

Aleksi Nummelin

Kerrostalon ulkovaippakorjauksen rakenneratkaisut

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennetekniikka

Insinöörityö

07.09.2017

Tekijä(t) Otsikko	Aleksi Nummelin Kerrostalon ulkovaippakorjauksen rakenneratkaisut
Sivumäärä Aika	45 sivua + 2 liitettä 07.09.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Toimitusjohtaja Mika Laitala Varatoimitusjohtaja Joni Sundström Lehtori Aarne Seppänen
<p>Insinööri työ tehtiin Insinööritoimisto Konstru Oy:lle. Yrityksen suunnitteluprojekteista suuri osa liittyy julkisivujen ja parvekkeiden betonirakenteiden korjaukseen. Insinööri työ tavoite on laatia korjaussuunnitelma Helsingin keskustassa sijaitsevan kerrostalon julkisivujen ja parvekkeiden betonirakenteille. Korjaussuunnitelmassa tavoitellaan rakenteille pitkää käyttöikää ennakoimalla tulevia vaurioita, jotta rakennuksen vaativan sijainnin takia vaurioita ei tarvitse korjata uudelleen lähitulevaisuudessa.</p> <p>Insinööri työ alkuosa koostuu teoreettisesta vaurioiden ja niiden syntymekanismien sekä korjaustapojen tutkimisesta. Työn keskeisin osa sisältää yleistietoa kyseessä olevasta kohteesta ja siinä olevista vaurioista. Loppuosassa keskitytään teoria- ja kuntotutkimustietojen avulla valittuun korjaustapaan.</p> <p>Insinööri työ tuloksena on kohteelle toteutettu korjaussuunnitelma, joka on yrityksen salassa pidettävää tietoa, mutta sen pääpiirteet esitetään työn loppuosassa. Korjaussuunnitelmassa valittiin korjaustavat rakenneosittain julkisivujen sekä parvekkeiden betonirakenteille ja hankittiin tietoa materiaalien käytöstä.</p> <p>Toteutettua korjaussuunnitelmaa ja uutta tietoa materiaaleista voidaan käyttää pohjana tulevissa vastaavanlaisissa projekteissa. Korjauksessa käytettyjen materiaalien työohjeita tullaan käyttämään jatkossa työselostuksien laatimiseen.</p>	
Avainsanat	rakennesuunnittelu, korjausrakentaminen, betonirakenteet

Author(s) Title Number of Pages Date	Aleksi Nummelin Structural solutions for a repair of building envelope of high-rise building 45 pages + 2 appendices 07 September 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Mika Laitala, Chief Executive Officer Joni Sundström, Executive Vice President Aarne Seppänen, Senior Lecturer
<p>The graduate study was carried out for Insinööritoimisto Konstru Oy. Most of the renovation projects that the company has, are associated with concrete structures on façades and balconies. The goal of this study was to develop repair work schedule for the facades and balconies of the building located in the centre of Helsinki. Repair work schedule aims to prolong the service life of the structures by predicting upcoming damages, to eliminate need for further repairs due to the challenging location of the building.</p> <p>The first part of the thesis is comprised of theoretical research of the damages and their causes and methods of renovation. Next, general information of the building and its current damages is provided. Finally, the thesis concentrates on the selected methods of renovation, which are based on the theoretical information and the information obtained during the condition survey.</p> <p>A repair work schedule was drawn up as a result of the thesis, however it is classified information and only for the use of the company. Nevertheless, the outlines of the repair work schedule are described in the last part of the thesis. The method of renovation was selected for every component individually in the repair work schedule, and new information of the use of materials was acquired.</p> <p>The executed repair work schedule and the new material information can be used as a basis in upcoming projects. The working instruction for the materials used, will be utilized in drawing up specifications in the future.</p>	
Keywords	structural engineering, renovation, concrete structures

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Betonirakenteiden vaurioista	1
2.1	Kosteusrasituksista	2
2.1.1	Yleistä	2
2.1.2	Betoniulkoseinien kosteusrasituksesta	3
2.1.3	Parvekkeiden kosteusrasituksesta	3
2.2	Raudoitteiden korroosio	4
2.2.1	Yleistä	4
2.2.2	Korroosiokäsitteitä	5
2.2.3	Betonin karbonatisoituminen	6
2.2.4	Kloridit	9
2.2.5	Korroosion vaikutus rakenteissa	10
2.3	Rapautuminen	11
2.3.1	Pakkasrapautuminen	11
2.3.2	Ettringiittireaktio	13
2.3.3	Alkalikiviainesreaktio	14
2.3.4	Rapautumisen vaikutus rakenteissa	15
3	Korjaustavat	16
3.1	Ei korjaustoimenpiteitä	17
3.2	Pinnoitus- ja paikkakorjaukset	17
3.2.1	Kevyt pinnoituskorjaus	17
3.2.2	Perusteellinen laastipaikkaus- ja pinnoituskorjaus	18
3.3	Peittävät korjaukset	19
3.4	Purkaminen ja uudelleenrakentaminen	20
3.5	Rasitustason alentaminen	22
3.6	Erikoismenetelmät	23
3.6.1	Inhibiittorit	23
3.6.2	Ruiskubetonointi	23
3.6.3	Betonin uudelleenalkalointi	24
3.6.4	Katodinen suojaus	24

3.7	Korjausten käyttöikä	25
3.8	Haitalliset aineet	26
3.8.1	Asbesti	26
3.8.2	Mikrobit	27
3.8.3	PCB- ja lyijy-yhdisteet	27
3.8.4	PAH-yhdisteet	28
4	Kohde	28
4.1	Julkisivut	28
4.1.1	Betonisandwich-elementit	28
4.1.2	Muut julkisivurakenteet	29
4.2	Yläpohjat	29
4.3	Alapohjat	30
4.4	Parvekkeet	30
5	Kuntotutkimus	30
5.1	Julkisivuelementit	31
5.1.1	Betonin tiiveys ja halkeilu	31
5.1.2	Betonin vetolujuus	32
5.1.3	Raudoituksen korroosio	32
5.1.4	Betonin pakkasenkestävyys ja pakkasrapautuminen	32
5.1.5	Pinnoite ja pintatarvikkeet	33
5.1.6	Elementtisaumat	33
5.1.7	Lämmöneristys	33
5.2	Parvekkeet	34
5.2.1	Betonin tiiveys ja halkeilu	34
5.2.2	Betonin lujuus	34
5.2.3	Raudoituksen korroosio	34
5.2.4	Betonin pakkasenkestävyys ja pakkasrapautuminen	35
5.2.5	Kosteustekninen toiminta	36
6	Tilaaajan toiveista	37
7	Korjaustavan valinta	37
7.1	Julkisivuelementit	37
7.1.1	Valkobetonipintaiset elementit	38
7.1.2	Maalattupintaiset elementit	40
7.1.3	Klinkkerilaattapintaiset elementit	41
7.1.4	Elementtisaumat	41

7.2	Parvekkeet	42
7.2.1	Ulokeparvekkeet	43
7.2.2	Terassiparvekkeet	43
8	Yhteenveto	45
	Lähteet	46
	Liitteet	
	Liite 1. Terassiparvekkeen uudet rakenteet	
	Liite 2. Periaatedetalji betonipaikkakorjauksesta	

1 Johdanto

Tämä insinööri työ tehdään Insinööritoimisto Konstru Oy:lle, joka on vuonna 1993 perustettu rakennesuunnittelutoimisto. Yrityksen päätoimialana on korjausrakennesuunnittelu ja sivutoimialoina uudisrakentaminen sekä kuntotutkimukset ja -arviot. Konstru Oy toimii pääosin pääkaupunkiseudulla, ja tuottaa palveluita laajasti niin julkiselle sektorille kuin myös yksityiselle sektorille sekä taloyhtiöille. [1.]

Insinööri työ kohteena on vuonna 1988 valmistunut asuin- ja liikerakennus, joka käsittää 6-9-maanpäällistä kerrosta ja matalan piharakennuksen. Liiketilat sijaitsevat rakennuksen maantasokerroksessa. Rakennus sijaitsee Helsingin Kampissa. [2.]

Tämän insinööri työ tavoitteena on tutkia erilaisia betonirakenteiden vaurioita ja niiden korjaustapoja. Näiden tietojen pohjalta toteutetaan kohteen julkisivujen ja parvekkeiden korjaussuunnitelma, joka esitetään pääpiirteittäin tässä insinööri työssä. Korjaussuunnitelmaa varten tarkastellaan rakenteiden nykyisiä vaurioita sekä tutkitaan ja pyritään ennaltaehkäisemään myös tulevia vaurioita.

Insinööri työ sisältö on rajattu rakennuksen ulkovaipan betonirakenteisiin. Muut ulkoverhoukset sekä sisäpuoliset rakenteet ja perustukset ovat jätetty huomioimatta.

2 Betonirakenteiden vaurioista

Julkisivujen ja parvekkeiden betonirakenteiden ominaisuudet heikentyvät niiden ollessa alttiina sään rasituksille sekä muille rasituksille. Yleisimpiä rasiustekijöitä, jotka saavat aikaan rakenteiden ominaisuuksien heikentymistä eli turmeltumista, ovat esimerkiksi kosteus, pakkasrasitus, säteily, lämpö sekä erilaiset haitalliset aineet kuten kloridit ja ilman hiilidioksidi. Rakenteiden vaurioituminen tapahtuu usein rasiustekijän aiheuttamien

rinnakkaisien turmeltumisilmiöiden yhteisvaikutuksesta. Räsitustekijöistä syntyvät vauriot voivat vaikuttaa rakenteen ulkonäköön, mutta myös aiheuttaa turvallisuusriskejä. [5.]

Betonin pakkasrapautuminen sekä betonin karbonatisoitumisesta tai kloridirasituksista johtuva korroosio ovat merkittävimmät turmeltumisilmiöt, jotka vaikuttavat Suomen olosuhteissa oleviin betonijulkisivuihin sekä parvekkeisiin [3, s. 18].

2.1 Kosteusrasituksista

2.1.1 Yleistä

Yksittäisistä räsitustekijöistä haitallisin on kosteus. Eri muodoissaan esiintyvä kosteus on osallisena merkittävimmissä, varsinkin ulkorakenteissa esiintyvissä, turmeltumisilmiöissä. [3, s. 18.]

Julkisivujen ja parvekkeiden kannalta merkittävimpiä kosteuslähteitä ovat rakennuksen ulkopuoliset kosteuslähteet, joita ovat vesi- ja lumisade, ulkoilman kosteus sekä pinoille tiivistyvä ilman kosteus. Muita merkittäviä kosteuslähteitä ovat rakennuksen sisäpuoliset kosteuslähteet sekä maaperän kosteus eri muodoissaan. Sisäpuolisia kosteuslähteitä ovat esimerkiksi sisäilman kosteus, rakennuksessa käytettävä vesi (peseytyminen, siivoaminen yms.) ja erilaiset vuotovedet. [3, s. 19; 4.]

Rakennuksen ulkopuolisista kosteusrasituksista julkisivuille merkittävin on sade. Saderäsitustaso vaihtelee merkittävästi rakennuksen sijainnin mukaan, rannikkoalueella sademäärä on huomattavasti korkeampi kuin sisämaassa. Sijainnin lisäksi tuulensuunta sateen aikana on vaikuttaa saderäsitustasoon. Rannikolla tuulen nopeudet sateen aikana ovat keskimäärin 4 m/s suuremmat kuin sisämaassa, joten rannikkoalueilla julkisivuihin kohdistuvan viistosateen määrä on huomattavasti sisämaa-alueita suurempi. [3, s. 19.]

2.1.2 Betoniulkoseinien kosteusrasituksesta

Rakennuksen korkeus, ympäristön luoma suoja ja räystäsrakenteet vaikuttavat julkisivun merkittävimmän kosteusrasituksen, viistosateen, vaikutuksiin. Alttiimpia viistosateen vaikutuksille ovat avoimilla paikoilla sijaitsevat, räystäättömät, korkeat rakennukset. Julkisivun pintaan sateella syntyvä vesikalvo tunkeutuu elementtien eristetilaan rikkinäisten saumojen, toimimattomien liitoksien ja mahdollisten halkeamien kautta sekä imeytymällä betoniin. [3, s. 19.]

Eristetilaan pääsevä kosteus ei yksinomaan tarkoita rakenteen huonoa toimintaa, vaan merkittävässä roolissa on myös elementtien kuivuminen. Tärkeimpänä tekijänä kuivumiselle on elementtien tuuletus, joka on parantunut huomattavasti 1990-luvulla yleistyneiden uritettujen eristeiden käytöllä. Tuulettumattomien rakenteiden kuivuminen tapahtuu kosteuden haihtumisella ulkokuoren ulkopinnasta, joka tehostuu lämpimän sisäilman virratessa rakenteen läpi ulospäin. Tämä on kuitenkin kovin teoreettista. [3, s. 19.]

Muita merkittäviä tekijöitä rakenteen kuivumiselle ovat betonin laatu sekä elementin pintamateriaali ja -käsittely. Pintamateriaalin ominaisuudet vaikuttavat kuivumisnopeuteen, esimerkiksi klinkkerilaattapintainen elementti kuivuu erittäin hitaasti toisin kuin tiililaattapintainen rakenne kuivuu huomattavasti nopeammin. Elementtisaumoissa käytettävät tuuletusputket parantavat rakenteen kuivumista, mutta kuivuminen rajoittuu pitkälti putkien läheisyyteen. [3, s. 19.]

2.1.3 Parvekkeiden kosteusrasituksesta

Vaakarakenteet ovat alttiimpia kosteudelle kuin pystyrakenteet. Parvekelaattojen yläpinnat ovat parvekekatoksista ja lasituksista riippuen lähes suoraan alttiina sadevedelle sekä lumelle. Parvekerakenteille on tyypillistä, että ne ovat pitkiä aikoja märkinä. Puutteellisen vedenpoiston ja toimimattomien kaatojen takia parvekelaatat voivat myös altistua seisovalle vedelle laatan päällä. Parvekkeiden pystyrakenteet (pieliseinät, pilarit ja kaiteet) altistuvat viistosateelle seinien tapaan. [3, s. 20.]

Toisin kuin seinärakenne, parvekerakenne on normaalisti täysin kylmä, joten rakenne ei kuivu diffuusiovirran avulla, pois lukien asuntojen päällä sijaitsevat terassiparvekkeet.

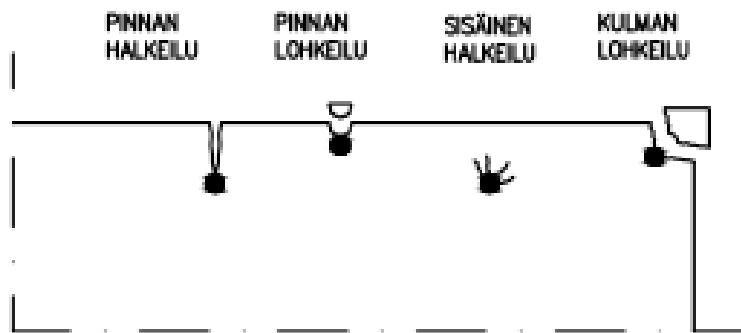
Parvekelaattojen mahdollinen vedeneristys estää kosteuden kapillaarisen imeytymisen laattaan sekä estää haihtumista laatan yläpinnasta. [3, s. 20.]

2.2 Raudoitteiden korroosio

2.2.1 Yleistä

Yksi merkittävin ulkoteräsbetonirakenteiden vaurioiden aiheuttaja on betoniterästen korroosio. Korroosioprosessin käynnistymistä edeltää teräksiä suojaavan betonikerroksen toimintaedellytyksien menetys. Toimintaedellytyksen menetys voi johtua esimerkiksi rakenteen ylikuormituksesta tai betonin kutistumis- ja lämpöliikkeiden estymisestä johtuvan suojabetonin halkeilun seurauksena. Betonin kemiallinen suojaominaisuus johtuu betonin korkeasta alkalisuudesta, joka luo ohuen oksidikerroksen teräksen pintaan estäen sähkökemiallisen korroosion. Oksidikerroksen muodostuminen estää teräksen luonnollisen pyrkimyksen purkautua niiksi yhdisteiksi, joina sitä luonnossa esiintyy. Teräksen oksidikerros menetetään useimmiten betonin karbonatisoitumisen tai betonin sisältämien kloridien johdosta. Lisäksi betoni tarjoaa teräkselle fysikaalisen suojan, joka tarkoittaa sitä, että betoni hidastaa terästen korroosiolle välttämättömien sekä korroosioprosessia nopeuttavien aineiden pääsyä terästen läheisyyteen. [3, s. 20; 5, s. 13–20.]

Korroosioprosessissa raudoituksen kantavuus heikentyy poikkileikkausalan pienentymisen takia, joka johtuu raudoituksen pinnasta liukenevasta materiaalista. Liukenevien korroosiotuotteiden tilavuus on suurempi kuin yhdisteiden alkuperäinen tilavuus, mistä seuraa suojaavan betonikerroksen halkeilua ja lohkeilua. [3, s. 20–21; 5, s. 13–20.]



Kuva 1. Korroosion aiheuttamia vauriotyyppejä teräsbetonirakenteessa.

Korroosion aktivoitumisajaksi kutsutaan aikaa, jonka aikana betonin luoma fysikaalinen ja kemiallinen suoja menetetään sekä betoniterästen passiivikalvo tuhoutuu. Aktivoitumisajan pituuteen vaikuttavia asioita ovat suojabetonin paksuus ja tiiveys sekä ympäristöolosuhteet. Aktivoitumisajan loputtua alkaa aika, jota kutsutaan aktiiviseksi korroosioksi. Aktiivisen korroosion pituus on korroosion alkamishetkestä rakenteellisen kelpoisuuden menettämiseen saakka. Kelpoisuuden menettäminen tarkoittaa esimerkiksi raudoituksen korroosiosta johtuvaa suojabetonin halkeilua tai lohkeilua. Korroosion aktivoitumisajan sekä aktiivisen korroosioajan summa määrittää teräsbetonirakenteen käyttöiän. [3, s. 20; 5, s. 15–16.]

2.2.2 Korroosiokäsitteitä

Metallisista materiaaleista puhuttaessa korroosiolla tarkoitetaan materiaalin tuhoutumista, joka aiheutuu kemiallisen, sähkökemiallisen tai metallurgisen vuorovaikutuksen johdosta materiaalin ja sen ympäristön välillä. Korroosio on yleisimmin paikallista piste-korroosiota esimerkiksi rakenteen heikoissa kohdissa, mutta sitä esiintyy myös laaja-alaisena yleiskorroosiona. [5, s. 13–14.]

Sähkökemiallinen korroosio:

Sähkökemiallisen korroosion käynnistymisen edellytyksenä on vähintään kaksi erillistä metallipinnan aluetta, jotka toimivat sähköisen virtapiirin osana liuoksen ja metallin välillä. Sähkökemialliselle korroosiolle tunnusomainen elektronin siirtyminen vaatii alueella esiintyvän potentiaalieron. [5, s. 13.]

Sähkökemiallinen korroosio on hapettumis- ja pelkistymisreaktio. Korroosion kohteena oleva metalli luovuttaa elektronin, eli hapettuu ja päinvastoin ympäröivä materiaali vastaanottaa elektronin, eli pelkistyy. Elektronien luovutus eli hapettuminen tapahtuu sähkökemiallisen parin anodilla ja puolestaan vapaiden elektronien vastaanottaminen, eli pelkistyminen tapahtuu katodilla. Korroosion etenemisnopeus määräytyy samanaikaisesti tapahtuvien anodi- ja katodireaktion nopeuden mukaan siten, että hitain reaktion määrittää korroosionopeuden. [5, s. 13–14.]

Paikallinen korroosio:

Rakenteen käyttöiän kannalta lähes aina paikallinen korroosio tulee määrääväksi verrattuna laaja-alaisempaan ja hitaammin etenevään yleiskorroosioon. Paikallinen korroosio on tyypillisesti pistemäistä pienellä alueella tai yksittäisinä linjoina ympäristöään nopeammin etenevää korroosiota. Paikallista korroosiota syntyy usein teräsbetonin halkeamien kohdalla tai rakennusvirheistä johtuvien rakenteellisten heikkojen kohtien kohdalle. [5, s. 14.]

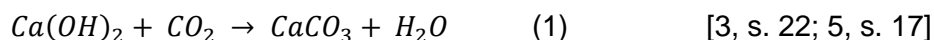
Metallien väsyminen ja korroosio:

Metallien korroosiossa korroosion eteneminen hidastuu tai jopa pysähtyy korroosiotuotteiden metallin pintaan muodostaman suojaakerroksen vuoksi. Suojaava kerros kuitenkin menetetään teräksen vastaanottaman jännityksen vaihdellessa, ja tästä seuraa korroosioprosessin uudelleen käynnistyminen, joka vähentää teräksen väsymislujuutta. Tutkimuksien mukaan korroosioalttiissa ympäristössä väsymislujuus voi heikentyä jopa kymmenkertaisesti verrattuna korroosiolle altistumattomaan ympäristöön. [5, s. 14.]

2.2.3 Betonin karbonatisoituminen

Teräksiä suojaava betonin ominaisuus perustuu betonin korkeaan emäksisyyteen (pH =13...14). Suojaava ominaisuus menetetään betonin huokosveden pH:n laskiessa noin arvoon 8,5 betonin neutraloitumisreaktion eli karbonatisoitumisen takia. Karbonatisoituneessa betonissa teräksen passiivikalvo tuhoutuu ja raudoitteiden korroosio pääsee käynnistymään. Neutraloitumisreaktion aiheuttaa betoniin tunkeutuva ilman hiilidioksidi, joka reagoi sementtikiven kanssa. [3, s. 22; 5, s. 17.]

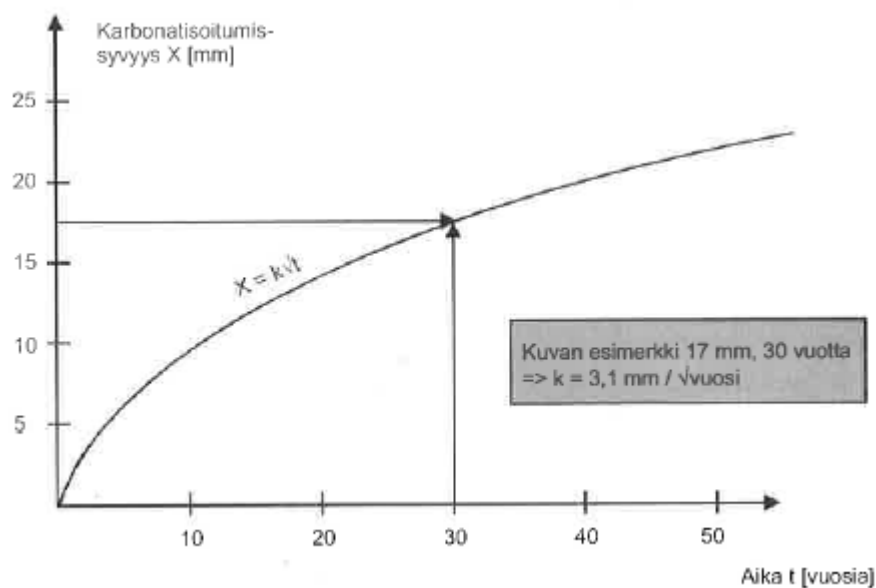
Karbonatisoituminen alkaa betonin sisältämän kalsiumhydroksidin reagoiessa ilman hiilidioksidin kanssa seuraavan yksinkertaistetun reaktioyhtälön mukaisesti:



Tasalaatuisessa betonissa karbonatisoituminen etenee tasaisena rintamana rakenteen ulkopinnasta lähtien syvemmälle betoniin. Betonin laatutekijöillä on suuri vaikutus karbonatisoitumisnopeuteen. Karbonatisoitumisen eteneminen on hitaampaa tiiviissä ja korkean kalsiumhydroksidipitoisuuden omaavassa betonissa. Betonin tiiviytteen ja kalsiumpitoisuuden vaikuttavia tekijöitä ovat vesisementtisuhde sekä sideaineen tyyppi ja laatu. Muita karbonatisoitumisnopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat betonin halkeilu ja huokosrakenne, joiden takia betonin seos- ja lisäaineilla sekä jälkihoidolla on merkittävä vaikutus karbonatisoitumisen etenemiseen. Käytännössä esimerkiksi julkisivuelementtien ulkokuoren betoni on harvoin tasalaatuista ja karbonatisoituminen etenee epätasaisesti. [3, s. 22; 5, s. 17.]

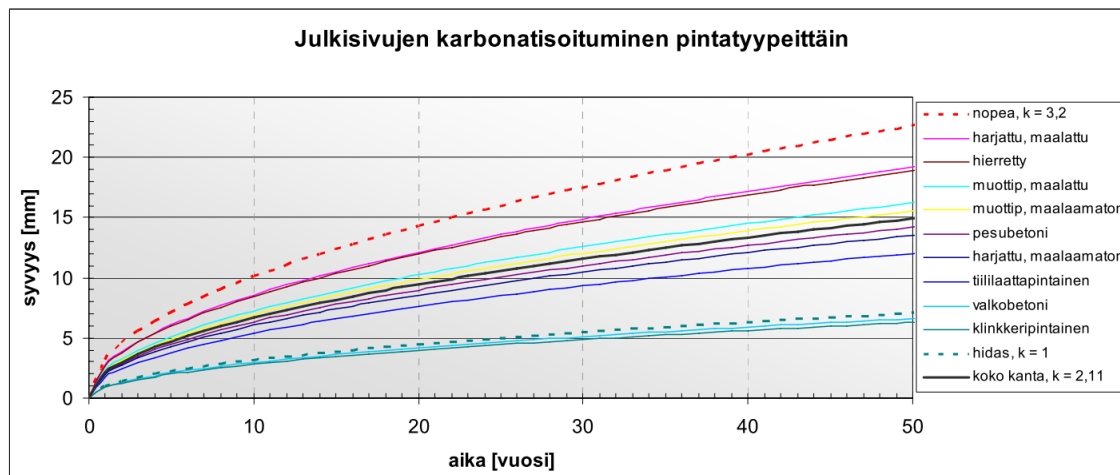
Rakenteen kosteusrasitukset vaikuttavat karbonatisoitumisnopeuteen hidastavalla tavalla. Korkea kosteuspitoisuus hidastaa karbonatisoitumista, koska hiilidioksidin tunkeutuminen betoniin vähenee betonin sisältämien huokosten täytyessä vedellä ja liuenneessa muodossa oleva kalsiumhydroksidi voi kulkeutua syvältä betonista sadeveden mukana pintaa kohden. Esimerkiksi karbonatisoituminen on usein erittäin hidasta parvekelaattojen yläpinnassa toisin kuin sateelta suojatuissa rakenteissa se on huomattavasti nopeampaa. Karbonatisoitumiselle otollisissa olosuhteissa on kuitenkin oltava kosteutta, koska reaktion tapahtuminen vaatii vesiliuoksen, joten todella kuivissa rakenteissa karbonatisoituminen pysähtyy. [3, s. 22–23; 8, s. 17.]

Karbonatisoitumissyvyyden ennustamista kuvataan yleensä neliöjuurimallilla $x = k\sqrt{t}$, missä x kuvaa karbonatisoitumissyvyyttä millimetreinä, k on karbonatisoitumiskerroin ($\text{mm}/\sqrt{\text{a}}$) ja t on aika (a). [3, s. 23.]



Kuva 2. Neliöjuurimallin mukainen karbonatisoitumisen eteneminen ajan funktiona [3, s. 23]

Rakenteiden pinnoitteet ja pintamateriaalit antavat suojaa betonirakenteelle karbonatisoitumista vastaan. Esimerkiksi julkisivujen klinkkerilaattapintaisissa elementeissä hiilidioksidin tunkeutuminen betoniin estyy huomattavasti, jonka takia karbonatisoituminen on erittäin hidasta. Tiiviit laattapinnoitteet myös hidastavat elementin rakennusaikaista kuivumista, jonka takia elementin ulkopinta saa paremman jälkihoidon. Orgaaniset maalit ja suojaavat pinnoitteet luovat myös hiilidioksidin diffuusiota hidastavan pintakalvon, mutta maalikalvon epäyhtenäisyys ja pinnoitteiden tehollinen käyttöikä ovat huomioitavia seikkoja rakenteen kunnossapidon kannalta. [3, s. 24.]



Kuva 3. Keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys eri pintatyypeillä BeKo-tietokannan mukaan. [6, s. 37]

2.2.4 Kloridit

Karbonatisoitumisen lisäksi betonirauδοitteiden korroosiota voi aiheuttaa kloridit. Rakenteille haitallisten kloridien lähteitä ovat esimerkiksi merivesi sekä katujen ja piha-alueiden liukkaudentorjuntasuolat. Korroosioprosessi saa alkunsa, kun kloridit tunkeutuvat betonin huokosiin ja saavuttavat raudotteiden tason. Klorideista aiheutuva korroosio perustuu kloridi-ionien kykyyn purkaa raudoituksia korroosiolta suojaava passivoiva kerros. Kloridipitoisuuden raja-arvona pidetään noin 0,03...0,07 p- % betonin kokonaispainosta. [3, s. 25; 5, s. 20.]

Kloridien vaikutuksesta syntynyt korroosio on yleisesti voimakasta pistekorroosiota, varsinkin jos korroosion käynnistysvaihe on alkanut betonin kovettumisen jälkeen. Kloridikorroosiolle ominaista on, että vauriot havaitaan vasta kun korroosio on edennyt laajalle alueelle. Tämä johtuu siitä, että kloridikorroosiossa syntyvät korroosiotuotteet liukenevat paremmin betonin huokosvedeen kuin karbonatisoitumisen aiheuttamassa korroosiossa. Erona karbonatisoitumisen aiheuttamaan korroosioon on, että kloridikorroosio voi tapahtua alemmassa kosteuspitoisuudessa ja lämpötilassa. Alkanut kloridikorroosio kiihtyy karbonatisoitumisen johdosta, koska sementtikiveen sitoutunutta kloridia vapautuu huokosvedeen karbonatisoitumisen takia. [3, s. 25.]

2.2.5 Korroosion vaikutus rakenteissa

Julkisivuelementit

Raudotteiden korroosio muodostuu usein ongelmaksi elementtien pieli- ja reunateräksien kohdilla, joissa suojabetonin paksuus on usein liian pieni ja karbonatisoituminen etenee ulkopinnan lisäksi elementtien sivusuunnasta. Tämän vuoksi kuntotutkimuksissa on tarkasteltava erikseen pieliteräksien korroosioriskiä, vaikka elementin keskikohdilla korroosioriski olisikin alhainen. 5-10 % kaikista raudotteista omaavat yleensä alle 15 mm paksuisen suojabetonikerroksen, jolloin korroosion riski kasvaa. Yleisesti raudotteet ovat suurelta osin pintatarvikkeen alla klinkkeri- ja tiililaattapintaisilla julkisivuelementeillä, jolloin suojabetonikerroksen paksuus on usein liian pieni. [3, s. 27.]

Korroosio vaikuttaa rakenteiden käytön turvallisuuteen, jonka takia korroosioriski on aina selvitettävä korjausten ja kuntotutkimuksien yhteydessä. Teräskorroosion vaikutuksesta lohkeava betonikappale tai laatta voi aiheuttaa vahinkoa pudotessaan. Ulkoseinäelementtien verkko- ja pieliraudotteiden korroosion edetessä pitkälle ulkokuoren lujuus ja kiinnitykset voivat vaarantua, mutta alkuvaiheessa olevassa korroosiossa vauriot ovat usein lähinnä esteettisiä. Kuitenkin esimerkiksi pesubetonipintaisissa elementeissä betonikerrosten rajapinnassa esiintyvä teräskorroosio voi irrottaa koko uloimman kerroksen. [3, s. 27.]

Parvekerakenteet

Parvekerakenteissa teräskorroosiolle tyypillisesti altistuvia kohtia ovat ohuet kaiderakenteet ja erilaiset pieliteräkset, joissa suojabetonikerroksen paksuus on usein liian ohut. Teräskorroosio aiheuttama betonin lohkeilu saattaa vaarantaa ympäristön turvallisuutta, mutta usein vauriot näissä rakenteissa ovat lähinnä esteettisiä. Korroosio voi vaikuttaa hoikkien pilareiden toimintaan betonin lohkeilun seurauksena. Parvekelaattojen alapinnassa raudotteiden korroosio on yleensä varsin hidasta alhaisen kosteusrasituksen takia, vaikka karbonatisoituminen on usein saavuttanutkin raudotteet. Tästä syystä näkyviä korroosiovaurioita usein syntyy vasta vuosia jatkuneen aktiivisen korroosio seurauksesta. [3, s. 28.]

Rakenteen kosteusteknisen toiminnan heikkous ja laattojen vedeneristyksen puute nopeuttavat aktiivista korroosiota. Parvekelaatan alapinnan tippauran puuttuminen ja laatan ja kaiteen välisellä raolla toteutettu vedenpoisto lisäävät korroosion riskiä ja laajuutta. [3, s. 27.]

2.3 Rapautuminen

Betonin rapautuminen tarkoittaa betonin huokosverkoston sisäisen paineen aiheuttamia vaurioita, jotka ilmenevät halkeiluna ja säröilyinä, joiden seurauksena betonin lujuus heikentyy paikallisesti. Rapautumista aiheuttavat seuraavat turmeltumisilmiöt: [3, s. 29]:

- pakkasrapautuminen
- ettringiittireaktio
- alkalikiviainesreaktio.

Rapautumisilmiöistä merkittävin Suomen olosuhteissa oleville ulkobetonirakenteille on pakkasrapautuminen, mutta muutkin rapautumisilmiöt ovat mahdollisia yksittäistapauksina. Rapautumisen aiheuttaneen turmeltumisilmiön tunnistaminen on silmämääräisesti hankalaa, koska niiden aiheuttavat näkyvät vauriot ovat hyvin samankaltaisia. Yhteistä kaikille rapautumisilmiöille on niiden olosuhteet, jokainen ilmiö vaatii korkean kosteusraituksen. [3, s. 29.]

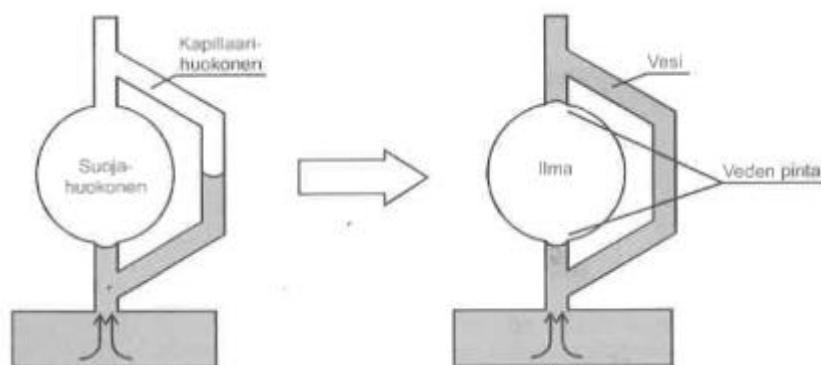
2.3.1 Pakkasrapautuminen

Pakkasrapautuminen aiheutuu veden jäätymislaajeneman synnyttämästä paineesta betonin huokosverkostossa, mikä kasvaa edelleen lämpötilan nousun aiheuttamasta jääkitteen tilavuuden kasvusta. [3, s. 29.]

Vapaan veden tilavuus kasvaa noin 9 % veden jäätyessä. Kestääkseen jäätymislaajenemisen aiheuttaman paineen, tulee betonissa olla suojahuokosia, jotka eivät täyty kapillaarivoimien vaikutuksesta vedellä. Näitä ilmahuokosia on oltava tasaisesta betonissa ja riittävän pienellä etäisyydellä, jotta vesi voi laajentuessaan tunkeutua huokosiin. Kaikki betonin huokosissa oleva vesi ei jäädy samassa lämpötilassa, vaan jäätyminen alkaa

suurimmista huokosista jatkuen pienempiin huokosiin. Suurimmissa huokosissa vesi jäätyy veden normaalin jäätympisteen mukaan, mutta pienimmissä geelihuokosissa huokosveden jäätympiste on huomattavasti alhaisempi. [3, s. 29.]

Rakenteet, jotka altistuvat toistuvalla jäätymis-sulamissyklille vaativat pakkasenkestävän ominaisuuden. Betonista saadaan pakkasenkestävää ainoastaan huokostin-lisäainetta käyttämällä, jolloin riittävän tiheet suojuhuokosten etäisyydet on mahdollista toteuttaa. Pakkaskestävyyttä parantavina huokosina voidaan pitää betonin kapillaarihuokosia suurempia ilmahuokosia niiden ollessa halkaisijaltaan suurempia kuin $10\ \mu\text{m}$ ($10 \times 10^{-3}\ \text{mm}$). Halkaisijaltaan suojuhuokokset ovat kuitenkin keskimäärin $\sim 150\text{...}300\ \mu\text{m}$. [3, s. 30.]



Kuva 4. Suojaavien ilmahuokosten toimintaperiaate vettä sisältävässä betonissa. [3, s. 29]

Pakkasrasituksille alttiiden rakenteiden lisähuokostuksen systemaattinen käyttö on aloitettu noin 1970-luvun puolivälissä, mutta voidaan olettaa suojuhuokostuksen olevan puutteellinen kaikissa ennen 1980-lukua valmistuneissa rakenteissa. Pakkasrasituksista aiheutuvilta vaurioilta on kuitenkin voitu välttyä huokostamattomien rakenteiden osalla, jos kosteusrasitukset on minimoitu ja betoni on ollut riittävän tiivistä. Oleellista vanhojen rakenteiden korjauksessa on, että kosteusrasitustasoa pyritään alentamaan. [3, s. 30.]

Lisähuokostuksen sekä alhaisen kosteusrasitustason lisäksi betonin tiiviys vaikuttaa merkittävästi betonirakenteen pakkasenkestävyyteen. Alhainen vesisementtisuhte sekä sillä saavutettu korkea betonin lujuus alentaa betonin vedenimukykyä sekä veden imeytymisen nopeutta, joiden seurauksena pakkasrapautumaan vaikuttava jäätyvän veden määrä pienentyy. [3, s. 31..]

Pakkasrasituksen aiheuttamat vauriot ilmenevät betonin säröilyinä, joka lisää veden imeytymisnopeutta sekä heikentää betonin lujuutta. Rasituksen toistuessa usean jääty-mis-sulamissyklin ajan, betonirakenne rapautuu. Pakkasrapautuminen aiheuttaa betonin pinnan halkeilua, elementtien kaareutumista ja betonin lohkeilua. Vaurioiden estämiseksi olisi oleellista havaita pakkasrapautuminen alkuvaiheessa, jolloin rasituksia voitaisiin pienentää ajoissa. Ongelmana on, että silmämääräinen pakkasrapautumisen havainnointi onnistuu vasta pitkälle edenneestä rapautumisesta. [3, s. 31.]



Kuva 5. Pitkälle edenneen pakkasrapautuman aiheuttamaa betonin lohkeilua.

2.3.2 Ettringiittireaktio

Ettringiittimineraali on Portlandsementin hydrataatiotuote, joka vaikuttaa oleellisesti betonin varhaislujuuden kehitykseen sekä pidemmällä aikavälillä betonin stabiiliuteen. Ettringiittireaktio on sulfaattimineraalien kemiallinen reaktio, joka tapahtuu kovettuneessa betonissa. Ettringiittireaktioon liittyy oleellisesti reaktiotuotteiden voimakas tilavuudenkasvu. Reaktion seurauksena syntyvän kiinteän ettringiitin tilavuus voi olla jopa 130–140 % suurempi kuin lähtöaineiden tilavuus. [3, s. 33.]

Syntyvä ettringiittimineraali pienentää suoja-
huokosseinämien pinnalle, josta seuraa pakkasenkestävyyden heikentyminen. Suoja-
huokosten toiminnan häiriintymisen takia betoni voi rapautua pakkasrasituksen vaikutuk-
sesta tai jopa reaktiotuotteiden tilavuudenkasvun aiheuttaman paineen seurauksena. [3,
s. 34.]

Betonin voimakas kovettumisen aikainen lämpökäsittely voi aiheuttaa betonin hydrataa-
tioreaktion häiriintymistä, joka on syynä ettringiittireaktiolle. Ettringiittireaktion mahdolli-
suus on siis suurin voimakkaasti lämpökäsittelyissä elementeissä, jotka ovat alttiina kor-
kealle kosteusrasitukselle. Ettringiittireaktion aiheuttaman rapautumisen vauriot ovat sil-
mämääräisesti arvioituna hyvin samankaltaisia kuin tavanomaisen pakkasrapautuman,
mutta ettringiittireaktion aiheuttaman rapautumisen voi havaita ohutietutkimuksessa il-
menevien huokosten seinämiin kiteytyneiden ettringiittimineraalien avulla. [3, s. 33–34.]

2.3.3 Alkalikiviainesreaktio

Alkalikiviainesreaktio on paisumisreaktio, joka voi aiheuttaa betonin rapautumisen. Re-
aktio tapahtuu betonin kiviaineksessa ja se aiheutuu sementtikiven alkalisuudesta. Alka-
likiviainesreaktio jaetaan yleensä reagoivasta kiviaineksesta riippuen kolmeen osaan:
alkali-pioksidi-, alkali-silikaatti- ja alkali-karbonaattireaktioon. Reaktion toteutuminen on
mahdollista, jos seuraavat kolme edellytystä täyttyvät:

- sementin runsas alkalipitoisuus (natrium, kalium)
- kiviaineksessa on mineraaleja, jotka kestävät heikosti alkalisuutta
- betonissa on riittävän korkea kosteuspitoisuus. [3, s. 35.]

Alkalikiviainesreaktion aiheuttamat vauriot ovat usein samanlaisia kuin pakkasrapautu-
misessa ja ne esiintyvätkin usein samanaikaisesti. Merkittävin ero on syntyvän halkeilun
rakenteessa, joka on alkalikiviainesreaktiossa tasaista koko rakenteessa, toisin kuin pak-
kasrapautumisessa halkeilu on voimakkainta rakenteen ulkopinnassa. Alkalikiviainesre-
aktiosta tyypillisesti seuraa myös pinnan kosteudesta johtuvaa laikukkuutta, epäsään-
nöllistä paisumista ja verkkohalkeilua, josta vuotaa ulos geelimäistä reaktiotuotetta. [3,
s. 35.]

Alkalikiviainesreaktio on Suomen olosuhteissa harvinainen ilmiö, koska suomalaiset syväkivilajit kestävät kemiallisia rasituksia suhteellisen hyvin. Vaurioiden samankaltaisuudesta ja suomalaisen kiviaineksen ominaisuuksista johtuen on suomalaisissa betonijulkisivu- ja parvekerakenteissa havaittu vain yksittäisiä alkalikiviainesreaktion aiheuttamia vaurioita. Ulkomaisen, huonommin kemiallista rasitusta kestävän, kiviaineksen sekä murskatun kiviaineksen käyttö lisäävät alkalikiviainesreaktiosta johtuvan rapautumisen riskiä. [3, s. 35–36.]

2.3.4 Rapautumisen vaikutus rakenteissa

Julkisivuelementit

Betonin rapautumisen aiheuttamat ongelmakohdat ulkoseinäelementeissä on raudoitteiden ankkurointien ja kerroksellisten ulkokuorien kohdalla. Ulkokuorten lujuuden heikentymisellä ei ole merkittävää vaikutusta rakenteen kantavuuteen, koska rakennusrungon kantavina osina toimivat elementtien sisäkuoret, mutta ulkokuori voi toimia sisäkuoren jäykistävänä osana. [3, s. 36.]

Taustabetonin pitkälle edennyt rapautuminen voi kerroksellisissa ulkokuorissa vaikuttaa merkittävästi koko uloimmaisen kerroksen kiinnitykseen. Kerroksellisissa ulkokuorissa kuten pesubetonipintaisissa elementeissä rapautumista ei ole mahdollista havaita silmämääräisesti, koska rapautuminen tapahtuu piilossa. Pakkaskestävyyden puutteiden vuoksi pesubetoni- sekä klinkkerilaattapintaiset elementit altistuvat useimmiten pakkasrapautumiselle [3, s. 36–37.]

Parvekerakenteet

Betonin rapautuminen on tyypillisintä parvekkeiden pielissä ja kaiteissa betonin lujuusluokan ollessa alle K25. Rapautumiselle alttiita rakenteita ovat myös erilaiset pilarit. Voimakkaalle kosteusrasitukselle altistuvilla rakenteilla betonin rapautuminen on yleisintä. Näitä kosteudelle alttiita kohtia ovat usein pielielementtien ylä- ja etureunat sekä kaiteiden yläreunat. Piel- ja laattaelementtien saumat lisäävät rapautumisen riskiä merkittävästi, koska niistä voi imeytyä runsaasti kosteutta rakenteisiin. [3, s. 37.]

Parvekkeen piilien pitkälle edennyt rapautuminen voi heikentää koko parvekerakenteen kantavuutta. Pieliä huomattavasti rapautumiselle herkempiä ovat ohuet pilarit, joissa koko poikkileikkauksen läpi ulottuva rapautuminen voi heikentää merkittävästi koko rakenteen kantavuutta. [3, s. 37.]

Kaiteiden osalla rapautuminen aiheuttaa kiinnitysosien ankkuroinnin heikentymistä ja voi täten vaarantaa koko kaiteen kiinnityksen. Rapautumisesta seuraava rakenteen lisääntynyt halkeilu usein kiihdyttää myös raudoitteiden aktiivista korroosiota, jolloin vaurioiden yhteisvaikutuksesta kaiderakenteen toiminta heikkenee entisestään. [3, s. 37.]

Korkean lujuusluokan omaavissa elementtirakenteisissa parvekelaatoissa betonin rapautuminen ei ole yleistä. Alle K30 lujuusluokan paikallavalettujen ulokeparvekkeiden etureunat ovat puolestaan alttiimpia betonin rapautumiselle alhaisemman lujuusluokan sekä usein puutteellisen vedenpoiston sekä vedeneristyksen takia. [3, s. 37.]

3 Korjaustavat

Kuntotutkimuksen päämäärä on saada tietoa rakenteen kunnosta ja korjaustarpeesta, joiden perusteella rakenteen korjaustapa sekä korjausajankohta valitaan. Rakenteen kunto määrittää, mitkä ovat teknisesti mahdollisia ja kustannustehokkaita korjaustapoja. [3, s. 50.]

Tässä luvussa on esitelty tavallisimmat korjausvaihtoehdot ja miten vaurioiden etenemiseen voidaan niillä vaikuttaa. Korjaustavat on jaoteltu seuraavasti:

- pinnoitus- ja paikkakorjaukset
- peittävät korjaukset
- purkaminen ja uudelleenrakentaminen. [3, s. 50.]

3.1 Ei korjaustoimenpiteitä

Julkisivujen ja parvekkeiden korjaustarvetta mietittäessä on syytä harkita, että tarvitseeko korjaustoimenpiteet aloittaa välittömästi vai voidaanko saavuttaa taloudellisempi ja teknisesti toimivampi ratkaisu siirtämällä korjaus myöhempään ajankohtaan. [3, s. 50.]

Korjauksen ajankohdan siirtäminen ja rakenteen teknisen käyttöiän loppuun hyödyntäminen voi olla kannattava ratkaisu, jos esimerkiksi näkyvät korroosiovauriot tulevat lisääntymään ja siitä ei ole turvallisuuden tai esteettisyyden kannalta haittaa. [3, s. 50.]

3.2 Pinnoitus- ja paikkakorjaukset

3.2.1 Kevyt pinnoituskorjaus

Kevyt pinnoituskorjaus sisältää betonirakenteen pintakäsittelyn uusimisen sekä yleensä suhteellisen vähäisiä laastipaikkauksia. Vanhaa pinnoitetta ei usein poisteta, vaikka sen tekemisellä rapautuma- ja korroosio vaurioiden laajuus ilmenisi tarkemmin ja korjaus olisi laajempi. Kevyen pinnoituskorjauksen yhteydessä uusitaan joissakin tapauksissa esimerkiksi julkisivusaumaukset. [3, s. 50–51.]

Kevyet pinnoituskorjaukset toteutetaan yleensä kevyenä maalauskorjauksena, jossa vain näkyvät vauriot korjataan. Työn laadun ja korjauksen käyttöiän määrittää usein työntekijöiden huolellisuus, koska korjaustyöhön ei yleensä sisälly erityistä laadunvarmistusta. Laadunvarmistuksen sisällyttämisellä käyttöiän varmistaminen parantuisi ja keskeisiin liittyvät riskit alentuisivat. [3, s. 51.]

Huolellisella työllä ja oikeilla materiaalivalinnoilla korjaus voi hidastaa vaurioiden etene mistä sekä vähentää rakenteen kosteusrasitusta, mutta saavutettava käyttöiän pidentyminen on vaikea arvioida. Hyötyjen saamiseksi on kuitenkin huomioitava oikeanlainen alustan esikäsittely sekä saumojen ja pellityksien toimivuus. [3, s. 51.]

Kevyellä pinnoituskorjauksella on yleensä lyhyt käyttöikä, mutta se voi olla perusteltu ratkaisu rakenteille, joiden rasitustaso on alennettava, ja joissa laajoja vaurioita ei ole odotettavissa lähitulevaisuudessa. Korjaus voi olla myös tarpeen, kun tarkoituksena on

tehdä hankintahinnaltaan halpa korjaus ennen suhteellisen nopeasti tulevaa perusteellista korjausta. [3, s. 51.]

3.2.2 Perusteellinen laastipaikkaus- ja pinnoituskorjaus

Perusteellinen laastipaikkauskorjaus sisältää paikallisten korroosio- ja rapautumisvaurioiden sekä erilaisten kolhujen yms. paikkaamista betonirakenteessa. Korjaukselle oleellista on huolellinen suunnittelu, vaurioiden ennakkokartoitus ja korjaustyön laadunvarmistus. Perusteellisessa korjauksessa myös ennakoidaan tulevat korroosiovauriokohdat tarkastelemalla suojabetonin paksuuksia. Rakenteen lujuuden tai kiinnityksien kannalta tarpeettomat korroosiotilassa olevat teräkset pyritään yleensä poistamaan korjauksen aikana. [3, s. 51.]

Laastipaikkaustyö koostuu useasta eri työvaiheesta, joilla on merkittäviä vaikutuksia käyttöikään ja rakenteen toimintaan. Tästä syystä johtuen laadunvarmistus sekä ammattitaitoiset työntekijät ovat merkittävässä asemassa korjaustyön lopputuloksen kannalta. Laastipaikkauksen työvaiheita ovat:

- betonin poistaminen vauriokohdista
- alustan esikäsitteleminen ja puhdistus
- terästen puhdistus
- terästen suojaaminen
- tartuntalaastin asennus
- varsinaisen paikkauslaastin asennus
- tasoitus
- jälkihoito
- pinnoitus. [3, s. 52.]

Laastikorjauksessa paikatun betonirakenteen pinnoitus usein uusitaan. Huomioitavaa uuden pinnoitteen valinnassa on korjattavan rakenteen kosteustekninen toiminta. Esimerkiksi parvekerakenteiden kosteudelle alttiit ulkopinnat on suositeltavaa käsitellä veden kapillaarisen imeytymisen estävällä pinnoitteella, mikä myös läpäisee vesihöyryä ja siten mahdollistaa rakenteen kuivumisen. [3, s. 52.]

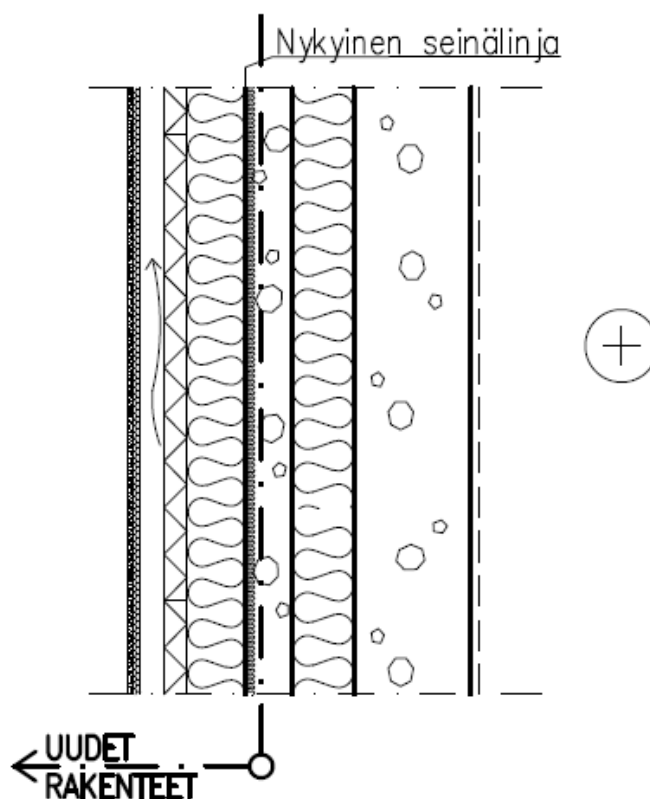
Laaja ja huolellisesti tehty laastipaikkakorjaus sekä kosteusteknisesti toimiva pinnoite hidastavat merkittävästi terästen aktiivista korroosiota. Perusteellinen laastipaikkaus- ja pinnoituskorjaus soveltuu kohteisiin, jossa korjattavat alueet ovat paikallisia. Laaja-alaisissa paikkaustarpeissa (esim. 1 m aukipiikkausta ja paikkausta julkisivuneliometriä kohden) korjaustyön kokonaiskustannukset ovat lähes samaa luokkaa kuin halvimmilla pintarakennevaihtoehdoilla toteutettujen peittävien korjauksien kustannukset. Laastipaikat saattavat heikentää rakenteen esteettistä ilmettä, jos koko korjattua pintaa ei ylitasoiteta, joka lisää merkittävästi korjauskustannuksia entisestään. [3, s. 52.]

Pinnoitustyyppinen korjausmenetelmä on usein riittämätön rakenteissa, joissa on pakasrapautumaa, koska vaurioiden eteneminen ei hidastu riittävästi. Tällöin päädytään usein raskaampiin ja tehokkaampiin suojaaviin korjausmenetelmiin. Laastipaikkauksen kustannukset nousevat korkeiksi klinkkeri- ja tiililaattapinta-aisilla elementeillä. [3, s. 52.]

3.3 Peittävät korjaukset

Peittävän korjauksen periaatteena on vähentää rakenteen kosteusrasituksia merkittävästi peittämällä vaurioitunut rakenne uudella pintaverhouksella. Huomattavalla kosteusrasituksen alentamisella betonin rapautuminen saadaan pysäytettyä sekä raudotteiden korroosiota hidastettua. Verhoustyön yhteydessä julkisivun lämmöneristettä voidaan myös lisätä ja vanhojen rakennuksien kohdalla vaatimuksien mukaisen energiatehokkuuden saavuttamiseksi se on joskus pakollistakin. Lisälämmöneristykseen vaikutuksella saavutetaan ulkoseinän tehokkaampi kuivumisvaikutus, koska alkuperäisen rakenteen lämpötila kohoaa. Pysähtyvien vaurioiden etenemisen takia olemassa olevien vaurioiden korjaus ei ole aina välttämätöntä. [3, s. 53.]

Kevyet verhoukset voidaan useimmiten kiinnittää elementin ulkokuoreen, jos ulkokuori on riittävän lujaa ja sen kiinnitys on riittävä, mutta kiinnitysvarmuus on erikseen tarkastettava. Kiinnitysvarmuuden ollessa riittämätön, tulee ulkokuori ja/tai verhouksirakenne ankkuroida sisäkuoreen. Pitkälle edenneen rapautumisen tai kaareutuneiden elementtien osalla ulkokuori voidaan joutua purkamaan, mutta yleensä se ei ole tarpeellista. [3, s. 53–54.]



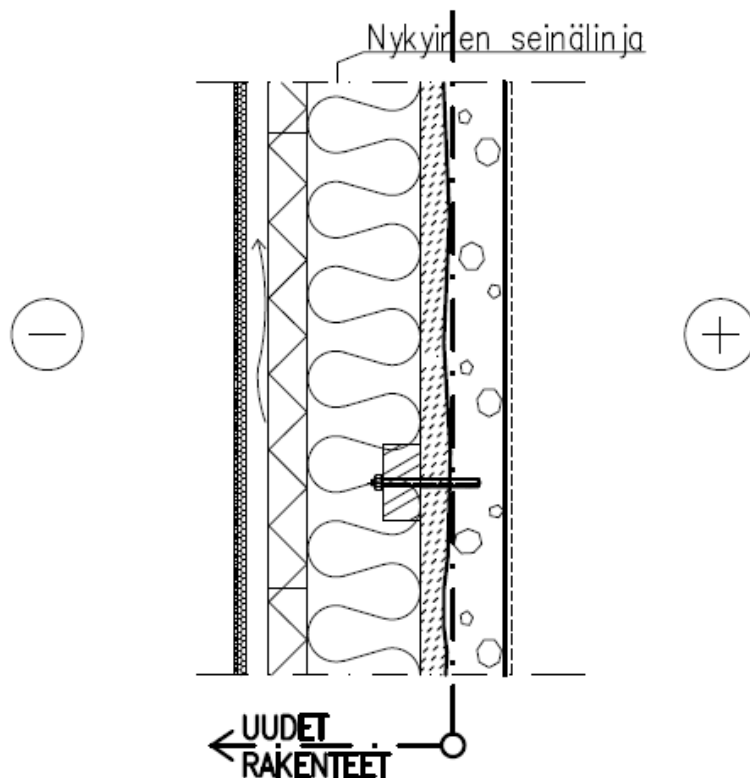
Kuva 6. Tyypillinen lisäeristetty ja tuulettuva peittävä korjaus.

Peittävä korjaus soveltuu rakenteille, joissa on näkyviä korroosio- tai rapautumavaurioita tai runsaita odotettavissa olevia vaurioita, joiden paikallinen korjaaminen ei ole kustannuksiltaan järkevää tai ovat teknisesti mahdottomia korjata. Korjaustapaa hyödynnetään usein myös rakenteissa, joiden ulkokuoren kiinnitykset ovat osin vaurioituneet tai ovat vaurioitumassa. [3, s. 54.]

3.4 Purkaminen ja uudelleenrakentaminen

Rakenteen purkaminen ja uudelleenrakentaminen tarkoittaa vaurioituneen julkisivurakenteen tai sen osan uusimista. Korjaustapaa käytetään usein silloin, kun paikkaus- tai verhoukorkorjaus ei ole teknisesti tai taloudellisesti kannattavaa vaurioitumisen laaja-alaisuudesta tai pitkälle etenemisen johdosta. Myös ulkokuoren kelpaamattomuus uuden rakenteen alustaksi voi olla syynä purkamiselle. Esimerkiksi erittäin kaareutuneet elementit eivät sovi alustaksi eristerapatulle verhoukselle ja silloin ulkokuoren purkaminen voi olla tarpeellinen ratkaisu. Purkaminen ja uudelleenrakentaminen voidaan toteuttaa

purkamalla vain vaurioituneimmat elementit tai koko rakennekokonaisuuden uusimisenä. [3, s. 55.]



Kuva 7. Esimerkki puretusta ulkokuoresta. Lisäeristetty ja levyrapattu ulkoseinä.

Parvekkeiden osalla kestävyys- ja käytettävyyden kannalta laadukkaampi lopputulos saavutetaan usein uusimalla vanha rakenne kokonaisuudessaan. Perusteellisen korjauksen kustannukset nousevat usein lähelle koko rakenteen uusimisen kustannuksia, koska korjattavaa pintaa on usein 5...8-kertainen määrä lattiapinta-alaan verrattuna. Elementtirakenteisten parvekkeiden uusiminen on yleensä myös suhteellisen yksinkertaista. [3, s. 55.]

3.5 Rasiustason alentaminen

Korjaustavasta riippumatta korjauksessa tulisi vähintään pyrkiä alentamaan rakenteen kosteusrasituksia ja siten hidastamaan vaurioiden etenemistä tai estää niiden syntymisen. Varsinkin betonin rapautumisen ja raudoitusten korroosion eteneminen hidastuvat merkittävästi kosteusrasituksien alentuessa. [3, s. 56.]

Rasiustasoa voidaan alentaa myös suojaamalla rakennetta muilta vaurioitumiseen vaikuttavilta aineilta, kuten hiilidioksidilta tai hapelta, mutta kosteusrasituksen alentaminen on selkeästi helpoin toteuttaa. Kuitenkin kosteusrasituksien alentaminen vaatii tarkkaa detajli-suunnittelua toteutuakseen. [3, s. 56.]

Rasiustasoa alentavan keinon käyttökelpoisuus riippuu pitkälti rakenteesta ja sen rasiustolosuhteista. Esimerkkejä rasiustasoa alentavista menetelmistä:

- suojaavat pinnoitteet, joilla on vettä hylkivä ominaisuus
- saumojen vaihtaminen vedenpitäviksi
- pellitysten kallistuksien muuttaminen jyrkemmiksi ja esim. räystäiden ulottuman lisääminen
- vastakallistuksien lisääminen
- viisto- ja vaakapintojen pellittäminen suojaamattomilta osin
- rakenteen kuivumisen edesauttaminen esim. elementtisaumojen tuulettavuuden parantaminen
- pintaverhouksen tekeminen. [3, s. 57.]

Erityisesti parvekkeille soveltuvat rasiustasoa alentavat menetelmät:

- hallitun veden poiston tekeminen
- parvekkeiden lasittaminen
- parvekelaatan vedeneristäminen
- pieliseinien, pilarien ja kaiteiden sadesuojaaminen pintaverhoilulla
- saumojen kittaaminen. [3, s. 57.]

3.6 Erikoismenetelmät

3.6.1 Inhibiittorit

Inhibiittorit ovat aineita, jotka hidastavat kemiallista reaktiota. Betonirakenteiden korjauksessa niillä tarkoitetaan betoniin lisättäviä aineita, joilla voidaan hidastaa karbonatisoituneessa tai kloridipitoisessa betonissa esiintyvää aktiivista korroosiota. Inhibiittoreita lisätään betoniin imeytettyinä sekä korjauslaastiin sekoitettuna. [3, s. 57.]

Korroosioinhibiittorien toiminta perustuu aineen kykyyn tukahduttaa sähkökemiallisen korroosiparin toinen tai molemmat elektrodit ja siten estää betoniterästen korroosio. Inhibiittorit jaetaan anodisiin-, katodisiin ja yhdistettyihin inhibiittoreihin sen mukaan, että kumman elektrodin se tukahduttaa. [7, s. 16–17.]

Koetulosten mukaan varmissa korroosiota estäviä tuloksia on saatu yhdistetyillä inhibiittoreilla, mutta kokeiden seuranta on ollut lyhytaikaista. Tuntemattomien pitkäaikaisvaikutuksien takia inhibiittoreiden käyttöä ei voida tällä hetkellä suositella. [3, s. 57; 7, s. 3.]

3.6.2 Ruiskubetonointi

Ruiskubetonointi on korjausmenetelmä, jolla voidaan vahvistaa betonia sekä lisätä raudoitusten suojabetonikerrosta. Ruiskubetonoinnissa betonimassa ruiskutetaan rakenteen esikäsiteltyyn pintaan paineilman avulla. Menetelmä soveltuu rakenteiden pysty- ja alapintoihin, esim. parvekelaattojen pohjiin. Julkisivupintoihin ruiskubetonoinnilla saatava pinta ei ole sellaisenaan riittävän hyvä, joten se vaatii jälkihoitoa. Tuoretta ruiskubetonipintaa voi kuitenkin työstää esim. hiertämällä. [3, s. 58.]

Ruiskubetonointia harkittaessa tulee ottaa huomioon rakenteen omanpainon kasvu, joka on noin 0,3-1,0 kN/m². Heikoille betonipinnoille ruiskubetonointi ei ole suositeltua. [3, s. 58.]

3.6.3 Betonin uudelleenalkalointi

Betonin uudelleenalkalointi tarkoittaa raudotteiden korroosiosuojan palauttamista karbonatsoituneessa betonissa. Korroosiosuojaus palautuu betonin pH-arvon noustessa yli 10,5, jolloin raudotteita suojaava passiivikerros voidaan ylläpitää. Uudelleenalkalointi toteutetaan kahdella eri menetelmällä, jotka ovat sähkökemiallinen uudelleenalkalointi (realkalointi) ja uudelleenalkalointi sementtipohjaisella pinnoitteella (passiivinen uudelleenalkalointi). [3, s. 58; 8.]

Sähkökemiallisessa uudelleenalkaloinnissa betonin huokosverkostoon imeytetään natriumkarbonaattiliuosta, jolloin suojaavan ominaisuuden menettänyt raudotteiden pinta-betonikerroksen alkalisuus kohoaa ja suojaava ominaisuus palautuu. Natriumkarbonaattiliuosta imeytetään betonirakenteeseen rakenteen ulkopuolisen anodijärjestelyn ja heikon sähkövirran avulla noin viikon ajan, jonka jälkeen anodijärjestely puretaan. Tehokain ajankohta uudelleenalkaloinnille on, kun merkittäviä korroosiovaurioita ei ole vielä syntynyt, mutta karbonatsoitumisvyöhyke on saavuttanut raudotteiden tason. [3, s. 58; 8.]

Passiivinen uudelleenalkalointi toteutetaan vuorostaan karbonatsoituneeseen betonipintaan tehtävällä sementtipohjaisen tuotteen käsittelyllä. Passiivisen uudelleenalkaloinnin toiminta perustuu uuden alkalisen pinnoitteen ja karbonatsoitumattoman taustabetonin kykyyn lisätä karbonatsoituneen betonin alkalisuutta ja täten pysäyttää sen eteneminen. Uudelleenalkalointi voidaan toteuttaa valamalla korkealaatuista betonia (esim. laattojen yläpinnat ja pilareiden mantteloinnit) tai ruiskubetonoinnilla (pysty- ja alapinnat), jos raudotteet ovat liian pinnassa ja suojabetonikerrosta pitää kasvattaa. Menetelmän käytössä huomioitavaa on rakenteen painon kasvaminen, kun kerrospaksuutta lisätään yleensä noin 15–30 mm. [3, s. 58–59.]

3.6.4 Katodinen suojaus

Katodinen suojaus tarkoittaa raudotteiden korroosion estämistä tai pysäyttämistä rakenteeseen pysyvästi asennetun anodijärjestelyn kautta johdetun heikon suojavirran avulla. Katodista suojausta käytetään lähinnä kloridikorroosion vaurioittamiin betonirakenteisiin, joita ei ole mahdollista tai kustannustehokasta purkaa ja uudelleen rakentaa. Suojauksen

toiminta perustuu suojavirran vaikutukseen, jolla raudoitusten potentiaali muuttuu negatiivisemmaksi ja kloridi-ionit liikkuvat kohti anodijärjestelyä. Suojauksen aikaansäämiseksi syötettävän sähkövirran kustannukset ovat suhteellisen alhaiset, mutta rakentamiskustannukset katodiselle suojaukselle ovat korkeat. Suojauksen käyttö rajoittuu pitkälti siltojen korjaukseen, joka johtuu yleisesti korkeammista kloridirasituksista. [3, s. 59; 9.]

3.7 Korjausten käyttöikä

Korjauksen taloudellisuuden määrittävät kustannuksien lisäksi korjauksen käyttöikä. Merkittävimmät korjauksen käyttöikään vaikuttavat tekijät ovat:

- rakenteen kunto suhteessa valittuun korjausmenetelmään
- rakenteen vaurioiden eteneminen tulevaisuudessa
- korjaustyön ja korjaussuunnittelun laatu
- rasiustaso
- tehtävän korjauksen vaurioituminen
- rakenteen huolto ja ylläpito. [3, s. 59.]

Taulukko 1. Tyypillisiä käyttöikäarvioita eri korjaustavoilla. [3, s. 61]

merkkintöjen selitykset	Alustan ominaisuuksien vaikutus korjaustavan soveliaisuuteen	Alustan ominaisuuksien vaikutus korjatun rakenteen käyttöikään	Riskialtius (käytön epävarmuus)	Tyypillinen käyttöikäarvio	Huollon ja seurannan tarve	Vaikutus ulkonäköön	Suunnittelutyön määrä	Laadunvarmistuksen tarve	Erikoisurakoinnin tarve
Ei korjaustoimenpiteitä	xxx	xxx	xxx	?	xxx	o	x	o	o
Kevyt pinnoituskorjaus	xx	xxx	xxx	5 - 10	xx	x	x	x	o
Laastipaikkaus- ja pinnoituskorjaus	xxx	xxx	xx	10 - 20	x	x	xxx	xxx	xx
Inhibiittorit	xx	xxx	xxx	?	x	x	xx	xxx	o
Päälle tehtävä pintarakenne									
kevyet levyverhoukset	x	x	x	15 - 50	x	xxx	xx	x	o
eristerappaus	xx	x	x	15 - 50	xx	xxx	xx	xx	xx
kuorimuuraus	o	x	x	> 50	x	xxx	xx	xx	o
täysikokoiset kuorielementit	o	x	x	> 50	x	x	xxx	xx	x
Rakenteen korvaaminen uudella	x	o	x	> 50	?	o	xxx	xx	o

3.8 Haitalliset aineet

3.8.1 Asbesti

Julkisivujen ja parvekkeiden korjaustöissä tulee aina huomioida pinnoitteissa ja levytuotteissa käytetty asbesti. Materiaalien asbestipitoisuudet on selvitettävä tutkimuksin viimeistään korjaussuunnittelun aikana, mutta mieluummin jo kuntotutkimuksen aikana, jotta asbestin vaikutukset voidaan huomioida jo korjausprojektin alkuvaiheessa. [3, s. 62.]

Asbestipitoisten materiaalien purkutyöt toteutetaan asbestityönä, joka vaatii erityiset työmenetelmät, -suojaukset ja -jätteiden käsittelyt. Asbestityötä tehtäessä urakoitsijalla tu-

lee olla työsuojelupiirin valtuutus asbestitoille. Joissakin tapauksissa esimerkiksi julkisivulevyjen poisto voidaan toteuttaa ilman asbestivaltuutusta, mutta työssä on silti noudatettava asbestityöstä annettuja määräyksiä. [3, s. 62.]

Asbestityön vaatimuksena on työntekijöiden hengityssuojaimien ja suoja-asujen käyttö sekä työssä käytettävien koneiden kohdepoisto. Esimerkiksi hiekkapuhalluksella toteutettava asbestipitoisten maalien poistaminen vaatii puhalluspölyn ja asbestikuitujen sisätiloihin kulkeutumisen ennaltaehkäisyn ulkokuoren tiivistämisellä ja julkisivun huputtamisella. Jätteiden käsittelyssä huomioitavaa on, että asbestijätettä ei saa sekoittaa tavalliseen sekajätteeseen, vaan se tulee pakata tiiviisti ja erikseen muista jätteistä. [3, s. 62.]

3.8.2 Mikrobit

Mikrobikasvustoa esiintyy usein vanhojen julkisivujen eristetiloihin. Haitta-aineiden kulkeutuminen sisätiloihin on estettävä, jos eristetilassa esiintyy sisäilmaongelmia aiheuttavaa mikrobikasvustoa. Haitta-aineiden tunkeutuminen sisätiloihin voidaan estää uusimalla vaurioituneet eristeet tai tiivistämällä mahdolliset sisäkuoren epätiiviyshkohdat. [3, s. 63.]

3.8.3 PCB- ja lyijy-yhdisteet

Julkisivuelementtien saumamassat voivat sisältää PCB- ja lyijy-yhdisteitä. Yhdisteiden esiintyminen ei velvoita saumamassojen vaihtoa, mutta vaihdettaessa on huomioitava ympäristönsuojeluun ja työturvallisuuteen liittyvät tekijät. [3, s. 63.]

Ympäristönsuojelun kannalta huomioitavaa on, että PCB- ja lyijy-yhdisteiden pitoisuuksien ylittäessä niille määritellyn raja-arvon, niitä on käsiteltävä ongelmajätteenä. Materiaalin PCB-pitoisuuden raja-arvo on 50 mg/kg, jonka ylittyessä kyseessä on ongelmajäte. Lyijy-pitoisuudelle vastaavaa arvoa ei ole määritetty, mutta suositukseksi on yli 1500 mg/kg pitoisuuden sisältävien materiaalien käsittely ongelmajätteenä. [3, s. 63–64.]

3.8.4 PAH-yhdisteet

PAH-yhdisteet ovat hengitysteitse sekä ihon läpi elimistöön kulkeutuvia, syöpää aiheuttavia yhdisteitä, joita esiintyy rakennusmateriaaleissa. PAH-yhdisteitä sisältävien rakenteiden purkamisessa on erityisvaatimuksena henkilökohtaisen suojauksen käyttö sekä ympäristön suojaamisen huomiointi. Purkujätteen sisältäessä yli 200 mg/kg PAH-yhdisteitä, on purkujäte käsiteltävä ja hävitettävä ongelmajätteenä. [3, s. 64.]

4 Kohde

Insinööriyön kohteena oleva rakennus on Helsingin Kampissa sijaitseva asuin- ja liikerakennus. Rakennus on rakennettu vuonna 1988. Rakennus käsittää 6-9 maanpäällistä kerrosta, kaksi kellarikerrosta ja matalan piharakennuksen. Liiketilat sijaitsevat tyypilliseen tapaan rakennuksen maantasokerroksessa, joiden yläpuolella olevat kerrokset ovat asuinkäytössä. Rakennuksen ylimmässä kerroksessa on sauna- ja kerhotilat. [2.]

Rakennuksen runkojärjestelmänä on kantava seinät-laatat-järjestelmä. Kantavia teräs-betonisia seiniä ovat ulko- ja väliseinät. Kantavina vaakarakenteina ovat massiiviset teräsbetonilaatat sekä ontelolaatat. [2.]

4.1 Julkisivut

Rakennuksen julkisivuissa on monia eri pintamateriaaleja. Suurimmalta osin julkisivut ovat värjättyä valkobetonia, mutta osin myös tiiliverhoilua, maalattua betoni- ja klinkkerilaattapintaa. [2.]

4.1.1 Betonisandwich-elementit

Rakennuksen ulkoseinäelementit ovat pääosin betonisandwich-elementtejä. Sandwich-elementit koostuvat betonisesta sisäkuoresta, jonka paksuus riippuu rakenteen kantavuus vaatimuksista, eristekerroksesta ja betonisesta ulkokuoresta. Elementtien ulkokuori

on pääosin kellertäväksi värjättyä valkobetonia. Ikkunoiden alapuoliset osat ja osa sandwich-elementeistä on laatoitettu mosaiikkiklinkkeripintaisilla laatoilla. [2.]

Elementtien ulkokuorten suunniteltu paksuus on alun perin ollut 60 mm ja ne ovat pääosin raudoitettu B 500K Ø 4-5 mm verkoilla, joissa raudoitustangot ovat 150 mm välein. Elementtien reunoissa ja aukkojen ympärillä on käytetty Ø 8-10 mm teräksiä. Ulkokuoret on kiinnitetty sisäkuoriin ruostumattomilla ristikkoansateräksillä. Suunnitelmien mukainen betonielementtien lujuusluokka on sisä- ja ulkokuorilla K30 (C25/30) [2.]

Lämmöneristeenä elementeissä on mineraalivillaa ja osin polyuretaania. Eristeiden suunnitelmien mukaiset paksuudet ovat 140 mm mineraalivilla- ja 100 mm polyuretaanieristeelle. [2.]

Betonielementtien saumat ovat elastisia massasaumoja. Elementtisaumojen nurkissa on muoviset tuuletusputket, joista ilma suunnitelmien mukaan kiertää. [2.]

4.1.2 Muut julkisivurakenteet

Julkisivun kaksi alinta kerrosta on pääosin tiiliverhoiltuja. Tiiliverhouksen kohdalla seinärakenne koostuu sisäpinnan teräsbetoniseinästä, 150 mm paksusta mineraalivillaeristeestä, 25 mm ilmaraosta ja 100 mm punatiilestä. Maantasokerroksen elementeistä osa on luonnonkiviverhoiltuja ja elementeissä on paikoin graniittisia nauhakoristeita. Sisäpuolella julkisivun alimmat kerrokset ovat rapattuja. [2.]

4.2 Yläpohjat

Rakennuksen vesikatot ovat sekä tasa-, että pulpettikattoisia. Vesikaton pintamateriaali vaihtelee rakennuksen eri kohdissa. Katot jakautuvat kahteen eri tyyppiin, korkeampi osa rakennuksen katosta on pääosin tuulettuvaa peltikatteista yläpohjaa ja matalampi puoli rakennuksesta on bitumikermikatteista yläpohjaa. [2.]

4.3 Alapohjat

Rakennuksen alapohjat ovat maanvaraisia sekä tuulettuvia alapohjia. Alapohjien kantavat rakenteet ovat 265 mm paksuisia ontelolaattoja sekä 80 mm paksuisia maanvaraisia teräsbetonilaattoja. Alapohjat ovat eristetty 50–150 mm paksuilla solupolystyreenilevyillä. [2.]

4.4 Parvekkeet

Rakennuksen parvekkeet koostuvat yhden ja kahden asunnon elementtirakenteisista ulokeparvekkeista, pitkistä terassiparvekkeista ja ullakotilojen kahdesta tuuletusparvekkeesta. Parvekkeet on pinnoituskorjattu vuonna 2001 Finnmap Consulting Oy:n suunnitelmien mukaan.

Ulokeparvekkeiden alkuperäisenä rakenteena on vesitiivis teräsbetonilaatta, jonka pintaan on lisätty pinnoituskorjauksen aikana kallistusbetoni kallistusten korjaamista varten sekä polyuretaani vedeneristys ja polyuretaanimaali.

Terassiparvekkeiden käännetty katto koostuvat teräsbetonilaatasta ja paikallavaletusta pintalaatasta. Pintalaatan alla on lämmön- ja vedeneristeet sekä betoninen kallistuskerros. Parvekelaattojen paksuus vaihtelee 160–240 mm välillä riippuen laattatyypistä. Kuten ulokeparvekkeissa, terassiparvekkeiden yläpintaan on asennettu pinnoituskorjauksen aikana polyuretaani vedeneristys ja polyuretaanimaali. [2; 10.]

5 Kuntotutkimus

Insinööriyön kohteena olevalle rakennukselle on tehty kuntotutkimus kesäkuussa 2013. Kuntotutkimus sisälsi kohteen julkisivujen ja huoneistoparvekkeiden rakenteiden kunnan tutkimisen, vesikatteiden ja ikkunoiden kunnan sekä liittyvien rakenteiden tarkistamisen sekä tutkimusraportin laatimisen. Tutkimustyön suoritti Huura Oy. [10.]

Kuntotutkimuksessa kohteen julkisivut, parvekkeiden näkyvät betonipinnat ja vesikatto oli tarkastettu silmämääräisesti. Lisäksi tehdyt tutkimukset:

- Betonin karbonatisoituminen (17 näytettä)
- Betonin kloridipitoisuus (3 näytettä)
- Betonin vetolujuus tartuntavetokokeella (14 mittausta)
- Raudoituksen betonipeitejakaumat (yleisesti)
- Ohuthietutkimus (3 näytettä). [10.]

5.1 Julkisivuelementit

5.1.1 Betonin tiiveys ja halkeilu

Valkobetonipinnat ovat suhteellisen hyvässä kunnossa. Yksittäisiä, plastisessa vaiheessa syntyneitä tai asennusaikana syntyneitä halkeamia esiintyy elementtien nurkissa ja ikkunoiden nurkissa. [10.]

Ohuthietutkimuksen mukaan valkobetoni on tiivistä ja homogeenista. Betonin suojahuokosten määrä on kohtalainen ja niiden jakauma on tasaista. Betonissa on kohtalaista kutistumasäröilyä sekä huokosissa on vähän kalkkikiteytymiä. Valkobetonin ja taustabetonin välinen tartunta on hyvä. Taustabetoni on homogeenistä ja suojahuokostamatonta. Betonissa on kohtalaisesti kutistumasäröilyä. [10.]

Rakennuksen yläosan klinkkerilaattapinnoissa ei ole silmämääräisen havainnoinnin perusteella halkeamia. Poranäytteen perusteella betonin tiivistyminen on hyvää ja klinkkerilaatan ja valkobetonipinnan tartunta on hyvä. [10.]

Maalattupintaisissa betonielementeissä ei ole silmämääräisesti havaittuja halkeamia. Ohuthietutkimuksen mukaan betoni on tiivistä ja homogeenista. Betoni on suojahuokostettua, mutta huokosten määrä on puutteellinen. Maalattupintaisissa elementeissä on todettu heikkoa kutistumasäröilyä ja tartuntasäröilyä isojen kiviainesrakeiden tartuntapinnoilta. Betonin huokosissa ei ole kiteytymiä. [10.]

5.1.2 Betonin vetolujuus

Julkisivuelementtien betonin vetolujuus tutkittiin tartuntavetokokeilla, joita otettiin yhteensä 14 kappaletta. [10.]

Valkobetonipintaisten elementtien vetolujuus on pääosin hyvää. Mittausten perusteella vetolujuus on 1,2 - 2,4 N/mm² välillä. Heikompien vetotulosten murtokohta oli valkobetonin ja taustabetonin välisestä liitoksesta. [10.]

Maalattupintaisista elementeistä oli otettu kaksi mittausta, joiden tuloksissa oli enemmän vaihtelua. Vetolujuudet olivat mittausten perusteella 0,7 ja 2,7 N/mm². Heikon vetolujuuden syytä ei kuntotutkimuksessa esitetty, mutta elementit olivat silmämääräisesti huonokuntoisempia sillä puolella rakennusta, josta kyseinen näyte oli otettu. [10.]

5.1.3 Raudoituksen korroosio

Julkisivuelementeissä ei ole havaittu raudoituksen korroosion aiheuttamia halkeamia lukuun ottamatta maalattupintaisien elementtien paikallisia korroosiovaurioita. Yksittäiset vauriot voivat johtua valmistusvirheestä, jossa raudoituksen betonipeite on jäänyt liian ohueksi. Pääosin raudoituksen betonipeitteet ovat hyviä. Mittausten ja poranäytteiden perusteella verkko- ja pieliraudoituksen betonipeitteet ovat 20–35 mm paksuja. Korroosion aiheuttava betonin karbonatisoituminen on ollut maalattupintaisissa elementeissä hidasta ja valkobetonielementeissä erittäin hidasta. [10.]

5.1.4 Betonin pakkasenkestävyys ja pakkasrapautuminen

Julkisivuelementeissä ei ollut silmämääräisesti havaittu pakkasrapautumiseen viittaavia vaurioita. Valkobetonielementtien vetolujuus oli kaikkien näytteiden perusteella melko hyvä, joka viittaa ettei vetolujuus ole heikentynyt pakkasrapautumisen vaikutuksesta. Maalattupintaisissa elementeissä toinen mitatuista vetolujuuksista oli heikko. Heikko vetolujuuden arvo voi viitata mahdolliseen paikalliseen pakkasrapautumiseen. Elementtien kaareutumista ei ole havaittu. [10.]

5.1.5 Pinnoite ja pintatarvikkeet

Julkisivuelementit ovat pääosin kellertäväksi värjättyjä valkobetonipintaisia elementtejä. Valkobetonipintaisissa elementeissä esiintyy jonkun verran valumajälkiä ja likaantumista sekä yksittäisiä graffiti-maalauksia. [10.]

Valkobetonipintaisien elementtien lisäksi katujulkisivulla on maalattupintaisia elementtejä. Maalattupintaisien elementtien maalipinnat ovat kuluneita ja paikoin maali on hilseillyt ja lohkeillut. Rakennuksen kaakkoispuolella olevat julkisivuelementit ovat kellertäviltä maalipinnoiltaan huonommassa kunnossa kuin koillispuolella olevat, sinertäväksi maalatut, elementit. [10.]

Rakennuksen koillisen puoleisissa valkobetonipintaisissa julkisivuelementeissä yläosa on klinkkerilaattapintaista. Klinkkeri on poranäytteen perusteella hyvin kiinni valkobetonissa ja laatan taustapinta on pääosin sileää. Irronneita laattoja ei ole havaittu. Sisäpihan puoleisissa mosaiikkiklinkkerilaattojen saumoissa on pieniä reikiä, mutta koputtelun perusteella laatat ovat kiinni elementissä. [10.]

5.1.6 Elementtisaumat

Julkisivuelementtien saumat ovat massasaumoja. Saumat on uusittu luultavasti vuonna 2001 parvekkeiden saumauksien uusimisen aikaan, mutta ajankohdasta ei ole varmaa tietoa. Julkisivusaumojen leveys on 20 mm, joka on pääosin riittävä leveys. Saumaukset vaikuttavat pääosin vielä toimivilta, vaikka saumamassa onkin irronnut betonipinnoista yksittäisissä kohdissa. Julkisivuelementit tuulettuvat saumojen risteyskohdissa olevien muovisten tuuletusputkien kautta. Tuuletusputket ovat avoimia, mutta ne ovat liian harvassa. [10.]

5.1.7 Lämmöneristys

Julkisivun sandwich-elementtien eristeenä on käytetty pääosin lasivillaa ja osa elementeistä on eristetty uretaanilla. Eristetilan vahvuus vaihtelee näyteporausten kohdalla välillä 130...140 mm lasivillaa ja uretaanin osalla 100...105 mm. Lämmöneristeet olivat näyteenottokohdilla kuivia eikä niissä ole havaittu tummentumista. [10.]

5.2 Parvekkeet

Rakennuksessa parvekkeet koostuvat yhden ja kahden asunnon elementtirakenteisista ulokeparvekkeista, pitkistä terassiparvekkeista ja ullakkotilojen kahdesta tuuletusparvekkeesta. [2; 10.]

5.2.1 Betonin tiiveys ja halkeilu

Ulokeparvekkeet:

Poranäytteiden perusteella parvekerakenteiden betonin tiivistyminen on hyvää eikä näytteissä esiinny silminnähtävää halkeilua. Parvekelaattojen alapinnoissa ei ole havaittu silmämääräisesti halkeilua. Laattojen etureunassa esiintyy yksittäisiä pystysuuntaisia halkeamia terästen kohdalla. Ohuthietutkimuksen mukaan betoni on rakenteeltaan homogeenistä, siinä on melko vähän tiivistys huokosia ja sisältää vähän kutistumasäröilyä sekä tartuntasäröilyä isojen kiviainesrakeiden tartuntapinnoilla. [10.]

Terassiparvekkeet:

Terassiparvekkeiden pintalaatasta ei ole porattu näytteitä. Rakenne näyttää silmämääräisesti tarkastettuna hyväkuntoiselta ja halkeilemattomalta. [10.]

5.2.2 Betonin lujuus

Ulokeparvekelaatan alapinnassa betonin vetolujuus on mittausten mukaan 1,5–2,7 N/mm², joka ylittää korjausalustalle asetetun yleisen vaatimustason (>1,5 N/mm²). [10.]

5.2.3 Raudoituksen korroosio

Ulokeparvekkeet:

Parvekelaattojen etureunassa on havaittu mahdollisesti teräskorroosion aiheuttamia hiushalkeamia. Otsapintojen betonipeitteet ovat pääosin yli 15 mm, joten teräskorroosio on korkeintaan paikallista. Laattojen alapinnassa betonin karbonatisoitumisen keskiarvo

on 11 mm näytearvojen vaihdellessa 7 ja 13 mm välillä ja raudoituksen betonipeitteet vaihtelevat 25–45 mm välillä. Parvekelaattojen karbonatisoitumisen eteneminen on ollut normaalia verrattuna betonirakenteisiin yleensä eikä siitä ole uhkaa raudoituksille poranäytteen perusteella. Poranäytettä ei ole porattu laatan läpi, jotta uusittu vedeneristys ei vahingoittuisi, mutta laatan yläpinnan betonipeitteiden ollessa hyvät, voidaan olettaa että karbonatisoituminen ei ole uhka betonin raudoituksille. Betonin kloridipitoisuus ei ole merkittävä (0,01 %) raudoituksen korroosion kannalta. Parvekepilareissa puolestaan esiintyy silmämääräisesti huomattavia korroosiovaurioita. Pystysuuntaisten terästen korroosio on aiheuttanut betonin lohkeamisen ja halkeamisen. [10.]

Terassiparvekkeet:

Terassiparvekkeiden rakenteet ovat tarkasteltu vain silmämääräisesti, eikä korroosio- vaurioita ole havaittu. Parvekkeen pintalaatan yläpinnan raudoituksen betonipeitteet ovat yli 60 mm ja betonikaiteen ulkopinnan raudoituksen peite 25–30 mm. Terassiparvekkeiden betonipeitteet ovat riittävän paksut eikä raudoituksen korroosio ole uhka betonirakenteille. [10.]

5.2.4 Betonin pakkasenkestävyys ja pakkasrapautuminen

Ulokeparvekkeet:

Ulokeparvekelaatta on alkuperäisten suunnitelmien mukaan vesitiivistä betonia, jonka pintaan on lisätty vedeneristys myöhemmin. Silmämääräisellä tarkastelulla pakkasrapautumista ei ole havaittu ja vetokokeiden mukaan betonin vetolujuus oli hyvä. Vetolujuuden heikentynyt arvo olisi viitannut pakkasrapautumiseen, joten voidaan olettaa, että pakkasrapautumista ei laatan osalla ole tapahtunut. Ohuthietutkimuksen mukaan betoni on suojahuokostamatonta, jonka takia betonin pakkasenkestävyys ei ole kosteusrasituksessa riittävä nykykäsityksen mukaan. [2; 10]

Terassiparvekkeet:

Terassiparvekkeiden pintalaatta on paikallavalettua betonia. Betonin laadusta ei ole tietoa, mutta koputeltaessa betoni tuntuu kovalta, vaikka vedeneriste onkin paikoin vaurioitunut. Parvekkeiden pieliseinissä on havaittu maalin hilseilyä suojaamattomilla osilla. [10.]

5.2.5 Kosteustekninen toiminta

Parvekkeiden kosteustekninen toiminta käsittää parvekelaattojen vedeneristykseen-, vedenpoiston toimivuuden sekä kosteuspitoisuuden ja vesivuodot. [10.]

Ulokeparvekkeet:

Alkuperäisten suunnitelmien mukaan ulokeparvekkeiden laatan betoni on vesitiivistä ja sen pintaan on lisätty parvekekorjauksen aikana polyuretaanivedeneristys. Vedeneristeen päällä on suunnitelmien mukaan lasipallokarhennus ja polyuretaanimaali. Vedeneristeen maalikerros on paikoin hilseillyt, mutta alla oleva vedeneriste on ehjää ja hyväkuntoista. [2; 10; 11]

Ulokeparvekkeiden vedenpoisto tapahtuu laatan reunakorokkeen läpi ulosheittäjien avulla. Ulosheittäjät ovat muoviputkia, joiden halkaisijat ovat 50 mm. Putkien ja betonilaatan liitokset ovat tiiviitä. Parvekelaatat kallistuvat rakennuksesta pois päin kohti etureunaa, jossa oleva ura kallistuu ulosheittäjää kohden. Vedenpoisto tapahtuu hallitsemattomasti ulosheittäjien avulla ja vesi tippuu osin alemman parvekkeen kaiteen päälle. Tästä syystä kaiteiden pinnoitevaurioita ja likavalumia esiintyy vedenpoistoputkien kohdalla. [10.]

Terassiparvekkeet:

Kuten ulokeparvekkeisiin, parvekekorjauksen aikana myös terassiparvekkeiden laattojen yläpintoihin on tehty polyuretaanivedeneristys. Terassiparvekkeiden vedeneristys on huonommassa kunnossa kuin ulokeparvekkeilla. Maalin lisäksi myös vedeneristemassa on osin lohkeillut ja betonilaatta on näkyvissä. [10.]

Terassiparvekkeiden vedenpoisto tapahtuu parvekelaatan keskellä sijaitsevien kaivojen kautta. Kaivot sijaitsevat liian kaukana toisistaan ja laatan kallistukset ovat riittämättömät, jonka takia vesi paikoin seisoo laatan päällä. Kaivoista lähteiden sadevesiviemäreiden kulkureittejä ja kuntoa ei kuntotutkimuksessa ole selvitetty. [10.]

6 Tilaajan toiveista

Korjaushankkeen tilaajalla on toive, että korjauksen jälkeen julkisivujen ja parvekkeiden käyttöikä olisi ainakin 20 vuotta. Rakennuksen keskeisen sijainnin vuoksi tavoitteena on, että julkisivut eivät tarvitsisi toimenpiteitä tänä aikana. Elementtisaumojen ja pinnoitusten osalta tämä on haastava saavuttaa. Vaatimuksena on myös, että rakennuksen ilmettä ei saa muuttaa radikaalisti. Korjaussuunnitelmassa keskitytään kuntotutkimusraportin esittämien vaurioiden lisäksi mahdollisiin tuleviin vaurioihin, jotka pyritään ennaltaehkäisemään, jotta tavoiteltava käyttöikä saavutetaan.

7 Korjaustavan valinta

7.1 Julkisivuelementit

Rakennuksen julkisivuille haetaan toteutettavalla korjauksella pitkää käyttöikää. Kuntotutkimuksen mukaan rakenteet ovat kohtuullisen hyvässä kunnossa, mutta vähäisten näytteiden takia korjauksessa varaudutaan suurempiin vaurioihin. Suuriin korjaustoimenpiteisiin ei kuitenkaan ryhdytä elementtien kohtuullisen hyvän kunnan, tilaajan toiveiden ja kustannuksien takia.

Rakennuksen julkisivuille voitaisiin toteuttaa peittävä korjaus, jossa lämmöneristettä lisättäisiin ja julkisivun pinta verhoiltaisiin, mutta radikaalin korjauksen kustannukset nousisivat liian korkeiksi. Peittävän korjauksen yhteydessä julkisivun ja vesikaton räystäslitokset sekä ikkunoiden litokset jouduttaisiin uusiksi, jonka seurauksena kustannukset

nousisivat todella korkeiksi. Myöskään rakennuksen lisälämmöneristämällä saavutettava energiankulutuksen pienentyminen ei kompensoi peittävän korjauksen kustannuksia, koska lämmityskustannukset eivät pienene merkittävästi näin uudessa rakennuksessa. Lisälämmöneristäminen voisi tulla kyseeseen vanhemman rakennuksen korjauksessa, jossa lämmöneristeiden kerrospaksuudet olisivat pienemmät.

Julkisivuelementtien ulkokuorien purkamisella ja uudelleen rakentamisella pitkä käyttöikä olisi mahdollista saavuttaa. Purkamisella ja uudelleenrakentamisella korjauksen kustannukset nousevat liian korkeiksi kuten peittävässä korjauksessakin. Molemmat korjaustavat poissuljetaan, koska ne muuttavat rakennuksen ulkonäköä liian paljon.

Elementtien impregnoinnilla rasitustasoa pystyttäisiin alentamaan, mutta ongelmaksi muodostuu riittämätön käyttöikä. Materiaalitoimittajien lupaamat käyttöiät ovat riittämättömiä tavoiteltuun käyttöikään nähden, jolloin impregnointikäsitely jouduttaisiin uusimaan noin 15 vuoden sisällä.

Elementtien raudoitteiden katodisella suojauksella mahdollista korroosioriskiä pystyttäisiin pienentämään, jos korrosio aiheutuisi klorideista. Korjaustapa poissuljetaan myös liian vähäisen korjaustavan toimivuuden tutkimisen takia eikä katodisen suojauksen vaativasta anodijärjestelystä haluta huollettavaa kohdetta.

7.1.1 Valkobetonipintaiset elementit

Valkobetonipintaiset elementit ovat hyvässä kunnossa, mutta niissä esiintyy vinottaisia ja kapeita halkeamia. Teknisen toimivuuden kannalta rakenteelle ei ole välttämättömiä toimenpiteitä. Tilaajan toiveesta julkisivun esteettistä ilmettä kuitenkin halutaan parantaa maalamalla elementtien ulkopinta, mikä mahdollistaa halkeamien injektoinnin ja siten lisää rakenteen käyttöikää ja teknistä toimivuutta.

Karbonatisoitumisen jatkuvasti hidastuvan etenemisen neliöjuurimallilla laskettu karbonatisoitumissyvyys ei saavuta raudoitteiden tasoa korjauksen suunnitellun käyttöiän sisällä (20 vuotta). Kuntotutkimuksesta saatujen tietojen mukaan valkobetonin osalla betonin karbonatisoitumiskerroin $k = 0,61 \text{ mm}/\sqrt{a}$. Laskennallinen karbonatisoitumissyvyys 20 vuoden kuluttua:

$$0,61 \times \sqrt{49} = 4,3 \text{ mm} \quad (2) \quad [3, \text{ s.23; } 10]$$

Kuntotutkimuksessa esitetyt karbonatisoitumissyvyyden tulokset ovat kuitenkin epäluotettavia puutteellisen tutkimuksen takia. Fenoliftaleiini-indikaattorin avulla mitattu karbonatisoitumissyvyys on väärä metodi valkobetonin osalla eikä se anna luotettavia tuloksia ja ohuthietutkimuksessa vain yksi näyte on otettu valkobetonista. [3, s. 98.]

Valkobetonin osalla tehtävät halkeamien injektioinnit hidastavat mahdollista karbonisoinnin etenemistä injektoitavilla kohdilla. Injektioinnit heikentävät julkisivun esteettistä ilmettä valkobetoniin tehtäessä, mutta päälle tehtävä maalaus varmistaa myös esteettisen ilmeen.

Valkobetonin voidaan olettaa olevan pakkasenkestävää kohtuullisen suojahuokosten määrän takia (4-5 %). Suojahuokosten määrä ja jakauma perustuu yhteen ohuthietutkimukseen, joten toimenpiteillä varaudutaan heikompaan pakkasenkestävyyteen. Betonin kosteusrasituksia pienennetään uuden maalikerroksen avulla, joten pakkasrapautumisen riski myös alenee ja korjauksen käyttöikä varmistuu. [10.]

Toimenpiteet:

Julkisivujen valkobetonipinnan halkeamat injektoidaan, jonka jälkeen elementtien pinta maalataan.

Halkeamien injektointi pääpiirteittäin:

- Halkeamat avataan ja puhdistetaan.
- Halkeama suljetaan injektioepoksilla tai vastaavalla massalla ja annetaan kuivua.
- Halkeamaan porataan reikiä noin 10–20 cm etäisyydelle, reiät puhdistetaan ja kiinnitetään injektointinippa alimpaan reikään.
- Injektointiepoksi pumpataan, kunnes ylemmän injektiotulpan reiästä tulee epoksia ulos ja siihen kiinnitetään nippa ja tätä jatketaan koko halkeaman matkalle.
- Seuraavana päivänä injektointitulpat voi katkaista tai irrottaa ja seinä voidaan ylitasoittaa. [13.]

Maalaus:

- Elementit maalataan Finngard 150-suojamaalilla.

7.1.2 Maalattupintaiset elementit

Maalattupintaiset julkisivuelementit ovat osin huonokuntoisempia kuin valkobetonipintaiset elementit. Elementeissä esiintyy yksittäisiä korroosiovaurioita sekä osin hilseilyttä maalia. Teknistä perustetta korjaukselle ei tällä hetkellä ole, mutta korjauksella ennaltaehkäistään lähivuosina syntyvät suuremmat, laajempia korjaustoimenpiteitä vaativat vauriot. Korjaustavaksi valitaan laastipaikkaus- ja pinnoituskorjaus. Korjauksessa vanha maali poistetaan timanttihiomalla, jonka jälkeen suoritetaan betonipaikkakorjauksia tarvittavassa laajuudessa. Paikallisten vauriokohtien korjaamisen jälkeen koko rakenne ylitasoitetaan ja uudelleen maalataan.

Betonin karbonatisoitumiskerroin k on maalattupintaisilla elementeillä 1,63–2,25 välillä. Neliöjuurimallilla laskettu karbonatisoitumissyvyys 20 vuoden kuluttua on 11,41–15,8 mm, jolloin ~2 % elementtien verkkoraudoituksista ja ~5 % elementtien pieliraudoituksista ovat karbonisoituneella vyöhykkeellä.

Betoni on suojahuokostettua, mutta suojahuokosten määrä on liian alhainen (3 %), joten betonia ei voida olettaa täysin pakkasenkestäväksi. Betonin huokoisuutta on tutkittu vain yhdellä ohuthie-tutkimuksella, joten suojahuokostuksesta ei ole varmaa tietoa. [10.] Pakkasrapautumisen estämiseksi rakenteen kosteusrasitustasoa alennetaan uudella kosteutta hylkivällä pinnoitteella.

Toimenpiteet:

Paikattavia betonirakenteita ovat maalattupintaisten elementtien paikalliset korroosio- ja pakkasrapautumavauriot. Betonipintojen paikkakorjaus sisältää seuraavat työvaiheet Tikkurila Oyj:n Finngard Betoninkorjausjärjestelmä 1 mukaan:

- Vaurioituneen betonin poisto sekä terästen esiinpiikkaus suoritetaan kevyt-piikaten ehjään betonipintaan saakka sekä ruosteettomaan teräkseen saakka, kuitenkin vähintään 100 mm pidemmälle kuin ruostetta esiintyy. Syvyysuunnassa betonia poistetaan n. 20 mm terästen takaa 45° kulmassa siten, että terästen takapinta voidaan ruostesuojata.

- Vanhat maalit, pinnoitteet, sementtiliima ja vaurioitunut betoni poistetaan timanttihiomalla puhtaalle betonipinnalle.
- Raudoitteet puhdistetaan mekaanisesti ruosteettomiksi puhdistusasteeseen St2.
- Korjattava alue esikostutetaan 1-2 tuntia ennen paikkauslaastin asennusta.
- Teräkset suojataan Finnseco KL+-korjauslaastilla ja suojabetonin ollessa alle 10 mm korjauslaastin lisäksi Finnseco Tartuntalaastilla.
- Laajat ja syvät korjausalueet tehdään kerroksittain siten, että alempi kerros ehtii kuivua n. vuorokauden ennen seuraavan kerroksen levitystä.
- Pinta tasataan ehjän rakenteen tasoon teräslastalla tai alumiinilinjalla.
- Koko maalattava alue tasoitetaan Finnseco Polytop-pinnoituslaastilla, jolloin saadaan yhtenäinen pinta valkobetonielementtien kanssa.
- Maalaus suoritetaan Finngard 150-suojamaalilla. [12]

7.1.3 Klinkkerilaattapintaiset elementit

Klinkkerilaattapintaiset elementtien osat ovat hyvässä kunnossa. Klinkkerilaattapintaisilla elementin osilla tehdään tarkastus irronneiden laattojen varalta ja kiinnitetään takaisin tarpeen vaatiessa. Muuten ei ole tarvetta korjaustoimenpiteille teknisen toimivuuden tai esteettisen ilmeen parantamiseksi.

Klinkkerilaatat vähentävät itsessään takana olevan betonin kosteusrasituksia, jonka vuoksi pakkasrapautuminen ei muodostu riskiksi rakenteelle suunnitellun käyttöiän aikana.

7.1.4 Elementtisaumat

Elementtisaumat vaikuttavat vielä toimivilta, mutta ne ovat irronneet betonipinnasta paikallisesti. Teknistä käyttöikä saumoilla on arvion mukaan vielä jäljellä n. 5-10 vuotta. Saumojen uusiminen toteutetaan muiden korjauksien yhteydessä julkisivujen kosteusrasituksien vähentämiseksi, jotta korjauksen käyttöikä saadaan varmistettua.

Elementtisaumojen PCB- ja lyijy-yhdisteiden pitoisuudet tulee selvittää ja tarpeen mukaan käsitellä ongelmajätteenä.

Toimenpiteet pääpiirteittäin:

- Vanhojen saumojen purku (tarpeen mukaan Ratu 82–0382, PCB:tä ja lyijyä sis. saumamassojen purku-asiakirjaa noudattaen)
- Pohjanauhan ja tuuletusputkien asennus
- Liian kapeat saumat levennetään, min. leveys 10 mm
- Saumauksen tartuntapintojen tarkistus ja hyväksytys materiaalitoimittajalta
- Tartuntapintojen esikäsitteleminen primerillä tuotetoimittajan kuivumisaikoja noudattaen
- Saumamassa pursotetaan tasaisesti oikeaan ainevahvuuteen jättämättä ilmaa saumamassan ja pohjanauhan väliin
- Saumamassa tasoitetaan ja muotoillaan esim. kostealla puulastalla tiiviisti elementtien tartuntapintoja vasten oikeaan muotoonsa
- Saumasolosuhteet materiaalitoimittajan ohjeiden mukaan.

7.2 Parvekkeet

Parvekkeiden korjauksessa käyttöikä tavoitteeseen päästäisiin esimerkiksi lisäämällä lasitukset, jollain kosteusrasitukset pienentyisivät merkittävästi. Lasitus on hankala toteuttaa ulokeparvekkeille niiden haasteellisen muodon takia. Kulmien takia lasituksen kustannukset nousisivat erittäin korkeiksi. Terassiparvekkeet vaatisivat vuorostaan kattorakenteen, jotta lasitus pystyttäisiin toteuttamaan, joten niidenkin osalla korjauksen kustannukset kasvaisivat liian suuriksi.

Ulokeparvekelaattojen uusimisella pitkän käyttöiän pystyisi varmistamaan. Parvekelaattojen kunto on kuitenkin kohtuullisen hyvä, joten teknisen toimivuuden ja kustannustehokkuuden takia uusiminen ei ole järkevää. Tarvittava käyttöikä on mahdollista saavuttaa kosteusrasituksen pienentämisellä sekä nykyisten vaurioiden korjaamisella.

Terassiparvekkeiden osalla käyttöiän varmistaminen vaatii kosteusrasitusten pienentämistä, mikä tarkoittaa pintalaatan purkua. Käännetyssä rakenteessa vedeneriste on pintalaatan ja lämmöneristeen alla, joka tarkoittaa suurempia korjaustoimenpiteitä.

7.2.1 Ulokeparvekkeet

Ulokeparvekkeiden osalla tehdään tarvittavat betonipaikkakorjaukset. Parvekelaatan vedeneristys uusitaan ja pilarit sekä laattojen otsa- ja alapinnat maalataan kosteutta hylkivällä maalilla.

Parvekelaattojen alapinnasta otettujen näytteiden mukaan karbonatisoitumiskertoimen maksimi arvo k on $2,65 \text{ mm}/\sqrt{a}$. Neliöjuurimallilla laskettu karbonatisoitumisvyöhykkeen syvyys 20 vuoden kuluttua tulee olemaan $\sim 18,6 \text{ mm}$, jolloin parvekelaatan alapinnan raudoitteista noin 2 % ja laatan etureunan teräksistä noin 12 % on korroosioalttiissa tilassa ilman korjaustoimenpiteitä. [3, s. 23; 10.]

Nykyiset parvekelaatan etureunan paikalliset korroosiovauriot sekä pilareiden vauriot korjataan betonipaikkakorjauksella, pinnassa olevat raudoitukset suojataan ja laatan etureuna ja alapinta ylitasoitetaan maalataan. Betonipaikkakorjaukset ja uusi maalaus ks. 7.1.3 toimenpiteet.

Parvekelaatan betoni on suojahuokostamatonta, mutta se on alkuperäisten suunnitelmien mukaan vesitiivistä eikä siinä ole pakkasrapautumaan viittavia vaurioita. [10.] Yläpinnan vedeneriste uusitaan ja etureuna maalataan kosteutta hylkivällä maalilla, joten rakenteen kosteusrasitustaso alenee ja pakkasrapautumisen riskit mimimoituvat korjauksen käyttöön ajaksi.

Nykyisen vedeneristeen päälle lisätään uusi vedeneriste Novofloor 1 K Elastic niiltä osin, missä laatan kallistukset ovat kunnossa. Nykyistä ehjää ja alustassa kiinni olevaa vedeneristettä ei tarvitse poistaa, jonka seurauksena kustannukset pienentyvät. Kallistukset tarkastetaan ja puuttelisilta osin vedeneristys sekä kallistukset uusitaan. [12.]

7.2.2 Terassiparvekkeet

Terassiparvekkeiden kunnosta ei ole selvyttä. Silmämääräisellä tarkastelulla parvekkeiden pielissä on havaittu maalin hilseilyä ja pintalaatassa vedeneristeen lohkeilua. Parvekkeen vedenpoistossa on puutteita. Terassiparvekkeiden pintalaatta ja sen alla olevat

eristeet, vedeneriste ja kallistuskerros puretaan kantavaan ontelolaattaan saakka. Asennetaan uusi kallistuskerros, vedeneriste ja lämmöneristeet. Valetaan uusi pintalaatta sekä vedenpoistoa parannetaan.

Käännetyn katon korjaus pääpiirteittäin:

- Pintalaatta, eristeet, vedeneriste ja kallistuskerros puretaan.
- Ontelolaatan pinta puhdistetaan ja karhennetaan esim. jyrsimällä.
- Karhennuksen ja puhdistuksen jälkeen pidetään alustan katselmus.
- Valetaan uusi kallistusbetoni.
- Kallistusbetonin pinta puuhierretään ja sementtiliima poistetaan sinkopuhaltamalla.
- Uusi vedenpoisto käännetyn katon kaivoilla.
- Uusi vedeneristys vedeneristysmääräysten luokan VE80R mukaisesti (3x BTL2).
- Aluskermi kiinnitetään puhdistettuun betonialustaan modifioidulla liimausbitumilla liimaten ja päällikermit kiinnitetään hitsaten tai liimausbitumilla liimaten. Kermien ylösnostojen minimikorkeus on 300 mm.
- Vedeneristeen päälle asennetaan Enkadrain 10D (Kaitos Oy) salaojamatto.
- Asennetaan uudet XPS-tyypin eristeet kahtena kerroksena siten, että alempi kerros on uritettu uusien kaivojen suuntaan. Eristekerrosten saumat limitetään.
- Lämmöneristeiden päälle asennetaan 2-kertainen suodatinkangas, saumat limittäin. Suodatinkangas nostetaan ylös liittyville pinnoille.
- Valetaan uusi pintalaatta C30/37 betonilla. Ruostumaton keskeinen teräsverkko 7-150 B600KX.

Terassiparvekkeiden pieliseinien ja kaiteiden betonirakenteet paikkakorjataan tarvittavassa laajuudessa sekä maalaus uusitaan. Työvaiheet ja tuotteet ks. 7.12.

8 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli korjaustapojen valinta rakenneosittain ja niiden pohjalta toteuttaa korjaussuunnitelma, jonka pääpiirteet esitettiin työssä. Korjattavia rakenteita olivat julkisivun maalattupintaiset- ja valkobetonipintaiset elementit sekä betonirakenteiset uloke- ja terassiparvekkeet.

Rakennuksen maalattupintaisille julkisivuelementeille päädyttiin toteuttamaan perusteellinen paikkaus- ja pinnoituskorjaus. Korjaus sisälsi vanhan maalin poistamisen, elementin ulkokuoren betonipaikkakorjauksen ja rakenteen uuden pinnoittamisen.

Valkobetonisille julkisivuelementeille päädyttiin toteuttamaan kevyt pinnoituskorjaus. Korjaukseen sisällytettiin elementtien halkeamien injektointi sekä rakenteen maalaus.

Ulokeparvekkeiden korjauksen suunnittelussa päädyttiin perusteelliseen paikkaus- ja pinnoituskorjaukseen, joka sisälsi rakenteiden vauriokohtien paikkakorjauksen, pilareiden ja parvekelaattojen etu- sekä alapinnan maalaamisen ja laatan yläpinnan vedeneristeen uusimisen.

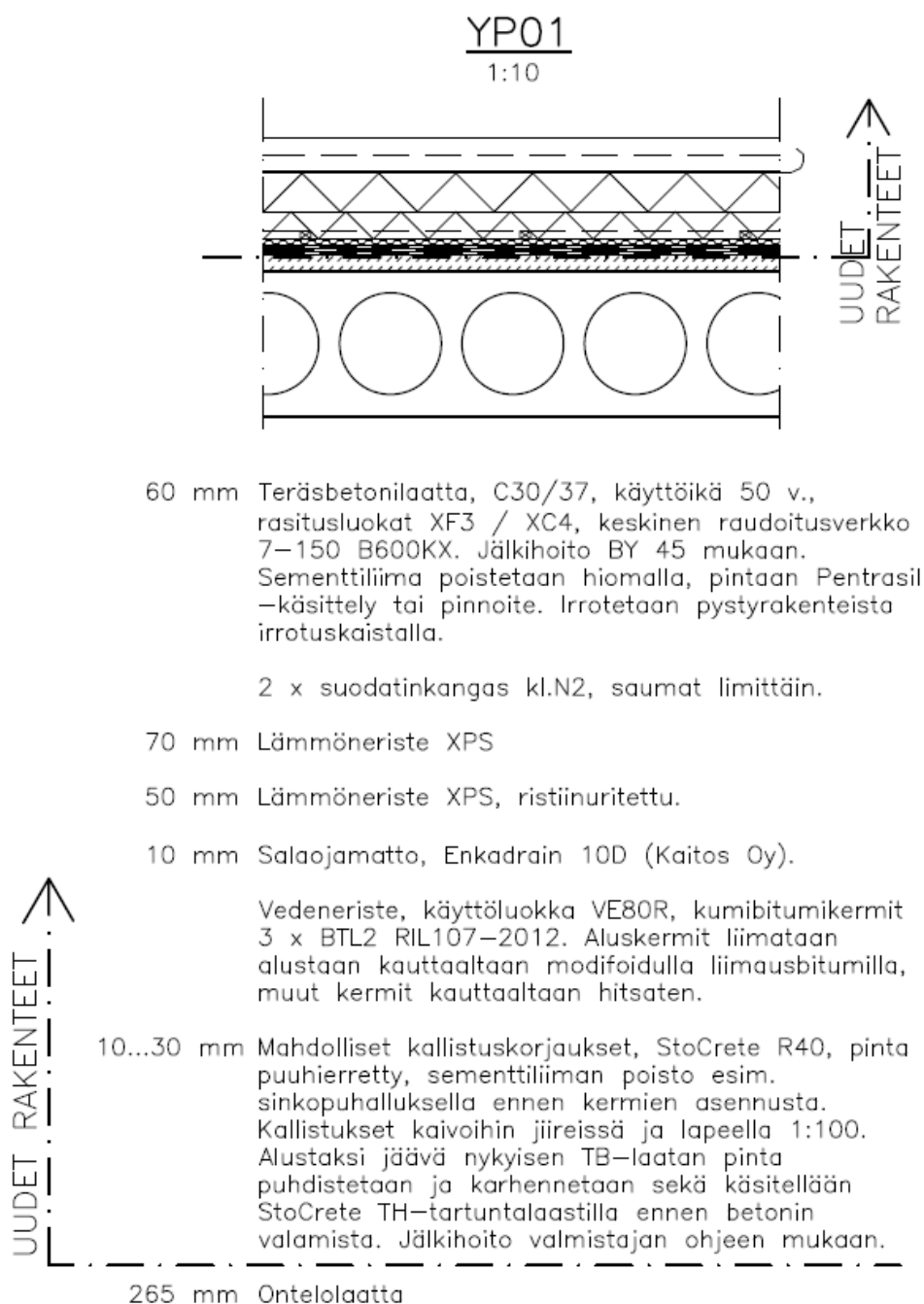
Terassiparvekkeille suunniteltiin korjaus, jossa pintalaatta, lämmön- ja vedeneristys uusitaan, vedenpoistokaivoja lisätään ja kallistukset uusitaan. Lisäksi betonirakenteiset parvekkeen pieliseinät ja kaiteet paikka- ja pinnoituskorjataan.

Yrityksen käyttöön toteutettua korjaussuunnitelmaa pystytään hyödyntämään jatkossa vastaavanlaisissa projekteissa. Korjaustavat vaihtelevat kohteesta riippuen, mutta korjaussuunnitelmassa esitetyt työohjeet soveltuvat samankaltaisien vaurioiden korjauksen suunnitteluun ja työselityksien laatimiseen.

Lähteet

- 1 <<http://www.konstru.fi/yritys/>> Luettu 26.6.2017
- 2 Alkuperäiset rakennesuunnitelmat. 1986. Insinööritoimisto A-Insinöörit ky. Helsinki.
- 3 Betonijulkisivun kuntotutkimus, BY 42. 2013. Suomen Betoniyhdistys r.y. Helsinki.
- 4 <<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuslahteet>> Luettu 28.7.2017
- 5 Diplomityö Mika Laitala 1999 Halkeamien rajoittamismahdollisuudet ulkoteras-betonirakenteiden säilyvyyden parantamiseksi
- 6 Jani Humalajoki, Vanhan seinärakenteen lisäkiinnitystarve julkisivun verhoukorkorjauksissa, diplomityö. 2015. Tampereen teknillinen yliopisto. s. 37
- 7 Betoniterästen korroosioinhibiittorit. 1985. Liisa Salparanta. VTT Technical Research Centre of Finland. Espoo.
- 8 <<http://remedialtechnology.com.au/29/Realkalisation/>> Luettu 16.8.2017
- 9 <<http://remedialtechnology.com.au/27/Cathodic-Protection/>> Luettu 16.8.2017
- 10 Julkisivujen ja parvekkeiden kuntotutkimus. 2013. Huura Oy. Tampere.
- 11 Parvekekorjauksen rakennesuunnitelmat. 2000. Finnmap Consulting Oy. Helsinki.
- 12 Tikkurila Oy puhelin konsultointi, Mikko Auer, puhelu käyty 24.8.2017
- 13 <<http://www.e-weber.fi/tekniset-laastit-sisaeilmakorjaus/tuotteet/sisaeilmakorjausratkaisut/betonirakenteiden-halkeamien-injektointi.html>> Luettu 23.8.2017

Terassiparvekkeen uudet rakenteet



Periaatedetalji betonipaikkakorjauksesta

Betonipaikkakorjaus Finngard Betoninkorjausjärjestelmä 1 mukaan

Käytettävät betonirakenteiden korjaustuotteet:

– betoniterästen korroosiosuojaus ja paikkauslaasti:

Finnseco KL+–korjauslaasti

– ylitasoituslaasti vain epätasaisilla alueilla: Finnseco Ylitasoituslaasti

– pinnoitus ja maali työselostuksen mukaan

URAKKAAN SIDOTUT MÄÄRÄT JULKISIVUJEN KORJAUSTYÖSELOSTUKSEN MUKAAN

