



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Salli Niska

VÄHÄNKYRÖN VESITORNIN
KUNTOTUTKIMUS SEKÄ KORJAUS-
TOIMENPITEET

Tekniikka ja liikenne
2012

ALKUSANAT

Opinnäytetyö tehtiin Vaasan Vedelle kevään 2012 aikana. Haluan kiittää yhdyshenkilöäni Jukka Saarta sekä opinnäytetyöohjaajaani Heikki Paanasta Vaasan ammattikorkeakoulusta heidän antamastaan tuesta ja vinkeistä. Tahdon myös kiittää Technobothnian henkilökuntaa, erityisesti Roni Pättiä, Mika Korpea sekä Peter Fortia suuresta avusta laboratoriotutkimuksissa. Lisäksi haluan nimeltä mainitsematta kiittää monia Vaasan ammattikorkeakoulun rakennuspuolen kolmos- ja nelosvuosikurssilaisia heiltä saamastani tuesta sekä avusta työhöni liittyvien asioiden selvittelyssä.

Vaasassa 25.4.2012

Salli Niska

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Salli Niska
Opinnäytetyön nimi	Vähänkyrön vesitornin kuntotutkimus sekä korjaustoimenpiteet
Vuosi	2012
Kieli	suomi
Sivumäärä	52+3
Ohjaaja	Heikki Paananen

Opinnäytetyön ideana oli selvittää Vähänkyrön vesitornin nykyinen kunto ja laatia tutkimusten perusteella tornille sopiva korjaussuunnitelma. Betonirakenteinen vesitorni on rakennettu vuonna 1971, eikä sen kunnossapitoon ole aikaisemmin kiinnitetty erityistä huomiota. Vuodenvaihteessa 2012–2013 toimeenpantavan kuntauudistuksen myötä Vähästäkyröstä tulee osa Vaasan kaupunkia, minkä vuoksi opinnäytetyön tilaaja, Vaasan Vesi, halusi selvittää vesitornin nykyisen kunnan ja sille välttämättömät korjaustoimenpiteet, jotta torni voi moitteettomasti pysyä osana vedenjakeluverkostoa myös tulevaisuudessa.

Kohteen rakennuspiirustukset, työselitykset sekä monet vierailut vesitornilla antoivat alustavan käsityksen tornin kunnosta. Asiaan perehdyttiin syvemmin poraamalla vesitornin alaosasta kolme koepalaa, jotka vietiin Technobothnian laboratorioon tutkittaviksi. Koepaloille tehtiin karbonatisoitumissyvyysmittaus, puristuslujuuskoe sekä kloriditesti.

Tulokset osoittivat, että vesitorni on päässyt rapautumaan, mutta raudotteiden korroosiota ei ole vielä havaittavissa. Edestakainen jäätymis- ja sulamislake on kuitenkin aiheuttanut halkeilua vesitornin jalkaosassa, ja ilmanvaihdon puutteellisuuden vuoksi kosteushaittoja on havaittavissa ainakin tornin putkikellarissa. Myös tornin bitumihuopakatto on turmeltunut ajan kuluessa. Vesisäiliö on kuitenkin moitteettomassa kunnossa, samoin kuin yläosan mineriittilevyistä tehty ulkokuori.

Jalkaosan halkeilut paikataan injektoidulla ja kuoreen tehdään eristerappaus. Tornin kosteusongelmista päästään eroon poraamalla tuuletusluukkuja suljettuihin tiloihin ja asentamalla torniin ilmanvaihtojärjestelmä. Yläosan ulkokuori huolletaan ja ulko-ovi, portaat, vesikatto ja valaistus uusitaan. Lisäksi säiliöön tilataan mittatilauksena vesitiivis suojaussi. Lopuksi vesitorni maalataan sisäpuolelta.

Avainsanat	Kuntotutkimus, vesitorni, pakkasrapautuminen, korrosio, karbonatisoituminen
------------	---

ABSTRACT

Author	Salli Niska
Title	Condition Survey and Renovation Plan for Vähäkyrö Water Tower
Year	2012
Language	Finnish
Pages	52+3
Name of Supervisor	Heikki Paananen

The main idea of my thesis was to find out Vähäkyrö water tower current condition and make a reasonable renovation plan based on research outcome. Concrete construction water tower has been built in 1971 and they have not kept specifically an eye on the maintenance before. Along with the municipal reform that takes place in the 2012-2013 Vähäkyrö becomes a part of Vaasa, which is why the customer of my thesis, Vaasan Vesi, wanted to find out the current condition of the water tower and the necessary renovation actions needed so that the tower can stay perfectly a part of the water distribution also in the future.

Construction drawings, work specifications and many visits at the water tower gave a preliminary idea of the concept of water tower condition. Drilling three test cylinders from the bottom of the tower that were taken to Technobothnia's laboratory for investigations familiarized the subject. We did carbonation, compression and chloride test for test cylinders.

Based on the test results some frost attrition has happened in the water tower, but corrosion has not yet reached reinforcement. However back and forth freezing and melting movements have caused concrete cracks and because of the lack of ventilation we can notice humidity problems for example in the cellar of the tower. Also the bituminous felted roof has become damaged over time. Nevertheless, the water tank is in immaculate condition, the same as the crust made of asbestos based material in the upper part of the water tower.

The cracks will be fixed by using filling material and the outer crust will get insulation plastering. Humidity problems will be finished by drilling ventilation outlets to closed spaces and installing a ventilation system in the tower. The upper outer crust will get service and the out door, roof, stairs and lightning will be re-build. The tank will get a waterproof custom-made shelter. Finally, the tower will be painted at the inside.

Keywords Condition survey, water tower, frost attrition, corrosion, carbonation

SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	11
2	VÄHÄNKYRÖN VESITORNI	12
	2.1 Vähänkyrön vesitornin tehtävä.....	12
	2.2 Vähänkyrön vesitornin ulkomuoto.....	12
	2.3 Tornin rakennusvaihe.....	13
3	TORNIN ALKUPERÄISET RAKENTEET JA NYKYINEN KUNTO	14
	3.1 Pohjalaatta	14
	3.2 Portaati.....	14
	3.3 Jalkaosa	15
	3.4 Säiliö.....	16
	3.5 Yläosan ulkokuori	16
	3.6 Vesikatto.....	18
	3.7 Putkisto.....	18
	3.8 Valaistus	18
4	BETONIRAKENTEIDEN YLEISIMMÄT KORJAUSTARVETTA AIHEUTTAVAT TEKIJÄT.....	20
	4.1 Kloridit	20
	4.2 Kosteus	20
	4.3 Korroosio.....	21
	4.3.1 Normaaliolosuhteet	21
	4.3.2 Korroosion käynnistyminen	21
	4.3.3 Karbonatisoituminen	22
	4.3.4 Korroosion ja karbonatisoitumisen eteneminen	22
	4.3.5 Raudotteiden suojaus korroosiolta	23
	4.3.6 Korroosion haitat.....	23
	4.4 Rapautuminen.....	23
	4.4.1 Tyypit	23

4.4.2	Pakkasrapautumisen syy.....	23
4.4.3	Rapautumisen seuraukset	24
4.4.4	Rapautumiselta suojautuminen.....	24
4.4.5	Ettringiittireaktio	25
4.4.6	Alkalirunkoainereaktio	25
4.5	Mikrobit.....	26
4.6	PAH-yhdisteet	26
4.7	PCB – ja lyijy-yhdisteet	26
5	KUNTOTUTKIMUKSEN LAATIMINEN.....	27
5.1	Yleistä.....	27
5.2	Vaurioiden selvittäminen	27
5.3	Kuntotutkimuksen eteneminen.....	27
5.4	Kuntotutkimuksen sisältö.....	30
5.5	Kuntotutkimuksen raportointi	30
6	VAURIOIDEN TOTEAMISEEN KÄYTETTÄVÄT TUTKIMUSMENETELMÄT.....	31
6.1	Silmämääräinen tarkastelu	31
6.2	Vasarointi	32
6.3	Asiakirjojen tarkastelu.....	32
6.4	Vetolujuuskoe.....	32
6.5	Puristuslujuuskoe	33
6.6	Ohuthietutkimus (Mikrorakennetutkimus).....	33
6.7	Suojahuokoskoe	34
6.8	Betonin karbonatisoitumissyvyyden mittaus	34
6.9	Terästen betonipeitepaksuuksien selvittäminen.....	36
6.10	Kloridipitoisuuden määrittäminen.....	36
7	VAIHTOEHTOISIA KORJAUSTOIMENPITEITÄ BETONIRAKENTEELLE.....	37
7.1	Laastipaikkaus.....	37
7.2	Ruiskubetonointi	37
7.3	Erikoismenetelmät.....	38
7.3.1	Inhibointi	38

7.3.2	Alkalointi.....	38
7.3.3	Katodinen suojaus	38
7.4	Lämpö- eli eristerappaus	39
7.5	Injektointi	40
8	TUTKIMUKSET JA TULOKSET	41
8.1	Koekappaleet.....	41
8.2	Karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen.....	42
8.3	Puristuslujuuskoe	44
8.4	Kloridipitoisuuden määrittäminen.....	46
9	YHTEENVETO JA PERUSPARANNUSTOIMENPITEET	48
9.1	Kellari ja maanrakennustyöt.....	48
9.2	Jalkaosa	48
9.3	Yläosa.....	49
9.4	Säiliö.....	50
9.5	Vesikatto.....	50
9.6	Valaistus ja sähköistys	50
	LÄHTEET	51
	LIITTEET	

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvat 1-3.	Välitila, vesitornin julkisivukuva, ulko-ovi.	s. 12
Kuva 4.	Tornin portaikko.	s. 14
Kuvat 5a ja 5b.	Pakkasrapautumisen aiheuttamaa halkeilua vesitornin jalkaosassa.	s. 15
Kuva 6.	Katolle vievät tikkaat.	s. 16
Kuva 7.	Vesitornin välitilassa on näkyvissä raudoitteita. Sisäpinta on pystylaudoitettu.	s. 16
Kuva 8.	Tornin yläosan mineriittilevyjä ja osittain irronnut valaisin.	s. 17
Kuvat 9a ja 9b.	Vesitornin jalkaosan valaistusta.	s. 18
Kuva 10.	Pakkasrapaamaa ja halkeilua betonirakenteessa.	s. 23
Kuva 11.	Esimerkkikaavio kuntotutkimuksen kulusta.	s. 28
Kuva 12.	Ohuthiekuva riittävästi lisähuokoistetusta betonista. Vaaleankeltaiset ympyrät ovat suojahuokosia. Kuva-ala on n. 5 mm x 9 mm.	s. 33
Kuva 13.	Indikaattoriliuoksen osoittamaa karbonatisoitumista. Värjäntymätön kohta lieriön yläreunassa on vaurioitunut.	s. 36
Kuva 14.	PAROCin tarjoama ohutrappausmenetelmä. Kuvassa vanha betoniseinä, lämmöneriste, teräs verkko sekä rappaus. Tuloksena saumaton julkisivu.	s. 40
Kuvat 15-16.	Timanttipora Vähänkyrön vesitornissa. Aukko ulkoseinässä porauksen jälkeen.	s. 41
Kuvat 17a, 17b ja 17c.	Koekappaleet 1, 2 ja 3 ennen testejä.	s. 42
Kuvat 22-23.	Indikaattoriliuoksella värjätyt koepalat. Koepalojen yläpinnasta havaittava karbonatisoitumisrintama näkyy värjäntymättömänä osana.	s. 43

Kuvat 18-19.	Korroosio ei ole vaikuttanut raudoitteeseen. Koepala 3/2 murtui pieniksi palasiksi 30 tonnin voimasta.	s. 46
Kuva 20.	Portaiden kaidekorkeusvaatimukset.	s. 49
Taulukko 1.	Koekappaleiden ulkonäkö.	s. 41
Taulukko 2.	Koepalojen karbonatisoitumissyvyydet.	s. 44
Taulukko 3.	Puristuslujuuskokeen tulokset.	s. 45

LIITELUETTELO**LIITE 1.** Kloridipitoisuuskäyrä**LIITE 2.** Vesitornin julkisivupiirustus**LIITE 3.** Vesitornin leikkauspiirustus

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tarkoituksena on selvittää Vähänkyrön vesitornin nykyinen kunto ja laatia rakennustapaselitys vaurioiden korjaamiseksi.

Tutkimuksen tilaajana on Vaasan Vesi, joka on toiminut liikelaitoksena vuodesta 1992 lähtien. Vaasan Vesi aloitti ensin toimintansa vesilaitoksena vuonna 1915 ja on siitä lähtien laajentanut toimintaansa. Vuonna 1952 vesilaitos aloitti vedenoton Kyrönjoesta, joka on edelleen sataprosenttisesti Vaasan alueen ainoa juomaveden lähde. /1/

Veden toimitus Vähänkyröön aloitettiin vuonna 2002, ja nykyisin Vähänkyrön kunta ostaa n. 90 % juomavedestään Vaasan kaupungilta. Vaasan Vesi tekee yhteistyötä myös lähikunnissa Laihialla, Maalahdessa sekä Mustasaassa. /2, 12; 1, 25/

Vaasan Vesi haluaa teettää kuntotarkastuksen Vähänkyrön vesitornista, sillä vuodenvaihteessa 2012–2013 tapahtuvan kuntaliitoksen myötä Vähäkyrö ja Vaasa yhdistyvät Vaasan kaupunki – nimiseksi kunnaksi. Vähänkyrön vesitorni, joka on rakennettu vuonna 1971, on osa Vaasan vesiverkostoa. /5/

Opinnäytetyössäni selvitän vesitornin rakenteelliset vauriot mm. betonin lujuuskokein sekä silmäämääräisesti. Lisäksi suunnittelen torniin tarvittavia perustamustoimenpiteitä.

2 VÄHÄNKYRÖN VESITORNI

2.1 Vähänkyrön vesitornin tehtävä

Vähänkyrön vesi johdetaan asukkaille Kyrönjoesta Vaasan Pilvilammen vedenpuhdistamon kautta. Nykyään vesitornit eivät enää ole välttämättömiä, sillä vesi voidaan pumpata kotitalouksiin alavesisäiliöiden kautta. Vähänkyrön vesitorni kuitenkin varmistaa veden toimituksen alueen asukkaille esimerkiksi silloin, jos alavesisäiliöt yllättäen häiriintyvät ja lopettavat toimintansa. Mikäli vedenjakelu Vähässäkyrössä katkeaa, vesitorni takaa häiriöttömän vedenjakelun kunnan asukkaille noin puoleksi vuorokaudeksi. Lisäksi vesitorni on näyttävä maamerkki ja se myös tuo painetta vesijohtoverkostoon, jolloin verkostossa ei synny haitallisia paineilmataskuja. Vähässäkyrössä on noin 230 kilometriä vesijohtoverkostoa. /4/

2.2 Vähänkyrön vesitornin ulkomuoto

Vähänkyrön vedenkulutuksen keskiarvo on päivittäin n. 700 kuutiota vettä. Kunnan vesitornin vesisäiliön tilavuus on n. 400 kuutiota, ja sen vedenpinta on 52,8 metrin korkeudella merenpinnasta. /4; 5/

Vesitornin 20 metriä korkean jalan päällä lepää 6,5 metriä korkea kartion muotoinen betoninen vesisäiliö. Tornin ulkokuori on valkeaa keraamipintaista mineriittilevyä. Säiliön ja ulkokuoren välissä on tila, jossa on mahdollista liikkua ja kävellä säiliön ympäri. Säiliön sisälle pääsee ainoastaan katolla olevan luukun kautta. Uloimman kerroksen sisäpintaa vasten on rakennettu puiset tikkaat, joita pitkin pääsee kiipeämään katolle. /5/

Pohjakerroksen alapuolella 2,5 metrin syvyydessä on putkikellari, jonka sisään pääsee pohjakerroksessa olevan luukun kautta. Vesitornissa on teräksestä valmistetut kierreportaat, jotka johtavat pohjakerroksesta tornin välikerrokseen, missä sijaitsee ryhmäkeskus. Vesisäiliö sijaitsee heti välikerroksen yläpuolella. Tarkemman käsityksen vesitornin ulkomuodosta antaa liitteenä olevat julkisivu- ja leikkauskuvat. /5/



Kuvat 1-3. Välitila, vesitornin julkisivukuva, ulko-ovi.

2.3 Tornin rakennusvaihe

Vähänkyrön vesitorni on rakennettu Vähänkyrön kirkonkylän korkeimmalle paikalle vuonna 1971. Kohteen kustannusarvio oli 270 000 markkaa. /5/

Vaikka rakennusvaiheessa on kiinnitetty erityistä huomioita esimerkiksi betonin jälkihoitoon, rakennus on ajan kuluessa päässyt rapistumaan. /5, 7/

3 TORNIN ALKUPERÄISET RAKENTEET JA NYKYINEN KUNTO

3.1 Pohjalaatta

Puoli metriä paksu pohjalaatta on 2,3 m maanpinnan alapuolella ja se on valettu suoraan kallioon. Louhinnan eli räjäytystyön, aiheuttama kuoppa on täytetty soralla tornin ympäriltä ja pohjarakenteet on tiivistetty aina 30 cm välein. Pohjalaatassa käytetyn betonin lujuusluokka on K-25. Putkikellarin eristysmateriaalina on käytetty oljesta ja sementistä valmistettuja tojalevyjä, toisin sanoen sementtilastuvillalevyjä. Tojalevyt sisältävät orgaanisia materiaaleja, jotka yleensä aiheuttavat kosteus- ja sisäilmasto-ongelmia. Putkikellarissa ei ole ilmanvaihtoa ja tila on suljettu luukulla. Kellarissa olevan voimakkaan hajun perusteella siellä voidaan päätellä esiintyvän kosteus- ja homehaittoja. /5; 5/

3.2 Portaat

Portaat on valmistettu teräksestä ja ne on koottu hitsaamalla. Portaat ovat oikeakätiset, ja niiden askelman sisäreuna on 200 mm ja ulkoreuna 300 mm. Askelmat on valmistettu turkkilevystä ja muut portaikon osat on valmistettu muototeräksestä ja putkesta. Portaat eivät täytä nykyajan turvallisuusvaatimuksia, sillä niistä puuttuu välিকাide. /5, 12/



Kuva 4. Tornin portaikko.

3.3 Jalkaosa

Tornin jalkaosa on valettu yhtäjaksoisesti liukuvaluna ja betonina on käytetty B-luokan K-25 betonia. Jalkaosa ylittää aina peruslaatasta (+22,70 m meren pinnasta) säiliön pohjaan asti 20 metrin korkeudelle maanpinnasta (+45 m meren pinnasta). Jalan alaosa on valettu vesitiivistä betonista, jotta ennaltaehkäistäisiin maasta rakenteisiin pyrkivä kosteus. Rungon ulkohalkaisija on 4 metriä. /5, 8/

Jalkaosassa esiintyy silmin havaittavaa halkeilua ja pakkasrapautumista. Halkeilu on symmetristä ja se on syntynyt jalkaosan sisäpuolelle neljään kohtaan, vastakkaisille reunoille.



Kuvat 5a ja 5b. Pakkasrapautumisen aiheuttamaa halkeilua vesitornin jalkaosassa.

3.4 Säiliö

Vesisäiliö on kartion muotoinen ja se on valettu vesitiiviistä B-luokan K-30 betonista. Säiliötilan uloin kuori on puuta. Lankut ovat alapäästään teräskengällä kiinnitettyinä säiliön betonirakenteisiin, ja niiden yläpäät on naulattu kiinni katto-
tuoleihin. Säiliön keskiosassa puutavara on kiinnitetty teräspultein ja -sitein betonirakenteisiin. Eristyksenä on käytetty bitumihuopakaistaleita. Säiliön ylävesipinta on 49,5 m korkeudella merenpinnasta. /5, 9–11/

3.5 Yläosan ulkokuori

Vesitornin yläosa on ulkoverhoiltu 7 mm paksuisilla vaaleilla mineriittilevyillä (mineriittilevyt sisältävät yleensä noin 20 % asbestikuitua, mikä on kestävä rakennusmateriaali). Kohteessa on käytetty viittä eri kokoluokkaa olevia levyjä, ja levyt ovat edelleen hyvässä kunnossa. Ulkokuoren lämmöneristykseksi on asennettu vuorivillalevyjä ja höyrynsuluiksi alumiinipaperia. Kuorirakenteen sisäpinta

on pystylaudoitettu. Katolle pääsee kiipeämään ulkokuoren sisäpintaa vasten nau-
lattuja tikkaita pitkin, mutta tikkaissa ei ole lainkaan kaiteita ja ne ovat vaaralliset
korkean putoamisriskin vuoksi. Tikkaat vievät katon rajassa sijaitsevalle luukulle,
jonka kautta pääsee katolle ja edelleen vesisäiliöön. /5, 9/



Kuva 6. Katolle vievät tikkaat.

Kuva 7. Vesitornin välitilassa on näkyvissä raudotteita. Sisäpinta on pystylaudoi-
tettu.



Kuva 8. Tornin yläosan mineriittilevyjä ja osittain irronnut valaisin.

3.6 Vesikatto

Vesikaton ja säiliön välissä on 50 mm tuuletusrako. Vesikatto on rakennuspiirustuksista ja alkuperäisistä suunnitelmista poiketen toteutettu huopakattona. Näkyviin jäävät puurakenteet on rakennusvaiheessa käsitelty lahosuoja-aineella. Katolla ei ole kaiteita, vaikka pääsy vesisäiliöön tapahtuu katon kautta. /5, 10–11/

3.7 Putkisto

Vesitornin putkisto on valurautaa. Veden kanssa kosketuksissa olevat pultit ovat ruostumatonta terästä. /6/

3.8 Valaistus

Tornissa on useita valaisinpaikkoja, mutta monet lamput ovat palaneet loppuun, eikä niitä ole vaihdettu uusiin. Ulko-oven yläpuolella on valaisinpaikka, josta roikkuu pelkkä johto, mutta lamppu ei ole paikoillaan. Muutama tornin jalkaosassa sijaitsevista lampuista on palanut loppuun, samoin kuin osa välitilassa olevista lampuista. Myös katolle on asennettu lamppuja, mutta osa niistä on irronnut ja kadonnut tuulen mukana, ja jäljelle jääneet ovat taittuneet ja roikkuvat nyt huterasti katon reunan yli aiheuttaen turvallisuusriskin tornin läheisyydessä liikkuville.



Kuvat 9a ja 9b. Vesitornin jalkaosan valaistusta.

4 BETONIRAKENTEIDEN YLEISIMMÄT KORJAUSTAR- VETTA AIHEUTTAVAT TEKIJÄT

Betonirakenteet voivat vaurioitua ja rasittua monien eri tekijöiden vaikutuksesta. Näitä on mm. ilmastosta aiheutuvat kosteus, lumi, sade, tuuli, lämpö, säteily tai pakkanen. Myös betoniin tunkeutuneet kloridit ja hiilidioksidi aikaansaavat haittoja. Edellä mainittujen tekijöiden vaikutusaste riippuu hyvin paljon tarkasteltavan rakennuksen ympäristöstä ja sijainnista; esimerkiksi rannikkoalueiden rakennuksissa on todettu kosteusvaurioita useammin kuin sisämaan rakennuksissa. /7, 17; 8,12/

Syntyneet vauriot saattavat aiheuttaa ulkonäön heikentymisen lisäksi turvallisuusriskejä. Vaurioituneesta rakenteesta saattaa lohkeilla paloja, ja pahimmassa tapauksessa korjaamatta jätetty rakennus voi romahtaa kokonaan tai osittain sen kantavuuden pettäessä. /7, 17/

4.1 Kloridit

Betonin valmistuksessa on voitu käyttää kalsiumkloridia CaCl_2 betonin kuivumista kiihdyttävänä lisäaineena. Kloridien käyttö on ollut yleistä 1960– ja 1970 – luvuilla. Jo yli 0,03-0,07 painoprosentin (betonin painosta) kloridipitoisuus betonissa voi käynnistää terästen korroosion. Kloridit myös edesauttavat betonin pakkasrapautumista. /7, 23–24/

Klorideja voi päästä betonirakenteeseen myös suoraan luonnosta. Rannikkoalueilla merivedestä voi tuulen mukana ilmaantua epämieluisia klorideja betonirakenteeseen. Myös lumen- ja jäänsulatussuoloista saattaa tarttua haitallisia klorideja betonirakenteeseen. Kloridien aiheuttama korroosio on yleinen, sillä se voi toteutua huomattavasti matalammassa lämpötilassa ja kosteuspitoisuudessa kuin betonin karbonatisoituminen. /7, 23–24/

4.2 Kosteus

Maasta nouseva kosteus, vuodot ikkunoissa tai vesikatossa, sekä julkisivuun kohdistuva viistosade ovat vahingollisia kosteuden aiheuttajia rakennuksissa. Viisto-

sade turmelee erityisesti avoimilla paikoilla sijaitsevia rakennuksia, koska silloin vesi pääsee helpoiten kosketuksiin betoniseinän kanssa. Seinärakenteisiin imeytynyt vesimäärä riippuu betonin laadusta (tiivyydestä). Mitä tiiviimpää eli lujempaa betoni on, sitä vaikeampi vesi on päästä tunkeutumaan betoniin. Vesi voi myös vahingoittaa betonirakennetta tunkeutumalla siihen viallisten tai rikkoontuneiden saumojen tai liitosten kautta. /7, 17–18/

Kosteusvaurioiden synty voidaan estää maaleilla ja pinnoitteilla, mutta silloin tulee varmistaa, että pinnoitus levitetään tasaisesti, ja että korjaustöitä tehdään riittävän usein. Pinnoitetta tai maalipintaa ei saa päästää halkeilemaan, koska tällöin pinnoite aiheuttaa rakennukselle kosteusteknisesti vain haittoja, kun sadevesi pääsee imeytymään rakenteisiin halkeaman kohdasta. Kosteus haihtuu rakennuksesta sateen loputtua ja ilman suhteellisen kosteuden laskettua, mutta pinnoitettu betonirakenne kuivuu hitaasti, sillä pinnoitus hidastaa rakenteessa olevan kosteuden haihtumista. /7, 17–18/

4.3 Korroosio

4.3.1 Normaaliolosuhteet

Betonilla on korkea alkalisuus. Tästä syystä betonin kanssa kosketuksissa oleva teräksinen raudoite muodostaa pinnalleen muutaman molekyylikerroksen paksuisen oksidikalvon, joka suojaa raudoitetta sähkökemialliselta korroosiolta, eikä teräs näin ollen pääse syöpymään. Tätä reaktiota sanotaan teräksen passivoitumiseksi. Siispä tiivis tai paksu betonikerros pitää erilaiset teräkselle haitalliset hapot ja kloridit poissa raudoitteen läheisyydestä, eikä korroosio silloin voi tapahtua. /7,19; 8, 17/

4.3.2 Korroosion käynnistyminen

Tietyissä tapauksissa korroosio on kuitenkin mahdollinen. Mikäli teräksen pinnalla oleva oksidikalvo tuhoutuu, rautaioneja liukenee pois teräksen pinnalta, minkä seurauksena teräs syöpyy. Kun ionit reagoivat hapen kanssa, teräs alkaa lopulta ruostua. /7, 19; 8,18/

Rautaionien poistuessa teräksen pinnalta raudoitteen halkaisija pienenee, minkä seurauksena rakenteen kantavuus heikentyy. Lisäksi esimerkiksi betonin karbonatisoituminen tai betonissa olevat kloridi-ionit edesauttavat korroosion syntyä. /7,19; 8,17–18/

4.3.3 Karbonatisoituminen

Suurin syy, joka vähentää betonin käyttöikää, on karbonatisoituminen. Termillä tarkoitetaan betonin neutraloitumisreaktiota, joka aiheuttaa betonin huokosveden normaali pH-arvon alenemisen noin 13–14:stä alle 8,5:een.

Ilmasta tuleva hiilidioksidi CO₂ pyrkii tunkeutumaan betoniin, minkä seurauksena aiheutuu kemiallinen reaktio. Lopputuloksena syntyy kalsiumkarbonaattia CaCO₃ ja vettä H₂O seuraavan yhtälön mukaisesti



/7, 21/

4.3.4 Korroosion ja karbonatisoitumisen eteneminen

Karbonatisoituminen alkaa betonin pinnalta, ja sen etenemisnopeus hidastuu aina syvemmälle betoniin mennessä, kun hiilidioksidin pääsy rakenteisiin vaikeutuu. Betonin huokosrakenne ja kosteuspitoisuus siis määrittelevät, kuinka nopeasti hiilidioksidi pääsee ahtautumaan betoniin. Korroosio voi alkaa, kun huokosveden suhteellinen kosteus (RH) yltää 70 %.

Mikäli betonin lujuusluokka on suuri (eli betoni on tiivistä), saattaa karbonatisoitumisreaktio pysähtyä kokonaan tietylle syvyydelle päästyään, kun hiilidioksidin on mahdoton tunkeutua enää eteenpäin. Korkea lämpötila kuitenkin nopeuttaa korroosiota. Betonin huokosiin imeytynyt sadevesi taas hidastaa korroosiota, sillä silloin hiilidioksidin pääsy betoniin hidastuu sen huokosverkoston ollessa jo täynnä vettä. Karbonatisoitumista ei myöskään pääse tapahtumaan RH:n ollessa alle 30 %, sillä reaktioyhtälön mukaan karbonatisoituminen voi tapahtua vain vesiliuoksessa. /7, 21; 8, 17/

4.3.5 Raudoitteiden suojaus korroosiolta

Koska karbonatisoituminen alkaa edetä betonin pinnalta syvemmälle rakenteisiin tasaisena rintamana, on pinnan maalaus tai pinnoitteiden käyttö hyvä keino estää korrosio ja vaurioiden synty. Tällöin täytyy kuitenkin muistaa käsitellä betonipinta aina uudelleen ennen pinnoitteen tai maalin halkeilua, sillä osittain halkeillut, mutta muilta kohdin tiivis maalipinta pitää kosteuden betonirakenteessa ja hidastaa rakenteen kuivumista edesauttaen korroosiota. Myös riittävän paksu suoja-betonipeite voi estää karbonatisoitumisen pääsyn raudoitteisiin asti. /8, 19; 7, 78/

Teräksen kannalta aggressiiviset aineet, kuten kloridit, voidaan pitää poissa käytämällä korkealaatuista betonia. Mikäli betoni kuitenkin on kloridipitoista, voidaan käyttää ruostumattomia tai epoksinnoitettuja raudoitteita. /8, 19; 7, 20/

4.3.6 Korroosion haitat

Korroosio ilmenee betonin pinnan halkeiluna, lohkeiluna ja värjäytymisenä. Myös raudoitteen kohdalla voi olla sisäisiä säröjä ja rakenteen kulmista saattaa lohkeilla paloja. Pitkälle edenneen korroosion pystyy havaitsemaan silmämääräisesti ilman suurempia tutkimuksia. Se aiheuttaa esteettisten haittojen lisäksi rakenteiden kantavuuden sekä turvallisuuden heikentymistä. /7, 20/

4.4 Rapautuminen

4.4.1 Tyypit

Betonille tunnetaan kolme eri rapautumistyyppiä, joista pakkasrapautuminen on ehdottomasti yleisin rapautumisilmiö Suomen leveysasteilla. Rapautuminen voi johtua myös ettringiitti- tai alkalirunkoainereaktiosta. Syntyäkseen kaikki edellä mainitut rapautumistypit edellyttävät maksimaalista kosteusrasitusta betonirakenteessa. /7, 27/

4.4.2 Pakkasrapautumisen syy

Betonin huokosverkosto täyttyy vedestä kostealla tai sateisella säällä. Lämpötilan laskiessa betonin huokosissa oleva vesi jäätyy, jolloin se laajenee noin yhdeksän

tilavuusprosenttia ja aiheuttaa painetta betonissa. Jäätyminen tapahtuu ensin suurimmissa huokosissa. Kun lämpötila kohoaa taas nollan yläpuolelle, jätynyt huokosvesi sulaa. Suomessa lämpötila voi vaihdella vuoden aikana jopa yli 60 asteen verran, joten ulkona oleva betoni joutuu kohtaamaan paljon edestakaista paineilmiötä elinkaarensa aikana. /7, 27–29/

4.4.3 Rapautumisen seuraukset

Edestakaisen jäätymis- ja sulamislajeneman aiheuttama paine vaurioittaa betonia ja aiheuttaa ensin säröilyä ja lopulta halkeilua tai lohkareiden irtoamista betonirakenteesta. Säröily nopeuttaa veden imeytymistä betoniin, aikaansaa veto- ja puristuslujuuden heikentymistä, aiheuttaa raudoitusten tartunnan huonontumista ja johtaa turvallisuuden ja rakenteiden kantavuuden heikentymiseen. /7, 30/



Kuva 10. Pakkasrapautumaa ja halkeilua betonirakenteessa.

4.4.4 Rapautumiselta suojautuminen

Pakkasrapautuminen voidaan estää käyttämällä riittävän tiivistä betonia. Silloin vesi ei pääse kunnolla tunkeutumaan betoniin, eikä jäätymistä tapahdu. Nykyisen

käsityksen mukaan tämä ei kuitenkaan ole riittävä suojautumiskeino pakkasrasitusolosuhteissa. /7, 28–29/

Toinen, nykyään kaikissa betonirakenteissa käytössä oleva tapa suojautua pakkasrapautumiselta, on lisähuokoistusten käyttö. Tämä tarkoittaa, että betonissa on pieniä suojahuokosia, jotka eivät täyty vedellä kapillaarivoimien vaikutuksesta. Kun vesi sitten jäätyy lisähuokoistetussa rakenteessa, antavat nämä pienet suojahuokokset periksi ja suurempiin huokosiin jäänyt vesi pystyy laajenemaan kohti suojahuokosia vahingoittamatta tai murtamatta betonirakennetta. Suojahuokosten on kuitenkin oltava tasaisen välimatkan päässä toisistaan, jotta ne toimivat halutulla tavalla. Suojahuokosten halkaisija on keskimäärin 0,15–0,3 mm ja huokosjako (etäisyys toisistaan) on n. 0,20–0,25 mm. /7, 28–29/

4.4.5 Ettringiittireaktio

Ettringiittireaktio muistuttaa ulkoisesti hyvin paljon pakkasrapautumista. Se aiheutuu kemiallisesta reaktiosta, jossa sulfaattimineraalit reagoivat betonissa olevan sementtikiven kanssa. Reaktiossa syntyy ettringiittimineraalia, joka tarttuu suojahuokosten seinämiin. Mineraalin tilavuus kasvaa reaktiossa, ja lopputulos on sama kuin pakkasrapautumisessa: syntyvä paine tuo mukanaan halkeamia ja säröjä. /7, 31/

Ettringiittireaktio johtuu liian korkeasta lämmöstä betonin kuivatusaikana, jolloin sementin kovettumisreaktio häiriintyy ja sulfaattimineraalit pääsevät reagoimaan kemiallisesti. /7, 31/

4.4.6 Alkalirunkoainereaktio

Alkalirunkoainereaktion tapahtumiselle on kolme ehtoa. Jos betonin kosteuspitoisuus on tarpeeksi korkea, jos sementti sisältää alkaleja ja jos kiviaines sisältää huonosti alkalisuutta kestäviä mineraaleja, reaktio on mahdollinen. /7, 32/

Alkalirunkoainereaktio ei ole kovin yleinen Suomessa. Myös tämä reaktio muistuttaa pakkasrapautumista. /7, 32/

4.5 Mikrobit

Rakennusten mikrobeista puhuttaessa viitataan yleensä homesieniin, jotka pääsevät leviämään kasvattamalla rihmastoaan kosteusvaurioituneessa rakenteessa. Jos betonirakenteessa on homevaurioita, ne syntyvät tavallisesti lämmöneristeen ulkopinnalle. Tämä ei kuitenkaan ole kovin yleistä betonirakenteessa, eikä betoni itsessään ole herkkä altistumaan home- tai mikrobikasvustolle. Toisaalta betonin pintaan voi kuitenkin muodostua homeitiöitä, mikäli sen pintaan on kerääntynyt jotain orgaanista ainetta, kuten esimerkiksi pölyä. Pinnan homevauriot mahdollistavat mikrobikasvuston leviämisen rakenteeseen. /7, 44/

4.6 PAH-yhdisteet

Rakentamisessa PAH-yhdisteitä eli polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä tavataan lähinnä bitumi- ja kivihiilitervapohjaisissa tuotteissa, kuten vesikattojen tai sokkelien vedeneristyksissä. PAH-yhdisteet haisevat voimakkaasti ja ne ovat ihmiselle vaarallisia. Useimmat PAH-yhdisteistä sisältävät syöpää aiheuttavia aineita. /7, 44–45/

4.7 PCB – ja lyijy-yhdisteet

PCB- ja lyijy-yhdisteitä on käytetty rakentamisessa lähinnä 1950–1970 luvuilla saumausmassoina, maaleissa, liimoissa ja lakoissa. PCB-yhdisteet eli polyklooratut bifenyylit leviävät helposti ympäröiviin rakennusosiin sekä maamassoihin.

PCB- ja lyijy-yhdisteet ovat haitallisimpia myrkkyyä ympäristölle niiden nopean leviämistavan vuoksi. Pitkäaikainen altistuminen näille yhdisteille saattaa aiheuttaa ihmisillä esimerkiksi syöpää tai hermostollisia sairauksia, mutta niitä ei luokitella terveyshaitoiksi muuten kuin purkuvaiheen aikana pölytessään. /7, 45/

5 KUNTOTUTKIMUKSEN LAATIMINEN

Kuntotutkimus tehdään, jotta pystytään kartoittamaan rakennuksen toimivuus- tai turvallisuuspuutteet. Tutkimuksen avulla voidaan selvittää mahdollinen korjaus-tarve sekä kyseiselle rakenteelle sopivin korjausmenetelmä. /7, 60–62/

5.1 Yleistä

Kun tutkitaan vanhaa betonirakennetta, rakenteen lujuus, vauriot ja muut ominai-suudet saattavat vaihdella rajusti rakenteen eri kohdissa. Siksi näytteitä otettaessa suurempi otanta takaa luotettavamman lopputuloksen. Suuri näytemäärä nostaa kuntotutkimuksen hintaa, ja sen vuoksi on tarkoin suunniteltava ennakkoon, kuin-ka paljon ja mistä kohdasta näytteet on järkevä ottaa. /7, 63/

Kuntotutkimus voidaan todeta onnistuneeksi, kun siitä tehtyjen johtopäätösten avulla saadaan perustellusti selville kyseiselle rakennukselle järkevin ja edullisin korjaustapa. /10, 40/

5.2 Vaurioiden selvittäminen

Koska vauriot ovat voineet syntyä monesta eri syystä, on tutkimusmenetelminäkin käytettävä useita lähteitä. Siten saadaan luotettavampi kuva rakenteen vaurioas-teesta. /7, 62–63/

Tutkimuskohteen julkisivu- ja rakennepiirustukset ovat käyttökelpoisia lähteitä rakenteen kuntoa selvittäessä. Joskus myös rakennuksen käyttäjien omakohtaiset kokemukset ja huomiot rakennuksen vaurioista tai ongelmakohdista voivat posi-tiivisesti edesauttaa kuntotutkimuksen kulkua. Samoin rakenteen silmämääräinen tarkastelu sekä paikan päällä suoritettavat tutkimukset, näytteet ja laboratoriotut-kimustulokset ovat suuntaa antavia kuntotutkimusta laadittaessa. /7, 62–63/

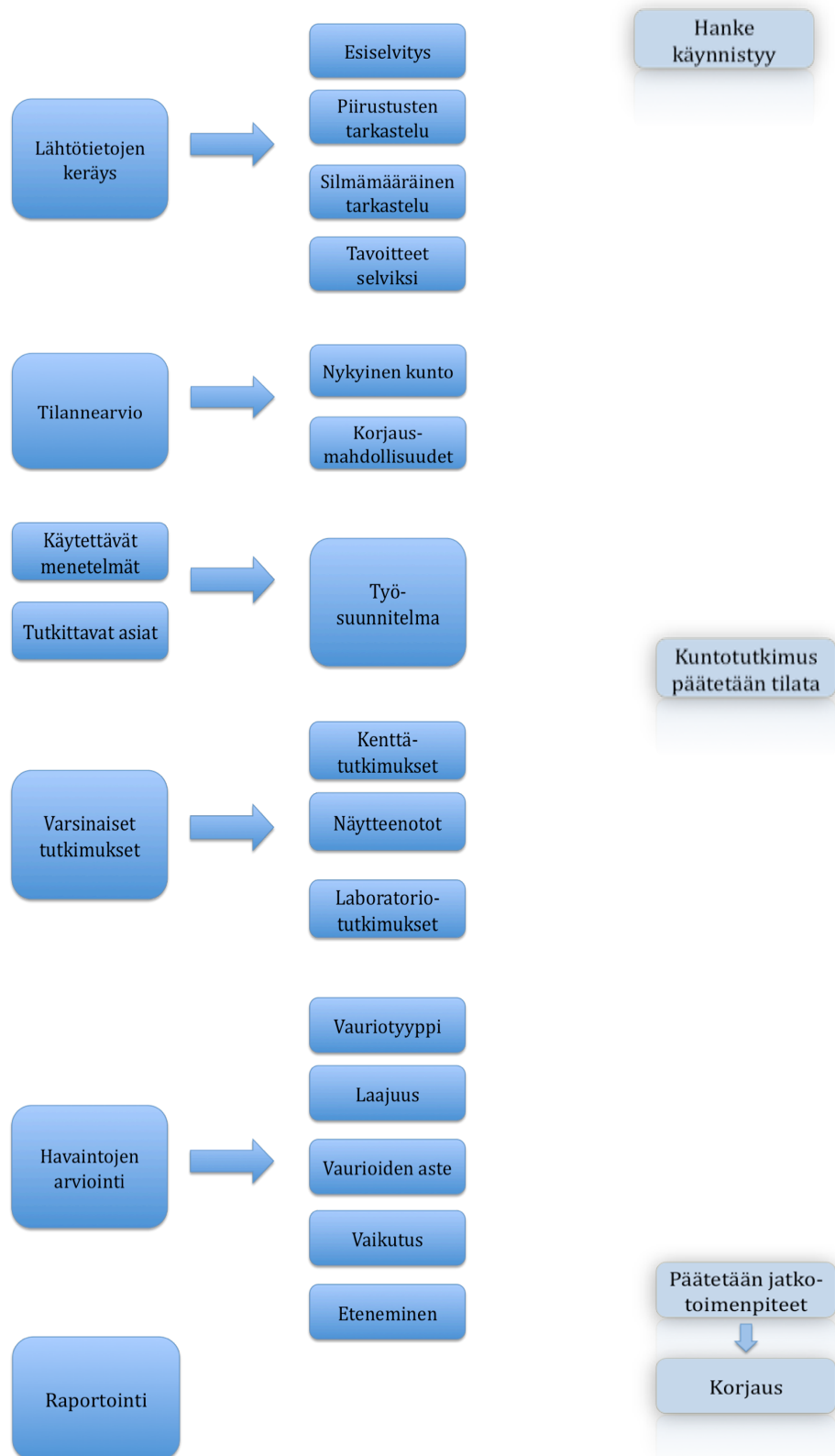
5.3 Kuntotutkimuksen eteneminen

Hanke käynnistyy lähtötietojen ja tavoitteiden selvittämisellä, ja apuna käytetään kohteen piirustuksia sekä rakennustyöselityksiä. Tilanearvio laaditaan vaurioiden esiasteiden perusteella, joihin voidaan tutustua tarkemmin esimerkiksi vieraile-

malla tutkimuskohteessa. Kun vauriotilanne on kartoitettu, voidaan aloittaa kunto-
tutkimuksen tavoitteiden suunnittelu. /7, 60–62, 78–79/

Rakennuksen tilannearvion perusteella saadaan käsitys syntyneistä vaurioista ja
sen myötä pystytään arvioimaan miten vauriot vaikuttavat rakenteen turvallisuu-
teen ja kantavuuteen. Tilannearvion pohjalta kehitellään työsuunnitelma, johon
kirjataan tutkittavat asiat ja käytettävät tutkimusmenetelmät sekä mahdollisten
näytteiden määrä ja otantapaikka. /7, 60–62, 78–79/

Kun työsuunnitelma on tehty, voidaan ryhtyä varsinaisiin toimenpiteisiin ja aloit-
taa kenttätutkimukset. Näytteitä tutkitaan laboratoriossa, ja havaintojen perusteel-
la saadaan käsitys vaurioiden asteesta ja laajuudesta. Tutkimustulosten avulla pys-
tytään päättämään vaurioiden mahdolliset vaikutukset rakenteen kantavuuteen.
Laboratoriotutkimuksen perusteella voidaan päättää jatkotoimenpiteistä ja suunni-
tella rakennukselle edullisin ja järkevin korjaustoimenpide. Ohessa on yksi esi-
merkki, kuinka kuntotutkimus voi edetä. /7, 60–62, 78–79/



Kuva 11. Esimerkkikaavio kuntotutkimuksen kulusta. /7, 60–62/

5.4 Kuntotutkimuksen sisältö

Rakennuksen ominaisuudet määrittelevät kuntotutkimuksen sisällön. Jokainen kuntotutkimus on uniikki, sillä rakennukset kuluvat eri tavoin ja eri tahtiin riippuen käytetyistä rakennusmateriaaleista ja rakenneratkaisuista sekä ulkoisista ympäristöstä aiheutuvista tekijöistä. /7, 62/

Kuntotutkimuksen alkuvaiheessa havainnoidaan kohteen ongelmat, jolloin on helppoa laatia suunnitelma käytettävistä menetelmistä sekä tutkittavien näytteiden määrästä. Silloin myös päätetään, kuinka laaja tutkimus halutaan tehdä, mutta tutkimuksen lopulliseen sisältöön vaikuttaa myös käytössä olevien resurssien määrä. Kun omat voimavarat tunnetaan, voidaan selvittää, mitkä tutkimusmenetelmät ovat omiin resursseihin sopivia, mihin tutkimusmenetelmiin on varaa ja mitä välineitä on mahdollista hankkia ja käyttää. Käytössä oleva budjetti on vaikuttava tekijä esimerkiksi näytteiden määrää suunniteltaessa. /7, 62/

Kun kuntotutkimus päätetään tehdä ja mietitään mitä tutkimusmenetelmiä aiotaan käyttää, on järkevää aloittaa tutkiminen edullisimmalla taktiikalla eli silmämääräisellä tarkastelulla. Näin pystytään tekemään alustava tilannekatsaus ja kalliimpia ja tarkempia tutkimusmenetelmiä, kuten laboratoriotutkimuksia, on helpompi kohdistaa oikeisiin paikkoihin. Hyvällä suunnittelulla ja toteutuksella säästetään sekä aikaa että rahaa. /7,61–63/

5.5 Kuntotutkimuksen raportointi

Kuntotutkimuksen tiedot kerätään lopuksi kirjalliseksi raportiksi, jonka on oltava järjestelmällinen ja selkeä. Kaikki havainnot, vauriot, mittaustulokset, käytetyt tutkimusvälineet ja menetelmät kirjataan ylös. Raportissa kerrotaan tarkasti myös vaihtoehtoiset korjaustoimenpiteet tai mahdolliset lisätutkimustarpeet tietyn asian nojalta. Raporttia laadittaessa tulee ottaa huomioon, että kohde saattaa olla täysin vieras jollekin raporttia lukevalle, eivätkä lukijat välttämättä ole alan ammattilaisia, joten raportointikielen ja johtopäätösten on oltava selkeästi ymmärrettävissä. /7, 134–140/

6 VAURIOIDEN TOTEAMISEEN KÄYTETTÄVÄT TUTKIMUSMENETELMÄT

Vaurioita tutkittaessa voidaan käyttää monenlaisia menetelmiä. Käytettävien menetelmien valinta riippuu täysin tutkimuskohteesta ja sen luonteesta, ja siksi kuntotutkimuksessa käytettävät tutkimusmenetelmät tuleekin valita vasta esiselvitysvaiheen jälkeen. /7, 87–88/

Korroosiota tutkittaessa halutaan selvittää sen laajuus ja betonin vaurioitumisaste, kloridipitoisuus- ja rakennetiedot, ja kuinka nämä asiat vaikuttavat rakenteen turvallisuuteen ja kantavuuteen. Joskus korrosio voi olla niin selkeästi havaittavissa, että korjaustoimenpiteiden aloittamispäätökseen ei tarvita tarkempia tutkimusmenetelmiä kuin silmämääräinen toteaminen. /7, 87–88/

6.1 Silmämääräinen tarkastelu

Erittäin pitkälle edenneet vauriot kyetään havaitsemaan silmämääräisen tarkastelun avulla helposti, nopeasti sekä edullisesti, sillä silmämääräiseen tutkimukseen vaadittava työmäärä on vähäistä eikä varsinaista tutkimuslaitteistoa vaadita. Tarkastelu tehdään maanpinnalta käsin ja apuna voidaan käyttää esimerkiksi kiikaria. /10, 35–37; 7, 67/

Silmämääräisen tarkastelun tutkimustulokset eivät kuitenkaan ole kovin luotettavia. Raudotteiden korrosioaste on mahdotonta selvittää ilman laajempia tutkimuksia. Mikäli rakenne on erittäin vaurioitunut ja rakenteet ovat näkyvissä betonin pinnalla, voidaan ainoastaan todeta rakenteen vaurioituneen melkoisesti, mutta vaurioiden laajuutta ja seurauksia, kuten turvallisuushaittoja tai kantavuuden heikkenemistä, ei voi päätellä ilman lisätutkimuksia. /10, 35–37/

Jos betonirakenteen maalipinta hilseilee, eli pinnasta irtoilee maalia, on betonirakenne saattanut altistua kosteudelle ja pakkasrapautuminen on saattanut alkaa. Silmämääräisen tutkimisen perusteella ei kuitenkaan voida olettaa pakkasrapautumisen todella alkaneen, vaan silmin havaitut vauriot ovatkin ainoastaan vihje

aloittaa laajemmat tutkimukset, kuten esimerkiksi betonin vetolujuuskoe. /10, 35–37/

6.2 Vasarointi

Vasarointia käytetään tutkimusmenetelmänä silmämääräisen tarkastelun yhteydessä ja sen avulla voidaan tutkia betonin pakkasrapautumista. Rapautuneen kohdan tunnistaa normaalia matalammasta koputusäänestä ja pienemmästä kimpoamisesta betonipintaa hakatessa. /7, 72–74 ja 98/

Vasarointi on menetelmänä luotettavampi kuin silmämääräinen tarkastelu, mutta senkään avulla ei pystytä toteamaan kuin pitkälle edennyttä rapautumista. Se on tutkimusmenetelmänä kuitenkin edullinen. /7, 72–74/

6.3 Asiakirjojen tarkastelu

Kun tiedetään betonirakenteen ikä, voidaan pelkästään rakenne- ja julkisivupiirustuksia sekä rakennustyöselvitystä apuna käyttäen saada alustava mielikuva rakenteen kunnosta. Ammattilaisen on helppo arvioida tiettyyn rakennusosaan mahdollisesti syntyneet vauriot, kun käytetyt materiaalit ja rakenteiden detaljit tunnetaan. /7, 66–67/

6.4 Vetolujuuskoe

Vetolujuuskokeella selvitetään betonin pakkasrapautumisen aste ja laajuus. Tuloksia ei voida arvioida vain yhden näytteen perusteella ja siksi koekappaleita on oltava useampia.

Vetokoetta varten betonista porataan yleensä halkaisijaltaan 50 mm, 77 mm tai 100 mm kokoisia lieriötä, jotka liimataan päistään kiinni vetolujuuskoneen pyöriin. Liiman tulee jähmettyä noin vuorokauden verran, kunnes koe pystytään suorittamaan vetämällä lieriötä molemmista päistä yhtä suurella voimalla. Jos vetolujuus on yli 1,5 MPa lieriön haljetessa, ei rapautumaa todennäköisesti ole lainkaan. Mikäli vetolujuus on 0,5-1 MPa lieriön haljetessa, näyte on vähän rapautunut. Erittäin rapautunut näyte repeää vetolujuuden ollessa alle 0,5 MPa. On kuitenkin

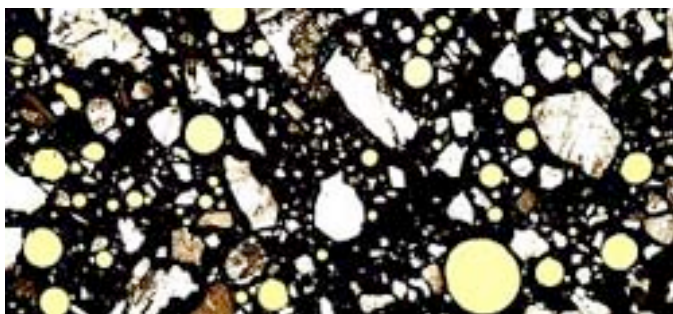
huomioitava, että vetokoetta yksin ei voida käyttää todisteena pakkasrapautumasta. Esimerkiksi betonin kiviaineksen laatu, pieni lujuusarvo tai pakkovoimien aiheuttamat halkeamat voivat olla osasyitä betonin pienelle vetolujuusarvolle. /7, 103–105/

6.5 Puristuslujuuskoe

Vetolujuuskokeen tavoin puristuslujuuskokein voidaan saada käsitys betonin pakkasrapautuman ja muiden vaurioiden laajuudesta betonirakenteessa. Puristuskoetta tehdään puristamalla yleensä halkaisijaltaan 100 mm kokoista betonilieriötä, kunnes se halkeaa. Betonin lujuusluokka määräytyy käytetyn puristuslujuuden mukaan. Esimerkiksi jos betonilieriö halkeaa 25 MPa ($=\text{N}/\text{mm}^2$) puristusvoimasta, on betonin lujuusluokka K-25. /12/

6.6 Ohuthietutkimus (Mikrorakennetutkimus)

Rapautuminen ei siis ole ainut syy veto- ja puristuslujuuden heikentymiselle, ja siksi hietutkimus on järkevä tehdä aina kun vetolujuuden todetaan olevan todella pieni. Ohuthietutkimuksella voidaan tarkastella betonirakennetta mikroskooppisen tarkasti. Se on kallis, mutta erittäin tarkka tutkimusmenetelmä, jossa käytetään polarisaatiomikroskooppia tutkimusvälineenä. Betonista porataan timanttiporan avulla pala, josta hiotaan hyvin ohut (n. 25–30 mikrometrin paksuinen) hie. Näyte on hiottava kohtisuoraan betonipinnan kanssa, jotta sitä voidaan tarkastella oikein, sillä jäätyminen etenee tasaisena rintamana rakenteen pinnalta. Valmistettu hie asetetaan mikroskooppiin analysoitavaksi, jolloin pystytään havaitsemaan suoja-
huokokset. /7, 100–105/



Kuva 12. Ohuthiekuva riittävästi lisähuokoistetusta betonista. Vaaleankeltaiset ympyrät ovat suojahuokosia. Kuva-ala on n. 5 mm x 9 mm. /17/

6.7 Suojahuokoskoe

Riittävä suojahuokosten määrä betonissa estää lämpötilaeroista aiheutuvan betonin laajenemisen ja kutistumisen. Lämpötilan vaihtelusta aiheutuvat liike-erot johtavat lopulta halkeiluun. Suojahuokoskokeella pystytään selvittämään, onko betoni riittävän huokoista. /7, 105/

Suojahuokoskoe voidaan tehdä monella eri tavalla, mutta pääperiaate on, että koekappale viedään laboratorioon ja kyllästetään vedellä. Tutkimuksessa saadaan selville betonin suojahuokossuhde, joka tarkoittaa betonin vedestä täyttymättömiä suojahuokosten tilavuuden suhdetta kokonaishuokostilavuuteen. Yleensä suojahuokossuhteen ollessa yli 0,20 betoni luetaan pakkasenkestäväksi, mutta täysin varmasti ei betonin pakkasenkestävyyttä voida suojahuokoskokeella todeta. Suojahuokoskoe tehdäänkin yleensä täydentämään mikrorakennetutkimusta. /7, 105–106/

6.8 Betonin karbonatisoitumissyvyyden mittaus

Neutraloitunut betoni ei suojaa raudotteita korroosiolta. Karbonatisoitumissyvyyden mittauksella saadaan selville, kuinka syvästi betoni on neutraloitunut eli vaurioitunut. Karbonatisoitumissyvyyden määrittämisellä siis selvitetään, ylittääkö karbonatisoitumisrintama raudotteisiin asti, eli onko korroosiota päässyt tapahtumaan raudotteiden pinnalla. /7, 91–92/

Tutkimus tehdään yleensä poraamalla rakenteesta lieriön muotoinen, halkaisijaltaan 100 mm kokoinen pala. Näyte puhdistetaan porausjätteistä pesemällä vedellä ja tutkitaan mieluiten jo samana päivänä, kun poraus on tapahtunut. Kuivuneen lieriön pinnalle joko ruiskutetaan tai sivellään indikaattoriliuosta, jonka sekoitusuhde on seuraava: gramma fenoliftaleiinijauhetta, 50 grammaa etanolia ja 50 grammaa vettä. Indikaattori- eli fenoliftaleiiniliuosta voidaan vaihtoehtoisesti si-

vellä tai ruiskuttaa myös poratun reiän ympärille tai muuhun betonirakenteessa olevaan aukinaiseen kohtaan. /7, 92/

Karbonatisoitumaton betoni, ts. betoni, joka ei ole turmeltunut, värjäytyy violetiksi fenoliftaleiinin vaikutuksesta. Karbonatisoitunut eli neutraloitunut betoni ei värjäänny. Poikkeuksena on valkobetoni, joka saattaa värjäytyä kokonaan fenoliftaleiiniliuoksesta. Sen vuoksi rakennuksissa, joissa on käytetty valkobetonia, ei voida käyttää fenoliftaleiiniliuosta tutkimusmenetelmänä. /7, 92–93/

Karbonatisoitumissyvyyden mittauksessa käytetään apuvälineenä työntömittaa. Tutkimuksella pyritään selvittämään keskimääräinen karbonatisoitumissyvyys, joka selvitetään mittaamalla lieriön neutraloituneen osan syvyys useasta kohdasta. Lopuksi lasketaan syvyyksien keskiarvo, jolloin tulos on luotettava.

Suuret karbonatisoitumissyvyyden vaihtelut voivat olla peräisin rakennusvaiheessa tehdyistä laadullisista virheistä, kuten heikosta tiivistyksestä. Myös halkeamien kohdalla syvyysvaihtelut ovat usein suuria, mutta näiltä paikoin syvyyksiä ei oteta huomioon karbonatisoitumisrintaman keskivertosyvyyttä selvittäessä. Paikoittaiset vaihtelut kertovat kuitenkin betonityön laadusta; mitä enemmän rakenteessa esiintyy karbonatisoitumissyvyyden vaihtelua, sitä huolimattomammin betonointityö on rakennusvaiheessa suoritettu. /7, 93/

Tulosten luotettavuus paranee näytteiden määrän kasvaessa. Toisaalta mitä enemmän näytteitä otetaan, sitä kalliimmaksi tutkimus yleensä tulee. Siksi mittauskohdat on valittava huolellisesti, jotta saataisiin mahdollisimman todennukainen tulos pienellä näytemäärällä. /7, 93/



Kuva 13. Indikaattoriliuoksen osoittamaa karbonatisoitumista. Värjäntymätön kohta lieriön yläreunassa on vaurioitunut.

6.9 Terästen betonipeitepaksuuksien selvittäminen

Raudoitteita suojaavan betonipeitteen paksuus voidaan selvittää peitepaksuusmittarilla rakenteita rikkomatta. Kyseistä tutkimusmenetelmää käytettäessä tulee olla tiedossa mitattavan alueen raudoitteiden halkaisijat, jotka syötetään lähtötiedoksi mittariin. Mittarilla voi mitata ainoastaan magneettisten raudoitteiden betonipeitepaksuuksia, sillä laitteen toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Ruostumattomien raudoitteiden peitepaksuuksia kyseisellä laitteella ei voida mitata. Kun betonipeitepaksuudet ovat tiedossa, voidaan saada käsitys korroosion levinneisyydestä. Jos betonipeitepaksuus on riittävän suuri, raudoitteet ovat turvassa ympäristön aiheuttamilta rasituksilta. Mikäli peitepaksuus on ohut, rakenne saattaa vaurioitua herkästi. /7, 94/

6.10 Kloridipitoisuuden määrittäminen

Tutkittavaa betonia porataan poravasarella, jolloin syntyy jauhetta, joka on kokonaan saatava talteen. Jos osa jauheesta tippuu maahan tai lähtee tuulen mukaan, ei tutkimus ole luotettava. Jauhe viedään laboratorioon ilmatiiviissä pussissa ja sen kloridipitoisuus mitataan titraamalla. /7, 96–98/

7 VAIHTOEHTOISIA KORJAUSTOIMENPITEITÄ BETONIRAKENTEELLE

Betonirakenteelle on olemassa monia korjausvaihtoehtoja, ja valinta siitä, mikä korjausmenetelmä lopulta otetaan käyttöön, on monivaiheinen. Aluksi otetaan huomioon kaikki vartenotettavat korjausvaihtoehdot, jotka voisivat olla ratkaisu rakennuksen teknisiin ongelmiin. Lopulta vaihtoehtoja aletaan karsia siten, että päädytään kyseiselle kohteelle taloudellisimpaan ja järkevimpään korjaustoimenpiteeseen, kuitenkin niin, että viimeinen päätösvalta korjaustavasta on rakennuksen omistajalla tai rakennuttajalla. /11, 13–14/

7.1 Laastipaikkaus

Laastipaikkausta voidaan käyttää korjausmenetelmänä silloin, kun vauriot ovat vähäisiä ja jakautuneet paikoittain. Rapautunut, karbonatisoitunut tai muutoin vioittunut betoni poistetaan vaurioituneesta kohdasta esimerkiksi piikkaamalla ja kohta puhdistetaan porausjätteistä. Raudoite suojataan korroosiolta sivelemällä siihen korroosionsuoja-ainetta. Lopuksi kohtaan levitetään tarvittaessa tartuntalaastia ja se täytetään paikkauslaastilla. Paikkauslaastin pinnan tulee olla samankaltainen kuin alkuperäinen paikkaa ympäröivä pinta rakennuksen esteettisyyden takaamiseksi. /11, 41/

7.2 Ruiskubetonointi

Ruiskubetonointia käytetään rakenteiden pinnan korjauksiin silloin, kun vauriot eivät ole vielä yltäneet kovin syvälle rakenteeseen. Menetelmän avulla pystytään kasvattamaan suojabetonipeitettä ja siten hidastaa raudoitteiden korroosiota. Ruiskubetonointimenetelmiä on kaksi: märkä- ja kuivamenetelmä, joista kuivamenetelmä on yleisempi rakenteiden korjaamisessa. Märkämenetelmä vaatii suurta ruiskutuskalustoa ja lopputulos on karkeapintaista, joten sitä ei juurikaan käytetä näkyvissä rakennuksissa. /11, 53/

Tarkastellaan ruiskubetonointia kuivamenetelmänä. Rapautunut betoni poistetaan ja kohta puhdistetaan piikkauspölystä ym. liasta. Raudoitteita ei välttämättä ole

tarpeen suojata korroosionsuoja-aineella, sillä ruiskubetoni itsessään takaa tarpeeksi suuren korroosiosuojan. /11, 54/

Ennen ruiskubetonointityön aloittamista seinärakenteessa olevat kolot on järkevä täyttää, jotta saavutettaisiin tasainen lopputulos. Ruiskubetonointi suoritetaan vaakaa- tai pystykaistoittain siten, että ruiskutuksesta aiheutuneet roiskeet eivät sotke jo valmista pintaa. Ruiskutus tehdään kerroksittain siten, että yksi kerros on yleensä noin 20-25 mm paksu. Jälkihoitoon on syytä kiinnittää erityistä huomiota, sillä ruiskubetonoinnissa käytetään erittäin vähän vettä. Valmista pintaa ei saa päästää kuivumaan, koska kuivuminen aiheuttaa mm. betonin halkeilua ja muita ongelmia. /11, 56–57/

7.3 Erikoismenetelmät

7.3.1 Inhibointi

Inhibiittorit ovat kemikaaleja, jotka hidastavat sähkökemiallisen korroosion etenemistä raudoitteessa. Ne annostellaan korjaamisessa käytettävään betoniin. Inhibiittorien käyttö on melko edullinen korjausmenetelmä, mutta inhibiittorit ainoastaan hidastavat korroosiota, eivätkä estä jo syntyneitä vaurioita. /11, 92/

7.3.2 Alkalointi

Alkaloinnilla halutaan palauttaa betonin alkalisuus normaaliksi, toisin sanoen nostaa betonin pH:ta. Ulkoisen sähkövirran avulla terästen pinnalle syntyy hydroksidi-ioneja. Samalla raudoitteiden läheisyydessä olevan betonin pH kasvaa ja siten korroosio syntymisen vaikeutuu. Tapahtumaketjusta käytetään nimeä uudelleen alkalointi. /11, 89–92/

7.3.3 Katodinen suojaus

Koska korroosio on sähkökemiallinen ilmiö, myös katodinen suojaus on yksi tapa estää korroosio. Katodinen suojaus perustuu raudoituksen toimimiseen katodina ulkoisen virtalähteen avulla. Teräksen potentiaalia siirretään negatiiviseen suun-

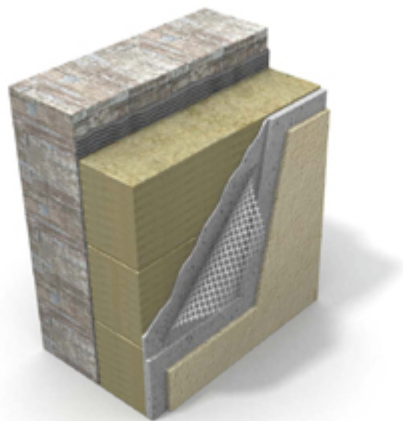
taan siten, että se passivoituu ja tulee ruostumiselle immuuniksi. Tätä menetelmää käytetään lähinnä kloridipitoisessa betonissa. /9, 7-9; 11, 89/

7.4 Lämpö- eli eristerappaus

Vaurioitunut betonirakenne on mahdollista korjata lisäeristämisen avulla. Tämä lämpö- eli eristerappaus tarkoittaa lämmöneristyslevyn päälle suoritettua rappausta. Eristerappaus voidaan tehdä suoraan vanhan betonirakenteisen seinän päälle, ja sillä saadaan aikaan saumaton julkisivu kustannustehokkaasti. Menetelmää voidaan käyttää myös uudisrakentamisessa. Eristerappauksen myötä rakennuksen lämpötila saadaan pidettyä kohtuullisena ja kuivana myös talvisaikaan, jolloin pakkasrapautuminen tai karbonatisoituminen eivät pääse vahingoittamaan rakennetta enempää. /13; 14/

Perinteinen eristerappaus voidaan toteuttaa kiinnittämällä lisäeriste julkisivun pintaan mekaanisin kiinnikkein, joita on oltava neljä kappaletta neliömetriä kohden, mikäli eristeeksi valitaan alle 100 mm paksu eriste. Muutoin kiinnikkeitä on oltava enemmän. Eristeen päälle asennetaan kuumasinkitty teräsverkko, joka kiinnitetään samoihin mekaanisiin kiinnikkeisiin kuin eriste. Verkko päällystetään rappauslaastilla ja pintalaastina käytetään yleensä silikonihartsipinnoitetta, jota on saatavilla monia väri- ja pintavaihtoehtoja. /13; 14/

Eriste voidaan kiinnittää rakenteeseen myös liimalaastilla mekaanisten kiinnikkeiden sijaan. Mikäli eristeestä halutaan erityisen paksu, eristeitä voidaan asettaa päällekkäin, mutta silloin tulee kuitenkin ottaa huomioon, että eristeiden saumat on asennettava limittäin. Eristerappaus on vettä hylkivä rakennustapa, minkä ansiosta rakennus pysyy hyvin kuivana ja lämpimänä. /13/



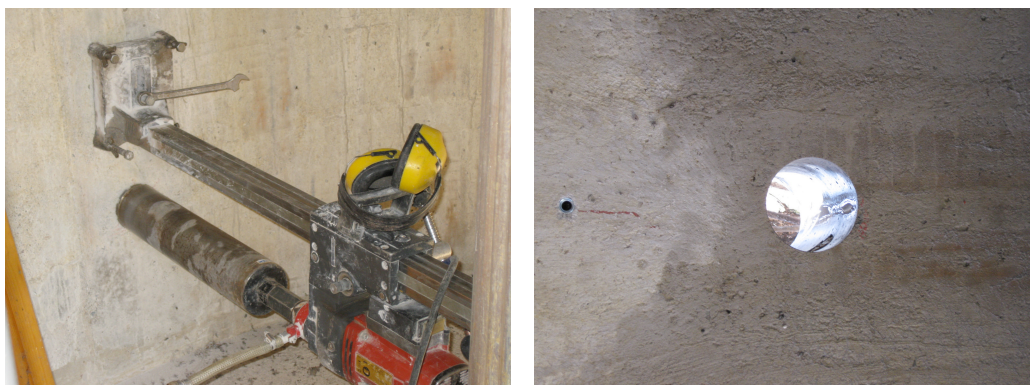
Kuva 14. PAROCin tarjoama ohutrappausmenetelmä. Kuvassa vanha betoniseinä, lämmöneriste, teräsverkko sekä rappaus. Tuloksena saumaton julkisivu. /13/

7.5 Injektointi

Injektoimalla voidaan paikata betonirakenteeseen syntyneitä halkeamia ja tiivistää vaurioituneita saumoja. Injektointiaine on nestemäistä ainetta, jota ruiskutetaan vaurioituneelle alueelle, jossa se kovettuu yhtenäiseksi massaksi. Injektointiaineenä voidaan käyttää esimerkiksi kalkkisementtilaastia, kalkkia, sementtiä, epoksia, geeliä tai polyuretaania. /15/

8 TUTKIMUKSET JA TULOKSET

Vähänkyrön vesitornista porattiin tutkimuksia varten kolme halkaisijaltaan noin 100 mm lieriötä. Poraus toteutettiin timanttiporalla tiistaina 27. maaliskuuta. Lieriöiden otantapaikat ovat 35 cm korkeudella lattiatasosta vesitornin sisääntulokeroksessa, jotta porauksessa syntyneitä aukkoja voidaan käyttää hyödyksi ilmanvaihtoa suunniteltaessa. Poratut lieriöt pakattiin ilmatiiviisiin pusseihin ja vietiin Technobothnian laboratorioon tutkittaviksi.



Kuvat 15-16. Timanttipora Vähänkyrön vesitornissa. Aukko ulkoseinässä porauksen jälkeen.

8.1 Koekappaleet

Taulukko 1. Koekappaleiden ulkonäkö.

Koekappale	Pituus [mm]	Halkaisija [mm]	Muuta huomioitavaa
Kappale 1	255	93,7	15 mm syvä halkeama
Kappale 2	250	93,5	Yhtenäinen ja virheetön
Kappale 3	260	93,5	Raudoite havaittavissa



Kuvat 17a, 17b ja 17c. Koekappaleet 1, 2 ja 3 ennen testejä.

8.2 Karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen

Betonilieriöiden karbonatisoitumissyvyys saatiin selville indikaattoriliuoksen avulla, joka aiheuttaa värjäytymistä vaurioitumattomassa betonissa. Koekappaleet kasteltiin vesihanan alla, jonka jälkeen niiden pintaan ruiskutettiin fenoliftaleiiniliuosta, joka värjäsi kappaleet saman tien. Kappaleet vietiin uuniin kuivumaan, jonka jälkeen vaurioituneen eli värjäytymättömän alueen syvyys mitattiin kunkin koekappaleen sekä sisä- että ulkopinnoilta 15:stä eri kohdasta. Siten pystyttiin laskemaan jokaisen koepalan karbonatisoitumissyvyyden keskiarvo.



Kuvat 22-23. Indikaattoriliuoksella värjätyt koepalat. Koepalojen yläpinnasta havaittava karbonatisoitumisrintama näkyy värjäntymättömänä osana.

Karbonatisoitumisnopeutta voidaan tarkastella yhtälöllä

$$y = k\sqrt{t}, \text{ jossa} \quad (2)$$

y =karbonatisoitumissyvyys [mm]

k =karbonatisoitumiskerroin [mm/ \sqrt{a}] ja

t =karbonatisoitumiseen kulunut aika [a]

Tampereen teknillisen korkeakoulun talotekniikan laitos on laatinut tutkimuksen, jonka mukaan ulkona sijaitsevan betonin karbonatisoitumiskerroin asettuu tyypillisesti välille 1,5–3,5 mm/ \sqrt{a} . /8,17/

Tutkimuksen perusteella voidaan arvioida Vähänkyrön vesitornin betonin karbonatisoitumissyvyyden 41 vuoden kuluessa olevan

$$\sqrt{41} \approx 6,4, \text{ jolloin}$$

$$6,4 \times 1,5 \text{ mm} \approx 9,6 \text{ mm ja}$$

$$6,4 \times 3,5 \text{ mm} \approx 22,4 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow 9,6 \dots 22,4 \text{ mm.}$$

Taulukko 2. Koepalojen karbonatisoitumissyvydet.

Koekappale	Keskiarvo [mm]
Kappale 1, sisäpinta	13,7
Kappale 1, ulkopinta	7,0
Kappale 2, sisäpinta	15,3
Kappale 2, ulkopinta	9,6
Kappale 3, sisäpinta	15,4
Kappale 3, ulkopinta	4,9

Raudoitteiden korroosio käynnistyy, kun karbonatisoitumisrintama saavuttaa teräksen. Tutkimustulosten ja laskelmieni perusteella Vähänkyrön vesitornin karbonatisoitumissyvydet eivät ole vielä mahdolloman suuret. Koska Vähänkyrön vesitornin suojabetonipeite on rakennuspiirustusten mukaan noin 19 mm, karbonatisoitumisrintama (4,9...15,4 mm) ei ole vielä saavuttanut raudoitteita, eikä korroosiota siis ole terästen pinnalla tapahtunut. Vesitornin halkeamat on kuitenkin syytä tukkia ja karbonatisoitumisen eteneminen on pysäytettävä.

8.3 Puristuslujuuskoe

Lieriöistä sahattiin viisi 100 mm pituista näytettä, jotka asetettiin vuoronperään AMSLER 200 D 79-merkkiseen hydrauliseen puristuskoneeseen. Lieriöiden halkaisija on 93,5 mm ja 93,7 mm. Lieriöiden korkeuden suhde leveyteen on

$$100 \text{ mm}/93,5 \text{ mm} = 1,07 \text{ ja} \quad (3)$$

$$100 \text{ mm}/93,7 \text{ mm} = 1,07$$

Koekappaleet punnittiin ja mitattiin tarkasti ennen puristuskoetta. Puristuskoneen mittaskaala on nolasta aina sataan tonniin asti, ja tulos saadaan 0,1 tonnin eli sadan kilogramman tarkkuudella. Tuloksiksi saatiin siis murtolujuuden arvo tonnei-

na, joka muutetaan Newtoniksi kertomalla putoamiskiihtyvyydellä $0,00981 \text{ mm/s}^2$.

Kun murtolujuus tunnetaan, voidaan laskea lieriön puristuslujuus f_c . Puristuslujuus on verrattavissa betonin lujuusluokkaan eli K-arvoon. Lujuusluokka saadaan selville seuraavalla kaavalla

$$f_c = F_u / A, \text{ jossa} \quad (4)$$

$F_u =$ murtolujuus [MN]

$$\Rightarrow F_u = ma \quad (5)$$

$$\Rightarrow F_u = 31,8 \text{ ton} \times 0,00918 \text{ mm/s}^2 = 0,292 \text{ MN ja}$$

$A =$ puristuspinnan ala [m^2]

$$\Rightarrow A = \pi r^2 = \pi (0,0937 \text{ m})^2 = 0,0276 \text{ m}^2 \quad (6)$$

$$\Rightarrow f_c = F_u / A = 0,292 \text{ MN} / 0,0276 \text{ m}^2 = 11,3 \text{ MPa}$$

Taulukko 3. Puristuslujuuskokeen tulokset.

Kappale	A [m^2]	Murtolujuus [ton]	Paino [g]	f_c [MPa]
1/1	0,0276	31,8	1609	11,3
2/1	0,0275	39,7	1610	14,2
2/2	0,0275	39	1611	13,9
3/1	0,0275	32,5	1615	11,6
3/2	0,0275	30	1647	10,7

Tuloksista huomataan, että puristuslujuudet keskittyvät välille 10,7–14,2 MPa. Näytettä 3/2 puristettaessa raudoite vapautui lieriön sisältä lieriön hajotessa palasiksi. Raudoitteessa ei ole korroosion merkkejä.



Kuvat 18-19 Korroosio ei ole vaikuttanut raudoitteeseen. Koepala 3/2 murtui pieniksi palasiksi 30 tonnin voimasta.

8.4 Kloridipitoisuuden määrittäminen

Kloridimittauksessa käytettiin tutkimusvälineenä RCT 500 (Rapid Chloride Test) -kloridipitoisuusmittaria. Kiviaines vasaroiitiin hienoksi jauheeksi, jonka raekoko on 0,125 mm. Saatu jauhe kaadettiin kannelliseen näyteastiaan ja sekoitettiin nesteeseen, jonka jälkeen kansi suljettiin ja näytettä ravisteltiin noin viisi minuuttia. Ravistelun aikana näyte lämpeni hieman ja astiaan syntyi painetta. Näytteestä saatiin RCT-mittarilla arvo 94,8 mV, jota verrattiin kloridipitoisuuskäyrään (liitteenä). Laitteen virhemarginaali on 3...5 mV. Käyrän perusteella näytteen kloridipitoisuus on 0,0051 %, joten kloridipitoisuuden voidaan todeta olevan hyvin pieni, sillä kloridipitoisuus on raudoitetulle betonirakenteelle haitallinen vain, mikäli pitoisuus on yli 0,07 %. Kloridipitoisuus mitattiin ainoastaan koekappaleesta nro

3, sillä jo puristuskokeessa koekappaleesta irronneen raudoitteen perusteella pystyttiin silmin havaitsemaan, että mahdolliset suolat eivät ole vaikuttaneet raudoitteeseen negatiivisesti. /7, 23–24/

9 YHTEENVETO JA PERUSPARANNUSTOIMENPITEET

Vähänkyrön vesitorniin tekemieni vierailujen sekä tutkimustulosten perusteella voin todeta, että torniin on pian tehtävä korjauksia. Korjaustoimenpiteet tullaan aloittamaan kuluvan vuoden aikana tai viimeistään vuonna 2013.

9.1 Kellari ja maanrakennustyöt

Maan alla sijaitseva putkikellari on suljettu tila, jossa ilma ei pääse kunnolla vaihtumaan, jonka vuoksi putkikellarissa olevat, kostuneet tojalevyt poistetaan. Tornin ympärille tehdään neljä metriä leveä murskepintainen kulkutie, jonka alle asetetaan routasuojaus kahden metrin leveydeltä tornista. Maankaivun yhteydessä tornin sokkeliosuus varustetaan polyuretaanilevyillä, jotka takaavat rakenteelle erinomaisen lämmöneristävyuden. Kellarin luukkuun tehdään reikä, jotta ilma pääsee vaihtumaan tornissa, eikä uusia kosteushaittoja enää synny.

9.2 Jalkaosa

Tornin jalkaosan sisäpinnoilla esiintyy silmin havaittavaa halkeilua. Seinämät ovat halkeilleet symmetrisesti neljästä eri kohdasta aina tornin alaosasta vesisäiliöön asti. Vaurioituneet kohdat paikataan injektoimalla, jolloin halkeamiin ruiskutetaan nestemäistä sideainetta, joka lopulta kovettuu paikaten halkeama-alueet.

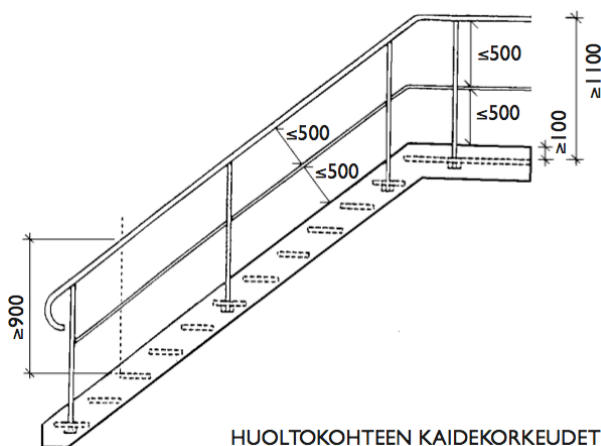
Injektointityön jälkeen tornin ulkopintaan tehdään lämpörappaus. 50 mm lämmöneristeitä asetellaan päällekkäin sekä lomittain siten, että ne muodostavat 100 mm paksun kerroksen tornin ympärille. Lämmöneristeen paksuudeksi valitaan 50 mm, sillä 100 mm paksu lämmöneriste ei taivu riittävästi pyöreän betonirakenteen ympärille. Juuri pyöreiden vuoksi eristeet asennetaan päällekkäin, jotta ne voivat muotoutua rakenteen ympärille tiiviisti. Eristyksestä saadaan siis tiiviimpi ja taipuisampi käyttämällä kahta 50 mm lämmöneristettä yhden 100 mm lämmöneristeen sijaan. Lämmöneristeiden päälle asetetaan teräsverkko, jonka jälkeen kuorelle tehdään pintakäsittely eli rappaus.

Tornin sisäpinta maalataan tasoituksen jälkeen, sillä maalatut seinät on tulevaisuudessa helpompi puhdistaa kuin pelkkä betonipinta. Maaliksi valitaan pesun ja

kulutuksen kestävä maali, joka sisältää homeenestoainetta. Lattia maalataan epoksimaalilla. Lisäksi ulko-ovi vaihdetaan uuteen alumiinioveen.

Koko vesitorniin tehdään ilmanvaihtojärjestelmä, ja koepalojen poraukset suunniteltiin siten, että porattuja reikiä voidaan hyödyntää tuloilmaventtiileinä. Reiät sijaitsevat pohjakerroksessa 35 cm korkeudella, ja ne on peitetty verkolla.

Portaikokkaitteet muutetaan nykypäivän turvallisuutta vastaaviksi. Ajatellaan vesitornia huoltokohteena, jolloin rakentamismääräyskokoelman kohdan F2 mukaan kaitteen yläreunan eli käsijohteen tulee olla vähintään 900 mm korkeudella. Kaitteessa on myös oltava välijohde 500 mm välein. /16, 4–8/



Kuva 20. Portaiden kaidekorkeusvaatimukset. /16/

9.3 Yläosa

Koska vesitornin yläosan mineriittilevyt ovat hyvässä kunnossa, ei niitä kannata poistaa, ja levyjen maalauksella niiden käyttöikä voidaan pidentää entisestään. Työt aloitetaan tarkastamalla mineriittilevyjen kiinnitykset ja pesemällä levyt. Pesun yhteydessä mineriittilevyjä ei saa harjata eikä rikkoa niiden sisältämän asbestipölyn vuoksi. Levyt käsitellään ensin silikaattipohjusteen ja veden sekoituksella, jonka jälkeen levyt maalataan jollain epäorgaanisella maalilla, jotta levyjen hen-

gittävyys ei heikenny. Maalin sävy valitaan jalkaosan rappauksen sävyyn sopivaksi. Ulkokuorta kannattelevat harjateräksiset puhdistetaan ja maalataan ruosteestomaalilla.

Katolle vievät tikkaat ovat vaaralliset suuren tippumisriskin vuoksi. Tikkaat uusitaan alumiinitikkaiksi ja ne varustetaan turvavaljaskiskoin. Myös katon turvallisuuden kiinnitetään huomiota, ja sinne asennetaan suojakaiteet.

9.4 Säiliö

Vesisäiliö pestään ja siellä olevat halkeamat paikataan. Säiliöön hankitaan mittatilauksena vesitiivis muovinen suojapussi, joka täytetään vedellä. Pussin tulee pysyä paikoillaan, vaikka säiliössä ei vettä olisikaan.

9.5 Vesikatto

Vesikaton huopa poistetaan, sillä se on haurastunut ja vaurioitunut pahasti auringonsäteilyn vaikutuksesta. Vanha vesikatto korvataan uudella kuumasinkityllä peltikatolla, eli sinkityllä teräsohutlevyllä, jonka paksuus on 0,6 mm. Paksumpi pelti kestää paremmin, ja käyttöikäksi voidaan arvioida vähintään 50 vuotta, mikäli peltiä huolletaan säännöllisesti. Huolto tapahtuu maalaamalla. Vaikka huoltoa laiminlyötäisiin, on kuumasinkitty peltikatto kuitenkin pisimpään kohtalaisena säilyvä kattomateriaali. /20/

9.6 Valaistus ja sähköistys

Vesitornin sähköpisteet, valaisimet, kytkimet, sekä pistorasiat uusitaan sekä sisä-että ulkopuolelta. Tornin ulko-oven valaisimeen asennetaan liiketunnistin. Myös runko valaistetaan halogeenivaloin tornin pituudelta kolmesta eri kohdasta. Lisäksi tornin ryhmäkeskus ja johdotukset uusitaan. Muutostöistä johtuen veden valvontaa voidaan seurata elektronisesti.

LÄHTEET

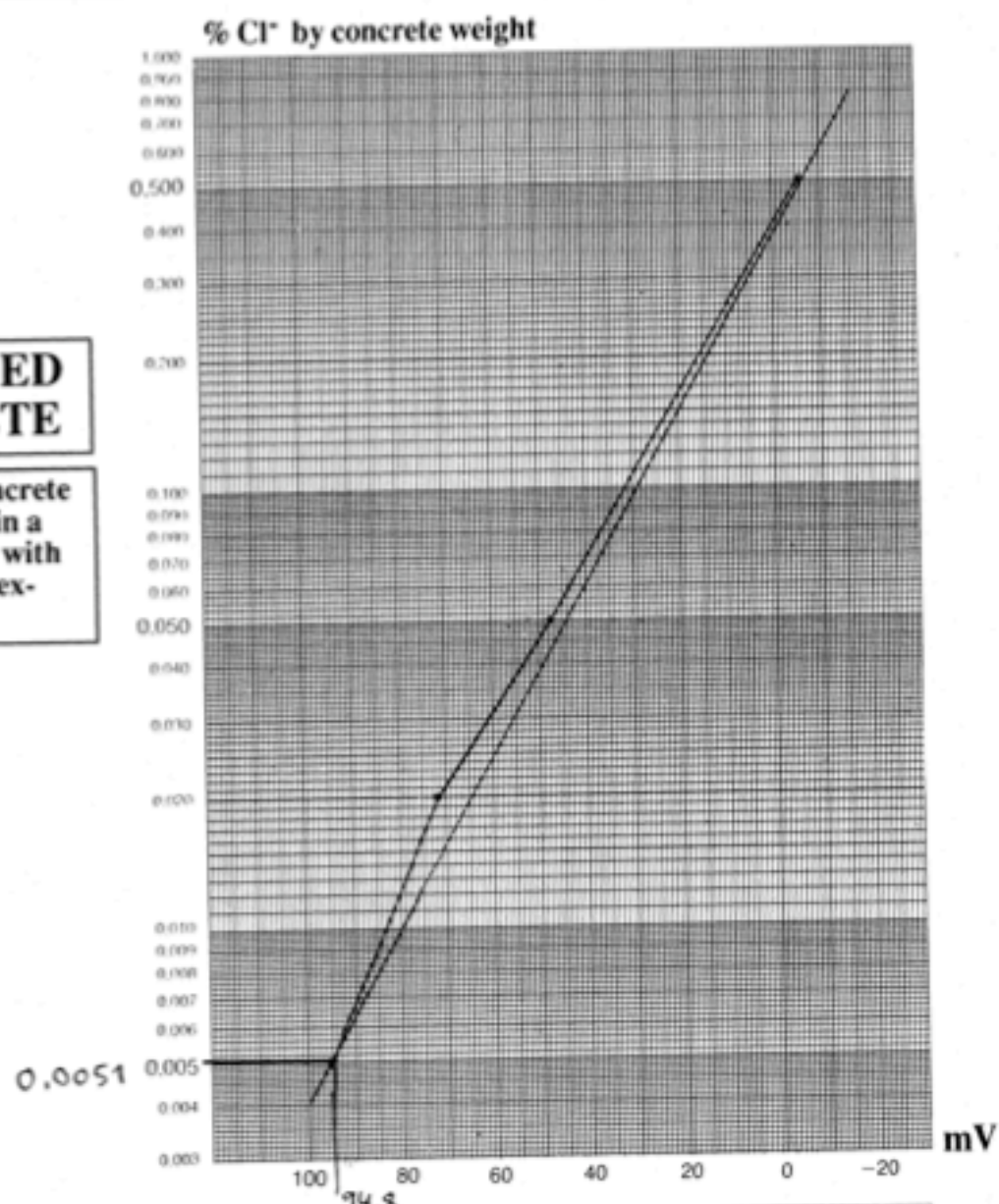
- /1/ Vaasan veden vuosikertomus. 2010. Saatavilla internetissä: <http://www.vaasanvesi.fi/Suomeksi/Esittely/Vuosikertomukset>
- /2/ Audiopro Oy. 2011. Vaasan ja Vähänkyrön kuntarakenneselvitys. [viitattu 26.1.2012] Saatavilla Internetissä: http://www.vahakyro.fi/Suomeksi/VAHAKYRO-VAASA_YHDISTYMISSSELVITYS
- /3/ Vaasan veden verkkosivut. Saatavilla Internetissä: http://www.vaasanvesi.fi/Suomeksi/Esittely/Pilvilammen_vesilaitos/Puhtaanveden_sailytyks_ja_pumppaus
- /4/ S Vähänkyrön verkkosivut. Vesihuoltolaitos. [viitattu 26.1.2012] Saatavilla Internetissä http://www.vahakyro.fi/Suomeksi/TEKNINEN_TOIMI/Vesihuoltolaitos
- /5/ Vähänkyrön rakennuslautakunta. Vähänkyrön kunnan vesitornin rakennustyöselitys ja piirustukset. Helsinki 21.4.1970. Insinööritoimisto Oy Vesto.
- /6/ Vähänkyrön rakennuslautakunta. Vähänkyrön kunnan vesitornin putkityöselitys ja piirustukset. Helsinki 21.4.1970. Insinööritoimisto Oy Vesto.
- /7/ Suomen betoniyhdistys r.y. (2002). Betonijulkisivun kuntotutkimus 2002 by 42. 1. painos. Helsinki: Suomen betonitieto Oy. Kirjapaino: Gummerus Kirjapaino Oy.
- /8/ Heikkinen, A., Lohja Kuivatuotteet, Arkkitehtitoimisto Heikkilä&Kauppinen Oy ja Rakennustieto Oy (1993). Betonijulkisivujen korjaus sementtilaasteilla. 1. Painos. Tampere: Rakennustieto Oy. Tammer-Paino Oy./9/ VTT tutkimusselostus No: VTT-S-00756-08 (2008). Katodinen suojaus. [viitattu 29.2.2012] Saatavilla Internetissä: alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/katodinen_suojaus_2008.pdf
- /10/ Lahdensivu, J., Varjonen, S., Köliö, S. (2010). Betonijulkisivujen korjausstrategiat. 1. painos. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.
- /11/ Suomen betoniyhdistys r.y. (2007). Betonirakenteiden korjausohjeet 2007 by 41. 1. painos. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy. Kirjapaino: Painoyhtymä Oy.
- /12/ Betonteollisuuden verkkosivut. [viitattu 29.3.2012] Saatavilla Internetissä: <http://betoni.com/>
- /13/ Paroc Groupin verkkosivut. . [viitattu 29.3.2012] Saatavilla Internetissä: <http://www.paroc.fi/channels/fi/>

- /14/ Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö RTS 2011. RT38080. Weber rappaus- ja eristerappausjärjestelmät. [viitattu 10.4.2012] Saatavilla Internetissä: shop.e-weber.fi/weber/kronodoc?docCode=001655
- /15/ HPP-Tekniikka Oy:n verkkosivut. [viitattu 10.4.2012] Saatavilla Internetissä: <http://www.injektointi.com/?n=21109>
- /16/ Suomen rakentamismääräyskokoelma F2. Rakennuksen käyttöturvallisuus, määräykset ja ohjeet 2001. [viitattu 12.4.2012] Saatavilla Internetissä: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1364&lan=fi#a5>
- /17/ Ohuthiekuva. Ohuthiekeskuksen verkkosivut. [viitattu 17.3.2012] Saatavilla Internetissä: http://www.ohuthiekeskus.com/page_view?p=5&l=1&t=1&s=5
- /18/ Tiehallinto. Betonirakenteiden liimausvahventamisohjeet. Helsinki 2007. [viitattu 17.4.2012] Saatavilla Internetissä: alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/bet_liimaus.pdf
- /19/ Rakennustiedon verkkosivut. [viitattu 21.4.2012] Saatavilla Internetissä: http://www.rakennustieto.fi/lehdet/rakennustaito/index/lehti/unnamed_3637.html
- /20/ Museovirasto. Rakennushistorian osasto. 2000. Peltikaton maalaus. Helsinki. Ympäristöministeriö. [viitattu 21.4.2012] Saatavilla Internetissä: www.nba.fi/fi/File/126/korjauskortti-7.pdf

Measurement of the acid soluble chloride content of hardened concrete by the RCT method

Report #: 1 Structure: _____ Project: kloriditesti
 Date of testing: 11.4.2012 Electrode #: _____ Person: Mika Korpi
 Testing Lab: Technobothnia Address: Puuvillakuja 3, Vaasa Phone: _____

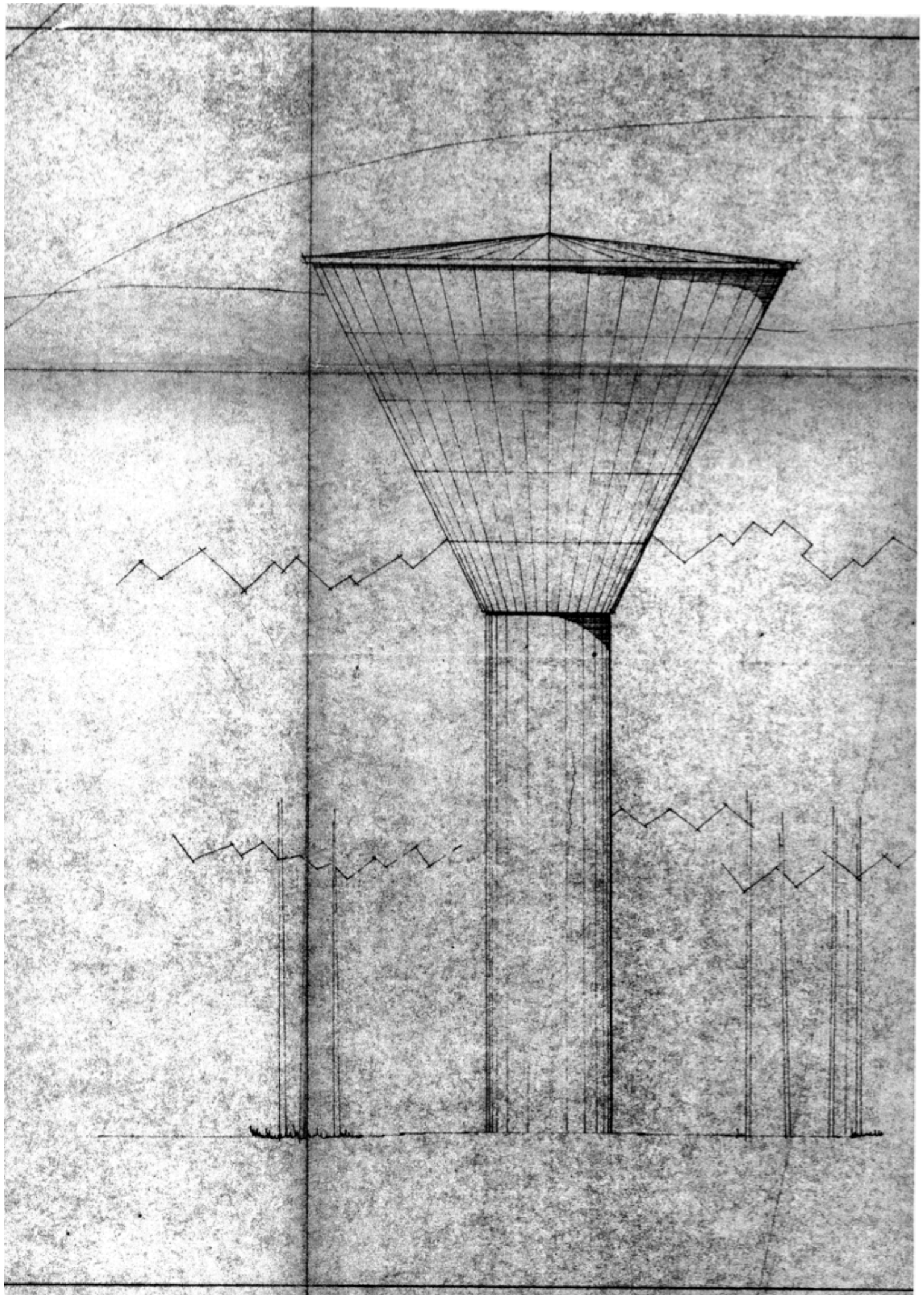
RCT
HARDENED CONCRETE
 1.5 gram of concrete dust dissolved in a RCT-1023 vial with 10 milliliter of extraction liquid

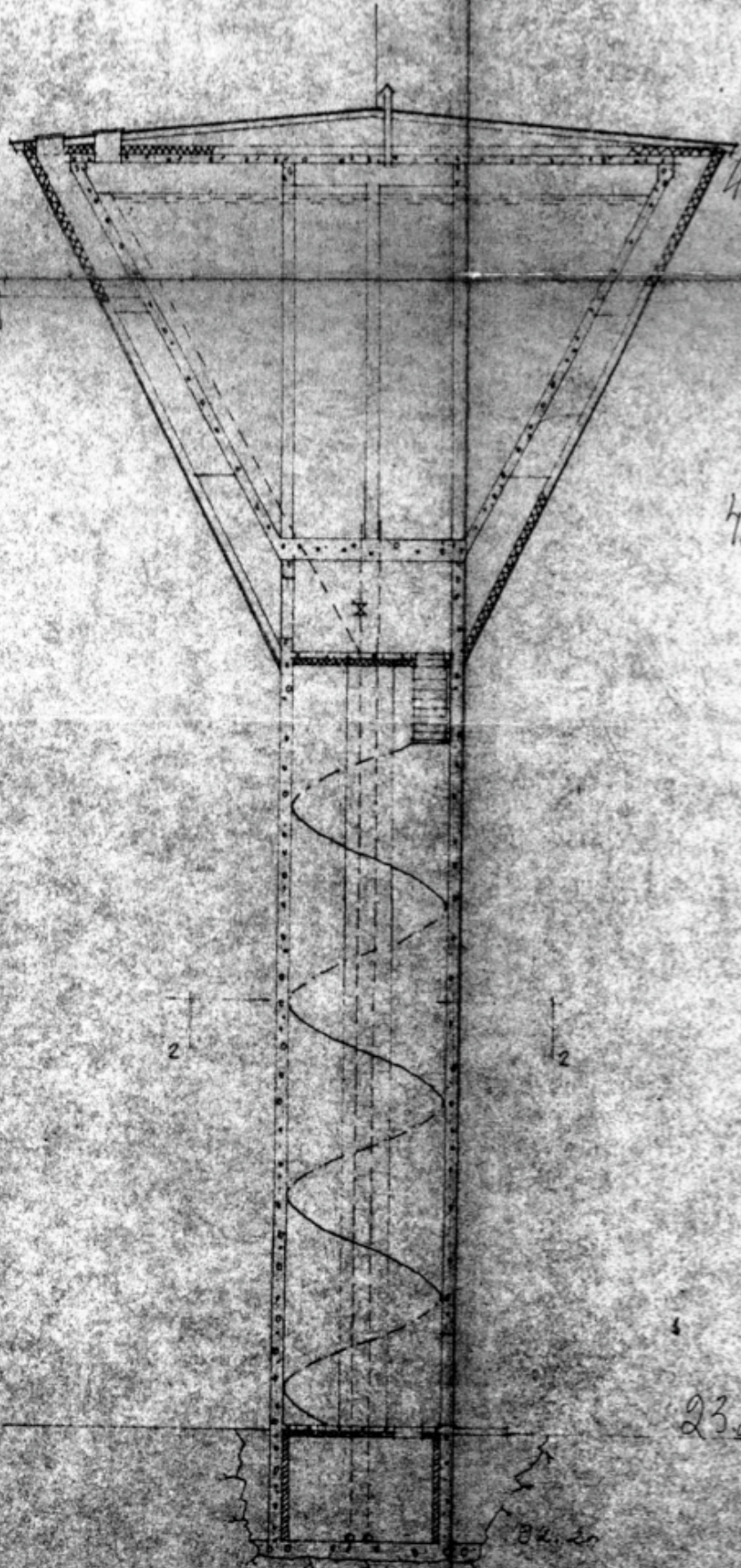


CALIBRATION:

Liquid	Clear	Purple	Green	Pink
% Cl	0.005	0.020	0.050	0.500
mV before	100	72	52	-5
mV after	95,8	71,9	48,5	-5,8

SAMPLE #	1		2		Remarks
	mV	% Cl	mV	% Cl	
Näyte	94,8	0,0051			





FELTIKATE

VLÄVESIPINTA

KERÄMIPINTAINEN
MINERIT-LEVY, VALKEA

ALAVESIPINTA

PUNTRAKSIVALET

MAANDINTA

350