

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Petri Rantanen

NESTE OIL OYJ PORVOON SATAMAN BETONILAITUREIDEN
8 JA 9 KUNTOTUTKIMUS JA KORJAUSTEN KUSTANNUSARVIO

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2015
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
+358 50 260 6800

Tekijä
Petri Rantanen

Nimeke
Neste Oil Oyj Porvoon sataman betonilaitureiden 8 ja 9 kuntotutkimus ja korjausten kustannusarvio

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön on tilannut Neste Oil Oyj Porvoon sataman kunnossapitoyksikkö. Työn tavoitteena oli tehdä betonilaitureiden 8 ja 9 korjaustarpeen arviointi. Laiturit ovat valmistuneet vuosina 1969 ja 1978.

Tehtävänä oli selvittää laitureiden pintarakenteiden tämänhetkinen kunto ja luoda mahdollisten vauriokohtien korjaussuunnitelma sekä kustannusarvio. Tarkastus pohjautui liikenneviraston laatimaan Laitureiden tarkastusoppaaseen, joka julkaistiin vuonna 2010.

Näytteenottoaikat valittiin niin, että ainakin eniten rasitetut rakenteet olisivat tutkimuksessa. Koepalojen poraus suoritettiin marraskuussa 2013 ja niiden tutkiminen tammi-kuussa 2014 Karelia-ammattikorkeakoulun laboratoriossa Joensuussa. Silmämääräinen tarkastelu suoritettiin kiertämällä laiturit maanpinnalla. Alusrakenteiden silmämääräinen tarkastus ja näytteiden otto suoritettiin veneestä käsin. Tutkimustulosten perusteella on laadittu kuntotutkimusraportti, jossa esitetään laiturirakenteiden tämänhetkinen kunto ja suositukset jatkoa varten.

Tuloksissa ilmeni, että välttämättömiä rakenteiden korjaustarpeita ei tällä hetkellä ole. Korjaustoimenpiteet kohdistuvat pintarakenteisiin ja varusteisiin. Uusintatarkastus on suositeltavaa suorittaa viiden vuoden kuluessa.

Kieli
suomi

Sivuja 48
Liitteet 15
Liitesivumäärä 15

Asiasanat
Betoni, betonilaiturit, betonin kuntotutkimukset



THESIS
February 2014
Degree Programme in Civil Engineering

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
+358 50 260 6800

Author
Petri Rantanen

Title
Title Inspection, Condition Survey and the Cost Evaluations of Neste Oil Porvoo Harbour Piers 8 and 9

Abstract

This thesis was commissioned by Neste Oil Porvoo harbour maintenance unit. The purpose was to compile a repair needs assessment for concrete piers 8 and 9 which have been completed in 1969 and 1978.

The goal was to study the surface structures of the piers, their current condition and potential failure points to create a corrective action plan and a cost estimate. For the first time the audit was based on Transport Agency's Piers Audit Guide, which was published in 2010.

The sample drilling was carried out in November 2013 and it was studied in Karelia University of Applied Sciences laboratory in Joensuu in January 2014. A carbonation test and visual examinations were carried out at the location. Substructure visual inspection and sampling of the platform were completed from a boat. The results of the research report were prepared in accordance with the condition, which set out the current condition of the pier structures and recommendations for the future.

The sampling sites were chosen so that at least the most stressed structures would be represented in the study.

The results of the study showed that there are no urgent need to repair the structures currently. The corrective actions are targeted at the surface structures and equipment. Re-inspection is recommended to be performed in a period of five years.

Language
Finnish

Pages 48
Appendices 15
Pages of Appendices 15

Keywords

Concrete, Concrete piers, Concrete condition survey

Sisältö

Tiivistelmä
Abstrakti
Alkusanat

1 Johdanto	6
2 Sataman laituri- ja rakennetyypit	8
3 Satamarakenteiden vauriot	10
4 Rakenteiden tutkimusmenetelmät	21
4.1 Ohjeet laituritarkastusten toteutuksesta	21
4.2 Ohjeet laitureiden sukellustarkastusten toteutuksesta	22
4.3 Laitureiden ylläpidon ja korjausten ohjelmointi	22
5 Betonikoepalojen laboratoriotutkimukset yleisesti	23
5.1 Betonin karbonatisoitumistutkimukset	23
5.1.1 Laitteet ja tarvikkeet	23
5.1.2 Näyte	24
5.1.3 Kokeen suoritus	24
5.2 Betonin puristuslujuuden määrittäminen	25
5.3 Kenttätutkimukset	25
5.4 Laboratoriotutkimukset	26
5.5 Betonin lujuusarvojen määrittäminen	27
5.5.1 Vetolujuuden määrittäminen	27
5.5.2 Lieriölujuuden laskeminen	29
5.5.3 Vetolujuuden tutkiminen	29
5.6 Raudotteiden korroosio	31
5.7 Raudotteiden peitepaksuuksien mittaaminen	31
5.8 Kloridipitoisuuden määrittäminen	31
5.9 Rapautumisen tutkiminen	32
5.10 Tutkimusten luotettavuus ja niihin perustuvat toimenpidesuosituksset	34
6. Betoninäytteiden otto ja tutkiminen	35
6.1 Näytepalojen karbonatisoitumis mittauksen tulos	36
6.2 Veto- ja puristus mittausten tulokset	37
6.3 Kloridipitoisuus ja pakkasrapautuminen	40
6.4 Raudotteiden korroosio ja peitepaksuus	40
7 Laiturien tarkastus ja korjattavat kohteet	41
7.1 Laituri 8 vauriokohtia	41
7.2 Laituri 8 tarkastus asiakirja	43
7.3 Laituri 9 vauriokohtia	44
7.4 Kustannusarvio	45
8 Johtopäätökset	46
9 Pohdinta	47
Lähteet	49

Liitteet

Liite 1	Laituri 8 tarkastusasiakirja
Liite 2	Laituri 9 tarkastusasiakirja
Liite 3	Parametristat
Liite 4	Rakenneosa numerointi
Liite 5	Rakenneosien materiaali ja vauriotypit
Liite 6	Vaurioiden syyt ja betonirakenteiden korjaustoimenpide hinnat

Liite 7	Korjaustoimenpide hinnat, betonirakenteet
Liite 8	Korjaustoimenpide hinnat, ympäristö ja ikääntyminen
Liite 9	Korjaustoimenpide hinnat, teräsrakenteet
Liite 10	Korjaustoimenpide hinnat, vedeneristys ja päällysteet
Liite 11	Korjaustoimenpide hinnat, raskaat toimenpiteet
Liite 12	Tarkastuskommentit
Liite 13	Kiireellisyys- ja kuntoluokat
Liite 14	Karelia AMK betonilaboratorio, mittausraportti laitur 8
Liite 15	Karelia AMK betonilaboratorio, mittausraportti laitur 9

Alkusanat

Tämä opinnäytetyö liittyy Neste Oil Oyj:n Porvoon jalostamon sataman betonilaituri rakenteiden kunnon seurantaan, joka on kiertävä toiminto tietyllä aikajaksolla. Opinnäyteprojektiin osallistuu useita henkilöitä, joiden tietotaito on merkittävässä roolissa projektin läpiviemisessä. Haluan tuoda kiitokseni LTRAS 10 luokalle, joka tutki kanssani laitureiden koepaloja. Tuutori, lehtori Petteri Härköselle DI, tarkastusinsinööri Riku Tiiralle, jonka kanssa suoritimme koepalojen puristus- ja vetokoe tarkastelut sekä Juho-Matti Nurmiselle Rkm.AMK. Hänen panoksensa kohteen vaurioiden havainnoinnissa on merkittävä

1 Johdanto

Betonilaitureiden rakenteiden hyvä kunto on edellytys koko sataman toiminnalle. Vaurioituneet rakenteet ovat vaaraksi henkilöstölle ja aluksille. Esim. vaurioituneet fenderit eli hankaussuojat laitureiden kyljissä tai niiden puuttuminen aiheuttavat vaurioita aluksen kylkeen. Usein rakenteiden korjaukseen ryhdytään vasta, kun saadaan näköhavainto vauriosta. Ennakkotarkastelut jäävät helposti tekemättä töiden vaatavuuden vuoksi. Myös ammattitaitoisia betonirakenteiden tutkijoita on harvassa. Usein silmämääräisiin havaintoihin perustuva korjaus on helposti ylimitoitettu tai turha. Opinnäytetyön aihetta miettiessäni pyrin rajaamaan vaihtoehtoja aihepiireistä, mitkä paitsi kiinnostavat itseäni, mutta myös voisivat tuoda jotain uutta ajatusmaailmaa sekä omaan työhöni että myös opinnäytetyötäni lukeville.

Hankkeen päätavoite oli selvittää Neste Oil Oyj:n lastaus- ja purkulaitureiden 8 ja 9 betonirakenteiden kunto ja miettiä sen pohjalta kehitysideoita siihen, miten laiturit saadaan toimimaan hyvin etenkin sen rasitteen minimoimiseksi, jonka lämpötilavaihtelut aiheuttavat laitureiden toiminnallisuudessa ja varsinkin veden ja ilman sekä talvisin jään rajavyöhykkeelle.

Betonirakenteiden kunnon selvityksen myötä tavoite oli saada selville korjaustarpeet korjaussuunnitelman perustaksi. Korjaussuunnitelma ohjaa kustannusarvion laatimista ja johtaa hyvään lopputulokseen.

Tässä opinnäytetyössä ei ole paneuduttu vedenalaisiin rakenteisiin siksi, että sukellustarkastukset ja niistä seuranneet korjaukset ovat juuri valmistuneet.

Opinnäytetyö aloitettiin marraskuussa 2013, materiaalin keräys saatiin valmiiksi helmikuussa 2014. Koepalat porattiin laitureista joulukuussa. Kappaleiden laboriorikokeet tehtiin tammikuussa 2014. Aineiston analysointi tehtiin maaliskuuhun aikana. Opinnäytetyö jätettiin tarkastettavaksi helmikuussa 2015.

Kirjallisuutta ja materiaalia etsittiin opinnäytetyötä varten pääsääntöisesti internetin välityksellä, Betoniyhdistyksen julkaisuista sekä Liikenneviraston laiturin tar-

kastusohjeesta. Kirjaston materiaalia haettiin Karelia-ammattikorkeakoulun hakukoneiden avulla sekä internetistä aiheeseen sopivien hakusanojen avulla. Myös oppituntien aineistoa käytettiin hyväksi. Internetin tietojen luotettavuus pyrittiin tarkastamaan selvittämällä kirjoittajan pätevyys.

2 Sataman laituri- ja rakennetyypit

Satamissa sijaitsevien laiturirakenteiden laiturityypit luokitellaan niiden sijainnin mukaan. Rantalaiturin tausta on täytetty ja se kulkee taustalla olevan rannan suuntaisesti. Rantalaiturin vastakohta on pistolaituri, joka rakennetaan kohtisuoraan ulos rannasta. Tihtaalilaituri muodostuu erillisistä betoniulokkeista, jotka on yhdistetty toisiinsa kävelysilloilla. Tyypillisesti öljylaitureina käytetään off-shore-laitureita, jotka rakennetaan riittävän kauaksi rantaviivasta, jotta saavutetaan riittävä vesisyvyys. (RIL 236 2006, 13 -14.)

Neste Oil Oyj:n jalostamon rannassa ei ole erityisiä aallonmurtajia suojaamassa aallokelta, koska satama-alue on suhteellisen suojaisa.

Aikaisemmin puu on ollut suosittu siltojen sekä laitureiden rakennusmateriaali. Suurin osa kaikista vanhimmista rakenteista on puurakenteisia. Puun säilyvyys on riittävä vedenpinnan ylä- ja alapuolella, mutta vedenpinnan vaihtelualueella puun heikko kulutuksen kestävyys aiheuttaa ongelmia. Puun kyllästämisellä tai muunlaisella niin sanotulla kemiallisella käsittelyllä voidaan parantaa huomattavasti puun kestävyttä. Huonon säilyvyyden vuoksi puu ei ole silti enää niin suosiossa kuin teräs ja betoni. (RIL 236 2006, 20.)

Porvoon jalostamon satama-alueella sijaitsee yhdeksän betonirakenteista laituri-kompleksia, joista ensimmäinen laituri on Satamateknillinen toimisto Oy:n, vuonna 1969 suunnittelema ns. rantalaituri, joka tukeutuu kalliorinteeseen. Kyseinen laituri on tämän opinnäytetyön ensimmäinen tarkastelukohde, laituri 9. Toinen kohde on laituri 8, joka on vuonna 1978 Insinööritoimisto Pitkälä Oy:n suunnittelema off-shorelaituri. Siihen on otettu tuentapalkit laiturikansistolle rantapenkereestä. Laiturit ovat teräsbetonirakenteisia. Laitureissa käytetty betonin lujuus on ollut B 300 ja huokostus 3 - 4 %. Kyseinen merkintä vastaa tämän päivän K 30 -luokitusta huokostuksella. Nämä tiedot löytyivät vanhoista rakennesuunnitelmista.

3 Satamarakenteiden vauriot

Betonin halkeilu

Tyypillinen betonirakenteen vaurio on halkeilu. Halkeamat ja onkalot aiheuttavat haitallisia seurausvaikutuksia betonirakenteissa. Halkeamien laajuutta voidaan hallita oikealla suunnittelulla ja toteutuksella. Halkeamia syntyy betoniin, kun sen vetolujuus ylittyy. Halkeilujen määrä ja laajuus vaikuttavat myös oleellisesti betonin esteettisyyteen. (Suomen Betoniyhdistys ry 2007, 92.)

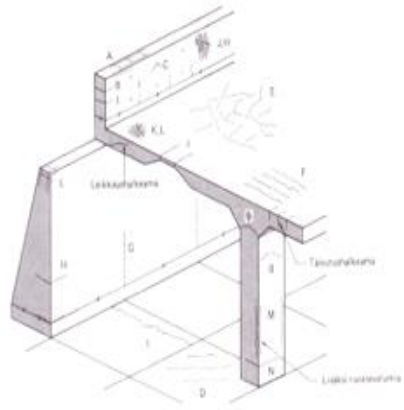
Halkeamat vaikuttavat oleellisesti betonin laatuun. Betonin läpäisevyys lisääntyy halkeamien myötä, eli betonin laatu huononee. Raudoitukseen ulottuvat halkeamat ovat haitallisin halkeamatyyppi. Syvien halkeamien kautta haitalliset aineet pääsevät tunkeutumaan betoniin helposti aiheuttamaan korroosiota. (Suomen Betoniyhdistys ry 2007, 92.)

Betonisilloissa ja -laitureissa esiintyy tyypiltään hyvin erilaisia halkeamia. Halkeamien syitä on paljon erilaisia, ja niiden syntymiseen kuluva aika vaihtelee minuuteista vuosiin. Halkeamat tulisi korjata mahdollisimman nopeasti, jotta välttäisiin betonin rapautumiselta ja raudoituksen korroosiolta. Voidaan siis todeta, että kaikki halkeamat vaikuttavat betonirakenteen säilyvyyteen. Rakenteiden korjaustyöt edellyttävät halkeaman perusteellista selvitystä. (Suomen Betoniyhdistys ry 2007,94; Halkeamien korjaaminen 1.233, 2014.)

Halkeamatyypit voidaan jakaa kovettumisen jälkeen tapahtuviin ja ennen kovettumista tapahtuviin halkeamiin. Jo rakennusvaiheessa voi syntyä halkeamia, joita ovat plastinen kutistuma ja plastinen painuma. Liian suuret lämpötilaerot ja muodonmuutokset aiheuttavat vedenalaisille betonirakenteille halkeamia. Sementin hydrataatio tuottaa lämpöä betoniin sen kovettuessa. Kovettumisvaiheessa syntyy halkeamia, joiden syynä ovat lämpötilaerot. (Suomen Betoniyhdistys ry 2007, 94.; Halkeamien korjaaminen 1.233, 2014.)

Kuvassa 1 on esitetty betonirakenteissa tyypillisesti esiintyviä halkeamatyyppejä ja vaurioiden syntymäkohtia. Kohdat A, B ja C kuvaavat plastisesta painumasta aiheutuvia halkeamia, joiden pääsyyinä on veden erottuminen tai nopea kuivuminen. Kohdissa D, E ja F ovat kyseessä plastisesta kutistumasta aiheutuneet vauriot, joiden pääsyyinä on pinnan nopea kuivuminen. Rakennusosien sisäisistä tai ulkoisista lämpötilaeroista johtuvat vauriot G ja H, jotka ovat niin sanottuja hydrataation lämpö- tai lämmityshalkeamia. I on niin sanottu kuivumiskutistuminen. J ja K kuvaavat pintahalkeilua. L on pakkasrapautuminen. M ja N kuvaavat raudituksen ruostumista. (Suomen Betoniyhdistys ry 2007, 93.)

Esimerkkejä betonirakenteiden tyypillisistä betonin halkeamista.



Kuva 1. Tyypilliset vauriot (BY 201 2007,94)

Kuvassa 1 esiintyvien halkeamien selitykset (BY 201 2007,93.)

Halkeilun aiheut-taja	Kir-jain	Pääsyy	Toissijainen syy	Esiintymisajan-kohta
Plastinen painuma	A, B, C	Veden erottuminen	Nopea kuivuminen, liian myöhään aloitettu jälkihoito	0,5...4h (T=20...30°C), 4...8h (T=7...20°C)
Plastinen kutistuma	D, E	Pinnan nopea kuivuminen	Hidas haihtuvan veden korvautuminen (tiivis massa), liian myöhään aloitettu jälkihoito	0,5...4h (T=20...30°C), 4...8h (T=7...20°C)
	F	Lisäksi raudoitus yläpinnassa		
Hydrataatiolämpö tai lämmitys	G	Rakennusosien välinen lämpötilaero	Rakenteen liian nopea jäähtyminen	1...3d
	H	Rakennusosan sisäinen lämpötilaero		
Kuivumis-kutistuminen	I	Iso v/s, huono jälkihoito, väärin suunnitelturakenne (kutistumis-liikkeet estetty)	Huono tartunta työsaumassa	Viikko...useita kuukausia
Pintahalkeilu	J	Huono muotti	Suuri sementti- ja vesimäärä, huono jälkihoito	Yleensä 1...7d, joskus myöhemmin
	K	Huono tai liian aikainen pinnan hierto		
Pakkas-rapautuminen	L	Vesi, jäätyminen ja sulaminen	Liian vähän suojahuokosia, betoni vedellä kyllästynyt	Ensimmäiset talvet ... useita vuosia
Raudoituksen ruostuminen	M	Liian pieni betonipeite	Liian huokoinen betoni	Useita vuosia
	N	Kloridit		

Kuva 2, esiintyvien halkeamien selitykset (BY 201 2004,93.)

Korroosio

Raudoituksen korroosio eli ruostuminen on tyypillistä kosteassa ilmassa ja kuuluu teräksen luonteeseen. Kyseessä on sähkökemiallinen tapahtuma, jossa kemialliset ainekomponentit ja sähkövaraukset ottavat osaa reaktioihin. Tällöin rauta pyrkii muuttumaan oksideiksi ja hydroksideiksi, joihin niitä luonnossa esiintyy. Korroosiolle välttämättömiä aineita ovat vesi, happi ja korroosiota edistävät kemikaalit, kuten kloridi. (Suomen Betoniyhdistys ry 2007, 97.)

Betonirakenteissa korroosion edellytyksenä on riittävä hapen kulkeutuminen betonipeitteen läpi raudoituksen läheisyyteen sekä betonin sopiva kosteuspitoisuus. Raudoituksen korroosiossa tapahtuu sähkökemiallinen reaktio, jota kutsutaan anodi- tai katodireaktioksi. Anodit ja katodit ovat yhteydessä toisiinsa sekä raudoituksen että betonin kautta. Korroosio on erilainen sen mukaan, onko korroosio alkanut betonin karbonatisoiduttua vai ovatko kloridit rikkoneet raudoitusta suojaavan oksidikalvon. Hapen ja veden muodostava hydroksyyliyhdyne reagoi puhtaan raudan kanssa muodostaen rautahydroksidia eli ruostetta; tällöin rauta alkaa syöpyä anodin ja katodin reaktioiden mukaisesti. Anodin aiheuttama korroosio raudoituksessa on pinta-alaltaan pieni ja katodin aiheuttama sitä vastoin pinta-alaltaan suuri. (Suomen Betoniyhdistys ry 2007, 100)

Betonin raudoituksen antama kemiallinen suoja häviää, kun betoni ilman hiilidioksidin vaikutuksesta karbonatisoituu. Tällöin betonin pH-arvo laskee, raudoituksen emäksinen ympäristö katoaa ja raudoitusta suojaava oksidikalvo voi tuhoutua. Myös kloridien tunkeutuminen betoniin poistaa betonia suojaavan vaikutuksen eli oksidikalvon. (Suomen Betoniyhdistys ry 2007, 98.)

Happi kulkeutuu vedenalaisissa rakenteissa erittäin hitaasti, joten myös raudoituksen korroosiovaara on erittäin pieni. Korroosiovaara on pieni myös, kun kyseessä on kuiva betoni. Tämä johtuu siitä, ettei kuivassa betonissa synny korroosiolle vaadittavaa yhteyttä raudoituksen anodin ja katodin välille. Halkeamien kohdalla betoni karbonatisoituu kiilamaisesti muuta betonia syvemmälle. Karbonatisoitumisnopeus riippuu oleellisesti halkeaman koosta. Korroosiovaara on-

kin suurin sellaisissa rakenteissa, jotka vuoroin kastuvat ja vuoroin kuivuvat. Raudituksen korroosionopeus betonissa on suurimmillaan ilman suhteellisen kosteuden ollessa n. 95 %. Tällainen tilanne on juuri satamien ja siltojen pilareilla, jossa betoni on lähellä vesirajaa tai vesirajan yläpuolella. (Suomen Betoniyhdistys ry 2007, 101.)

Valuviat

Valuviat johtuvat betonin valuvaiheessa tapahtuneesta työvirheestä, esimerkiksi huonosta tiivistyksestä. Valuvikoja voi esiintyä kaikissa betonirakenteissa, jotka on tehty valutyönä. Veden alle voidaan valaa koossapysyvää, notkeaa ja kulutuksen kestäväää betonia, mutta vedenalainen betonivalu on vaativampaa kuin kuivatyönä tehty valu. (Suomen Betoniyhdistys ry 2007, 103.; Halkeamien korjaaminen 1.233, 2014.)

Pintavauriot

Pintavaurioita voi esiintyä rakenteessa koko sen matkalla. Vaurioita ovat pinnoitteen irtoaminen, halkeilu ja ohentuminen. Vaurioita aiheuttaa pinnoitteen tai muun suojauksen toimintakyvyn heikkeneminen. (Suomen Betoniyhdistys ry 2007,103.; Halkeamien korjaaminen 1.233, 2014.; RIL 236 -206, 144.) Pintavauriot voivat johtua myös korroosiosta. Paisuvat korroosiotuotteet aiheuttavat betoniin halkaisevia voimia, jotka synnyttävät halkeamia, sisäisiä säröjä ja mahdollisesti betonipeitteen lohkeamista. Pinnan värjäytyminen voi olla myös merkki korroosiosta. (Suomen Betoniyhdistys ry 2007, 103.)

Erosio

Erosio on pinnan kulumista. Virtaava vesi, liikkuva jää sekä painovoima aiheuttavat eroosiota betonirakenteille. Laivojen potkurivirtauksien mukana tulleet maa-ainekset lisäävät eroosiota. (Encyclopedia Britannica 2014.)

Kavitaatio

Kavitaatiossa paineen laskiessa nesteen höyrystymispaineen alapuolelle veteen syntyy kuplia. Virtaavissa vesissä kuplia muodostuu usein. Kuplat virtaavat veden mukana alueelle, jossa on korkeampi paine ja rikkoutuvat. Rikkoutuessaan lähellä kiinteää pintaa ne aiheuttavat pienelle pinnalle erittäin korkean paineen. (Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 1989, 4.)

Kavitaatio jättää runkoaineen ehjäksi syövyttäen ainoastaan sementtikiveä. Sementtikiveen syntyneet mikrosäröt edistävät kavitaatiota. Betonipinnan koholla olevat runkoainepartikkelit kiihdyttävät alkanutta eroosiota. Virtauksen muuttuessa tarpeeksi alkavat muut mekanismit vaikuttaa ja lisätä mahdollisia vaurioita rakenteessa. (Valtion teknillinen tutkimuskeskus 1989, 5.)

Maamassojen huuhtoutuminen

Erosion ja potkurivirtauksen aiheuttama kavitaatio syö maamassoja laiturirakenteiden alta. Kun kansirakenteen alla oleva täyttömateriaali vajenee saattaa kansirakenteissa alkaa esiintymään vaurioita. Mikäli kansistolle muodostuu suurempi kuorma kuin pelkkä betonin kantavuus kestäisi, kansi voi romahtaa vajaan alustäytön vuoksi.

Kyseisiä tapauksia on ollut nyt kuuden vuoden aikana kaksi kappaletta Nesteen alueen laitureissa. Ensimmäisessä tapauksessa Hiab-nosturiauton tukitassu vajosi betonirakenteen läpi paljastaen alustäytön vajavuuden. Toisessa tapauksessa tihtaali katkesi. Maamassaa oli syöpynyt reilun kolmen metrin matkalta. Vauriot korjattiin siten, että ensimmäisessä tapauksessa porattiin kanteen tietyin välimatkoin timanttikoralla reiät ja valettiin pilarit, jotka raudoitettiin kansilaatas-
toon kiinni. Toisessa tapauksessa valettiin uusi kuorivalu ja katkennut betoniosa toimi anturana tukeutuen suoraan merenpohjassa olevaan kallioon.

Kuluminen ja törmäykset

Veden mukana kulkeutuu hiekkaa, soraa, kiviä ja muuta roskaa. Potkurivirrat saavat aikaan pohjan maa-aineksen liikkeen. Kulkeutuneet ainekset kuluttavat betonipintaa. Kun betonipinta kuluu tarpeeksi, siitä tulee sileä. Kulumisnopeus vaihtelee riippuen kulkeutuneiden kappaleiden ominaisuuksien, veden virtaamisnopeuden ja käytetyn betonin laadun mukaan. Kappaleiden törmäyksessä rakenteeseen voi syntyä suuriakin vahinkoja. Törmäys voi aiheuttaa halkeilua tai jopa betonin murtumista. Rakenteet tulisi mitoittaa kestäämään kaikki mahdolliset törmäyksestä aiheutuvat kuormat, mutta tämä ei ole taloudellisesti kannattavaa. Rakenteita kuitenkin suojataan, jotta voidaan ehkäistä vaurioiden laatua sopivilla toimenpiteillä. (Valtion teknillinen tutkimuskeskus 1989, 5.)

Vesi ja monet suola- ja happoliuokset liuottavat betonin ainesosia, kun betonin läpäisevyys on alhainen. pH:n ollessa suuri kemiallinen rapautuminen on hidasta, joten sillä ei ole merkitystä rakenteen säilyvyyden kannalta. Virtaavan veden pH:n ollessa alhaisempi kuin 6,5 vesi alkaa liuottaa betonista kalkkia, jolloin betonin lujuus, pakkaskestävyys ja kemiallinen kestävyys heikkenevät. Betonin kannalta happoyhdisteet, kuten sulfaatti-ioni SO_4^{2-} , ovat haitallisia, kun ne reagoivat betonin emäksisen kalsiumhydroksidin ja trikalsiumalumiinaatin kanssa ja muodostavat paisuvaa etriittiä. (Valtion teknillinen tutkimuskeskus 1989, 6.)

Vaurioiden ehkäisy

Betonirakenteiden kuntoa seurataan kuntotarkastuksilla. Rakenteita tutkitaan joko yleis- tai erikoistutkimuksilla. Tutkimuksissa selvitetään rakenteiden kuntotilaa ja kartoitetaan niiden korjaustarpeita. Tarkastuksia tulisi suorittaa säännöllisesti noin viiden vuoden välein. Tarkastuksien pohjalta arvioidaan kunnostustoimenpiteiden kustannuksia. Ehkäisevän tai hidastavan suojauksen avulla voidaan välttää jopa turhat ja kalliit korjaustoimenpiteet ja näin saadaan merkittävää taloudellista hyötyä. (RIL 236 -2006, 133,151.)

Betonirakenteissa vauriot havaitaan yleensä silloin, kun ne jo ovat edenneet niin pitkälle, että suojaustoimenpiteet eivät enää riitä vaan vaaditaan laajempia korjaustoimenpiteitä. Käytettyjä suojaustoimenpiteitä on esimerkiksi betonin pinnoitus suoja-aineella, betonipinnan teräsvaippa, betoniterästen korroosionestoaineet, betoniterästen katodinen suojaus ja suojabetonikerroksen kasvattaminen (RIL 236 - 2006, 151- 152.)

Betonin eri halkeilutyyppejä voidaan ennaltaehkäistä erilaisin toimenpitein. Oikeanlaisella suunnittelulla ja ammattitaitoisella toteutuksella voidaan vaikuttaa oleellisesti halkeamaväliin ja halkeamaleveyteen. Oikeanlainen betoni yhdessä työsuorituksen ja jälkihoidon kanssa on osa halkeaminen ennaltaehkäisyä. Pientämällä betonivalun aikaisia lämpötilaeroja ja lämpötilavaihteluja voidaan ennaltaehkäistä mikrohalkeamia. (Suomen Betoniyhdistys ry 2007, 92)

Betoniterästen korroosio on yleisin toimenpiteitä aiheuttava vaurio betonirakenteissa. Käytännössä pyritään muuttamaan raudoituksen ympäristössä vallitsevat olosuhteet sellaisiksi, ettei korroosio enää etene, tai sen eteneminen on hyvin hidasta. Raudoituksen korroosion käynnistyttyä käytettävissä olevia suojausmenetelmiä tai korjausmenetelmiä ovat karbonatisoituneen tai liian kloridipitoisen betonikerroksen poistaminen ja korvaaminen uudella kerroksella. Muita mahdollisuuksia ovat raudoituksen katodinen suojaus ja betonin uudelleen alkalointi. Lisäksi korroosion hidastusmenetelmiä ovat muun muassa raudoituksen puhdistaminen ja pinnoittaminen ruosteenestoaineella. Ohuissa seinämissä tai kuorirakenteissa voidaan käyttää myös ruostumattomia tai kuumasinkittyjä raudoitteita. (RIL 236 - 2006, 157.)

Katodinen suojaus

Katodinen suojaus on suojausmenetelmistä vanhin. Katodinen suojaus on osoitautunut toimivaksi menetelmäksi vedessä olevien teräsrakenteiden suojaamisessa. Katodinen suojaus on sähkökemiallinen suojausmenetelmä. Virtapiirissä on ulkoinen anodeilla toimiva elektrodi, jonka kautta ulkoinen virta johdetaan elektrolyytinä toimivan betonin välityksellä katodina toimivaan raudoitukseen. Tällöin polarisaation aiheuttaman raudoituksen passivoitumisen seurauksena korrosio hidastuu tai lakkaa. Katodinen suojaus toimii niin kauan, kuin virtapiirissä kulkee virtaa. Tällöin aggressiiviset 20 kloridi-ionit alkavat poistua betonista ja betonin huokoisrakenne alkaa uudelleen alkaloitua.

(VTT 2008; http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/katodinen_suojaus_2008.pdf.)

Oikeat materiaalivalinnat ovat tärkeä osa vaurioiden ehkäisyä. Materiaalit tulee valita työkohteen luonteen mukaan. Materiaalien soveltuvuus voidaan testata betonimassasta tehtyjen koekappaleiden avulla laboratoriossa. Käyttämällä erityis-sementtejä ja korvaamalla osa sementistä potsolaanilla vähennetään huomattavasti kalkin liukenemistä betonista. Silikaa on käytetty tähän tarkoitukseen hyvin testaustuloksin. Suomen sisävesien kohdalla ainoa riskitekijä on veden aiheuttama kalkin liukeneminen betonista. Riittävä ja välttämätön edellytys kemiallisen kestävyuden kannalta on luja ja tiivis betoni. (VTT 1989, 5- 6.)

Alusten liikkeelle lähdöstä ja parkkeerauksesta johtuvat potkurivirrat aiheuttavat eroosiota, joka näkyy erityisesti laiturin alla olevissa rakenteissa. Laiturien edustan rakenteissa käytetään eroosiosuojausta, jotta välttyttäisiin turhalta eroosiolta. Vanhemmissa rakenteissa eroosiosuojarakenne on tehty louheesta ja irtokivistä. Nykyään eroosiosuojarakenne on yhtenäinen betonilaatta, kuitenkin pienimmissä kohteissa se voidaan tehdä myös louhetäytöstä. Eroosiolaatta suojaa laiturirakenteiden juuria voimakkailta potkurivirtauksilta. Tällaisten suojausten kuntoa tarkastetaan säännöllisesti, koska suojaamaton rakenne on todella altis vaurioille. (RIL 236- 2006, 23,166.)

Rakenteen geometrisella suunnittelulla voidaan ehkäistä kavitaatiovaurioiden syntymistä. Vedenvirtauksen äkilliset muutokset voidaan estää geometrisella suunnittelulla. (Valtion teknillinen tutkimuskeskus 1989, 5.)

Vaikka betonirakenteiden suunnittelussa kiinnitetään huomiota betonin laatuun ja ominaisuuksiin, se ei silti kestä törmäyksiä ja hankauksia. Tämän vuoksi laiturit suojataan vaurioilta suojaparruilla ja fenderirakenteilla. Fenderirakenteet muodostuvat kumisista fendereistä, jotka kiinnitetään laituri-muuriin erillisillä kiinnityspulteilla ohjeiden mukaan. Fenderikumien koko ja sijoitus riippuvat laituria käyttävien alusten ominaisuuksista. Fenderirakenteen pintaan voidaan asentaa polyeteenistä tai teräksestä valmistettu kilpi. Vaurioituneet kumifenderit on helppo vaihtaa uusiin. Kiinnityspulttien vaurioituessa ne voidaan uusida, joko asentamalla uudet pultit tai korjaamalla vanhat hitsaamalla. (RIL 236- 2006, 167,24.)

4 Rakenteiden tutkimusmenetelmät

Liikennevirasto on tilannut laitureiden tarkastus menettelyä varten ohjeistuksen. Ohjeistus julkaistiin 2010. Siinä sovellettiin pitkälti siltojen tarkastus menettelyä ja tarkennettiin erikoisalueita. (Liikenneviraston ohjeita 2/2010)

Ohjeistus kuitenkin keskittyy pääsääntöisesti laitureiden yleiskunnon tarkastamiseen. Esimerkiksi sukellustarkastuksien osalta otetaan kantaa aikaväliin (10-vuotta), mutta betonirakenteiden kuntotutkimuksiin ei anneta minkäänlaista aika-kehystä. Tosin 5-vuotis tarkastuksen yhteydessä "vasaratarkastuksien" havaintoihin perustuen pitää suorittaa betonin perusteellinen kuntotutkimus. Näin ollen tarkastuksen suorittajien aktiivisuudelle ja ammattitaidolle jää suuri vastuu. (Liikenneviraston ohjeita 2/2010)

4.1 Ohjeet laituritarkastusten toteutuksesta

Laitureiden yleistarkastusten toteutus poikkeaa Sillantarkastusohjeessa esitetystä siltojen yleistarkastusten toteutuksesta seuraavilta osin:

- Laituritarkastusten yhteydessä tehdään teräsbetonisten päällysrakenteiden palkkien ala- ja sivupintojen sekä kansilaatan alapintojen peitekerrosmittaukset.
- Laitureiden teräsbetonirakenteet vasaroidaan; vasaralla koputtelemalla arvioidaan betonipinnan rapautumista ja mm. raudituksen kloridikorroosion mahdollisesti aiheuttamaa betonipinnan lohkeilua.
- Halkeamat inventoidaan; olosuhteiden salliessa halkeamien leveydet mitataan luupin avulla.
- Laiturin puuosien lahoamissyvyyttä arvioidaan piikillä tai puukon kärjellä painellen.
- Kansilankutusta lukuun ottamatta yli 25 vuotta vanhojen kantavien puurakennesienlahoa mitataan puukairamittauksin. .

(Liikenneviraston ohjeita 2/2010)

Laituritarkastukset on aina toteutettava siten, että laitureiden päällysrakenteiden alapinnat tulevat huolellisesti havainnoiduiksi, sikäli kuin alustäyttörakenteet eivät sitä estä. Laitureiden erikoistarkastusten toteutuksessa noudatetaan ohjetta Siltojen erikoistarkastusten laatuvaatimukset. (Liikenneviraston ohjeita 2/2010)

4.2 Ohjeet laitureiden sukellustarkastusten toteutuksesta

Sukellustarkastuksissa kerätyt vauriotiedot käsitellään laituritarkastuskäsikirjan mukaan. Laitureiden sukellustarkastuksissa noudatetaan tämän ohjeen lisäksi Siltojen sukellustarkastusohjetta ja RIL 236- 2006 Satamalaitureiden kunnonhallinta, sukellustarkastusohjetta ristiriitaisuuksien esiintyessä tässä esitettyssä järjestyksessä.

Mikäli laiturin päällysrakenteen ulkosivujen alareunat on suunniteltu teoreettisen keskivedenpinnan tasoon tai sen alapuolelle, on laiturin yleis- ja erikoistarkastukset täydennettävä sukellustarkastuksella.

Ponttonilaitureiden yleis- ja erikoistarkastukset on aina täydennettävä ankkurointitikkien ja ankkuripainojen kiinnityslenkkien sukellustarkastuksella. Arkku-, kasuuni- ja kulmatukimuurilaiturien sekä ponttiseinälaitureiden eroosiosuojaukset tulee tarkastaa sukeltaen 10 vuoden välein. (Liikenneviraston ohjeita 2/2010)

4.3 Laitureiden ylläpidon ja korjausten ohjelmointi

Laitureiden hallintajärjestelmään liittyvä tarkastustoiminta palvelee hanketasolla lähinnä ylläpito- ja korjaustöiden sekä tarkastusten ohjelmointia. Laitureiden ylläpidon ja korjauksen tavoitteenasettelussa Liikennevirastossa käytetään laiturin kunnon kuvaajana vauriopistesummaa (VPS). Vauriopistesumma kuvaa laiturin vaurioitumisen astetta ja määrää. Vauriopistesummaa voidaan käyttää sekä yksittäisen laiturin että koko laiturikannan kunnon kuvaajana. (Liikenneviraston ohjeita 2/2010)

5 Betonikoepalojen laboratoriotutkimukset yleisesti

Tutkittavasta kohteesta otetaan näytepaloja laboratoriotutkimuksia varten erillisen suunnitelman mukaisesti. Näitä ovat kohteeseen suunnitellut näytteenottokohdat. Alueilta, joissa veto- tai puristuslujuuden tarve on suurempi otetaan useampia näytteitä.

5.1 Betonin karbonatisoitumistutkimukset

Betonin karbonatisoitumissyvyys määritetään näyteliön pinnasta sekä tarvittaessa halkaistun näyteliön leikkauspinnasta fenoliftaleiini-indikaattoriliuoksen avulla.

Liuos reagoi karbonisoitumattoman betonin pinnassa värjäten betonin punaiseksi. Värjäytynyt alue mitataan työntömitalla.(BY41; Betonirakenteiden korjausohjeet 2007.)

Betonin karbonisoitumissyvyyttä mittaamalla pyritään määrittämään, kuinka syväälle betoni on neutralisoitunut eli menettänyt raudotteita korroosiolta suojaavan ominaisuutensa. (BY41; Betonirakenteiden korjausohjeet 2007.)

5.1.1 Laitteet ja tarvikkeet

Betonin karbonisoituminen voidaan määrittää betoniin piikatusta kolosta tai betoniin poratun reiän reunoilta. Yleensä mittaus suoritetaan poraliön pinnalta porauspäivänä, tai mikäli porausnäytteen otosta on kulunut kauemmin, halkaistaan näyte ja tutkimus suoritetaan lieriön halkaisupinnoilta. (BY41; Betonirakenteiden korjausohjeet 2007.)

Mittauksessa tarvittavat laitteet:

- näytteenottopora
- timanttiterällä varustettu halkaisusaha (katkaisusirkkeli)
- fenoliftaleiiniliuos, jonka koostumus on
- 1 g fenoliftaleiinijauhetta
- 50 g etanolia (denaturoitua spriitä)
- 50 g tislattua vettä.
- sumutepullo
- työntömitta
- lämpökaappi.

(Rakennusten kuntotutkimukset; Laboratoriotutkimukset. DI Petteri Härkönen, Karelia AMK.)

5.1.2 Näyte

Tutkittava näyte on yleensä lieriönäyte, jonka halkaisija on 50mm. Näytteen pinta (tuore sahaus- tai halkaisupinta) puhdistetaan huolellisesti poraus- tai piikkausjätteistä esimerkiksi harjapesulla ja kuivaamalla näyte huolellisesti lämpökaapissa. (Rakennusten kuntotutkimukset; Laboratoriotutkimukset. DI Petteri Härkönen, Karelia AMK.)

5.1.3 Kokeen suoritus

Näytteen pinta pestään aina vedellä ja juuriharjalla sekä kuivataan huolellisesti 105° C:n lämpötilassa.

Pinnaltaan puhtaan ja kuivan näytteen päälle sumutetaan fenoliftaleiiniliuosta. Huolehdataan siitä, että näyte on kauttaaltaan liuoksen kostuttama. Fenoliftaleiini värjää karbonatisoitumattoman betonin punaiseksi, eli karbonatisoituneessa betonissa värinmuutosta ei tapahdu. (Rakennusten kuntotutkimukset; Laboratoriotutkimukset. DI Petteri Härkönen, Karelia AMK.)

Karbonatsoitumissyvyys, näytteen värjäntymätön osa, mitataan esimerkiksi työntömitalla. Karbonatsoitumissyvyys voi vaihdella huomattavastikin näytteen matkalla. Tämän vuoksi karbonatsoitumissyvyys kannattaakin mitata näytteestä esim. kolmesta eri kohdasta ja laskea keskiarvo näiden tulosten perusteella. (BY41; Betonirakenteiden korjausohjeet 2007.)

5.2 Betonin puristuslujuuden määrittäminen

Puristuslujuutta voidaan pitää betonin tärkeimpänä ominaisuutena mm. seuraavista syistä:

- betonin puristuslujuus on selvästi (n. 10 kertaa) parempi kuin vetolujuus
 - betonilta edellytetään yleensä aina tiettyä lujuutta
 - puristuslujuus kuvastaa jossakin määrin myös muita ominaisuuksia puristuslujuutta voidaan melko helposti mitata.
- (BY41; Betonirakenteiden korjausohjeet 2007.)

5.3 Kenttätutkimukset

Rakennekoekappaleiden näytteenotto suoritetaan timanttiporauslaitteistolla. Betonin lujuuden selvittämiseksi kannattaa puristuslujuusnäytteitä ottaa vain yksittäisiä kappaleita. Saatua tietoa voidaan käyttää lähinnä vertailutietona muita tutkimuksia arvioitaessa (esim. vetolujuutta tutkittaessa). Rakennekoekappaleet kannattaa irrottaa muiden kenttätutkimusten yhteydessä. (Rakennusten kuntotutkimukset; Laboratoriotutkimukset. DI Petteri Härkönen, Karelia AMK.)

5.4 Laboratoriotutkimukset

Laboratoriotutkimuksia varten kohteesta otetaan rakennekoekappaleita. Yleisimmin käytetään halkaisijaltaan 50 mm ja 100 mm olevia lieriöitä, joiden halkaisijan ja korkeuden suhde on $1 \pm 0,05$.

Ns. rakennekoekappaleista määritetään:

- mitat, massa => tiheys
- puristuslujuus

Koekappaleen tiheys

Koekappaleen tiheys määritetään standardin SFS-EN 12390-7 mukaisesti.

Tiheys lasketaan kaavasta

$$\delta = \frac{m}{V}$$

jossa, m= kappaleen massa
V = kappaleen tilavuus

(Rakennusten kuntotutkimukset; Laboratoriotutkimukset. DI Petteri Härkönen, Karelia AMK.)

Puristuslujuus

Puristuslujuus [MN/m²] lasketaan kaavasta

$$f_c = \frac{F}{A} ,$$

jossa, F = murtokuorma [MN]
A = koekappaleen poikkileikkauksen pinta-ala [m²].

Puristuslujuustulos ilmoitetaan yksikköinä MN/m² yhdellä desimaalilla ja pyöristetään siten, että desimaaliosa on joko 0 tai 5. (Rakennusten kuntotutkimukset; Laboratoriotutkimukset. DI Petteri Härkönen, Karelia AMK.)

5.5 Betonin lujuusarvojen määrittäminen

Lujuusarvot määritetään standardin SFS 5445 Betoni. Vetolujuus (1988) tai SFS 5446 Betoni. Tartuntalujuus (1988) mukaan. (BY41; Betonirakenteiden korjausohjeet 2007,99.)

Rapautumisen seurauksena betoniin syntyy halkeamia, jotka alentavat betonin lujuutta. Halkeamat alentavat betonin vetolujuutta selvästi merkittävämmiin kuin puristuslujuutta, koska paikallinen vetolujuus halkeaman yli on lähellä nollaa. Betonin rapautumistilannetta voidaan arvioida vetolujuusmittausten perusteella. Betonin vetolujuuden perusteella voidaan myös yleisesti arvioida betonin laatua ja korjattavuutta. (BY41; Betonirakenteiden korjausohjeet 2007,92.)

5.5.1 Vetolujuuden määrittäminen

Vetolujuuden määrittämistä varten on olemassa kenttätyöskentelyyn tarkoitettuja laitteita, mutta määrittämisen luotettavuuden vuoksi kannattaa tutkittavasta kohteesta porata näyteliieriöitä, jotka voidaan tutkia sitten laboratorioissa. Vetokoetta varten poratuista rakennekoekappaleista veto on huomattavasti helpompi tehdä

täysin keskeisenä, jolloin tulokset ovat luotettavampia. Samoin näytelieriöstä voidaan helposti tutkia rapautumatilanne rakenteen eri syvyyksiltä ja saada käsitys betonin vetolujuudesta koko rakenteen paksuudelta eikä vain rakenteen pinnan läheltä. Huomioitava on, että rapautumaa ei ole välttämättä aivan rakenteen pinnassa, joten pinnasta tehtävät vedot eivät välttämättä kuvaa kovin hyvin rakenteen rapautumistilannetta. (Rakennusten kuntotutkimukset; Laboratorio-tutkimukset. DI Petteri Härkönen, Karelia AMK.)

Vetokokeiden tuloksia tulkittaessa voidaan käyttää tukena taulukon 7.3 arvoja. Jos taulukon arvoja käytetään tuloksia tulkittaessa, edellytyksenä on, että murto on tapahtunut ns. ehjästä kohdasta eikä esimerkiksi suuren tiivistyshuokosen tai suuren runkoainepartikkelin pintaa pitkin. (BY41; Betonirakenteiden korjausohjeet 2007.)

Johtopäätöksiä ei ole syytä tehdä kovin kaavamaisesti tai yksittäisen vetokokeen perusteella, vaan näytteitä tulee olla useita. Rinnakkaisista näytteistä tulee luonnollisesti saada samansuuntaisia tuloksia, jotta tuloksia voitaisiin pitää luotettavina. (BY41; Betonirakenteiden korjausohjeet 2007,21.)

On myös huomattava, että alhainen vetolujuus voi johtua myös muusta syystä kuin betonin rapautumisesta. Syynä voi olla mm. betonin alhainen lujuustaso yleensäkin, ja siksi se kannattaakin tarkistaa muutamilla kohteesta otetuilla rakennekoekappaleiden puristuslujuustesteillä. Alhaiseen vetolujuuteen voivat vaikuttaa myös rakenteeseen kohdistuvat kuormat tai pakkovoimista johtuva halkeilu. Epäselvissä tapauksissa vetokokeiden tulokset on syytä varmistaa esim. ohuthietutkimuksin. (BY41; Betonirakenteiden korjausohjeet 2007,21.)

Betonin rapautumistilannetta voidaan arvioida myös murtotavan perusteella. Jos murto tapahtuu pääsääntöisesti suurten runkoainepartikkeleiden pintoja pitkin, rapautumisen todennäköisyys on suuri. Rapautumattoman näytteen murtopinta on yleensä suhteellisen suora ja suuria runkoainerakeita rikkova. Erityisesti silloin, jos mitattu vetolujuus on arveluttavan pieni, voidaan laboratoriossa koestettujen näytelieriöiden puoliskot myös liimata uudelleen yhteen ja testata uudelleen. Uudelleen koestamalla voidaan selvittää, johtuiko alhainen vetolujuus yksittäisestä halkeamasta tai muusta paikallisesta virheestä tai vauriosta, jolla ei välttämättä ole yhteyttä rapautumiseen. (BY41; Betonirakenteiden korjausohjeet 2007.)

5.5.2 Lieriölujuuden laskeminen

Poranäytteet joudutaan muuntamaan vastaamaan 150 mm:n kuution tulosta. Lujuudet ilmoitetaan 0,5 MN/m² tarkkuudella. Muunto tehdään seuraavasti:

- jos lieriöiden halkaisija on 100...150 mm, kerrotaan yksittäinen lujuustulos luvulla 1,05
 - jos lieriöiden halkaisija on 50...80 mm, kerrotaan yksittäinen lujuustulos luvulla 1,1
 - väliarvot 80...100 mm interpoloidaan suoraviivaisesti kahdesta osasta liimattujen lieriöiden lujuustulokset kerrotaan lisäksi luvulla 1,05
- (BY41; Betonirakenteiden korjausohjeet 2007, 184.)

5.5.3 Vetolujuuden tutkiminen

Betonin vetolujuuden määrittämisellä pyritään selvittämään betonin rapautumistilannetta. Vetolujuuden perusteella voidaan arvioida betonin laatua ja korjattavuutta yleisesti. Vetolujuus määritetään standardin SFS 5445 mukaisesti. Menetelmää voidaan käyttää myös kovettuneen betonin tartuntalujuuden määrittämiseksi, jos koekappaleessa on tartuntasäula.

Laitteet:

- näytteenottopora
- epoksiliimaa
- metalliset kiinnityskappaleet, jotka liimataan koekappaleiden päihin. Kiinnityskappaleiden on oltava riittävän jäykät ja niiden pinta-ala on oltava vähintään yhtä suuri kuin koekappaleen pinta-ala
- testauslaite, jossa koekappaleeseen voidaan kohdistaa pituusakselin suuntainen keskeinen veto
- mitta, jolla koekappaleiden ulottuvuudet voidaan mitata 0,5 mm tarkkuudella
- timanttiterällä varustettu saha (katkaisusirkkeli)

(Rakennusten kuntotutkimukset; Laboratoriotutkimukset. DI Petteri Härkönen, Karelia AMK.)

Tutkittava näyte on yleensä lieriönäyte, jonka halkaisija on 50...100mm. Pori-lieriön pintaan liimataan metalliset vetolevyt epoksiliimalla.

(Rakennusten kuntotutkimukset; Laboratoriotutkimukset. DI Petteri Härkönen, Karelia AMK.)

Vetolujuus [MN/m²] lasketaan yhtälöstä

$$f_{ct} = \frac{F}{A}$$

jossa, F = murtokuorma, [MN]

A = koekappaleen poikkileikkauksen pinta-ala [m²]

Tulos ilmoitetaan yksikkönä MN/m² yhden desimaalin tarkkuudella /21/. Vetolujuuden määrittäminen hylätään, mikäli murtuminen tapahtuu liimauksesta. Samoin myös tartuntalujuuden määrittäminen hylätään, mikäli murtuminen tapahtuu selvästi saumavyöhykkeen ulkopuolelta. (Rakennusten kuntotutkimukset; Laboratoriotutkimukset. DI Petteri Härkönen, Karelia AMK.)

5.6 Raudoitteiden korrosio

Pelkkä raudoitteiden korroosion toteaminen ei riitä korjaussuunnittelun lähtötiedoiksi. Lisäksi on selvittävä korroosion aiheuttaja, vaurioiden laajuus sekä korroosion vaikutus rakenteen toimintaan lähitulevaisuudessa. Erityisen tärkeää on tutkia korroosion aiheuttamia vaurioita sekä sen kehittymistä kantavissa rakenteissa. Alustava arvio rakenteen kunnosta voidaan tehdä rakenteen iän, betonin laadun sekä elementtien valusuunnan perusteella, mutta lisäksi on tehtävä laboratoriotutkimuksia rakenteen todellisen kunnan määrittämiseksi. (Suomen betoniyhdistys ry. 2002, 69 – 70.)

5.7 Raudoitteiden peitepaksuuksien mittaaminen

Raudoitteiden peitepaksuuksia kartoittamalla pyritään selvittämään, kuinka suuri osa raudoitteesta on karbonatisoituneella syvyydellä eli korroosiolle riskialttiilla vyöhykkeellä. Peitepaksuuksien mittaaminen auttaa arvioimaan rakenteen kuntoa sekä tulevia vaurioita. Raudoitteiden peitepaksuuksia voidaan mitata rakennetta rikkomatta peitepaksuusmittarilla. Mittarin toiminta perustuu sähkömagneettisen induktion. Mittarilla voidaan havaita kaikki tavanomaiset magneettiset raudoitteet mutta esim. ruostumatonta terästä se ei pysty havaitsemaan. Mittarin käyttö edellyttää että terästen halkaisija on tiedossa. Halkaisijan voi useimmiten selvittää rakennepiirustuksista mutta mikäli piirustuksista ei tietoa löydy on halkaisija selvittävä jollain muulla tapaa, esim. rakennetta varovasti rikkoen. Julkisivuelementeissä ja parvekkeissa halkaisijat ovat yleensä vakiintuneita kokoja joten halkaisija pystytään selvittämään rakennusvuoden perusteella. (Suomen Betoniyhdistys ry. 2002, 94 – 95.)

5.8 Kloridipitoisuuden määrittäminen

Kloridipitoisuuden määrittäminen on tärkeää, koska jo hyvin alhainenkin kloridipitoisuus saattaa aiheuttaa terästen korroosion alkalisessakin betonissa. Raudoitteen korroosion kannalta kriittisenä kloridipitoisuutena pidetään noin 0,03 - 0,07 paino % happoliukoista kloridipitoisuutta betonin painosta. (Suomen Betoniyhdistys ry. 2002, 96.)

Kloridipitoisuus tulisi aina tarkastaa vaikka näkyviä vaurioita ei olisi koska kloridikorroosiota ei yleensä pystytä tunnistamaan ilman rakenneavauksia. Kloridipitoisuus nopeuttaa karbonatisoitumisesta aiheutuvaa korroosiota huomattavasti ja se johtaa monesti raskaan korjaustavan valintaan. Kloridipitoisuus mitataan jauhenäytteestä, joka otetaan rakenteesta. Rakenteeseen porataan reikä porasaralla ja siitä syntynyt jauhe otetaan talteen. Meren rannalla noin 200 - 300 metriä rantaviivasta on lisäksi syytä selvittää, ovatko kloridit peräisin valmistusvaiheesta vai ulkoisesta rasituksesta. Mikäli kloridit ovat peräisin ulkoisesta rasituksesta, on kloridipitoisuus suurempi rakenteen pinnassa ja mikäli ne ovat peräisin valmistusvaiheesta, on pitoisuus tasainen kaikilla syvyyksillä. (Suomen Betoniyhdistys ry. 2002, 97.)

Kloridipitoisuus määritetään siihen tarkoitettulla laitteella, menetelmän nimi on titraus. Laitteita on sekä laboratorio- että kenttäkäyttöön. Näytettä varten tarvitaan jauhe joka sisältää vähintään 2 grammaa sementtiä ja jonka raekoko on alle 0,1 mm. Esimerkiksi betonissa, jonka sementtimäärä on 250 kg/m³, tarvitaan noin 45 mm syvä reikä joka on halkaisijaltaan 15 mm, jotta saataisiin tarpeeksi jauhetta. Käytännössä jauhetta kannattaa kuitenkin ottaa talteen enemmän, jotta voidaan tarvittaessa tehdä uusintakoe. Porauksen yhteydessä on oltava erittäin huolellinen että kaikki jauhe saadaan talteen, muuten tuuli saattaa kuljettaa kevyimmän materiaalin pois ja näin vääristää tuloksia. Mikäli betonin runkoaineen raekoko on suuri, täytyy näytteitä ottaa useampia koska muutoin on vaarana että näytteeseen tulee suurimmaksi osaksi runkoainetta. (Suomen Betoniyhdistys ry. 2002, 96 – 97.)

5.9 Rapautumisen tutkiminen

Pakkasrapautumista voidaan tutkia sekä silmämääräisesti että laboratoriokokeilla. Näkyvä halkeilu, julkisivusaumojen kokoonpuristuminen sekä elementtien kaareutuminen saattavat kaikki olla merkkejä pakkasrapautumisesta. Moska on myös hyvä apuväline alustavassa tutkimuksessa. Seinää lyömällä huomaa melko helposti eron rapautuneen ja terveän betoniseinän väliltä. (Suomen Betoniyhdistys ry. 2002, 99.)

Laboratoriomenetelmät pakkasrapautumisen tutkimiseen ovat betonin mikrorakennetutkimus (ohut- tai pintahie) sekä betonin vetokoe (vetolujuuden määrittäminen), nämä menetelmät vaativat aina timanttiporauskalustoa. (Suomen Betoniyhdistys ry. 2002, 100 – 101.)

Rakenteen kunto on syytä tarkastaa hietutkimuksella aina, mikäli rakenteen kunto on kriittinen korjaustavan valinnan kannalta. Esim. parvekelaatassa uusi hyvin tehty vedeneristys lähestulkoon pysäyttää pakkasrapautumisen. Tutkimus tehdään aina laboratoriossa mikroskoopilla tarkastellen. Mikrorakennetutkimuksessa selvitetään useimmiten ainakin seuraavat asiat:

- betonin pakkaskestävyys (lisähuokosten esiintyminen)
- syntyneet säröt ja halkeamat sekä niiden suuntautuneisuus ja aiheuttaja
- huokosten täytteisyys (vain ohuhietutkimus)
- mahdolliset haitalliset reaktiot (ettringiitti, alkalirunkoaine)

Hienäytettä varten betonista porataan lieriö timanttiporan avulla. Lieriöstä valmistetaan hie yleensä ulkopinnasta alkaen kohtisuoraan rakenteen ulkopintaa vastaan. Ohuhienäyte hiotaan erittäin ohueksi, n 25 - 30 µm paksuiseksi. Tarkoituksena on saada näyte niin ohueksi, että sen läpi nähdään mikroskoopilla. Pintahienäyte hiotaan vain toiselta puolelta, jonka jälkeen sen pintaa tarkastellaan. Näytteenottoaikat tulisi valita sellaisista paikoista, jotka ovat oletettavasti voimakkaimmin pakkasrasitukselle alttiita, tai paikasta, jossa vaurioita on jo havaittavissa. Mikäli näytteessä huomataan selkeää rapautumaa, on vaurion laajuus arvioitava ja otettava lisää näytteitä kevyemmin rasitetuista kohdista. Näytteiden tarkkaa määrää ei voida määritellä koska se riippuu hyvin monesta tekijästä kuten esim. silmämääräinen rapautumistilanne, haluttu luotettavuustaso, erilaisten rakennetyyppien määrä sekä rapautumisen kriittisyys. Nyrkkisääntönä voidaan pitää että mikäli silmämääräisesti tarkasteltuna ja rakennetta koputtamalla ei vaurioita havaita, riittää noin 2 - 3 hienäytettä pahimmin rasitetuista kohdista. Mikäli vauriot ovat erittäin selviä, ei tutkimusta välttämättä tarvita ollenkaan. (Suomen Betoniyhdistys ry. 2002, 101 – 103.)

5.10 Tutkimusten luotettavuus ja niihin perustuvat toimenpidesuosituks

Tutkimusmenetelmät ovat vaurioitumiseen viittaavaa havainnointia sekä erilaisia mittauksia. Esimerkkinä on betonin pakkasenkestävyys sekä terästen korroosiot. Pakkasenkestävyyttä tutkitaan ohuthietutkimuksella sekä suojahuokoskokeen avulla vaikka suora menetelmä olisi sulatus ja jäädytyskoe, samoin raudoitusten korroosionopeutta arvioidaan sekä karbonatisoitumissyvyyden että peitepaksuusmittausten avulla, eikä suoranaisesti korroosionopeutta mittaamalla. Koska suoranaisia mittausmenetelmiä ei voida käyttää, perustuvat tulokset pitkälti tutkijoiden kokemukseen ja ammattitaitoon. BeKo- tietokannan perusteella voidaan kuitenkin todeta, että ammattilaisen tekemää kuntotutkimusta voidaan pitää hyvin luotettavana. (Lahdensivu ym. 2010, 39 – 40.)

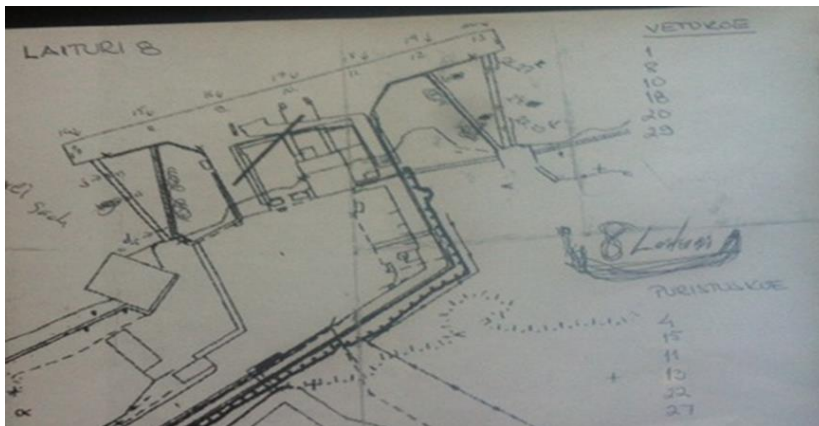
6. Betoninäytteiden otto ja tutkiminen

Laitureista porautettiin yhteensä 50 koepalaa. Molemmista laitureista porattiin 25 kappaletta ja koepalojen otantapaikat merkattiin piirustukseen.

Näytepalat laitettiin tiiviiseen muovipussiin ja -laatikkoon, joissa ne kuljetettiin Karelia AMK:n betonilaboratorioon tutkittavaksi. Näytepaloille tehtiin karbonatisoitumis-, puristus- ja vetokoe. Kohteessa laitureille suoritettiin silmämääräinen tarkastus ja raudoituksen peitemittauksia täsmä alueittain.

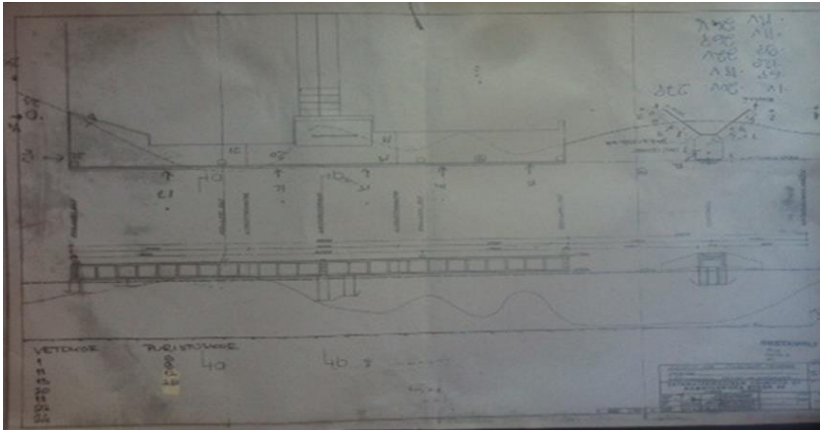
Laboratoriotutkimuksissa suoritettiin laitureista otettujen koekappaleiden karbonatisoitumis-, veto- ja puristuslujuus tutkimukset. Tutkimukset suoritettiin Joensuussa Karelia-ammattikorkeakoulun laboratoriossa.

Alla olevassa kuvassa on näytteiden ottopaikat laiturilta kahdeksan.



Kuva 3, Näytteiden ottopaikat, laiturin 8.

Allaolevassa kuvassa on näytteiden ottopaikat laiturilta yhdeksän.



Kuva 4, Näytteiden ottopaikat, laituri 9.

6.1 Näytepalojen karbonatisoitumis mittauksen tulos

Näytepaloilte tehtyjen fenoliftaleeni kokeiden tulos oli, että karbonatisoitumista ei esiintynyt. Varmistukseksi halkaistiin useita kappaleita laboratoriossa. Tämä kummasutti siinä määrin, että suoritin kohteessa vielä erikoistestauksen. Laitureista porattiin viisi (5) uutta koepalaa. Pesin kappaleet, laitoin kuivauskaappiin ja käsittelin kappaleet fenoliftaleenilla kun "palikat" olivat pintakuivat. Kuitenkin tulos oli sama. Näytteen porauksesta testaukseen kului vain tunti, joten hiilidioksidikosketusta ei päässyt tapahtumaan. Ilmeisesti laiturirakenteiden jatkuva kosteus tila vaikuttaa siten, että ilman hiilidioksidi ei pääse tunkeutumaan märkään betoniin aiheuttaen karbonatisoitumista.

Alla ovissa kuvissa ilmenee karbonatisoitumiskokeen tulokset. Violetti väri havainnollistaa tervettä betonia



Kuva 5, Karbonisaatiokokeen koepaloja.



Kuva 6, fenoliftaleenilla käsitellyt koepalat

6.2 Veto- ja puristus mittauksien tulokset

Veto- ja puristuskokeiden tuloksista laadittiin Excel -taulukko. Taulukkoon kirjattiin koekappaleiden mitat ja paino sekä puristus- ja vetokokeen tulokset. Saatujen tulosten perusteella laskettiin tilavuus, tiheys, murtokuorma ja lieriölujuus. Katso taulukot 1 ja 2

Taulukko 1. Laituri 8, veto- ja puristuskokeiden tulokset

VETO KOEPALOJEN MITAT laitur 8								
Lieriöt	Lähtötiedot			tulokset			testaustulokset	
koekpl-tunnus	korkeus(z) mm	halk. (dm) mm	massa g	pinta-ala Ac m ²	tilavuus V m ³	tiheys kg/m ³	murtokuorma kN	lierölujuus MN/m ²
1	103,000	43,800	362,00	0,001506	0,000155115	2333,75	4,48	2,97
8	49,140	44,200	176,00	0,001534	7,53615E-05	2335,41	4,26	2,78
10	105,597	44,100	381,00	0,001527	0,000161212	2363,35	2,17	1,42
18	105,597	43,900	321,00	0,001513	0,000159753	2009,35	4,31	2,85
20	74,160	44,300	272,00	0,001541	0,000114248	2380,80	4,62	3,00
29	68,003	44,500	221,00	0,001554	0,000105711	2090,61	3,87	2,49

PURISTUS KOEPALOJEN MITAT laitur 8								
Lieriöt	Lähtötiedot			tulokset			testaustulokset	
koekpl-tunnus	korkeus(z) mm	halk. (dm) mm	massa g	pinta-ala Ac m ²	tilavuus V m ³	tiheys kg/m ³	murtokuorma kN	lierölujuus MN/m ²
4	63,060	44,257	201	0,001538	9,69574E-05	2073,08	53,6	34,86
11	69,723	44,417	250	0,001549	0,000107979	2315,26	76,2	49,20
13	61,193	44,353	211	0,001544	9,44988E-05	2232,83	78,8	51,03
15	59,230	44,423	206	0,001549	9,17558E-05	2245,09	72,2	46,61
22	67,893	44,213	233	0,001535	0,000104185	2236,42	69,5	45,29
27	70,907	44,360	240	0,001545	0,000109532	2191,15	77,8	50,36

Taulukko 2. Laituri 9, veto- ja puristuskokeiden tulokset

VETO KOEPALOJEN MITAT laitur 9								
Lieriöt	Lähtötiedot			tulokset			testaustulokset	
koekpl-tunnus	korkeus(z) mm	halk. (dm) mm	massa g	pinta-ala Ac m ²	tilavuus V m ³	tiheys kg/m ³	murtokuorma kN	lierölujuus MN/m ²
1	111,423	45,233	362	0,001606	0,000178963	2022,77	4,65	2,90
11	92,347	43,923	176	0,001514	0,000139856	1258,44	2,12	1,40
13	69,167	44,357	381	0,001544	0,000106828	3566,49	2,53	1,64
18	80,120	45,413	321	0,001619	0,000129711	2474,73	1,76	1,09
22	71,993	46,143	272	0,001671	0,000120332	2260,42	1,68	1,01
24	105,420	46,187	221	0,001675	0,000176533	1251,89	1,9	1,13

PURISTUS KOEPALOJEN MITAT laitur 9								
Lieriöt	Lähtötiedot			tulokset			testaustulokset	
koekpl-tunnus	korkeus(z) mm	halk. (dm) mm	massa g	pinta-ala Ac m ²	tilavuus V m ³	tiheys kg/m ³	murtokuorma kN	lierölujuus MN/m ²
6	50,13	44,89	179	0,001582	7,92988E-05	2257,29	53,4	33,76
9	64,14667	45,67333	230	0,001638	0,000105043	2189,57	42,6	26,01
12	49,72667	44,53333	172	0,001557	7,74158E-05	2221,77	72,4	46,50
26	68,28667	46,04	247	0,001664	0,000113626	2173,81	53,4	32,09
27	57,12333	45,35667	203	0,001615	9,22498E-05	2200,55	53,4	33,07

Saatujen tulosten perusteella arvioitiin betonin kuntoa taulukon 3,2 (Betoninor- mit BY 41,21.) arvoihin verraten.

Taulukko 3. Todennäköinen rapautumistilanne

<i>Vetolujuus</i>	Todennäköinen rapautumistilanne
Luokkaa 0 Mpa	Näytteessä on pitkälle edennyttä rapautumaa
Luokkaa 0,5...1,5 Mpa	Näytteessä on jonkinasteista rapautumaa
Luokkaa 1,5 Mpa tai yli	Näytteessä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa

Vetolujuus ylitti yhtä koekappaletta (10.) lukuun ottamatta 1,5 Mpa:n vetolujuuden laiturissa 8. Näin ollen voidaan todeta, että koepalojen otto kohdissa ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa.

Laiturissa 9, ainoastaan kohdasta 1 ja 13 otettu näyte ylitti 1,5 Mpa:n. Muista kohteista otettujen koepalojen vetolujuudet alittivat rajan selvästi. Näin ollen voidaan todeta, että koepalojen otto kohdissa on todennäköisesti rapautumaa.

Oletettavasti betonin lujuusluokassa on haettu tämän päivän C30 luokkaa, mutta yhtä puristusmittaustulosta lukuun ottamatta (laituri 9. koepala 9.) tulokset ylittivät kyseisen lujuuden.

Erillinen koepalojen tutkimusraportti on luettavissa liitteissä 14 ja 15.

Kuvassa on kuvattuna vetokokeeseen valmisteltu koekappale



Kuva 7, vetokoekappale.

6.3 Kloridipitoisuus ja pakkasrapautuminen

Kohteesta otettuja jauhenäytteitä kloridipitoisuus testejä varten ei ole tutkittu tätä tutkimusta varten. Tulevaisuudessa on kuitenkin syytä tutkia pakkasrapautuma ohuthie tutkimuksin.

6.4 Raudoitteiden korroosio ja peitepaksuus

Pintalaatoissa tutkimusalueilla mitatut raudat olivat suojaetäisyyden (50mm) alapuolella, mutta seinämän raudoitteissa oli havaittavissa lähempänä pintaa (10-30mm) olevia raudoituksia, sekä muutamassa kohdassa esiin tulevia teräksiä. Karbonatisoitumisen etenemisen vähyyden johdosta teräkset olivat todella hyvässä kunnossa.

Karbonatisoitumiskokeen jälkeen kappaleet tarkastettiin silmämääräisesti ja kirjattiin havainnot huokosista, raudoitteen kunnosta ja syvyydestä sekä betonin pinnan kunnosta. Kappaleeseen piirrettiin apuviiva 50 mm yläpinnasta, joka auttoi vetokokeen murtumasyvyyden määrittelyssä.

Alla oleva kuva havainnollistaa, että raudoitteissa ei ollut merkkejä korroosiosta ja suojakerros oli hyvä.



Kuva 8, koekappaleen silmämääräinen tarkastelu.

7 Laiturien tarkastus ja korjattavat kohteet

Laiturien yleiskunto oli kohtalainen, mutta myös heti korjattavia kohteita havaittiin. Kuvasarjoissa esiintyy korjausta vaativat kohteet, jotka on kirjattu laiturin tarkastusasiakirjoihin.

7.1 Laituri 8 vauriokohtia

Seuraavissa kuvissa havainnollistetaan laiturin vaurioita. Vauriot ovat korroosio- ja eroosiovaurioita sekä lahonnut työmäyssuoja eli fenderi.



Kuva 9. Laituri 8, Korroosio vaurio



Kuva 10. Laituri 8, eroosio vaurio

Allaolevassa kuvassa näkyy pintavaurioitunut laiturin valu.



Kuva 11. Laituri 8, Pintavaurio

Kommentoimut [HP1]: yhdyssana

Alla olevassa kuvassa näkyy vaurioitunut törmäyssuoja eli fenderi.



Kuva 12. Laituri 8, Vaurioitunut fenderi.

7.2 Laituri 8- ja 9 tarkastus asiakirjat

Tarkastusasiakirjat täytettiin Liikenneviraston laiturien tarkastusohjeiden mukaisesti. Liitteissä on tarkemmin esitetty koodinumeroinnin merkitys. Asiakirjan käyttö edesauttaa tarkastamista ja luo johdonmukaisen etenemän tarkastukseen ja jatkossa kohteiden vertailuun. Liite 1 ja 2.

7.3 Laituri 9 vauriokohtia

Seuraavissa kuvissa havainnollistetaan laiturin vaurioita. Vauriot ovat korroosio- ja eroosiovaurioita sekä tankkerin törmäyksestä laituriin murtunut reunusta.

Kuvassa laituri 9:n kulmaukseen törmänneen tankkerin aiheuttama vaurio.



Kuva 13. Laituri 9, tankkerin törmämisestä aiheutunut vaurio,



Kuva 14. Laituri 9, Veden ja jään rapauttamat pilarin alaosat.

7.4 Kustannusarvio

Kustannusarvion laskenta perustuu Liikenneviraston laituritarkastuksen ohjeessa olevaan hinnoitteluun. Kustannuslaskelmassa ei ole arvioitu pintalaatan korjausta, koska pakkasrapautuma testejä ei ole käytössä. Myös osa vaurioista on niin pinta-alaltaan niin pieniä, ettei kiinteällä neliö- tai kuutiohinnalla hinnoittelu ole järkevää.

LAITURI 8 KORJAUSKUSTANNUSARVIO			
Selitteet			
Betonirakenteet	Toteutustapa	Maara: Yks. €/yks. yht.	
Laatan paikkaus:	puhdistus, impregnointi, pinnoitus	0,5 m ²	80 40
Pollan juuren paikkaus:	Pinnoitus	0,5 m ²	40 20
Luiskalaatan rapautumien korjaus:	impregnointi	3 m ²	21 63
Laiturin ja teräsiltojen betonipilari paikkaukset:	impregnointi, raudoitusten ja betonin puhdistus hiekkapuhaltamalla	10 m ²	30 300
Laiturin ja teräsiltojen betonipilari paikkaukset2:	muotilla paikkaus 350e ja hapon kestävä kotelo +50e?	10 m ²	400 4000
Yhteensä:			YHT: 4423
Maara: Yksil Hinta/ yht.			
Puurakenteet			
Hankauslankutuksen vaihto	puurakenteen vahventaminen, tukeminen tai kunnostus	1 m ³	450 450
Yhteensä:			YHT: 450
LAITURI 8 KUSTANNUSARVIO YHTEENSÄ:			4873
LAITURI 9 KORJAUSKUSTANNUSARVIO:			
Selitteet			
Betonirakenteet	Toteutustapa	Maara: Yksil Hinta/ yht.	
Tukimuurin eroosiokulumien paikkaus	Erosioaurion korjaaminen, paikkaus ilman muotteja	3 m ²	450 1350
Ruostuneiden raudoitusten puhdistus/vaihto	Betonin puhdistus, tartuntateräksset, rakenteen korjaaminen valamalla	15 m ²	910 13650
Laiturin betonijalkojen yläpään pintahalkeamat	puhdistus, sementti injektointi	2 m ²	100 200
Pumppulaitteistojen betonitassujen korjaus	valamalla	0,2 m ³	900 180
Rapautuneiden irtobetonilaattojen korjaus/vaihto	laattojen uusinta	30 m ²	450 13500
Laiturin reunamuurin raudoitusten ja murtuma paikkaus	betonipinnan puhdistus, ruiskubetonointi	6 m ²	510 3060
Laiturin betonipilareiden eroosiokulumien paikkaus	Erosioaurion korjaaminen, puhdistus, valu muotilla	12 m ²	910 10920
Yhteensä:			YHT: 42860
Selitteet			
TERÄSRAKENTEET			
		Maara: Yksil Hinta/ yht.	
Satama ajoradan reunakaiteen uusiminen:	Uusitaan kaide	40 m	152,5 6100
Putkistojen ruostuneiden pilarien vaihto.	kaidepylvään juuren kunnostus	2 kpl	52,5 105
Laiturin teräsojan uusiminen	Teräsojan uusiminen	50 kg	12,5 625
Laituriportaiden vaihto	Teräsojan uusiminen	50 kg	12,5 625
Teräsoportaiden kaiteen vaihto/korjaus	vaihdetaan 2m pituudelta	2m m	165,0 305 €
Yhteensä:			7760
LAITURI 9 KUSTANNUSARVIO YHTEENSÄ:			YHT: 50620
LAITURIN 8 JA 9 KORJAUSKUSTANNUSTEN KOKONAIS SUMMA:			YHT: 55493
Tekijän kommentti: työkokonaisuudet ovat osittain niin vähäisiä, ettei yksikköhinnoittelu ole valittamatta oikea hinnoittelupapa. Hintavaraus + 30%			

8 Johtopäätökset

Laiturien tarkastus antoi hyvän kuvan niiden kunnosta. Suurimman ja positiivisimman yllätyksen tarjosi karbonatisoitumis etenemän vähäisyys ja raudoitteen kunto. On muistettava, että laiturit on valettu 1969 ja 1978. Saatujen ja useaan otteeseen tarkastettujen karbonatisoitumiskokeiden tulokset osoittivat, että etenemää ei käytännössä ole. Tästä syystä myös raudoitteet ovat kuin "suoraan rautakaupasta".

Laiturien kunnostustarpeet rajoittuvat rapautuneen pintabetonin-, törmäys-suojien, kiinnityspollareiden-, ja metallikaiteiden korjaamiseen. Tosin laiturin 9 betonin vetolujuus on todella heikko. Asialle olisi suotavaa tehdä radikaaleja toimenpiteitä, koska vetolujuus on laitureiden tärkein ominaisuus. Ilman tätä ominaisuutta "pollarit" repeytyvät irti laiturista ja laiva irtoaa.

9 Pohdinta

Usein ajatellaan, ettei laiturirakenteiden käyttöä kasvattamiseksi ei paljoa voida tehdä, vaan rakenteiden kuuluukin tuhoutua ajan saatossa. Laitureiden oletetaan kestävän viisikymmentä vuotta, jonka jälkeen ne automaattisesti puretaan ja korvataan uusilla. Kuitenkin esim. tässä opinnäytetyössä tehdyt tutkimukset osoittavat, että tilanne ei välttämättä ole niin. Kuitenkin paljon lisää voisi tehdä, jotta rakenteet saataisiin kestävämpään pidempään. Esimerkiksi katodisuojaus tiedetään tehokkaaksi, mutta silti sitä ei juurikaan käytetä.

Kuntokartoitus on yksi tärkeimmistä ennaltaehkäisyn tukipilareista. Sillä pystytään arvioimaan rakenteiden mahdollinen korjaustarve, ennen kuin on liian myöhäistä. 2010 voimaan tullut Liikenneviraston laiturintarkastus ohjeistus antaa hyvät ja selvät ohjeet ja aikajanan laiturien kuntotarkastuksille. Tämänhetkinen kuntotarkastusten tila on heikohko ja korjaustarve huomataan liian myöhään. Tällöin laiturirakenne saattaa olla jo korjauskelvoton.

Nykyisin tiedetään hyvin, mihin kohtaan ja miksi vauriot rakenteisiin syntyvät. Silti niitä pyritään korjaamaan paikkaamalla vain pahimmat kohdat eikä kiinnitetä huomiota kokonaisuuteen tai materiaalien keston. Ennaltaehkäisevä kunnossapito satamissa on useasti "lasten kengissä" eikä vaurioiden syntymisen estämiseksi satamissa uhrata resursseja.

Jalostamon sataman laiturien pilariston korjauksessa on käytetty ruostumattomasta teräksestä valmistettuja "mantteleita", jotka jätetään meriveden vaihtelualueelle suojaamaan betonia. Seuraavien pilareiden korjauksien yhteydessä on tarkoitettu kokeilla myös PE-muovista valmistettua putkea "manttelina". Putki jätetään paikalleen valun jälkeen. Helsingin satamassa tehdyssä korjauksessa on käytetty kyseistä menetelmää ja sen etuina on, että putken liukkauden ansiosta jää ei keräänny manttelin pintaan ja aurinko lämmittää sitä tehokkaammin kuin metallista valmistettua "manttelia". Myös asennus on helpompaa ja muotinkustannukset ovat edullisemmat.

Materiaaleista puhuttaessa keskitytään usein hintaan ja tunnettavuuteen, eikä niinkään kestävyteen. Uusien menetelmien käyttöä arkaillaan ja odotetaan, että jollakin toisella on niistä kokemusta. Alalla kuitenkin toivotaan uusia ja yhä parempia materiaaleja, ja mikäli niitä olisi tarjolla hyvään hinta-laatusuhteeseen, niitä varmasti myös käytettäisiin. Laiturirakenteiden kunnostukseen liittyen on vielä paljon kehitettävää.

Lähteet

Betonijulkisivun kuntotutkimus BY 42,2002. Helsinki: Suomen betonitieto Oy.

Betonirakenteiden korjausohjeet BY 41, 2007.Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Encyclopedia Britannica 2014. Erosion. Saatavilla
<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/191809/erosion> [viitattu 7.6.2014]

Halkeamien korjaaminen 1.233, 2012. Siltojen korjausohjeet. Saatavilla:
SILKO 1.233.2003. Betonirakenteet, Halkeamien korjaaminen. Tiehallinnon verkkosivut.
Viitattu 25.1.2015.<http://alk.tiehallinto.fi/sillat/kansio1/s1233.pdf>.

Liikenneviraston ohjeita 2/2010. Saatavilla
http://alk.tiehallinto.fi/thohje/ohjeluetelot/2010_2_livi_tienpidon_tekniset_ohjeet.pdf. Viitattu 25.1.2015

Rakennusten kuntotutkimukset; Laboratoriotutkimukset. DI Petteri Härkönen, Karelia AMK.

RIL 236 -2006. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto Ry, 2006. Satamalaitureiden kunnan hallinta.

Suomen Betoniyhdistys ry 2007.BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2007.

Valtion teknillinen tutkimuskeskus 1989. Liisa Salparanta. Vedenalaiset kuntovauriot.

VTT 2008. Katodinen suojaus. Saatavilla
http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/katodinen_suojaus_2008.pdf[viitattu 7.6.2014]

Valtion teknillinen tutkimuskeskus 1989, 4

LIKENNEVERASTO

TARKASTUSLOMAKE
VAUROTIEDOT 2

Kilpailun nimi

Luovi

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Luovutettiin

Tarkastuksen täyttäneet osittain

Tarkastuksen täyttäneet osittain

Tarkastuksen täyttäneet osittain

Tarkastuksen täyttäneet osittain

Tarkastuksen täyttäneet osittain

LIIKENEVIKAS TO

TARKASTUSLOMAKE 2
VAURIOITELDOT

Siltan numero 9		Siltan nimi LAITUREI S		Siltan nimi																																																
Pysäköinti Tekninen/työ		Tilausnro RENEI PANNA		Organisaatio KESTI OULU EVANKELISET																																																
Käsiteltävien esittelysivustolla <input type="checkbox"/>																																																				
<table border="1"> <tr> <th>Vaurio</th> <th>Vaurion sijainti</th> <th>Faatanosio</th> <th>Näkö</th> <th>Vauriotyyppi</th> <th>Vaurion syy</th> <th>Korjausryhmä</th> <th>Korjauksen tila</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>600</td> <td>600</td> <td>KATTEET</td> <td>12</td> <td>Kuivattu</td> <td>501</td> <td>TÖKÄTYS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pysäköinti</td> <td>laajuuks</td> <td>Ympäristö</td> <td>11</td> <td>6</td> <td></td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td>30</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td colspan="2">13.4-14</td> <td>2</td> <td>KAUKO OULU</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						Vaurio	Vaurion sijainti	Faatanosio	Näkö	Vauriotyyppi	Vaurion syy	Korjausryhmä	Korjauksen tila	1	600	600	KATTEET	12	Kuivattu	501	TÖKÄTYS						Pysäköinti		laajuuks	Ympäristö	11	6		102	KORJAUS	30	OK	OK	OK	13.4-14		2	KAUKO OULU				102	KORJAUS				
Vaurio	Vaurion sijainti	Faatanosio	Näkö	Vauriotyyppi	Vaurion syy	Korjausryhmä	Korjauksen tila																																													
1	600	600	KATTEET	12	Kuivattu	501	TÖKÄTYS																																													
Pysäköinti		laajuuks	Ympäristö	11	6		102	KORJAUS	30	OK	OK	OK																																								
13.4-14		2	KAUKO OULU				102	KORJAUS																																												
<table border="1"> <tr> <th>Vaurio</th> <th>Vaurion sijainti</th> <th>Faatanosio</th> <th>Näkö</th> <th>Vauriotyyppi</th> <th>Vaurion syy</th> <th>Korjausryhmä</th> <th>Korjauksen tila</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Alue</td> <td>100</td> <td>STUHVUPEI</td> <td>11</td> <td>15</td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pysäköinti</td> <td>laajuuks</td> <td>Ympäristö</td> <td>11</td> <td>6</td> <td></td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">13.4-14</td> <td>2</td> <td>KAUKO OULU</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						Vaurio	Vaurion sijainti	Faatanosio	Näkö	Vauriotyyppi	Vaurion syy	Korjausryhmä	Korjauksen tila	2	Alue	100	STUHVUPEI	11	15	102	KORJAUS						Pysäköinti		laajuuks	Ympäristö	11	6		102	KORJAUS					13.4-14		2	KAUKO OULU				102	KORJAUS				
Vaurio	Vaurion sijainti	Faatanosio	Näkö	Vauriotyyppi	Vaurion syy	Korjausryhmä	Korjauksen tila																																													
2	Alue	100	STUHVUPEI	11	15	102	KORJAUS																																													
Pysäköinti		laajuuks	Ympäristö	11	6		102	KORJAUS																																												
13.4-14		2	KAUKO OULU				102	KORJAUS																																												
<table border="1"> <tr> <th>Vaurio</th> <th>Vaurion sijainti</th> <th>Faatanosio</th> <th>Näkö</th> <th>Vauriotyyppi</th> <th>Vaurion syy</th> <th>Korjausryhmä</th> <th>Korjauksen tila</th> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Alue</td> <td>102</td> <td>KAUKO OULU</td> <td>11</td> <td>15</td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pysäköinti</td> <td>laajuuks</td> <td>Ympäristö</td> <td>11</td> <td>6</td> <td></td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">13.4-14</td> <td>2</td> <td>KAUKO OULU</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						Vaurio	Vaurion sijainti	Faatanosio	Näkö	Vauriotyyppi	Vaurion syy	Korjausryhmä	Korjauksen tila	5	Alue	102	KAUKO OULU	11	15	102	KORJAUS						Pysäköinti		laajuuks	Ympäristö	11	6		102	KORJAUS					13.4-14		2	KAUKO OULU				102	KORJAUS				
Vaurio	Vaurion sijainti	Faatanosio	Näkö	Vauriotyyppi	Vaurion syy	Korjausryhmä	Korjauksen tila																																													
5	Alue	102	KAUKO OULU	11	15	102	KORJAUS																																													
Pysäköinti		laajuuks	Ympäristö	11	6		102	KORJAUS																																												
13.4-14		2	KAUKO OULU				102	KORJAUS																																												
<table border="1"> <tr> <th>Vaurio</th> <th>Vaurion sijainti</th> <th>Faatanosio</th> <th>Näkö</th> <th>Vauriotyyppi</th> <th>Vaurion syy</th> <th>Korjausryhmä</th> <th>Korjauksen tila</th> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Alue</td> <td>100</td> <td>TRUKAT</td> <td>13</td> <td>15</td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pysäköinti</td> <td>laajuuks</td> <td>Ympäristö</td> <td>10</td> <td>10</td> <td></td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">13.4-14</td> <td>2</td> <td>KAUKO OULU</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						Vaurio	Vaurion sijainti	Faatanosio	Näkö	Vauriotyyppi	Vaurion syy	Korjausryhmä	Korjauksen tila	4	Alue	100	TRUKAT	13	15	102	KORJAUS						Pysäköinti		laajuuks	Ympäristö	10	10		102	KORJAUS					13.4-14		2	KAUKO OULU				102	KORJAUS				
Vaurio	Vaurion sijainti	Faatanosio	Näkö	Vauriotyyppi	Vaurion syy	Korjausryhmä	Korjauksen tila																																													
4	Alue	100	TRUKAT	13	15	102	KORJAUS																																													
Pysäköinti		laajuuks	Ympäristö	10	10		102	KORJAUS																																												
13.4-14		2	KAUKO OULU				102	KORJAUS																																												
<table border="1"> <tr> <th>Vaurio</th> <th>Vaurion sijainti</th> <th>Faatanosio</th> <th>Näkö</th> <th>Vauriotyyppi</th> <th>Vaurion syy</th> <th>Korjausryhmä</th> <th>Korjauksen tila</th> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Alue</td> <td>100</td> <td>TRUKAT</td> <td>13</td> <td>15</td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pysäköinti</td> <td>laajuuks</td> <td>Ympäristö</td> <td>10</td> <td>10</td> <td></td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">13.4-14</td> <td>2</td> <td>KAUKO OULU</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						Vaurio	Vaurion sijainti	Faatanosio	Näkö	Vauriotyyppi	Vaurion syy	Korjausryhmä	Korjauksen tila	5	Alue	100	TRUKAT	13	15	102	KORJAUS						Pysäköinti		laajuuks	Ympäristö	10	10		102	KORJAUS					13.4-14		2	KAUKO OULU				102	KORJAUS				
Vaurio	Vaurion sijainti	Faatanosio	Näkö	Vauriotyyppi	Vaurion syy	Korjausryhmä	Korjauksen tila																																													
5	Alue	100	TRUKAT	13	15	102	KORJAUS																																													
Pysäköinti		laajuuks	Ympäristö	10	10		102	KORJAUS																																												
13.4-14		2	KAUKO OULU				102	KORJAUS																																												
<table border="1"> <tr> <th>Vaurio</th> <th>Vaurion sijainti</th> <th>Faatanosio</th> <th>Näkö</th> <th>Vauriotyyppi</th> <th>Vaurion syy</th> <th>Korjausryhmä</th> <th>Korjauksen tila</th> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Alue</td> <td>100</td> <td>TRUKAT</td> <td>13</td> <td>15</td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pysäköinti</td> <td>laajuuks</td> <td>Ympäristö</td> <td>10</td> <td>10</td> <td></td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">13.4-14</td> <td>2</td> <td>KAUKO OULU</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>102</td> <td>KORJAUS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						Vaurio	Vaurion sijainti	Faatanosio	Näkö	Vauriotyyppi	Vaurion syy	Korjausryhmä	Korjauksen tila	5	Alue	100	TRUKAT	13	15	102	KORJAUS						Pysäköinti		laajuuks	Ympäristö	10	10		102	KORJAUS					13.4-14		2	KAUKO OULU				102	KORJAUS				
Vaurio	Vaurion sijainti	Faatanosio	Näkö	Vauriotyyppi	Vaurion syy	Korjausryhmä	Korjauksen tila																																													
5	Alue	100	TRUKAT	13	15	102	KORJAUS																																													
Pysäköinti		laajuuks	Ympäristö	10	10		102	KORJAUS																																												
13.4-14		2	KAUKO OULU				102	KORJAUS																																												

Tarkastukseen liittyvät kommentit

Parametrilistat

1. Tarkastustyyppi		2. Historiallinen merkittävyys	
11	VOT Vastaanottotarkastus	11	Ei merkittävä
12	VT Vuositarkastus	12	Merkittävä
13	YT Yleistarkastus	13	Museosilta
14	LYT Laajennettu yleistarkastus		
15	ET Erikoistarkastus		
16	ST Sukellustarkastus		
17	TT Tehostettu tarkkailu		

3. Ympäristörasitus		4. Tarkastusvälineet	
11	Maaseutu	11	Siltakurki
12	Kaupunki	12	Vene
13	Teollisuus	13	Tikkaat
14	Meri	14	Kiikari
		15	Valaisin
		16	Vaaituskoje
		17	Kahluupuku
		18	Sukeltaja
		19	Henkilönostin
		20	Puun kasvukaira
		21	Sillan avaimet
		22	Turvavaljaat

5. Käytöstäpoistamissy	
7	Silta rekisteröity kahteen kertaan
8	Luokittelematon
11	Loppuun käytetty (käyttöikä saavutettu)
12	Päällysrakenne uusittu kunnan takia
13	Päällysrakenne uusittu kantavuuden takia
14	Päällysrakenne uusittu kapeuden takia
15	Purettu, tilalle rakennettu uusi silta
16	Purettu, tilalle rakennettu rumpu
17	Purettu (ei mitään tilalle)
18	Tie lakkautettu yleisenä tienä
19	Purettu, tilalle rakennettu uusi laitur
20	Yhteys tai raide purettu
22	Muu omistajanvaihdos

6.Rakenneos			
400	PÄÄLLYSTEET	800	MUUT VARUSTEET/LAITTEET
401	Päälyste	803	Laakeri
402	Päälysteen saumaus	804	Nivel
403	Raidekiskot kiinnityksineen	805	Syöksytorvi
404	Ratapölkkyt	806	Tippuputki, tippureikä
405	Suojakiskot kiinnityksineen	807	Salaoja
406	Sillan ja penkereen raja	808	Kosketussuoja, meluseinä
407	Koukkupultti	809	Reunus sillalla
408	Tukikerros	810	Valaisin
409	Kiskonliikuntalaite	811	Kaapelihylly
410	Puupelkat	812	Suojaputki
		813	Liikennemerkki
500	MUU PINTARAKENNE	814	Hoitosilta
501	Suojakerros	815	Hoitosillake
502	Vedeneristys	816	Tikkaat
503	Kansilaatan yläpinta	817	Kulkusuukon ovi
504	Pintarakenteen saumaus	818	Panostila
		819	Panoskoukku
600	KAITEET	820	Vedenpoistoputki
601	Kaidepylväs	821	Tarkkailupiste
602	Siltakaiteen johde ja säleet	822	Kontaktitappi
603	Tiekaiteen johde	823	Tippulista
604	Suojaverkko tai suojalevy	824	Laivajohde
605	Tuiskukaide	825	Uittojohde
606	Melukaide	826	Kiinnike
607	Yläjohteen liikuntajatkos	827	Ajoneuvoyhdistunneli
608	Matala sillankaide	828	Henkilöyhdystunneli
609	Törmäyssuoja	829	Työ- tai huoltotunneli
610	Betonikaide	830	Muu tunneli, kuilu tai tekninen tila
611	Kaidepylvään kiinnityslevy	831	Poistumistie
612	Kaidepylvään pulttikiinnitys	832	Poistumistien valo
613	Kaiteen kiinnike tai jatkos	833	Hätävalaistus
		834	Alkusammutuslaite
700	LIIKUNTASAUMALAITTEET	835	Hätäpuhelin
701	Liikuntasaumalaite	836	Valvontakamera
702	Massaliikuntasauma	837	Ilmanvaihto- tai savunpoistopuhallin
703	Tukikaista	838	Ilmanvaihtokanava
704	Ponttoniliitos	839	Generaattori
705	Ponttonin liitoskenkä	840	Pumppaamo
706	Rautatiesillan liikuntasauman suojalevy	841	Pesuvesien keräilyallas
707	Alus- ja päälysrakenteen välinen sauma	842	Ovi tai luukku
		843	Sulkupuomi
		844	Paloposti
		845	Sadevesikaivo, -viemäri tunnelissa
		846	Jätevesikaivo, -viemäri tunnelissa
		847	Tarkastuskaivo tunnelissa
		848	Laiturin alatasanne
		849	Laituriporta
		850	Hengenpelastusvälinesarja

6.Rakenneos			
851	Pollari	913	Välituen eroosiosuojaus
852	Fenderi	914	Kivisilmä
853	Reunateräs	915	Portaali
854	Puusuojalaite	916	Korkeusrajoitin
855	Nosturi	917	Häikäisysoja
856	Tasovaihtolaite	918	Liikennevalo
857	Rengasfenderi	919	Kaistaopaste
858	Pelastusrenkas	920	Informaatiotaulu
859	Heittolina	921	Tekninen rakennus
860	Venehaka	922	Kallioleikkaus
861	Pelastustikkaat	923	Arkkutihtaali
862	Paalun suojakuori	924	Kasunitihtaali
863	Kolhaisuuoja	925	Pilari-/paaluhtihtaali
865	Kulmatukimuuuri, varuste	926	Veneluiska
866	Suojalankutus	927	Köysivinssi
867	Huoltokäytävä (konsoli ja ritää)	928	Pengeraailonmurtaja
868	Pinnotteet (mm. kaakeelit)	929	Aallonmurtajaponttoni
869	Lätkkuva pollari	930	Jäteastia
870	Kiinnitysmisköysi	931	Maatuen eroosiosuojaus
871	Hätäporras	932	Tausta-alueen eroosiosuojaus
872	Laivan kiinnityskoukku	933	Laiturin edustan eroosiosuojaus
873	Merimerkin tunnusosa	934	Laiturikyllä
874	Linjataulu	935	Vesiliikennemerkki
875	Helikopteritaso	936	Kanavan luiskan louhekkiviverhous
876	Valokouju	937	Kanavan luiskan ladokkiviverhous
877	Turvakisko	940	Rata sillapaikalle
878	Ikkuna	941	Suoja-aita
879	Nostinpalkki	943	Penkereen muuri
880	Valolaitteiden kiinnitysalusta	944	Elementtien sauma
881	Tutkaheijastin	945	Maadoitus
882	Heijastinalvo	946	Pengerkaiteen pylvä
883	Merimerkin kaide	949	Huoltokäytävä
884	Merimerkin hoitotaso	952	Ratajohdtopylvä
885	Laakerikoroke	953	Kulkuiskat
886	Paineentasausputki	954	Hissi, tukirakenteet
887	Kiipeilyeste	955	Porrasseinät ja -katokset
		956	Pengerkaiteen korotusosa
900	SILTAPAIKAN RAKENTEET	957	Pengerkaiteen suojaverkko
901	Etuluiska	958	Korkea pengerkaide
902	Keila	959	Pengerkaiteen perustus
903	Tie sillapaikalle		
904	Tie tai rataluiska		
905	Reunus tiellä		
906	Pintavesikaivo		
907	Pintavesiputki		
908	Pintavesikouru		
909	Oja		
910	Pengerkaide		
911	Portaat		
912	Saumaus		

7. Rakennesosan materiaali	
11	Betoni B
12	Teräs T
13	Puu P
14	Kivi K
15	Alumiini AL
16	Bitumi BI
17	Kumibitumi KB
18	Kumi KU
19	Muovi (PVC,PE) MU
20	Polymeerisementtibetoni PCC
21	Polymeerikomposiitti PC
22	Muu polymeeri PM
23	Asfalttibetoni AB
24	Valuasfaltti VA
25	Öljysora OS
26	Turve TV
27	Nurmi NU
28	Sora SR
29	Pehmeä asfalttibetoni PAB
30	Soratien pinta SOP
31	Ruostumaton teräs RST
32	Hillikuitu HIK
33	Polymeerimodifioitu sementtilaasti PMC
34	Kupari CU
35	Murskattu kiviaines MK
36	Sepeli SE
37	Täli TILI
38	Keraaminen laatta KER
39	Lasikuitu LK
40	Lasi LA

8. Vauriotyyppi	
11	Rapautuminen m2
12	Halkeilu m
13	Ruostuminen m2
14	Vesivuoto m2
15	Verkkohalkeilu m2
16	Purkauminen m2
17	Kuluma m2
18	Valuvika m2
19	Erosiovaurio m2
20	Deformaatio m2
21	Lahoaminen m2
22	Hilseily m2
23	Kupluminen m2
24	Taipuma mm
25	Murtuma kpl
26	Lohkeama m3
27	Painuma mm
28	Siirtymä mm
29	Sortuma m3
30	Löystymä kpl
31	Irtoma kpl
32	Tukos kpl
33	Kiertymä kpl
34	Kokoonpuristuma mm
35	Puuttuminen kpl
36	Lommahdus mm
37	Töhrerys m2
38	Ulkonäkövirhe kpl
39	Liian matala mm
40	Liian lyhyt m
41	Likaa/kasvustoa m2
42	Kunnossapito-ongelmia kpl
43	Vajaa mm
44	Liian kapea mm
45	Väärä sijainti kpl
46	Väärä rakennetyyppi kpl

9.Vaurion syy			
100	Ympäristö tai ikääntyminen	400	Eroosio
101	Pakkasvaurio	500	Onnettomuus
102	Kloridien vaikutus	501	Törmäys
103	Karbonatisoituminen	502	Tulva
104	Ilmansaasteet	503	Tulipalo
105	Radan nousu	600	Suunnitteluvirhe
200	Kuormitus	601	Perusratkaisuvirhe
201	Liikennekuorma	602	Detaljisuunnitteluvirhe
202	Jääkuorma	603	Materiaalinvalintavirhe
203	Virtauspaine	604	Suunnitteluohjeiden muutos
204	Maanpaine	700	Rakennusvirhe
205	Tukien liikkeet	701	Työvirhe
206	Lämpöliike	702	Materiaalivirhe
207	Kuistuminen	703	Elementin valmistusvirhe
208	Viruminen	800	Kunnossapitovirhe
209	Routuminen	801	Puhtaanapitovirhe
300	Kuluminen	802	Huoltovirhe
301	Kuluminen/liikenne	803	Kunnossapitokaluston törmäys
302	Kuluminen/jää	900	Ilkivalta
303	Kuluminen/virtaus		

10. Korjaustoimenpide ALV = 0 %				
Hinnat ilman yhteiskustannuksia		Yksikkö	eur / yksikkö	
			min	max
11	Seuranta			
100	BETONIRAKENTEEN KORJAAMINEN			
101	Reunapalkin uusiminen	m	700	1700
102	Rakenteen korjaaminen valamalla	m3	1000	5000
103	Teräs- tai hiikkuitulevyjen liimaaminen	m2	1000	2000
104	Raudituksen lisääminen	kg	15	20
105	Paikkaus ilman muotteja	m2	400	1000
106	Paikkaus muottien avulla	m2	400	1000
107	Ejektointi	m2	80	100
108	Betonipinnan ruiskubetonointi	m2	130	250
109	Betonirakenteen ruiskubetonointi	m2	200	300
110	Betonin halkeaman injektointi epoksilla	m	100	300
111	Sementti-injektointi	m	100	150
112	Injektointibetonointi	m3	800	1000
113	Halkeaman sulkeminen imeyttämällä	m	20	50
114	Betonipinnan puhdistus	m2	10	40

9.Vaurion syy			
100	Ympäristö tai ikääntyminen	400	Eroosio
101	Pakkasvaurio	500	Onnettomuus
102	Kloridien vaikutus	501	Törmäys
103	Karbonatisoituminen	502	Tulva
104	Ilmansaasteet	503	Tulipalo
105	Radan nousu	600	Suunnitteluvirhe
200	Kuormitus	601	Perusratkaisuvirhe
201	Liikennekuorma	602	Detaljsuunnitteluvirhe
202	Jääkuorma	603	Materiaalinvalintavirhe
203	Virtauspaine	604	Suunnitteluohjeiden muutos
204	Maanpaine	700	Rakennusvirhe
205	Tukien liikkeet	701	Työvirhe
206	Lämpöliike	702	Materiaalivirhe
207	Kutistuminen	703	Elementin valmistusvirhe
208	Viruminen	800	Kunnossapitovirhe
209	Routuminen	801	Puhtaanapitovirhe
300	Kuluminen	802	Huoltovirhe
301	Kuluminen/liikenne	803	Kunnossapitokaluston törmäys
302	Kuluminen/vijää	900	Ilkivalta
303	Kuluminen/virtaus		

10.Korjaustoimenpide ALV = 0 %				
Hinnat ilman yhteiskustannuksia		Yksikkö	eur / yksikkö	
			min	max
11	Seuranta			
100	BETONIRAKENTEEN KORJAAMINEN			
101	Reunapalkin uusiminen	m	700	1700
102	Rakenteen korjaaminen valamalla	m3	1000	5000
103	Teräs- tai hiilikuitulevyjen liimaaminen	m2	1000	2000
104	Raudoituksen lisääminen	kg	15	20
105	Paikkaus ilman muotteja	m2	400	1000
106	Paikkaus muottien avulla	m2	400	1000
107	Ejektointi	m2	80	100
108	Betonipinnan ruiskubetonointi	m2	130	250
109	Betonirakenteen ruiskubetonointi	m2	200	300
110	Betonin halkeaman injektointi epoksilla	m	100	300
111	Sementti-injektointi	m	100	150
112	Injektointibetonointi	m3	800	1000
113	Halkeaman sulkeminen imeyttämällä	m	20	50
114	Betonipinnan puhdistus	m2	10	40

10. Korjaustoimenpide ALV = 0 %				
Hinnat ilman yhteiskustannuksia		Yksikkö	eur / yksikkö	
			min	max
115	Betonipinnan pinnoitus	m2	60	120
116	Betonipinnan impregnointi	m2	20	60
117	Tartuntaterästen ankkurointi	kpl	20	80
118	Betonirakenteen katodinen suojaus	m2	400	600
119	Betonin uudelleenalkalointi	m2	200	300
120	Inhibointi	m2	80	100
121	Kolhaisu suojan jälkiasentaminen	m	1000	3000
122	Reunapalkin korottaminen	m3	500	1000
123	Säpimuurin jatkaminen	m3	700	1300
124	Kulmatukimuurin asentaminen	kpl	700	1300
200 TERÄSRAKENTEEN KORJAAMINEN				
201	Kaiteen uusiminen	m	150	400
202	Teräsosan uusiminen	kg	15	30
203	Teräsputkisillan uusiminen	kg	15	40
204	Teräsosien vahventaminen	m2	400	2000
205	Kaidepylvään juuren kunnostus	kpl	60	120
206	Teräspalkin ylälaipan kunnostus	m	100	200
207	Paikkausmaalaus	m2	100	400
208	Uusintamaalaus	m2	100	500
209	Laakerin huoltokäsittely	kpl	150	250
210	Laakerin uusiminen	kpl	3000	10000
211	Kuuma- tai ruiskusinkitys	m2	100	300
212	Teräsputken katodinen suojaus	kpl	15000	30000
213	Laakerin asennon korjaaminen	kpl	1000	7000
214	Kosketussuojaseinämän teko	m	600	900
215	Johteen uusiminen	m	50	100
216	Kaiteen oikominen	m	50	200
217	Teräsosan oikominen	m	100	1000
218	Pengerkaiteen teko tai uusiminen	m	40	100
219	Teräsputken lisäsuojaus	m2	100	250
220	Teräsputkisillan korjaaminen	m2	1200	2000
221	Huoltokäytäväluokkeen asentaminen	m	200	500
222	Suojaverkon korjaaminen/uusiminen	m	50	150
223	Teräsrakenteen puhdistus	m2	60	100
224	Kaiteen korotusosan teko	m	30	50
225	Kiinnityksen korjaaminen	kpl	100	500
226	Kiipeilysteen teko	kpl	1500	2500
227	Teräsputken sujutus	kg	15	35
228	Teräsputken puolipohjaus	kg	20	40

10. Korjaustoimenpide ALV = 0 %				
Hinnat ilman yhteiskustannuksia		Yksikkö	eur / yksikkö	
			min	max
600	SAUMARAKENTEEN KORJAAMINEN			
601	Liikuntasaumalaitteen kunnostus	m	200	600
602	Liikuntasaumalaitteen uusiminen	m	800	1400
603	Liikuntasaumanauhan uusiminen	m	200	500
604	Massaliikuntasauaman teko	m	500	1200
605	Reunapalkin liikuntasauaman sulkeminen	kpl	500	700
606	Reunapalkin liikuntasauaman tiivistäminen	kpl	100	300
607	Reunap. ja päällystys-sauaman tiivistäminen	m	20	40
608	Rakenne-elementtien sauman tiivistäminen	m	40	150
609	Sillan ja penkereen rajan kunnostus	m	30	150
610	Tukikaistan korjaaminen	m	150	300
611	Asematunnelin liikuntasauomien kunnostaminen	m	1000	2000
700	VEDENERISTYKSEN JA PÄÄLLYSTEEN KORJAAMINEN			
701	Pintarakenteiden uusiminen	m2	180	450
702	Päällystekerrosten uusiminen	m2	30	60
703	Kulutuskerroksen uusiminen	m2	25	40
704	Vedeneristysten paikkaaminen	m2	400	1000
705	Päällysteen halkeaman sulkeminen	m	20	40
706	Päällysteen paikkaaminen, myös urapaikkaus	m2	40	60
707	Ohutkerrospäällystehalkeaman sulkeminen	m	20	40
708	Ohutkerrospäällysteen paikkaus	m2	80	160
709	Ohutkerrospäällysteen uusiminen	m2	80	140
710	Puukannen päällystäminen	m2	60	100
711	Raidekiinnitysten ja koukkupulttien kiristys	kpl	25	40
712	Rautatiesiltojen vedeneristysten korjaus	m2	500	1000
713	Reunatuon (reunakiven) teko	m	60	120
800	SILTAAN LIITTYVIEN RAKENTEIDEN KORJAAMINEN			
801	Verhouksen saamaaminen	m	10	20
802	Kiviheitokeverhouksen teko	m2	30	50
803	Kiviverhouksen teko	m2	150	200
804	Betonilaattaverhouksen teko	m2	60	80
805	Betonikiviverhouksen teko	m2	60	120
806	Turververhouksen teko	m2	30	50
807	Nurmiverhouksen teko	m2	30	40
808	Molskotti tai sepeiverhouksen teko	m2	25	40
809	Kenttäkiviverhouksen teko	m2	40	60
810	Kivikorirakenteiden teko	m2	160	300
811	Kivikoripatjan teko	m2	80	120
812	Tukimuurin teko	m2	400	200
813	Tulopenkereen korjaaminen	m2	100	300
814	Erosioaurion korjaaminen	m2	40	80
815	Pengerrys- ja täyttötöet	m3	40	80
816	Uoman perkaus ja kaivutyöt	m3	40	80

10. Korjaustoimenpide ALV = 0 %				
Hinnat ilman yhteiskustannuksia	Yksikkö	eur / yksikkö		
		min	max	
817	Luisan portaan teko	m	150	300
818	Tulopenkereen päällystäminen	m2	20	40
819	Pensasverhouksen teko	m2	50	100
820	Peikan vaihto	r-m	800	1500
821	Sepelikerroksen tukeminen/korjaaminen	r-m	500	1000
822	Suojakiskon korjaaminen/lisääminen	m	750	1500
823	Penkereen maavallin poisto	m	20	60
824	Kasakeliverhouksen uusiminen	m2	80	150
825	Ratapölkkyjen uusiminen	r-m	300	500
900	RASKAAT TOIMENPITEET			
901	Sillan leventäminen	m2	1300	3000
902	Kantavuuden parantaminen	m2	200	500
903	Poikkileikkauksen muuttaminen	m2	100	300
904	Päällysrakenteen uusiminen	m2	800	2500
905	Sillan uusiminen	m2	1600	4000
906	Reunamerkin uusiminen	kpl	500000	700000
907	Reunamerkin yläosan uusiminen	kpl	80000	120000
908	Linjataulun uusiminen	kpl	75000	25000

Kaiteiden maalauspinta-alat (m2/m):
harva 0,6 tiheä 1,12 sälekaide 1,32

12. Tarkastuskommentti x = kirjattava vauriona	
	Hoitoon liittyvät kommentit
	11 Silän kannella on hiekkaa
	12 Reunapalkkien päällä on hiekkaa
	13 Liikuntasaumoissa on hiekkaa
	14 Syöksytörvien ritilät ovat tukossa
	15 Laakeritasoilla on epäpuhtauksia
x	16 Avonaisia halkeamia päällysteessä
x	17 Purkautumia tai reikiä päällysteessä
x	18 Kaiteissa on naarmuja
x	19 Tippuputket ovat tukossa
x	20 Tippureiät ovat tukossa
	21 Luiskan pintavesikouru on tukossa
	22 Vesi ei ohjautu pintavesikouruun
	23 Pengerkaiteen alla on vettä pidättävä maavalli
	24 Keilaverhouksen päällä on hiekkaa
x	25 Kynnys sillan ja penkereen rajakohdassa
	26 Kasvillisuus rajoittaa näkymää
	27 Keiloissa kasvaa vesakkoa
	28 Sillapaikka on säistittävä
	Ylläpitoon liittyvät kommentit
x	29 Putoamisvaara
x	30 Erittäin vakava putoamisvaara
	31 Sillalla on liikaa päällystekerroksia
	32 Päällystemateriaali on väärä
x	33 Päällyste puuttuu tulopenkereiltä
	34 Puupelkat ovat kunnossa
x	35 Pelkoissa on siirtymistä
x	41 Tippureiät puuttuvat - ovat tarpeen
	42 Laakerien vierintäpinnat on rasvattava
x	43 Laakerin asento on virheellinen
	51 Sumupaalut puuttuvat
x	52 Pengerkaiteet ovat liian lyhyet
x	53 Pengerkaiteet ovat liian matalat
	54 Pengerkaiteen päästä puuttuu viiste
x	55 Pengerkaiteet puuttuvat
x	56 Johteiden epäjatkuvuuskohta ukkopylvään kohdalla
	57 Tiekaiteen johde on liian alhaalla
x	58 Korkean sillankaiteen päästä puuttuu viiste
x	59 Väärä kaidetyyppi
x	60 Kulmateräskäiteet
	61 Alumiinikaiteet
x	71 Pintavesikourut puuttuvat - ovat tarpeen
x	72 Luiskaan on rakennettava portaat
	73 Kuivatus ei toimi sillan alla

12. Tarkastuskommentti x = kirjattava vauriona	
Ylläpitoon ja investointiin liittyvät kommentit	
	81 Uomassa on puutavarajätteitä
	82 Uoman perkaus on tarpeen
x	83 Päälysrakenne pönkää maatukeen
x	84 Reunapalkki on kallistunut
	85 Reunapalkki on korotettu
	91 Silta on liian kapea
	92 Kevyenliikenteen kaistan tarve on ilmeinen
	93 Tien geometria rajoittaa näkymää
x	94 Huoltokäytävä on tarpeellinen
	101 Sektoriloiston suojaosan uusimistarve
	102 Päivätunnuksesta on irronnut osia
	103 Lika peittää tunnusväriä
	104 Oven lukitus ja/tai käynti on epäkunnossa
	105 Aurinkopaneli on rikkoutunut
	106 Tuuligeneraattori on rikkoutunut
	107 Linnunpesä merimerkissä
	108 Rikkoutunut akku
	110 Rantautuminen on vaikeaa
x	111 Työtasot puuttuvat
x	112 Tikkaiden turvakisko tai selkäsuojus puuttuu ja nousukorkeus on yli 3 m
x	113 Portaiden askelmia on irronnut

11. Kiireellisyysluokka	
10	Korjataan heti
11	Korjataan 2 vuoden kuluessa
12	Korjataan 4 vuoden kuluessa
13	Korjataan myöhemmin
14	Ei korjata ollenkaan

13. Kuntoluokka	
0	Uudemmainen
1	Hyvä
2	Välttävä
3	Huono
4	Erittäin huono

14. Vaurioluokka	
1	Lievä
2	Merkittävä
3	Vakava
4	Erittäin vakava



RAKENNUSLABORATORIO
KARJALANKATU 3
80200 JOENSUU

TILAAJA:					
Neste Oil c/o Petri Rantanen Laskutusosoite tulee				TESTAUSSELOSTUS N:O 140130-V8	
NÄYTTENOTTOPAIKKA:					
Laituri 8 Betonirakennänäytteitä, vetolujuustestit koekappaleista.					
BETONIKOEKAPPALEET:					
RAKENNEKOEKAPPALEITA: 8 kpl LIERIÖITÄ; d = 56 mm					
TESTAUS:					
Tartuntavetolujuus standardin SFS 5446 mukaisesti					
TILAAJAN ILMOITTAMAT TIEDOT			TULOKSET		
Koekappaleen tunnus	Murto-kuorma (kN)	Pinta-ala mm ²	Hakaisija d, mm	VETOLUJUUS N/mm ²	HUOMI! Murto- man sijainti ulkopinnasta
1	4,48	1517	43,8	2,9	35-40 mm
8	4,26	1534	44,2	2,8	90-95 mm
10	2,17	1534	44,1	1,4	30-45 mm
18	4,31	1510	43,9	2,9	45-50 mm
20	4,62	1548	44,3	3,0	40-45 mm. Teräs murtopinnassa.
29	3,87	1552	44,5	2,5	20-25 mm
Huomi!					
Lujuustuloksia ei ole muunnettu millään kertoimilla.					
JOENSUU 30.1.2014 KARELIA AMMATTIKORKEAKOULU RAKENNUSLABORATORIO					
<i>Riku Tiira</i>					
Riku Tiira Laboratorion vastaava työnjohtaja Puh. 050 409 2174					
JAKELU:					
Neste Oil c/o Petri Rantanen					



RAKENNUSLABORATORIO
KARJALANKATU 3
80200 JOENSUU

TILAAJA:						
Neste Oil c/o Petri Rantanen Laskutusosoite tulee				TESTAUSSELOSTUS N:O 140130-V9		
NÄYTTEENOTTOPAIKKA:						
Laituri 9 Betonirakennenyhteitä, vetolujuustestit koekappaleista.						
BETONIKOEKAPPALEET:						
RAKENNEKOEKAPPALEITA: 8 kpl LIERIÖITÄ; d = 56 mm						
TESTAUS:						
Tartuntavetolujuus standardin SFS 5446 mukaisesti						
TILAAJAN ILMOITTAMAT TIEDOT				TULOKSET		
Koekappaleen tunnus	Murto-kuorma (kN)	Pinta-ala mm ²	Hakaisija d, mm	VETOLUKIUS N/mm ²	HUOMI Murtuman sijainti ulkopinnasta	
1	4,65	1598	45,1	2,9	95 mm. Teräs murtumakohdassa.	
11	2,12	1514	43,9	1,4	n. 50 mm	
13	2,53	1552	44,5	1,6	60-75 mm. Kivi murtopinnassa.	
18	1,76	1633	45,6	1,1	85-90 mm	
20	1,68	1637	45,6	1,0	n. 15 mm.	
22	0,16	1626	45,6	0,1	35-80 mm. Kivi murtopinnassa.	
24	1,90	1640	45,7	1,2	70-80 mm	
Huomi!						
Lujuustuloksia ei ole muunnettu millään kertoimilla.						
JOENSUU 30.1.2014						
KARELIA AMMATTIKORKEAKOULU						
RAKENNUSLABORATORIO						
<i>Riku Tiira</i>						
Riku Tiira						
Laboratorion vastaava työnjohtaja						
Puh. 050 409 2174						
SAJELU:						
Neste Oil				c/o Petri Rantanen		