäykistettävän alueen keskelle, silloin kun runkoa jäykistetään jännitettyjä pintarakenteita käyttäen. Jotta rungon siirtymät pääsevät vapaasti liikkumaan jäykistystyön aikana, voidaan laatasto irrottaa jännitystyön ajaksi (RT 82-10821, 14).



Kuva 4. Kuvassa kuorilaattaratkaisun runkojärjestelmä, jossa pilarijaot 17000 x 5000...7500 mm (RT 82-10821, 14).

## 4.2 Pystyrakenteet

### 4.2.1 Pilarit

Pilarirunko on yleisin kantava pystyrakenne pysäköintirakennuksissa. Pilareita on kahden muotoisia, niistä yleisin poikkileikkaukseltaan käytetty muoto on pyöreä. Suorakaiteen sekä neliön muotoisia pilareita käytetään myös. Pilareille korvaava ratkaisu on asentaa kantava seinärakenne, joka sijoitettaisiin rakennuksen keskelle (RT 82-10821, 14–15).

Seinillä ja ristikoilla jäykistettyjen rakennusrunkojen pilarit mitoitetaan kerroksittain nivelellisesti tuettuna. Tällä tavalla saadaan kohdistettua pilariin ylemmistä

kerroksista kohdistuva keskeinen normaalivoima ja ainoastaan tarkasteltavan kerroksien pystykuormista tulee epäkeskisyyttä. Ulokkeita pilarien kyljissä kutsutaan konsoleiksi, ne ovat usein valmistettu betonista. Konsolit suunnitellaan tukemaan rakennusta ja vastaanottamaan vaakarakeinteiden tuomia kuormituksia. Niitä käytetään esimerkiksi tuettaessa välipohjapalkkeja pilareihin, ne ovat tavallisesti näkyvillä olevia betonikonsoleita (RT 82-10821, 15).

#### 4.2.2 Seinät

Kantavat seinät vastaanottavat pilarirungossa kuormituksia ja niitä käytetään ainoastaan, kun halutaan jäykistää runkoa. Rungon jäykistämiseen käytetään usein myös muita rakenteita, kuten porraskäytävät ja hissikuilut. Seiniä voidaan hyödyntää myös hyvänä ääni- sekä paloeristykseenä ja siksi seinien hyödynnettävyyttä kannattaa ajatella suunnitteluvaiheessa. Rakennuksen muut seinät kuten rankaseinät, muurattavat ja liimattavat rakenteet ovat kevyitä eivätkä kannaa rakennuksen kuormaa (RT 82-10821, 15).

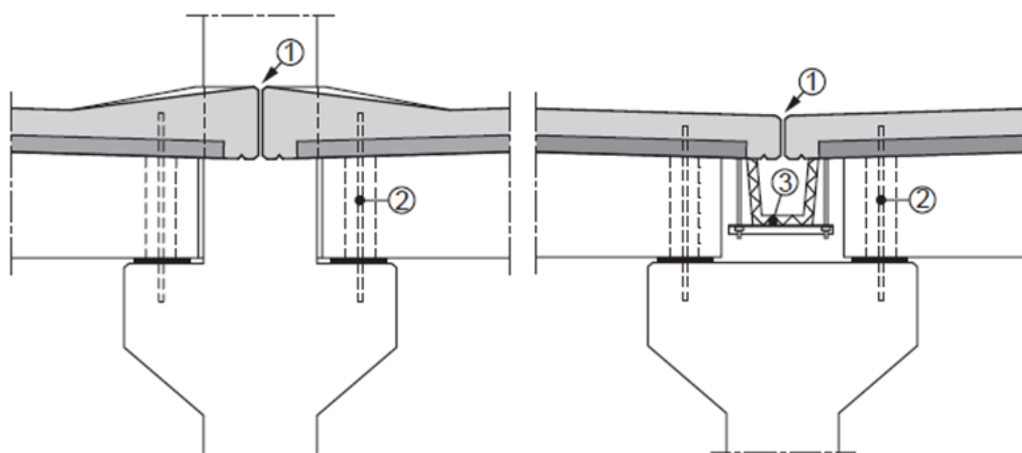
#### 4.3 Vaakarakenteet

Pysäköintihallin vaakarakenteita, joita on nykyään käytössä, on niistä käytetyin ontelolaatta. Vaikeampiin tiloihin voidaan käyttää paikallavalettuja laattoja, kuorilaattoja, TT-laattoja, sekä palkkeja joihin laatat tukeutuvat. Mitoituskuormat määrittelevät hyvin pitkälle palkkien suunnan ja ovat lähes poikkeuksetta esijännitetyjä. Jännitetyillä laatoilla saadaan luotua pidempiä jännevälejä pilareiden välillä, mikä tarkoittaa enemmän tilaa ajoneuvoille (RT 82-10821, 15).

#### 4.4 Rungon vedenpoisto ja vesitiiveys

Erillistä vedeneristystä ei välitasojen välillä tarvita, liitoskohdista tehdään vesitiiviitä teräsbetonista valmistetun pintalaatan avulla. Pintabetonin jälkijännittäminen tai laatan puristaminen molemmista suunnista tiivistää pintalaattaa niin että siitä tulee vesitiivis. Veden pois johtamiseen hyödynnetään tasojen ja pintalaattojen kallistuksia. Tasojen kallistuksien suositeltu kaltevuusaste on 1,5 %...2,5 % ja vedet johtuvat tasojen päädyissä sijaitseviin vesikouruihin ja syöksytorviin,

liikuntasaumojen yhteyteen. Mikäli yläkantta ei ole varustettu katoksella, vedeneristetään yläkansi erillisellä vedeneristyskerroksella. Käytettäessä vesitiivistä pintalaattaa, jaetaan se alueisiin liikuntasaumojen avulla. Käytetyin tapa kannen vedeneristämiseen on asentaa bitumikermi, muita vaihtoehtoisia vedeneristyratkaisuja katoksettomille kansille on kannen pinnoittaminen ruiskukumilla tai uretaanipohjaisella massalla. Bitumikermi tai toisella nimellä kutsuttuna bitumi-huopa, on bitumin ja kumin yhdistelmä, joka muuttuu lämmittäessä elastiseksi. Bitumikermi eristää hieman lämpötiloilta mutta sitä käytetään pääosin rakennuksen rungon vedeneristämiseen (RT 82-10821, 15–16).



Kuva 5.

Kuva 6.

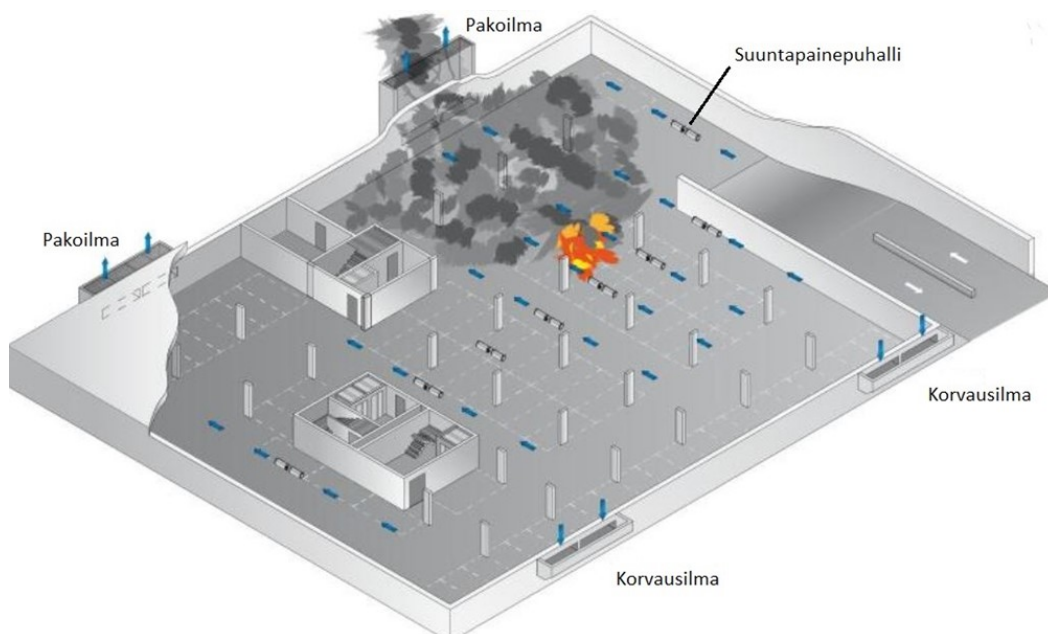
Kuvassa 5 ja 6 liikuntasauma ja vedenpoistoratkaisut (RT 82-10821, 16).

Ensimmäisessä kuvassa on esitetty vedenpoistoratkaisun ja liikuntasauman detaili, jossa liikuntasauma on noin 15 mm. Sauma voidaan kitata tai jättää avo-naiseksi. Vesi johtuu kaivoihin, jotka ovat sijoitettu liikuntasauman yhteyteen 10 m välein. Kuvassa numero 2 liikuntasauma on 15 mm kokoinen ja varustettu kaivojen sijasta lämmitettävällä vedenpoistokourulla (RT 82-10821, 16).

## 4.5 Ilmanvaihto

Pysäköintilaitoksissa on tärkeää suunnitella hyvä ilmanvaihto hiilidioksidin sekä muiden päästöjen pois viemiseksi. Pysäköintihallin huono ilmanvaihto voi pidemmässä jaksossa aiheuttaa hengitystieongelmia ja jo lyhyemmässäkin altistumisessa voi aiheutua esimerkiksi huimausta. Huono ilmanvaihto voi pidemmässä aikajaksossa aiheuttaa kosteusvaurioita ja on usein seurauksena myös hometta.

Pysäköintilaitoksiin ei tarvita koneellista ilmanvaihtoa, mikäli ulkoseinässä on 30 % avointa rakennetta. Aukkojen tarkoitus on saada läpi vetävä ilmanvirtaus pysäköintirakennukseen ja siksi ne tulee sijoittaa rakennuksen vastakkaisiin seiniin, mikäli se on mahdollista. Kaikissa suljetuissa pysäköintirakennuksissa on koneellinen ilmanvaihto. Myös suuntapaine puhaltimia liitetään koneelliseen ilmanvaihtoon, niiden avulla saadaan paremmin kohdistettua puhaltimien tuottaman paineellisen ilmanvirtauksen haluttuihin kohtiin. Ilmanvaihto tapahtuu automaattisesti ja järjestelmä aistii antureiden avulla ilman kosteus- tai hiilidioksidipitoisuutta (RT 98-11237, 13).



Kuva 7. Kuvassa pysäköintihallin ilmanvaihdon virtaussuunnat (Niko Hokkanen 2014, 21).

## 4.6 Lattian päällysteet

Pysäköintihallien lattiat ovat jatkuvan kulutuksen ja mekaanisen rasituksen alla. Korkean rasitusluokkansa ansiosta ne valmistetaan erittäin kulutuksen kestävästä ja palamattomasta materiaalista. Päällysteeksi on myös erikseen hyväksytyjä materiaaleja kuten asfaltti, hartsibetoni ja tiivisbetoni. Bitumia sisältäviä päällysteitä voidaan käyttää maanvaraisissa lattioissa, jotka eivät ole kellarikerroksena. Vaaleita päällysteitä suositellaan valaistuksen takia (RT 98-11237, 13).

Päällysteiden suunnittelussa huomioitavat asiat (RT 98-11237, 13):

- Päällysteet eivät saa olla liukkaita pintojen kastuessa.
- Päällysteen tulee kestää mekaanista rasitusta (autojen talvirenkaiden nastat).
- Päällysteen helppo puhtaana pito.
- Tarkoituksen mukaiset päällysteet jalankulkualueille.

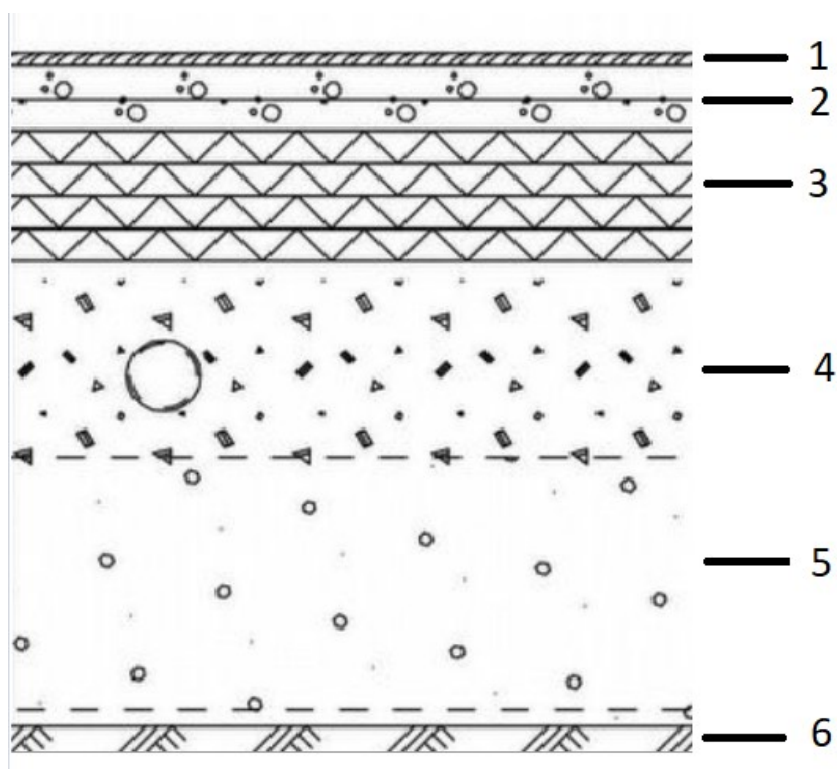
Betonilattioiden pinnat hiotaan. Joissakin sisätiloissa olevilla betonilattioilla voi olla sen lisäksi pinnoite lattiapinnan puhtaanapidon ja pölynsidonnann vuoksi (RT 98-11237, 13).



Kuva 8. Kuvassa maanalainen Tapiola Park, joka valmistui maaliskuussa 2016 (Martti Matsinen 2017, 2).

## 4.7 Lattiarakenne

Lattiarakenne koostuu useasta eri rakennekerroksesta.



Kuva 9. Kuvassa betonilattian eri rakennekerrokset (YIT Suomi Oy, 2020).

1. Vesihöyryä ja rakennekosteutta läpäisevä pintamateriaali
2. Teräsbetoni-laatta, BY 45 luokka C-2–40, nesteytetty tai imubetoni, keskeinen rauditus rakennepiirustusten mukaan
3. Tasaushiekka
4. Suodatinkangas
5. Salaojituskerros/Kapillaarikatko; tiivistetty sepeli halkaisijaltaan 6...32 mm
6. Routimaton perusmaa tai kitkamaatäyttö, kallistus salaojiin 1:50

## 5 Pysäköintihallien yleisimmät ongelmat

### 5.1 Vesivuodot

Yksi pysäköintihallien yleisimmistä ongelmista ovat vesivuodot. Veden liikkuminen suojaamattomissa betonirakenteissa aiheuttaa ajan kuluessa murentumia, jotka johtavat rakenteen heikkenemiseen. Yleisimmät vuotokohdat esiintyvät usein elementtien liitoskohdissa. Syy rakenteelliselle vesivuodolle on useimmissa tapauksissa huonosti toteutettu bitumikermin ylösnosto rungon liitoskohdissa. Vuotokohdan päällä voi välillä olla istutuksia, leikkikentän suoja-alustaa ja 50 cm maata, tämä tekee vuodon paikantamisesta haasteellista. Tämänlaiset korjaukset eivät ole usein kovinkaan edullisia vuodon paikantamisen vaikeuden takia.



Kuva 10. Kuvassa kannen ja seinän välisestä liitoskohdasta päässyt sadevettä pysäköintihalliin (YIT Suomi Oy, 2020).



## 5.2 Lattian halkeamat

Lattian halkeamia esiintyy useissa pysäköintihallien betonilattioissa ja vaikuttavia tekijöitä lattian halkeamiselle on useita. Syynä voi olla betonin laadulliset erot, liian ohut tasauseros laatan liikkumisen mahdollistamiseksi, liian vähän asennettuja liikuntasauvoja, betonin liian nopea kuivuminen ja useita muita. Tänä päivänä lattian halkeamia pyritään korjaamaan erilaisilla epoksityyppisillä kovettuvilla hartseilla, jättäen jälkeensä vain esteettisen haitan.



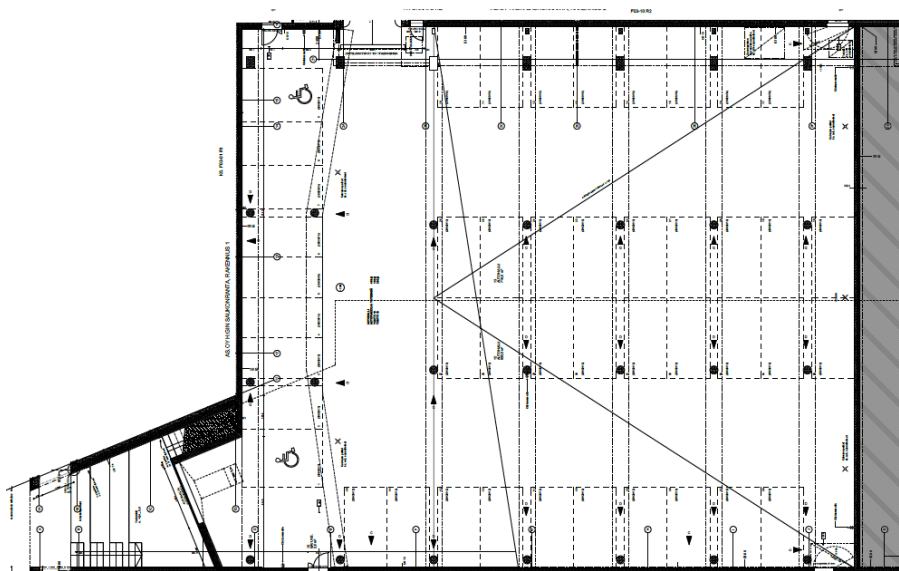
Kuva 11. Pysäköintihallin betonilattian halkeama (YIT Suomi Oy, 2020).

## 6 Pysäköintihallin betonilattian korjaus case

### 6.1 Tausta

Asuntoyhtiöt ja autohalli on rakennettu vuonna 2012. Rakennesuunnitelman mukaan lattiana on maanvarainen paikallavalettu, nimellispaksuudeltaan 100 mm oleva teräskuituraudoitettu betonilaatta. Teräskuitujen määräksi on esitetty  $30 \text{ kg/m}^3$ . Valuruutujen koko on  $9000 \times 11500$  ja betonin lujuusluokaksi on määrätty K45 (YIT Suomi Oy, 2020).

Autohallin lattia on maanvarainen ilman lämmöneristystä. Lattian rakenne on AP5:n mukainen kuitenkin niin, että tavanomainen raudoitus on muutettu teräskuiduiksi. Muilta osin autohalli on eristetty siten että halli ei koskaan mene pakkasen puolelle. Hallin lämpötila on ylimmillään  $+20^\circ\text{C}$  ja alimmillaan  $+5^\circ\text{C}$ . Kyseessä on asuntoyhtiöiden oma autohalli, jossa kulutus on vähäistä verrattuna esim. kauppakeskuksen autohalleihin. Kyseisessä autohallissa on suurin kulutusalue sisääntuloväylän kohdalla (YIT Suomi Oy, 2020).



Kuva 12. Pysäköintihallin pohjakuva (SokoPro).

## 6.2 Tutkimukset

Contesta Oy tilattiin taloyhtiöiden toimesta suorittamaan porareikä tutkimuksia. Autohallin betonilattiaan porattiin useampi reikä, jotta saataisiin laajempi käsitys betonilattian rakenteesta. Halkaisijaltaan 74 mm olevia poralieriönäytteitä otettiin kolme kappaletta, josta ensimmäinen oli vetolujuuden testaamista varten ja toiset kaksi poralieriönäytettä, olivat ohuthietutkimusta varten.

Näytteet tutkittiin Contesta Oy:n laboratoriossa Vantaalla. Tartuntavetolujuuden testauksen suoritti asiantuntijaharjoittelija Tommi Kaurila akkreditoidusti standardin SFS 5445 mukaisesti. Ohuthietutkimuksen suoritti geologi Heli Kivisaari akkreditoidusti standardin ASTM C856-18a mukaisesti.



Kuva 13. Kuvassa on poralieriönäyte otettu betonilattian halkeaman kohdalta (YIT Suomi Oy, 2020).

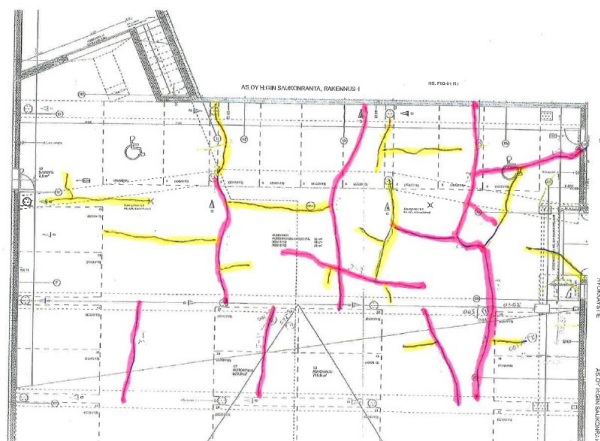
## 6.2.1 Tutkimusmenetelmät

Kohteen tutkimuksissa käytettiin seuraavia menetelmiä:

- Lattiavaurioiden silmämääräinen tarkastelu.
- Porausnäytteiden irrottaminen timanttiporauksella halkeamien kohdista sekä myös ehjistä kohdista.
- Näytteiden tarkastelu ja näyteselosteiden piirtäminen laboratoriossa.
- Mikroskooppinen ohuthietutkimus.
- Teräskuitupitoisuuden määrittäminen porausnäytteistä.

## 6.2.2 Tutkimuskohteen vauriohavainnot

Pysäköintihallin lattiassa esiintyy runsaasti huomattavan suuria halkeamia. Halkeamat ovat kuitenkin pääasiassa sisääntulon puoleisessa päässä hallia, joka on karkeasti noin puolet lattian pinta-alasta. Vastakkaisessa osassa lattiaa esiintyy vain muutamia yksittäisiä halkeamia.



Kuva 14. Kuvassa pysäköintihallin halkeamakartta (YIT Suomi Oy, 2020).

### 6.2.3 Havainnot poranäytteistä

Porausnäytteitä irrotettiin halkeamien kohdilta halkeilun syyn selvittämiseksi ja myös ehjiltä kohdilta kuitupitoisuuksimäärittäystä varten. Kaikki tutkimusnäytteet on porattu laatan läpi, koska kuitubetoninäytettä ei ole sitä vaurioittamatta mahdollista katkaista matalammalta. Sekä aikaisemmista että uudemmissa näytteistä havaittiin, ettei laatan alla ole kattavasti rakennesuunnitelman mukaista tasaushiekkakerrosta. Tämä aiheuttaa laatan ja karkean alustatäytön välille voimakasta kitkaa, joka estää laatan vapaan kutistumisen ja edistää halkeamien syntymistä. Halkeamien kohdilla näytteiden molemmat puolikkaat pysyvät kiinni toisissaan kuitujen varassa kaikissa halkeamanäytteissä, vaikka halkeamat menevät läpi laatan. Tämä johtuu siitä, että halkeamaa vasten kohtisuorassa olevien teräskuitujen tartunta betoniin on luistanut halkeaman molemmin puolen, mutta kuitujen päät ovat edelleen betonin sisällä. Luistaminen on mahdollista ainoastaan betonin plastisessa tai kovettumisen varhaisessa vaiheessa, jolloin kunnollista tartuntaa ei betonin ja kuitujen välille ole vielä muodostunut. Myöhemmin betonin kovettumisen edetessä ovat kuitujen päät tarttuneet betoniin paremmin, jonka vuoksi kappaleen puolikkaat pysyvät kiinni toisissaan (YIT Suomi Oy, 2020).



Kuva 15. Kuvassa kuitujen ansiosta yhdessä pysyvät lieriönäytteen puolikkaat (YIT Suomi Oy, 2020).

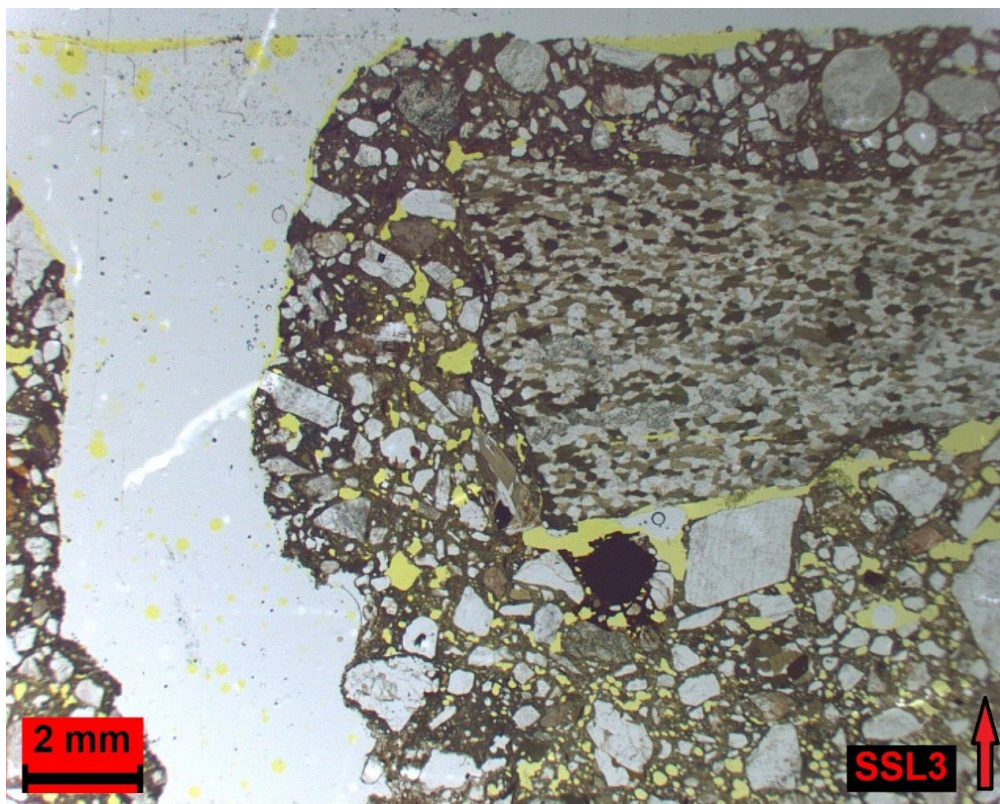
## 6.2.4 Näytteiden ohuthietutkimus

Poranäytteestä valmistettiin kooltaan noin 55 x 35 mm<sup>2</sup> ja paksuudeltaan noin 25 µm kokoinen ohuthie kohtisuoraan tutkittavaa pintaa vasten. Ohuthietä tarkasteltiin stereo- ja polarisaatiomikroskoopeilla fluoresoivaa ultraviolettivaloa apuna käyttäen. Ohuthie valmistetaan poranäytteen yläpinnasta alkaen noin 53 mm syvyydelle (YIT Suomi Oy, 2020).

Betonin yläpinta on pääosin tasainen, eikä siinä ole havaittavissa pinnoitteita. Yläpinnalla on havaittavissa runkoaineskappaleita, jotka vaikuttavat leikkautuneen tasaisiksi. Noin 8 mm syvyydellä näytteen yläpinnasta on havaittavissa teräs (halkaisijaltaan 1 mm), jonka yhteydessä on hieman teräskorroosiota. Korrosio on värjännyt ympäröivän sideaineen paikallisesti ruosteen ruskeaksi. Betonin sideaine on karbonatisoitunut yläpinnalta alkaen keskimäärin noin 6 mm syvyydelle. Lisäksi karbonatisoituminen on edennyt näytteessä esiintyvää halkeamaa myötäillen (enimmillään noin 8 mm levyisenä vyöhykkeenä) läpi koko tutkittavan näytesyvyyden. Karkea runkoaine (halkaisijaltaan 2,0–6,0 mm) on pääosin kulmikasta pyöristynyttä ehjää sekä rapautumatonta liusketta, gneissia ja amfiboliittia. Runkoaineuksessa esiintyy yleisesti pienirakeista, uudelleenkitetyntä ja paikoitellen hiertynyttä kvartsia. Pienemmät lajitteet (halkaisijaltaan 0,064–2,0 mm) ovat muodoltaan kulmikkaita pyöreäsärmäisiä ja pääosin kvartsia, maasälpä, kiillettä ja amfibolia (YIT Suomi Oy, 2020).

Raekokojakauma on pääosin tasainen, sekä tartunnat sideaineeseen ovat pääosin hyvät ja tiiviit. Sideaineena on portlandsementti, jossa on havaittavissa vähän masuunikuonaa seosaineena. Hydrataatioaste on pääosin tasainen ja korkea, sideaineessa on nähtävissä kohtalaisen vähän hydratoitumattomia sementtipartikkeleita. Sideaineen mikrorakenne vaikuttaa olevan pääosin tasainen. Betonissa esiintyy erittäin runsaasti huokoisuutta. Keskimäärin alle 15 mm syvyydellä näytteen yläpinnasta huokoisuus on muodoltaan pääosin epäsäännöllistä, pitkänomaista ja keskittyy pääosin runkoaineskappaleiden tartuntapintojen yhteyteen. Syvemmillä näytteessä huokoisuus on muodoltaan pääosin pyöreää ja hyvin säännöllistä ja täyttää kooltaan suojahuokosen määritelmän

( $\sqrt{0,02-0,8}$  mm). Satunnaisten huokosten reunoilla on havaittavissa osittaisia täytekiteymiä karbonatisoituneen sideaineen alueella. Näytteen yläpinnalta kulkeutuu kohtisuoraan pintaa vasten yksittäinen halkeama (leveys < 4,0 mm), joka ulottuu läpi koko tutkittavan näytesyvyyden. Halkeaman yläosa on hieman suppilomainen ja halkeaman leveys on yläpinnalla enimmillään noin 7 mm (Kuva 16). Halkeama myötäilee pääosin runkoaineskappaleiden tartuntapintoja. Halkeama on kokonaan injektointiaineen täyttämä läpi koko tutkittavan näytesyvyyden. Näytteessä ei havaittu muuta merkittävää halkeilua (YIT Suomi Oy, 2020).



Kuva 16. Näyte SLL3, yläpinta. Kuvan vasemmassa laidassa laidassa injektointiaineen täyttämä halkeama, jonka yläosa on muodoltaan suppilomainen. Kuva on otettu stereomikroskoopilla tasopolaroitua valoa käyttäen. Huokoisuus erottuu kuvassa keltaisena, betonin sideaine rusehtavana ja runkoaines pääosin vaaleana. Punainen nuoli osoittaa näytteen yläpinnan suunnan (YIT Suomi Oy, 2020).

### 6.2.5 Tartuntavetolujuuden testaus

Vetolujuuden määrittäminen on suoritettu virallisesti kalibroidulla 20 kN:n Seidner HZP 20 D1-C laitteella standardin SFS 5446 mukaisesti. Koekappaleiden päät on tasoitettu hiomalla tai sahaamalla. Tartuntavetolujuuden testauksen suunta on havainnollistettu kuvassa 17 (YIT Suomi Oy, 2020).



Kuva 17. Lattiasta poratusta näytteestä porattiin sivuttaissuunnassa pienempi lieriö injektioinnin tartuntavetolujuuden testausta varten (YIT Suomi Oy, 2020).

### 6.3 Tutkimusten tulokset ja yhteenveto

Ohutietutkimuksen mukaan voidaan todeta halkeamien syntyneen betoniin esiintymistavan perusteella plastisessa tai kovettumisen varhaisessa vaiheessa. Halkeamat myötäilevät kiviainesrakeiden pintoja eivätkä läpäise rakeita. Lisäksi halkeamien yhteydessä esiintyy rinnakkaisuutta, mikä myös syntyy tyypillisesti varhaisessa vaiheessa. Havainto teräskuitujen luistamisesta ja halkeamien esiintymistavasta tukevat molemmat johtopäätöstä niiden syntyamisestä varhaisessa vaiheessa. Betonilaatta pääsee vapaasti karbonatisoitumaan halkeamien



kohdissa koko syvyydeltä, lisäksi halkeamien kautta altistuvat teräskuidut myös kloridirasitukselle. Karbonatisoituneessa betonissa on teräskorroosion riski aina korkea pienilläkin kloridipitoisuuksilla (YIT Suomi Oy, 2020).

Lattian pinnassa havaittiin kuivasirotekerros, jonka paksuus vaihtelee näytteiden kohdilla 1–3 mm, pääasiassa alle 3 mm. Kuivasirotekerroksen paksuutta ei laatan rakennesuunnitelmassa ole määrätty, mutta se vaikuttaa olevan ainakin paikoitellen niukka. Kuivasirote toimii kulutuskerroksena ja on yleensä huoltokohde eli se ei kestä kulutusta kohteen koko suunnitellun käyttöiän ajan. Erityisen suurelle kulutukselle pinnoite joutuu ajoluiskassa ja kurvipaikoissa, joissa sitä joudutaan uusimaan ajoittain. Korjausväli riippuu liikennemäärästä.

Lattian rakenne ei täysin vastaa rakennussuunnitelmaa, eikä kaikkialla ole tasaushiekkakerrosta, joka sallisi laatan kutistumisliikkeen. Laatan alla havaittiin näytteenottokohdissa ainoastaan karkeaa salaojamursketta, joka vastustaa tehokkaasti laatan kutistumaliikettä ja aiheuttaa laattaan vetojännityksiä. Tämä on myös osasy syy lattian halkeamiin. Lisäksi liikuntasaumot olivat puutteelliset ja halkeamat esiintyivät pääosin niissä laatoissa (YIT Suomi Oy, 2020).

## 6.4 Halkeamien korjaaminen

Betonin halkeamia korjataan yleensä epoksihartsilla injektoimalla eli ”liimamalla” halkeaman pinnat kiinni toisiinsa. Liimaliitos muodostaa vahvan sidoksen, jos halkeaman pinnat ovat puhtaat sekä kuivat ja injektoitavasta kohteesta aikaansaadaan pullomainen tila. Tämä tarkoittaa sitä, että halkeaman aikaansaama tyhjätila on saatava täysin suljetuksi, jotta epoksiharts pysyy siinä kovettumisensa ajan (YIT Suomi Oy, 2020).

Tässä tapauksessa laatan läpi menevät halkeamat ovat injektointityön onnistumisen kannalta haasteellisia. Halkeamia ei päästä sulkemaan laatan alapinnan puolelta ja alla on tasaushiekkaa tai karkeaa kiviainesta. Epoksiharts on molekyylikooltaan niin pientä ja viskositeetiltaan niin notkeaa, että se menee helposti laatan läpäisevistä halkeamista ja etenee alla olevaan hiekkaan/salaojitusmurskeeseen, mikä ei missään tapauksessa ole suotavaa. Suositeltavaa olisi aluksi

suorittaa koekorjaus oikean korjaustavan löytämiseksi. Aluksi voidaan kokeilla injektoimista tiksotrooppisella epoksilla, jonka eteneminen pysähtyy, kun paine loppuu. Tällä saattaa olla mahdollista aikaansaada halkeamien pohjaan sulku ja sen jälkeen voitaisiin loppuosa halkeamista valuttaa normaalilla epoksilla täyteen. Valuttamista helpottaa halkeaman yläosan avartaminen timanttilaikalla tehtävällä uralla. Leikkaamisen aiheuttama pöly on poistettava urasta huolellisesti tehokkaalla imurilla. Toinen mahdollisuus on injektoida laatan läpi menevät halkeamat täyteen injektointisementillä, joka ei tunkeudu yhtä helposti kuin epoksihartsilla oleviin rakennekerroksiin. Koekorjauksen varsinaisen yhteydessä ja varsinaisen korjauksen aikana voidaan halkeamien täyttöaste todeta timanttiporausnäytteistä (YIT Suomi Oy, 2020).

#### 6.4.1 Halkeamien haitta ja esteettisyys

Halkeamat ovat maanvaraisessa laatussa pääasiassa visuaalinen haitta, eikä halkeamilla ole merkitystä rakenteen kantavuuden tai toimivuuden suhteen. Halkeamat on tosin syytä korjata, sillä halkeilevaa lattiaa ei varmasti ole suunniteltu ja tilattu. Lisäksi korjaamattomien halkeamien reunat alkavat lohkeilla autonrenkaiden nastojen kuormituksesta, jolloin visuaalinen haitta pahenee entisestään.

Halkeamia ei ole mahdollista saada täysin huomaamattomaksi korjauksessa, joten jonkinlainen visuaalinen haitta jää pysyväksi. Halkeamien pintaan voidaan tuoreeseen epoksiin kokeilla ripotella kuivasirotetta ja kovettumisen jälkeen hioa pinta, jolloin se ainakin paremmin vastaa ulkonäöltään ympäristöä. Hionta- ja kiillotustekniikalla hiontajauheella täytetyt halkeamat aukeavat todennäköisesti uudestaan, koska halkeaman kahden puolen laatan osat eivät kiinnity pysyvästi toisiinsa kuten epoksilla tapahtuu (YIT Suomi Oy, 2020).

#### 6.5 Arvio halkeamien uudelleensyntymisestä

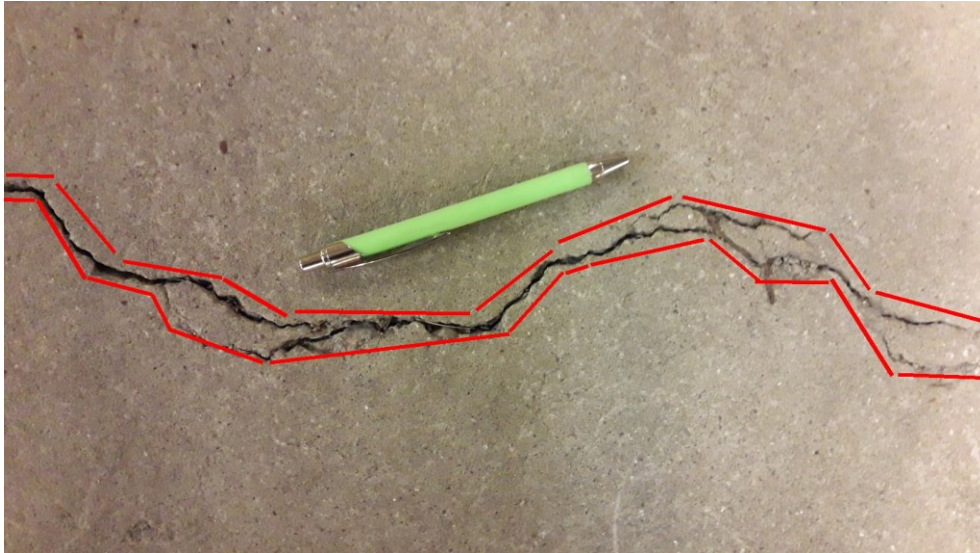
Mikäli epoksihartsilla suoritettava halkeamien kiinni ”liimaaminen” tehdään huolella, on näin aikaansaatu liitos niin luja, että laatan mahdollisesti uudet kutistumahalkeamat tulisivat eri pakkaan. Laatan ikä huomioon ottaen on betonin ku-

tistuminen pääasiassa jo tapahtunut, joten uusien kutistumahalkeamisen syntymäriskiä ei todennäköisesti enää ole syntymässä. Mikäli laatan alustan täytöt olisi puutteellisesti tiivistetty ja epätasaisia painaumia olisi vielä odotettavissa, olisi uusien halkeamien syntyminen mahdollista. Painaumien syntyminen on kuitenkin epätodennäköistä, sillä laatan kuormitus on vakioitunut ja tuskin muuttuu enää käyttöönoton jälkeen. Rakentamisen aikana on kuormitus saattanut olla nykyistä suurempaa, sillä autohallia on saatettu käyttää esimerkiksi rakennusmateriaalien varastona, jolloin suurien pistokuormien syntyminen on ollut mahdollista. Viimeisimpien täydentävien tutkimusnäytteiden irrotuksen yhteydessä ei silmämäärin painaumia havaittu, eikä tasaisuusmittauksia suoritettu (YIT Suomi Oy, 2020).

## 6.6 Korjaussuunnitelma

### 6.6.1 Koekorjaus

Murentuneet halkeaman reunat leikataan pois kuvan 17 periaatteen mukaisesti. Jokaisen korjattavan halkeaman kohdalla tulee olla vähintään 10 mm leveä ja 15 mm syvä syöttösuppilomainen ura liimaushartsia varten. Alkuimeytys tehdään paksunnetulla hartsilla, jotta se ei karkaa alustäyttöihin. Loppuosa voidaan tehdä notkeammalla hartsilla. Kovettumisajan jälkeen pinta jyrsitään ja pinnoitetaan kovabetonilla. Koekorjauksen onnistuminen todetaan vähintään kolmella lieriönäytteellä, joista todetaan hartsin tunkeutuma betoniin ja meneekö se läpi täyttöihin. Yhdestä sahaamalla irrotetusta näytteestä tutkitaan liimasauman vetolujuus (YIT Suomi Oy, 2020).



Kuva 18. Punaiset viivat osoittavat lattianhalkeaman avartamisen linjat (YIT Suomi Oy, 2020).

### 6.6.2 Varsinainen korjaus

Varsinaisen korjauksen ensimmäisenä toimenpiteenä on liian suurien lattiaruutujen sahaaminen pienemmiksi, niin että kaikki lattiaruudut olisivat kooltaan enintään 6 m x 6 m. Sahaamisen jälkeen avarretaan halkeamien yläreunoja, niin että halkeama muodostaa poikittaisleikkauksesta katsottuna suppilomaisen muodon. Avartamisen jälkeen halkeamat puhdistetaan niin hyvin kuin on mahdollista. Puhdistuksen jälkeen halkeamat injektoidaan kosteaan pohjaan soveltuvalla epoksi-injektioaineella, joka tulee hyväksyttävä ennen käyttöä. Halkeamien alaosiin injektoidaan paksumpaa ainetta, jotta epoksi ei karkaa alla olevaan hiekkaan. Seuraavana päivänä täytetään halkeaman yläosa täyteen epoksia. Halkeaman leveyden ylittäessä 2 mm käytetään paksumpaa epoksia. Ennen korjausalueen hiontatyön aloittamista tulee korjatusta kohdasta porata lieriönäyte korjauksen onnistumisen todentamista varten. Mikäli korjauksen onnistumisesta havaitaan epävarmuutta, muutetaan korjaustapaa korjauksen onnistumisen takaamiseksi. Lattiakorjausta täydennetään tekemällä halkeilleelle alueelle ns. kovabetoni pinnoitus Mastertop 450PG massalla. 15–17 mm Kovabetoni pinnoituksella saadaan aikaan erittäin kulutuksen kestävä pinta. Kovabetonin kuivumisajan jälkeen koko korjausalue sinkopuhalletaan 1–2 kertaan,

jonka jälkeen suoritetaan koevetotestit vaatimuslujuutena 2MPa. Pinnoittaminen tehdään Basfin työselostuksen mukaan (Liite1). Lattian liittymäkohdissa sahasauman vierellä kovabetonin puolella hiotaan pintaa pois siten, että uudelleen pinnoitetun ja alkuperäisen lattian välille ei tule pykälää eli ns. hammastusta (YIT Suomi Oy, 2020).

Näillä korjauksilla lattia vastaa vähintään sitä mitä taloyhtiöille on luvattu. Lattian laatu tulee olemaan parempi ja tulee olemaan kulutusta kestävämpi kuin mitä aikaisemmin on suunnitelmissa luvattu.

## 7 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada luotua valmis ja selkeä korjaussuunnitelma vastaavanlaisille liikennöidyille betonilattioiden korjaustöille. Voimme todeta, että betonilattian halkeilemiseen on useita vaikuttavia tekijöitä ja erilaiset halkeamat ja rakenneolosuhteet vaativat erilaisia korjaustapoja.

Työssä saatiin tutkimusten ja erilaisten kokeiden avulla syventyvä ja selkeä käsitys siitä mikä oli johtanut kyseisen betonilattian halkeamiseen. Tutkimusten ja kokeiden tuloksien pohjalta saatiin luotua tarkka ja selkeä korjaussuunnitelma jatkossa vastaan tuleville betonilattioiden halkeamien korjauksille. Voimme myös todeta, että haljennut betonilaatta on injektointikorjauksen jälkeen vahvempi kuin alun perin.

Opinnäytetyön aikana totesimme että, vaikein asia ei ollut onnistua itse korjaustyössä, vaan sijaisautopaikkoitusten lupien saaminen isossa kaupungissa ja tarpeeksi läheltä. Kaupungeissa ei juurikaan ole ylimääräistä tilaa, eikä kaupunki myöskään halua mielellään vuokrata katua sijaisautopaikokseksi. Sen lisäksi moni asukas vastustaa pitkiä kävelymatkoja kotiin ajoneuvoltaan.

## Lähteet

Autoliitto. Porin ensimmäinen pysäköintitalo. Saatavissa: <https://www.auto-liitto.fi/paikallisosastot/porin-osasto/ensimmainen-pysakointitalo>. Viitattu 8.10.2020.

BETONIELEMENTTIRUNKORAKENTEET. RT Kortti 82–10821. Helsinki: Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2082-10821>. Viitattu 10.1.2021.

LIIKENNÖIDYN TASON VEDENERISTYKSET. RT Kortti 10–3277. Helsinki: Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103277>. Viitattu 24.5.2021.

Matsinen, Martti 2017. Diplomi-insinööri. Pysäköintihallien lattiakorjaukset. Saatavissa: [https://betoni.com/wp-content/uploads/2017/12/BET1704\\_76-81.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2017/12/BET1704_76-81.pdf). Viitattu 14.4.2021.

Nicole van Melsen. A Short Description of the History of Parking Garages. Saatavissa: <https://www.parking-net.com/about-parking/history-of-parking>. Viitattu 17.7.2020.

Hokkanen, Niko 2014. Pysäköintihallin ilmanvaihto suuntapaine puhaltimilla. Mikkelin Ammattikorkeakoulu. Theseus tietokanta. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/160882/browse?type=author&value=Hokkanen%2C+Niko>. Viitattu 15.5.2021.

PAIKALLA VALETUT BETONIRUNKORAKENTEET. RT Kortti 82–10814. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2082-10814>. Viitattu 4.3.2021.

PYSÄKÖINTILAITOKSET. RT Kortti 98–11237. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2098-11237>. Viitattu 28.3.2021.

Shannon Sanders McDonald. The Potential of Automated Parking. Automaattinen pysäköintijärjestelmä. Saatavissa: <http://buildabetterburb.org/the-potential-of-automated-parking>. Viitattu. 20.1.2021.

SokoPro. [www.sokopro.fi](http://www.sokopro.fi). Viitattu 23.5.2021.

YIT Suomi Oy



## Liitteet

### Betonilattian korjaustyöselostus

#### KORJAUSEHDOTUS

Ensimmäisenä toimenpiteenä liian isot lattiaruudut sahataan pienemmiksi niin, että kaikki lattiaruudut olisivat enintään 6 m x 6 m kooltaan. Sen jälkeen korjataan halkeamat.

Halkeamien korjaus on suunniteltu tehtäväksi injektoimalla.

Halkeamat avarretetaan yläreunasta, puhdistetaan niin hyvin kuin voidaan.

Injektointiaineena käytetään kosteaan pohjaan soveltuvaa epoksi-injektointiainetta, joka tulee hyväksyttäväksi.

Halkeaman alaosaan injektointi tehdään paksummalla aineella, jotta epoksi ei karkaa alla olevaan

hiekkään. Seuraavana päivänä täytetään halkeaman yläosa täyteen epoksia. Kun halkeama on yli 2 mm käytetään paksunnuttua epoksia.

Työn alussa porataan lieriöt korjatusta halkeamasta, jotta nähdään miten työ onnistuu. Tarpeen mukaan työtapaa korjataan.

Injektoinnin jälkeen halkeaman kohta hiotaan siistiksi.

Korjaustapaa tarkasteltiin kohteessa 28.5 klo 12.00 Eskon Oy:n Uusi-Portimon kanssa.

Lattikorjausta täydennetään tekemällä runsaasti halkeilleelle alueelle ns. kovabetonipinta eli Mastertop 450PG massalla noin 15-17 mm paksu erittäin hyvin kulutusta kestävä pinta.

Tämä alue sinkopuhalletaan 1-2 kertaa, tehdään koevetotestit (Vaatus 2 MPa pinnan vetolujuudelle). Pinnoitus tehdään liitteenä olevan Basfin työselityksen mukaan.

Lattian liittymäkohdissa sahasauman vierellä kovabetonin puolella pintaa hiotaan pois siten, että uudelleen pinnoitetun ja alkuperäisen lattian välille ei tule pykälää (hammastusta)

#### YHTEENVETO

Näillä korjauksilla lattia vastaa vähintään sitä mitä taloyhtiölle on luvattu. Itse asiassa lattian laatu tulee olemaan parempi ja kestävämpi kuin on alkujaan luvattu.

Liitteet

Aimo Heimala



Maanvaraisen lattian lämpöliikkeet:

Ylin lämpötila autohallissa on noin +20 °C ja alin noin +5 °C, eli vaihteluväli on noin 15 astetta.

Betonin lämpöliike on 1 mm 10 astetta ja 10 metriä kohti.

Kun lattiaruutujen koko jatkossa on 6 metriä ja halkaisijan pituus 8,5 metriä jää hyvinkin pieneksi. Keskikohta pysyy paikoillaan, jolloin nurkan liike on alle 1 mm puoleensa.

Aimo Heimala