

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Kiinteistönpitotekniikka

Opinnäytetyö

Maija Haapala

AS. OY JUVANPETÄJÄN KUNTOTUTKIMUS

Työn ohjaaja

DI Pekka Väisälä

Työn teettäjä

As Oy Juvanpetäjä

Tampere 2008

# TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

Kiinteistönpitotekniikka

Haapala, Maija As. Oy Juvanpetäjän kuntotutkimus

Opinnäytetyö 43 sivua + 49 liitesivua

Työn ohjaaja DI Pekka Väisälä

Työn teettäjä As Oy Juvanpetäjä

Huhtikuu 2008

Hakusanat kuntotutkimus, karbonatisoituminen, rasisitus, terästen korroosio

## TIIVISTELMÄ

Työn aiheena on vuonna 1973 rakennetun asuinkerrostalon julkisivujen ja parvekkeiden kuntotutkimus. Tavoitteena oli selvittää, missä vaiheessa vaurioitumismekanismit ovat ja mitä toimenpiteitä niiden hidastamiseksi tulisi tehdä. Kuntotutkimuksella saadaan tarvittavat tiedot rakennusosien kunnosta, niihin kohdistuvista rasisituksesta ja niissä mahdollisesti olevista terveydelle vaarallisista aineista. Tulosten perusteella tehdään korjausehdotukset, joita hyödyntäen asunto-osakeyhtiö voi tehdä korjaussuunnitelmia.

Kuntotutkimuksessa tutkittiin kiinteistöön kohdistuvat rasisitukset ja betonin eri vaurioitumismekanismit. Maalipinnoitteelle tehtiin asbestimääritys. Saumoista otettiin näytteet, ja ne tutkittiin PCB- ja lyijy-yhdisteiden varalta. Rapautumistilanteen kartoittamiseksi poralieriöitä lähetettiin ohuthietutkimukseen, jossa lieriöt tutkitaan mikroskoopilla ja kunto saadaan selville yksiselitteisesti.

Rakennus on melko hyvässä kunnossa, eikä vaurioituminen ole vielä kovin pitkällä. Suurin osa teräksistä sijaitsi 20-25 mm:n syvyydessä, mihin ulkokuoren karbonatisoituminen ei paikoin ollut vielä edennyt. Parvekelaattojen alapinnat olivat pisimmille karbonatisoituneet. Klorideja ei löytynyt raja-arvon ylittävää määrää. Rapautumista ei havaittu ohuthietutkimuksissa. Saumanäytteistä toisesta löytyi lyijyä, mutta toinen näyte oli puhdas. Tästä päätellen saumoja on joskus uusittu. Korjausehdotukset ovat pinnoitus- ja paikkauskorjauksia, koska tiivis pinnoite kaikille betonirakenteille on jatkossakin tärkeää. Myös rasisitusten pienentäminen on oleellista.

As. Oy Juvanpetäjän kuntotutkimusraportti on työn liitteenä. Itse työssä on käyty läpi betonin vaurioitumismekanismia, niiden etenemistä ja tutkimista. Myös Suomen rakennuskannasta ja sen kehityksestä on kerrottu, kuin myös kuntotutkimusprosessista yleensä.

# TAMPERE UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Construction Technology

Facility Management

Haapala, Maija

Engineering Thesis

Thesis Supervisor

Commissioning Company

April 2008

Keyword

Condition inspection of As. Oy Juvanpetäjä

43 pages + 49 appendices

Pekka Väisälä (MSc)

As. Oy Juvanpetäjä

condition inspection, corrosion, carbonation

## ABSTRACT

The subject of the thesis was to make a condition inspection to the block of flats. Condition inspection consisted of external wall elements and balconies made of concrete. The block of flats is situated in Tampere Annala. It was built in 1973. The building is a prime example for the architecture of 70's. By visual inspection the building is quite good shape. It was the age that made Juvanpetäjä to contracts out the condition inspection.

The results of the condition inspection were also quite good. Carbonation of the external wall elements were under 20-25 mm. Steels of external surfaces situates deeper than the depth of carbonation. So the corrosion probably has not started yet.

In the balconies damages are a little bit further. There is more carbonation and visual damages. Visual damages are caused by a leak between balcony post and balcony roof. Also the external balcony drainage does not work like it should. So it weathers the concrete.

The jointing of external wall elements was inspected too. There were taken two samples of joints. The samples were sent to the external laboratory. In the laboratory they found some substances of lead. It means that the renewing has to do very careful because lead is a toxic waste. The proposals of renovation work are emphasized in balconies and joints.

This thesis includes also quite large amount theory about damages in concrete and some analysis of the block of flats in Finland. Also condition inspection generally is studied.

## ALKUSANAT

Kun etsin opinnäytetyön aihetta, pidin tärkeänä, että se olisi tutkimus, jonka tuloksia voitaisiin hyödyntää ja käyttää todellisiin tarpeisiin. Kun tieto As. Oy Juvanpetäjän kuntotutkimusprojektista tuli, tartuin siihen mielelläni. Haluankin siis kiittää As. Oy Juvanpetäjän toimihenkilöitä tästä mielenkiintoisesta mahdollisuudesta. Kiitän myös työn valvojaa Pekka Väisälää ammattitaitoisesta luotsaamisesta tätä työtä tehdessäni, kuin myös Tampereen ammattikorkeakoulun rakennuslaboratorion muuta henkilökuntaa.

Tampereella 24.4.2008

Maija Haapala

## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
ALKUSANAT	
SISÄLLYSLUETTELO .....	5
1 JOHDANTO.....	7
2 VAURIOT JA NIIDEN TUTKIMINEN .....	8
2.1 Kosteusrasitus .....	8
2.1.1 Kosteusrasituksen synty .....	8
2.1.2 Kosteusrasitusten tutkiminen.....	9
2.2 Terästen korroosio .....	10
2.2.1 Betonin karbonatisoituminen.....	10
2.2.1.1 Karbonatisoitumisreaktio .....	11
2.2.1.2 Karbonatisoitumisen tutkiminen .....	12
2.2.2 Kloridikorroosion synty ja eteneminen .....	13
2.2.3 Korroosion tutkiminen.....	13
2.3 Betonin rapautuminen .....	15
2.3.1 Pakkasrapautuminen .....	15
2.3.2 Ettringiittireaktio .....	16
2.3.3 Alkalirunkoainereaktio .....	17
2.3.4 Rapautumisen tutkiminen .....	17
2.4 Muita tutkimuskohteita.....	19
2.4.1 Saumat .....	19
2.4.2 Kiinnitykset .....	19
2.5 Rakenteiden turvallisuuden ja terveellisyyden tutkiminen.....	20
3 BETONIRAKENTAMINEN SUOMESSA.....	21
3.1 Betonin käytön alkutaival .....	22
3.2 Kerrostalolähiöiden esiinmarssi .....	23
3.3 Paluu monipuolisuuteen ja käytettävyyteen .....	26
3.4 Tyypilliset vauriot 1960-1975 aikakauden taloissa ja rakenteissa .....	28
3.5 Korjausrakentamisen tulevaisuuden näkymiä asuinkerrostaloissa.....	29

4 KUNTOTUTKIMUSPROSESSI .....	32
4.1 Rakennuksen elinkaari.....	33
4.2 Kuntotutkimuksen toteutus.....	34
4.3 Korjausvaihtoehtoja.....	35
4.3.1 Pinnoitus- ja paikkauskorjaukset.....	36
4.3.2 Verhouskorjaukset.....	38
5 YHTEENVETO JA JOHDANTO ESIMERKKIRAPORTTIIN .....	40
LÄHTEET.....	43
LIITE	

As. Oy Juvanpetäjä. Betonijulkisivujen ja -parvekkeiden kuntotutkimus liitteinen.

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö sai aiheensa, kun asunto-osakeyhtiö Juvanpetäjä Tampereen Annalasta halusi teettää hallinnoimaansa rakennukseen julkisivujen ja parvekkeiden kuntotutkimuksen. Talo on rakennettu vuonna 1973 ja on tyypillinen betonisandwich-elementtitalo, joita Suomen lähiöihin on rakennettu. Työn tavoitteena on saada ajantasaista tietoa Juvanpetäjän julkisivujen ja parvekkeiden kunnosta. Sen lisäksi tavoitteena on tehdä opinnäytetyön puitteissa katsaus betonirakenteiden vaurioihin ja Suomen betonirakentamisen historiaan. Juvanpetäjän kuntotutkimuksen teettämiseen päädyttiin lähinnä rakennuksen iän perusteella. Ulkoiset näkyvillä olevat vauriot ovat vähäisiä. Asunto-osakeyhtiö Juvanpetäjän kuntotutkimusraportti on luettavissa kokonaisuudessaan tämän työn liitteenä.

Näkyvien vaurioiden määrään, tai niiden vähyyteen, ei aina voida luottaa, sillä betonin vaurioitumismekanismit etenevät jatkuvasti rakenteissa. Yleensä kun vauriot alkavat näkyä julkisivuissa ja parvekkeissa, on jo liian myöhäistä tehdä kevyitä kunnostustoimia ja vaaditaan raskaampaa ja kalliimpaa peruskorjausta. Kuntotutkimuksen tekeminen ajoissa saattaa lykätä mittavia kunnostuksia kauemmaksi, kun vaurioiden etenemistä pystytään hidastamaan esimerkiksi kevyellä pinnoituskorjauksella, jolla saadaan betonille tiivis pinta.

Suomessa betonielementtirakentaminen on yleisin kerros- ja rivitalokohteiden rakennustapa. Näiden talojen hallitusten jäsenten ja isännöitsijöiden tulisi olla selvillä siitä, kuinka betonirakenteet toimivat ja miten niiden kunnossapidosta tulisi huolehtia, jotta rakennus olisi pitkäikäinen. Kivipohjaisetkaan materiaalit eivät ole teknisen käyttöään kannalta ikuisia, vaan vaativat asujiltaan huomiota. Tämän työn tarkoitus on selvittää näitä vaurioita, niiden tutkimista ja betonirakennustapaa yleensä. Myös korjausrakentamisen tulevaisuuden näkymiä on kartoitettu. Tämä työ rajoittuu käsittelemään betonirakenteista ainoastaan julkisivuja ja parvekkeita, sekä niihin suoraan liittyviä täydennysosia, jotka ovat yleisimpiä betonikuntotutkimusten kohteita kerros- ja rivitaloissa.

## 2 VAURIOT JA NIIDEN TUTKIMINEN

Betonirakenteissa tapahtuu muutoksia, jotka heikentävät niiden alkuperäistä rakennetta, kun betoni joutuu säälle tai muille rasituksille alttiiksi. Kosteus eri muodoissaan on yleisin ja usein pahin rasitustekijä. Muita rasitustekijöitä ovat säteily, lämpö ja erilaiset haitalliset aineet kuten kloridit ja ilman hiilidioksidi. Näiden rasitustekijöiden vaikutukset rakennukseen riippuvat monesta eri seikasta, kuten sijainnista, ilmansuunnista, korkeudesta ja muista yksityiskohdista. Haitat voivat yleensä olla lähinnä kosmeettisia, mutta pitkälle edenneet vauriot voivat aiheuttaa jopa turvallisuusriskejä. Korjaustarpeeseen, ja korjaukseen käytettäviin menetelmiin, voivat vaikuttaa myös erilaiset terveydelle ja ympäristölle vaaralliset yhdisteet, kuten asbesti ja PCB-yhdisteet. Myös aiemmin tehdyt virheelliset tai käyttöikänsä päässä olevat korjaukset vaikuttavat korjaustarpeeseen. /2, s. 17/

### 2.1 Kosteusrasitus

Kosteusrasitukset aiheuttavat tai ovat mukana suurimmassa osassa vaurioita. Kosteuden aiheuttamat vauriot ovat yleensä näkyviä ja helposti havaittavia. Toisaalta, koska kosteus pystyy liikkumaan myös materiaaleja pitkin mihin suuntaan tahansa, vauriot voivat olla piileviä. /2, s. 17/

#### 2.1.1 Kosteusrasituksen synty

Käytön aikaiset kosteuskuormitukset ovat merkittävämpiä betonirakenteiden turmeltumisilmiöiden aiheuttajia. Betonijulkisivuja ja –parvekkeita kuormittavat sade, ulkoilman kosteus ja pinnoille tiivistyvä ilman kosteus. Myös sisäilman kosteus, maaperän kosteus eri muodoissa, rakennuksen sisällä käytettävä vesi sekä erilaiset vuotovedet ovat mahdollisia kosteuslähteitä. /2, s. 17/

Julkisivuja rasittaa eniten viistosade. Se kohdistuu rankimmin seinien yläosiin räystäättömissä ja korkeissa rakennuksissa, jotka ovat avoimilla paikoilla. Sateella julkisivuun muodostuu vesikalvo, joka pääsee tunkeutumaan elementtien ohi eristetilaaan vuotavista saumoista tai toimimattomista liitoksista. Eristetilassa vesi kulkeu-



tuu painovoimaisesti alaspäin ja kasaantuu esimerkiksi ikkunoiden päälle. Maaperän kosteus ja pintavedet kulkeutuvat rakennuksen vierelle, jos niitä ei ole johdettu asianmukaisesti pois rakennuksen vierustoilta. Myös erilaiset vuodot rakenteissa, katoilla ja käyttövesiputkistoissa, voivat aiheuttaa paikallisen kosteusrasituksen. /2, s. 18/

Myös parvekkeiden kosteusrasituksessa sade on merkittävässä roolissa. Kattamattomien ja lasittamattomien parvekkeiden yläpinnat ovat lähes suoraan alttiina sadevedelle. Viistosade rasittaa parvekepieliä, kaiteita ja muita pystypintoja. Paikallinen kosteusrasitus lisääntyy, mikäli vedenpoisto on toimimaton tai sen yksityiskohdat ovat puutteellisia. Vesi imeytyy kapillaarisesti myös parvekerakenteisiin. Yleensä parvekerakenne on kokonaan kylmä, jolloin lämpövirta ei kuivata rakennetta lainkaan kuin ulkoseinissä. Parvekkeisiin tullut kosteus poistuu haihtumalla kuivina aikoina. Parvekkeiden pintakäsittelyt vaikuttavat oleellisesti sekä veden imeytymiseen että sen haihtumiseen. /2, s. 18/

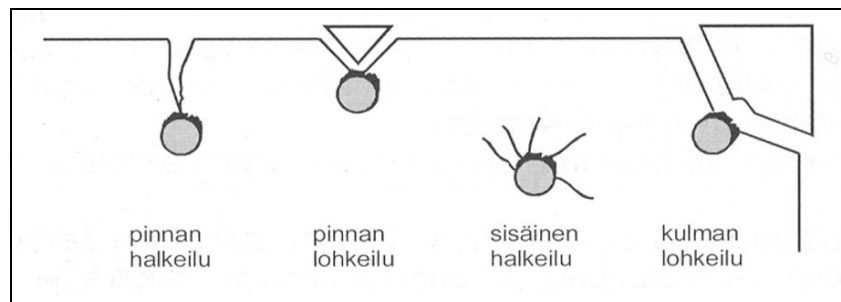
### 2.1.2 Kosteusrasitusten tutkiminen

Tehtäessä betonijulkisivujen ja -parvekkeiden kuntotutkimusta kosteusrasitusta tutkitaan eniten silmämääräisesti havainnoimalla. Kosteuden aiheuttamia jälkiä ovat yleensä kulumat pintakäsittelyissä ja betonin selkeä rapautuminen siten, että rakenteesta on lähtenyt kappaleita. Maaston muodot, ympäröivä kasvillisuus, toimiva sadevesijärjestelmä sekä räystäät ja pellitykset havainnoidaan. Kosteuden kuljettamisen kannalta olennaisten järjestelmien toimivuus varmistetaan ja mahdolliset epäkohdat otetaan huomioon. Käyttäjien, asukkaiden ja huoltohenkilökunnan huomioida sadevesien ja kosteuden epätavallisesta kulkeutumisesta kirjataan ylös kosteusrasituksia arvioitaessa. Tärkeä on suorittaa myös arviointi siitä, miten kastuvat rakenteet kuivuvat. Varsinaisia kosteusmittauksia esimerkiksi porareikämenetelmällä ei juuri tehdä, koska kosteuden aiheuttamien vaurioiden etenemä on pääasiainen tutkimuskohde. Mikäli halutaan tietää, missä olosuhteissa jokin rakenne on pidemmällä aikavälillä, voidaan tehdä myös kosteusmittauksia.

## 2.2 Terästen korroosio

Raudoitteiden ympärillä oleva betoni muodostaa teräksen ympärille suojakerroksen. Korkeasta alkalisuudesta johtuen betoni muodostaa teräksen pinnalle ohuen oksidikalvon, joka estää sähkökemiallisen korroosion. Riittävän tiivis ja paksu kerros estää myös haitallisten, teräksiä tuhoavien aineiden (esim. ulkopuolisien kloridien), pääsyn kosketuksiin terästen kanssa. Raudoitteisiin alkaa syntyä vaurioita, kun niiden suojaus menetetään. Tähän on pääasiassa kaksi syytä: betoni karbonatisoituu, eikä ole enää emäksinen ja siten suojaa terästä, tai teräksiä ympäröivä betoni sisältää klorideja, jotka voivat aloittaa terästen korroosion. /2, s. 19/

Kun aktiivinen korroosio alkaa, raudoitteiden pinnalta alkaa liueta materiaalia, mikä pienentää raudoitteen poikkipinta-alaa ja heikentää kantavuutta. Korroosion eteneminen näkyy ensin betonin halkeiluna ja lohkeamisena, koska korroosiotuotteet vaativat enemmän tilaa kuin alkuperäinen raudoitteen tilavuus. Teräsbetonirakenteissa korroosio aiheuttaa kuvan 1 mukaisia vaurioita. Betonipinnalle voi myös kulkeutua kosteuden mukana korroosiotuotteita, jotka näkyvät ruostejälkinä. /2, s. 19/



**Kuva 1** Korroosion aiheuttamia vaurioita /1, s.20/

### 2.2.1 Betonin karbonatisoituminen

Betoni on emäksinen rakennusaine. Sen emäksisyys suojaa raudotteita korroosiolta. Karbonatisoituminen on betonin neutraloitumisreaktio, jonka seurauksena betonin huokosveden pH-arvo alenee. Kemiallisen reaktion aiheuttaa ilman sisältämän hiilidioksidin tunkeutuminen betoniin. /2, s. 21/

### 2.2.1.1 Karbonatisoitumisreaktio

Karbonatisoitumisen etenemisnopeus riippuu pääasiassa kolmesta tekijästä:

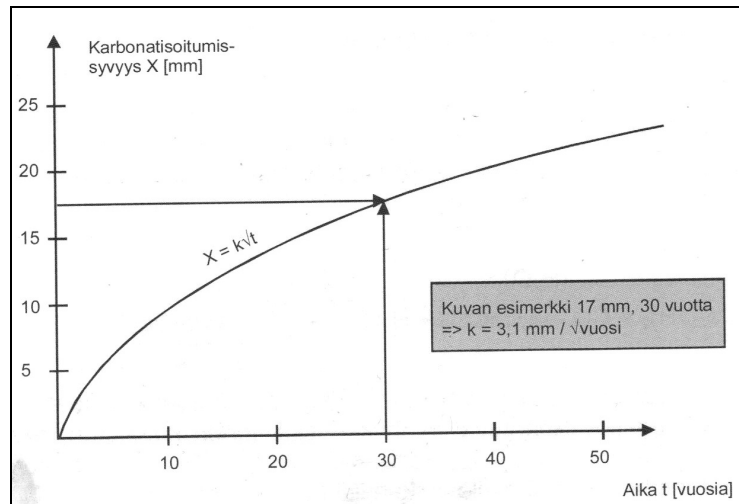
1. Betonin ja pinnan diffuusiovastuksesta, eli ilman läpäisevyyden vastuksesta, hiilidioksidin tunkeutumista vastaan.
2. Ympäröivän ilman hiilidioksidipitoisuudesta, joka ulkobetonirakenteissa on käytännössä vakio.
3. Karbonatisoituvan aineen määrästä.

Hiilidioksidin tunkeutumisenopeuteen vaikuttavat betonin huokosrakenne ja kosteuspitoisuus. Myös rakenteen sisältämät halkeamat lisäävät hiilidioksidin tunkeutumista paikallisesti. Betonin huokosrakenteeseen ja tiiviyyteen vaikuttavat eniten betonin vesisementtisuhde ja hydratoitumisaste. Tiiviys lisääntyy, kun vesisementtisuhde alenee ja samalla lujuus kasvaa. /2, s. 21/

Karbonatisoituminen etenee betonirakenteen pinnalta alkaen ja hidastuu sitä mukaan, kun hiilidioksidin pääsy tiivistyneestä ulkopinnasta karbonatisoitumisvyöhykkeelle vaikeutuu. Siksi karbonatisoituminen voi ajan kuluessa lähes pysähtyä. Betonin kosteuspitoisuus vaikuttaa karbonatisoitumiseen monella tavalla. Betonin huokosverkoston täytyessä vedellä hiilidioksidin tunkeutuminen vähenee, minkä takia esimerkiksi sadevesi hidastaa karbonatisoitumista. Rakenteet, jotka ovat miltei jatkuvasti märkiä (esimerkiksi parvekelaattojen yläpinnat), ovat yleensä hitaita karbonatisoitumaan. Toisaalta myös hyvin kuivat olosuhteet pysäyttävät karbonatisoitumisen, koska reaktio voi tapahtua ainoastaan vesiliuoksessa. /2, s. 21/

Koska karbonatisoituminen hidastuu jatkuvasti, sen etenemistä voidaan kuvata neliöjuurimallilla  $x=k\sqrt{t}$ , missä  $x$  on karbonatisoitumissyvyys [mm],  $k$  on karbonatisoitumiskerroin ja  $t$  on aika vuosina. Kuvassa 2 on kuvattu karbonatisoitumisrintaman eteneminen ajan funktiona neliöjuurimallin mukaan. Koska karbonatisoitumisenopeuteen vaikuttaa moni seikka, se voi olla hyvinkin eri suurta saman talon rakenteissa tai jopa samassa elementissä. Rakenteiden pintatarvikkeet ja pinnoitteet voivat estää hiilidioksidin diffuusiota betoniin ja siten hidastaa karbonatisoitumista tehokkaastikin. Elementtien reunoissa ja pielissä karbonatisoituminen on nopeampaa

kuin keskellä elementtiä, koska näissä kohdissa karbonatisoituminen pääsee etene-  
mään kolmelta suunnalta saumojen takia. Myös ulkokuoren ja sisäkuoren kar-  
bonatioitumisella on eroja sen mukaan, onko eristettä tuulettuva. Yleensä tuulet-  
tumattoman elementin ulkokuoren sisäpinnan karbonatisoituminen on hitaampaa  
kuin ulkopinnan. /2, s. 22 - 23/



**Kuva 2** Karbonatioitumisrintaman eteneminen neliöjuurimallin mukaan /2, s. 22/

### 2.2.1.2 Karbonatisoitumisen tutkiminen

Betonin karbonatisoitumista tutkitaan poratuista betonilieriöistä heti poraamisen  
jälkeen tai halkaistusta lieriöstä myöhemmin. Betonilieriöt käsitellään pH-  
indikaattorilla, joka värjää emäksisen betonin. Värjäytymättömästä betonista voi-  
daan mitata karbonatisoitumissyvyys, koska karbonatisoitunut betoni ei värjäydy.  
Karbonatisoitumissyvyys vaihtelee usein näytteen matkalla paljon. Sen vuoksi ar-  
vioidaan keskimääräistä syvyyttä. Yksittäiset suuret tulokset esimerkiksi hal-  
keamasta johtuen arvioidaan ja kirjataan erikseen. Kuvassa 3 on fenoliftaleiinilla  
käsitelty betonilieriö. Kuvasta huomataan, kuinka karbonatisoituminen vaihtelee  
koko lieriössä. /2/



**Kuva 3** Fenoliftaleiinilla käsitelty betonilieriö /3/

### 2.2.2 Kloridikorroosion synty ja eteneminen

Klorideja on saatettu käyttää julkisivu- ja parveke-elementeissä kiihdyttävänä lisäaineena. Klorideja voi myös tulla ulkoisista rasituslähteistä, kuten jäänsulatussuoloista tai rannikolla tuulen kuljettamasta merivedestä. Kloridikorroosiolle on ominaista, että se on pistemäistä ja hyvin voimakasta. Varsinkin, jos kloridit ovat tunkeutuneet kovettuneeseen betoniin. Kloridikorroosio voi edetä pitkälle ennen kuin vaurioita voidaan havaita päällepäin, koska siinä syntyvät korroosiotuotteet ovat liukoisempia betonin huokosveteen kuin karbonatisoitumisesta johtuvassa korroosiossa. Kloridikorroosio voi myös tapahtua normaalia alemmassa kosteuspitoisuudessa ja lämpötilassa. /2, s. 24/

### 2.2.3 Korroosion tutkiminen

Korroosiota voidaan tutkia usealla tavalla. Aistinvaraisin havainnoin voidaan nähdä, missä rakenteissa saattaa olla korroosion aiheuttamaa betonin halkeilua tai ruostejätkiä, kun korroosiotuotteet ovat tulleet veden mukana näkyville. Kuvassa 4 on parvekekaide, josta on haljennut betonia korrosioituneen teräksen takia.



**Kuva 4** Parvekekaiteen korroosioaurio /3/

Raudoitteiden tilaa voidaan tarkastella myös karbonatisoitumisen kautta. Kun poratusta betonilieriöstä tiedetään karbonatisoitumissyvyys, tiedetään myös kuinka pitkältä matkalta teräs on menettänyt betonin antaman suojan. Mittaamalla missä syvyydessä raudoitteet sijaitsevat, voidaan päätellä, onko karbonatisoituminen edennyt jo terästen syvyyteen asti. Mikäli teräksiä sijaitsee karbonatisoituneella alueella, on raudoitteiden korroosio mahdollinen. Poratuista lieriöistä voidaan myös aistinvaraisesti katsella terästen pintoja, jos poraus suoritetaan raudoitteen kohdalta. Tämä täytyy kuitenkin tehdä melko nopeasti porauksen jälkeen, ettei porauksessa ja lieriöiden käsittelyssä käytetty vesi pääse ruostuttamaan teräksien sahattuja päitä ja siten johda tutkijaa tekemään vääriä johtopäätöksiä. Teräksen kohdalta haljennesta lieriöstä voidaan nähdä tarkemmin korrosioituminen, koska teräs on koko matkaltaan näkyvissä. Laboratoriotutkimuksissa teräksiä tarkastella mikroskoopilla, jolloin korroosion alkaminen pystytään luetettavasti toteamaan. /2/

## 2.3 Betonin rapautuminen

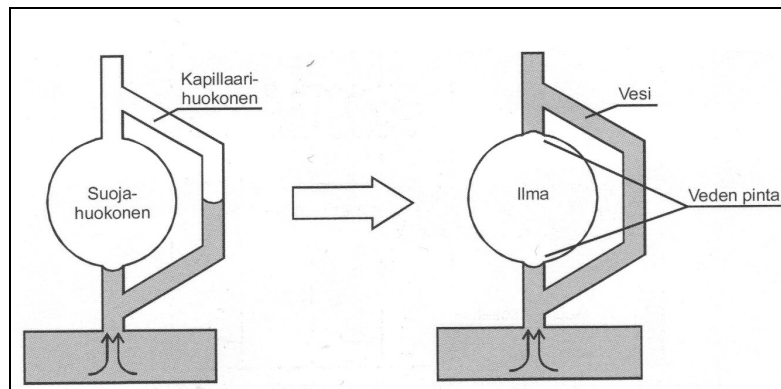
Betonin rapautumisen voi aiheuttaa kolme turmeltumisilmiötä:

1. pakkasrapautuminen
2. ettringiittireaktio tai
3. alkalirunkoainereaktio.

Suomen sääolosuhteissa pakkasrapautuminen on näistä selvästi yleisin ja merkittävin rapautumisilmiö. Muut rapautumisilmiöt ovat myös mahdollisia, mutta lähinnä yksittäisinä tapauksina. Näiden erottaminen toisistaan vaatii usein laboratoriotutkimuksia, koska niiden näkyvät, aistinvaraisesti havaittavat, vauriot ovat hyvin toistensa kaltaisia. Ainoa yhdistävä tekijä näillä vauriolla on, että syntyäkseen, ne tarvitsevat korkeaa kosteusrasitusta. /2, s. 27/

### 2.3.1 Pakkasrapautuminen

Pakkasrapautuminen perustuu veden olomuodon muodonmuutoksiin ja siitä aiheutuviin fysikaalisiin ilmiöihin. Betonin huokosverkostossa oleva vesi jäätyy, kun ilman lämpötila laskee pakkasen puolelle. Jäätyminen synnyttää betonin huokosiin painetta, koska veden jäätyessä se laajenee. Kun lämpötila laskee, jääkiteen tilavuus jälleen nousee hetkellisesti, ennen kuin se alkaa sulaa. Tämä aiheuttaa lisää painetta betoniin. Jos huokosverkostossa ei ole tilaa laajenevalle vedelle, johon vesi voi kapillaarivoimien vaikutuksesta edetä betoni rapautuu. Kuvassa 5 on esitetty betonin huokosverkoston periaatekuva. Jotta betoni ei rapautuisi, betonin täytyy sisältää tarvittava määrä ilmahuokosia, jotka eivät täyty vedellä. Näiden huokosten keskinäinen välimatka ei saa olla liian suuri ja suojuhuokosia on oltava tasaisesti betoniin jakautuneena. /2, s.27 - 28/



**Kuva 5** Betonin suojahuokostuksen toimintaperiaate /2, s. 28/

Riittävä suojahuokostus pakkasenkestävyyttä vastaan saadaan aikaan lisähuokostamalla. Siinä betonissa olevat kapillaarihuokosia suuremmat ilmahuokokset pysyvät ilmatäytteisinä, vaikka betoni olisi kosketuksissa veteen pitkänkin ajan. Toisaalta riittävä ilmamäärä betonissa ei vielä takaa, että huokokset toimivat pakkasrapautumisen kannalta edullisesti. Huokosten välimatkojen tulee olla riittävän pieni ja tietyllä ilmamäärällä on pystyttävä tuottamaan paljon pieniä ilmahuokosia suurien sijaan. Lisähuokostuksen lisäksi betonin pakkasenkestävyyteen vaikuttaa oleellisesti betonin tiiviys. Alhainen vesisementti-suhde, ja sen myötä betonin korkea lujuus, pienentää vedenimukykyä ja -nopeutta sekä sen myötä betonissa olevan jäätyvän veden määrää. /2, s. 28/

Julkisivuissa ei ole käytetty systemaattista lisähuokostusta ennen 1970-luvun puoliväliä. Nämä betonirakenteet ovat kuitenkin voineet kestää niille tulleen pakkas-kuormituksen, jos betoni on ollut riittävä tiivistä ja kosteusrasitus riittävän vähäistä. Vanhojen rakenteiden kosteusrasitusta on tämän takia pyrittävä pienentämään korjausten yhteydessä. /2, s. 29/

### 2.3.2 Ettringiittireaktio

Ettringiittireaktio muistuttaa ulkoasultaan pakkasrapautumaa ja voi olla usein sen aiheuttajanakin. Ettringiittireaktio aiheutuu yleensä liian voimakkaasta betonin lämpökäsittelystä valmistamisen aikana. Se aiheuttaa häiriöitä sementin kovettumisreaktiossa. Silloin kovettuneessa sementtikivessä tapahtuu sulfaattimineraalien



kemiallinen reaktio, johon liittyy reaktiotuotteiden voimakas tilavuuden kasvu. Syntyvä ettringiittimineraali kiteytyy ilmatäytteisten suojahuokosten pinnalle, joka pienentää suojahuokosten tilavuutta ja sen seurauksena pakkasenkestävyys heikenee. Ettringiitti voi siis aiheuttaa pakkasrapautumaa tai huokokset voivat täyttyä ki-teistä niin, että täyttymistä seuraava paine aiheuttaa säröjä betoniin. Reaktion edel-lytyksenä on runsas kosteusrasitus. /2, s. 31/

### 2.3.3 Alkalirunkoainereaktio

Alkalirunkoainereaktio on harvinainen Suomessa, koska suomalaiset tiiviit syväki-tilajit ovat yleensä kemiallisesti hyvin kestäviä. Alkalikiviainesreaktio voi tulla ky-symykseen, jos käytetään ulkolaista kiviainesta tai murskattua kiviainesta. Alkali-kiviainesreaktiossa betonin kiviaineksessa tapahtuu sementin alkalisuudesta johtu-va paisumisreaktio, joka voi rapauttaa betonia. Alkalikiviainesreaktio voi tapahtua, jos kaikki seuraavat edellytyksen ovat olemassa rakenteessa:

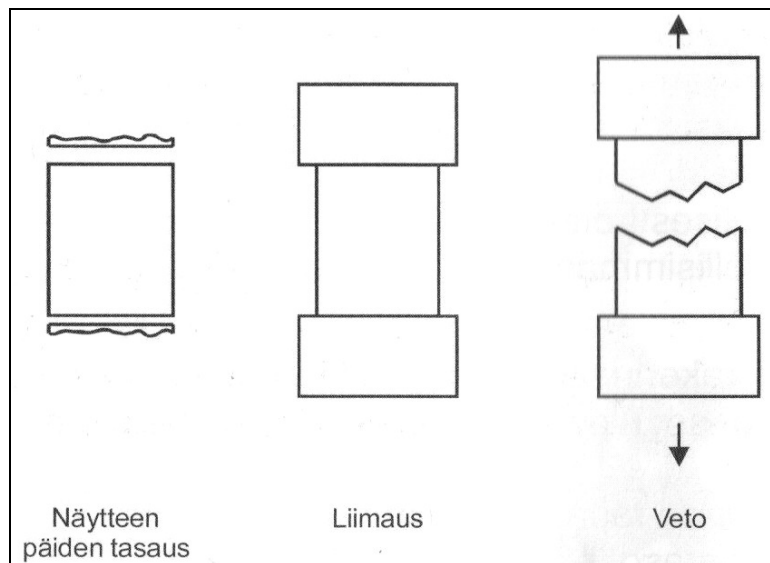
- sementti sisältää runsaasti alkaleja, kuten natriumia ja kaliumia
- kiviaineksessa on heikosti alkalisuutta kestäviä kivilajeja ja
- betonin kosteuspitoisuus on riittävän korkea. /2, s. 32/

### 2.3.4 Rapautumisen tutkiminen

Aistinvaraisesti ei voida tietää mistä rapautumistyyppistä on kyse. Rapautumistyyppin ja sen etenemisen määrittämiseksi tarvitaan laboratoriokokeita. Vain niiden perus-teella voidaan luotettavasti määritellä rapautumisaste ja -tyyppi. Rapautuminen voi-daan havaita ohuthietutkimuksessa, jossa betonilieriö hiotaan erittäin ohueksi ja mikroskoopilla tarkastellaan betonin suojahuokosia ja niiden täyttymistä esimer-kiksi ettringiittikiteillä. Ohuthiessä nähdään myös halkeamat ja säröilyt sekä niiden määrä. Määrä kasvaa rapautumisen edetessä, ja rapautumistilanne tulee aina var-mentaa ja tarkistaa hietutkimuksella. Varsinkin, jos rapautuminen ei ole todennet-tavissa muille menetelmillä ja rapautumistilanne on kriittinen rakenteen korjatta-vuuden kannalta. /2, s. 101/

Vain pitkälle edenneitä rapautumisvauriohavaintoja voi tehdä aistinvaraisesti. Pakkasvaurioituminen ilmenee betonin säröilynä. Säröjen kautta betonin lujuus heikenee ja veden imunopeus kasvaa. Rasituksen jatkuessa betoni rapautuu. Aistinvaraisten havaintojen lisäksi betonia voidaan myös vasaroida, jolloin rapautunut ja irti oleva betoni kuulostaa ”kopolta”. Pitkälle edennyt rapautuminen voidaan havaita myös elementtien kaareutumisenä ja lopulta betonin lohkeiluna. Alkuvaiheen rapautumista ei voida silmämääräisesti huomata ja sen toteamiseksi täytyy tehdä tarkempia tutkimuksia laboratoriossa. /2, s. 30/

Rapautumista voidaan tutkia myös betonilieriöiden veto- tai puristuskokeilla. Kuvassa 6 on vetokokeen periaatekuva. Vetokokeella saadaan suuntaa antavia tuloksia ja niiden analysoinnissa on aina käytettävä harkintaa ja otettava huomioon epävarmuustekijät.



**Kuva 6** Vetokokeen periaate /2, s. 104/

Vetokokeen tuloksia voidaan verrata taulukkoon ja tehdä siitä päätelmiä. Taulukosta 1 nähdään yksi mahdollisuus tulkita betoninäytteistä mitattuja vetolujuuksia.

**Taulukko 1** Vetokoetulosten arviointi /2, s. 104/

vetolujuus	todennäköinen rapautumisaste
luokkaa 0 MPa	näytteessä on pitkälle edennyttä rapautumaa
luokkaa 0,5-1,0 MPa	näytteessä on jonkinasteista rapautumaa
luokkaa 1,5 MPa tai yli	näytteessä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa

## 2.4 Muita tutkimuskohteita

Betonijulkisivujen ja parvekkeiden kuntotutkimus rajoitetaan usein koskemaan myös joitakin täydennysosia. Näistä tärkeimmät ovat saumat, kiinnitykset ja vaarallisten aineiden määrittäminen. Niiden tutkimustulokset vaikuttavat oleellisesti mahdollisen korjaustavan valintaan.

### 2.4.1 Saumat

Saumojen kohdalla tarkastellaan tiiviyyttä, elastisuutta, sääräsituksia, massan laatua ja massan pinnoitusta. Saumojen tutkimus tapahtuu aistinvaraisesti ja saumoista otettuja näytteitä laboratoriossa. Saumamassoissa on käytetty PCB- ja lyijy-yhdisteitä, joten niiden varmistaminen massasta on tärkeää, koska ne ovat terveydelle vaarallisia aineita ja siten ongelmajätettä. Niiden purkamisessa on noudatettava silloin erityisiä ohjeita. PCB-yhdisteitä on mahdollisesti käytetty vuoteen 1979 asti ja lyijyä vuoteen 1989 asti /2, s. 45./

### 2.4.2 Kiinnitykset

Ulkoseinäelementtien ja parvekkeiden kiinnitykset voivat heiketä ajan myötä. Suurimpana vaarana ovat ansaiden ja kannattajien korroosio-ongelmat kosteusrasituksen takia. Toisaalta niiden kiinnitys betoniin voi alun perinkin olla ollut heikko. Esimerkiksi ansapaarteiden peitesyvyys voi olla liian pieni, mikä aiheuttaa ongelmia. Myös kuorielementtien kiinnikkeiden mahdolliset betonisuojuukset ovat pak-

kovoimien vaikutuksesta voineet halkeilla tai karbonatisoitua ja menettää suojauskykyään. Kiinnikkeiden kuntoa voidaan arvioida vain avaamalla rakenteita ja katsomalla niiden kuntoa. Satunnaisesti voidaan tutkia myös poralieriönäytteistä, mikäli satutaan poraamaan ansaan kohdalla. Näyteporausten yhteydessä osutaan yleensä teräksiin, ja on hyvä todennäköisyys osua diagonaaliinsa kohdalle, jolloin niiden kuntoa voidaan arvioida. Viitteitä kannattajien ja kiinnikkeiden kunnosta voi saada silmämääräisestikin havaitsemalla, mutta todellinen tilanne selviää ainoastaan rakenteita avaamalla. /2, s. 35 - 37/

Avausten paikka ja laajuus on kuitenkin harkittava tarkasti, koska kiinnitysten vaurioittaminen aiheuttaa turvallisuusriskin. Avauksia tulee tehdä riittävästi ja erityisesti niistä kohdista, joissa vauriot ovat todennäköisesti pisimmälle edenneitä. Kantavien rakenteiden kiinnitysten ja kannatusten tutkimisessa täytyy käyttää erityistä harkintaa ja asiantuntevuutta. Parvekerakenteita voidaan rakentaa eri suunnista kannatetuiksi. Kannatusperiaatteiden mukaiset kriittiset teräkset tulee tietää ja niiden tutkimukset suunnitella erikseen. Joissakin tapauksissa rakenteet on mahdollista avata liittyvän kevyen rakenteen kautta. Toisaalta kiinnityksen kunnan tarkistus onnistuu vain mahdollisen korjaustyön aikana. Mikäli vaurioitit kiinnikkeet osoittautuvat poikkeuksetta hyväkuntoisiksi muutamalla avauksella, saadaan tarvittava varmuus niiden kunnosta. Vain yhteen avaukseen ei ikinä tule luottaa. /2, s.106 - 107/

## **2.5 Rakenteiden turvallisuuden ja terveellisyyden tutkiminen**

Rakenteita tutkittaessa tehdään myös turvallisuusarviointi. Turvallisuusriskin voivat aiheuttaa esimerkiksi pitkälle edennyt rapautuminen, terästenkorroosio, kiinnikkeiden heikentyminen tai pintatarvikkeiden irtoaminen. Betoni voi olla pahoin rapautunut, jolloin kappaleiden irtoaminen voi olla vaarana. Myös pitkälle edennyt terästen korroosio voi saada betonin halkeilemaan ja kappaleita voi irtoilla tai olla putoamisvaarassa. Putoavat betonikappaleet muodostavat turvallisuusriskin rakennuksen käyttäjille ja sen läheisyydessä liikkuville. Putoamisvaara voi syntyä myös pintatarvikkeiden, esimerkiksi tiilien, irtoamisesta. Myös kiinnikkeiden tuntuva heikentyminen on automaattisesti turvallisuusriski, koska se voi aiheuttaa element-

tien putoamisvaaran. Kiinnikkeiden turvallisuutta ja niiden tutkimusperiaatteita on käsitelty tarkemmin luvussa 2.4.2.

Terveydelle vaarallisia aineita betonirakenteissa ovat maalien asbestipitoisuudet, eristetilan mikrobipitoisuus, saumamassojen PCB- ja lyijypitoisuudet ja PAH-yhdisteet.. Maalien asbestipitoisuus on selvitettävä aina, jos korjauksessa maalipintaa poistetaan tai sitä irtoaa esim. painepesun yhteydessä. Mikäli maalipintaa ei käsitellä, ei asbestin takia tarvitse ryhtyä suojaustoimenpiteisiin. Asbestimääritys tehdään laboratoriossa maalinäytteestä. /2, s. 44/

Betonirakenteissa mikrobeja ja homesieniä voi esiintyä lähinnä lämmöneristeen ulkopinnassa. Siitä ne voivat kulkeutua sisäilmaan ilmavirtausten mukana rakenteen läpi. Haitallista kasvustoa voi muodostua rakenteisiin pääasiassa kosteusteknisten puutteiden takia. Homesienien kasvu on kuitenkin yleensä harvinaista betonielementtieneristetilassa ja on seurausta pitkään jatkuneesta poikkeuksellisen suuresta kosteusrasituksesta /2, s. 44./

PAH-yhdisteet muodostuvat keskenään sitoutuneesta bentseenirenkaasta ja yksittäisiä yhdisteitä voi olla useita satoja. Niiden on todettu aiheuttavan syöpää ja pienetkin pitoisuudet voivat aiheuttaa oireita. PAH-yhdisteitä tavataan lähinnä vanhojen bitumi- ja kivihiilitervapohjaisten tuotteiden yhteydessä. Näitä tuotteita on käytetty lähinnä sokkelien, vesikattojen ja parvekkeiden vedeneristyksessä. /2, s. 44 - 45/

PCB- ja lyijy-yhdisteitä on käsitelty aiemmin kohdassa 2.4.1.

### **3 BETONIRAKENTAMINEN SUOMESSA**

Betonirakenteiden käyttäminen Suomessa, varsinkin julkisivuissa ja parvekkeissa, on melko nuorta. Betonin tekoa ja käyttöä on harjoiteltu monenlaisin tuloksia muuttaman vuosikymmenen ajan. Nykyään betonielementtiteollisuus on pitkälle vietyä ja rakennuksia voidaan rakentaa kokonaisuudessaan elementeistä. Rakentaminen

on nopeutunut ja tekniikat ovat kehittyneet. Niinpä betoni onkin yleisin rakennusmateriaali rivi- ja asuinkerrostaloissa.

### 3.1 Betonin käytön alkutaival

Ulkoseinissä betonirakenteita on alettu pääasiassa käyttää vasta 1940 - 60-luvuilla. Sitä ennen teräsbetonirakenteita on käytetty kantavina rakenteina, kuten pilareina ja väli- ja yläpohjissa. 1940-luvulla Suomessa vallitsi vaikea asuntopula, koska sotien ja alueluovutusten seurauksena oli menetetty yli 100 000 asuntoa. Siirtolaisväestö oli asutettava uusille asuinalueille ja lisäksi väestönkasvu oli vuosina 1945 - 1954 erityisen voimakasta. 1950-luvun jälkipuoliskolla vallitsi suuri muuttoaalto maaseudulta asutuskeskuksiin, ja se viimeistään alkoi näkyä asuntotuotannossa, jolloin painopiste siirtyi asutuskeskuksiin ja kerrostalorakentamiseen. Asuntojen suurta tarvetta pyrittiin ratkaisemaan suurina rakennusryhminä tai kokonaisina lähiöinä. Ratkaisuksi ongelmiin nähtiin rakennusosien standardointi, elementtirakentaminen, työmaiden koneistaminen ja teollinen massatuotanto. Kuvassa 7 nähdään 1950-luvun rakentamistyyliä, jossa yhdistyvät käsityö ja elementtirakentaminen. /7, s. 84/



**Kuva 7** Rakennustyömaa 1950-luvulla /6, s. 84/

Ensimmäisiä elementtikokeiluja tehtiin 1950-luvulla lähinnä täydentävissä rakennusosissa, kuten portaissa, ilmanvaihtokanavissa ja parvekkeissa. Kantavan rungon

ja ulkoseinien toteuttamisessa elementtirakentaminen jäi lähinnä arkkitehtien ke-  
keilujen asteelle. Ensimmäinen asuinkerrostalo, jonka ulkoseinät ovat betonisia  
sandwich-ruutuelementtejä, valmistui vuonna 1958 Helsingin Lauttasaaren (kuva  
8). /7, s. 85/



**Kuva 8** Ensimmäinen betonisandwich-elementeistä tehty asuinkerrostalo /7, s. 85/

Huoneistokohtaiset parvekkeet yleistyivät 1940-luvulla. Ensin tehtiin ulokeparvek-  
keita, mutta myöhemmin myös sisäänvedettyjä parvekkeita. Pienistä asunnoista  
parvekkeet usein puuttuivat ja Arava-lainoitetuissa taloissa parvekkeen rakentami-  
nen yksioon oli kielletty. Pienempiin asuntoihin rakennettiin ranskalaisia parvek-  
keita. Muihin asuntoihin yleisin parvekerakenne oli teräsbetoninen ulokelaatta, jo-  
ka oli kannateltu ratakiskoilla. Laatan päälle tehtiin vedenerityskerros ja pintalaatta.  
Kaitteet olivat terästä tai betonia. /7, s. 103/

### 3.2 Kerrostalolähiöiden esiinmarssi

Yhteiskunnan rakennemuutos 1960- ja 1970-luvuilla synnytti kerrostalolähiöt hel-  
pottamaan väestön maaltamuuttoa keskuksiin. Tarvittiin nopeaa rakentamistahtia.

Pankkien ja rakennusliikkeiden johdolla toteutettiin kerrostalovaltaisia aluerakentamiskokonaisuuksia kauas vanhoista kaupunkien keskustoista. 1970-luvun alkupuoliskolla kerrostalorakentaminen oli erityisen runsasta. Silloin tuotannon painopiste oli asuntojen ja rakennusten määrässä, ei niinkään laadussa. Keskenään erilaisten esivalmisteiden ja asuntojen määrää tuli rajoittaa, jotta saavutettaisiin Arava-ohjeiden mukaiset edut, joita sarjatuotannon tuli tuoda. Kerrostaloihin ei rakennettu turhia ulokkeita eikä mutkia ja tuotannon piti olla mahdollisimman pitkälle teollisesti esivalmistettua ja sarjatuotantoa. Kuvassa 9 on tyypillinen kerrostalolähiö 1970-luvun alusta.



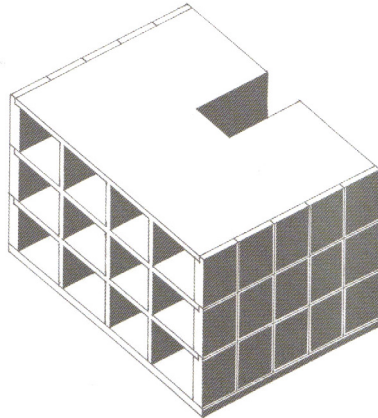
**Kuva 9** Malminiitty Vantaalla 1970-luvun alussa /7, s. 145/

1970-luvun kiivastahtisesta rakentamisesta kertoo se, että aina talokohtaista rakennus- ja asunosuunnittelua ei käytetty lainkaan. Rakennusliikkeiltä löytyi valmiita mallilamelleja, joita yhdisteltiin siten, että saatiin tarvittava määrä asuntoja. Keskiytettiin tuotannon tehokkuuteen, yleensä laadun kustannuksella. Arkkitehtuuri ja rakenteiden pitkäaikaiskestävyys olivat toissijaisia asioita. /7, s. 142 - 143/

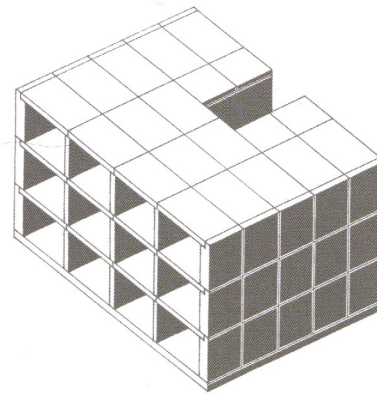
Kantavien rakenteiden materiaalina betoni syrjäytti tiilen kokonaan 1960-luvulla. Kirjahyllyrunko, jonka kantavana pystyrakenteena ovat betoniseinät, oli yleisin runkotyyppi. Pisimmille vietyinä kirjahyllyrunko on lamellitaloissa, joissa runkoon nähden poikittaiset seinät ja päätyjen umpinaiset seinät ovat kantavia. Pitkillä jul-



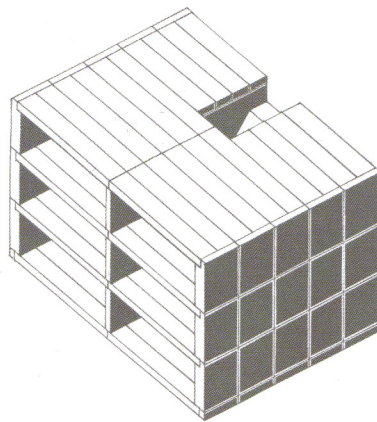
kisivuilla ei ole kantavaa tehtävää. Paikalla tehdyissä kirjahyllyrungoissa teräsbetonia on käytetty lähinnä sisäkuorissa, niin kantavissa kuin ei-kantavissakin ulkoseinissä. Osa- ja täyselementtiratkaisuiden yleistyessä betonia alettiin käyttää myös ulkokuorissa. Lopulta myös betonisandwich-elementit yleistyivät ja siitä tuli-kin käytetyin ulkoseinärakenne niin kantavissa kuin ei-kantavissa ulkoseinissä. Kuvassa 10 ovat yleisimmät runkotyypit ja niiden vuosikymmenet. /7, s. 149 - 159/



Kirjahyllyrunko (osaelementti) oli yleisin runkotyyppi vuosina 1960–1975.



Kirjahyllyrunko (täyselementti, suurlevyjärjestelmä) oli käytössä noin vuosina 1960–1975.



Kirjahyllyrunko (täyselementti, BES) oli käytössä vuodesta 1971 alkaen.

**Kuva 10** Runkotyypit ja niiden vuosikymmenet /7, s. 150/

Parvekkeita ei rakennettu yksiöihin eikä kaksioihin ennen vuotta 1968, koska Arava-ohjeet kielsivät ne. Kun kielto oli ohi, parvekkeita voitiin rakentaa yksi joka asuntoon, mutta niiden vähimmäissyvyys oli vain 150 cm. Parvekkeita on rakennettu ulokeparvekkeina, jotka tukeutuvat välipohjasta tulevien rataakiskojen varaan. Kantavat pieliseinät yleistyivät 1960-luvun lopulla ja betonielementtirakenteinen parveketorni vakiintui julkisivuihin. /7, s. 173/

### 3.3 Paluu monipuolisuuteen ja käytettävyyteen

Asuntotuotannon painopiste siirtyi omakotitaloihin, paritaloihin ja rivitaloihin 1970-luvun loppupuolella, mikä vähensi kerrostalorakentamisen määrää huomattavasti. Ja vaikka seuraavan rakentamisen korkeasuhdanteen aikana 1990-luvun taitteessa rakennettiin ennätysmäärä kerrostaloja, niitä ei kuitenkaan tehty kuin alle puolet vuoden 1974 ennätysmäärästä. 1990-luvun puolivälin lama vähensi myös vapaarahoitteisten asuntojen määrää, ja alhaisin määrä asuntoja valmistui vuonna 1996. Tyypillisiä ihmisten muuttoliikkeitä oli siirtyminen kaupunkiin, josta seurasi asuntotuotannon keskittyminen kasvukeskuksiin. 2000-luvun lähestyessä kerrostalotuotanto pääsi uuteen vauhtiin ja sen osuus oli noin puolet kaikesta asuntotuotannosta. /7, s. 210/

1970-luvun loppupuolella myös teollisen asuntotuotannon vastustus pakotti tavoitteiden uudelleenasetteluun. Betonilaatikkoarkkitehtuuriin oli kyllästytty ja uusissa vuoden 1979 ohjeissa taloilta edellytettiin jo ihmisläheisyyttä ja sopeutumista ympäristöön. Siitä huolimatta 70-luvun viitoittama tie jatkui 1980-luvulle asti. Uusia ideoita alkoi tulla 1990-luvulla, jolloin kerrostalorakentamisessa korostettiin esteettömyyden lisäksi muunneltavuutta, ekologisuutta ja hyvää kaupunkimaista ympäristöä. Kuvassa 11 on 1990-luvulla rakennettu kerrostalo. Rakentamisen haasteiksi tulivat täydennysrakentaminen ja kaupunkikeskustojen rakentamattomien alueiden käyttö. /7, s. 210 - 212/



**Kuva 11** 1990-luvun asuinkerrostalo /7, s. 221/

Kantavana runkona kirjahyllyrunko ontelolaattavälipohjineen oli suosituin toteutustapa vuosina 1975 - 2000. Jonkin verran kirjahyllyrunkoja tehtiin valamalla paikalla kantavia seiniä ja välipohjia. Ulkoseinärakenteena betonisandwich-elementit olivat ylitse muiden rakenteiden. Tuuletusraon käyttö julkisivuelementeissä alkoi varsinaisesti vasta 1990-luvulta lähtien. Ennen sitä tuulettumattomissa rakenteissa siirryttiin ensin uritetun eristeen käyttöön. Muutoksen syitä ovat kerroksellisten rakenteiden, eli sandwich-rakenteiden, käyttö. Toisaalta menneinä vuosina ei ole kannettu huolta rakenteiden tuulettavuudesta nykyiseen tapaan. Tämä johtuu osaltaan siitä, että lämmöneristekerrosten vahvuudet ovat kasvaneet ja ulko- ja sisälämpötilojen erot ovat suuremmat. Sisältä kulkeutuva kosteus tiivistyy rakenteeseen ja sen on päästävä kuivumaan ulos. Myös julkisivujen ulkokuoren taakse kulkeutuva kosteus on tuuletettava pois. Tämän aikakauden talojen heikkoja kohtia ovat olleet monipuoliseen julkisivuarkkitehtuuriin liittyvät detaljiongelmien. Monipuolisuuden kustannuksella on tehty vaikeita ja toimimattomia yksityiskohtia, joita on joissain tapauksissa jouduttu korjaamaan lyhyenkin ajan jälkeen valmistumisesta. /7, s. 214, 216/

### 3.4 Tyypilliset vauriot aikakauden 1960 - 1975 taloissa ja rakenteissa

Koska Suomessa on vuosina 1960 - 1975 rakennettu eniten betonikerrostaloja, keskitytään näiden talojen tyypillisten vaurioiden selvittämiseen. Nämä rakennukset muodostavat toistaiseksi suurimman osan korjattavista ja tutkittavista kohteista. Näiden talojen rakenteissa esiintyy edellä mainittujen betonin vaurioitumismekanismien ja vaurioiden kirjo. Toisten vaurioiden esiintymistiheys on toisia todennäköisempää. Tuolla aikavälillä betonielementtitaloissa voi olla monenlaisia teknisiä heikkouksia, koska kustannukset pyrittiin pitämään alhaisina. Rakennusteknisessä tietämyksessä oli puutteita, mistä aiheutui työvirheitä. Myös ohjeiden ja määräysten puutokset vaikeuttivat tasaisen laadun tekemistä. Elementtien valmistus oli myös melko alkeellista 1960-luvulla työmaavalimoissa. Betonivalimoissa käytettiin tuotantoa nopeuttavaa lämpökäsittelyä, joka myös heikensi elementtien laatua. Betonielementtien vauriot keskittyvät usein ulkokuoreen. Parvekkeissa ongelmia esiintyy ohuissa kaiteissa ja laattojen reunoissa, joissa terästen peitepaksuudet ovat pienimmillään. /7, s. 168/

Tampereen Teknillisessä yliopistossa tekeillä olevan tutkimuksen mukaan yli puolet 1970-luvun betonijulkisivuista on pakkasenkestävyydeltään riittämättömiä. Vuonna 1976 otettiin käyttöön betonin lisähuokostusta koskeva ohjeistus, joka lisää suojahuokosien määrää ja on siten pakkasenkestävä. Tutkimuksen perusteella uusi ohjeistus on otettu käyttöön vasta 1981, joten ennen tätä rakennetut talot voivat olla huokostukseltaan puutteellisia ja alttiina pakkasrapautumiselle. Pakkasrapautumisesta johtuvia julkisivuvaurioita on näkyvissä eniten avoimilla paikoilla, jolloin saderasitus on kovin. /8, s. 19/

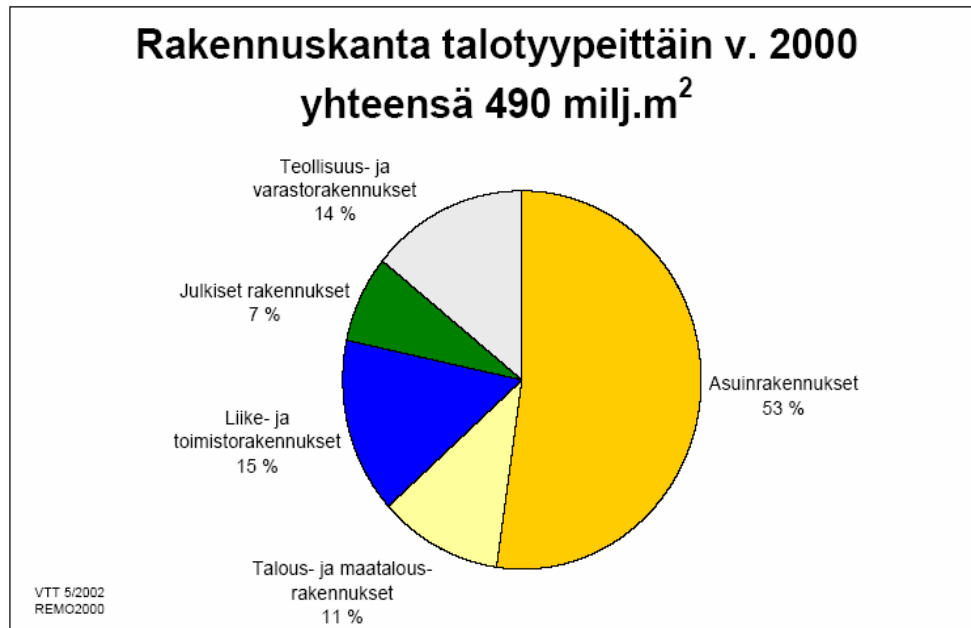
Pakkasvaurioiden ohella vähintään yhtä yleinen ongelma on raudoitteiden korrosio. Karbonatisoitumisprosessi aiheuttaa terästen korroosion. Karbonatisoitumisen nopeus riippuu sekä betonin että pintatarvikkeiden laadusta, mutta oleellisesti myös raudoituksen peitesyvyydestä. Terästen syvyys vaihtelee hyvinkin paljon 1960 - 1980-luvuilla rakennetuissa asuinkerrostaloissa. Se voi vaihdella kohteesta riippuen muutamasta millimetristä yli 50 millimetriin, mikä mahdollistaa erilaiset korrosiovauriot. /8, s. 19/

Näiden vaurioiden lisäksi muita mahdollisia ongelmia betonielementtirakenteissa ovat elementtien ulkokuoren halkeilu ja kaareutuminen, saumausten kovettuminen ja vesivuodot. Myös pintakäsittelyt voivat vaurioitua ja pintatarvikkeet, kuten klinkkerilaatat, irtoilla. Lämmöneristykset ovat usein myös paksuudeltaan puutteellisia, ja niissä esiintyy suuria mittavaihteluja. Eristekerros on voitu koota pienistä paloista, ja se on elementtien alkuaikoina ollut helposti kasaan taipuvaa. /7, s. 168/

Kaikkien vaurioiden syntymisen syynä ovat rakennuksiin kohdistuvat eri rasitukset. Vaikka rakentamisen aikana on saatettu laiminlyödä ohjeita, on rasitusten huomiointi ja vaikutuksilta suojautuminen saattanut suojata tämänkin aikakauden taloja kyseisiltä vaurioilta. Esimerkiksi pakkasrapautumista ei voi tapahtua ilman kosteutta. Vaikka suojahuokostus on ollut puutteellista, tulee huomioida myös kosteusrasitus julkisivupinnoille. Mikäli kosteusrasitus on pientä, ei pakkasrapautumista pääse syntymään voimakkaasti. Rasitusten arviointi ja analysointi tapauskohtaisesti on tärkeää, mietittäessä tyypillisimpiä vaurioita.

### **3.5 Korjausrakentamisen tulevaisuuden näkymiä asuinkerrostaloissa**

Suomen rakennuskanta kerrosalalla mitattuna on asuinrakennusvoittoinen. Yli puolet Suomen 490 miljoonan neliön rakennuskannan kerrosalasta on varsinaiseen ja vapaa-ajan käyttöön tarkoitettuja asuinrakennuksia (kuva 12). /9, s. 12/



**Kuva 12** Rakennuskanta talotyypeittäin /9, s. 13/

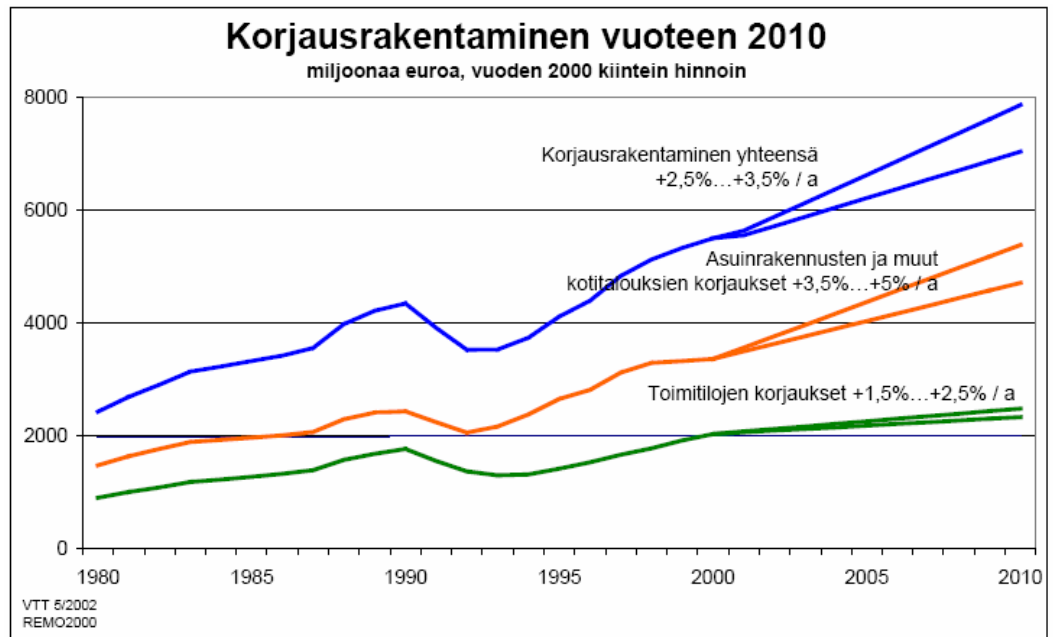
Yksityiset henkilöt omistavat suoraan tai asunto-osakkeiden kautta 57 % rakennuskannasta. Rakennuskannassa on asuntoja yhteensä 2,5 miljoonaa asuntoyksikköä ja kerrostaloasuntoja tästä määrästä on yli miljoona. 1970-luvun rakennusvauhdin johdosta tämän rakennuskannan keski-ikä on noin 30 vuotta, minkä vuoksi puolet rakennuskannasta on saavuttanut kriittisenä pidetyn iän, jolloin korjaustarvetta on eri rakenteissa. Asuinkerrostaloissa korjauksia on eniten juuri 1960- ja 1970-luvun rakennuksissa. Vuoteen 2010 mennessä korjaustarpeen piiriin tulevat myös 1980-luvun rakennukset, jolloin tekniseen korjausikään on tullut tai tulossa 50 prosenttia rakennuskannasta. Vaikka vanhoja, käytöstä poistettuja ja purettuja rakennuksia poistuu rakennuskannasta, tulee korjausrakentaminen kasvamaan. Erityisesti ulko-vaipparakenteisiin ja talotekniikkaan kohdistuu korjauspaineita. /9, s. 12 - 14/

Taulukossa 2 on esitetty korjausrakentamisen arvo vuonna 2000 ja sen kasvuennuste tulevalle kymmenelle vuodelle. Talotyyppien järjestys on määritetty absoluuttisen kasvun suhteen siten, että ensimmäiseksi sijoitetun talotyypin korjaustoiminta tulee kasvamaan rahassa mitaten eniten. /9, s. 28 - 29/

**Taulukko 2** Korjausrakentamisen arvo ja sen kasvuennuste /9, s. 28/

	Milj.€	Kasvu 10 vuodessa
Asuinkerrostalot	1 410	++
Omakotitalot	1 030	++
Rivitalot	370	+++
Hoitoalan rakennukset	240	++
Teollisuusrakennukset	580	+
Liikerakennukset	240	+
Maatalouden rakennukset	150	+
Kesämökki	170	+
Toimistorakennukset	250	+
Kokoontumisrakennukset	130	++
Varastorakennukset	130	+
Muut rakennukset	80	++
Opetusrakennukset	610	+ -
Liikenteen rakennukset	100	+ -
<b>Yhteensä</b>	<b>5 500</b>	<b>+</b>
	Ennallaan	+ -
	Kasvu 10–25 % / 10 vuotta	+
	Kasvu 25–50 % / 10 vuotta	++
	Kasvu 50– % / 10 vuotta	+++

Vaikka korjattavaa rakennuskantaa kaikissa talotyypeissä on runsaasti, korjausrakentamisen kasvutahti tulee hieman hidastumaan. Kuluva vuosikymmen (2000 - 2010) aikana vanhimman rakennuskannan korjaukset vähenevät, koska poistuman takia rakennuskantaa on korjattavana nykyistä vähemmän. Kuvassa 13 on ennuste korjausrakentamisen kehittymisestä vuoteen 2010 asti kiintein, vuoden 2000 hinnoin esitettynä. /9, s. 29/



**Kuva 13** Korjausrakentamisen kasvuennuste /9, s. 29/

## 4 KUNTOTUTKIMUSPROSESSI

Kun asunto-osakeyhtiö alkaa miettiä kuntotutkimusta betonielementtiparvekkeille ja julkisivuille, on näkyviä vaurioita jo usein esillä. Niiden perusteella aloitetaan kuntotutkimusprojektiin ryhtymisen suunnittelu, vaikka näkyvien vaurioiden ollessa jo esillä ovat vaurioitumismekanismit usein jo pitkällä. Betonirakenteiden vaurioituminen eroaa juuri näkymättömyytensä vuoksi esimerkiksi puu- ja rappauspinnoista, joiden kunto näkyy hyvin päällepäin. Parvekelaattojen alapinnassa voivat korrosiovauriot edetä pitkällekin ilman, että betoni halkeilee tai näkyviin tulee ruostejälkiä. Myös kloridikorrosio voi vaurioittaa terästä, vaikka näkyviä vaurioita ei ole. Myöskään karbonatisoitumissyvyyttä on vaikeata mitata ilman tarkempia porauksia ja mittauksia. Tämän takia ei ole syytä lykätä kuntotutkimuksen teettämistä niin pitkälle, kunnes elementit ovat jo silminnähden vaurioituneet, koska todellisuudessa vauriot voivat olla jo syntyneet ja etenemässä. Toisaalta hyvin kunnossa pidetyt ja huolletut julkisivut ja parvekkeet sekä niiden täydennysosat, voivat olla ikäänsä nähden hyvässäkin kunnossa. Kuntotutkimuksen ajankohtaa on siis syytä miettiä monelta näkökannalta.



#### 4.1 Rakennuksen elinkaari

Rakennuksen elinkaari määräytyy rakennuksen rakennusmateriaalien teknisestä käyttöiästä sekä siitä, miten hyvin niitä ajan myötä huolletaan ja pidetään kunnossa. Rakennusmateriaalille annettu tekninen käyttöikä on yleensä vain arvio ja toteutuu ainoastaan optimiolosuhteissa ja on siten suuntaa antava. Materiaalien vanhenemiseen ja kulumiseen vaikuttavat muun muassa ilmansuunnat, maastonmuodot ja rakennuksen sijainti. Näiden lisäksi tulevat säästä (kosteudesta, auringosta, pakkasesta) omat rasituksensa. Toisaalta mikään materiaali ei kestä, jos sen valmistuksessa on puutteita tai rakennusvaiheessa on laiminlyöty sääntöjä ja menettelytapoja ja tehty radikaaleja virheitä. Nämä aiheuttavat yleensä materiaalien ennen aikaista vanhenemista. Myös käyttäjät omalta osaltaan tuovat rasitteensa rakennuksille. Käyttäjät voivat toiminnallaan joko nopeuttaa tai hidastaa rakennuksen elinikää.

Rakennuksen elinkaaren määrittäminen tarkasti on mahdotonta. Periaatteessa oikein hoidettuna ja huollettuna rakennuksen on mahdollista toimia sille annetussa tehtävässä nykyhetkellä tunnetuissa olosuhteissa ikuisesti. Toisaalta rakennus voi tulla tiensä päähän muustakin syystä kuin vanhenemisestä. Joillekin rakennuksille ei riitä käyttäjiä, ja silloin ne ovat arvottomia, ja rakennuksen elinkaarta ei määritä materiaalien käytettävyyttä tai toimivuus.

Kun arvioidaan kuntotutkimusprosessin aloittamista, tulee miettiä, missä kohtaa elinkaartaan kyseinen rakennus on. Kun kuntotutkija tekee tutkimussuunnitelmaansa betonielementtialueille ja –parvekkeille, tulee tutkimuksen pohjaksi arvio rakennuksen tämän hetkisestä tilasta. Mitä sen elinkaaren pidentämiseksi on tehty, mitkä olosuhteet vaikuttavat kiinteistön alueella ja kuinka rakennus on teknisesti kestänyt siihen kohdistuneita eri rasituksia. Myös kuntotutkimusprojektiin lähtemistä miettivät asunto-osakeyhtiön osakkaiden tulisi näitä kysymyksiä miettiä, jolloin saadaan perusteltuja syitä mahdollisen kuntotutkimuksen teettämiseksi. Ennen kaikkea oikein teetetty ja tehty tutkimus antaa oleellisen tiedon siitä, missä vaiheessa rakennus on elinkaartaan ja mihin toimenpiteisiin sen pidentämiseksi tulisi ryhtyä. Kun tämä tiedetään, voidaan suunnitella pitkän tähtäimen suunnitelmaa si-

ten, että resurssit käytetään mahdollisimman oikein rakennuksen ja sen käyttäjien hyväksi.

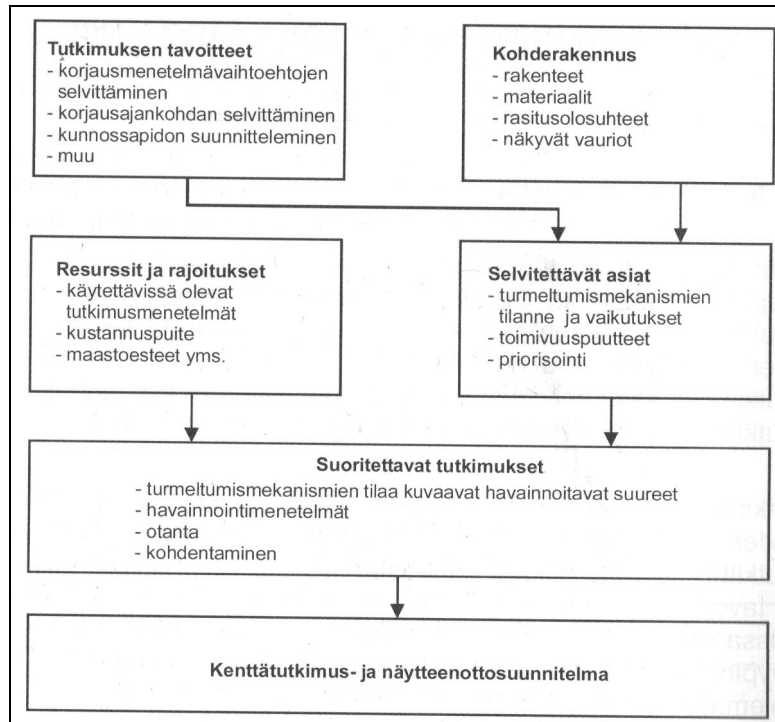
## 4.2 Kuntotutkimuksen toteutus

Kuntotutkimukseen ryhtymisestä päättää aina taloyhtiön hallitus tai yhtiökokous tapauksesta riippuen. Yleensä kuntotutkimuksen perusteella on tarkoitus korjata ja kunnostaa rakennusta, jolloin korjausprojektiin ryhtymisestä tehdään päätös yhtiökokouksessa. Hallitus saattaa tuoda korjausprojektiasian yhtiökokouksen päätettäväksi, jos aloite ei tule muilta osakkailta. Päätöksen perusteella aloitetaan tarjouspyyntöjen lähettäminen ja kuntotutkijoiden kilpailuttaminen, jolloin yhtiölle saadaan kokonaistaloudellisesti edullinen tekijä.

Kuntotutkijaa valittaessa tulisi kiinnittää huomiota siihen, että tekijä on pätevä. Tarvittava koulutus ja kokemus vastaavanlaisista tehtävistä ovat avainasemassa. FISE Oy myöntää esimerkiksi betonirakennusten A-vaativuusluokan korjaussuunnittelijan pätevyksiä ja ylläpitää pätevien henkilöiden rekisteriä /4/. Tällöin kyseisen pätevyyden omaava henkilö on suorittanut pätevyyden myöntämiseksi tarvittavat korjaussuunnittelijan ja kuntotutkijan opinnot ja omaa käytännön kokemusta tarvittavan määrän. Pätevyyden vaatiminen ei välttämättä ole taloyhtiöille itsestään selvyyttä, koska niistä ei ole tarpeeksi tietoa taloyhtiön toimielimissä. Taloyhtiön kannattaa kuitenkin käyttää päteviä tutkijoita ja suunnittelijoita, jotta vääriä korjausratkaisuilta ja siten suurilta kustannusten menetyksiltä vältyttäisiin.

Kun kuntotutkija on valittu, alkaa itse tutkimustyö. Ensin kerätään tausta tietoa kyseisestä rakennuksesta niin paljon kuin mahdollista. Kartoitetaan korjaushistoria, tutkitaan piirustuksia ja etsitään mahdollisia epäkohtia. Haastatellaan huoltohenkilökuntaa, isännöitsijää ja mahdollisesti käyttäjiä, jos heillä on tietoa mahdollisista vaurioista tai muusta tutkimuksen kannalta oleellisesta. Kuntotutkija käy paikan päällä tutkimassa rakennusta aistinvaraisesti ja tekemässä havaintoja mahdollisista näkyvistä vaurioista ja rasituksista. Yhdessä tilaajan kanssa sopimusta tehtäessä määritetään, kuinka monta näytettä kutakin laatua otetaan ja kuinka niitä tutkitaan. Näiden perusteella kuntotutkija laatii näyteenottosuunnitelman, jonka perusteella

kenttätöitä suoritetaan. Kuvassa 14 on esitetty kuntotutkimuksen sisällön määräytyminen /2, s. 62./



**Kuva 14** Kuntotutkimuksen sisällön määräytyminen /2, s. 62/

Kun kenttätöitä on suoritettu, alkaa näytteiden tutkinta ja tulosten analysointi. Tutkimusten perusteella tehdään johtopäätökset rakenteiden kunnosta ja annetaan alustavat korjausehdotukset. Näistä korjausehdotuksista voidaan valita jokin tai jotkin menetelmät, joiden perusteella korjaussuunnittelija aloittaa rakenteiden kunnostussuunnitelmien teon. Korjaussuunnittelija voi olla kuntotutkijakin, mutta hän voi olla myös eri henkilö ja joskus myös eri yrityksestä. On myös yrityksiä, joista on mahdollista tilata kuntotutkimuksen, suunnittelun ja rakennuttamispalvelut. Tärkeintä on, että kohteelle valitaan kuntotutkimuksen perusteella oikea korjaustapa ja se toteutetaan valvotusti niin, että taloyhtiö saa korjauksesta kaiken hyödyn.

### 4.3 Korjausvaihtoehtoja

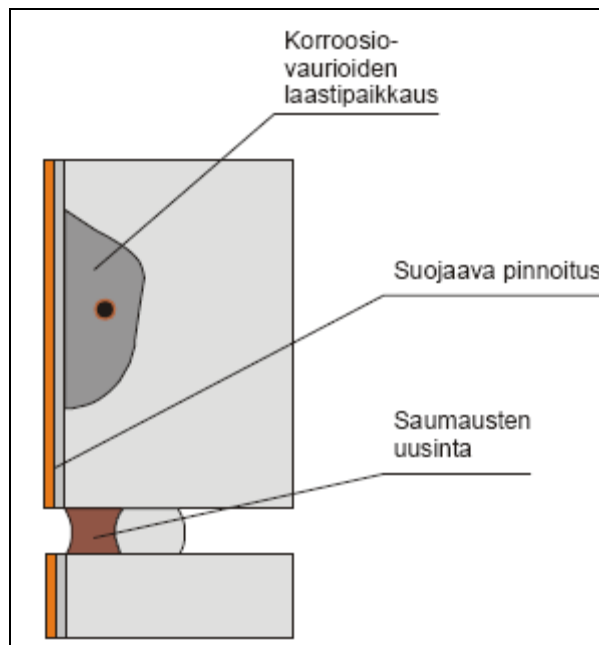
Betonijulkisivujen ja -parvekkeiden korjausvaihtoehdot riippuvat kuntotutkimusten tuloksista. Korjaussuunnitelma tehdään aina vastaamaan kuntotutkimuksen tuloksia siten, että rakennukselle tehdään siihen vaurioitumistilanteeseen nähden oikea-aikainen ja laajuudeltaan riittävä korjausratkaisu. Pääperiaatteena on vauriomeka-

nismien hidastaminen ja jo vaurioituneiden osien korjaus. Näiden pohjalta voidaan tehdä joko pinnoitus- ja paikkauskorjauksia tai verhouskorjauksia.

#### 4.3.1 Pinnoitus- ja paikkauskorjaukset

Pinnoitus- ja paikkauskorjauksilla tarkoitetaan korjaustapoja, joissa säilytetään rakennetta (kuva 15). Silloin vanhan rakenteen ominaisuuksia tai toimintatapaa ei muuteta oleellisesti, paitsi mahdollisen uuden, suojaavan pinnoitteen verran. Pinnoitus- ja paikkauskorjaukset voidaan jaotella seuraaviin kokonaisuuksiin:

- saumauskorjaukset
- huoltomaalaus
- pinnoittaminen suojaavilla pinnoitteilla ja
- perusteellinen pinnoitus- ja paikkauskorjaus.



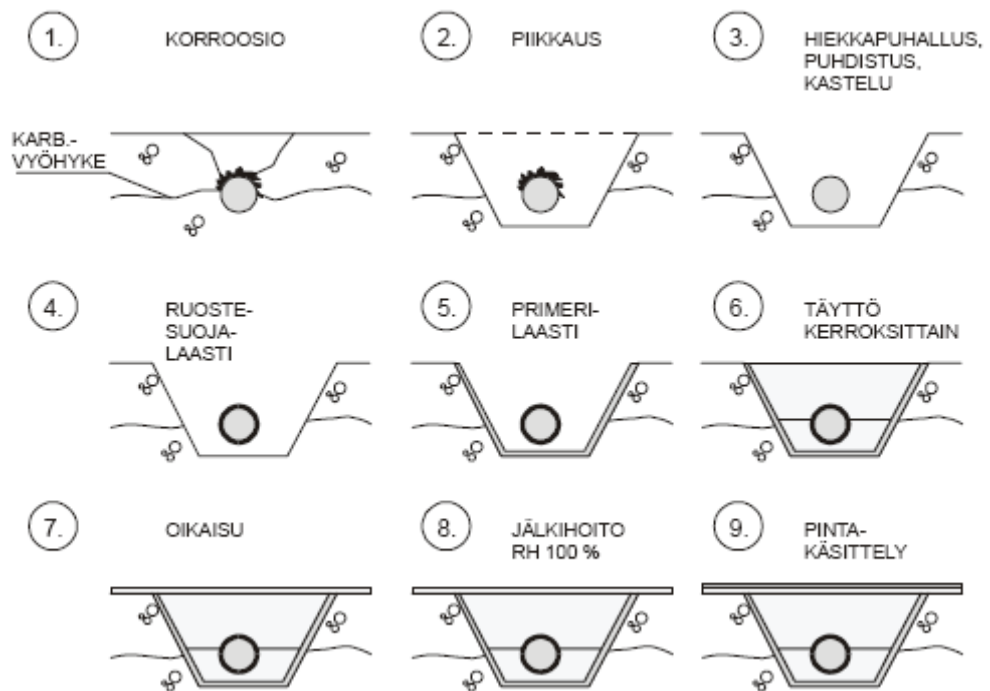
**Kuva 15** Pinnoitus- ja paikkauskorjauksen periaate /5, s. 3/

Pinnoitus- ja paikkauskorjausten ratkaisut perustuvat vaurioiden etenemisen hidastamiseen, erityisesti kosteusrasitusta alentamalla. Kosteuden pääsyä voidaan estää pinnoittamalla rakenne, uusimalla saumauksia sekä parantamalla muutoin kosteusteknistä toimivuutta, kuten pellityksiä uusimalla. /5, s. 3/

Pinnoittamalla vettä hylkivällä pinnoitteella voidaan estää veden kulkeutuminen rakenteeseen. Tällöin käytetään tiivistä pintakäsittelyä, joka selvästi hidastaa veden sekä vesihöyryn kulkua pinnoitteen läpi. Betonirakenteen kuivumismahdollisuuksia voidaan parantaa pinnoittamalla vettä läpäisevällä pinnoitteella. Avoimella pinnoitteella pinnoitettaessa sekä vesi että vesihöyry pääsevät kulkemaan lähes vapaasti pinnoitteen läpi, pintakäsittelemättömän betonipinnan tapaan. Näiden välimuotovaihtoehto on pinnoittaminen puoliavoimella pintakäsittelyllä, joka hidastaa veden imeytymistä pinnan läpi, mutta ei estä vesihöyryn poistumista rakenteesta. /1, s. 69/

Kosteusrasituksen alentamisen kannalta on oleellista, että elementtien saumat ovat ehjät. Niiden uusiminen tulee yleensä eteen ennen varsinaisia pinnoituskorjauksia, koska elementtisaumojen tekninen käyttöikä on suhteellisen pieni, noin 15 vuotta. Saumojen lisäksi väärin asennetut tai ajan myötä kuluneet pellitykset, esimerkiksi ikkunoissa ja räystäissä, voivat kuljettaa suurenkin kosteusrasituksen paikallisesti julkisivuille tai parvekkeisiin. Ne voivat ajan myötä kuluttaa maalia ja rapauttaa betonia.

Betonijulkisivujen ja –parvekkeiden vaurioituneita kohtia voidaan korjata laastipaikkauksilla. Niillä voidaan korjata pienialaisia ja paikallisia pakkasrapautumavaurioita. Myös betonista paljastuneet ruostuneet teräkset korjataan laastipaikkauksilla. Lisävarmuutta korjaukseen saadaan paljastamalla teräksiä tiettyyn rajasyvyyteen asti ja laastipaikkaamalla esiin tulleet teräkset vaikka niissä ei vielä näkyviä vaurioita esiintyisikään /5, s. 4./ Kuvassa 16 on esitetty perusteellisen laastipaikkauksen pinnoitus- ja paikkausvaiheita /1, s. 41./



**Kuva 16** Laastipaikkauksen tyypilliset työvaiheet /1, s. 41/

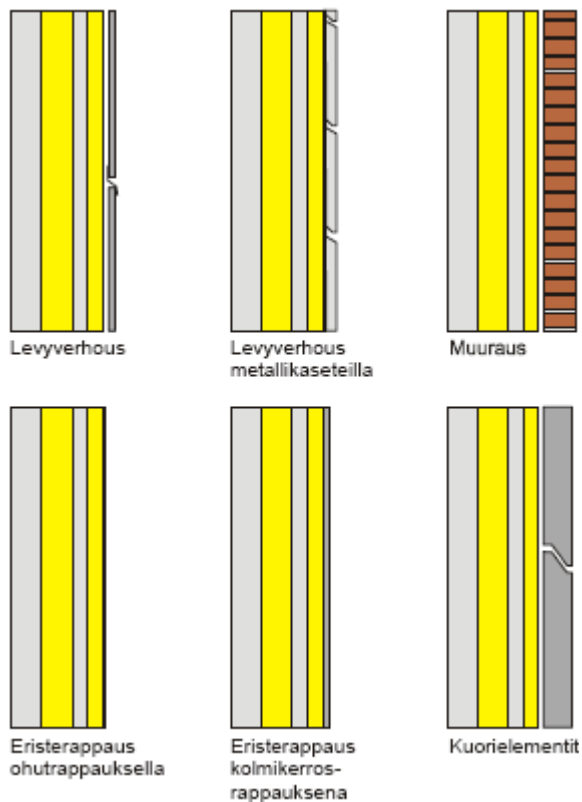
#### 4.3.2 Verhouskorjaukset

Verhouskorjauksella vanha julkisivu korjataan peittämällä se uudella pintarakenteella. Käytettäessä verhouskorjausta ulkoseinärakenteissa ne yleensä lisälämmöneristetään. Tällöin lisälämmöneristys asennetaan vanhan rakenteen ulkopuolelle. Verhouskorjauksia voidaan käyttää, kun vanha julkisivu on pitkälle vaurioitunut. Vaurioituneita kohteita ei tarvitse poistaa tai paikata, vaan ne voidaan jättää sellaisenaan uuden verhouksen alle. Vanha vaurioitunut rakenne jää sellaisiin olosuhteisiin, joissa vauriot eivät enää etene. Kosteusrasitus alentuu ja lisälämmöneristys ja verhousrakenne nostavat vanhan rakenteen lämpötilaa. Uusi verhousrakenne rakennetaan siten, ettei sadevesi pääse vanhan rakenteen pinnalle ja kuivumista edistää rakenteen lämpötilan nousu. Tämän seurauksena esimerkiksi terästen korrosio hidastuu ja pakkasrapautuminen estyy. /6, s. 5/

Käytettäessä lisälämmöneristystä vanhan rakenteen eteneminen käytännössä pysähtyy. Pakkasrapautuminen pysähtyy, kun rakenne ei enää pääse jäätymään. Rakenne myös kuivuu, kun lämpötila on korkeampi, minkä seurauksena muidenkin vaurioi-

den eteneminen pysähtyy. Vaikka lisälämmöneristeen ensisijainen tarkoitus on pysäyttää syntyneiden vaurioiden eteneminen, se myös lisää jonkin verran rakennuksen energiataloutta ja asumisviihtyisyyttä. Ulkokuori tiivistyy ja esimerkiksi vedontunne vähenee. /6, s. 5/

Kuvassa 17 on erilaisia verhouskorjausvaihtoehtoja. Jokainen verhoustyyppi toimii teknisesti eri lailla. Esimerkiksi levy-, metallikasetti-, kuorielementti- ja muurausverhoukset ovat tuulettuvia ratkaisuja, kun taas erilaiset eristerappaukset ovat tuulettumattomia. Tärkeää molemmissa ratkaisuissa on sauma- ja liitoskohtien toteuttaminen kosteusteknisesti oikein. /6, s. 5 - 6/



**Kuva 17** Eri verhousvaihtoehtoja /6, s. 4/

## 5 YHTEENVETO JA JOHDANTO ESIMERKKIRAPORTTIIN

Betonijulkisivujen ja -parvekkeiden kuntotutkimus on moniulotteinen prosessi. Se on avainasemassa tehtäessä korjaustoimenpiteitä. Ilman kuntotutkimusta ei pitäisi ryhtyä korjaamaan, koska silloin ei voida tietää, korjataanko oikeita asioita oikealla tavalla. Vaurioitumismekanismien tunteminen vaatii asiantuntemusta, jotta voi ymmärtää betonirakenteiden elinkaarta ja turmeltumista. Eri rasiusten syyt ja seuraukset täytyy ymmärtää, jotta tarvittavat korjaustoimenpiteet osataan tehdä oikein ja oikeaan aikaan. Taloyhtiöiden päätöksiä tekevät osakkaat, joilla ei aina ole joukossaan tarvittavaa asiantuntijaa, joka tietäisi ja osaisi kertoa, kuinka taloyhtiön omaisuutta tulisi hoitaa. On ensisijaisen tärkeää, että silloin asunto-osakeyhtiö osaa ja pystyy vaatimaan laadukasta palvelua ja ulkopuolista asiantuntijaa.

Tähän opinnäytetyöhön kuuluu asunto-osakeyhtiö Juvanpetäjälle tehty betonijulkisivujen ja -parvekkeiden kuntotutkimus, jonka tutkimusraportti on liitteenä. Tutkimus on pyritty suorittamaan niissä puitteissa, kuin tässä opinnäytetyön tekstiosuudessa on painotettu. Vaurioiden tarkastelu ja tutkimukset on tehty tässä työssä kuvatuilla tavoilla. Tutkimusraportista käyvät ilmi kaikki ne tutkimukset, joita on tehty, sekä niiden raportointi ja tulokset.

As. Oy Juvanpetäjän kuntotutkimus aloitettiin isännöitsijän tapaamisella. Hänen kanssaan käytiin läpi Juvanpetäjässä esiintyneitä ongelmia ja syitä projektiin lähtemiseksi. Syinä olivat lähinnä rakennuksen saavuttama ikä sekä muutamat näkyvät vauriot parvekkeissa ja parvekepielissä. Isännöitsijältä saatiin myös tarvittavat kopiot piirustuksista, jotta tutkimussuunnitelman teko voitiin aloittaa. Koska mitään varsinaisia ongelmia eivät talon käyttäjät ja isännöitsijä olleet havainneet, olivat lähtökohdat tutkimukselle hyvin avoimet.

Seuraavassa vaiheessa tehtiin tutustumiskäynti kohteelle. Rakennus kierrettiin ja valokuvattiin ja mahdolliset aistinvaraisesti havaittavat vauriot kirjattiin ylös. Arvioitiin myös rakennukseen kohdistuvia rasituksia ja niiltä suojautumista. Tällä kier-



roksella saatiin osviittaa mahdollisista alkaneista vaurioista, mutta koska julkisivupinta ja parvekkeet olivat melko moitteettomassa kunnossa, ei mitään perustavaa laatua olevia päätelmiä voitu tehdä. Tämän perusteella tehtiin näytteenottosuunnitelma ja valmistauduttiin kenttätutkimuksia varten. Rajat tutkimuksiin oli saatu tilaajalta. Etukäteen tehdyssä sopimuksessa oli sovittu, kuinka monta poralieriönäytettä porataan ja montako kloridi- ja saumanäytettä otetaan.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, missä kunnossa parvekkeet ja julkisivuelementit ovat. Tutkittavia asioita olivat terästen korroosio ja sen mahdollistava karbonatisoitumissyvyys. Myös kloridipitoisuuden määrittäminen, rapautuminen ja saumojen tutkiminen PCB- ja lyijy-yhdisteiden varalta sekä maalin asbestipitoisuuden määrittäminen kuuluivat tutkimukseen. Tutkimukset kohdistettiin tasaisesti rakennuksen pinnoille siten, että näytteitä otettiin niin eniten rasitetuimmista kohdista, kuin myös niiltä pinnoilta, joihin rasitukset eivät kohdistu niin voimakkaana. Itse kenttätöissä paikkoja jouduttiin hieman muuttamaan suunnitellusta, koska betonilieriöiden poraamiseen tarkoitettu porakone ei pysynyt joka kohdassa seinän harjatussa tai hierretyssä pinnassa kiinni. Näytteitä yritettiin ottaa kuitenkin vastaavasta paikasta. Lisähaastetta kenttätöihin toi joulukuulle tyypillinen pieni pakkanen, joka ajoittain jäädyytti laitteita, poratessa käytettyä vettä sekä hidasti työskentelyä muutoinkin.

Kenttätöiden jälkeen alkoi eri näytteiden tutkiminen ja tarkastelu. Näytteille tehdyistä tutkimuksista sekä tutkimustuloksista tehdyistä johtopäätöksistä on raportissa kerrottu yksityiskohtaisesti. Myös tulosten epävarmuutta on tarkasteltu. Raportissa esitetään tutkimustulosten perusteella tehdyt korjausehdotukset rakennusosittain.

Tutkimustulosten perusteella As. Oy Juvanpetäjän hallinnoima rakennus oli melko hyvässä kunnossa. Karbonatisoituminen ei ollut edennyt huomattavan pitkälle ja teräksistä suurin osa sijaitsi yli 20-25 mm:n syvyydessä. Muutamia rapautumisvaurioita oli havaittavissa, mutta itse elementit eivät olleet pakkasrapautuneet, vaikka ne eivät olleet ohuthietutkimusten mukaan pakkasenkestäviä. Rakennusta on siis suojannut tiivis pinnoite. Parvekelaattojen alapinnat olivat pisimmille karbonatisoitu-

neet. Ikkunoiden ja räystäiden vesipellitykset toimivat hyvin, koska julkisivuilla ei ollut juurikaan valumajälkiä. Parvekkeiden katteessa on vuotoa, koska parvekepielissä näkyi rapautumavaurioita. Korjausehdotukset ovat kevyitä, koska vaurioitumisaste on melko vähäinen.

## LÄHTEET

- 1 Betonirakenteiden korjausohjeet 2007 BY 41. Suomen Betonitieto Oy. Helsinki 2007. 110 s.
- 2 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2002 BY 42. Suomen Betonitieto Oy. Helsinki 2002. 178 s.
- 3 Betonirakenteiden korjaukset ja kuntotutkimukset –kurssimateriaali. Tampereen ammattikorkeakoulu 2008.
- 4 FISE Oy. [www-sivu]. [viitattu 5.4.2008] Saatavissa: [www.fise.fi](http://www.fise.fi)
- 5 Julkisivuyhdistys ry. [www-sivu]. [viitattu 10.4.2008] Saatavissa: [http://www.tut.fi/units/rka/rtek/tutkimus/juko/JUKO\\_pdf\\_web/Korjaustavat/Betonijulkisivut/Betonijulkisivut\\_korjaustavat\\_pinnoitus\\_paikkaus.pdf](http://www.tut.fi/units/rka/rtek/tutkimus/juko/JUKO_pdf_web/Korjaustavat/Betonijulkisivut/Betonijulkisivut_korjaustavat_pinnoitus_paikkaus.pdf)
- 6 Julkisivuyhdistys ry. [www-sivu]. [viitattu 10.4.2008] Saatavissa: [http://www.tut.fi/units/rka/rtek/tutkimus/juko/JUKO\\_pdf\\_web/Korjaustavat/Betonijulkisivut/Betonijulkisivut\\_korjaustavat\\_verhouskorjaukset.pdf](http://www.tut.fi/units/rka/rtek/tutkimus/juko/JUKO_pdf_web/Korjaustavat/Betonijulkisivut/Betonijulkisivut_korjaustavat_verhouskorjaukset.pdf)
- 7 Neuvonen, Petri (toim.), Kerrostalot 1880-2000 -arkkitehtuuri, rakennustekniikka, korjaaminen. Rakennustieto Oy. Helsinki 2006. 288 s.
- 8 Tompuri, Vesa, Yli puolet 1970-luvun betonijulkisivuista ei täytä pakkasenkestävyyskriteereitä. Rakennuslehti 9/2008, s.19.
- 9 VTT Oy. [www-sivu]. [viitattu 10.4.2008] Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2154.pdf>

# **As Oy Juvanpetäjä Betonijulkisivujen ja –parvekkeiden kuntotutkimus**



**Raportin laatija:  
Maija Haapala**

**Sisällysluettelo:**

1	Kohteen esittely .....	3
1.1	Kohteen yleistiedot ja tilaaja .....	3
1.2	Kuntotutkimuksen ja raportin laatija .....	3
2	Kuntotutkimuksen yleistiedot.....	3
2.1	Tavoitteet ja rajaukset.....	3
2.2	Käytetyt asiakirjat ja lähtötiedot.....	4
3	Rakenteista tutkitut vauriot.....	4
3.1	Kosteustekninen toiminta .....	4
3.2	Betonin karbonatisoituminen.....	4
3.3	Terästen korrosio .....	5
3.4	Kloridipitoisuus .....	5
3.5	Rapautuminen.....	6
3.6	Laboratoriotutkimukset .....	7
3.7	Tutkimuksessa suoritettut toimenpiteet rakennusosittain.....	7
4	Menetelmien ja tulosten epävarmuustekijät .....	8
5	Kenttä- ja laboratoriotulokset .....	9
5.1	Kenttätutkimukset.....	9
5.2	Laboratoriotutkimukset .....	9
5.3	Käytetyt laitteet ja menetelmät: .....	9
6	Tulokset rakennusosittain .....	10
6.1	Pitkien julkisivujen betonisandwich-elementit.....	10
6.2	Päätyjen betonisandwich-elementit .....	11
6.3	Huoneistoparvekekaiteet .....	14
6.4	Huoneistoparvekkeiden laatat .....	16
6.5	Parvekepielet .....	18
6.6	Tuuletusparvekelaatat.....	23
6.7	Saumat ja maalipinnoitteiden asbesti .....	24
7	Korjausehdotukset .....	24
7.1	Sandwich-elementit .....	24
7.2	Huoneistoparvekkeet .....	25
7.3	Tuuletusparvekkeet.....	25
7.4	Saumat .....	26
7.5	Suosituksset.....	27
	LIITTEET .....	27

## 1 Kohteen esittely

### 1.1 Kohteen yleistiedot ja tilaaja

As Oy Juvanpetäjä  
Hikivuorenkatu 6  
33710 Tampere

Isännöinti:  
Kaukajärviösuuskunta  
Riku Pönkänen  
Juvankatu 10  
33710 Tampere

As Oy Juvanpetäjä on 3-4 kerroksinen betonisandwich-elementtitalo, joka on rakennettu vuonna 1974. Rakennus on tehty rinteeseen siten, että porrashuoneiden puolella on kolme kerrosta ja tuuletusparvekkeet. Toisella puolella taloa on neljä kerrosta ja huoneistoparvekkeet tai kulku suoraan asunnosta pihaan. Rakennuksen elementit ovat maalattuja. Pitkät sivut ovat pinnaltaan harjattuja ja päädyt hierrettyjä. Asuntoja on yhteensä 33 kappaletta. Talossa on tasakatto bitumihuopakatteella.

Kiinteistöön on isännöitsijätodistuksen mukaan tehty joitakin kunnostustoimenpiteitä. Vesikate on uusittu 1990. Rakennus on maalattu vanhan maalin päälle 1993. Lämmönjakohuoneen saneeraus ja lämmöneristyskorjaukset on tehty 1998. Ikku- napuitteet ja ovet on maalattu 2001 ja porrashuoneet 2002.

### 1.2 Kuntotutkimuksen ja raportin laatija

Maija Haapala, Tampereen ammattikorkeakoulun 4. vuosikurssin rakennustekniikan opiskelija.

## 2 Kuntotutkimuksen yleistiedot

Kuntotutkimus suoritettiin osana tutkijan opinnäytetyötä. Kenttätutkimukset raportointineen tehtiin oppilasvoimin. Työtä on valvonut ja sen edistymistä on ohjannut Tampereen ammattikorkeakoulun lehtori Pekka Väisälä.

### 2.1 Tavoitteet ja rajaukset

Tämän kuntotutkimuksen tavoitteena on selvittää As Oy Juvanpetäjän betonijulkisivujen ja –parvekkeiden tämän hetkinen kunto, ja tehdä tarvittavat korjausehdotukset. Kuntotutkimuksessa tutkittiin betonirakenteiset julkisivut ja huoneisto- ja tuuletusparvekkeet.

## 2.2 Käytetyt asiakirjat ja lähtötiedot

Käytettävissä olevat asiakirjat olivat kohteen julkisivu- ja rakennepiirustukset sekä isännöitsijäntodistus. Isännöitsijä Riku Pönkästä haastateltiin ensimmäisen kerran 28.11.2007, jolloin saatiin alustavat lähtötiedot ja tarkasteltiin piirustuksia.. Kohteeseen tutustuttiin ensimmäisen kerran 1.12.2007, jolloin tehtiin aistinvaraisia havaintoja ja valokuvattiin kohdetta. Toisen kerran kohteella käytiin 4.12.2007 yhdessä isännöitsijän ja valvovan opettajan kanssa, jonka jälkeen tarkennettiin ja hyväksyttiin tutkimus- ja näytteenottosuunnitelmat. Kenttätyöt tehtiin 12.12.2007, jolloin porattiin näytelieriöt ja kloridinäytteet sekä otettiin saumanäytteet ja tutkittiin terästen peitepaksuudet.

## 3 Rakenteista tutkitut vauriot

Kuntotutkimuksessa suoritettiin Suomen Betoniyhdistyksen laatiman ohjeen BY 42 Betonijulkisivujen kuntotutkimus 2002 mukaiset tarkastelut soveltuvin osin. Betonijulkisivuista ja –parvekkeista tutkittiin:

- kosteustekninen toimivuus ja sen aiheuttamat vauriot
- betonin karbonatisoituminen
- terästen peitepaksuusvyydyt ja mahdollinen korroosioriski
- kloridipitoisuudet
- rapautuminen ja
- eri laboratoriotutkimukset saumoille, näytelieriöille ja pintatarvikkeille.

### 3.1 Kosteustekninen toiminta

Kosteus on mukana joko aiheuttamassa tai edesauttamassa suurinta osaa betonirakenteissa tapahtuvista vaurioista. Vauriot ovat usein näkyviä, mutta kosteus voi kulkea myös rakenteita pitkin näkymättömissä. Kosteusteknisessä tarkastelussa kiinnitetään huomiota siihen, miten kosteus eri muodoissaan on otettu talon rakenteellisissa ratkaisuissa huomioon, kuinka kosteus pääsee rakennuksen pinnoille ja miten se kulkeutuu pois rakennukselta. Tarkastelussa yritetään löytää epäkohtia ja mahdollisia vaurioita aistinvaraisesti, jotta eri tutkimusten otanta voidaan suunnitella mahdollisimman edustavasti. Huomio kiinnitetään esimerkiksi sadevesijärjestelmiin, maanpinnan muotoihin, rakenteiden tuuletukseen ja sijaintiin ja vedenpoistoon. Arvioitaessa rakenteen kosteusteknistä toimintaa kiinnitetään huomiota myös näkyvien vaurioiden syy- ja seuraussuhteisiin. Mitkä mahdolliset näkyvät vauriot johtuvat suoraan kosteudesta, vai onko aiheuttajana mahdollisesti joku muu mekanismi? Yleensä kosteudesta aiheutuvat vauriot ovat rapautumisvaurioita.

### 3.2 Betonin karbonatisoituminen

Karbonatisoitumiseksi kutsutaan betonin neutraloitumisreaktiota. Se ei varsinaisesti ole ulkoinen vaurio, vaan se mahdollistaa terästen korroosion. Betoni on valmistuttuaan emäksinen aines. Juuri betonin emäksisyys ja tarvittava suojakerros takaavat betonirakenteissa oleville raudoitteille suojan, jotta niiden korroosio olisi mahdollisimman hidasta ja ne toimisivat tehtävässään mahdollisimman pitkään ja tarkoitetulla tavalla. Betoni neutralisoituu, kun ilman sisältämä hiilidioksidi pääsee tunkeutumaan betoniin. Tunkeutumisenopeuteen vaikuttavat betonin tiiviys, betonin tiiviit

pintatarvikkeet, karbonatoituvan aineen määrä ja ilman sisältämä hiilidioksidipitoisuus. Karbonatoitumissyvyys on tärkeä selvittää, koska sen avulla voidaan arvioida, kuinka teräkset ovat alttiita korroosiolle ja ennustaa terästen korroosiopeutta jatkossa.

Karbonatoitumisen tutkimista varten julkisivuista ja parvekkeista porataan lieriötä tutkittavaksi. Lieriöt käsitellään pH-indikaattorina, joka tässä tutkimuksessa on fenoliftaleiiniliuos. Karbonatoitunut betoni ei värjäynty fenoliftaleiinin vaikutuksesta, mutta emäksinen betoni värjäytyy. Värin rajapinnasta voidaan mitata karbonatoitumissyvyys. Fenoliftaleiinia ei voida käyttää rakenteissa, joissa on käytetty valkosementtiä, koska silloin betoni värjäytyy kauttaaltaan, eikä karbonatoitumisrajaa pysty erottamaan.

### 3.3 Terästen korroosio

Betonielementeissä käytetään raudotteita rakenteiden jäykistämiseen, kiinnittämiseen toisiinsa ja tukemaan betonin heikkoa vetolujuutta. Betonirakenteet toimivat niille asetetulla tavalla raudotteiden avulla. Rausoitteiden korroosioalttius ja eteneminen tulee siis tutkia huolellisesti. Tutkiminen aloitetaan betonin karbonatoitumissyvyuden selvittämisestä, koska betonin emäksisyys suojaa teräksiä aktiiviselta korroosiolta. Betonin antama peitepaksuus on myös oleellinen, koska tarpeeksi syvällä sijaitsevat raudotteet ovat pidemmän aikaa suojassa aktiiviselta korroosiolta. Sen takia rakenteista mitataan peitepaksuussyvyudet erillisellä mittalaitteella. Sillä saadaan millimetrin tarkkuudella selville, kuinka syvällä betonin pinnasta raudote sijaitsee. Vertaamalla saatua tulosta karbonatoitumissyvyyteen voidaan tehdä päätelmiä terästen riskialttiudesta korroosiolle, ja siitä, kuinka monta prosenttia teräksistä sijaitsee karbonatoituneella alueella.

Pitkälle edennyt terästen korroosio voidaan huomata myös aistinvaraisesti, kun korroosiotuotteet kulkeutuvat betonirakenteen pinnalle. Betoni voi myös halkeilla tai jopa lohjeta korrosoituneen teräksen kohdalta, koska korroosiossa syntyvät tuotteet vaativat enemmän tilavuutta ympärilleen kuin alkuperäisen teräksen poikileikkaus. Aistinvaraisista havainnoista voidaan päätellä vain, että korroosiota esiintyy, tarkempien tulosten saamiseksi on porattava näyteliieriöitä ja mitattava peitepaksuuksia, sekä tutkia teräksiä laboratoriokeuin, esimerkiksi mikroskooppila.

### 3.4 Kloridipitoisuus

Betonijulkisivujen- ja parvekkeiden valmistuksessa on voitu käyttää klorideja kiihdyttimenä. Kloridit voivat aiheuttaa paikallisesti terästen korroosion ilman, että betoni on karbonatoitunut. Kloridikorroosio tapahtuu pistemäisesti ja voimakkaasti varsinkin, jos kloridit ovat tunkeutuneet kovettuneeseen betoniin. Kloridirasitusta voivat aiheuttaa myös ulkoiset tekijät, kuten jäänsulatussuolat ja rannikkoseudulla tuulen kuljettama suolainen merivesi. Kloridikorroosio voi edetä pitkällekin ilman, että siitä aiheutuu näkyviä vaurioita. Betonin sisältämää kloridimäärää tutkitaan betonirakenteesta poratusta porajauhenäytteestä, joka käsitellään titraamalla laboratoriossa. Kloridien määrä ilmoitetaan painoprosenteina ja kynnysarvona pidetään 0,03...0,07 painoprosenttia.



### 3.5 Rapautuminen

Betonirakenteissa voi tapahtua kolmenlaista rapautumaa: pakkasrapautumista, ettringiittireaktio ja alkalikiviainesreaktio. Näistä pakkasrapautuminen on Suomen olosuhteissa kaikista yleisin, kun taas alkalikiviainesreaktiota ei juuri tavata. Rapautumisen synnyssä suurin vaikutus on kosteusrasituksella. Pakkasrapautuminen johtuu veden olomuodon muutoksista betonin huokosrakenteessa. Jäätyessään vesi laajenee. Alkaessaan sulaa se laajenee vielä lisää. Jos betonissa ei ole tarpeeksi huokosia tämän laajenevan veden tilavuuden kasvulle, betoni alkaa halkeilla ja lopulta rapautua. Pakkasrapautumista voidaan estää tiiviillä betonilla ja käyttämällä lisähuokostusta. Betonin täytyy sisältää tarvittava määrä ilmahuokosia, jotka eivät täyty vedellä. Näiden huokosten keskinäinen välimatka ei saa olla liian suuri ja suojahuokosia on oltava tasaisesti betoniin jakautuneena. Suomessa lisähuokostusta ei ole käytetty systemaattisesti ennen 1970-luvun puoliväliä. Ennen tätä rakennetut betonirakennukset ovat voineet kuitenkin kestää pakkasesta aiheutuvan rasituksen, jos ovat riittävän lujaa ja siten tiivistä betonia, sekä alttiina vähäisille rasituksille.

Ettringiittireaktio muistuttaa vaurioiltaan pakkasrapautumaa. Sen syynä on yleensä liian voimakas lämpökäsittely kovettumisen aikana, mikä aiheuttaa häiriötä sementin kovettumisreaktioon. Ettringiittireaktio on kemiallinen reaktio, joka tapahtuessaan täyttää betonin suojahuokosia reaktiossa vapautuvilla ettringiittimineraaleilla. Tämän myötä betonin pakkasenkestävyys heikkenee ja betoni rapautuu pakkasrasituksista.

Aistinvaraisesti ei voida tietää mistä rapautumistyyppistä on kyse. Rapautumistyyppin ja sen etenemisen määrittämiseksi tarvitaan laboratoriokeiteita. Vain niiden perusteella voidaan luotettavasti määrittää rapautumisaste ja -tyyppi. Rapautuminen voidaan havaita ohuthietutkimuksissa, jossa betonilieriö hiotaan erittäin ohueksi ja mikroskoopilla tarkastellaan betonin suojahuokosia (suojahuokossuhdetta) ja niiden täyttymistä esimerkiksi ettringiittikiteillä. Ohuthiessä nähdään myös halkeamat ja säröilyt sekä niiden määrä. Määrä kasvaa rapautumisen edetessä ja rapautumistilanne tulee aina varmentaa ja tarkistaa hietutkimuksella. Varsinkin, jos rapautuminen ei ole todennettavissa muille menetelmillä ja rapautumistilanne on kriittinen rakenteen korjattavuuden kannalta.

Rapautumista tutkitaan myös mm. vetokokeella, joka on kuitenkin suuntaa antava ja siihen liittyy aina epävarmuutta. Tämän tutkimuksen vetokokeen arvojen tulkinassa on käytetty taulukkoa 1, joka on Betonijulkisivujen kuntotutkimusohjesta 2002.

**Taulukko 1**

Vetolujuus	Todennäköinen rapautumistilanne
luokkaa 0 MPa	näytteessä on pitkälle edennyt rapautumaa
luokkaa 0,5-1,0 MPa	näytteessä on jonkinasteista rapautumaa
luokkaa 1,5 Mpa tai yli	näytteessä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa

### 3.6 Laboratoriotutkimukset

Laboratoriotutkimuksia tehdään poratuille betonilieriöille, saumoista otetuille näytteille ja maalipinnoitteille. Betonilieriöistä tehdään ohuthietutkimus, jossa tutkitaan betonin huokokset, säröt ja halkeamat ja mahdolliset haitalliset reaktiot, kuten ettringiitti. Lieriö hiotaan ohueksi ja sitä tarkastellaan mikroskoopin läpi. Betonin laatu ja kunto saadaan selvitettyä yksityiskohtaisesti, kuin myös rapautumistilanne, suojahuokosmäärät sekä huokosien etäisyydet yksiselitteisesti. Ennen lieriön hiomista sen maalipinnoista voidaan tehdä asbestikartoitus.

Elementtien saumoista otetaan saumanäytteet laboratorioon lähetettäväksi. Ne tutkitaan PCB- ja lyijy-yhdisteiden varalta. Saumoissa PCB-yhdisteitä on mahdollisesti käytetty vuoteen 1979 asti ja lyijyä vuoteen 1989 asti. Mikäli niitä löytyy saumoista, saumat on purettava ja käsiteltävä ongelmajätteenä.

### 3.7 Tutkimuksessa suoritettavat toimenpiteet rakennusosittain

#### **Sandwich-elementit**

Sandwich-elementeistä porattiin yhteensä yhdeksän poralieriönäytettä, seitsemän pitkiltä sivuilta ja kolme päädyistä. Kaksi näytteistä lähetettiin ohuthietutkimukseen, loput tutkittiin TAMKIn rakennuslaboratoriossa. Kloridinäytteitä porattiin kaksi. Kaikista sandwich-elementeistä tehtiin aistinvaraisia havaintoja.

#### **Huoneistoparvekkeet**

Huoneistoparvekelaaatoista porattiin kaksi poralieriönäytettä. Yksi lähetettiin ohuthietutkimukseen ja toinen tutkittiin TAMKIn rakennuslaboratoriossa. Kloridinäytteitä porattiin yksi. Huoneistoparvekelaattoja tutkittiin aistinvaraisesti sen verran kuin maasta ja nostokorista pystyi.

Huoneistoparvekekaiteista porattiin kaksi poralieriönäytettä. Yksi lähetettiin ohuthietutkimukseen ja toinen tutkittiin TAMKIn rakennuslaboratoriossa. Kloridinäytteitä porattiin yksi. Huoneistoparvekekaiteita tutkittiin aistinvaraisesti sen verran kuin maasta ja nostokorista pystyi.

Huoneistoparvekepielistä porattiin kaksi poralieriönäytettä. Yksi lähetettiin ohuthietutkimukseen ja toinen tutkittiin TAMKIn rakennuslaboratoriossa. Kloridinäytteitä porattiin yksi. Huoneistoparvekepieliä tutkittiin aistinvaraisesti maasta ja nostokorista käsin.

#### **Tuuletusparvekelaatta**

Tuuletusparvekelaatasta porattiin yksi poralieriö näyte ja se tutkittiin TAMKIn rakennuslaboratoriossa. Tuuletusparvekelaatasta porattiin myös yksi kloridinäyte ja tuuletusparvekkeet tutkittiin aistinvaraisesti.

#### 4 Menetelmien ja tulosten epävarmuustekijät

Kaikkiin menetelmiin ja tuloksiin voi liittyä epävarmuutta. Seuraavassa on tarkasteltu epävarmuustekijöitä tutkimuskohteittain ja –menetelmin.

Aistinvaraiseen tarkasteluun ja siitä tehtäviin johtopäätöksiin vaikuttaa tutkijan kokemus, kyky havainnoida ja tulkita vaurioita sekä kyky kohdentaa tutkimus oleellisiin asioihin. Otannan suuruus on kattava, koska aistinvaraisia havaintoja ja valokuvauksia voidaan tehdä rajattomasti.

Poralieriöiden karbonatisoitumissyvyyden mittaamiseen vaikuttaa mittaajan tarkkuus, koska syvyyden määrittäminen on jokaisen tutkijan arvio. Karbonatisoitumissyvyydet voivat vaihdella yhden lieriön matkalla runsaastikin ja keskiarvon määrittäminen voi olla paikoin hankalaa. Otanta karbonatisoitumisen määrittämiseen on kohtuullinen, koska lieriöitä porattiin jokaiselta julkisivulta. Toisaalta porauskohdat ovat kuitenkin sattumanvaraisia, eikä voida varmasti tietää, edustavatko poratut lieriöt keskitasoa.

Vetokokeen tuloksia voidaan pitää suhteellisen luotettavana, koska vetokoe suoritettiin TAMK:n rakennuslaboratoriossa tarkastetulla ja kalibroidulla laitteella. Vetokokeen tuloksia häiritsi muutaman lieriön rikkoontuminen porausvaiheessa ja liimauksen heikko pitävyys, jonka vuoksi niitä jouduttiin vetämään toiseen kertaan. Toisaalta näiden lieriöiden ensimmäiset vetotulokset olivat arvoltaan jo kohtuullisia, joten tuloksia voidaan rapautumisen tutkimisen kannalta pitää luotettavina ja oikean tiedon antavina. Poratut lieriöt voivat kuitenkin häiriintyä käsittelyn aikana (poratessa, kuljetuksessa tai eri käsittelyissä), joten niiden tuoma epävarmuus on huomioitava.

Betonien peitepaksuuksien mittaamiseen käytetty laite oli kunnossa ja sillä saatiin arvoja suunnitelman mukaan. Epävarmuutta voi aiheutua, jos lähtötietoja on syötetty väärin, tai mittaaja lukee laitteesta väärän arvon. Otanta oli hyvä, koska jokaisesta eri rakennusosasta mitattiin useita satoja arvoja.

Kloridimittaukset tehtiin TAMK:n kemian laboratoriossa kokeneen henkilön valvonnan alla. Nesteiden mittaukset ja näytteiden käsittely tapahtui tarkasti ja valvotusti. Kloridituloksia voidaan pitää luotettavana. Otanta oli normaali, koska jokaisesta rakennusosasta porattiin yksi näyte tutkittavaksi.

Ohuthietutkimustuloksia voidaan pitää luotettavana, koska ne teetettiin asiantuntevassa ulkopuolisessa laboratoriossa tarkoilla laitteilla.

Kaikkiin tutkimustuloksiin, näytteidenottoon ja näytteiden käsittelyyn liittyy tutkijan kokemattomuudesta johtuva epävarmuus. Kaikki eri vaiheet on kuitenkin tehty valvotusti, jonka myötä tutkimuksia voidaan pitää melko luotettavana. Myöhemmin tai korjaustöiden yhteydessä saattaa tulla esiin korjaustöihin vaikuttavia seikkoja, joita ei voitu tällä tutkimuksella havaita.

## 5 Kenttä- ja laboratoriotulokset

### 5.1 Kenttätutkimukset

Lähtötietojen perusteella tehtiin näytteenottosuunnitelma, johon kuuluivat seuraavat näytteet tunnuksineen:

1. Betonisandwich-elementit: JP/SW-1...9
2. Huoneistoparvekekaiteet: JP/PK-10...11
3. Tuuletusparvekelaatta: JP/PL-12
4. Huoneistoparvekelaatat: JP/PL-13...14
5. Huoneistoparvekepielet: JP/PP-15...16.

Poranäytteitä otettiin yhteensä 16 kappaletta ja niiden paikat on nähtävissä liitteenä (liite 5) olevissa piirustuksissa.

Elementtisaumoista otettiin kaksi näytettä PCB- ja lyijypitoisuuksien määrittämistä varten. Muuten elementtisaumoja tutkittiin aistinvaraisesti.

Kloridinäytteitä porattiin kuusi, yksi kustakin rakennetyypistä.

Raudoitteiden betonipeitepaksuuksia mitattiin peitepaksuusmittarilla kattava otanta jokaisesta rakennetyypistä.

### 5.2 Laboratoriotutkimukset

Vetolujuuskokeet, karbonatisoitumissyvyyksien määrittäminen ja kloridien tutkiminen tehtiin Tampereella TAMKin rakennus- ja kemianlaboratorioissa. Jokaista rakennetyypistä lähetettiin poralieriönäyte ohuthiekokeeseen ja maalin asbestitutkimusta varten WSP Finland Oy Tutkimus – laboratorioon Ouluun. Myös saumanäytteet lähetettiin sinne vaarallisten aineiden määrittäväksi.

Sekä TAMKin että WSP:n laboratorioissa tehdyistä tutkimuksista löytyy tutkimustulokset liitteistä 1-4.

### 5.3 Käytetyt laitteet ja menetelmät:

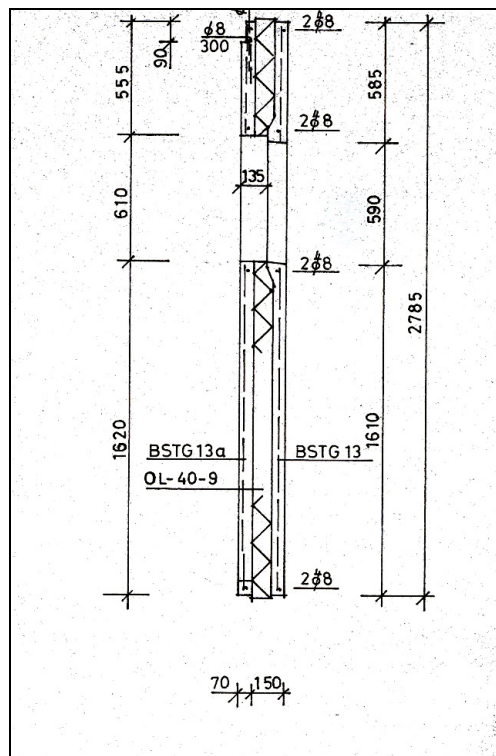
- Karbonatisoituminen – fenoliftaleiini
- Lieriön vetotesti – Alfred J. Amsler & Co:n vetokoe
- Kloridipitoisuus – titrausmenetelmä
- Terästen peitevahvuus – Profometer 4.

## 6 Tulokset rakennusosittain

### 6.1 Pitkien julkisivujen betonisandwich-elementit

Piirustusten mukaan (kuva 1) pitkien sivujen betonisandwich-elementtien rakenne on:

- sisäkuori 70 mm
- lämmöneriste ja ulkokuori yhteensä 150 mm
- ulkokuoressa 8 mm pieliteräkset ja
- 4 mm verkkoteräkset #150.



**Kuva 1** Pitkien sivujen sandwich-elementin rakenne

Kenttätutkimuksissa todettiin, että ulkokuori on vahvuudeltaan 59 - 90 mm ja lämmöneristeen vahvuus vaihtelee 57...82 mm. Elementtien pinta on käsitelty harjaamalla. Käsiteltävästä johtuen elementit ovat valettu sisäkuoresta alkaen, ulkokuori viimeisenä lämmöneristeen päälle. Työjärjestyksen takia ulkokuoren raudoitukset ovat todennäköisesti painovoiman vaikutuksesta lähempänä eristetilaa, kuin ulkokuoren pintaa.

Silmämääräisesti tarkastelemalla elementit olivat hyväkuntoisia. Muutamassa elementissä oli havaittavissa pieniä halkeamia ulkokuoressa, jolloin näissä elementeissä olevat teräkset ovat erityisesti alttiina korroosiolle. Selvästi haljenneita tai taipuneita elementtejä ei tavattu. Maalipinnassa on jonkin verran kuluma ja likaa mm. kasvustoja. Teräksiä ei ollut näkyvissä.

Karbonatisoituminen on ulkopinnasta edennyt 3...28 mm:iin, keskimäärin noin 13 mm:iin. Sisäpinnasta betoni on karbonatisoitunut enimmillään 30 mm, mutta useassa elementissä sisäkuori ei ollut lainkaan karbonatisoitunut. Keskimäärin karbonatisoituminen on edennyt ulkokuoren sisäpinnasta alle 10 mm. Ulkokuoren sisäpinnasta karbonatisoituminen on usein edennyt sitä pidemmälle, mitä lähempää aukon reunaa (esim. ikkunan tai oven karmia) lieriö on porattu. Tämä siksi, koska elementin saumakohtat ovat usein jonkin verran epätasaisia ja sisäpuolelle pääsee ilman hiilidioksidia, mikä edesauttaa sisäpuolen karbonatisoitumista.

Pitkien sivujen betonisandwich-elementtien raudoitukset ovat kaikki ainakin yli 15 mm syvyydessä. Näin ollen karbonatisoituneella alueella alttiina aktiiviselle korroosiolle sijaitsee noin 8 % ulkopinnan teräksistä.

Pitkän sivun elementistä ei löytynyt klorideja.

Poraliieriöihin osui teräksiä useaan kappaleeseen. Tästä huolimatta vetolujuusarvot pitkien sivujen elementeissä olivat kaikki yli 1,5 Mpa, monessa n.3,0 MPa, joten niissä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa. Yksi lieriö halkesi kahteen osaan porattaessa ja se liimattiin vetoa varten yhteen. Tämäkin lieriö kesti 2,7 Mpa, jonka jälkeen se murtui kahden ison kiven kohdalta.

Yksi poralieriö pitkien julkisivujen elementeistä oli ohuthietutkimuksessa. Siellä sen kunto luokiteltiin hyväksi. Jatkuva mikrorakoilua ei ollut havaittavissa ja suojuhuokosia oli jonkin verran. Huokosten seinämällä ei havaittu kiteytyviä. Lieriötä ei todettu pakkasenkestäväksi, mutta siinä ei huomattu esiintyvän pakkasrapautumaakaan. Täydellinen ohuthieraportti on luettavissa liitteestä 1.

### **Johtopäätökset pitkien sivujen kunnosta**

*Pitkien julkisivujen sandwich-elementit ovat melko hyvä kuntoisia. Betoni on tiivistä ja lujaa, sekä maalipinnoite on tiiviisti betonissa kiinni. Tämän takia betoni on hyvin suojattu pakkasrapautumista aiheuttavalta rasiitukselta. Koska kiteitä ei löytynyt suojuhuokosista, ettringiittirapautuminen on epätodennäköistä. Ohuthie- ja vetokoetuloksista voidaan myös päätellä pitkien sivujen betonielementtien olevan hyväkuntoisia, koska pakkasrapautumaa ei havaittu. Myöskään ilman hiilidioksidiä ei ole päässyt tunkeutumaan betoniin sen tiiviyyden takia. Terästen aktiivinen korroosio ei ohuthietarkastelussa ollessa lieriöissä, eikä tutkimushavaintojen perusteella, ollut vielä alkanut. Korroosiolle alttiilla alueella ei vielä sijaitse kriittistä määrää teräksistä. Myöskään klorideja ei löytynyt, joten pistemäinen kloridien aiheuttama terästen korroosio on epätodennäköinen. Ikkunoiden ja räystäiden pellitukset ovat julkisivuille tulevan kosteusrasituksen puolesta kohtuullisessa kunnossa, koska seinillä ei näkynyt merkittävästi kosteusjälkiä tai kasvustoja. Myöskään pakkasrapautumaa ei pitkän julkisivun poralieriöistä löytynyt, joten kosteusrasitusta ei ole merkittävästi julkisivuille.*

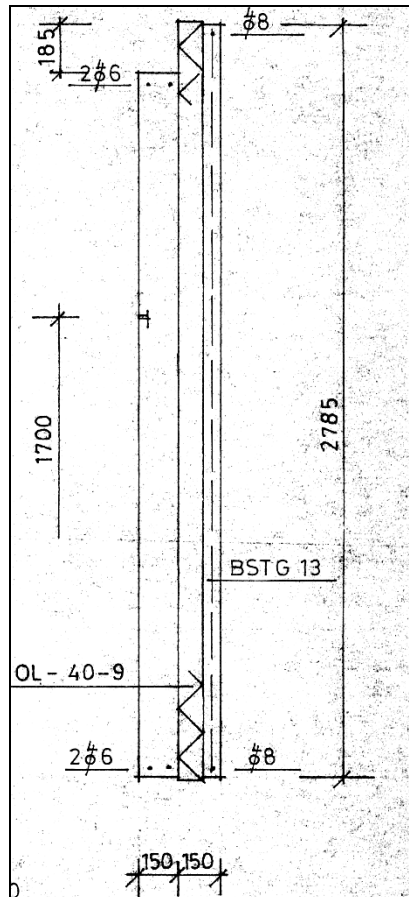
## **6.2 Päätyjen betonisandwich-elementit**

Piirustusten mukaan (kuva 2) päätyjen betonisandwich-elementtien rakenne on:

- sisäkuori 150 mm

- lämmöneriste ja ulkokuori yhteensä 150 mm
- ulkokuoressa 8 mm pieliteräkset ja
- 4 mm verkkoteräkset #150.

Kenttätutkimuksissa todettiin, että ulkokuoren vahvuus on 61-84 mm. Eristepak-  
suudet vaihtelevat 69...78 mm:iin.



**Kuva 2** Päädyn sandwich-elementin rakenne

Elementtien pinta on käsitelty hiertämällä. Käsittelytavasta johtuen elementit ovat valettu sisäkuoresta alkaen, ulkokuori viimeisenä lämmöneristeen päälle. Työjärjestyksen takia ulkokuoren raudoitukset ovat todennäköisesti painovoiman vaikutuksesta lähempänä eristetilaa, kuin ulkokuoren pintaa. Silmämääräisesti tarkastelemalla elementit olivat hyväkuntoisia. Muutamassa elementissä oli havaittavissa pieniä halkeamia ulkokuoressa, jolloin näissä elementeissä olevat teräkset ovat alttiina korroosiolle (kuva 3). Selvästi haljenneita tai taipuneita elementtejä ei tavattu. Maalipinnassa on jonkin verran kulumaa ja likaa mm. kasvustoja. Teräksiä ei ollut näkyvissä.



**Kuva 3** Halkeama sandwich-elementissä

Karbonatisoituminen on edennyt päätyjen ulkokuoren ulkopinnassa 9...28 mm:iin, keskimäärin 16 mm:iin. Sisäpinnan karbonisointumista ei esiinny juuri lainkaan päädyissä. Yhdessä lieriössä sisäpuoli oli karbonisoitunut n.3 mm.

Suurin osa ulkokuoren ulkopinnan teräksistä on yli 21 mm syvyydessä. Karbonatisoituneella alueella sijaitsee n.8 % ulkokuoren teräksistä, jotka ovat alttiita aktiiviselle korroosiolle.

Päädyn elementistä poratusta porajauhenäytteestä löytyi klorideja 0,02 painoprosenttia. Kynnysarvona pidetään 0,03...0,07 paino-%. Riittävän korkea kloridipitoisuus voi käynnistää terästen korroosion. Elementistä ei siis löytynyt kynnysarvon ylittävää määrää klorideja.

Kaksi päätyjen poralieriötä oli vetokokeessa. Toisen lieriön vetolujuusarvo oli 3,0 Mpa, eli siinä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa. Lieriö hajosi 6 mm teräksen ja 21 mm kiven kohdalla. Toinen lieriö irtosi osiin ensimmäisellä vetokerralla vetopään ja lieriön välisestä liimauksesta, joka johtui liiman liiallisesta kuivumisesta ennen kuin vetopää ja betoni liitettiin toisiinsa. Tämän jälkeen vetopää ja lieriö liimattiin uudestaan ja vedettiin, jolloin kappale hajosi normaalisti ja vetolujuusarvo oli 1,9 MPa. Elementeissä ei siis todennäköisesti ole rapautumaa.

Yksi päädyn poralieriö oli ohuthietutkimuksessa. Sen kunto luokiteltiin hyväksi. Jatkuva mikrorakoilua ei ollut havaittavissa ja suojahuokosia oli vähän. Huokosten seinämällä ei havaittu kiteytymiä. Lieriötä ei todettu pakkasenkestäväksi, mutta siinä ei huomattu esiintyvän pakkasrapautumaakaan. Täydellinen ohuthieraportti on luettavissa liitteestä 1.

### **Johtopäätökset päätyjen kunnosta**

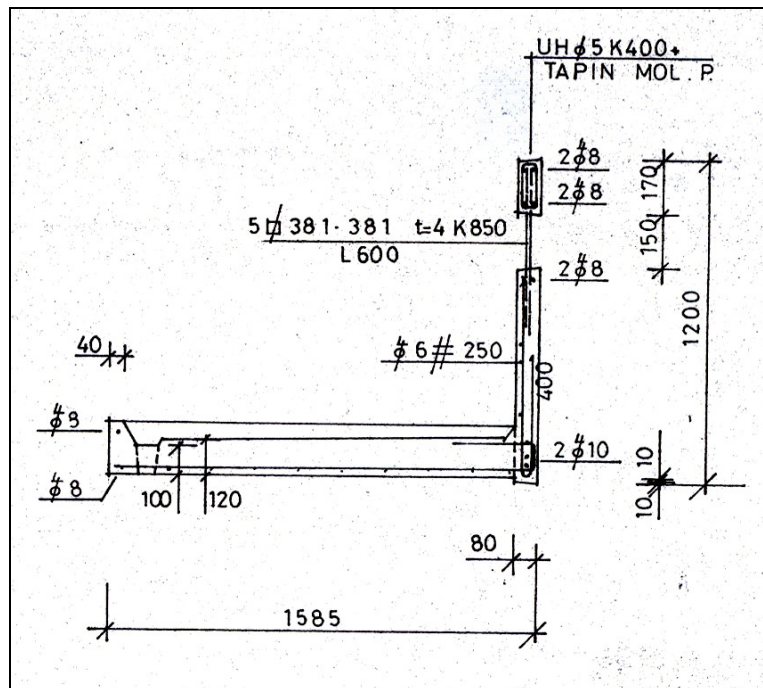
*Päätyjen elementit ovat melko hyvässä kunnossa. Joissakin päätyjen elementeissä huomattiin halkeamia, jotka heikentävät betonin teräksille antamaa suojaa, sekä päästä kosteuden kulkeutumaan betonin sisälle paremmin. Koska päädyistä poratusta lieriöstä todettiin ohuthiekokeessa että suojahuokosia on vähän, halkeamat*



altistavat rakenteen pakkasrasitukselle. Päätyjen betonielementtien betoni on tiivistä ja maalipinnoite on tiiviisti kiinne. Tämän takia pakkasrapautumaa ei esiintynyt ja vetokoetulokset olivat hyviä. Myöskään karbonatisoituminen ei ollut edennyt merkittävästi. Tällä hetkellä korroosiolle alttiilla alueella ei sijaitse kriittistä määrää teräksiä. Ohuthiekokeessa tutkitun lieriön teräksestä ei myöskään huomattu korroosiosyöpyimiä. Päädyn elementistä poratusta kloridinäytteestä ei löytynyt kynnysarvon ylittävää määrää klorideja. Merkittäviä kosteusjälkiä ei löytynyt päädyn julkisivupinnoilta.

### 6.3 Huoneistoparvekkeiteet

Huoneistoparvekkeiteet ovat piirustusten mukaan (kuva 4) 80 mm paksuja. Huoneistoparvekkeiteet ovat silmämääräisesti melko hyvässä kunnossa. Aistinvaraisesti joissakin kaiteissa havaittiin vähäistä halkeilua ja paikkauksen jälkiä (kuva 5). Jonkin verran kaiteissa oli myös lohkeillutta betonia (kuva 6). Kulunutta maalia tai vedenpoiston aiheuttamia vaurioita ei juuri tavattu. Teräksiä ei ollut näkyvissä.



**Kuva 4** Huoneistoparvekkeiden rakenne



**Kuva 5** Haljennut parvekekaide



**Kuva 6** Lohjennut betonikaide

Parvekekaiteet ovat karbonatisoituneet ulkopuolelta keskimäärin 12 mm. Sisäpuolen karbonatisoituminen on edennyt n. 15 mm. Karbonatisoituminen etenee myös kaiteiden yläpinnassa, vaikka sen syvyyttä ei tässä määritetty. Koska kaiteissa on pienet teräksiset palkit, ne ovat myös alttiina korroosiolle. Palkkien ympärillä karbonatisoituminen pääsee etenemään kolmelta suunnalta. Teräspalkeissa ei kuitenkaan näkynyt ulkoisia korroosiovaurioita, mutta ne ovat kriittisellä alueella

Ulkopuolelta mitattujen peitepaksuuksien mukaan pieli- ja verkkoteräksiset ovat suurin osa yli 21 mm syvyydessä. Karbonatisoituneella alueella sijaitsee noin 13 % teräksistä, jotka ovat alttiina aktiiviselle korroosiolle.

Parvekekaiteesta poratusta kloridinäytteestä ei löytynyt klorideja.

Yksi parvekekaiteista oli vetokokeessa, jossa vetolujuusarvoksi saatiin 2,9 Mpa. Toinen parvekekaiteiden poralieriöistä oli ohuthietutkimuksessa. Sen kunto määriteltiin hyväksi. Maalipinnoitteet ovat tiiviisti kiinni betonissa. Jatkuvaa mikrorakoa-  
lua ei ole ja suojahuokosia on vähän. Huokosten seinämällä ei ole kiteytymiä. Pak-  
kasrapautumaa ei löydetty, vaikka kaiteiden betoni määriteltiin pakkasta kestä-  
mätömäksi. Parvekekaiteissa ei näiden tutkimusten perusteella todennäköisesti esiinny  
rapautumaa.

#### **Johtopäätökset parvekekaiteiden kunnosta**

*Parvekekaiteet ovat myös melko hyvä kuntoisia. Parvekekaiteiden betoni on tiivistä ja maalipinnoitteet ovat tiiviisti kiinni, mikä suojaa kaiteita kosteuden ja pakkasen aiheuttamalta rasitukselta. Sekä vetokokeen että ohuthietutkimuksen mukaan kaiteissa ei esiinny rapautumaa. Kaiteissa karbonatisoituminen pääsee etenemään molemmiin puolin. Tällä hetkellä noin 13 % kaiteen teräksistä sijaitsee karbonatisoituneella alueella, mikä ei ole vielä kriittistä, jos karbonatisoituminen ei pääse etenemään nopeasti. Tärkeää on tiivis pinnoite jatkossa ja kosteusrasituksen vähentäminen. Tällä hetkellä korroosion aiheuttamia jälkiä ei näkynyt kaiteissa aistinvaraisesti havainnoimalla. Klorideja ei löytynyt kaiteesta poratusta näytteestä. Kosteuden jättämiä jälkiä ei myöskään näkynyt.*

#### **6.4 Huoneistoparvekkeiden laatat**

Huoneistoparvekkeiden rakenne on näkyvissä kuvassa 4. Laatat ovat porattujen lie-  
riöiden perusteella vahvuudeltaan 137...145 mm. Huoneistoparvekkeiden laatat  
ovat silmämääräisesti vaihtelevassa kunnossa. Yhdessä tutkitussa parvekelaatassa  
on yläpuolen pinnoitteet irronnut, jolloin betonia ei enää suojaa mikään kosteuden  
vaikutuksilta (kuva 7). Toiset olivat melko hyvässä kunnossa. Laattojen alapinnat  
ovat myös silmämääräisesti päällisin puolin hyväkuntoisia. Kaikkia parvekelaattoja  
ei käyty silmämääräisesti lävitse. Laatoissa ei ole merkittävää halkeilua, eikä ala-  
pintojen maali ole kulunut tai hilseillyt.



**Kuva 7** Parvekelaatan irronneet pinnoitteet

Huoneistoparvekelaattojen yläpinnasta karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin 2 mm, mikä on merkki pinnoitteiden hyvästä toimivuudesta. Alapinnasta karbonatisoituminen on edennyt 8..28 mm:iin, keskimäärin 15 mm:iin. Alapinnan teräksistä 21 % sijaitsee alle 16 mm syvyydessä, joten ne ovat alttiina aktiiviselle korroosiolle.

Parvekelaatasta poratusta porajauhenäytteestä löytyi klorideja 0,02 paino-%. Kynnysarvona pidetään 0,03...0,07 paino-%. Riittävän korkea kloridipitoisuus voi käynnistää terästen korroosion. Elementistä ei siis löytynyt kynnysarvon ylittävää määrää klorideja.

Huoneistoparvekelaatoista porattiin kaksi lieriötä. Toinen lieriöstä halkesi porattaessa kolmeen osaan, koska pora sattui sijoittumaan 15 mm teräksen kohdalle. Poraaminen oli hankalaa ja betonia rasittavaa, koska teräs hidasti ja jumitti poranterää. Lieriö liimattiin takaisin kokoon vetokoetta varten. Vetokokeessa saatiin ensin tulos 1,0 Mpa, jonka perusteella lieriössä olisi jonkin asteista rapautumaa. Lieriö halkesi kuitenkin uudestaan liimauksen kohdalta, joten lieriön palat liimattiin uudelleen yhteen. Seuraavalla vetokerralla tulokseksi saatiin 0,7 Mpa, jonka perusteella voidaan todeta rapautumasta edellä mainittu. Lieriö hajosi toisella kerralla 15 mm teräksen ja 29 mm kiven kohdalta. Tuloksia sotkee kuitenkin epäonnistunut poraus ison teräksen kohdalta ja sen takia hajoaminen kappaleiksi. Koska lieriötä myös vedettiin useampaan kertaan, siinä voi olla halkeamia jo ensimmäiseltä vetokerralta. Toisaalta vetotulos voi myös kertoa rapautumisesta tai kiviaineksen ja sementin huonosta tartunnasta toisiinsa. Koska parvekelaatoista ei porattu kuin kaksi näytettä, joista toinen rikkoontui, on otanta huono ja siten päätelmät laattojen kunnosta ovat suuntaa antavia.

Toinen parvekelaatoista poratusta lieriöstä oli ohuthietutkimuksessa, jossa sen kunto määritettiin hyväksi. Runkoainekappaleet ovat ehjiä ja sideainetartunnat ovat rapautumattomia ja ehjiä. Jatkuvaa mikrorakoilua ei ole ja suojahuokosia on jonkin verran. Huokosten seinämällä ei ole kiteytymiä. Parvekelaatat eivät ole pakkaskestäviä, mutta niissä ei esiinny pakkasrapautumaa, joten nykyiset pinnoitteet ovat tiiviit.

### **Johtopäätökset parvekelaattojen kunnosta**

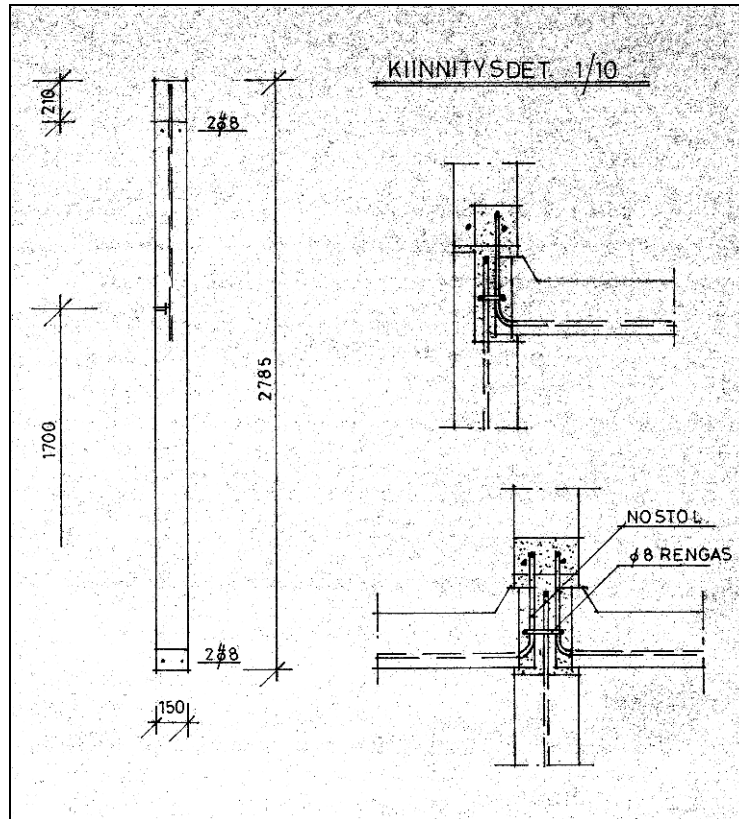
*Kaikkia huoneistoparvekkeita ei tutkittu. Aistinvaraisesti laattojen alapinnat olivat hyvässä kunnossa. Maalin kulumista tai korroosiojälkiä ei huomattu. Laattojen yläpinnat olivat vaihtelevassa kunnossa. Laatat, joiden yläpinnat nähtiin, olivat yhtä poikkeusta lukuun ottamatta hyväkuntoisia. Yhdessä laatassa olivat kaikki betonia suojaavat pinnoitteet irti, jonka vuoksi betoni on täysin altis kaikille rasituksille. Karbonatisoituminen ei ollut yläpinnasta edennyt toisessa poratuista lieriöistä juuri yhtään. Laatasta, josta pinnoite on irti, on yläpinnan karbonatisoituminen enimmillään edennyt 12 mm. Tiiviillä pinnoitteella on siis selvä vaikutus rasitusten kestämiseen. Alapinnan karbonatisoituminen on pidemmällä. Karbonatisoituneella alueella sijaitsee noin 21 % teräksistä, joten ne ovat alttiina aktiiviselle korroosiolle. Alle 21 mm syvyydessä sijaitsee noin 59 % alapinnan teräksistä, jotka ovat karbonatisoitumisen edetessä tulossa riskialttiille alueelle. Toisaalta parvekelaattojen alapinnoissa korroosio voi olla hidastakin, koska alapinta on hyvin suojassa kosteudelta. Tästä johtuen myös näkyvät vauriot voivat tulla esiin vasta, kun korroosio on edennyt pitkälle. Koska parvekelaatat ovat pielistä kannatettuja, parvekelaatan kannalta olennaiset teräkset (vetoteräkset) sijaitsevat laatan alapinnassa. Nämä teräkset ovat karbonatisoitumisen edetessä kriittisellä alueella ja alttiina aktiiviselle korroosiolle.*

*Rapautumisen tutkimustulokset ovat ristiriitaisia. Porattaessa lieriö hajosi kolmeen osaan ja vetokoetuloksen mukaan laatassa olisi jonkinasteista rapautumaa. Tulosta voi heikentää isot teräkset lieriössä, huono liimaus tai porattaessa mahdollisesti syntyneet säröilyt. Toisaalta ohuthietutkimuksessa, jossa tutkittiin toinen laatoista poratuista näytteistä, ei huomattu pakkasrapautumaa ja runkoainekappaleiden sideainetartunnat ovat yleisesti tiiviit ja kiinni. Ohuthietutkimuksen tulos on luotettava, mutta se ei kuitenkaan kata kaikkia parvekelaattoja. Laatasta poratusta porajauhenäytteestä ei löytynyt klorideja.*

## **6.5 Parvekepielet**

Parvekepielet ovat piirustusten perusteella (kuva 8) vahvuudeltaan 150 mm. Kuvassa 6 on myös kuvattuna parvekelaattojen kannatus pieliin. Aistinvaraisesti havaittiin, että parvekepielet ovat vaihtelevassa kunnossa. Osissa pieliä on halkeamia ja teräksiä pinnassa (kuva 9). Pielissä on myös laattojen kohdalla toistuva vaurio saumassa, joka saattaa johtua asennuksessa paikoilleen jääneistä korkolapuista (kuva 10). Tämän tutkimuksen puitteissa ei pystytty selvittämään niiden vaurioiden alkuperää. Parvekepielissä ja parvekkeiden kätteessa on myös toistuva vaurio, jossa betoni on kulunut ja halkeillut (kuva 11). Vaurio näyttäisi syntyneen vuotavasta pielen ja kate-elementin välisestä saumasta. Parvekkeiden kätteessa on valokuvan perusteella saumat elementtien risteyskohdassa. Onkin syytä epäillä, että katemate-

riaali vuotaa paikoin näistä kohdista. Myös parveketornien ulkopuolinen vedentoisto on muutamassa pielessä puutteellinen, koska vesi ei kulkeudu täysin syöksytorveen, vaan on rapauttanut betonia syöksytorven alla (kuva 12).



**Kuva 8** Parvekepieli ja parvekelaattojen kannatus



**Kuva 9** Halkeama pielessä



**Kuva 10** Pielen toistuva vaurio ja ruostejälkiä



**Kuva 11** Pielien vauriot vuotavasta saumasta



**Kuva 12** Pielen vedenpoisto-ongelma



Parvekepielissä karbonatisoituminen on ulkopuolelta edennyt 3...15 mm:iin, keskimäärin 10 mm:iin. Sisäpuolelta karbonatisoituminen on edennyt 6...20 mm:iin, keskimäärin 14 mm:iin.

Parvekepielien teräksistä suurin osa sijaitsee yli 16 mm syvyydessä. Karbonatisoituneella alueella sijaitsee vain noin 8 % teräksistä, jotka ovat alttiina aktiiviselle korroosiolle.

Parvekepielestä poratusta porajauhenäytteestä ei löytynyt klorideja.

Huoneistoparvekepielistä porattiin kaksi poralieriötä. Toisen vetolujuus arvo oli 1,8 MPa, jolloin siinä ei todennäköisesti ole rapautumaa. Lieriö halkesi 31 mm kiven kohdalta.

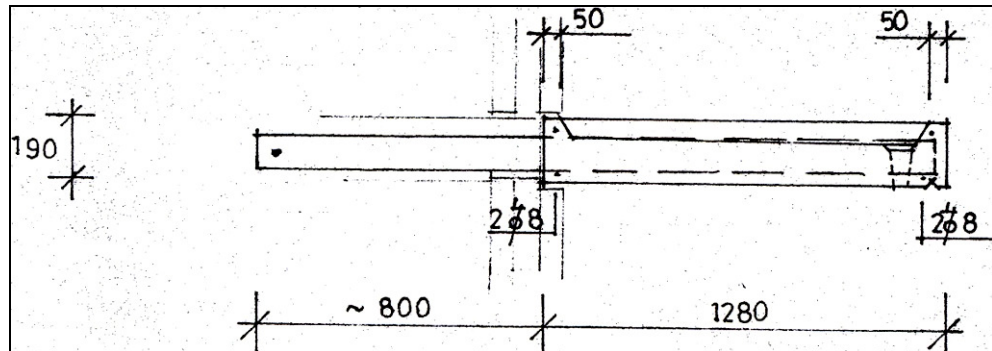
Toinen poralieriönäyte oli ohuthietutkimuksessa, jossa sen kunto määritettiin 0-29 mm tyydyttäväksi mikrohalkeaman takia ja 30-48 mm hyväksi. Runkoainekappaleet ovat pääosin ehjiä ja rapautumattomia, mutta yksittäisesti hieman lohkeilleet mikrohalkeaman yhteydessä. Mikrohalkeama ulottuu noin 29 mm:n syvyydelle ulkopinnasta ja on todennäköisesti plastinen. Parvekepielet eivät ole pakkasenkestävää betonia, mutta niissä ei myöskään ole pakkasrapautumaa.

### **Johtopäätökset parvekepielien kunnosta**

*Parvekepielet ovat tyydyttävässä kunnossa. Niissä on runsaasti halkeamia ja osin teräksiä pinnassa, varsinkin alareunoissa. Terästen korroosio on voinut aiheuttaa halkeamat. Vaarana on betonikappaleiden irtoaminen ja putoaminen. Koska pielet tukeutuvat alapäästään maahan, ei edellä esitetty nurkan halkeama ole kriittinen. Kosteuden vuotaminen parvekkeiden katteesta on vaurioittanut betonia ja niiden synty tulisi selvittää perusteellisesti rakenteita avaamalla. Karbonatisoituminen ei ole edennyt huolestuttavan pitkälle ja koska teräkset ovat melko syvällä ja aktiiviselle korroosiolle ei ole alttiina kuin noin 8 % teräksistä. Aktiivinen korroosio uhkaa kuitenkin halkeamien kohdalla olevia teräksiä. Pakkasrapautumaa ei havaittu vetokokeessa eikä ohuthietutkimuksessa. Pielien betoni ei kuitenkaan ole pakkasenkestävää, mutta maalipinnoite on tiiviisti kiinni ja betoni on tiivis rakenteeltaan. Kosteuden ja ilman hiilidioksidin tunkeutuminen on sen vuoksi hidasta. Klorideita ei löytynyt poratusta jauhenäytteestä.*

## 6.6 Tuuletusparvekelaatat

Tuuletusparvekelaatat ovat piirustusten mukaan (kuva 13) vahvuudeltaan 190 mm. Aistinvaraisesti laatat ovat melko hyvässä kunnossa. Niissä ei näy halkeamia tai hilseilyttä maalia.



**Kuva 13** Tuuletusparvekelaatta

Huoneistoparvekkeiden yläpinnasta karbonatisoitumista ei ole juurikaan tapahtunut. Alapinnasta se on edennyt 15...24 mm:iin, keskimäärin 17 mm:iin.

Huoneistoparvekelaatan alapinnan teräksistä on 54 % alle 16 mm syvyydessä. Näin ollen, nämä teräkset ovat alttiina aktiiviselle korroosiolle.

Tuuletusparvekelaatoista porattiin yksi poralieriönäyte, joka oli vetokokeessa. Lieriö vedettiin kaksi kertaa. Ensimmäisellä kerralla vetokokeen tulokseksi saatiin 1,2 MPa, jonka perusteella laatoissa voi esiintyä jonkinasteista rapautumaa. Lieriö hajosi ensimmäisellä kerralla 4 mm teräksen ja 21 mm kiven kohdalta, joten se liimattiin uudestaan kasaan. Toisella kerralla vetotulokseksi saatiin 1,5 MPa, joten laatoissa ei todennäköisesti ole rapautumaa. Toisellakin kerralla lieriö hajosi 4 mm teräksen ja 32 mm kiven kohdalta.

### **Johtopäätökset tuuletusparvekkeiden kunnosta**

*Parvekelaatat ovat kohtuullisessa kunnossa. Yläpinnan karbonatisoituminen ei ole edennyt kovin paljoa, mikä kertoo pinnoitteen olevan tarpeeksi tiivis suojamaan kosteudelta ja ilman hiilidioksidilta. Alapinnassa karbonatisoituminen oli edennyt pidemmälle ja peitepaksuusmittauksien mukaan alttiina aktiiviselle korroosiolle on jopa 54 % teräksistä ja 80 % teräksistä on alle 21 mm syvyydessä, joten nämä raudotteet ovat alttiina korroosiolle. Näkyviä korroosiovaurioita ei vielä ollut, mutta parvekelaatoissa korroosio voi edetä pitkällekin ilman näkyviä vaurioita. Vetolujuusarvojen mukaan parvekelaatat eivät todennäköisesti ole rapautuneet. Myöskään klorideja ei poratusta näytteestä löytynyt.*

## 6.7 Saumat ja maalipinnoitteiden asbesti

Aistivaraisesti saumat ovat osin kovettuneet ja halkeilleet (kuva 14).



**Kuva 14** Haljennut sauma.

Saumoista otettiin kaksi saumanäytettä, yksi päädyistä ja toinen pitkältä sivulta. Saumanäytteet lähetettiin tutkittavaksi laboratorioon, jossa niistä tehtiin PCB-yhdisteiden ja lyijyn määrittely (liite 2). Päädyistä otetusta saumanäytteestä ei löytynyt PCB:tä, eikä lyijyä ympäristöviranomaisen määrittelemän raja-arvon ylittävää määrää. Pitkältä julkisivulta otetusta näytteestä löytyi lyijyä, joten saumojen purkamisen ja hävittämisen on tehtävä viranomaisten määräämällä tavalla. Näytteiden erilaisista lyijypitoisuuksista voisi päätellä, että päätyjen saumat on uusittu joskus. Myös päätyjen saumoissa on tuuletuskotelot, joita on yleensä käytetty saumojen uusittuina. Pitkien julkisivujen saumat olivat osin koostumukseltaan kovia. Lyijyä on käytetty saumoissa juuri kovetteena.

Maalipinnoitteiden asbestipitoisuudet määriteltiin päädyn ja pitkän julkisivun lieriöistä, sekä parvekkeista. Näiden näytteiden maalipinnoista ei löytynyt asbestia. Vaarallisten aineiden tutkimustulokset löytyvät liitteestä 3.

## 7 Korjausehdotukset

Jokaiselle rakennusosalle on tehty korjausehdotukset. Korjausvaihtoehtoja on kevyt ja keskiraskas. Raskasta korjausta ei ole ehdotettu mihinkään rakennusosaan, koska rakenteet ovat melko hyväkuntoisia. Kiireellisiä toimenpiteitä ei ole. Rasiitusten vaikutusten huomiointi ja rasiitukseen varautuminen on korjaustoimia valittaessa pääosassa.

### 7.1 Sandwich-elementit

#### **Kevyt korjaus**

Pinnoittamiseen ja maalaukseen ei välttämättä ole tarvetta lähivuosina. Jotta pinnoite kuitenkin pysyisi tiiviinä ja vauriottomana on rasiitusten huomioiminen oleellista. Kaikkien ikkunoiden ja räystäiden vesipeltien kunto tarkistetaan. Niiden kiin-

nitykset ja saumaukset tiivistetään tarvittaessa. Varmistetaan peltien toimivuus, jotta vesi ei kulkeudu julkisivuja pitkin. Sadevesijärjestelmän toimivuus varmistetaan myös.

#### **Keskiraskas korjaus**

Elementtien maalipinta poistetaan tavanomaisella hiekkapuhalluksella. Esiin tulleet raudoitteet puhdistetaan, käsitellään korroosionestoaineella ja laastipaikataan. Seinät maalataan silikonihartsimaalilla, joka estää veden kapillaarista imeytymistä betoniin, mutta on samalla vesihöyryn läpäisevä. Tämä mahdollistaa rakenteeseen päässeen kosteuden poistumisen. Tehdään myös kevyessä korjausohjelmassa mainitut ikkuna- ja räystäspelttien sekä sadevesijärjestelmän tarkistus ja tarvittaessa kunnostus.

## **7.2 Huoneistoparvekkeet**

### **Kevyt korjaus**

Parvekelaattojen yläpinnat jyrsitään ja vanha pinnoite poistetaan. Yläpinnat päällystetään 0,5 mm vahvuisella epoksipinnoitteella, joka toimii myös laatan vedeneristeenä. Veden poiston toimivuus tarkistetaan. Kaiteet ja laattojen alapinnat huoltomaalataan. Pielien katteen vedenpoistosta johtuvat vauriot korjataan. Vaurioituneet kohdat pielistä hiekkapuhalletaan ja mahdollisesti esiin tulleet raudoitteet puhdistetaan, käsitellään korroosionestoaineella ja laastipaikataan. Korjatut kohdat maalataan silikonihartsimaalilla.

### **Keskiraskas korjaus**

Laattojen, kaiteiden ja pieliin maalit poistetaan tavanomaisella hiekkapuhalluksella. Parvekepieliin halkeamat tutkitaan tarkemmin ja rapautunut ja halkeillut betoni poistetaan piikkaamalla irtoavat kappaleet irti. Kaikki esiin tulleet raudoitteet puhdistetaan, käsitellään korroosionestoaineella ja laastipaikataan. Laattojen vanha pinnoite jyrsitään pois ja parvekelaattojen yläpinnat päällystetään 0,5 mm vahvuisella epoksipinnoitteella, joka toimii myös laatan vedeneristeenä. Veden poiston toimivuus tarkistetaan. Kaiteet ja pielit maalataan silikonihartsimaalilla. Laattojen alapinnat maalataan sementtimaalilla. Parvekkeiden sisäpuolinen vedenpoisto tarkistetaan ja varmistetaan toimivuus. Parvekekatteiden ulkopuolinen vedenpoisto uusitaan toimivaksi, siten että vesi ei kulkeudu rakenteisiin. Katteen ja pieliementin saumakohdassa oleva vuoto korjataan. Kaikki parvekkeet lasitetaan ja lasitusten pellitykset tehdään asianmukaisesti.

## **7.3 Tuuletusparvekkeet**

### **Kevyt korjaus**

Uudelleen pinnoittamiseen ja maalaukseen ei välttämättä ole tarvetta lähivuosina, koska olemassa olevat pinnoitteet ovat hyvässä kunnossa. Ruostuneet pellitykset (kuva 15) uusitaan ja vedenpoiston toimivuus varmistetaan.

**Keskiraskas korjaus**

Tuuletusparvekkeiden laattojen alapinnoista, reunoista ja pielistä poistetaan maali tavanomaisella hiekkapuhalluksella. Esiin tulleet ja jo näkyvissä olevat teräkset piikataan esiin, puhdistetaan, käsitellään korroosionestoaineella ja laastipaikataan. Laattojen yläpinnoista jyrsitään vanha pinnoite pois ja parvekelaattojen yläpinnat päällystetään 0,5 mm vahvuisella epoksinpinnoitteella, joka toimii myös laatan vedeneristeenä. Sisäänkäynnin katoksissa olevat ruostevaurioiset pellitykset (kuva 15) uusitaan. Katos, johon tuuletusparvekkeiden vedenpoisto on hoidettu, puhdistetaan ja varmistetaan vedenpoiston toimivuus.



**Kuva 15** Tuuletusparvekkeen vedenpoisto

**7.4 Saumat**

Saumojen PCB- ja lyijymäärityksessä näytteistä saatiin ristiriitaisia tuloksia. Tulosten perusteella voitaisiin olettaa, että päätyjen saumat on uusittu, koska päädyistä otetusta näytteestä ei ollut lyijyä. Toisaalta, koska saumojen uusimisesta ei ole olemassa tietoa esimerkiksi isännöitsijäntodistuksessa, ei voida olettaa saumojen uusimista tapahtuneen. Saumojen on myös voitu uusita osissa ja joissakin päätyjen saumoissa voi vielä olla vanhaa saumamassaa. Pitkien sivujen saumat ovat alkuperäiset ja käyttöikänsä päässä. Saumojen tekninen käyttöikä on 15-20 vuotta. Pitkien sivujen saumat uusitaan ja purkutyö on tehtävä viranomaisten määräämällä tavalla, koska lyijy on ongelmajätettä. Uusimisen yhteydessä saumoihin asennetaan uudet tuuletusputket. Päätyjen saumat tutkitaan tarkemmin ja niiden korjaushistoriasta yritetään löytää enemmän tietoa. Mikäli päädytään päätysaumojen uusimiseen, tarvitaan lisänäytteitä, jotta niiden koostumus pystytään luotettavasti toteamaan ja tekemään vaihtotyö asianmukaisesti. Ilman lisänäytteitä päätyjen saumojen on syytä käsitellä kuin ne olisivat ongelmajätettä.

## 7.5 Suositukset

Sandwich-elementeille ja tuuletusparvekkeille suositellaan kevyttä korjausvaihtoehtoa, koska niiden kunto on melko hyvä. Esimerkiksi kymmenen vuoden päästä voidaan tehdä uusi kuntotutkimus ja katsoa tilannetta uudelleen. Huoneistoparvekkeille tulisi tehdä keskiraskas vaihtoehto, koska niiden vaurioituminen on jo melko pitkällä. Pielissä vaurioita oli eniten ja niiden etenemiseen tulisi puuttua. Pielien katteen vuoto tulisi tutkia ja korjata lisävaurioiden estämiseksi. Lasittamalla kaikki parvekkeet saadaan kosteusrasitusta pienennettyä huomattavasti ja nostettua vähän parvekkeiden lämpötilaa. Saumojen uusiminen on ajankohtaista, koska ne ovat halkeilleet ja osin kovettuneita.

## LIITTEET

- 1 Ohuthietulokset
- 2 PCB- ja lyijymääritys
- 3 Asbestikartoitus
- 4 Näytteiden tutkimustulokset ja karbonatisoitumis- ja korroosioennusteet
- 5 Näytteenottoaikkojen piirustukset
- 6 Valokuvia

WSP Finland Oy  
Tutkimus  
Ratakatu 12  
90100 OULU  
Puhelin 0207 864 11  
Faksi 0207 864 800

06.02.2008

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennuslaboratorion mittauspalvelu  
Jarno Oravasaari  
Teiskontie 33  
33520 TAMPERE

## OHUTHIETUTKIMUS

**Yleistiedot näytteistä** Tilaaja on toimittanut kohteesta Asunto Oy Juvanpetäjä, Hikivuorenkatu 6, Tampere, viisi (5) betonilieriönäytettä ohuthietutkimuksia varten, näytteet nrot. JP/SW2, JP/PL14, JP/PK11, JP/PP16 ja JP/SW7.

**Tutkimukset** Näytelieriöistä valmistettiin ohuthiet (paksuus 0,025–0,030 mm) betonin pintaa vastaan kohtisuorassa suunnassa. Hieen koko on noin 48 x 25 mm<sup>2</sup>.

Betoninäytteiden yleispiirteiden tarkastelu suoritettiin ensin Nikon SMZ-2B stereomikroskoopilla, minkä jälkeen ohuthiet tutkittiin Nikon E400 POL polarisaatiomikroskoopilla.

Ohuthietutkimuksessa käytettiin apuna standardia ASTM C856.

**Tulokset** **Näyte JP/SW2**, julkisivu, näytteen pituus on noin 65 mm. Ulkopinnassa on noin 0,5 mm paksu pinnoite, joka on tiiviisti kiinni betonissa. Ohuthie on tehty ulkopinnasta alkaen.

Betoni on rakenteeltaan tiivis ja tasalaatuinen. Runkoaine koostuu pääosin kulmikkaista ja osin pyörityneistä 0,02–12,0 mm:n kokoisista amfiboliitti-, graniitti- ja gneissikappaleista sekä mineraalirakeista.

Runkoainekappaleet ovat rapautumattomia ja ehjiä.

Sideaine on portlandsementtiä, joka on tasaisesti hydratoitunut. Karbonatitumminen on edennyt ulkopinnasta 8,0–28,0 mm, keskimäärin 20,0 mm ja sisäpinnasta 9,0–16,0 mm, keskimäärin 12,0 mm.

Runkoainekappaleiden sideainetartunnat ovat yleisesti tiiviit ja kiinni.

Jatkuvaa mikrorakoilua ei ole havaittavissa. Lyhyttä, epäjatkuvaa mikrosäröilyä esiintyy erittäin vähän.

Pyöreitä, 0,02–0,8 mm:n kokoisia suojahuokosia on jonkin verran ja 0,8–2,5 mm:n kokoisia tiivistyshuokosia on erittäin vähän. Huokosten seinämillä ei ole kiteytymiä.

**Näyte JP/PL14**, parvekelaatta, näytteen pituus on noin 135 mm. Yläpinnalla noin 0,5 mm paksun pinnoitteen jäämiä. Alapinnalla ohut pinnoite, joka on tiiviisti kiinni betonissa. Ohuthie on tehty yläpinnasta alkaen.

Betoni on rakenteeltaan tiivis ja tasalaatuinen (kuva 1). Runkoaine koostuu pääosin pyörityneistä ja osin pyörityneistä 0,02–20,0 mm:n kokoisista amfiboliitti- ja gneissikappaleista sekä mineraalirakeista.

Runkoainekappaleet ovat rapautumattomia ja ehjiä.

Sideaine on portlandsementtiä, joka on tasaisesti hydratoitunut. Karbonatisoituminen on edennyt yläpinnasta 2,0–12,0 mm, keskimäärin 3,0 mm ja alapinnasta 10,0–22,0 mm, keskimäärin 18,0 mm.

Runkoainekappaleiden sideainetartunnat ovat yleisesti tiiviit ja kiinni.

Jatkuvaa mikrorakoilua ei ole. Epäjatkuvaa mikrosäröilyä esiintyy vähän (kuva 1).

Pyöreitä, 0,02–0,8 mm:n kokoisia suojahuokosia on jonkin verran ja 0,8–4,0 mm:n kokoisia tiivistyshuokosia on vähän. Huokosten seinämillä ei ole kiteytymiä.

**Näyte JP/PK11**, parvekekaide, näytteen pituus on noin 84 mm. Ulko- ja sisäpinnoilla on ohuet pinnoitteet, jotka ovat tiiviisti kiinni betonissa. Ohuthie on tehty ulkopinnasta alkaen.

Betoni on rakenteeltaan tiivis ja tasalaatuinen. Runkoaine koostuu pääosin kulmikkaista ja osin pyörityneistä 0,02–12,0 mm:n kokoisista amfiboliitti-, graniitti- ja gneissikappaleista sekä mineraalirakeista.

Runkoainekappaleet ovat rapautumattomia ja ehjiä.

Sideaine on portlandsementtiä, joka on tasaisesti hydratoitunut. Karbonatisoituminen on edennyt ulkopinnasta 13,0–22,0 mm, keskimäärin 16,0 mm ja sisäpinnasta 10,0–17,0 mm, keskimäärin 14,0 mm.



Runkoainekappaleiden tartunnat sideaineeseen ovat pääosin tiiviit ja kiinni (kuva 2), yksittäisesti osin auki huokostilojen yhteydessä.

Jatkuvaa mikrorakoilua ei ole. Epäjatkuvaa mikrosäröilyä esiintyy erittäin vähän.

Pyöreitä, 0,02–0,8 mm:n kokoisia suojahuokosia on vähän ja 0,8–3,5 mm:n kokoisia tiivistyshuokosia on erittäin vähän. Huokosten seinämällä ei ole kiteytymiä.

**Näyte JP/PP16**, parvekepieli, näytteen pituus on noin 155 mm. Ulko- ja sisäpinnossa on ohuet pinnoitteet, jotka ovat tiiviisti kiinni betonissa. Ohuthie on tehty ulkopinnasta alkaen.

Betoni on rakenteeltaan tiivis ja tasalaatuinen. Runkoaine koostuu pääosin kulmikkaista ja pyöristyneistä 0,02–20,0 mm:n kokoisista amfiboliitti-, graniitti- ja gneissikappaleista sekä mineraalirakeista.

Runkoainekappaleet ovat pääosin rapautumattomia ja ehjiä, yksittäisesti hieman lohkeilleet mikrohalkeaman yhteydessä.

Sideaine on portlandsementtiä, joka on tasaisesti hydratoitunut. Karbonatitsoituminen on edennyt ulkopinnasta 8,0–18,0 mm, keskimäärin 15,0 mm ja sisäpinnasta 6,0–20,0 mm, keskimäärin 14,0 mm.

Runkoainekappaleiden tartunnat sideaineeseen ovat pääosin tiiviit ja kiinni, paikoin osin auki mikrohalkeaman ja mikrosäröilyn yhteydessä.

Jatkuvaa mikrorakoilua ei ole. Yksittäinen, pääosin alle 0,05 mm:n levyinen mikrohalkeama ulottuu noin 29 mm:n syvyydelle ulkopinnasta. Mikrohalkeama pääosin myötäilee (paikoin leikkaa) runkoainekappaleita (kuva 3). Epäjatkuvaa mikrosäröilyä esiintyy vähän.

Pyöreitä, 0,02–0,8 mm:n kokoisia suojahuokosia on jonkin verran ja 0,8–4,0 mm:n kokoisia tiivistyshuokosia on vähän. Huokosten seinämällä ei ole kiteytymiä.

**Näyte JP/SW7**, julkisivu, näytteen pituus on noin 60 mm. Teräs ( $\varnothing = 4$  mm) sijaitsee noin 28 mm ulkopinnasta. Ulkopinnassa on noin 0,5 mm paksu pinnoite, joka on tiiviisti kiinni betonissa. Ohuthie on tehty ulkopinnasta alkaen.

Betoni on rakenteeltaan tiivis ja tasalaatuinen. Runkoaine koostuu pääosin kulmikkaista ja osin pyöristyneistä 0,02–12,0 mm:n kokoisista amfiboliitti-, graniitti- ja gneissikappaleista sekä mineraalirakeista.

Runkoainekappaleet ovat rapautumattomia ja ehjiä.

Sideaine on portlandsementtiä, joka on tasaisesti hydratoitunut. Karbonatisoituminen on edennyt ulkopinnasta 10,0–20,0 mm, keskimäärin 15,0 mm ja sisäpinnasta 0–2,0 mm, keskimäärin 1,0 mm.

Runkoainekappaleiden tartunnat sideaineeseen ovat pääosin tiiviit ja kiinni, yksittäisesti osin auki erityisesti suurikokoisten huokostilojen yhteydessä (kuva 4). Teräksen tartunta on tiivis, eikä sen pinnalla ole ruostesyöpymiä.

Jatkuvaa mikrorakoilua ei ole. Lyhyttä, epäjatkuvaa mikrosäröilyä on erittäin vähän.

Pyöreitä, 0,02–0,8 mm:n kokoisia suojahuokosia vähän, kuten myös 0,8–3,0 mm:n kokoisia tiivistyshuokosia. Huokostiloissa ei ole havaittavissa kiteytymiä.

#### Tuloksien tarkastelu

Betoninäytteiden kuntoa on arvioitu asteikolla hyvä, tyydyttävä, välttävä ja heikko. Arvion perustana on käytetty ohuthietutkimuksista saatuja tuloksia.

Näyte	Rakenneosa	Kunto	Krb keskimäärin[mm]	Pakkaskestävyys / huokostäytteet	Pakkasrapautuneisuus*
JP/ SW2	julkisivu, up	hyvä	up 20 sp 12	Ei/ei	0
JP/ PL14	parvekelaatta, yp	hyvä	yp 3 ap 18	Ei/ei	0
JP/ PK11	parvekekaide, up	hyvä	up 16 sp 14	Ei/ei	0
JP/ PP16	parvekepieli, up	0-29 mm tyydyttävä 30-48 mm hyvä	up 15 sp 14	Ei/ei	0
JP/ SW7	julkisivu, up	hyvä	up 15 sp 1	Ei/ei	0

\* Pakkasrapautuneisuutta on kuvattu asteikolla 0-4: 0 = ei rapautumaa, 1 = vähäistä, 2 = orastavaa, 3 = kohtalaista, 4 = voimakasta.

Betonit ovat rakenteeltaan tasalaatuisia ja tiiviitä. Parvekepielen ulkopinnan mikrohalkeama on todennäköisesti plastinen. Kuivumiskutistuminen on ollut yleisesti vähäistä.

Runkoainekappaleet ovat hyvälaatuista kiviainesta. Sideaineen kovettuminen on normaali. Runkoainekappaleiden ja teräksen sideainetartunnat ovat hyviä.

Julkisivun JP/SW2 ulkopinnalla karbonatisoituminen ulottuu kohtalaisen syvälle ja betonin raudoiteille antama kemiallinen suoja on heikentynyt. Muutoin karbonatisoituminen ei keskimäärin ulotu syvälle. Julkisivun JP/SW7 teräksessä ei ole ruostetta.

Betonit eivät ole huokosrakenteen perusteella arviolta pakkasenkestäviä kosteissa olosuhteissa. Pakkasrapautumisen aiheuttamia vaurioita ei havaittu.

Betonien huokostiloissa ei ole kiteytymiä.

Pinnoitteiden tartunnat ovat yleisesti hyviä. Parvekelaatan yläpinnan pinnoite on pääosin irronnut betonin pinnalta.

WSP FINLAND OY



Jussi Myllykangas  
tutkija, FM



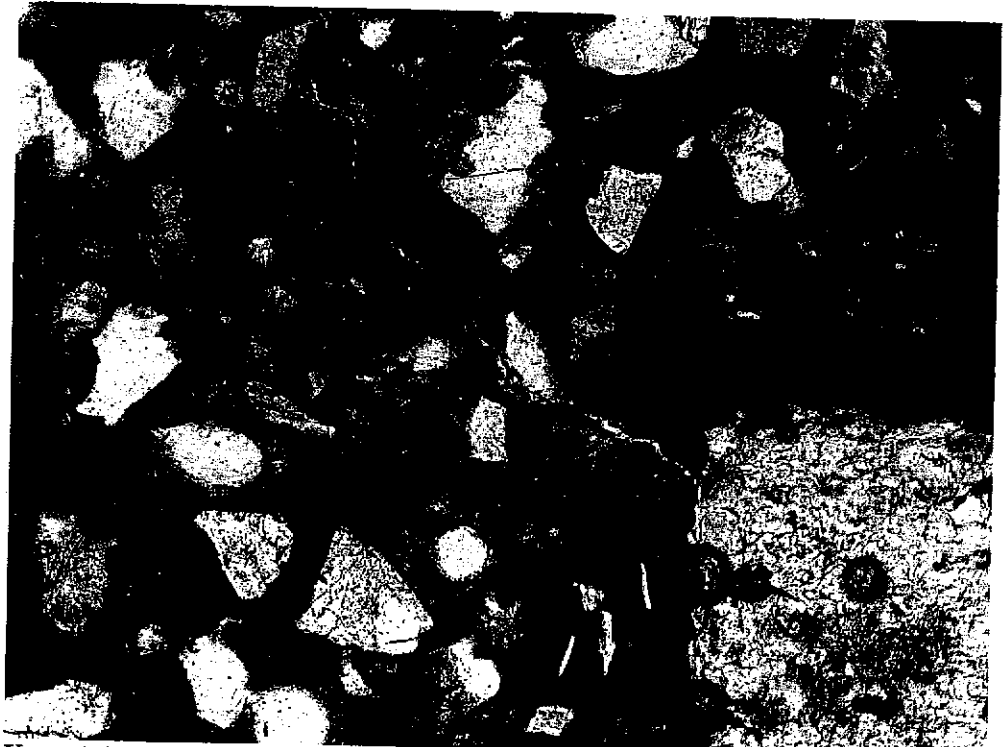
Vesa Kontio  
tutkija, fil.yo.

Liite

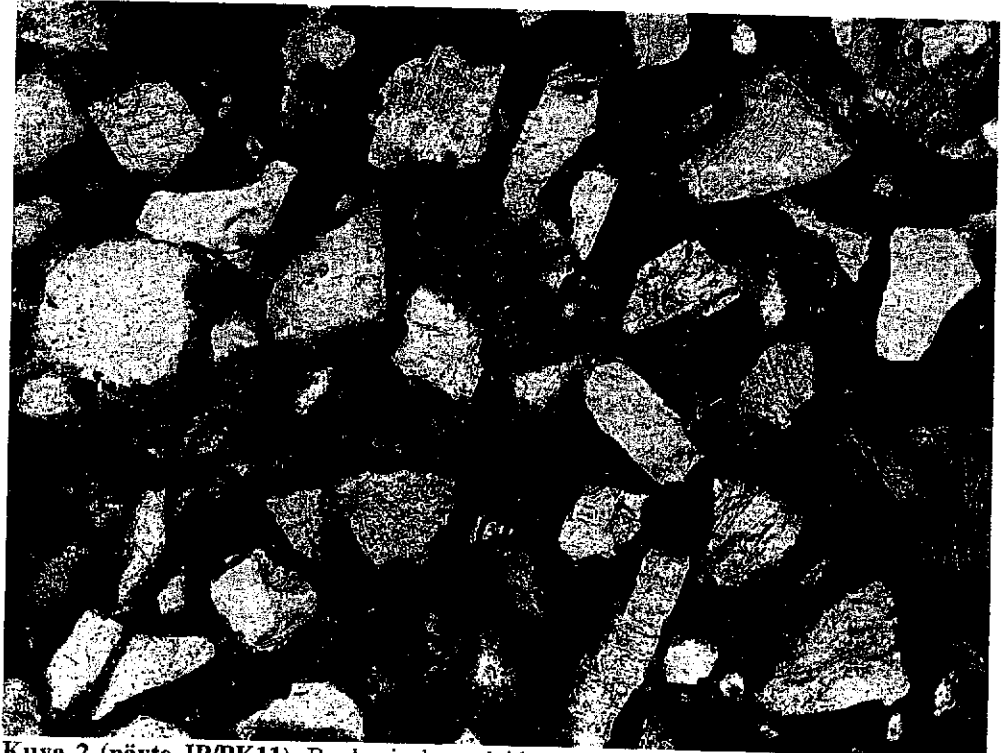
mikrorakennekuvat

Jakelu

1 kpl tilaaja  
1 kpl As Oy Juvanpetäjä c/o Kaukajärvi osuuskunta/ Riku Pönkänen  
1 kpl WSP Finland Oy, Tutkimus/ arkisto



**Kuva 1 (näyte JP/PL14).** Betoni on tasalaatuista ja tiivistä. Epäjatkuvaa mikrosäröilyä esiintyy vähän. Kuvan pidemmän sivun pituus on 1,6 mm.



**Kuva 2 (näyte JP/PK11).** Runkoainekappaleiden tartunnat sideaineeseen ovat yleisesti tiiviit ja kiinni. Kuvan pidemmän sivun pituus on 1,6 mm.

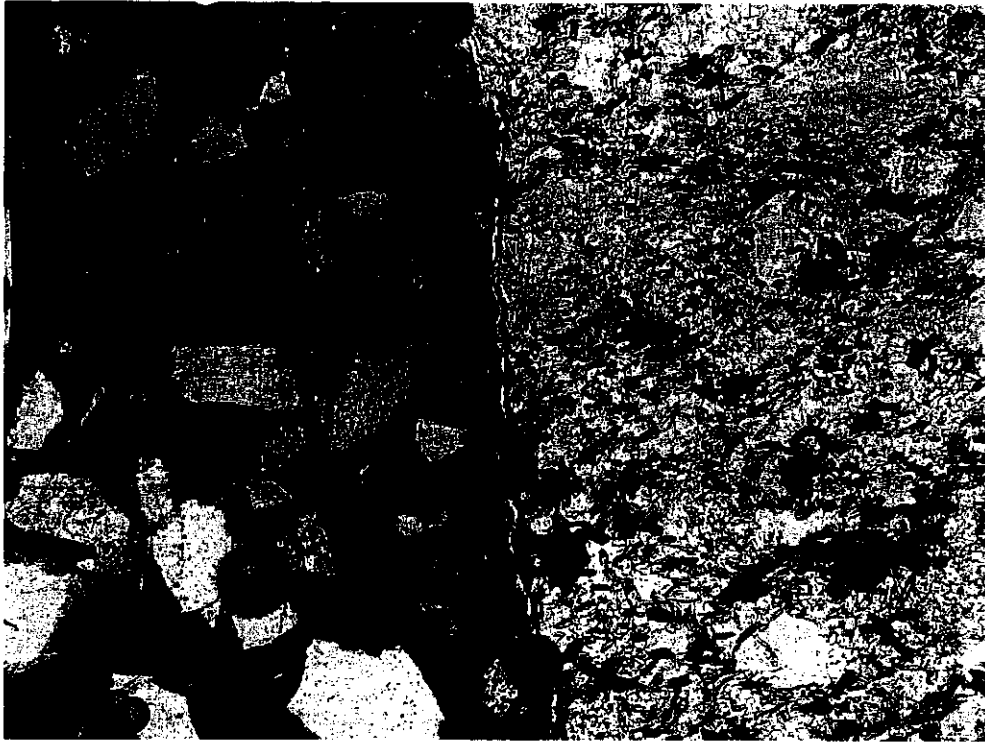
WSP Finland Oy  
Tutkimus

Heikkiläntie 7 D  
00210 HELSINKI  
Puhelin 0207 864 11

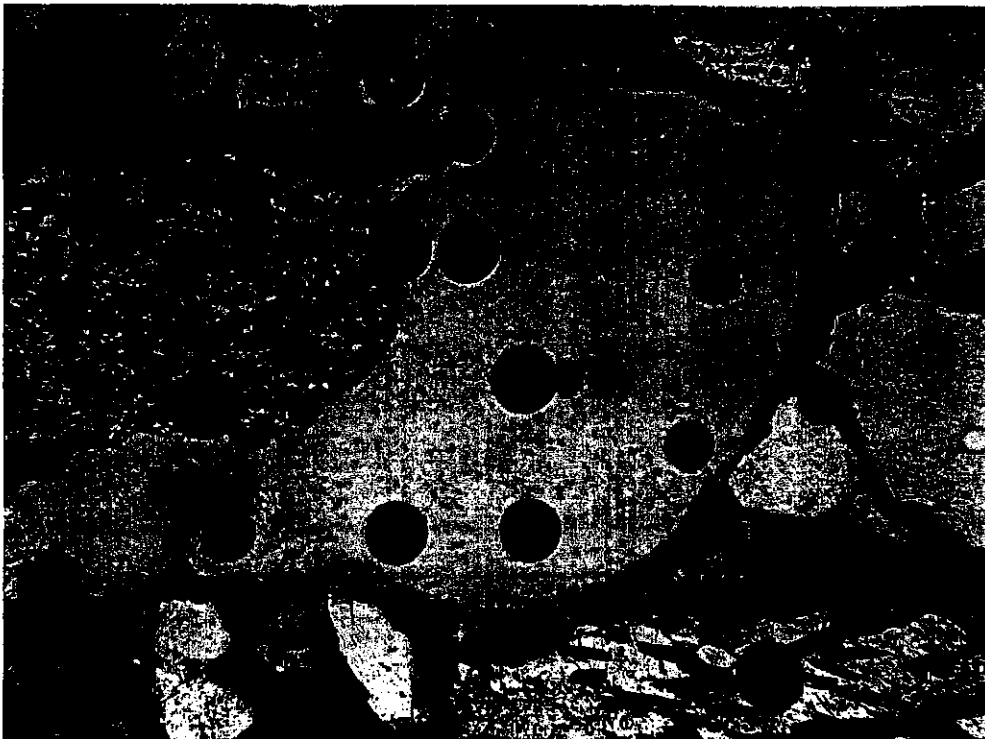
Ratakatu 12  
90100 OULU  
Puhelin 0207 864 12

Sipolantie 3  
96100 ROVANIEMI  
Puhelin 0207 864 12

Y-tunnus 0875416-5  
[www.wspgroup.fi](http://www.wspgroup.fi)



**Kuva 3 (näyte JP/PP16).** Mikrohalkeama myötäilee suurten runkoainekappaleiden rajapintoja. Kuvan pidemmän sivun pituus on 1,6 mm.



**Kuva 4 (näyte JP/SW7).** Runkoainetartunnat ovat yksittäisesti osin auki erityisesti suurikokoisten huokostilojen yhteydessä. Kuvan pidemmän sivun pituus on 1,6 mm.



8936/08

TUTKIMUSRAPORTTI

1 (1)

WSP Finland Oy  
Tutkimus  
Heikkiläntie 7 D  
00210 HELSINKI  
Puh. 0207 864 11  
Fax 0207 864 800

12.02.2008

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennuslaboratorion mittauspalvelu  
Jarno Oravasaari  
Teiskontie 33  
33520 TAMPERE

## PCB- JA LYIJYMÄÄRITYS

**Kohde** As Oy Juvanpetäjä, Hikivuorenkatu 6, Tampere.

**Menetelmät** Saumaussmassasta (2 kpl) määritettiin PCB-pitoisuus Enzyme linked Immunosorbent Assay -menetelmällä (EIA). Lyijypitoisuus määritettiin XRF-tekniikalla.

## Tulokset


Näyte nro	Materiaali/näytteenottoaika	PCB-pitoisuus [mg/kg]	Lyijy-pitoisuus [mg/kg]
JP/SN 1	saumamassa	alle 50	1130, 721, 771/ 874
JP/SN 2	saumamassa	alle 50	<b>27 600</b>

## Toimenpiteet

Näytteen JP/SN1 PCB- tai lyijypitoisuus ei ylitä ympäristöviranomaisten määrittelemiä raja-arvoja (PCB 50 mg/kg, lyijy 1500 mg/kg). Purku voidaan suorittaa rutiinimenetelmin ja jäte hävittää normaalin rakennusjätteen tavoin. Näytteen JP/SN2 lyijypitoisuus ylittää ympäristöviranomaisten määrittelemän raja-arvon (PCB 50 mg/kg, lyijy 1500 mg/kg). Purku suoritetaan työterveysviranomaisten/ paikallisen ympäristökeskuksen antamien ohjeiden mukaisesti. Purkujäte (massat, pohjanauha, hiontapöly) on käsiteltävä ja hävitettävä ongelmajätteenä.

WSP FINLAND OY  
Tutkimus

  
Jussi Myllykangas  
tutkija, FM

  
Vesa Kontio  
tutkija, fil.yo

## Jakelu

1 kpl tilaaja  
1 kpl As Oy Juvanpetäjä c/o Kaukajärvi osuuskunta/ Riku Pönkänen  
1 kpl WSP Finland Oy, Tutkimus / arkisto

WSP Finland Oy  
Tutkimus

Heikkiläntie 7 D  
00210 HELSINKI  
Puhelin 0207 864 11

Ratakatu 12  
90100 OULU  
Puhelin 0207 864 12

Sipolantie 3  
96100 ROVANIEMI  
Puhelin 0207 864 12

Y-tunnus 0875416-5  
www.wspgroup.fi

WSP Finland Oy  
Tutkimus  
Ratakatu 12  
90100 OULU  
Puhelin 0207 864 12  
Fax 0207 864 800

24.01.2008

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennuslaboratorion mittauspalvelu  
Jarno Oravasaari  
Teiskontie 33  
33520 TAMPERE

## ASBESTIANALYYSI


**Kohde** As Oy Juvanpetäjä, Hikivuorenkatu 6, Tampere.

**Analyysimenetelmät** Analyysit on tehty valomikroskoopilla (merkintä VM) ja pyyhkäisy-elektronimikroskoopilla (merkintä EM).

**Tulokset**

JP/SW 7. Ulkopinta	(EM) Ei sisällä asbestia.
JP/SW 2. Ulkopinta	(EM) Ei sisällä asbestia.
JP/PK 11. Ulkopinta	(EM) Ei sisällä asbestia.

WSP FINLAND OY  
Tutkimus



Tomi Tolppi  
laboratoriopäällikkö, FM



Jussi Myllykangas  
tutkija, FM

**Jakelu**

- 1 kpl tilaaja
- 1 kpl As Oy Juvanpetäjä c/o Kaukajärvi osuuskunta/Riku Pönkänen
- 1 kpl WSP Finland Oy, Tutkimus/ arkisto

Poranäytteiden tutkimustulokset

LIITE 4 / 1(5)

Tunnus	Kerros	Ilman-suunta	Rakenne	Tutkimus	Eriste-paksuus mm	Pituus	Halkaisija	Vetolujuus Mpa	Muuta
JP/SW-1	3	kaakko	sandwich	karb.+ veto	72	75	50	3,1	Murtui 8 mm teräksen kohdalta
JP/SW-2	4	kaakko	sandwich	karb.+ ohuthie	68	66	50	-	Ei pakkasrapaamaa, kunto hyvä
JP/SW-3	3	kaakko	sandwich	karb. + veto	57	90	50	3	
JP/SW-4	3	kaakko	sandwich	karb. + veto	82	65	50	1,5	Murtui 4 mm terästä pitkin. Näkyvissä myös 8 mm terästä ja 4mm verkkoa.
JP/SW-5	2	luode	sandwich	karb. + veto	66	62	50	2,7	Lieriö hajennut kahteen osaan teräksen kohdalta porattaessa -> liimattu yhdeksi ja vedetty. Murtui 17 ja 16 mm kiven kohdalta
JP/SW-6	4	luode	sandwich	karb. + veto	80	59	50	2,8	Murtui vetokappaleen ja lieriön välisestä liimauksesta.
JP/SW-7	4	lounas	sandwich	karb. + ohuthie	78	61	50	-	Ei pakkasrapaamaa, kunto hyvä
JP/SW-8	2	lounas	sandwich	karb. + veto	72	74	50	1,2/1,9	Vedettiin kaksi kertaa, 1.kerralla murtui vetokappaleen ja lieriön välisestä liimauksesta.
JP/SW-9	3	koillinen	sandwich	karb. +veto	69	84	50	3	Murtui 6 mm teräksen ja 21 mm kiven kohdalta.
JP/PK-10	3	luode	p-kaide	karb. + veto	-	83	50	2,9	
JP/PK-11	4	luode	p-kaide	karb. + ohuthie	-	83	50	-	Ei pakkasrapaamaa, kunto hyvä
JP/PL-12	3	kaakko	tp-laatta	karb. + veto	-	129	50	1,2/1,5	1. kerralla murtui 4 mm teräksen ja 21 mm kiven kohdalta -> liimattu uudestaan -> murtui 4 mm teräksen ja 32 mm kiven kohdalta
JP/PL-13	4	luode	p-laatta	karb. + veto	-	145	50	1,0/0,7	Poratessa lieriö halkesi 3 osaan -> liimattu yhdeksi, pituus n. arvo. 1.kerralla murtui liimauksen kohdalta ->liimattiin uudestaan -> murtui 15 mm teräksen ja 29 mm kiven kohdalta
JP/PL-14	3	luode	p-laatta	karb. + ohuthie	-	137	50	-	Ei pakkasrapaamaa, kunto hyvä
JP/PP-15	3	luode	p-pieli	karb. + veto	-	151	50	1,8	Murtui 30 mm kiven kohdalta
JP/PP-16	3	luode	p-pieli	karb. + ohuthie	-	155	50	-	Ei pakkasrapaamaa, kunto tyydyttävä 0-29 mm ja hyvä 30-28 mm.



## Poranäytteiden karbonatisoituminen

LIITE 4 / 2(5)

Tunnus	Betoniteräket			Karbonatisoitumissyvyys						Karbonatisoitumis-		Karbonatisoitumissyvyys keski-			Karbonatisoitumissyvyys keski-		
	Halkaisia	Suojapeite		ulkop./yläp.			sisäp./alap.			kerroin k (keskimäärin)		määrin x-vuoden kuluttua up/yp			määrin x-vuoden kuluttua sp/ap		
		up/yp	sp/ap	min.	max.	keskim.	min.	max.	keskim.	up/yp	sp/ap	10 vuotta	30 vuotta	50 vuotta	10 vuotta	30 vuotta	50 vuotta
JP/SW-1	4 ja 8	28 ja 50		6	16	10	3	30	5	1,7	0,8	11	14	16	6	7	8
JP/SW-2				8	28	20	9	16	12	3,4	2,0	23	27	31	14	16	19
JP/SW-3	4	38		15	21	17	3	10	6	2,9	1,0	19	23	26	7	8	9
JP/SW-4	9,4,4,4 ja 4	32,24,18,21,28		3	10	5	0	10	3	0,8	0,5	6	7	8	3	4	5
JP/SW-5	4 ja 12	24 ja 36		4	22	10	0	0	0	1,7	0,0	11	14	16	0	0	0
JP/SW-6				9	16	11	0	10	4	1,9	0,7	12	15	17	5	5	6
JP/SW-7	4 ja 4	28 ja 27		10	20	15	0	2	1	2,5	0,2	17	20	23	1	1	2
JP/SW-8	6	47		19	28	20	0	0	0	3,4	0,0	23	27	31	0	0	0
JP/SW-9	4,4 ja 4	46,52 ja 54		9	18	13	0	3	1	2,2	0,2	15	18	20	1	1	2
JP/PK-10	4 ja 4		12 ja 21	6	10	7	11	22	16	1,2	2,7	8	10	11	18	22	25
JP/PK-11				13	22	16	10	17	14	2,7	2,4	18	22	25	16	19	22
JP/PL-12	6		22	0	2	1	15	24	17	0,2	2,9	1	1	2	19	23	26
JP/PL-13	15, 5 ja 5	21,59 ja 80		1	4	2	8	28	12	0,3	2,0	2	3	3	14	16	19
JP/PL-14				2	12	3	10	22	18	0,5	3,0	3	4	5	20	25	28
JP/PP-15				3	12	4	6	14	10	0,7	1,7	5	5	6	11	14	16
JP/PP-16				8	18	15	6	20	14	2,5	2,4	17	20	23	16	19	22

**Kloriditutkimustulokset**

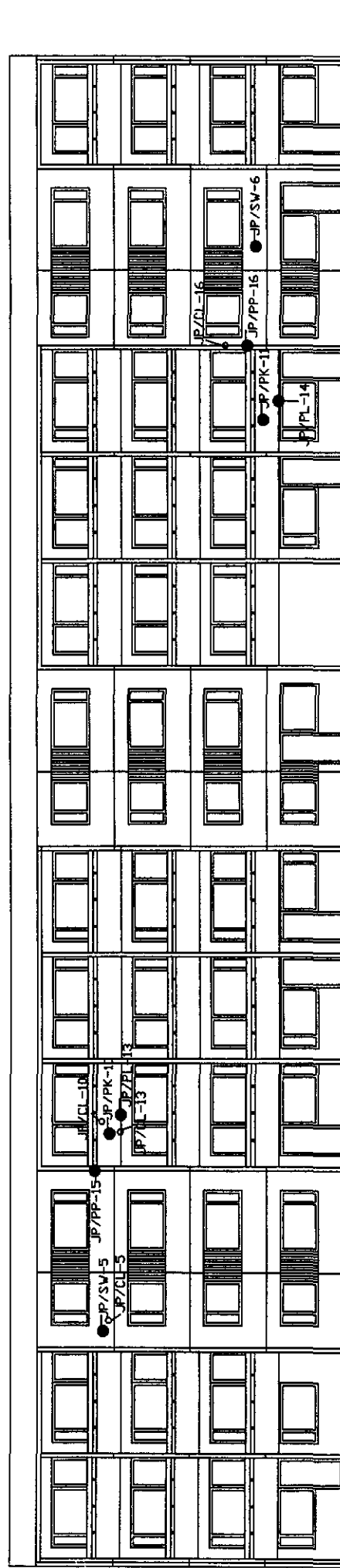
Tunnus	Mitt.lukema mg/l	Kloridit paino%	Muuta
JP/CL-5	9,98	0	
JP/CL-7	9,59	0,02	
JP/CL-10	10	0	
JP/CL-15	9,92	0	
JP/CL-12	9,98	0	
JP/CL-13	9,46	0,02	

## Teräkset karbonisoituneella alueella

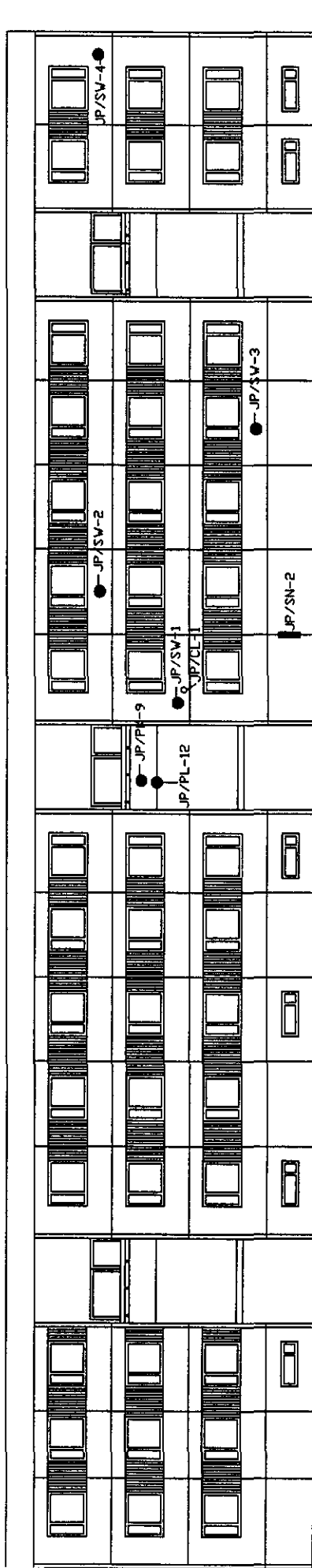
Betonipeitteet, mitattuja teräksi (%) karbonisoituneella alueella x-vuoden kuluttua						
% -määrä suuntaa antava (pahemman suunnan mukaan)						
<b>Sandwich-elementit pitkäsivu</b>					Nyt	8
Vuodet	Nyt	10	30	50	10	10
Teräs%	8	10	15	20	30	15
					50	20
<b>Sandwich-elementit pääty</b>					Nyt	8
Vuodet	Nyt	10	30	50	10	10
Teräs%	8	10	20	27	30	20
					50	27
<b>Parvekelaatat</b>					Nyt	21
Vuodet	Nyt	10	30	50	10	59
Teräs%	21	59	66	95	30	66
					50	95
<b>Parvekekaiteet</b>					Nyt	13
Vuodet	Nyt	10	30	50	10	17
Teräs%	13	17	35	45	30	35
					50	45
<b>Parvekepielet</b>					Nyt	8
Vuodet	Nyt	10	30	50	10	16
Teräs%	8	16	24	36	30	24
					50	36
<b>Tuuletusparvekelaatat</b>					Nyt	59
Vuodet	Nyt	10	30	50	10	80
Teräs%	59	80	90	96	30	90
					50	96

## Betonipeitteet

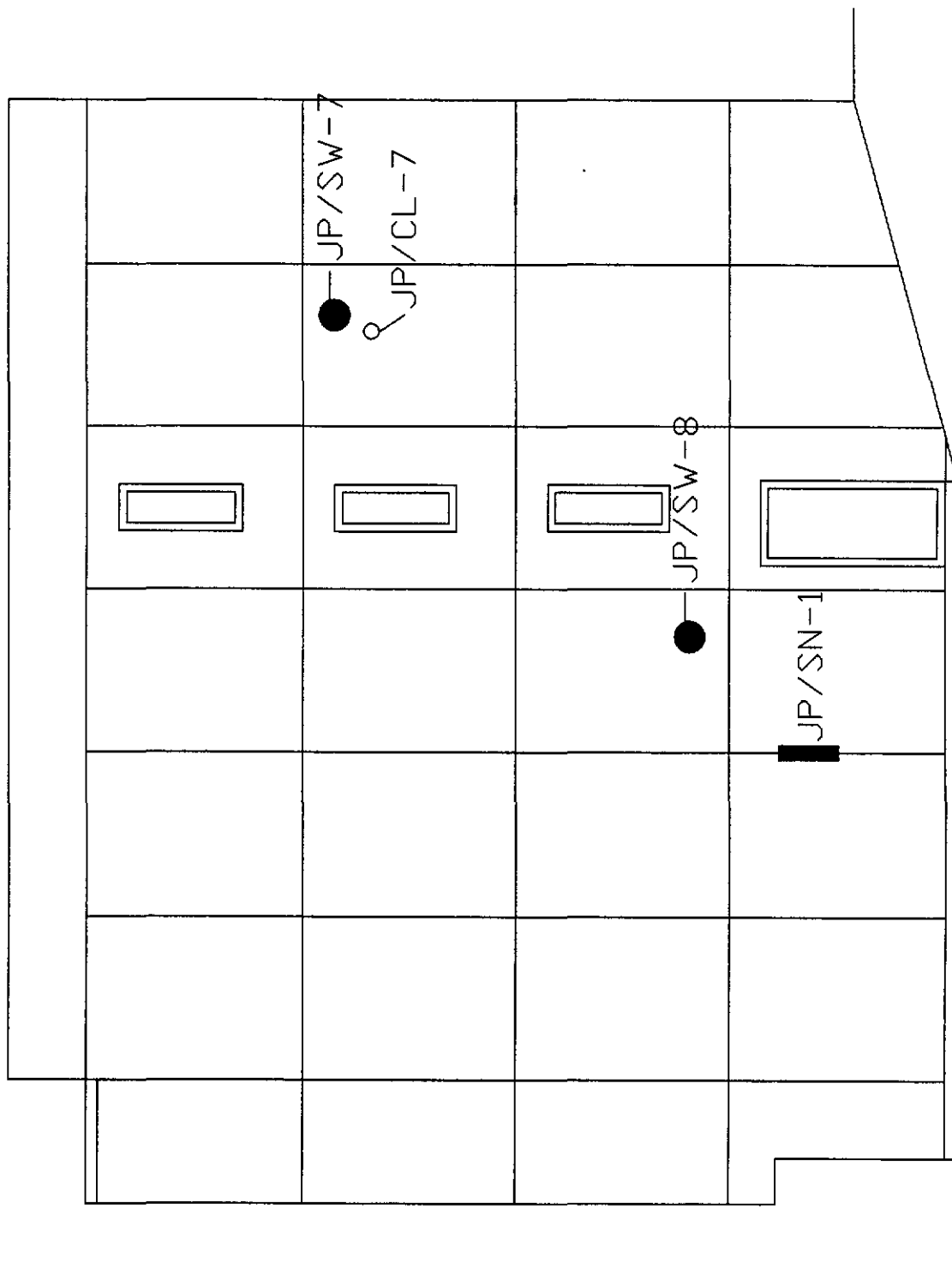
Betonipeitemittaukset								
Rak.osa	0...5	6...10	11...15	16...20	21...25	26...30	31...35	yli 35
<b>PIELITERÄKSET</b> 8mm								
<b>Parvekepieli</b>	0	8	11	37	99	70	3	2
yhteensä	0	8	11	37	99	70	3	2
Osuus%	0 %	3 %	5 %	16 %	43 %	30 %	1 %	1 %
<b>VERKKO</b> 4mm								
<b>Sandwich pääty</b>	0	0	3	25	35	74	38	62
<b>PIELITERÄKSET</b> 8mm								
<b>Sandwich pääty</b>	0	0	2	4	44	66	41	35
yhteensä	0	0	5	29	79	140	79	97
Osuus%	0 %	0 %	1 %	7 %	18 %	33 %	18 %	23 %
<b>VERKKO</b> 4 mm								
<b>Huoneistoparvekelaatta</b>	0	3	50	92	66	26	4	4
yhteensä	0	3	50	92	66	26	4	4
Osuus%	0 %	1 %	20 %	38 %	27 %	11 %	2 %	2 %
<b>PIELITERÄKSET</b> 8 mm								
<b>Huoneistoparvekekaide</b>	0	4	6	11	24	35	35	7
<b>VERKKO</b> 4 mm								
<b>Huoneistoparvekekaide</b>	0	5	6	15	55	54	17	3
yhteensä	0	9	12	26	79	89	52	10
Osuus%	0 %	3 %	4 %	9 %	29 %	32 %	19 %	4 %
<b>VERKKO</b> 4 mm								
<b>Tuuletusparvekelaatta</b>	0	20	55	37	21	2	1	4
Osuus%	0 %	14 %	39 %	26 %	15 %	1 %	1 %	3 %
<b>VERKKO</b> 4 mm								
<b>Sandwich pitkät sivut</b>	0	0	0	7	56	109	30	23
<b>PIELITERÄKSET</b> 8 mm								
<b>Sandwich pitkät sivut</b>	0	0	0	2	2	25	13	106
yhteensä	0	0	0	9	58	134	43	129
Osuus%	0 %	0 %	0 %	2 %	16 %	36 %	12 %	35 %



Julkisivu luoteeseen



Julkisivu kaakkoon



Julkisivu lounaaseen


Julkisivu koilliseen





Pielen ja katteen välinen vuotovaurio



Toistuva pielen ja katteen vaurio



Korroosio vaurioita



Toistuva vaurio piellelementissä



Valumajalkia päädysssä



Irronnutta ja kupruillutta maalia.

