



**TEKNIikka JA LIIKENNE**

**Rakennusalan työnjohto**

**MESTARITYÖ**

**PARVEKELAATAN VAHVISTAMINEN**

**Työn tekijä: Petri Kuhlberg  
Työn ohjaajat:  
Hannu Hakkarainen  
Tapani Eisanen**

**Työ hyväksytty: \_\_\_\_. \_\_\_\_. 2010**

**Hannu Hakkarainen  
yliopettaja**



## **ALKULAUSE**

Tämä mestarityö tehtiin Raitayhtiöt Oy:lle, joka on osa Consti Yhtiötä. Haluan kiittää yhteistyöstä kaikkia projektissa mukana olleita.

Helsingissä 14.11.2010

Petri Kuhlberg

## TIIVISTELMÄ

<b>Työn tekijä:</b> Petri Kuhlberg	
<b>Työn nimi:</b> Parvekelaatan vahvistaminen	
<b>Päivämäärä:</b> 14.11.2010	<b>Sivumäärä:</b> 25 s. + 1 liite
<b>Koulutusohjelma:</b> Rakennusalan työjohto	
<b>Työn ohjaaja:</b> yliopettaja Hannu Hakkarainen <b>Työn ohjaaja:</b> rakennuspäällikkö Tapani Eisanen	
<p>Consti Yhtiöt on korjausrakentamiseen keskittynyt yritys. Consti uudistaa asunto-osakeyhtiötä, teollisuus-, hotelli- ja toimistokiinteistöjä sekä julkisen sektorin kohteita tekemällä korjausurakointia.</p> <p>Tämän työn tarkoitus on antaa yksi vaihtoehto, kuinka parvekelaatta voidaan vahvistaa, kun siitä poistetaan kaide, joka on osa kantavaa rakennetta. Korjausrakentamisessa ajaututaan joskus yllättäviin tilanteisiin kuten kyseessä olevassa kohteessa. Töiden jo olessa täydessä vauhdissa huomattiin, että purettava parvekkeen vanha kaide oli osa kantavaa rakennetta vastoin käytössä olleita vanhoja rakennesuunnitelmia. Tällaisessa tilanteessa tarvitaan nopeasti vaihtoehtoisia korjaustapoja.</p> <p>Työssä käydään läpi Gunillantie 6 korjaustavan vaiheet vanhan rakenteen purusta uuden rakenteen luomiseen. Nämä työvaiheet toistettiin kahdeksassa kerrostalossa, joissa oli yhteensä 248 parveketta. Työssä esitellään myös kuntotutkimuksen tuloksia ja kerrotaan vaihtoehtoisesta hiilikuituvahvistamisesta.</p>	
<b>Avainsanat:</b> parveke, laatta, vahvistaminen, reunapalkki, korjausrakentaminen	

## ABSTRACT

<b>Name:</b> Petri Kuhlberg	
<b>Title:</b> Strengthening balcony slab	
<b>Date:</b> 14.11.2010	<b>Number of pages:</b> 25
<b>Department:</b> Construction Supervision	
<b>Instructor:</b> Hannu Hakkarainen Principle Lecturer	
<b>Supervisor:</b> Tapani Eisanen, Construction manager	
<p>Consti Group is construction company specialized in renovations. Consti renews properties effectively and add value to your property assets. Consti brings value-adding change to housing companies, commercial office buildings, hotels, restaurants, industrial plants and public sector sites.</p> <p>This work is intended to provide one option of strengthening the balcony slab after the removal of a rail which forms part of the supporting structure. Renovation might be driven, sometimes in unexpected situations, such as in the present case. While the work was already in progress it was discovered that the old balcony railing was part of the supporting structure counter to existing in the old structure plans. In such circumstances, there is an urgent need for alternative ways to repair them.</p> <p>The thesis presents an example of destruction of the old structure to create a new structure. These phases were repeated in 8 blocks of flats with a total of 248 balconies. The thesis also describes the condition assessment results and describes an alternative strengthening with carbon fiber.</p>	
<b>Keywords:</b> balcony, slab, strengthening, edge beam, renovation	

# SISÄLLYS

## ALKULAUSE

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>KOHDE</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>TUTKIMUKSET</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Kenttätutkimukset</b>	<b>3</b>
3.1.1	<i>Visuaalisen tarkastelun havainnot</i>	3
3.1.2	<i>Raudituksen peitekerroksen mittaus</i>	4
3.1.3	<i>Näytteiden otto</i>	4
<b>3.2</b>	<b>Laboratoriotutkimukset</b>	<b>4</b>
3.2.1	<i>Betonin karbonatisoituminen</i>	5
3.2.2	<i>Betonin vetolujuus</i>	6
3.2.3	<i>Betonin kloridipitoisuus</i>	7
3.2.4	<i>Maalien asbestianalyysi</i>	7
3.2.5	<i>Ohuthietutkimukset</i>	7
<b>3.3</b>	<b>Tutkijan käsitys korjaustavasta</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>VAHVISTUSTAVAT</b>	<b>10</b>
4.1	<b>Hiilikuituvahvistaminen</b>	10
4.2	<b>Teräsbetonivahvistaminen</b>	13
<b>5</b>	<b>VANHAN RAKENTEEN PURKU</b>	<b>14</b>
5.1	<b>Työturvallisuus</b>	14
5.2	<b>Väliaikainen tuenta</b>	14
5.3	<b>Kaiteiden poisto</b>	15
5.4	<b>Parvekelaatan keulan poisto</b>	15
<b>6</b>	<b>VANHAN LAATAN VAHVISTUS</b>	<b>16</b>
6.1	<b>Rauditus ja ankkurointi</b>	16
6.2	<b>Muotitus</b>	17

<b>6.3</b>	<b>Betonointi</b>	<b>18</b>
6.3.1	<i>Betonin valinta</i>	18
6.3.2	<i>Betonointityö</i>	20
6.3.3	<i>Jälkihoito ja -tuenta</i>	22
<b>7</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>24</b>
	<b>VIITELUETTELO</b>	<b>25</b>

## 1 JOHDANTO

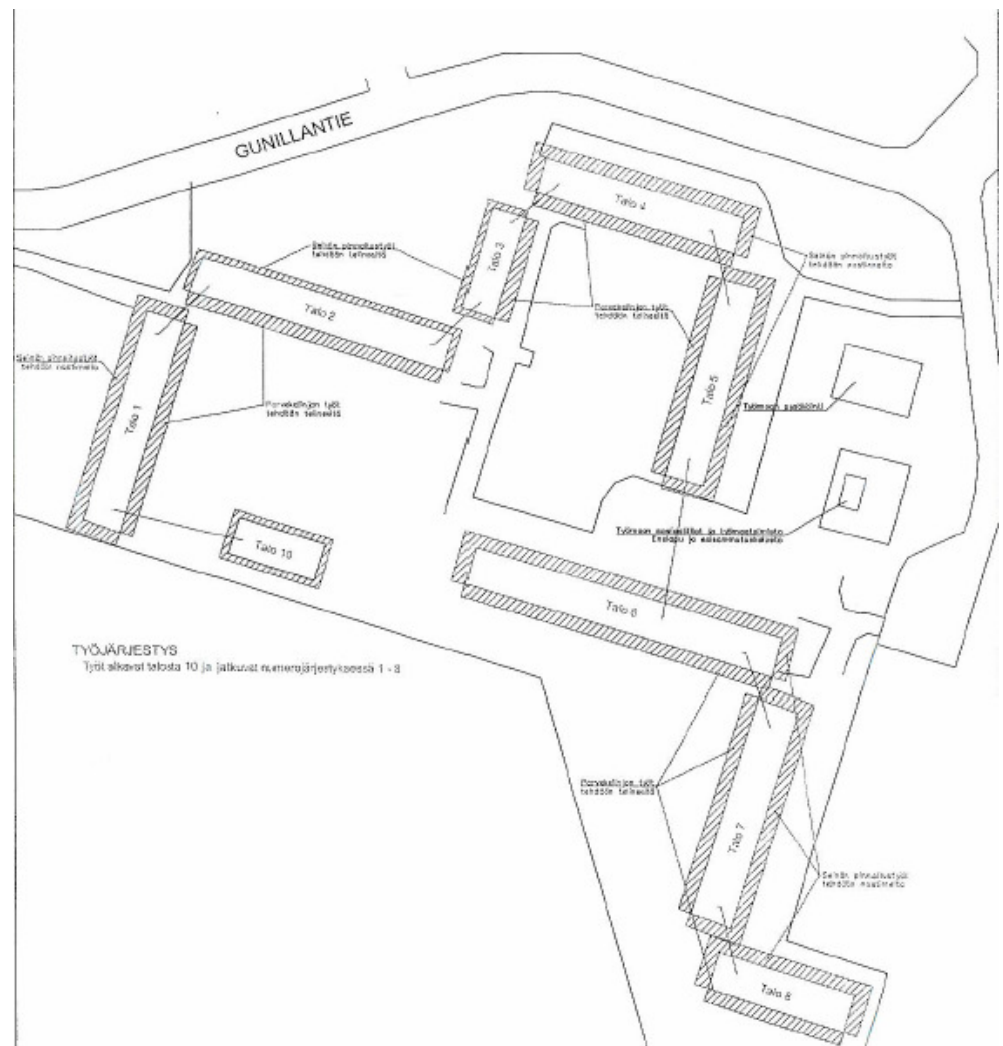
Tämä opinnäytetyö tehdään Raitayhtiöt Oy:n toimeksiannosta. Työ käsittelee parvekelaattojen vahvistuskorjauksia. Esimerkkikohteen avulla esitellään parvekelaatan korjaamista 1960-luvun lopussa rakennetuissa asuinkerrostaloissa. Työssä esitellään kohteen parvekkeiden kuntotutkimuksen tuloksia, vaihtoehtoiset korjaustavat parvekelaatan vahvistamisen osalta sekä valitun korjaustavan suoritus. Työssä ei käsitellä parvekkeen pinnoitustöitä eikä muita julkisivukorjauksia.

Vaihtelevat sääolosuhteet ja aika aiheuttavat teräsbetonirakenteille vauriota, kuten raudoituksen korroosiota ja karbonatisoitumista. Raudoitukselle ruostuminen on ominaista kosteassa ilmatilassa ja ruostuessaan teräs paisuu, mikä johtaa betonin halkeamiseen. Teräsbetonirakenteissa teräksen käyttökelpoisuus johtuu siitä, että betoni antaa raudoitukselle kemiallisen ja fysikaalisen suojan ruostumista vastaan. Betonin emäksisyys edesauttaa terästä muodostamaan oksidikalvon, joka estää korroosion etenemisen teräksessä.[1, s. 97–98.]

Tämä suoja kuitenkin katoaa, kun betoni ilman hiilidioksidin vaikutuksesta karbonatisoituu. Tästä syystä betonin emäksisyyden arvo laskee ja tällöin raudoituksen oksidikalvo voi tuhoutua.[1, s. 97–98.]

## 2 KOHDE

Kohteena on Raitayhtiöiden pääurakoima VMY Gunillantie 6 (kuva 1), joka sijaitsee Helsingin Laajasalossa. Työmaa koostuu yhdeksästä eri rakennuksesta, näistä kahdeksaan joudutaan vahvistamaan parvekelaatta. Parvekelinjoja on yhteensä 62, jotka kaikki ovat 4-kerroksisia. Näin ollen vahvistettavia laattoja on 248 kappaletta.



Kuva 1. Talojen sijainti

Talot on rakennettu vuosina 1969–70, ja niihin on tehty 1990-luvulla julkisivusaneeraus. Parvekkeiden betonirakenteet ovat alkuperäiset. Edellisen remontin yhteydessä parvekkeet on pinnoitettu uudelleen.



### 3 TUTKIMUKSET

Kohteessa VMY Gunillantie 6 suoritettiin kaksi laajamittaista kuntotutkimusta parvekerakenteiden osalta. Tutkimus koostui kenttä- ja laboratoriotutkimuksista.

Ensimmäisessä kuntotutkimuksessa tarkasteltiin talojen 2, 4 ja 5 parvekerakenteiden kuntoa. Toisessa kuntotutkimuksessa käytiin läpi talot 1, 3, 6, 7, 8 ja 10.

#### 3.1 Kenttätutkimukset

Kenttätutkimus koostui seuraavista toimenpiteistä:

- visuaalinen havainnointi
- raudoitusten peitekerrostenmittaukset
- porausnäytteiden otto
- valokuvaus.

##### 3.1.1 Visuaalisen tarkastelun havainnot

Parvekerakenteissa havaittiin monta erilaista vauriota. Osa vauriosta oli luonnollista ajan tuomaa, mutta myös rakennusvirheistä johtuvia virheitä havaittiin.[2, s. 3–6.]

Osassa parvekkeista oli silmin havaittavissa, että betonin karbonatisoituminen on edennyt teräksiin asti aiheuttaen teräksen korroosiota. Tämä ilmeni kopoalueina, halkeiluna ja lohkeilun kautta näkyviin tulleista teräksistä.[2, s. 3–6.]

Pakkasvauriota näkyi parvekerakenteiden joka osa-alueella – niin pieliseinissä, laatoissa kuin kaiteissakin [2, s. 3–6].

Parvekelaattojen yläpinnoista oli monin kohdin pinnoite irti. Osassa rakennusvirheen takia, sillä pinnoite oli asennettu sileälle karhentamattomalle betonipinnalle. Parvekelaatoissa oli myös

kaatovaluvirheitä sekä puutteellisia vedenpoistoja. Muutamassa parvekkeessa oli vesi löytänyt tiensä lattiapinnoitteen ja betonilaatan väliin.[2, s. 3–6.]

### 3.1.2 Raudoituksen peitekerroksen mittaus

Molemmassa tutkimuksessa mittauksessa käytettiin terästen etäisyysmittaria Proceq profometer 5. Mittauksessa käytiin läpi vain pieliseinät ja laatat. Parvekekaiteita ei mitattu syystä, että kaiteen ulkopinnassa on rappausverkko.[2, s. 6–7.]

Talojen 2, 4, ja 5 tutkimuksessa mittaustuloksia saatiin 127 kappaletta: Parvekelaattojen alapinnasta 56 kappaletta ja pieliseinien ulkopinnasta 71 kappaletta. Laatoissa kerrospaksuuden minimi oli 24 mm ja maksimi 68 mm, kun taas pielissä 19 mm ja 58 mm.[2, s. 6–7.]

Taloissa 1, 3, 6, 7, 8 ja 10 saatiin tuloksia yhteensä 658 kappaletta. Tässä tutkimuksessa mitattiin myös kaksiosaisen kaiteen molemmat sisäpinnat. Laattojen alapinnoista saatiin 72 mittaustulosta, minimi 15 mm ja maksimi 61 mm. Pieliseinistä mitattiin 47 tulosta, joissa minimi 19 mm ja maksimi 63 mm. Pienimmät arvot mitattiin parvekkeiden kaiteista (alakaiteesta mittaustuloksia 356 kpl ja yläkaiteesta 183 kpl), joissa kerrospaksuuden minimiksi saatiin vain 7 mm ja maksimiksi 54 mm.[2, s. 6–7.]

### 3.1.3 Näytteiden otto

Näytteen otto ja valokuvaus suoritettiin samanaikaisesti. Näytteet porattiin timanttikoralla 50 mm:n poralieriönä. Näytteitä porattiin yhteensä 38 kappaletta ensimmäisen ja 62 kappaletta toisen tutkimuksen yhteydessä. Nämä näytteet porattiin laboratoriotutkimuksia varten.[2, s. 8.]

## 3.2 Laboratoriotutkimukset

Laboratoriotutkimus koostui seuraavista toimenpiteistä:

- betonin karbonatisoituminen
- betonin vetolujuus

- betonin kloridipitoisuus
- maalien asbestianalyysi
- ohuthietutkimukset.

### 3.2.1 Betonin karbonatisoituminen

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n laboratoriossa mitattiin kaikista näyteotoksista karbonatisoitumissyvyys sivelemällä fenoliftaleiiniä liuosta näytteiden kylkeen.[2, s. 9–11.]

Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty karbonatisoitumissyvyudet millimetreissä [2, s. 9–11].

*Taulukko 1. Betonin karbonatisoitumissyvyudet ulko-/alapinta [2].*

<b>Näyte nro</b>	<b>Minimi</b>	<b>Keskiarvo</b>	<b>Maksimi</b>
1PS	9	13	16
6L	15	19	23
4K	27	30	33
8L	17	21	24
9PS	5	9	13
11K	28	31	37
13PS	6	8	13
15K	27	30	33
17L	13	15	20
19PS	12	15	25

(PS = pieliseinä, K = kaide ja L = laatta)

Taulukko 2. Betonin karbonatisoitumissyvyydet sisä-/yläpinta [2].

Näyte nro	Minimi	Keskiarvo	Maksimi
1PS	17	20	22
6L	5	8	13
4K	7	12	14
8L	7	9	10
9PS	27	28	31
11K	11	13	15
13PS	23	25	28
15K	11	15	17
17L	8	10	15
19PS	16	20	28

(PS = pieliseinä, K = kaide ja L = laatta)

### 3.2.2 Betonin vetolujuus

Betonin vetolujuudella mitataan, millä asteella betonin rapautuminen on. Vetolujuuden ollessa liki nollaa on rapautuminen edennyt pitkälle ja vetolujuuden ollessa 0,5 - 1,0 MN/m<sup>2</sup> näytteessä on jonkin asteen rapautumaa. Kun vetolujuus on yli 1,5 MN/m<sup>2</sup>, näytteessä ei todennäköisesti ole rapautumaa.[2, s. 11–13.]

Ensimmäisessä tutkimuksessa mitattiin yhteensä kuudestatoista poralieriönäytteestä vetolujuus. Tutkimuksen tulokset olivat seuraavat:

- parvekelaatat 0,1...2,4 MN/m<sup>2</sup>
- parvekekaiteet 1,4...2,1 MN/m<sup>2</sup>
- pieliseinät 1,4...2,0 MN/m<sup>2</sup>.

Toisen tutkimuksen (25 kpl vetoja) vetolujuudet:

- parvekelaatat 0,6...2,8 MN/m<sup>2</sup>
- parvekekaiteet 0,6...2,6 MN/m<sup>2</sup>
- pieliseinät 0,7...1,8 MN/m<sup>2</sup>. [2, s. 11–13.]

### 3.2.3 *Betonin kloridipitoisuus*

Betonin kloridipitoisuus tutkittiin yhteensä neljästä laattanäytteestä, viidestä pieliseinänäytteestä ja kahdesta kaidenäytteestä. Kloridipitoisuuksien määrittämiseen käytettiin Sherwood MK II Chloride Analyser 926 –mittalaitetta. [2, s. 13–14.]

Tällä laitteella suoritettavaa betonin kloridipitoisuuden määrittämistä pidetään vesiliukoisten kloridien määrittämistapana, sillä tutkittavaa betonijauhetta ei liuoteta happoliuokseen, vaan vesiliuokseen. Tällä tavalla saadaan selville vain vapaiden kloridien määrä eli korroosiota aiheuttavien kloridien määrä. [2, s. 13–14.]

Kun mitataan vesiliukoisia klorideja, on kloridipitoisuuden maksimiarvo raudoitettussa rakenteessa 0,05 p- % betonin painosta, kaikista näytteistä saatiin arvoksi 0,01 p- % betonin painosta. Tällä perusteella betonin kloridipitoisuuden aiheuttama kloridikorroosioriski on merkityksetön [2, s. 13–14].

### 3.2.4 *Maalien asbestianalyysi*

Asbestianalyysi tehtiin kuudesta eri näytteestä. Viisi otettiin parvekepielistä ja yksi parvekelaatan pinnasta. Tutkitut maalinäytteet eivät sisältäneet asbestia [2, s. 14].

### 3.2.5 *Ohuthietutkimukset*

Ohuthietutkimuksissa todettiin parvekerakenteista mm. seuraavaa: Parvekelaatoista tehtiin yhteensä 16 ohuthietutkimusta. Parvekelaattojen yläpinnassa oli epoksimainen pinnoite ja sen alapuolella kantava betoni. Pinnoite oli neljässä tapauksessa yksikerroksinen, neljässä tapauksessa

kaksikerroksinen ja kahdeksassa tapauksessa kolmekerroksinen. Muutamassa tapauksessa oli pinnoite levitetty liian kostealle alustalle. Kuudessa näytteessä huomattiin, että pinnoitteen ja betonin väliin oli jätetty vanha maalikerros.[2, s. 14–36.]

Kuuden parvekelaatan betonia ei nykyvaatimusten mukaan voida luokitella pakkasenkestäväksi kosteusrasituksessa. Neljässä laatassa oli havaittavissa kuivumiskutistumisesta tai alkavasta pakkasrapautumisesta johtuvaa mikrohalkeilua, ja yksi näyte joka oli koko ohuthieen kattamalta alueelta täysin pakkasrapautunut. Yhdessä tapauksessa havaittiin jonkin verran ja kahdessa havaittiin betonissa varsin paljon masuunikuonaa. Suuri sideaineen masuunikuonapitoisuus lisää betonin karbonatisoitumista.[2, s. 14–36.]

Parvekekaiteista oli neljä kaidetta sellaisia, joissa oli kaksikerrosrappaus ja kaksitoista kaidetta, joissa oli kolmikerrosrappaus betonin päällä. Näistä kaiderrappauksista yhdellä oli pakkasenkestävyys, neljällätoista jonkin asteen kestävyys ja yhdellä ei minkään asteen pakkasenkestävyyttä kosteusrasituksessa.[2, s. 14–36.]

Tarkasteltaessa ainoastaan rappauksen alla olevaa betonia havaittiin kaksi kaidetta, jotka täyttäisivät nykypäivän vaatimukset pakkasenkestävyydeltään kosteusrasituksissa. Kymmenessä kaiteessa oli jonkin asteen pakkasenkestävyys ja viidessä ei minkään asteen pakkasenkestävyyttä kosteusrasituksessa.[2, s. 14–36.]

Parvekepieliseinien ulkopinnoissa oli viidessä maalipinnoite ja kahdeksassa pigmentoitu ruiskurappaus. Ruiskurappauksilla voidaan arvioida olevan jonkinasteista pakkasenkestävyyttä kosteusrasituksessa.[2, s. 14–36.]

Kuuden pieliseinän betoninäytteen kohdalla havaittiin, ettei niissä ole lisähuokosia, joten voitiin päätellä, että näitä ei voida luokitella pakkasenkestäväksi. Kuudelle pielelle luokiteltiin jonkin asteen pakkasenkestävyys ja yhdelle pielelle 48 mm syvyyteen asti kestävyys. Tätä syvemmällä suojahuokosten määrä oli suhteellisen harvassa, joten betonia ei siellä voida luokitella täysin pakkasenkestäväksi.[2, s. 14–36.]

### 3.3 Tutkijan käsitys korjaustavasta

Parvekekaiteiden korjaus tulisi tehdä poistamalla parvekkeiden sekä varsinaiset kaiteet että yläkaiteet, koska varsinaisten kaiteiden sisäpinnan betoni on syvälle karbonatisoitunut ja koska rauditus on lähellä kaiteen sisäpintaa. Kaiteiden betonin vetolujuustestauksissa saatiin myös huonoja arvoja, joiden mukaan kaiteiden vetolujuus ei ole riittävä korjausbetonin alustaksi.[2, s. 42–43.]

Parvekkeiden pielet ja laatat hiekkapuhalletaan sekä vauriotuneet betonit poistetaan ennen uudelleen pinnoitusta. On aiheellista korostaa vielä sitä, että parvekkeiden pieliseinien ja laattojen laasteihin sekä pinnoitteisiin sekä parvekelaattojen mahdollisissa betonivaluissa käytettävän betonin sementtilaatuun on syytä kiinnittää erityistä huomiota.[2, s. 42–43.]

## 4 VAHVISTUSTAVAT

Parvekelaatankeulan vahvistustapaa harkittiin kahden eri tavan välillä, jotka olivat vahvistaminen hiilikuidulla tai teräbetonipalkilla.

### 4.1 Hiilikuituvahvistaminen

Hiilikuituvahvistaminen olisi tapahtunut Sika Carbodurilla, joka on hiilikuitunauhaan perustuva rakenteiden vahvistus menetelmä. Carbodurnauhat ovat hiilikuidusta tehtyä laminaattia, jota käytetään betoni-, puu-, teräs- ja kivirakenteiden vahvistamiseen.

Tätä vahvistustapaa voidaan käyttää lähes joka paikkaan, kuten esim.

#### ❖ *kuormien kasvaessa*

- hyötykuorman kasvaessa laatoissa ja palkeissa
- siltarakenteissa kasvavat liikennekuormat
- teollisuusrakennuksissa uusien koneiden asennuksen yhteydessä
- tärinälle alttiissa kohteissa rakenteen vakauttamiseksi
- rakennuksen muuttuneen käyttötarkoituksen takia

#### ❖ *rakenteiden vahventamiseen*

- ikääntymisen seurauksena
- betoniterästen korroosion seurauksena
- ajoneuvon törmäyksen vuoksi
- tulipalon aiheuttamat vauriot
- maanjäristykset

#### ❖ *rakenteen parantamiseksi*

- painuman pienentämiseksi
- vetoterästen jännitysten vähentämiseksi
- halkeamien vähentämiseksi
- rakenteen väsyminen



- ❖ *kantavien rakenteiden muuttamisen takia*
  - kantavia seiniä tai pilareita poistetaan
  - kantaviin laattoihin tehdään aukkoja
  
- ❖ *olosuhteiden muuttuessa*
  - maanjäristys
  - suunnitelmien muuttuminen
  
- ❖ *rakenteen suunnittelu- tai rakennusvirheiden takia*
  - riittämätön / puutteellinen rauditus
  - riittämätön / puutteellinen rakenteen mitoitus.[3]

Kuva 2 on Magdeburgista, Saksasta, jossa koko kerrostalon parvekkeet vahvistettiin liimaamalla kolme kappaletta 50 mm leveitä ja 1,2 mm paksuja hiilikuitulaminaatteja laatan alapohjaan [3].



*Kuva 2. Hiilikuituvahvistaminen*

Carbodur-nauhat liimataan Sikadur -30 tai -30LP -epoksiliimalla riippuen työstölämpötilasta ilman erillistä raudoitusta. Tuotteen ominaisuuksista ja eduista voidaan mainita, että se on

- ruostumaton,
- erittäin korkeat mitoitusluvut omaava,
- kevyt,
- ohut (voidaan pinnoittaa päälle)[3].

Hiilikuituvahvistamisessa on tärkeää muistaa myös olosuhdevaatimukset. Työalueen ja rakenteen lämpötila tulee olla vähintään 10 °C ja suhteellisen ilmankosteuden alle 75 %. Vahvistustyön ja liimankovettumisen aikana rakenteisiin ei saa kohdistua ylimääräisiä kuormia eikä tärinöitä. Liimaustyön aikana on vältettävä pölyäviä ja veden kanssa tehtäviä töitä samoissa tiloissa. Alustan vaatimuksia ovat vähintään 1,5 Mpa:n vetotartuntalujuus sekä suoruuden oltava alle 3 mm kahdelle metrille.

Carboduria on saatavilla kolmea eri tyyppiä, jotka luokitellaan Kimmo-kertoimiensa perusteella tyyppeihin S, M ja H. Alla olevassa taulukossa 3 on esitetty näiden kolmen eri tyyppien erot.

Taulukko 3. Carbodurien erot [3]

		Sika CarboDur S	Sika CarboDur M	Sika CarboDur H
Kimmokerroin E*	Keskiarvo	165'000 N/mm <sup>2</sup>	210'000 N/mm <sup>2</sup>	300'000 N/mm <sup>2</sup>
	Vähimmäisarvo	> 160'000 N/mm <sup>2</sup>	> 200'000 N/mm <sup>2</sup>	> 290'000 N/mm <sup>2</sup>
	5% fraktiiliarvo	162'000 N/mm <sup>2</sup>	210'000 N/mm <sup>2</sup>	-
	95% fraktiiliarvo	180'000 N/mm <sup>2</sup>	230'000 N/mm <sup>2</sup>	-
Vetolujuus*	Keskiarvo	3'100 N/mm <sup>2</sup>	3'200 N/mm <sup>2</sup>	1'500 N/mm <sup>2</sup>
	Vähimmäisarvo	> 2'800 N/mm <sup>2</sup>	> 2'900 N/mm <sup>2</sup>	> 1'350 N/mm <sup>2</sup>
	5% fraktiiliarvo	3'000 N/mm <sup>2</sup>	3'000 N/mm <sup>2</sup>	-
	95% fraktiiliarvo	3'600 N/mm <sup>2</sup>	3'900 N/mm <sup>2</sup>	-
Murtovenymä* (vähimmäisarvo)		> 1.70%	> 1.35%	> 0.45%
Muodonmuutos**		<0.85%	<0.65%	<0.25%

\* Lujuus mitattu kuitujen pituussuunnassa

\*\* Näitä arvoja tulisi käyttää suunniteltaessa maksimi muodonmuutoksia CFRP-nauhoilla ja pitää ottaa huomioon paikalliset määräykset ja asetukset. Rakenteesta ja kuormien määrästä riippuen voi olla että suunnittelija joutuu pienentämään arvoja määräyksistä ja asetuksista johtuen.

## 4.2 Teräsbetonivahvistaminen

Tämän vahvistustavan ideana oli tehdä parvekelaatalle uusi enemmän kuormaa kestävä ”keulapalkki”. Tässä tavassa työ muodostui käytännössä vanhanrakenteen purusta, raudoituksen lisäämisestä ja uudenrakenteen valamisesta.

Teräsbetonivahvistamisen etuja on, että se on niin sanotusti tuttua työtä ja tästä syystä sille löytyy tekijöitä, kun taas hiilikuituvahvistamisessa asennuksen saa tehdä ainoastaan pätevä ja koulutettu ammattitaitoinen maahantuojan valtuuttama henkilö. Hiilikuituvahvisteiden asentamiseen koulutettuja henkilöitä on kuitenkin vähän, mikä nostaa työn hintaa.

Tilaaajan valittua kyseessä olevan vahvistustavan esitellään seuraavaksi teräsbetonivahvistaminen vaihe vaiheelta.

## 5 VANHAN RAKENTEEEN PURKU

Kun vahvistustapa on valittu, alkaa vanhan rakenteen purun suunnittelu ja toteutus.

### 5.1 Työturvallisuus

Työturvallisuudessa on tärkeää huomioida suuri putoamisriski. Tämän riskin johdosta jokaisen parvekelaatan alapohjaan asennettiin sisäkierteellä varustettu lyöntiankkuri, johon pystyttiin ruuvaamaan valjaiden kiinnityspiste.

Myös jokaisen kaiteen alaslaskussa on suuri allejäämisen riski, joten putoamisalueet on rajattava ja niille on pääsy estettävä. Nostoraksien kunto on syytä tarkistaa, ennen kuin niitä käytetään.

Kuten usein korjausrakentamisen saralla, niin myös ko. kohteessa oli huomioitava taloissa asuvat ihmiset. Parvekkeiden sijaitessa molemmin puolin porraskäytävää oli asukkaita varten mietittävä vaihtoehtoinen kulkutie koteihinsa. Tässä kohteessa se pystyttiin toteuttamaan kellaria pitkin toisen portaan kautta.

### 5.2 Väliaikainen tuenta

Kuten aiemmin todettiin, vanha parvekekaide on osa kantavaa rakennetta, joten parvekelaatalle täytyy järjestää väliaikainen tuenta laatan taipumaa vastaan, ennen kuin kaide poistetaan.

Väliaikaisena tuentana ko. tapauksessa päätettiin käyttää holvitukia ja filmivaneria. Yhden parvekelinjan tuenta muodostui 12 holvituesta sekä 3:sta 50x50 cm:n filmivanerilevystä, niin että maan tasalle laitettiin ensin filmivanerilevyt tasatulle alustalle. Näiden levyjen ja ensimmäisen kerroksen parvekkeiden välille asennettiin holvituet. Ylemmät kerrokset tuettiin asentamalla alemman kerroksen yläpohjasta ylemmän kerroksen alapohjaan kolme holvitukea / laatta.

### 5.3 Kaiteiden poisto

Kaide koostui kahdesta osasta. Yläkaide oli I:n muotoinen ja alakaide suorakaiteen muotoinen. Ensimmäiseksi irrotettiin ylempi kaide. Kaiteen ympäri laitettiin nostoraksit, jonka jälkeen kaide otettiin kannatukseen kurottajan avulla. Tämän jälkeen kaiteen molemmista päistä piikattiin esiin teräkset, jotka katkaistiin timanttisahalla.

Alempaan kaiteeseen piikattiin aluksi kaksi reikää, joista saatiin raksit pujotettua läpi, jonka jälkeen otettiin taas kaide kannatukseen. Ensimmäiseksi piikattiin kaiteen alaosan teräkset esiin ja katkaistiin. Alaosan jälkeen kaiteen päitten teräkset piikattiin esiin ja katkottiin.

### 5.4 Parvekelaatan keulan poisto

Kaiteiden poiston jälkeen vuorossa oli parvekelaatan vanhan keulan poisto. Laatan keulasta poistettiin noin 30 senttimetrin verran piikkaamalla (kuva 3). Alempien kerrosten parvekeseinä suojattiin 12 mm:n vanerilla, jottei alas putoileva piikkausjäte kimmotessaan rikkoisi parvekeikkunoita.



*Kuva 3. Piikattu keula*

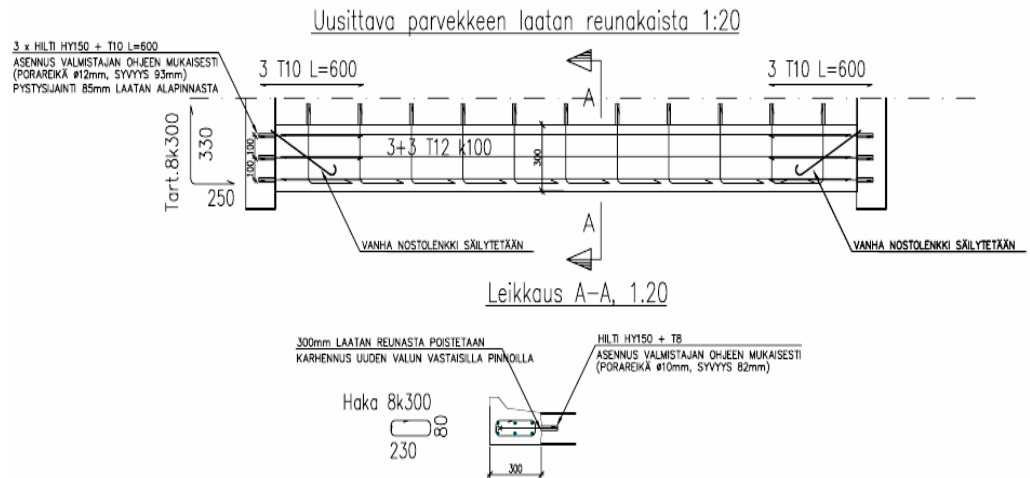
## 6 VANHAN LAATAN VAHVISTUS

Kun vahvistustavaksi valittiin harjateräksen lisääminen, voidaan työt jaotella kolmeen osaan: raudoitus-, muotitus- ja betonointivaiheisiin. Ennen töiden alkua rakennesuunnittelija toimittaa tarvittavat suunnitelmat ja kuvat, joiden mukaan työ toteutetaan.

### 6.1 Raudoitus ja ankkurointi

Vanhat paikalleen jätetyt betoni- ja muut teräkset puhdistettiin ruosteesta märkähiekkapuhalluksella, koska betonipintojen tulee olla puhtaita ja pölyttömiä eikä niissä saa olla tartuntaa heikentäviä aineita. Betonipinnat pestiin piikkaustöiden jälkeen 160 barin paineella käyttämällä rotsuutinta. Pesun jälkeen vanhat teräkset käsiteltiin REP 05 -korroosionestolaastilla.

Parvekkeen kumpaankin pieliseinään porattiin kolme kappaletta 93 mm syvää 100 mm:n jaolla olevaa 12 mm:n reikää. Laattaan porattiin 300 mm:n jaolla 82 mm:n syvyyteen halkaisijaltaan 10 mm:n reikiä. Pieliseinien reikiin ankkuroitiin 600 mm pitkät T10 harjateräkset, kun taas laattaan ankkuroitiin 330 x 250 I-muotoiset T8-harjateräkset. Tartuntaraudat ankkuroitiin Hiltin hit-hy 150 -injektiomassalla valmistajan ohjeiden mukaan. Raudoitushäkit valmistettiin maan tasalla raudoituspöydällä ennen paikalleen nostoa. Raudoitushäkkien tankojen halkaisijana oli T12 ja hakojen T8. Raudoitushäkit kiinnitettiin surrilangoilla tartuntarautoihin. Teräksenä käytettiin harjateräs A500HW:ta. Raudoituskorokkeina käytettiin 35 mm:n korokepaloja, sillä suojabetonietäisyyden miniminä oli 35 mm.



Kuva 4. Raudoitus periaate[4]

Raudoitteiden betonipeitteeseen tulee kiinnittää huomiota, sillä se vaikuttaa niiden säilyvyyteen syövyttävissä olosuhteissa esimerkiksi ulkorakenteissa kuten tässäkin tapauksessa. Betonin emäksisyys suojaa raudoitteita ruostumiselta. Ruostuessaan paisuva teräs saattaa ajan myötä rikkoa ja irrottaa suojaavan betonikerroksen. Pahimmassa tapauksessa ruostunut teräs menettää kantavuutensa tai tartunnan betonin kanssa.[5, s. 20.]

Vähimmäispaksuudeksi betonipeitteelle vaaditaan betonirakenteissa 20–60 mm riippuen rasitusluokasta. Jo yhden senttimetrin liian ohut betonipeite saattaa lyhentää rakenteiden käyttöikää jopa kymmeniä vuosia. Betoninormit 2004 BY50 -kirjassa on määritetty betonipeitteen vähimmäispaksuudet.[5, s. 20.]

Raudoitteita sidottaessa ja tuettaessa tulee kiinnittää huomiota, että se tehdään niin tukevasti, jotta suunnitelmien mukaiset suojaetäisyydet säilyvät betonoinninkin ajan [5, s. 20].

## 6.2 Muotitus

Muotien pintamateriaaliksi valittiin filmivaneri syystä, että se ei ime kosteutta betonista ja on helppo irrottaa sileän pintansa ansiosta. Yksi eduista on myös filmivanerin kestävyys, sillä hyvin huollettuna pystyttiin samoja muotteja käyttämään useita kertoja.

Pinnoittamaton ja öljyämätön puulevy imee betonista runsaasti vettä, mikä saattaa aiheuttaa sementin hydratoitumisreaktion pysähtymisen betonipinnassa. Tämä ilmenee pölyävänä betonipintana.[5, s. 31.]



*Kuva 5. Talon 4 muotitus*

Muottikalusto koostui holvituista, haarukkapäistä, kakkosnelosista, filmivanerista ja alumiini- tai puupalkeista.

### **6.3 Betonointi**

Betonimassan ominaisuuksilla ja niiden oikealla valinnalla on merkittävä vaikutus itse betonointityön onnistumisessa sekä kovettuneen betonin haluttujen ominaisuuksien saavuttamisessa.

#### *6.3.1 Betonin valinta*

Peruseriaatteena on, että rakennesuunnittelija määrittää ne ominaisuudet, joita kovettuneelta betonilta vaaditaan:

- lujuus- ja rakenneluokka



- rasisluokka
- suojaava betonipeitteen paksuus
- toleranssit ja pintaluokka.

Lujuus- ja rakenneluokka ilmoitetaan muodossa esim. K30-2, jossa lukuarvo 30 tarkoittaa mitoituslujuudeltaan vähintään 30 megapascalin (MPa) puristusta kestävää betonia. Työmaalla voidaan tarvittaessa nostaa lujuusluokkaa esim. K35:een. Nostaminen nopeuttaa betonin lujuuden kehitystä sekä muotinpurkulujuuden saavuttamista. Tästä voi olla hyötyä esim. talvibetonoinnissa tai muottikierron nopeuttamisessa.[5, s. 19.]

Taulukko 4. Rakenneluokat [5].

<b>RAKENNELUOKKATAULUKKO</b> (Suomen rakentamismääräyskokoelma B4 Betonirakenteet)		<b>Rakenne- luokka</b>
<b>Betonirakenne</b>	Rakenteet ja rakenneosat, joiden suunnittelun katsotaan vaativan erityistä pätevyyttä	<b>1</b>
	Rakenteet ja rakenneosat, joiden valmistaminen niiden rakenteellisen toiminnan varmistamiseksi edellyttää erityistä huolellisuutta	
	Jännitetyt rakenteet	
	Tavanomaisesta poikkeavat suuret tai monikerroksiset elementtirakenteet	
	Rakenteet, joiden suunnittelussa laskelmissa käytetty betonin lujuusluokka on korkeampi kuin K40	
	Muut vaativat betonirakenteet	
	Tavanomaiset rakenteet, joiden suunnittelussa laskelmissa käytetty betonin lujuusluokka on korkeintaan K40	<b>2</b>
	Rakenteet, joiden suunnittelussa laskelmissa käytetty betonin lujuusluokka on korkeintaan K20	<b>3</b>

Betonirakenne luokkia on kolme, joista 1-luokka on vaativin (taulukko 4). Työmaa ei voi vaihtaa rakenneluokkaa. Rakenneluokka ilmaistaan lujuusluokan jälkeen esim. K30-2, jossa numero 2 on rakenneluokka [5, s. 19].

Koska oli kyse ulkorakenteista, oli käytettävän betonin lujuus oltava vähintään K35. Rakenneluokka on yleensä ulkorakenteissa 2, ellei kyseessä ole erityisen vaativa kohde.[6, s. 17.]

Betonirakenteet jaetaan rasitusluokkiin Suomen rakentamismääräyskokoelman (RakMK B4) ja standardin SFS-EN 206-1 luokituksen mukaan alla olevan taulukon 5 mukaisesti [5, s. 23].

Taulukko 5. Rasitusluokat [4].

	Ympäristön kuvaus	Esimerkkejä rakenteista ja tiloista joissa kyseinen rasitusluokka on tavallisesti käytössä	Rasitusluokka	
Ei rasitusta	Raudoittamaton betoni tai raudoitettu betoni, enintään kuiva	Betoni sisätiloissa jossa ilman kosteus hyvin alhainen. Kuivat lämmitetyt sisätilat	X0	
Hiilidioksidi	Kuiva tai jatkuvasti märkä	Sisätilat, joissa alhainen kosteuspitoisuus Jatkuvasti vedenpinnan alla olevat rak. Kylpyhuoneet, porraskäytävät Siltojen vedenalaiset osat	XC1	
	Kosteaa, harvoin kuiva	Pitkiä aikoja veden kanssa kosketuksissa olevat rak.osat. Useimmat perustukset. Siltöjen perustukset, siirtymälätaat	XC2	
	Kohtalaisen kostea	Sateelta suojatut julkisivut, pysäköintitasojen laatat. Uimahallit, saumat, suurkeittiöt	XC3	
	Jaksollinen kastuminen ja kuivuminen	Parvekelätaat, sateelle alttiit julkisivut, sokkelit,	XC4	
Kloridi	Merivesi	Tuulen mukana tulevat kloridit, ei suoraa kosketusta veteen	Rakenteet avomeren rannalla	XS1
		Veden alla	Merirakenteiden ja siltöjen merivedenalaiset osat	XS2
		Vesirajassa ja roiskevyöhykkeessä	Merirakenteiden ja siltöjen meriveden vaihtelu- ja roiskevaikutukselle alttiit osat kuten välituet	XS3
	Muu kuin merivesi	Kohtalaisen kostea	Betonia rasittavat ilmavirran mukana tulevat suolat. Mehuseinät tien vieressä. Uimahallien sisätilat.	XD1
		Kosteaa, harvoin kuiva	Betonia rasittavat klorideja sisältävät teollisuusvedet. Uima-altaat	XD2
		Kosteaa ja kuiva vaihtelevat	Suoloja sisältäville roiskeille tai suolaukselle alttiit osat. Pysäköintitasot, lämmitetyt autotallit. Siltöjen tiesuoloille alttiit osat	XD3
Jäätyminen ja sulaminen	Kohtalainen vedellä kyllästyminen ilman jäänsulatusaineita	Sateelle ja jäätymiselle alttiit pystysuorat betonipinnat. Julkisivut, sokkelit. Suolaamattomien teiden siltöjen osat	XF1	
	Kohtalainen vedellä kyllästyminen ja jäänsulatusaineet	Sateelle ja jäätymiselle alttiit pystysuorat betonipinnat, jotka ovat alttiina jäätymiselle ja ilman kuljettamalle jäänsulatusaineille	XF2	
	Suuri vedellä kyllästyminen ilman jäänsulatusaineita	Sateelle ja jäätymiselle alttiit vaakasuorat betonipinnat. Parvekkeet, siltapilarit ja muut rakenteet sisävesien	XF3	
	Suuri vedellä kyllästyminen ja jäänsulatusaineet	Suoralle jäänsulatusaineroiskeelle ja jäätymiselle alttiit vaakasuorat betonipinnat. Pysäköintitasot, päällysteet, autotallit.	XF4	
Kemiallisesti aggressiiviset aineet	Kemiallisesti heikosti aggressiivinen ympäristö	Osa maatalousrakenteista	XA1	
	Kemiallisesti kohtalaisesti aggressiivinen ympäristö	Puukuiva amot, savupiippujen yläosat	XA2	
	Kemiallisesti voimakkaasti aggressiivinen ympäristö	Maatalousrakenteet, jotka ovat alttiina urealle, maidolle tai lannoitteelle	XA3	

Tässä kohteessa betonin lujuusluokaksi suunnittelija oli määrittänyt K40-2. Rasitusluokiksi oli määritetty XC4 sekä XF3.

### 6.3.2 Betonointityö

Betonointimenetelmänä joka talossa oli pumppuauto 28 metrin puomilla. Ainoastaan talossa kahdeksan jouduttiin tilaamaan pumppuauto pidemmällä

puomilla, sillä pumppuautolla ei pystytty ajamaan parvekepuolelle vaan jouduttiin pumppaamaan talon yli.

Pääsääntöisesti työt suoritettiin joko telineeltä tai saksilavalta. Talon seitsemän kohdalla turvauduttiin kuukulkijoihin, sillä parvekkeiden edustalla oli korotetut kukkapenkit. Työryhmänä käytettiin 3–4 rakennusmiestä sekä pumppuautonkuljettaja.

Betonin tiivistäminen tapahtui tärysauvalla samanaikaisesti valun yhteydessä. Tiivistys tehtiin järjestelmällisesti noin 30 cm:n pistovälein yli koko betonoidun alueen. Tärytyksen aikana tulee huomioida, että sauvaa ei pidetä vaakasuorassa asennossa eikä ylitärytetä, sillä molemmat aiheuttavat massanerottumista. Myös raudoitteiden tärytystä tulee välttää, sillä se heikentää terästen tartuntaa betonin kanssa.[5, s. 36.]



*Kuva 6. Tuore valu*

Koska kyseessä oli kuivattavat valuolosuhteet – kuten esimerkiksi tuulinen tai aurinkoinen ilma – oli aloitettava jälkihoito jo valun yhteydessä, jolla

estettiin laatan liiallinen kuivuminen. Tämä toteutettiin peittämällä valukohta muovikelmulla, jolla saatiin pidettyä pinta kosteana.

Oikea-aikaisella pinnanhierrolla pyrittiin minimoimaan pinnan halkeiluriskiä. Hierto tehdään massan sitoutumisen jälkeen, kun pintaan nousut vesi on imeytynyt takaisin betoniin. Mikäli vesi nousee laatan pintaan hierron yhteydessä, on hierto siirrettävä myöhäisempään ajankohtaan.[5, s. 43.]

### 6.3.3 Jälkihoito ja -tuenta

Jälkihoitona käytettiin vettä ja jo valuvaiheessa asennettua muovikalvoa. Jälkihoito on tärkeä, sillä betonin kovettuminen vaatii kosteutta ja liian nopea kuivuminen lisää halkeiluriskiä.

Jälkihoito aloitettiin heti valun jälkeen. Normaalisti lyhin jälkihoitoaika on kolme vuorokautta, mutta kun kyseessä oli pakkasrasituksen alaiseksi joutuva rakenne, jatkettiin jälkihoitoa vähintään seitsemään vuorokauteen.



Kuva 7. Jälkituenta ja -hoito

Jälkituentana käytettiin holvitukia. Holvitukia oli kolme kappaletta per parvekelaatta, niin kauan kunnes muotipurkulujuus saavutettiin. Tämän jälkeen jälkituentaa pidettiin yhdellä holvituella vähintään 28 vuorokautta.

Näiden toimenpiteiden jälkeen laatta ei pääse taipumaan ja se kestää sille asetetut kuormat.

## 7 YHTEENVETO

Yhteenvetona voidaan sanoa, että annetuista vaihtoehdoista kyseinen vahvistustapa oli järkevin tässä kohteessa, kun mietitään hintaa ja sillä saavutettavaa elinkaarta. Vaikka hiilikuituvahvistaminen olikin hinnaltaan suurinpiirtein samanhintainen kuin teräsbetonivahvistaminen, on kuitenkin muistettava, että hiilikuituvahvistaminen olisi keskeyttänyt muut työt olosuhdevaatimustensa takia. Parvekkeiden uusimista kokonaan uusilla parvekerakenteilla ei tässä kohteessa edes harkittu korkeiden kustannusten takia.

Parvekelaattojen vahvistustapoja on muitakin kuin tässä työssä esitetyt tavat, kuten laatankeulan alapuolelle kiinnitettävä teräspalkki tai keulan yli asennettava u-palkki. Nämä eivät sopineet arkkitehtoniseen ilmeeseen. Raudoitushäkin tilalle olisi voitu asentaa esimerkiksi I-palkki. Tässä työssä ei kuitenkaan ole tutkittu, olisiko työkustannuksissa säästetty I-palkin ja raudoitushäkin hintaero.

**VIITELUETTELO**

- [1] Suomen Betoniyhdistys r.y., Betonitekniikan oppikirja by 201, Suomen Betonitieto Oy, Jyväskylä 2005
- [2] Aaro Kohonen Oy, Parvekkeiden betonirakenteiden kuntotutkimus, Helsinki 2008
- [3] Oy Sika Finland Ab. Sika CarboDur nauhat [verkkodokumentti]. 05.09.2007. Saatavissa: [http://www.sika.fi/con\\_te\\_sika\\_carbodur\\_nauhat.pdf](http://www.sika.fi/con_te_sika_carbodur_nauhat.pdf)
- [4] Aaro Kohonen Oy, Parvekelaatan reunakaista [rakennekuva]. 15.01.2010.
- [5] Rakennusteollisuus RT ry. Työmaan aloituskokouksen valmisbetonin toimitussuunnitelma [verkkodokumentti]. 01.03.2005. Saatavissa: <http://www.betoni.com/download.aspx?intFileID=236&intLinkedFromObjectID=7034>
- [6] Paakkari Antti, Paikallavalettujen ulokeparvekkeiden uusiminen, Insinööriyö, Metropolia, Helsinki 2010

