

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma / rakennetekniikka

Pekka Pilli

VEDENALAISTEN BETONIRAKENTEIDEN TUTKIMUKSEN NYKYTILA

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

PILLI, PEKKA

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

syyskuu 2010

Avainsanat

Vedenalaisten betonirakenteiden tutkimuksen nykytila

37 sivua + 8 sivua liitteitä

lehtori Juha Karvonen (Kymenlaakson ammattikorkeakoulu)

Kymi Technology

betonirakenne, vedenalainen, sukellustutkimus, satama

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, mikä on vedenalaisten betonirakenteiden tutkimuksen nykytila. Tutkimus selvitti, miten yleistä on turvautuminen pelkästään visuaaliseen tutkimukseen ja mitkä tutkimusmenetelmät ovat käytössä ja mahdollista ottaa käyttöön. Työn tavoitteena oli luoda kokonaiskuva aiheesta.

Työssä esitellään aihetta käsittelevää kirjallisuutta ja tutkimuksia Internetistä ja kirjastosta. Sähköpostikyselyin pyrittiin saamaan tietoa tutkimuksen suorituksista ja menetelmistä sekä laitteista käytännössä.

Vedenpinnan alaisia kohteita tutkitaan tänä päivänä yleisimmin visuaalisesti ja vain harvoissa kohteissa ainetta rikkovin menetelmin. Erikoislaitteistot eivät ole yleistyneet, vaikka elektroniikan hinta yleisesti on muuten halventunut. Jo 1960-luvulla Norjassa vedenalaisia betonirakenteita tutkittiin samoilla laitteistoilla kuin nykyään.

Vedenalaisten rakenteiden tutkimuksiin tarvitaan uusia menetelmiä ja uutta ohjeistusta. Olisi tärkeää tutkia uusimpien tutkimuslaitteistojen edut ja haitat sekä se, miksi viimeisin teknologia ei ole yleisesti vielä käytössä.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

PILLI, PEKKA

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

September 2010

Keywords

Present State of Underwater Concrete Structures Research

37 pages + 8 pages of appendices

Juha Karvonen, Senior Lecturer (Kymenlaakson ammattikorkeakoulu)

Kymi Technology

concrete structure, underwater, diving research, harbour

The purpose of this bachelor's thesis was to review the present state of underwater concrete structures research. This review covers the frequency of using only visual inspection as well as various other investigation methods used and potential new methods.

Information of research and literature from Internet and libraries were collected for this work. Prevailing practices in underwater research were surveyed by asking some diving and maintenance experts about their methods.

Underwater research subjects are in general inspected visually nowadays and destructive methods are used only for few subjects. Special equipment has not become common albeit the price of electronics has basically come down. For example in Norway underwater structures were inspected using the same equipment in the 1960's as at present.

New methods and directions are needed for underwater research. It would be important to study benefits and disadvantages of modern underwater inspection devices as well as why new technology has not yet come in wide use.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
1.1	Työn tausta	6
1.2	Työn tavoitteet ja rajaus	6
2	TUTKIMUSPROSESSI	7
2.1	Aikataulu	7
2.2	Tiedonhaku	7
2.2.1	Kirjallisuus ja tutkimukset	7
2.2.2	Sähköpostikyselyt	7
3	TYÖN VIIITEKEHYS	8
3.1	Tutkimuksen rajaus	8
3.2	Betonirakenteisten laiturien rakennemallit	9
3.2.1	Gravitaatiolaiturit	9
3.2.2	Muut betonirakenteet	12
3.3	Betonirakenteiden vauriot ja turmeltumisilmiöt	12
3.3.1	Soveltuvat betonimateriaalit	13
3.3.2	Rakennetta heikentävät tekijät	13
3.3.3	Rakennetta heikentävät muutokset	13
4	KUNTOTUTKIMUKSET	14
4.1	Kuntotutkimuksen peruseriaate	14
4.2	Kuntotutkimuksen hierarkia	15
4.3	Kuntotutkimuksen aikataulutus ja syyt	15
4.4	Vedenalaisten rakenteiden kunnonhallinnan ohjeistus	16
4.4.1	Suomen ohjeistus laituri- ja muille vedenalaisille rakenteille	16
4.4.2	Esimerkkejä muiden maiden ohjeistuksista laituri- ja muille vedenalaisille rakenteille	16

4.5	Vedenpinnan alapuolisten rakenteiden tarkastus	18
4.5.1	Tutkittavien rakenteiden puhdistus	18
4.5.2	Rikkovat tutkimusmenetelmät	18
4.5.3	Ei-rikkovat tutkimusmenetelmät	20
4.6	Sukellustarkastus ja välineistö	22
4.6.1	Välineistö	22
4.6.2	Pätevyydet	24
4.6.3	Sukeltajan tehtävät tarkastuksessa	24
4.6.4	Vaurioluokat ja korjausten kiireellisyys	25
5	TARKASTUKSET KÄYTÄNNÖSSÄ	25
5.1	Viime vuosikymmeninä tehtyjä tarkastuksia	25
5.2	Yrityksille tehdyt kyselyt	27
5.2.1	Sukellusyrietykset	27
5.2.2	Satamat	28
5.2.3	Tutkimusyrietykset	30
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	31
6.1	Tutkimusohjeistuksien nykytilanne	31
6.2	Sukellustutkimusyrietysten tekninen valmius	31
6.3	Kuntotutkimusprosessin parannusehdotuksia	32
6.4	Loppulausunto	33
	LÄHTEET	34

LIITTEET

Liite 1. Esimerkkejä tarkastustulosten esittämistavoista

Liite 2. Esimerkkejä tarkastusraporttipohjista

Liite 3. Esimerkki tarkastusraportin sisällysluettelosta

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Betonista on tullut taloudellisin rakennusmateriaali maailman merirakenteissa 1900-luvun aikana tuotekehityksen kuten raudoitusratkaisujen ja esijännitetyn betonin ansiosta (1: 14).

Suomen satamissa on runsaasti vanhoja meriveden pinnan alapuolisia betonirakenteita, jotka on pidettävä kunnossa kunnossapito- ja korjaustoimenpitein. Tämä edellyttää, että rakenteista saadaan tietoa kuntotutkimuksin.

Suomessa satama- ja muut merivedelle alttiit rakenteet ovat usein altistuneet alusliikenteen ja ympäristön aiheuttamille kuormituksille. Näiden kuormien aiheuttaman rasituksen takia rakenteet saattavat vaurioitua ja menettää täydellisen toimintakyvyn. Siksi niitä on tarpeen mukaan kunnostettava.

Yleisen näkemyksen mukaan vedenpinnan alapuolisia betonirakenteita tutkitaan enimmäkseen visuaalisesti aistinvaraisin tarkastuksin, joiden perusteella saatetaan ryhtyä mittaviin korjaustoimenpiteisiin. Joskus korjaukset tehdään ehkä turhaan. Jos rakenteista saataisiin enemmän tietoa, voitaisiin tulevat korjaustoimenpiteet ajoittaa ja toteuttaa oikein.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia, minkälainen on vedenalaisten betonirakenteiden tutkimusprosessin nykytila. Tutkimus on rajattu Suomen alueella satamarakenteisiin. Tutkimus selvittää, miten yleistä on turvautuminen pelkästään visuaalisen tutkimukseen ja mitkä tutkimusmenetelmät ovat käytössä ja mahdollista ottaa käyttöön. Työn tavoitteena on luoda kokonaiskuva aiheesta.

2 TUTKIMUSPROSESSI

2.1 Aikataulu

Opinnäytetyön teko aloitettiin marraskuussa 2009 ja sen jälkeen työtä varten laadittiin etenemissuunnitelma. Teoria-aineisto koottiin ja kyselyt tehtiin maaliskuuhun mennessä. Tällöin laadittiin myös sisällysluettelo ja suunnitelma työn loppuun viemiseksi. Aiheen kirjalliseen muotoon saattamiseen käytettiin aikaa joulukuusta syyskuuhun. Työ valmistui syyskuussa 2010.

2.2 Tiedonhaku

2.2.1 Kirjallisuus ja tutkimukset

Opinnäytetyötä varten etsittiin kirjallisuutta ja tutkimuksia Internetin välityksellä ja kirjastosta. Usein sama materiaali oli löydettävissä sekä kirjana että sähköisenä versiona verkossa. Kirjaston materiaalia haettiin Kymenlaakson ammattikorkeakoulun tarjoamien hakukoneiden avulla sekä Internetin kirjastokohtaisia hakukoneita käyttäen. Kirjat kaukolainattiin työpisteelle, ja tämän jälkeen hyödynnettiin tarvittava materiaali. Internetin välityksellä löydettiin kotimaisia ja ulkomaisia tutkimuksia sekä elektronisia kirjoja. Myös yritysten kotisivuilta saatiin tietoa työtä varten. Internetin materiaalin luotettavuus pyrittiin varmentamaan selvittämällä kirjoittajan pätevyys.

2.2.2 Sähköpostikyselyt

Sähköpostikyselyin pyrittiin saamaan tietoa vedenalaisen tutkimuksen suorittamisesta ja tutkimusmenetelmistä ja laitteista käytännön työssä. Kyselyt lähetettiin Suomen suurimpiin satamiin, sukellusyrityksiin ja tutkimuslaboratorioihin sekä muihin työhön liittyviin yrityksiin. Myös ulkomaisiin sukellusyrityksiin ja satamiin, mm. Rotterdamiin ja Göteborgiin, lähetettiin kysely aiheesta. Opinnäytetyössä jätettiin osa kyselykohteista pois koululta saatujen ohjeiden mukaisesti.

3 TYÖN VIITEKEHYS

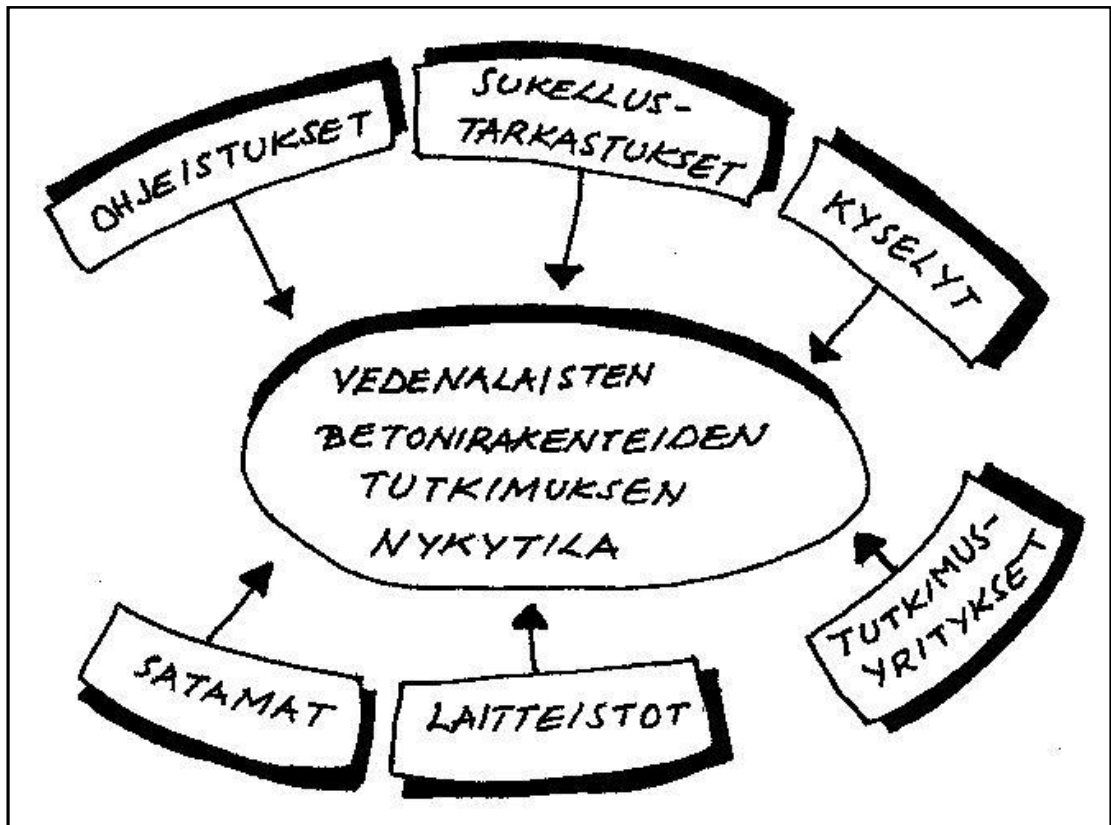
3.1 Tutkimuksen rajaus

Merirakenteen rasitusvyöhykkeet jaetaan kolmeen:

- Ilmavyöhyke, joka ei joudu suoraan kosketuksiin meriveden kanssa.
- Vedenvaihteluvyöhyke, joka altistuu toistuvalla kastumisella ja kuivumisella.
- Vedenalainen vyöhyke, joka on jatkuvasti vedenpinnan alapuolella.

(2: 8.)

Opinnäytetyössä selvitetään kuitenkin pääsääntöisesti meriveden alapuolisten betonirakenteiden tutkimuksen nykytilaa (ks. kuva 1), ja koska suuri osa rakenteista sijoittuu satamiin, myös niiden yleisimmät rakenteet esitellään tutkimuksessa.



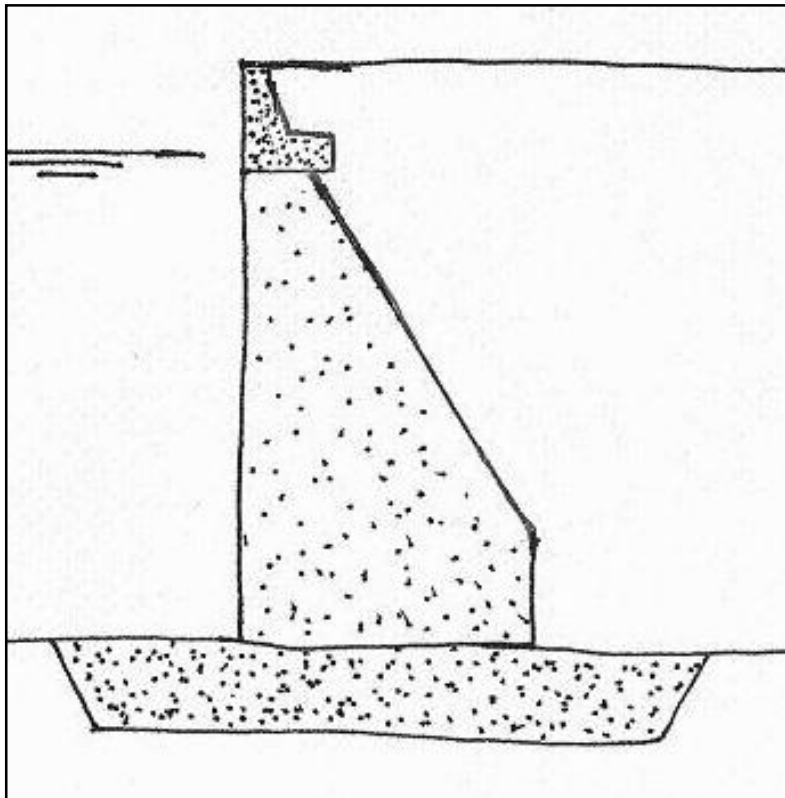
Kuva 1. Opinnäytetyön viitekehys (3.)

3.2 Betonirakenteisten laiturien rakennemallit

Vedenalaisia tutkimuksia tehdään Suomessa merkittävässä määrin satamissa, joten tässä käsitellään tarkemmin erilaisia satamien teräsbetonilaiturien rakennemalleja niiden rakennetyyppien mukaan. Teräs- ja puurakenteiset laiturit rajataan pois, koska tutkimuksessa ydinasia on veden alla sijaitsevat betonirakenteet.

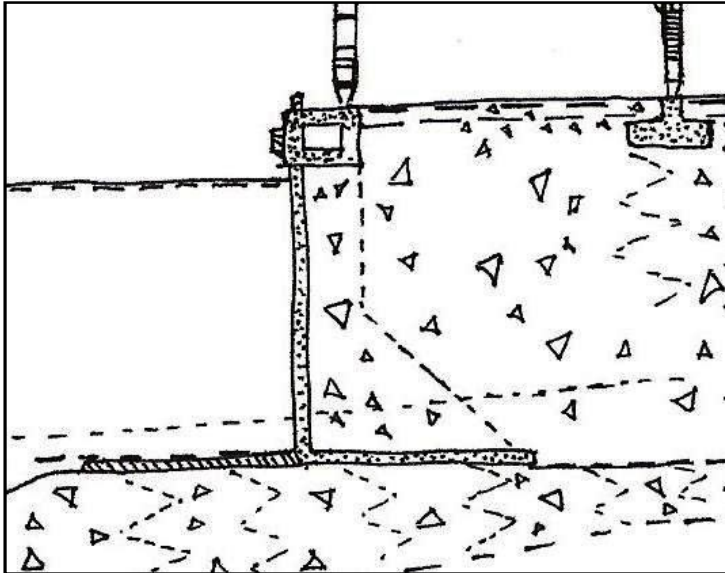
3.2.1 Gravitaatiolaiturit

Gravitaatiolaiturit (ks. kuva 2) on perustettu joko pehmeistä materiaaleista puhtaaksi ruopatus luonnollisen maakerroksen tai hiekalla tai kalliolouheella täytetyn ja tasatun pohjan varaan. Betonirakenteisia gravitaatiolaitureita ovat kasuunilaituri, kulmatukimuurilaituri, arkkulaituri, betonilla vahvistettu kallioseinälaituri, massiivibetoniblokkilaituri ja valettu betonilaituri. (4: 15.)



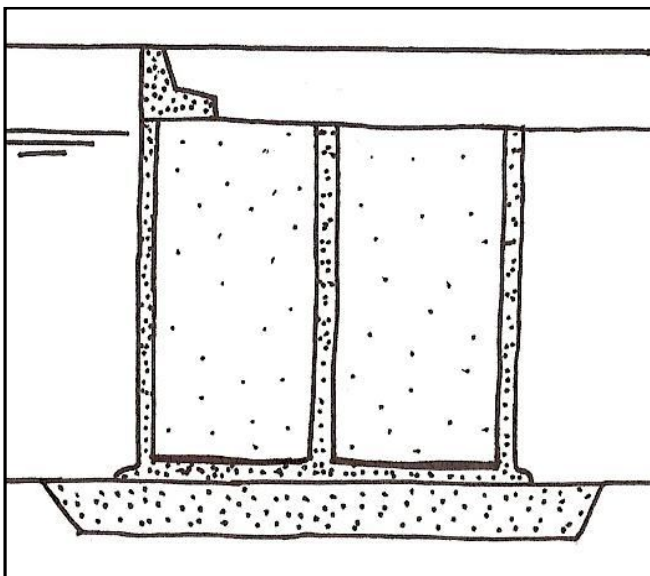
Kuva 2. Gravitaatiolaituri (3.)

Suomessa yleisin gravitaatiolaiturirakenne on kulmaelementti-saumaelementtijärjestelmä (ks. kuva 3), jota käytettäessä voidaan perustusrakenteiden materiaaleissa säästää säästöä jopa yli 30 % kasuunirakenteisiin verrattuna. Tätä elementtijärjestelmää on miltei poikkeuksetta käytetty suurien gravitaatiolaitureiden perustusrakenteena Suomessa lähes 20 vuoden aikana. (5: 3.)



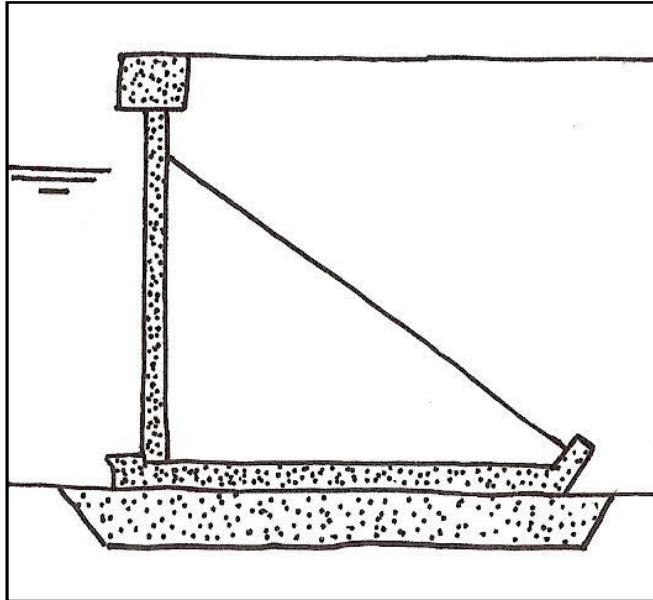
Kuva 3. Kulmaelementti-saumaelementtijärjestelmä (3.)

Teräsbetonilaitureista Itämerellä yleisin on kasuunilaituri (ks. kuva 4), jonka laaja perustamispinta-ala mahdollistaa hienojakoiselle merenpohjalle perustamisen (6: 22).



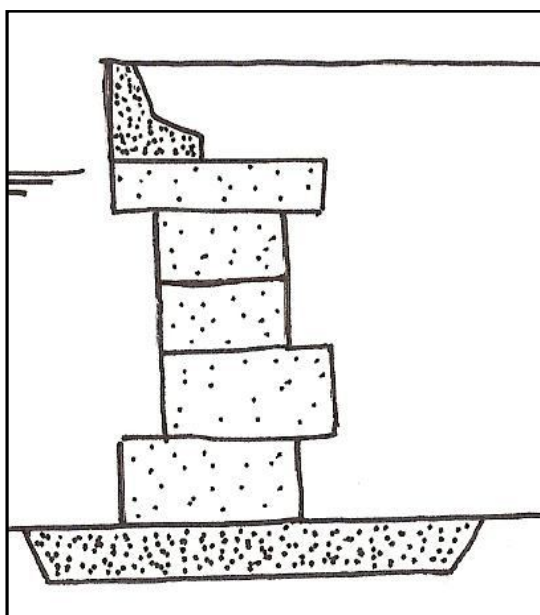
Kuva 4. Kasuunilaituri (3.)

Gravitaatiolaitureista Itämerellä ovat yleisiä myös betoniblokki- ja kulmatukimuurilaiturit (ks. kuva 5). Näistä erityisesti kulmatukimuurielementeistä koostuvia laitureita on toteutettu Suomen satamissa, mutta muualla niukemmin.



Kuva 5. Kulmatukimuurilaituri (3.)

Betoniblokkilaitureissa (ks. kuva 6) eli massiivisissa betonitukimuureissa on suuri materiaalimenekki. Niitä on rakennettu eniten Venäjän satamiin, joissa halpa betoni on mahdollistanut niiden rakentamisen. (6: 22.)



Kuva 6. Betoniblokkilaituri (3.)

3.2.2 Muut betonirakenteet

Teräsbetonipaalut ovat esivalettuja raudoitettuja paaluja tai pilareita, joiden profiili on neliö. Ne ulotetaan kantavaan pohjaan, jolloin rakenteelle saadaan riittävä geotekninen kantavuus. Varsinkin avoimille pistolaitureille kohdistuu merkittäviä vaakakuormia muun muassa jää- sekä aluskuormista, joten pauilta vaaditaan suurta taivutusvastusta. Siksi teräsbetonipaalut huonosti vetoa kestävinä eivät ole sopivia rakenteita avoimiin tai edes puoliavoimiin laitureihin. Teräsbetonipaaluja käytetään nykyään laituri-rakentamisessa ainoastaan ponttiseinärakenteiden yhteydessä. (6: 53.)

Ankkuroitua betoniponttiseinää voidaan käyttää, jos halutaan korvata teräspontit betonista valmistetuilla ponteilla, joiden reunat on muotoiltu siten, että ne tukeutuvat tiiviisti toisiinsa (4: 16).

Alusten peräpotkurien aiheuttama virtaus on merkittävä rasitustekijä erityisesti laiturin alla oleville maarakenteille. Laiturin edustat täytyy tätä varten suojata eroosiosuojauksella. Nykyään käytetään yleisesti pohjaan valettua betonia eli eroosiolaattaa. (4: 23.)

Betoniponttonilaiturissa voi olla pohja, tai se voi olla pohjasta avoin laatikko. Ponttonin sisällä on yleensä polystyreenitäyte, joka toimii sisäpuolen muottina.

3.3 Betonirakenteiden vauriot ja turmeltumisilmiöt

Nykyiset betonirakenteet veden alla ovat vaihtelevassa kunnossa. Säilyvyyteen on vaikuttanut selvästi rakenteiden ylläpitoon käytetyt resurssit. Lisäksi teollisuudesta vesistöihin päätyvät kemikaalipäästöt ovat edistäneet rakenteiden turmeltumista (7: 43).

Betonin säilyvyysominaisuuksiin alettiin kiinnittää huomiota vasta 1970-luvulla, ja siksi monissa vanhoissa betonirakenteissa on käytetty erittäin huonolaatuista betonia nykyisiin laatuokituksiin verrattuna (7: 43).

Viime vuosien tutkimustuloksien ja kehityksen pohjalta on nyt mahdollista suunnitella ja rakentaa betonirakenteita meriympäristöön siten, että niiden kestävyys ja elinaika

ovat tarkemmin hallittavissa, kuin tähän asti on ollut teknisesti ja taloudellisesti mahdollista (8: 4).

3.3.1 Soveltuvat betonimateriaalit

Vedenpinnan alapuolisiin rakenteisiin soveltuvat rasitusluokkaan XC2 ja XS2 kuuluvat betonimateriaalit, joista ensimmäinen soveltuu kosteaan ja harvoin kuivaan olosuhteeseen ja jälkimmäinen vedenalaisiin olosuhteisiin. XC-luokassa rasiustekijä on karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio ja XS-luokassa merivedessä olevien kloridien aiheuttama korroosio. (4: 93; 9: 253; 10: 15,17.)

3.3.2 Rakennetta heikentävät tekijät

Vedenpinnan alapuolisiin rakenteisiin vaurioita aiheuttavat olosuhteet ja näissä tapahtuvat muutokset, kuormitukset, alusten törmäyskuormat, kunnossapidon laiminlyönti ja suunnittelu- ja rakennusvirheet. Useimmiten vaurio syntyy monen tekijän yhteisvaikutuksesta, ja tämän lisäksi vaurion syntymiseen vaikuttavat materiaalikohtaiset tekijät. (7: liite 1, s. 3; 3: 18.)

3.3.3 Rakennetta heikentävät muutokset

Meriveden pinnan alapuoliset betonirakenteet ovat fysikaalisten, biologisten ja kemiallisten rasitusten alaisena. Teräsbetonirakenteissa puolestaan teräksen käyttökelpoisuus perustuu siihen, että betoni voi antaa raudoitukselle kemiallisen ja fysikaalisen suojan, joka estää ruostumisen.

Raudoituksen korroosio eli metallin syöpyminen ympäristön kanssa tapahtuvissa reaktioissa voi alkaa vain, jos sitä ympäröivässä betonissa tapahtuu muutoksia, jotka poistavat raudoitukselta betonin antaman suojan. Betonin ollessa veden kyllästämä vedenalaisissa rakenteissa on hapen kulkeutuminen siinä erittäin hidasta, jolloin myös raudoituksen korroosiovaara on erittäin pieni. (9: 97, 101.)

Fysikaalisia muutoksia, jotka poistavat raudoitukselta betonin antaman suojan, ovat esimerkiksi betonin rapautuminen ja riittävän suuri halkeilu (7: 34). Betonin raudoi-

tukselle antama kemiallinen suoja häviää, kun betoni ilman hiilidioksidin vaikutuksesta karbonatisoituu. Tällöin betonin pH-arvo laskee ja raudoitusta suojaava oksidikalvo voi tuhoutua. Betonin kemiallinen vaurioituminen merivedessä ilmenee aluksi hienona halkeiluna, ja lopulta sementtikivi muuttuu pehmeäksi massaksi (11: 9). Myös meriveden kloridien tunkeutuminen betoniin poistaa raudoituksen suojaavan vaikutuksen. (9: 97, 98.)

G. C. Mays on toimittamassaan kirjassa käsitellyt meriveden alaisten teräsbetonirakenteiden korroosiota tukeutuen Leemingin tutkimuksiin vuodelta 1989. Mays toteaa, että tutkimuksen ehjissä betonirakenteissa raudoituksen korroosiota ei ollut havaittavissa. Sellaisissa rakenteissa, joissa betoni on vaurioitunut, on havaittavissa korroosiota. Tämäkin voidaan hallita esimerkiksi katodisella suojauksella, joka tarkoittaa raudoituksen sähkökemiallisen potentiaalin muuttamista negatiiviseen eli katodiseen suuntaan niin paljon, että korroosioreaktiot pysähtyvät. (12: 249; 13: 89.)

4 KUNTOTUTKIMUKSET

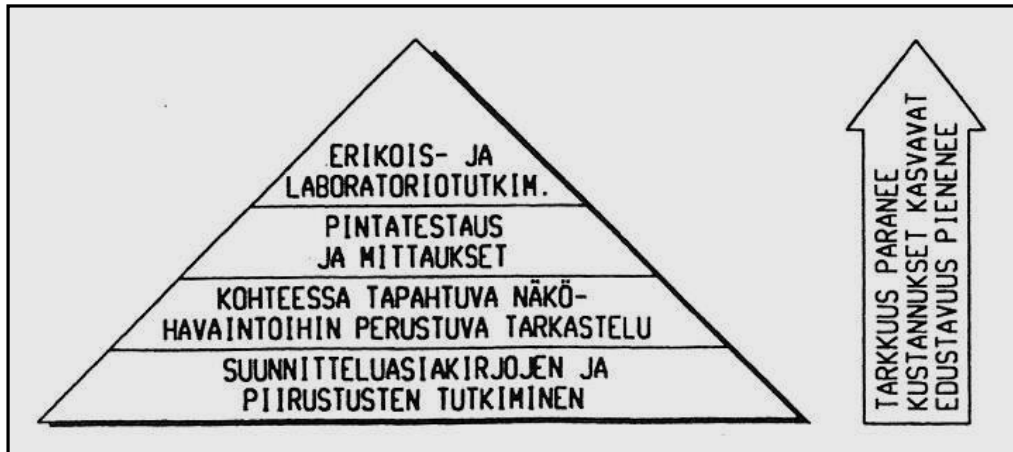
4.1 Kuntotutkimuksen peruseriaate

Betonijulkisivun kuntotutkimus BY 42 2002 määrittelee kuntotutkimuksen seuraavasti:

*Kuntotutkimuksella tarkoitetaan rakennusosan tai rakennusosakokonaisuuden kunnan ja toimivuuden sekä korjaustarpeen selvittämistä systemaattisesti eri vauriotapojen suhteen käyttäen erilaisia tutkimusmenetelmiä, joita ovat mm. suunnitelma-asia-
kirjojen tarkasteleminen, kohteen silmämääräinen tarkasteleminen, erilaiset kentällä tapahtuvat mittaukset ja -tutkimukset sekä näytteenotto ja laboratoriotutkimukset.
Kuntotutkimuksella voidaan saada selville tutkimushetkellä olemassa olevien vaurioiden syyt, laajuus ja vaikutukset sekä tämän lisäksi ennakoida myös tulevaisuudessa syntyvät vauriot jo siinä vaiheessa, kun varsinaisia näkyviä vaurioita ei ole olemassa.
Tällaisessa tapauksessa oikein ajoitettu kunnossapito- ja suojaustoimilla voidaan usein estää vaurioiden eteneminen haitallisen pitkälle. (14: 8.)*

4.2 Kuntotutkimuksen hierarkia

Vedenalaisten rakenteiden tarkastukset vaativat huolellista suunnittelua, jotta voidaan varmistua, että työ suoritetaan tehokkaasti ja taloudellisesti (15: 31). Kuvassa 7 on havainnollistettu, miten tarkastusmenetelmien tarkentaminen lisää tarkkuutta mutta toisaalta samalla lisää kustannuksia.



Kuva 7. Tarkastusmenetelmien hierarkia (7: liite 1, s. 16.)

Suunnitteluasiakirjoja ja piirustuksia tutkittaessa kustannukset ovat pieniä, mutta näin ei saada suurta tarkkuutta kohteen kunnan tilasta. Kustannukset kasvavat siirryttäessä kohteen visuaaliseen tarkasteluun, ja menetelmän edustavuus on pienempi kuin työpöydällä suoritettavassa tarkastelussa. On havaittavissa, että laboratorio- ja erikoistutkimuksien kalleus samalla vähentää niiden käyttöä tarkastuksissa.

4.3 Kuntotutkimuksen aikataulutus ja syyt

Rakenteen kunnonhallinta perustuu yleistarkastuksiin ja erikoistarkastuksiin. Yleistarkastukset tehdään säännöllisin, esimerkiksi 3–5 vuoden välein, ja ne perustuvat visuaaliseen havaintoon. Erikoistarkastukset tehdään tarvittaessa, ja niissä rakenne tutkitaan perusteellisemmin, esimerkiksi laboratorionäyttein. (4: 129.)

Mikäli rakenteeseen jäävien rakenneosien tai -järjestelmien jäljellä oleva käyttöikä ei ole riittävä valittuun tavoiteikäkään nähden, on rakenne varauduttava korjaamaan tai uusimaan (4: 62). Kuntotutkimuksilla saadaan myös selville, minkä tyyppiset ra-

kennemallit eivät kestä eri rasiustekijöitä. Tutkimustuloksilla voidaan myös ohjeistaa rakennesuunnittelua, jotta voidaan ehkäistä nykyisten virheiden toistuminen. (16: 32.)

Rakenteiden kunnossapito- ja korjaustoimenpiteiden ajoituksen optimointi säästää omistajalle aiheutuvia kustannuksia sekä haittaa mahdollisimman vähän rakenteiden käytettävyyttä (4: 68).

4.4 Vedenalaisten rakenteiden kunnonhallinnan ohjeistus

4.4.1 Suomen ohjeistus laituri- ja muille vedenalaisille rakenteille

Suomessa ei ollut vielä vuosituhannen alussa kattavaa ohjeistusta laiturirakenteiden kunnan arviointiin, vaurioiden korjaamiseen ja ennaltaehkäisyyn. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry. kuitenkin aloitti eräiden satamalaitosten ja muiden satama-alan asiantuntijoiden kanssa hankkeen, jonka päämääränä oli laatia kattava ohjeistus satamien kunnonhallintaan. Hankkeesta syntyi alan asiantuntijoiden kirjoittama julkaisu *RIL 236-2006 Satamalaitureiden kunnonhallinta*, joka on ensimmäinen Suomessa satamalaitureiden kunnonhallintaa kattavasti käsittelevä kirja (4). Siinä on ohjeita satamien laiturirakenteiden kunnonhallintaan, vaurioiden ehkäisyyn, kuntoarviointiin ja tarkastuksiin sekä korjauksien suunnitteluun ja toteuttamiseen. RIL ry. julkaisi yhteistyössä GT Corporationin kanssa ohjeesta venäjän kielelle käännetyn painoksen vuonna 2008.

Tiehallinto julkaisi vuonna 2009 ohjeistuksen *Siltojen sukellustarkastusohje*, joka käsittelee siltojen vedenalaisten rakenteiden tarkastamista (17). Ohjeen laatiminen tuli tarpeelliseksi, kun Tiehallinto päätti suunnata resursseja siltojen sukellustarkastuksiin sekä kartoittaa ja nimetä riskialttiit sillat. Ohjeessa käsitellään laajahkosti tarkastuksen eri osat, ja se toimii runkona siltarakenteiden tarkastussukelluksia suoritettaessa.

4.4.2 Esimerkkejä muiden maiden ohjeistuksista laituri- ja muille vedenalaisille rakenteille

Muissa maissa on vedenalaisten rakenteiden tarkastuksille samantapaisia ohjeistuksia kuin *RIL 236-2006*:ssa. Tarkoituksena seuraavassa on havainnollistaa esimerkkien avulla muiden maiden vedenalaisten rakenteiden kunnossapidon ohjeistusten tilaa.

Intian rautateilla on käytössä siltojen vedenalaisten rakenteiden tarkastukseen tarkoitettu ohjeistus. Tämä vuonna 2005 julkaistu painos *Underwater Inspection of Bridges* on Intian rautatielaitoksen tekemä ohjeistus, joka käy myös maantiesiltojen tarkastuksiin sekä osin ohjeeksi myös muihin vedenalaisiin tarkastustehtäviin (15). Kirja sisältää monipuolisen tietopaketin vedenalaisten rakenteiden tarkastuksien syistä, tutkintatavoista ja -laitteista, aikataulusta ja tarkastuksen raportoinnista. Kirjassa on kattavasti tietoa ja ohjeistusta varsinaiseen vedenalaiseen tarkastustyöhön, ja se on havainnollistettu informatiivisin kuvin ja tiedoin tarkastuksien perusasioista ja välineistä.

Väylä- ja satama-alan kansainvälinen järjestö PIANC on julkaissut vuonna 2004 raportin *Inspection, Maintenance and Repair of Maritime Structures Exposed to Damage and Material Degradation Caused by a Salt Water Environment* (18). Raportti sisältää ohjeistuksia tarkastuksen läpivientiin. Tässä uudistetussa raportissa käsitellään myös kattavasti rakenteen elinkaariajattelu, LCM. Ohjeessa käsitellään monipuolisesti myös tutkittavat materiaalit, tarkastustavat, kunnossapitomenetelmät ja korjaustavat.

Norjan satamainsinöörien yhdistys on 2004 julkaissut teoksen *Bestandige Betongkaier* (8). Uudet säädökset ja vaatimukset laadittiin, jotta voitiin vaatia parempaa kestävyyttä ja pidempää elinaikaa uusille betonisille merirakenteille. Ohjeistuksessa esitetään käytännön tutkimus- ja toimintamalleja siitä, kuinka on mahdollista suorittaa betonisten merirakenteiden elinkaaritarkastelu siten, että uusien määräysten vaatimukset täyttyvät.

ASCE eli Amerikan siviili-insinöörien yhdistys on julkaissut 2001 käsikirjan *Underwater Investigations*, joka opastaa vedenalaisten rakenteiden tutkijoita työssään (19). Yhdistyksen 140-sivuisessa kirjassa esitellään suosituksia käytännön tutkimuksiin ja niiden dokumentointiin sekä raportointiin. Teoksessa on käsitelty myös eri tarkastustavat – esimerkiksi uuden rakenteen tarkastus – ja tarkastusaikavälit. Kirjassa käsitellään kattavasti myös erityyppiset tarkastettavat rakenteet ja materiaalit sekä niiden vauriot. Kirja antaa hyvän perusrungon vedenalaisia tutkimuksia suorittaville yrityksille.

Naval Facilities Engineering Service Center on laatinut vuonna 1999 ohjeistuksen *Underwater Inspection Criteria*, jonka on tilannut California State Lands Commission

(20). Tässä 81-sivuisessa ohjeistuksessa käsitellään satama- ja muiden merirakenteiden tarkastustavat, -laitteistot ja -tiheydet. Teoksessa kerrotaan myös eri materiaalien ja rakennetyyppien tarkastusten yksityiskohdista ja esitetään selvästi erilaiset tarkastuskohteiden vauriotyypit ja kuntotutkimuksen tarkastusten raportointi.

4.5 Vedenpinnan alapuolisten rakenteiden tarkastus

Vedenalaiset tarkastukset ovat tärkeä osa tehokasta rakenteiden kunnossapitoa ja elinkaariajattelua. Vedenalaisten rakenteiden kuntoa pitää tämän vuoksi tarkkailla säännöllisesti, ja jokaiselle rakenteelle pitäisi olla kunnossapito- ja tarkastussuunnitelma. Tarkastukset pitäisi suorittaa aina veden alla, jos se ei onnistu veden pinnalta käsin. Näin saadaan rakenteiden käytettävyys ja käyttöikä pidettyä suunnitellulla tasolla.

(19: 2, 3.)

4.5.1 Tutkittavien rakenteiden puhdistus

Ennen kuin pystytään tarkastamaan vedenalaisia rakenteita, täytyy tutkittava kohde puhdistaa, jotta mm. merikasvillisuus ei peitä tutkimuskohtaa. Kohde voidaan puhdistaa käsityökaluilla, ilmanpaineella tai hydraulitoimisilla työkaluilla sekä painevesisuihkulla. Näistä käsityökalut sopivat vain pienien alueiden puhdistukseen. Painevesisuihkupuhdistus vaatii eniten ammattitaitoa käyttäjältä, ja ilma- sekä hydraulitoimiset laitteet ovat kokonsa sekä painonsa takia käyttömahdollisuuksiltaan rajallisia.

(15: 56, 73.)

4.5.2 Rikkovat tutkimusmenetelmät

Vedenalaisissa tutkimuksissa käytetään harvoin rikkovia aineenkoestusmenetelmiä. Tähän vaikuttaa osalta laitteistojen korkea hankintahinta ja yleinen tyytyminen pelkkään ei-rikkovaan tutkimusmenetelmään. Tarkemmissa tarkastuksissa kuitenkin otetaan näytteitä myös rikkovin tutkimusmenetelmin.

Vedenalainen näyteporaus suoritetaan hydraulisella lieriötimanttikoralla. Kuvassa 8 sivulla 19 on sukeltaja poraamassa näytettä betonista vedenpinnan alla. Tällä menetelmällä saatu näyte voidaan tutkia laboratoriossa. Näytteestä tutkitaan esimerkiksi ve-

tolujuus, puristuslujuus ja ohuthietutkimuksella halkeamat, karbonatisoituminen ja muut piilevät vaurioriskit. Vedenalaista betonia voidaan tarvittaessa myös piikata tai sahata erikoisvälineistöllä, jos halutaan saada esimerkiksi rakenteen eheys tai vahvuus selville. (18: 23, 52.)



Kuva 8. Vedenalainen näytteenotto lieriötimanttiporalla (21.)

Potentiaalimittaus on vanhin ja yleisimmin käytetty raudoituksen korroosiotilan tutkimusmenetelmä veden yläpuolisissa mittauksissa, mutta vedenalaiseen tutkimukseen siitä on kehitelty mittauslaitteita vasta 1990-luvulla (22: 1). Potentiaalimittaus perustuu betonissa olevan raudoituksen toimimiseen elektrodina elektrolyytissä, jolloin raudoituksen sähkökemiallinen tila voidaan määrittää yhdistämällä se tunnetun potentiaalisen sisältävään referenssielektrodiin. Potentiaalimittauksen avulla voidaan ainoastaan määrittää alueet, joilla korroosiota esiintyy. Mittauksella ei saada selville korroosionopeutta eikä korroosion määrää. (23: 16, 42.)

Ominaisvastuksen ja korroosionopeuden mittaamiseen on jo olemassa veden yläpuolisiin mittauskohteisiin tarkoitetut laitteistot, mutta näiden muuntamisessa veden alapuolisiin mittauksiin sopiviksi ei vielä ole merkittävästi edistytty.

4.5.3 Ei-rikkovat tutkimusmenetelmät

Ainetta rikkomattomien mittausmenetelmien merkittävin hyöty on siinä, että niiden avulla voidaan tehdä päätelmiä korroosion käynnissä olemisesta ennen kuin rakenteen pinnassa on näkyviä merkkejä korroosiosta. Menetelmien heikkous on siinä, ettei mikään menetelmä anna luotettavaa tietoa todellisesta raudoituksen poikkileikkauksen tilasta. (23: 2, 42.)

Yleisin tutkintamenetelmä nykyään on visuaalinen tarkistus. Tämä on edullinen tapa, eikä se vahingoita näytettä. Tutkimus suoritetaan meriveden kestäväillä digitaalisella tai kinokameralla ja dvd-tasoisien tallennustason videokameralla, jotka on usein integroitu sukelluskypärään. Tämän lisäksi tarvitaan hyvä, vedenalaiset olosuhteet kestävä valaistus.

Suomen satamissa vesi on usein sameaa, mikä haittaa kuntotarkastusten tekemistä. Tämän takia valokuvien ja videokuvan otto joudutaan välillä ajoittamaan ajankohtiin, jolloin vesi ei ole sameaa esimerkiksi levän, humuksen tai vesisateen takia. Vedenalaisten rakenteiden tarkastaminen talvella voi olla järkevää, sillä talvisissa olosuhteissa näkyvyys voi sukeltajien mukaan olla joskus poikkeuksellisenkin hyvä (7: 61). Ihanneolosuhteet tarkastusten tekemiseen ovat kuitenkin sateeton, tyyni ja pilvinen kesäpäivä. Tällöin näkyvyys on paras, eikä auringon häikäisykään haittaa valokuvamista. (4: 136.)

Satamien rantarakenteiden tarkistukseen on käytetty maailmalla jo vuosia ns. R.O.V -laitetta eli kauko-ohjattua sukelluskuvauslaitetta (ks. kuva 9 s.21), jolla pystytään ilman sukeltajaa tutkimaan visuaalisesti esimerkiksi betonisten seinämien kunto veden alla. Laite on melkein täysin automatisoitu, ja sillä pystytään reaaliajassa seuraamaan rakenteiden tarkastuskuvaa. Laitteen avulla saadaan insinööreille enemmän mahdollisuuksia rakenteen tutkimiseen, eikä ns. robottikameraa käytettäessä tarvitse vaarantaa sukeltajien turvallisuutta. Laitetta voidaan kuitenkin tarvittaessa käyttää myös sukelta-

jan ohjaamiseen. Korkean hinnan takia vain suurehkot sukellusyritykset hyödyntävät järjestelmää. (17: 16; 24: 59, 73.)



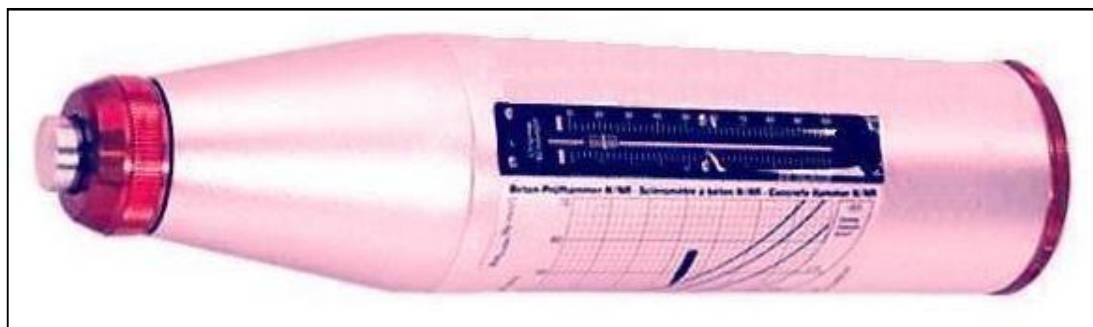
Kuva 9. ROV Hercules 2005 (25.)

Amerikkalainen NCEL kehitti jo 1990-luvulla magneettitekniikkaan perustuvan, raudituksen sijainnin mittaukseen tarkoitetun mittalaitteen. Tällä nykyään käytössä olevalla laitteella voidaan mitata raudituksen sijainti ja suoja-aste teräsbetonirakenteesta veden alla suoritettavissa tutkimuksissa. NCEL kehitti myös vedenalaisen käyttöön tarkoitetun ultraäänilaitteiston ja kimmovasaran. (15: 47, 73; 26: 1, 21.)

Ultraäänitutkimus on vedenalaisissa tutkimuksissa melko harvoin käytössä oleva tutkimusmuoto. Mittaus perustuu siihen, että laitteen lähettämän ultraäänipulssin etenemisnopeus on sitä suurempi, mitä lujempaa ja tiiviimpää tutkittava materiaali on (7: liite 1, s. 18). Laite voi yksilöidä harvavalun, aukot, jäätyneen betonin, halkeamat ja muut epähomogeeniset rakenteet betonissa. (27: 1; 15: 48, 73; 18: 23, 52.)

Kimmovasara (ks. kuva 10 s.22) on kovettuneen betonin ainetta rikkomattomaan lujuustestaukseen tarkoitettu laite, jonka toiminta perustuu betonin pinnan kimmoisuuden ja puristuslujuuden väliseen riippuvuuteen. Kimmovasaran tulee olla vedenalai-

seen käyttöön kalibroitu ja suojattu. Vasaralla saatavat puristuslujuusarvot ovat suuntaantavia, ja lisäksi vasaralla saadut lujuusarvot pitävät paikkansa vain uudehkoissa betonissa, koska karbonatisoituminen muuttaa betonin pinnan kimmoisuutta voimakkaasti. Kimmivasaran käyttöä tutkimuksessa porausnäytteiden ottamisen sijasta pitää kuitenkin tapauskohtaisesti tarkastella niin taloudellisuuden kuin luotettavuudenkin näkökulmasta (29: 1). (28: 53; 15: 45, 46, 73.)



Kuva 10. Kimmovasara, perusmalli

Kimmovasaraa yksinkertaisempia pintatestauslaitteita ovat moska, vasara ja piikki, joilla vasaroimalla ja hakkaamalla voidaan arvioida esimerkiksi betonikerrosten tartuntaa (7: liite 1, s.18). Tämä testausmuoto on rikkovan ja ei-rikkovan tarkastuksen välimuoto. Sukeltajilla on käytössään myös useimmiten apuvälineinä merkkkausliitu, vatupassi ja mittanauha kohteen vaatimusten mukaisesti.

Ääniluotainskannauksella ei varsinaisesti tutkita kohteen kuntoa, mutta se on apuväline tutkimuskohteen kokonaiskuvan hahmottamisessa. Menetelmä perustuu äänisignaaliin, ja sen avulla saadaan rakenteista kolmiulotteinen rakennemalli (17: 16). Tämä menetelmä on käytössä osassa Suomen satamia.

4.6 Sukellustarkastus ja välineistö

4.6.1 Välineistö

Vesirakenteiden tarkastukset edellyttävät – ellei niitä tehdä laiturilta käsin – yleensä veneen käyttöä. Apuveneena voidaan käyttää tehtävään soveltuvaa vakaata kumi-venettä, jonka kantavuus on riittävä ja johon sukeltajan on helppo nousta. Sukellusyrityksillä on usein yhteistyökumppanin kautta hankittu työlautta tai kaluston siirtämi-

seen soveltuva, nosturilla varustettu viittavene käytössään. Näistä on hyötyä kestoltaan pitkäaikaisissa tarkastuksissa. (7: 61.)

Tarkastajasukeltajan (ks. kuva 11) perusvarustukseen kuuluu sukelluskypärä, joka on kevyt, mutta silti rakennettu hyvin vahvaksi ja iskunkestäväksi. Sukeltaja tarvitsee vedenalaisissa tutkimuksissa myös sukelluspuvun, jonka tarkoitus on lämmittää sukeltajaa sekä estää ruhjeiden ja naarmujen syntymistä sukeltaessa. Puku on yleensä valmistettu kumista, ja sen kestävyys ja muunneltavuus on hyvä.

Sukeltajan hengitysilma tuotetaan öljyttömällä paineilmakompressorilla ja syötetään kaapelilla, joka sisältää yleensä myös tarvittavat kytkennät kypärässä olevalle puhelimelle, valolle ja videokuvalle. Sukeltajalla on myös yleensä varalla selässä kuljetettava ilmasäiliö hätätilanteita varten. Nykyisin käytössä ovat myös vedenalainen GPS, viistokaikuluotain ja monikeilaus sukeltajan sijainnin tai kohteen tarkistuspisteiden paikantamista varten (16: 32).



Kuva 11. Tarkastajasukeltaja perusvarustuksessaan (30.)

4.6.2 Pätevyudet

Rakenteita tarkastavan sukeltajan pätevyysvaatimukset on määritelty työministeriön päätöksessä No: 674 vuodelta 1996. Lain mukaan tilaaja vastaa, että vedenalaisia tarkastuksia suorittaa henkilö, jolla on tehtävään riittävä ammattitaito. Sukeltajan tehtävämukainen pätevyys on tarkastettava viimeistään ennen sukellustyön aloittamista. (31: 1.)

Tarkastussukelluksiin, valvontaan ja alle 30 metrin syvyydessä tehtäviin tarkastuksiin vaaditaan vähintään kevytsukeltajan tutkinto. Tätä syvemmillä vaaditaan ammatillisukeltajan pätevyys. Rakenteita tarkastavan henkilön tekninen pätevyys määräytyy tarkastettavan rakenteen vaatimusten ja vaurioiden laadun mukaan. (31: 1.)

4.6.3 Sukeltajan tehtävät tarkastuksessa

Ennen tarkastussukelluksia pitää sukeltajan ja hänen avustajiensa tutustua tarkastussuunnitelmaan ja työturvallisuusohjeisiin. Tarkastettavasta kohteesta tulee tehdä riskikartoitus yhdessä tilaajan kanssa, jotta saadaan selville mahdolliset työturvallisuusriskit. Tilaajan tulisi antaa sukeltajalle myös tarvittavat taustatiedot ennen tarkastustyön aloittamista. Tarkastukset tehdään tarkastussuunnitelman mukaisesti. Ennen tarkastustöiden aloittamista on varmistettava, että kaikki mittalaitteet ja apuvälineet on kalibroitu ja testattu. (4: 3–5.)

Varsinainen tarkastus aloitetaan pintauinnilla ja luomalla sukeltaen kohteeseen yleisilmäys, jolla sukeltaja hahmottaa rakenteen kokonaisuutena. Tämän jälkeen vedenpinnan alapuoliset rakenteet kuvataan ja tarvittaessa tehdään vielä tarkempia tutkimuksia erikoislaitteistolla. Sukeltaja raportoi tarkastushavaintoja reaaliaikaisesti avustajalle, jotta valokuva ja vaurion suullinen kuvaus ovat helposti yhdistettävissä toisiinsa. Tarkastuksissa havaitut vauriot ja muut huomiot merkitään asiapapereihin niin tarkasti, että vauriokohdat voidaan myöhemmin paikantaa. Liitteessä 1 on sukeltajatutkimuksen tuloksien esityksestä esimerkkejä. (4: 6.)

Tarkastuksesta laaditaan raportti, jossa esitetään tarkastuksen tulokset tekstin, piirustusten, valokuvien ja videokuvan avulla. Tarkastusraportin kirjoittamiseen osallistuvat

myös tarkastuksen tehnyt sukeltaja sekä avustaja. Liitteessä 2 on esitetty erilaisia tarkastusraporttipohjia, joita on käytetty Hietasen sataman rakenteiden tarkastuksessa. Tarkastusraportin kuuluu sisältää ainakin seuraavat asiat:

- tutkittava kohde
- kohteen lähtötiedot
- kuntotutkimuksen työmenetelmät ja tekniset laitteet
- vauriotyypit
- vauriot
- rakenteen tekninen kunto.

Liitteessä 3 on esimerkkinä tarkastusraportin sisällysluettelo ja kuntotutkimuksen tulokset Helsingin sataman GT Corporation suorittamista kuntotarkastuksista.

4.6.4 Vaurioluokat ja korjausten kiireellisyys

Rakenteissa havaitut viat, joiden syntymistä tai etenemistä ei pystytä ennakoimaan rappeutumismalleilla, ilmoitetaan vaurioina, joita ovat esimerkiksi törmäysvauriot, halkeamat ja lohkeamat. Rakenteen kunto määritellään vaurioluokituksen mukaan käyttäen viisiportaista vaurioasteikkoa. Tarkastaja myös määrittelee rakenteen korjauksen kiireellisyysluokan, ts. milloin rakenne tarvitsee korjausta. (4: 142, 143.)

5 TARKASTUKSET KÄYTÄNNÖSSÄ

5.1 Viime vuosikymmeninä tehtyjä tarkastuksia

Tässä osiossa on esimerkkeinä vedenalaisten betonirakenteiden tarkastuksia. Nämä esimerkkitapaukset on löydetty tiedonhaku suorittaessa, ja ne antavat osin kuvan tutkimuksen historiasta ja nykyajasta sekä täydentävät teoriaosuuden kanssa aiheen kokonaisuudeksi.

Norjassa tehtiin 1960-luvulla betonisten satamalaitureiden ja aallonmurtajien kuntotarkastus. Tarkastettujen rakenteiden ikä oli 0–55 vuotta. Tarkastuksessa todettiin, että kaikki vedenpinnan alapuolisten rakenteiden vauriot olivat aiheutuneet epätyydyttä-

västä työsuorituksesta. Kohteessa otettiin visuaalisen tarkastelun lisäksi myös laboratoriota varten poranäytteitä. (32.)

Kotkan satamanlaitoksen toimeksiannosta Insinööritoimisto Pitkälä Oy teki Hietasen satamassa rakenteiden kunnon seurantaan liittyviä tarkastuksia vuonna 1996. 1970-luvun alussa rakennetuissa satamarakenteissa ei ennen tätä ollut suoritettu rakenteiden kuntoon liittyviä tarkastuksia. Tarkastuksen lähtökohtana oli rakenteiden kunnon selvittämisen lisäksi seurantaohjelman kehitystyö. Päämääränä oli suorittaa koko sataman vuositarkastus ja vähintään yhden laivapaikan yleistarkastus, johon sisältyi vedenalaisten rakenteiden tarkastus. Tarkastukset käsittivät kolme tarkastuspäivää, joiden aikana tehtiin tutkimuksia koko Hietasen sataman alueella. Vedenalaiset rakenteet tarkastettiin sukeltajatyönä, ja tarkastukset perustuivat näköhavaintoihin ja yksinkertaisiin pintatestausmenetelmiin kuten vasaran ja piikin käyttöön. Tarkastuksessa ei suoritettu erikoislaitteita vaativia tutkimuksia. (7: 49, 53.)

GT Corporation teki Helsingin satamassa elokuussa 2004 laiturin EO1 paalujen teknisen kunnon tarkistuksen. Laituri sijaitsee Helsingin sataman alueella, ja se on tarkoitettu matkustaja-aluksille. Rakennusvuodesta ja edellisistä tarkastuksista tai korjauksista ei urakoitsijalla ollut tietoa. Laituri on rakennettu 81 paalun varaan, joista 65 on teräsbetonipaaluja ja 16 teräspaaluja. (4: liite 2 s. 3, 4.)

Kohteessa veden alla olevien rakenteiden tarkastus tehtiin sukeltajien voimin, jotka käyttivät kevytsukellusvarusteita. Työt tehtiin valoisaan aikaan käyttäen vedenalaisia valaisimia. Paalujen tarkastuksen yhteydessä koko paalun pinta puhdistettiin. Sen jälkeen paalu tarkastettiin neljältä sivulta ja mitattiin vaurioiden koko ja etäisyys vedenpinnasta. Tämän jälkeen vauriot kirjattiin ylös ja yleisimmistä vaurioista otettiin valokuvat. (4: liite 2, s. 7.)

Betonin tarkastuksessa käytettiin laitteita seuraavasti:

- vaurioiden koon mittauksessa metallilaattaa ja viivoitinta
 - halkeaman leveyden mittauksessa rakotulkisarjaa
 - betonin lujuuden mittauksessa Schmidtin vakiovasaraa
 - valo- ja videokuvauksessa vedenalaisiin kuvauksiin soveltuvia digitaalikameroita
- (4: liite 2, s. 7).

5.2 Yrityksille tehdyt kyselyt

Vedenalaisten betonirakenteiden tutkimusprosessin jäseniä on vähän, joten tutkimuksen kyselyt suoritettiin kvalitatiivisesti. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa mm. suositaan ihmistä tiedonkeruun instrumenttina sekä valitaan kohdejoukko tarkoituksenmukaisesti, kuten on tehtykin (33: 155).

5.2.1 Sukellusyritykset

Kysymyksiä lähetettiin sähköpostitse seitsemälle sukellusyritykselle Suomessa. Yrityksiltä kysyttiin mm. koulutuksesta, varusteista, tutkimuksen vaiheista ja tutkimuksen nykytilasta. Seitsemästä yrityksistä ainoastaan neljä vastasi, ja niiltäkin saatiin vastaukset vain osaan kysymyksistä. Ilmeisesti taantuma ja kyselyn vapaaehtoisuus vähensivät yritysten mielenkiintoa vastata. Kyselyiden vastaukset käsitellään itsenäisinä tapauksina seuraavassa.

Sukellus Bryggman sijaitsee Maskussa, ja kyseisestä yrityksestä kysymyksiin vastasi Timo Lahti. Hän toteaa, että kevytsukeltajan koulutuksen lisäksi sukeltajalla olisi hyvä olla kokemusta vedenalaisten betonirakenteiden korjauksista. Tutkimusten vakiovarustuksena kuvausvälineiden ja perusvarustuksien kuten moskan lisäksi hän mainitsee kohteen tiedot ja piirustukset sekä pintojen puhdistusvälineet. Myös pintailmalaitteisto ja tietenkin puhelinyhteys pintaan sekä pätevä sukellusavustaja on hyvä olla olemassa. Lahti toteaa, että erikoislaitteiden käyttö on melko vähäistä. Yritys ottaa Lahden mukaan jonkin verran näytteitä rakenteista ja tutkii ei-rikkovin menetelmin. Satamarakenteita tarkastetaan säännöllisesti jäiden ja potkurivirtojen aiheuttamien vaurioiden takia. Raportoinnista Lahti toteaa, että sisältö on asiakkaan vaatimuksien ja toiveiden mukainen, ja yleensä kuvat liitetään raporttiin ja tarkastusvideo liitteisiin.

Insinööritoimisto Sukellus-Kotka on perustettu vuonna 1978, ja se sijaitsee Kotkassa. Kysymyksiin vastasi Kari Mustamaa, joka toimii yrityksessä sukellustoimen johtajana. Hän mainitsee *RIL 236-2006*-ohjeistuksen, ja hänen mielestään siinä on paljon erinomaista tietoa tarkastuksista, vaatimuksista ja tarkastusten toteutuksesta. Mustamaa kertoo, että Sukellus-Kotkassa tutkitaan vedenalaisia betonirakenteita pääsääntöisesti visuaalisesti, mutta joissain kohteissa otetaan näytteitä myös timanttiporalla.

Osassa kohteita käytetään Mustamaan mukaan piirtävää kaikuluotainta. Hän toteaa myös, että satamarakenteita tutkitaan yleisesti asiakkaan tarpeiden mukaan, mutta hänen mielestään esimerkiksi jääolosuhteista kärsivät rakenteet tulisi tutkia vuosittain, vaikka niin ei kuitenkaan aina tapahdu. Mustamaan mielestä tarkastusmenetelmien nykytyyli on riittävä. Yrityksessä on myös kokeiltu erilaisia erikoismenetelmiä kuten ultraäänilaitetta, mutta tulokset eivät ole olleet tarpeeksi hyviä ja luotettavia.

FT-Sukellus on vuonna 2008 perustettu sukellusyritys, joka sijaitsee Hangossa. Kysymyksiin vastasi ammattisukeltaja Fredrik Toivari, joka on enimmäkseen tehnyt venesatamien kunnossapitotöitä. Hän harmittelee, että harrastussukeltajat vievät vieläkin joitakin ammattisukeltajan töitä. Perusvarustuksista hän mainitsee video- ja valokuvakameran, mitan ja sukellusvarustuksen. Raportoinnista Fredrik toteaa, että heidän tuloksiinsa kuuluvat raportti, kuvat ja tulokset paperi- ja sähköisessä muodossa.

IKL-sukelluksen päätoimialueena on Saimaa ja muut sisävesistöt. Vaikka kyseinen yritys tutkii vedenalaisia rakenteita makean veden alueella, tutkimustapojen samantapaisuuden takia yritys otettiin mukaan haastateltaviin. Kysymyksiin vastasi Ilkka Lampinen, joka toteaa, että sukellustarkastuksissa tarvitaan vähintään kevytsukeltajan tutkinto, eikä teknisestä koulutuksesta ole haittaa, mutta ei merkittävää hyötyäkään. Lampisen mukaan sukelluskurssilla opetetaan betonirakenteiden perusteet. Vakiovarusteista hän mainitsee video- ja valokuvauskameran, mitan ja perussukellusvälineet. Lampinen toteaa, että hänen mielestään vedenalaiset betonirakenteet tutkitaan nykyään pelkästään visuaalisesti. Hän myös arvioi, että esimerkiksi satamarakenteiden tarkastukset ovat yleistyneet.

5.2.2 Satamat

Sähköpostitse lähetettiin kysymyksiä kahdeksaan Suomen suurimpaan satamaan ja kahteen suureen eurooppalaiseen satamaan lukuun ottamatta tutkimusrajoitusten takia jäävejä kohteita. Satamien yhteyshenkilöiltä kysyttiin mm. tutkimuksista ja normeista. Näistä satamista ainoastaan neljä vastasi, ja vastanneista hollantilaisen Rotterdamin sataman tarkastuksista tietävä Inspectieloket lähetti ainoastaan esitteensä. Ilmeisesti kyselyn vapaaehtoisuus vähensi yritysten mielenkiintoa vastata. Seuraavassa käsitellään kyselyiden vastaukset itsenäisinä tapauksina.

Rauman satamasta kysymyksiin vastasi rakennuspäällikkö Antti Kokkomäki. Hänen mukaansa Raumalla tehdään vedenalaisille betonirakenteille silmäääräinen kuntoarvio satunnaisesti tai silloin, kun on aihetta epäillä jotakin poikkeavaa. Kokkomäki toteaa, että suunnitelmissa on määritelty laiturirakenteille käyttöikä, ja viimeistään ennen käyttöä täyttymistä on syytä suorittaa perusteellisempi tutkimus kuvaamalla sukeltajien avustamana. Kokkomäki kertoo pitävänsä valokuvausta videokuvausta parempana kuvausmenetelmänä. Hän myös toteaa, että Rauman sataman tutkimisessa on käytössä RIL 236-2006.

Naantalın satamasta, joka on Suomen kolmanneksi suurin kunnallinen satama Helsingin ja Kotkan jälkeen, kysymyksiin vastasi kiinteistöhoitaja Raimo Kivistö. Hän kertoi heti alussa, että Naantalissa ovat päättymässä sataman historian suurimmat laituri- korjaushankkeet. Laitureiden kuntokartoituksen suoritti GT Corporation, johon yritettiin tuloksetta saada yhteyttä opinnäytetyötä varten. Naantalissa tutkimus tehtiin sukellustyönä visuaalisesti vähäisin näyttein, joista jatkotutkimukset korjaussuunnittelua varten analysoitiin laboratoriossa. Satamarakenteiden suunniteltu tutkimusväli on viisi vuotta. Tällöin kuntotutkimuksessa kartoitetaan kasuunit, pilarit, palkistot ja kansi. Kivistö toteaa, että erikoislaitteista GT Corporationilla on käytössä mm. tutkimus- ja korjauskammiot vedenalaisiin töihin ja näyteporakoneet näytteenottoa varten. Kivistön mielestä RIL 236-2006 on osoittautunut erittäin tarpeelliseksi.

Turun satamasta kysymyksiin vastasi rakennuttajapäällikkö Jouni Hildén. Hän toteaa, että laituritutkimuksia tehtäessä käytetään pääasiassa mittalaitteista, mm. syvyysmittaria, erilaisia pituusmittareita kuten viivoitinta tai mittanauhaa, kallistusmittaria kuten vatupassia ja valokuva- ja videokameraa. Turun satamassa on viime aikoina kokeiltu myös erilaisia uusia tekniikoita, lähinnä monikeilausta, jolla saadaan vedenalaisten rakenteiden kunnosta karkeaa tietoa. Monikeilauksessa kuitenkin kohteen tarkentaminen aiheuttaa suuret tietokannat. Hildén toteaa, että vedenalaisia rakenteita tarkastetaan sukeltajatyönä pistekoemaisesti keskimäärin kerran vuodessa ja kattavammat tutkimukset suoritetaan 5–10 vuoden välein. RIL 236-2006 on Hildénin mukaan erittäin tervetullut ohjeistus vedenalaisten rakenteiden kunnonhallintaan ja ennen kaikkea tarkastusraporttien laadintaan.

5.2.3 Tutkimusyrietykset

Sähköpostitse lähetettiin kysymyksiä neljään betonitekniiseen osaamiseen perustuvaan, testaus- ja tutkimuspalveluita tarjoavaan yritykseen Suomessa. Yrityksiltä kysyttiin mm. vedenalaisten näytteiden tutkintamääristä, parannusehdotuksista, yleisiä asioita yrityksestä ja tutkimusten suorituksesta käytännössä. Yrityksistä vastasi vain Contesta Oy.

Contesta Oy on betonitekniiseen osaamiseen perustuvia testaus- ja tutkimuspalveluita tarjoava alan johtava yksityinen yritys Suomessa. Kysymyksiin vastasi tekninen päällikkö Aki Schadewitz. Contestalle ei Schadewitzin mukaan tule enää nykyään oikeastaan lainkaan poranäytteitä vedenalaisista rakenteista. Vuonna 2009 Contestalle tuli kuivaksi padotetusta rakenteesta näyte, jonka kyseinen yritys itse porasi. Sitä ennen erään sataman vedenalaisesta betonirakenteesta tuli näyte tutkittavaksi noin kaksi vuotta aiemmin. Kysyttäessä mielipidettä visuaalisen tarkastuksen yleisyyden syistä Schadewitz totesi, että syynä lienee näytteenottokaluston vähäisyys ja huono soveltuvuus vedenalaiseen toimintaan – lukuun ottamatta timanttiporausta. Schadewitz totesi myös, että näytteenotto ei ole sukeltajan leipälaji; hänen mukaansa timanttiporarit ovat reiän tekijöitä eivätkä näytteenottajia. Contesta saattaisi Schadewitzin mukaan tutkia vedenalaisia betonirakenteita kentällä, jos olisi kysyntää, mutta silloin se tarvitsisi sukellusyritystä yhteistyökumppaniksi. Lopuksi Schadewitz mainitsi parannusehdotuksia kysyessäni, että tutkimusprosessin kokonaiskehittäminen olisi paikallaan.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Tutkimusohjeistuksien nykytilanne

Vuonna 2006 julkaistu *RIL 236-2006 Satamalaitureiden kunnonhallinta* on tullut tarpeeseen uutena kokonaisvaltaisena ohjeistuksena. Tämä tuli selväksi, kun haastateltiin kirjaa työssään tarvitsevia henkilöitä. Ohjeistus on kattava vedenpinnan yläpuolisille rakenteille ja ensimmäinen varsinainen ohjeistus laiturirakenteiden kunnan arviointiin, vaurioiden korjaamiseen ja ennaltaehkäisyyn. Teos käsittelee kokonaisvaltaisesti koko rakennekokonaisuuden elinkaaren ja siihen liittyvät osat. Seuraavina vuosina olisi varmasti hyvä päivittää ohjeistusta ainakin käsittelemällä tarkemmin tarkastuslaitteistoja ja paneutumalla tarkemmin vedenpinnan alapuolisten rakenteiden tutkimusohjeistukseen.

Tiehallinnolta vuonna 2009 ilmestynyt ohjeistus *Siltojen sukellustarkastusohje* sisältää perustiedot tarkastusprosessista siltojen sukellustarkastuksia varten. Ohjeistus on tiivis mutta laadukas ja helposti sisäistettävä. Aineenkoestusmenetelmiä tosin saisi olla käsitelty tarkemmin. Tämäkin teos on hyvä päivittää tietyin väliajoin, eikä muutama lisäkuvakaan tekisi ohjeistuksesta liian laajaa.

Ulkomaisista ohjeistuksista mainitaan ainoastaan se, että nykyisin keskitytään rakenteiden eliniän pidentämiseen, ja tällöin myös rakentaminen ja kunnossapito vaativat tarkan ja laadukkaan ohjeistuksen. Tähän tutkituista ulkomaisista ohjeistuksista on hyvin löydettävissä tarvittava informaatio.

Osassa ulkomaisissa ohjeistuksissa on tutkimuslaitteistot huomattavasti paremmin käsitelty kuin kotimaisissa ohjeistuksissa. Siihen vaikuttavat tietenkin eri painotukset ohjeistuksien sisällössä. Eri tarkastuslaitteistojen tarkempi käsittely, joka on nyt hyvin vähäistä, olisi kuitenkin tervetullut lisä kotimaisiin alan teoksiin.

6.2 Sukellustutkimusyriytysten tekninen valmius

Haastattelujen ja esitteiden perusteella kotimaisilla tutkimusyriytyksillä on peruslaitteisto lähes poikkeuksetta kunnossa. Myös koulutus ja betonirakenteiden kunnonhal-

linnan perustiedot ovat hallussa. Pienemmillä sukellusyrityksillä ei ole erikoislaitteistoja valikoimassaan lähinnä sen korkean hinnan vuoksi ja sen käyttö vaatisi myös koulutuksen, jota voi olla vaikeaa saada Suomessa. Timanttioralaitteisto on useilla yrityksillä, mutta ultraäänilaitteistoa ja muuta nykyaikaista laitteistoa ei ole yleisesti käytössä.

6.3 Kuntotutkimusprosessin parannusehdotuksia

Vedenalaisten betonirakenteiden tutkimusten kokonaisvaltainen kehittäminen olisi paikallaan. Alan ammattilaisten olisi hyvä kokoontua yhteisen pöydän ääreen ja miettiä, miten tutkimusprosessia saataisiin tehostettua.

Kulut pitäisi saada pienemmäksi tutkimuslaitteistojen hankinnassa ja ylläpidossa. Tähän saattaisi auttaa esimerkiksi konevuokraamotyylinen laitteistopankki, jotta sukellusyritysten ei tarvitsisi omistaa kaikkia kalliita erikoistutkimuslaitteistoja. Tällöin saataisiin myös kattavampi laitteistovalikoima, koska yksi vähäisessä käytössä oleva erikoislaite ei ole vuokraamolle niin suuri ongelma kuin pienelle sukellusyritykselle.

Tutkimuslaitteisto on kehittynyt maailmalla viime vuosikymmeninä. Monessa kohdessa käytössä oleva timanttiorauslaitteisto on edelleen varmasti pätevä, mutta markkinoille on tullut myös ei-rikkovia tutkimuslaitteistoja kuten ultraäänilaitteisto vedenalaiseen käyttöön. Näitä vedenkestäviä laitteistoja on käytössä vain vähän Suomessa. Laitteistojen yleistyttämiseksi niihin olisi perehdyttävä tarkemmin, esimerkiksi tutkimalla laitteistojen luotettavuutta ja käytettävyyttä ja mikä tärkeintä, niiden hyötyä verrattuna vanhoihin menetelmiin. Hyvä ratkaisu olisi kokonaisvaltainen tutustuminen olemassa olevien laitteistojen ominaisuuksiin käytännössä. Tällöin saataisiin selvä näkemys laitteiden soveltuvuudesta vedenalaisiin tutkimuksiin ja se, onko Suomessa laitteiden hankinta ja käyttö järkevää. Laitteiden hankintaa ei pitäisi perustaa pelkkiin valmistajien lupauksiin, vaan yrityksillä pitäisi olla käytössään myös laitteistoja vertailevien puolueettomien yritysten tutkimustuloksia.

Koulutus, jossa käydään läpi vedenalainen tutkimusprosessi, olisi varmasti tarpeen. Jokainen prosessin jäsen varmasti tietää omalta alaltaan jonkin verran, mutta prosessin kannalta olisi hyvä tietää tutkimuksen peruskulku ja kokonaisuus. Tähän riittäisi hyvin

päivän tai parin kurssi, kuten nyt on esimerkiksi työturvallisuusosalalla. Koulutuksessa voitaisiin käydä läpi turvallisuusasiat ja tutkimuksen teoria ja käytäntö. Tällöin koko osallistuva ryhmä olisi tavallaan yhtä tiimiä eikä vain oman työnsä suorittajia. Kurssi olisi samalla osoitus siitä, että henkilö osaa työskennellä turvallisesti ja tehokkaasti.

6.4 Loppulausunto

Vedenpinnan alaisia kohteita tutkitaan tänä päivänä yleisimmin visuaalisesti ja vain harvoissa kohteissa ainetta rikkovin menetelmin. Erikoislaitteistot eivät ole yleistyneet, vaikka elektroniikan hinta yleisesti on muuten halventunut. Jo 1960-luvulla Norjassa vedenalaisia betonirakenteita tutkittiin samoilla laitteistoilla kuin tänä päivänä.

Vedenalaisten rakenteiden tutkimuksiin tarvitaan uusia menetelmiä ja uutta ohjeistusta. Olisi tärkeää tutkia uusimpien tutkimuslaitteistojen edut ja haitat sekä se, miksi viimeisin teknologia ei ole yleisesti vielä käytössä.

LÄHTEET

1. Mehta, P. 1991. Concrete in the marine environment. London: Elsevier Applied Science.
2. Huovinen, S. & Leivo M. & Kuosa H. & Vesikari E. 1989. Betonin säilyvyys arktisissa merirakenteissa. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 953.
3. FM Ulla Virtasen kokoelmat. Kuvan tekijänoikeus: FM Ulla Virtanen. Lupa kuvan käytöstä tässä opinnäytetyössä saatu 28.3.2010.
4. RIL 236-2006. 2006. Satamalaitureiden kunnonhallinta. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
5. Pitkälä, M. 2004. Vuosaaren sataman rakentamistyöt. Sataman laiturirakenteet. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
6. Talvinen, T. 2009. Satamalaiturirakenteiden teknistaloudellinen tarkastelu. Espoo: Teknillinen korkeakoulu.
7. Karvonen, J. 1996. Hietasen sataman rakenteiden seuranta. Oulu: Oulun yliopiston rakentamistekniikan osasto.
8. Gjørsv, O. & Ferreira, R. & Sengul, O. & Arskøg, V. 2004. Bestandige betongkai-er: praktiske retningslinjer for levetids-prosjektering av nye havnekonstruksjoner i betong. Oslo: Norsk Havneingeniørforening.
9. Betonitekniiikan oppikirja BY 201 2004. 5., uud. p. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
10. Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu BY 51 2007. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

11. Salparanta, Liisa 1987. Meriveden kemiallinen vaikutus betoniin. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 783.
12. Leeming, M. 1991. Marine structures. Teoksessa Mays, G. (toim.) Durability of Concrete Structures. London: Routledge.
13. Betonirakenteiden korjausohjeet BY 41 2007. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
14. Betonijulkisivun kuntotutkimus BY 42 2002. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
15. Yadav, A. 2005. Underwater inspection of bridges. Pune: Indian Railways Institute of Civil Engineering.
16. Kilgast, R. 2005. Satamarakenteiden kunnonvalvonta. Kunnossapito-lehden artikkeli. Saatavissa: http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu_id=561 [viitattu 7.2.2010].
17. Siltojen sukellustarkastusohje. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Saatavissa http://www.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/sukellustarkastusohje_2009.pdf [viitattu 7.2.2010].
18. Inspection, maintenance and repair of maritime structures exposed to damage and material degradation caused by a salt water environment 2004. Report of WG 17. Marcom: International Navigation Association.
19. Childs, K. (toim.) 2001. Underwater investigations: standard practice manual. ASCE manuals and reports on engineering practice no. 101. USA: American Society of Civil Engineers.
20. Kelly, S. 1999. Underwater inspection criteria. Port Hueneme: Naval Facilities Engineering Service Center.

21. Syvätekniikka Sukelluspalvelut Oy. Kuvan tekijänoikeus: Syvätekniikka Sukelluspalvelut Oy / Timo Leinonen. Lupa kuvan käytöstä tässä opinnäytetyössä saatu 5.4.2010.
22. Vedenalaisen potentiaalimittarin patenttihakemus US5210482. Saatavissa: <http://www.freepatentsonline.com/5210482.pdf> [viitattu 7.2.2010].
23. Tutkimusselostus VTT-S-11654-06 2006. Korroosion ainetta rikkomattomat tutkimusmenetelmät. Espoo: VTT.
24. Tietoa kauko-ohjattavasta sukelluskuvauslaitteesta. Saatavissa: http://www.iahr.org/elibrary/beijing_proceedings/Theme_F/HARBOR%20WORKS%20PERFORMANCE%20TO%20UNDERESTIMATED%20WAVE%20HEIGHTS.html [viitattu 7.2.2010].
25. Kuva: ROV Hercules. Kuvan tekijänoikeuksien haltija, projektissa Wikimedia Commons, on luovuttanut tämän teoksen public domainiin. Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/File:ROV_Hercules_2005.JPG [viitattu 28.3.2010].
26. Smith, A. & Goff, D. & Rhoads, C. 1991. Underwater concrete inspection equipment. Port Hueneme: Naval Civil Engineering Laboratory.
27. Vedenalaisen betonirakenteen ultraäänitutkimus. Saatavissa: <http://www.worldoftest.com/v-meter.htm> [viitattu 7.2.2010].
28. Valkonen, Mikko 2005. Vuosaaren telakka-altaan kuntotutkimus ja käyttömahdollisuudet Vuosaaren sataman yhteydessä. Espoo: Teknillinen korkeakoulu.
29. Kimmovasaran käyttö. Saatavissa: <http://www.nbmchw.com/articles/repairs-and-rehabilitation/937-underwater-evaluation-and-repair-of-bridge-components.html> [viitattu 7.2.2010].

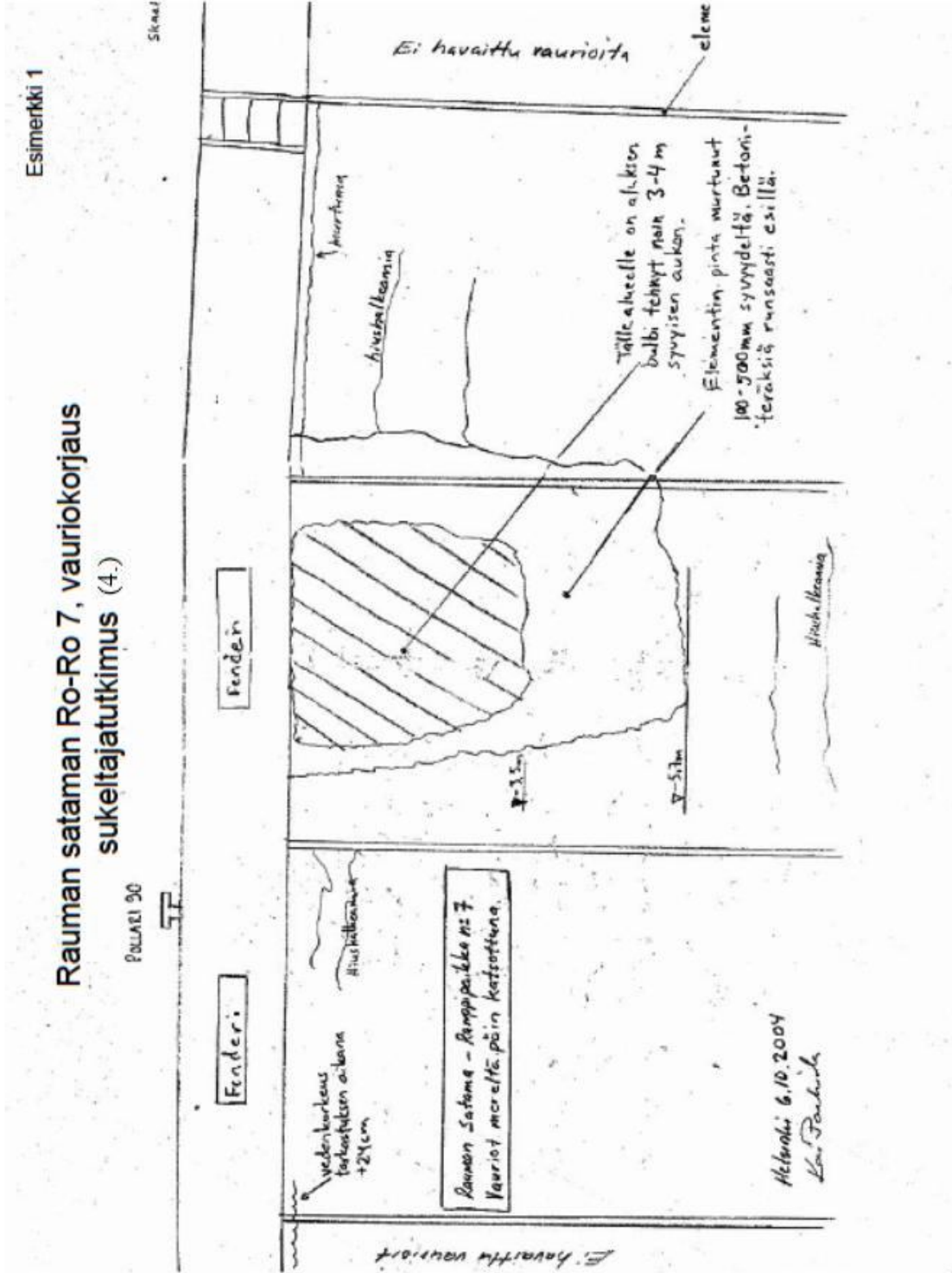
30. Sukellus Bryggman. Kuvan tekijänoikeus: Sukellus Bryggman / Timo Lahti. Lupa kuvan käytöstä tässä opinnäytetyössä saatu 18.3.2010.
31. Rakennustyötä veden alla tekevän sukeltajan pätevyydestä 1996. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960674> [viitattu 7.2.2010].
32. Gjörv, O. 1968. Durability of reinforced concrete wharves in Norwegian harbours. Oslo: The Norwegian Committee on Concrete in Sea Water. Ingeniørsforlaget A/S.
33. Hirsjärvi, S. & Remes P. & Sajavaara P. 2000. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Esimerkki 1

Rauman sataman Ro-Ro 7, vauriokorjaus sukeltajätutkimus (4.)

PALLAETI 90

Sikaa



Fender

Fender

Ei havaittu vaurioita

Ei havaittu vaurioita

element

Hiusjalka

Hiusjalka

Tälle alueelle on alkoon bulbi tehnyt noin 3-4 m syvyyden aukon.

Elementin pinta murtunut 100-500mm syvyydellä. Betoni-teräksig runsaasti esillä.

Hiusjalka

Hiusjalka

Rauman Satama - Rempassaikka n:o 7. Vauriot murehtä, pain katoottuna.


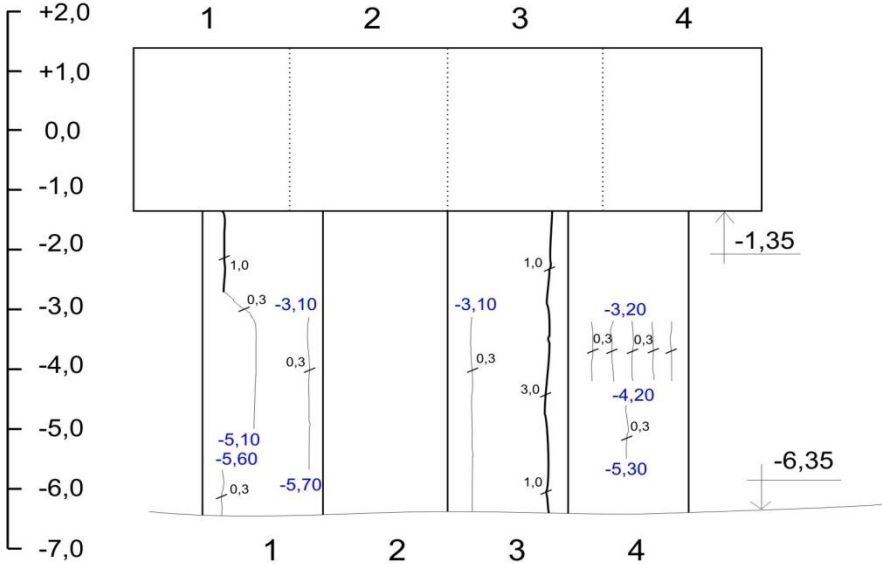
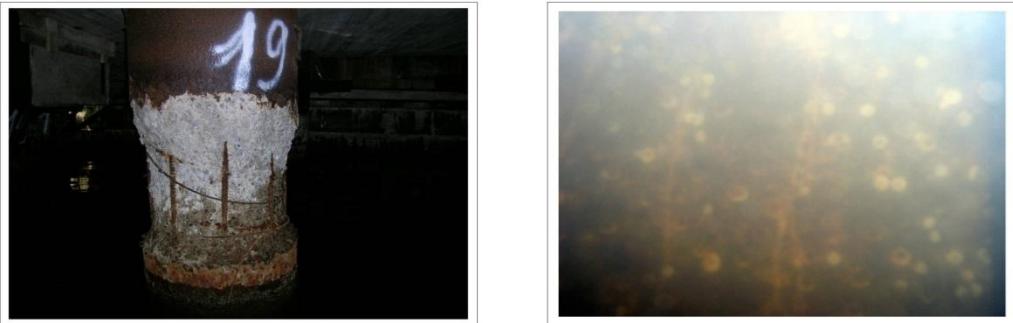
Metsäli 6.10.2004
L. Pöyhönen

vedenkorkeus tarkastuksen aikana +24cm

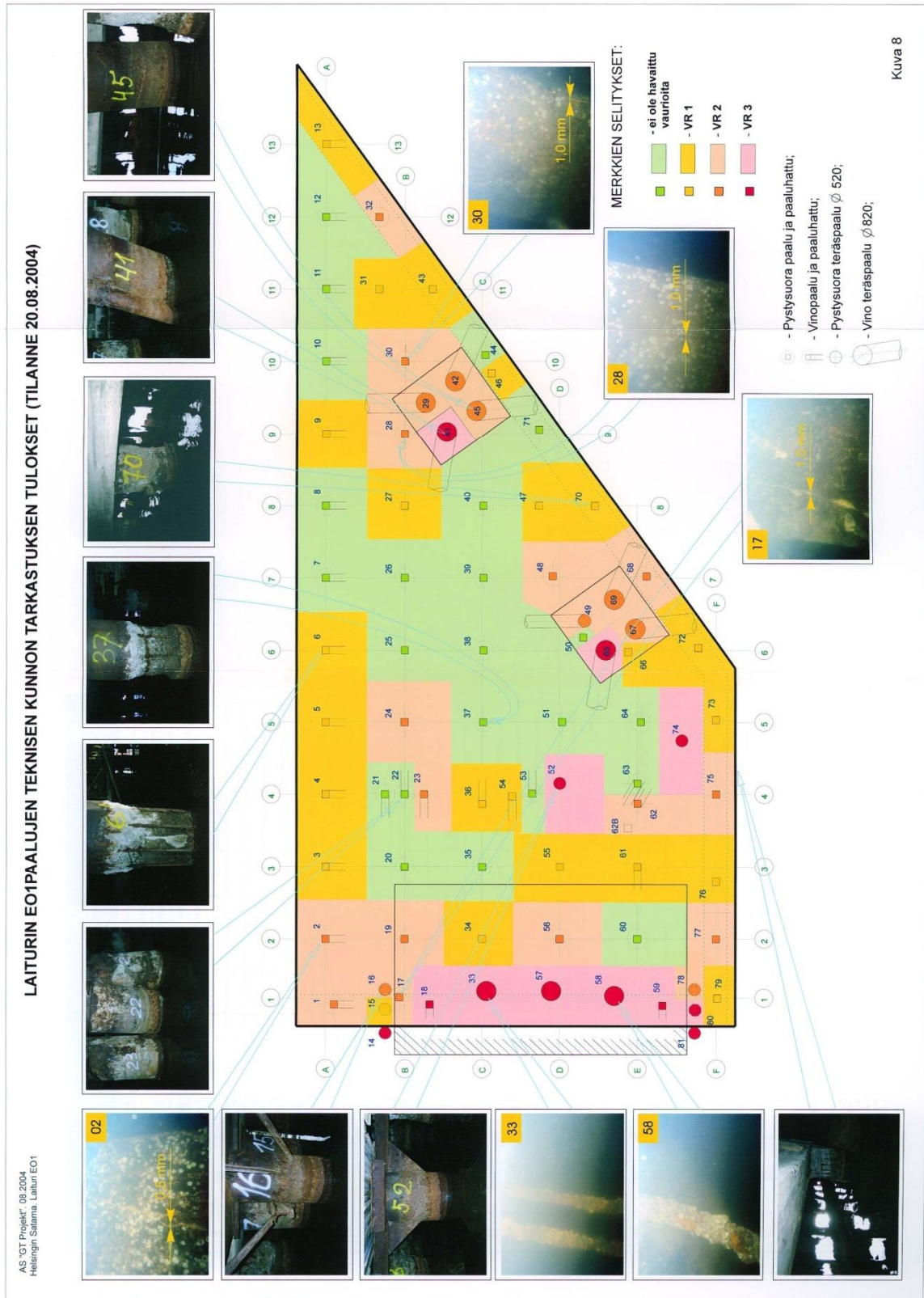
3.5m

3.5m

Esimerkki teräsbetonipaaluja tarkastuslomakkeesta (GT Corporation) (4.)

Liite 19	LAITURITUNNUS: EO1 PAALU N:O : 19
<p style="text-align: center;">----- Ranta -----</p> 	
VAURION ASTE: 2	
	
TARKASTAJA: S. Knjazev PVM : 12.08.2004	
	
<p>HUOMAUTUKSET:</p> <p>- Merkkien selitykset, kts. Liite A</p>	

Esimerkki paalulaiturin tarkastustulosten esittämistavasta (GT Corporation) (4.)



Esimerkki kuntotutkimuksen tuloksien esittämisestä (4.)


Taulukko 4.1. Laiturin EO1 paalujen teknisen kuntotutkimuksen tulokset (tässä vain osa osa esitetty)

Paalu Nro	Kunnos sa	Kohta MW (m)	VR lk	Ra (mm)	Valokuvan Nro	Huomioitavaa
1	Ei	-4,2	2	30	Liite 1	
2	Ei	*	2	*	Liite 2	halkeamat
3	Ei	*	1	*	Liite 3	halkeamat
4	Ei	-6,0	1	20	Liite 4	
5	Ei	*	1	*	Liite 5	halkeamat
6	Ei	*	1	*	Liite 6	halkeamat
7	Kyllä	*	*	*		
8	Kyllä	*	*	*		
9	Ei	*	1	*	Liite 9	
10	Kyllä	*	*	*		
11	Kyllä	*	*	*		
12	Kyllä	*	*	*		
13	Ei	*	1	*	Liite 13	halkeamat
14	Ei	*	3	teräspaalu	Liite 14	paalun teräspinnan korroosio
15	Ei	*	1	teräspaalu	Liite 15	


Taulukko 4.2. Laiturin EO1 vaurioituneet paalut

Vaurioitumisaste, VR	Vaurioituneiden paalujen lukumäärä	Huomautus
1	24	mm. 11 paalua, joiden betonipinta on vaurioitunut ja 12 paalua, joissa on 0,3...0,5 mm leveitä halkeamia. Yksi teräspaalu, jonka syöpmiskulumisen aste on 10-20%.
2	23	mm. 5 paalua, joiden betonipinta on vaurioitunut ja 10 paalua, joissa on yli 0,5 mm leveitä halkeamia. 8 teräspaalua, joiden syöpmiskulumisen aste on 20-35%
3	8	mm. 7 teräspaalu, joiden syöpmiskulumisen aste on 30-55%
Täysin vaurioituneet	4	Puuttuu 3 paalua, 1 paalussa on sen läpi meneviä vaurioita
Vaurioituneiden paalujen lukumäärä yhteensä	59	Vauriot VR1, VR2, VR3
Paalut ovat hyvässä kunnossa	22	Vaurioita ei ole havaittu
Paalujen lukumäärä yhteensä:	81	

Esimerkki tarkastusraporttipohjasta, vuositarkastus (7.)

 KOTKA HIETASEN SATAMA		T1 VUOSITARKASTUS	
RAKENTEIDEN SEURANTA			
TARKASTUSKOHDE			
Tarkastajat		Pvm	
KUNTOTIEDOT			
	Arvosana	Lisätietoja	
Kasuunien näkyvät osat			
Kansirakenteet			
Fenderit			
Pollarit			
Pelastusvälineet			
Laituritikkaat			
Muut varusteet			
Nosturirata			
Taustakenttä			
Luiskat ja verhoilu			
Kaiteet			
Tarkastuksessa havaitut puutteet:			
Ohjeita kunnossapitotoimenpiteitä varten:			
Tarkempien selvitysten ja tarkastuksien tarve:			

Esimerkki tarkastusraporttipohjasta, yleistarkastus (7.)


 KOTKA HIETASEN SATAMA	T2 YLEISTARKASTUS	
RAKENTEIDEN SEURANTA		
TARKASTUSKOHDE _____		
Tarkastajat _____	Pvm _____	
KUNTOTIEDOT	Arvosana	Lisätietoja
Eroosioaatta		
Kasuunit		
Kansirakenteet		
Fenderit		
Pollarit		
Pelastusvälineet		
Laituritikkaat		
Muut varusteet		
Nosturirata		
Taustakenttä		
Luiskat ja verhoilu		
Kaiteet		
Tarkastuksessa havaitut puutteet:		

Ohjeita kunnossapitotoimenpiteitä varten:		

Jatkotoimenpiteet ja muut kommentit:		

Suositus seuraavan yleistarkastuksen ajankohdasta:		

Esimerkki tarkastusraporttipohjasta, vauriotiedot (7.)

 KOTKA HIETASEN SATAMA		T3 VAURIOTIEDOT	
RAKENTEIDEN SEURANTA			
TARKASTUSKOHDE			
Tarkastajat		Pvm	
VAURIO N:o			
Sijainti			
Rakenneosa			
Vauriotyyppi		Materiaali	
Vaurion syy		Vaurioluokka	
Vaurion laajuus (yks.)		Kustannusarvio	
Korjausehdotus			
VAURIO N:o			
Sijainti			
Rakenneosa			
Vauriotyyppi		Materiaali	
Vaurion syy		Vaurioluokka	
Vaurion laajuus (yks.)		Kustannusarvio	
Korjausehdotus			
VAURIO N:o			
Sijainti			
Rakenneosa			
Vauriotyyppi		Materiaali	
Vaurion syy		Vaurioluokka	
Vaurion laajuus (yks.)		Kustannusarvio	
Korjausehdotus			
VAURIO N:o			
Sijainti			
Rakenneosa			
Vauriotyyppi		Materiaali	
Vaurion syy		Vaurioluokka	
Vaurion laajuus (yks.)		Kustannusarvio	
Korjausehdotus			

Esimerkki tarkastusraportin sisällysluettelosta (4.)

SISÄLLYSLUETTELO OSA 1

1. JOHDANTO	3
1.1. Kohde	3
1.2. Tehtävät	3
1.3. Perustelut töiden suorittamiselle	3
1.4. Tilaaajan valvova edustaja	3
1.5. Kuntotutkimuksen päivämäärä	3
2. TÄRKEIMMÄT TIEDOT KOHTEESTA	3
2.1. Yleistä	3
2.2. Paaluperustus	4
3. TYÖMENETELMÄT JA TEKNISET LAITTEET	7
3.1. Olosuhteet töiden suorittamisen aikana	7
3.2. Mittauslaitteet	7
4. KUNTOTUTKIMUKSEN TULOKSET	9
4.1. Vaurioiden tyypit	9
4.2. Paalujen tekninen kunto	11
4.3. Laiturin kuntoarvio tarkastuksen tulosten perusteella	15
5. LOPPULAUSUNTO	17

OSA 2. LIITTEET (EI ESITETTY TÄSSÄ!)

1.LIITE A. TERÄSBETONIPAALUJEN VAURIOT	
2.LIITE B. TERÄSPAALUJEN VAURIOT	
3.LIITTEET 1-81. VAURIOITUNEIDEN PAALUJEN KUVAT.....	