



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KORJATTAVAN SILLAN LAADUNVARMISTAMINEN

TEKIJÄ: Kalle Willman

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Kalle Willman	
Työn nimi Korjattavan sillan laadunvarmistaminen	
Päiväys	21.12.2013
Sivumäärä/Liitteet	31/4
Ohjaaja(t) lehtori Matti Mikkonen, rakennetekniikan yliopettaja Arto Puurula	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Skanska Infra Oy	
Tiivistelmä	
<p>Tämä opinnäytetyö käsittelee siltojen korjauksen aikana tehtäviä laatumittauksia ja niiden dokumentointia. Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia ajantasainen ja kattava kokonaisuus sillan korjauksen aikana laadittavista laatu-asiakirjoista. Opinnäytetyön tarkoituksena oli käsitellä aihetta työmaan näkökulmasta ja opinnäytetyö etenee korjauksen mukaisessa järjestyksessä. Opinnäytetyö perustuu VT-5 parantaminen välillä Päiväranta–Vuorela työmaalta saatuun tietoon sekä siellä laadittuihin laatudokumentteihin.</p> <p>Lähteenä käytettiin InfraRyl 2006 Osa 3: Sillat ja rakennustekniset osat julkaisua ja siihen tulleita ajankohtaisia päivityksiä sekä Silko-ohjeita. Opinnäytetyön taustalla on yksi Suomen suurimmista infra-hankkeista. Vt-5 Parantaminen välillä Päiväranta-Vuorela-projekti tarjosi hyvän esimerkki kohteen sillan korjauksesta. Lisäksi tärkeää tietoa saatiin projektissa olevilta henkilöiltä keskusteluissa, joita käytiin työskenneltäessä kohteessa. Työssä pohdittiin joidenkin laatumittausten toimivuutta. Lisäksi opinnäytetyön liitteeksi lisättiin työnjohdolle muistilista korjauksen aikana tehtävistä laatudokumenteista.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin tiivis kokonaisuus betonisillan korjauksen työvaiheista ja niiden aikana tehtävistä laatumittauksista ja laatudokumenteista. Tämä insinööri työ toimii oppaana henkilöille, jotka suuntautuvat sillan- korjaustehtäviin.</p>	
Avainsanat Silta, laatu	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Kalle Willman			
Title of Thesis Quality Assurance in Bridge Repairing			
Date	21 December 2013	Pages/Appendices	31/4
Supervisor(s) Mr. Matti Mikkonen, Lecturer, Mr. Arto Puurula, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Skanska Infra Oy			
<p>Abstract</p> <p>This thesis describes the quality measurements and documenting made during bridge reparation. The aim of this thesis was to draw up a comprehensive picture of documents made during bridge reparation and the purpose was to handle the topic from the point of view of a building site. This thesis shows well the measurements and content of the necessary documents made during the bridge repair in Päiväranta-Vuorela.</p> <p>The resource that was used was InfraRyl 2006 part 3: sillat ja rakennustekniset osat (bridges and constructional parts) and its latest publications and updates made during the past years. Also Silko-instructions were used as a resource. The thesis was made during one of the Finland's biggest infra-projects. The Päiväranta-Vuorela improvement project on the highway 5 gave an excellent example of bridge reparation. Also valuable information was received from conversations at the bridge construction site from people involved in the project. The thesis also covered the functionality of some of the quality measurements. In addition, the appendix of this thesis presents a checklist for the management team on the quality documents which should be made during bridge reparation.</p> <p>As a result of this thesis a comprehensive picture was formed about the stages in concrete bridge repair, quality measurements, and quality documenting. This thesis works as a guide for people who aim at working on bridge repair projects.</p>			
Keywords Bridge, quality			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Taustat ja tavoitteet.....	6
1.2	Skanska Infra Oy	6
1.3	Vt-5 Parantaminen välillä Päiväranta–Vuorela.....	6
2	SILLAN PURKUTYÖT	8
2.1	Pintarakenteiden ja ulokkeiden purkaminen	8
2.2	Vesipiikkaus.....	8
2.3	Vetokokeet	9
2.4	Kloridien määrittäminen	11
3	PÄÄLLYSRAKENNE	12
3.1	Päällysrakenteen laatusuunnitelma.....	12
3.2	Teline- ja muottityöt	12
3.3	Raudoitustyöt	13
3.4	Betonointityöt.....	13
3.4.1	Betonin kelpoisuuden osoittaminen	15
3.4.2	Betonin ilmamääränmittaus	15
3.4.3	Betonipeitteiden mittaaminen	16
3.5	Muotin purkutyöt	17
3.6	Reunapalkkien impregnointi.....	17
3.7	Kannen alapinnan pinnoitus.....	17
3.8	Halkeamien injektointi	17
3.9	Poikkeamaraportit.....	18
3.10	Päällysrakenteen laatuyltveveto	18
4	PINTARAKENTEET	19
4.1	Betonin absoluuttisen kosteuden mittaaminen	19
4.2	Betonipinnan karheus ja puhdistusaste.....	20
4.3	Eristysalustan tarkastusraportti	21
4.4	Epoksitiivistys ja kermieristys.....	22
4.5	Asfaltointi ja mursketäyttö	24
5	VARUSTEET JA LAITTEET.....	25
5.1	Varusteiden- ja laitteiden laatusuunnitelma	25

5.2	Liikuntasaumalaitteiden työ- ja laatusuunnitelma	25
5.3	Laakerit.....	25
5.4	Kaiteet ja materiaalitodistukset	25
6	MITTAUKSET	27
7	SUUNNITELMAMUUTOKSET	29
8	YHTEENVETO.....	30

LÄHTEET

LIITTEET

Liite 1 Betonointipöytäkirja

Liite 2 Korjattavan sillan laatutoimenpiteet

1 JOHDANTO

1.1 Taustat ja tavoitteet

Suomen siltojen korjaaminen lisääntyy koko ajan mm. uusien rekkojen kokonaispainon kasvun johdosta. Opinnäytetyön tavoite on tehdä tiivis ja ajantasainen julkaisu betonisillan korjauksen aikana tehtävistä laatu-asiakirjoista. Julkaisu toimii oppaana sillankorjauksen alalle suuntauville henkilöille. Tämän opinnäytetyön tiedot perustuvat Vt-5 Parantaminen välillä Päiväranta–Vuorela työmaalla tehtäviin havaintoihin ja kohteessa työskentelevien henkilöiden keskusteluihin. Työssä käsitellään kahden samanlaisen sillan korjaaminen, jotka ovat Vt-5 Parantaminen välillä Päiväranta–Vuorela työmaalla olevat Suosaaren sillat. Lisäksi tietoa saadaan InfraRyl 2006 Osa 3: sillat ja rakennustekniset osat julkaisusta ja siihen liittyvistä päivityksistä.

Työssä käsitellään suurimmaksi osaksi Suosaaren yksiaukkoisten jännitettyjen teräsbetonikotelo-palkki siltojen korjaukseen liittyvät laatu-asiakirjat korjaustyön etenemisen mukaisessa järjestyksessä. Suosaaren sillat ovat rakennettu 1960-luvulla. Suosaaren siltojen (S4 A ja B) jännemitat ovat 44 metriä, siltojen kokonaispituudet ovat 66 metriä ja hyötyleveydet silloissa ovat 12.5 metriä. Betonia kohteessa käytettiin noin 150 kuutiota/silta. Laatuvaatimukset kohteeseen tulivat InfraRyl 2006 Osa 3: sillat ja rakennustekniset osat julkaisusta.

Lisäksi työssä käsitellään muutokset, jotka ovat tulleet rakentamisen aikana, joita ei ollut tiedossa Vt-5 Parantaminen välillä Päiväranta–Vuorela urakan laskentavaiheessa. Suunnitelmien muutokset kohdassa käsitellään, kuinka ne ovat vaikuttaneet aikatauluun ja työnlaatuun. Rakentamisen laatu on ollut viime aikoina paljon esillä alan julkaisuissa ja mediassa, joten tämän opinnäytetyön aihe on hyvin ajankohtainen.

1.2 Skanska Infra Oy

Skanska Infra Oy on osa maailmanlaajuisesta Skanska konsernista, joka on listattu Tuhkolman pörssiin. Skanska Infra Oy tuottaa esimerkiksi louhinta-, asfaltointi-, pohjarakentamisen- ja sillanrakentamisen palveluita. Liikevaihto vuonna 2012 oli n. 194 miljoonaa euroa ja yrityksessä työskenteli 445 henkilöä. Skanska konserniin Suomessa kuuluvat myös asuntojen ja toimitilojen rakentamisen yksiköt. Tällä hetkellä koko Skanska konsernissa työskentelee noin 57 000 henkilöä ympäri maailmaa ja koko konsernin liikevaihto oli vuonna 2012 yli 15 miljardia euroa. Skanska kuuluu kymmenen suurimman rakennusliikkeen joukkoon maailmassa. (Skanska yleisesittely 2013.)

1.3 Vt-5 Parantaminen välillä Päiväranta–Vuorela

Vt-5 parantaminen välillä Päiväranta–Vuorela on yksi Suomen suurimmista käynnissä olevista infra-hankkeista. Hankkeen pääurakoitsija toimii TYL Kalsium, jonka muodostavat Skanska Infra Oy ja Insinööritoimisto Seppo Rantala Oy. Tilaajana toimii Liikennevirasto ja urakkasumma on noin 73 miljoonaa euroa. Urakka on alkanut vuoden 2009 loppupuolella ja on määrä valmistua vuoden 2014 loppuun.

Hankkeen tarkoituksena on muuttaa valtatie 5 moottoritieksi Päiväranta–Vuorela välillä. Valtatieltä poistetaan vanhat nostosillat Päivärannasta, jotka ovat tuottaneet ongelmia liikenteen sujuvuudelle. Uudet kiinteät sillat sallivat vesiliikenteelle kahdentoista metrin alituskorkeuden Tikkalansaaren kohdalla. Uutta junarataa rakennetaan noin 1,6 kilometriä, joka liitetään Savon rataan. Junaradan uudesta sillasta tulee nostosilta, joka nousee myös kahdentoista metrin korkeuteen. Laskettuna sen alituskorkeus on 5,7 metriä. Lisäksi valtatie vierellä rakennetaan seitsemän kilometriä rinnakkaistietä Päivärannasta Toivalaan, jossa jatkossa ns. hidasliikenne pääsee kulkemaan.

Kaikkiaan projektissa tehdään 17 uutta siltaa. Yhdeksän vanhaa siltaa korjataan ja kahdeksan siltaa puretaan. Louhetta käytetään noin 2 miljoonaa kuutiota ja betonia valetaan noin 23 000 kuutiota. Projektissa rakennetaan liikenneväyliä vesiliikenteelle, autoliikenteelle sekä junaliikenteelle. Näiden muutosten ansiosta tien nopeusrajoitus voidaan nostaa aiemmasta 80 kilometrin tuntivauhdista sataan kilometriin tunnissa.

2 SILLAN PURKUTYÖT

2.1 Pintarakenteiden ja ulokkeiden purkaminen

VT-5 hankkeessa Suosaaren sillan purkutyöt alkoivat kaiteiden purkamisella, asfaltin ja suojabetonin poistolla. Pintarakenteiden poiston jälkeen päästiin purkamaan sillan ulokkeita, joka tapahtui kaivinkoneisiin kiinnitetyillä erityislaitteilla (kuva 1). Kotelopalkkien läheltä betoni purettiin käsipiikkauskoneilla. Näin varmistettiin, ettei halkeamia pääse syntymään koteloihin suurten iskujen voimasta. Loput sillankannesta vesipiikattiin muotoiluvalua varten.



KUVA 1. Sillan ulokkeiden purkutyöt ovat käynnissä. Sillanreuna oli suojattu varoitussauhalla koneiden ajaksi. (Willman 2013-08-12.)

Sillan ulokkeiden purkamisesta tehdään työsuunnitelma. Purku- ja jätteenkäsittelysuunnitelman voi tehdä pääurakoitsija tai aliurakoitsija. Suunnitelmasta selviää työjärjestys, työvaiheet, käytettävä kalusto ja suojaaminen. Ympäristölle aiheutuvat haitat otetaan suunnitelmassa huomioon, kuinka estetään betonin putoaminen vesistöön, melun- ja pölyntorjunta. Suunnitelmasta tulee esille syntyvän betoni- ja rautajätteen arvioitu määrä ja niiden jatkokäsittely.

2.2 Vesipiikkaus

Vesipiikkauksella on helppoa poistaa vanha rapautunut betoni. Vesipiikkaus puhdistaa myös ruostuneita teräksiä. Vesipiikkaustyösuunnitelman tekee yleensä aliurakoitsija. Suunnitelmassa käsitellään käytettävä kalusto ja kaluston tiedot. Suunnitelmassa kiinnitetään paljon huomiota työturvallisuus-

teen, koska vesipiikkauksessa on suuri sinkoiluvaara. Esimerkiksi Suosaaren siltojen korjauksen aikana viereinen liikenteellä oleva silta suojattiin vanerilevyillä kiinnittämällä ne sillankaiteisiin.

Suunnitelmassa otetaan huomioon ympäristöön vaikutukset. Vesipiikkaus ei rasita ympäristöä, koska käytettävä vesi on puhdasta, joten se voi valua ympäristöön. Piikkauksesta syntyy murskautunutta betonia, joka ei myöskään ole ympäristölle vaaraksi. Vesipiikattua pintaa on silmämääräisesti tarkkailtava, ettei kanteen ole tullut halkeamia. Lisäksi piikatun pinnan on täytettävä vetolujuusvaatimus.

2.3 Vetokokeet

Vetokokeita tehdään monessa eri korjaustyön vaiheessa. Ensimmäiset vetokokeet tehdään pintarakenteiden poiston jälkeen sillan vanhasta kannesta ja maatuista. Niistä vetokokeista selviää vanhan kannen kunto, joka osittain määrää vesipiikkauksen syvyyden. Seuraavat vetokokeet tehdään vesipiikatusta pinnasta, joka varmistaa rapautuneen betonin poistumisen. Suosaaren silloissa vetokokeita otettiin kuusi kappaletta/ silta. Vetolujuusvaatimus on 1.5 Mpa. (Silko 1203,7.) Kolmannet vetokokeet tehdään muotoiluvalun jälkeen, jolla varmistetaan betonin tartuntavetolujuus (kuva 2). Betonin tartuntalujuuden alaraja on 1.5 Mpa. (Silko 1251,41.) Muotoiluvaletusta pinnasta otettiin kuusi vetokoetta/ silta.



KUVA 2. Vetokoe muotoiluvalusta (Willman 2013-07-11.)

Suosaaren silloissa vetokokeita otetaan myös kannen alapinnasta, sekä puhdistetusta pinnasta että pinnoitetusta pinnasta. Pinnoitetusta pinnasta tulee ottaa yksi vetokoe 100 neliometriä kohden. Pinnoitteen tartuntavetolujuuden alaraja on 0.8 Mpa ja koheesiomurtumana 0.4 Mpa. (Silko 3.253). Lisäksi vetokokeita otetaan eristystöiden yhteydessä pohjakermistä. Taulukosta 1 selviää vaadittavat vetolujuus vaatimukset pohjakermistä. Kaikista työn aikana otetuista vetokokeista tulee laatia ra-

portti, joka sisältää mm. kohteen tiedot, vetokokeiden tulokset, mittauspaikat, kokeiden suorittajan tiedot ja mittausvälineiden tiedot.

TAULUKKO 1. Pohjakерmin tartuntalujuusvaatimus (Infraryl 2006 / Osa 3: Sillat ja rakennustekniset osat, 202)

Taulukko 42310:T2. Kermieristyksen tartuntalujuusvaatimus sillakannella (yli 100 m²). (menetelmä SFS-EN 13596, väliarvot interpoloidaan).

Eristysalustan pintalämpötila (°C)	Tartuntalujuusvaatimus (N/mm ²)
5	1,06
6	1,00
7	0,95
8	0,90
9	0,85
10	0,81
11	0,77
12	0,73
13	0,69
14	0,65
15	0,62
16	0,58
17	0,55
18	0,52
19	0,50
20	0,47
21	0,45
22	0,42
23	0,40
24	0,38
25	0,36

Vetokokeiden tulokset muotoiluvalusta tuottavat ongelmia. Vesipiikattu pinta pestään korkeapainepesulla nopeasti piikkauksen jälkeen, jolloin piikkauksessa syntyvää hienoainesta ei jää kanteen. Lisäksi muotoiluvalun yhteydessä valun alusta pidetään mattakosteana puhtaalla vedellä, joka parantaa muotoiluvalun tarttuvuutta.

Usein saadaan hyviä tuloksia vanhasta rakenteesta, mutta ongelmia tulee muotoiluvalun jälkeen. Usein ongelmana on ollut, että vetokoe irtoaa vielä vanhan rakenteen puolelta huonolla tuloksella. Muotoiluvalu ei tartu vanhaan rakenteeseen niin hyvin kuin tartuntavetolujuudet vaativat. Olisiko yksi syy se, että vetokokeet eivät anna riittävää kuvaa kannen kunnosta, kun vetokoe antaa käsityksen vain yhdestä pistemäisestä kohdasta. Siitä syystä vesipiikkaus jää liian matalaksi ja kanteen jää vielä vanhaa huonoa betonia.

Lisäksi tehdyt muotoiluvalut ovat olleet paksuja, joten vetokoetta poratessa voi näytteeseen syntyä pieniä halkeamia, jotka heikentävät vetokokeiden tulosta. Lisäksi ongelmana on se, että vetokokeet tehdään eri kohdista eri vaiheissa. Saataisiinko hyviä tuloksia, jos muotoiluvalun vetokokeet otettaisiin samoista kohdista, kuin ensimmäiset vetokokeet ennen vesipiikkausta.

Heikentääkö muotoiluvalun tartuntaa vanhassa betonissa olevat suuret sileäpintaist pyöreät kivet (kuva 3). Uusi muotoiluvalu ei pääse kokonaan pyöreiden kivien ympärille, vaan osa jää aina vanhan rakenteen puolelle.



KUVA 3. Vesipiikattua pintaa (Willman 2013-08-28.)

2.4 Kloridien määrittäminen

Kloridit aiheuttavat teräsbetonissa raudoituksen ruostumista, joka on yksi suurimmista siltojen korjaukseen johtavista syistä. Kloridit pääsevät tunkeutumaan betonin teräksiin, jos betonipeite on ollut liian ohut. Kloridien määrittäminen tapahtuu betonijauheesta, joka irroitetaan poraamalla. Tulokset ilmoitetaan happoliukoisena mitattuna betonin painosta prosentteina. Suosaaren silloissa kloridien määrä ei saanut ylittää raudoituksen ympärillä 0.02 prosenttia happoliukoisena mitattuna.

Silko-ohjeen 1.201 mukaan kriittisenä kloridipitoisuutena pidetään 0.07 % happoliukoisena betonin painosta määrittämällä. Näytteitä otetaan useasta eri syvyydestä ja näytteet otetaan erillisiin mini-grip-pusseihin. Näytteet tutkitaan ja tutkimuksesta laaditaan raportti, josta selviävät tulokset, kohteen ja tutkijat tiedot, ajankohta ja käytettävä mittauslaitteisto.

3 PÄÄLLYSRAKENNE

3.1 Päällysrakenteen laatusuunnitelma

Sillan päällysrakenteeseen kuuluvat sillan kansi ja reunapalkit. Pintarakenteiden ja päällysrakenteen rakenneosien raja on vedeneristyksessä. Päällysrakenteen laatusuunnitelma sisältää neljä osiota: valmiin päällysrakenteen, teline- ja muottityön, raudoitustyön ja betonityön laatuvaatimukset. Suunnitelman voi tehdä pääurakoitsijan työnjohtaja ja suunnitelman tarkastaa vastaava työnjohtaja. Laatusuunnitelmasta selviää laadunvalvonnan keinot, mittaustavat ja mittausten toleranssit.

Suunnitelmassa kerrotaan, mitä dokumentteja tulee laatia päällysrakenteesta. Kokonaisuudeltaan päällysrakenteen laatusuunnitelma on kattava suunnitelma, jossa käydään läpi päällysrakenteen laadunvarmistamiseen vaadittavat toleranssit ja mittausten tulokset.

3.2 Teline- ja muottityöt

Teline- ja muottisuunnitelma on yleensä esitetty yhdessä. Suunnitelman tekee sillan suunnittelija, josta selviää käytettävät teline-, reivaus-, lukko- ja muottipuut. Suunnitelmassa on myös telineen mitoitustiedot, kuten tuulikuorma ja rakenteen omasta painosta tulevat kuormat. Suunnitelmassa on käytettävät naulat ja esitetään muottilukkojen sijainti ja määrät.

Suosaaren silloissa erikoisuutena muotti tehtiin valmiiden muottiristikoiden päälle (kuva 4). Ristikoiden alareuna oli asennettu kulmaraudan päälle ja yläreuna kiinnitetty kierretangoilla, jotka olivat injektoitu kiinni kotelopalkin pystypintaan. Muottiristikoita pystytettiin käyttämään molemmissa silloissa, sillä ne saatiin purettua lähes ehyenä.



KUVA 4. Suosaaren siltojen muotti ja teline (Willman 2013-07-01.)

3.3 Raudoitustyöt

Raudoituksen tuennasta pitää tehdä suunnitelma, jonka laatii yleensä terästen toimittaja. Suunnitelmasta selviää

- terästen suojaetäisyys alapinnassa, reunapalkeissa ja siivissä
- välikkeiden kantavuus ja kiinnitys
- työterästen koko ja määrä
- käytettävä sidontalanka

Raudoituksen mittauspöytäkirjan tekevät yleensä raudoittajat, mutta myös työnjohtaja voi tehdä sen. Kyseinen mittauspöytäkirja saadaan rautojen toimittajalta. Pöytäkirjassa on kohtia esimerkiksi suojaetäisyyksistä ja rautojen jaosta. Mittauspöytäkirjan tarkoituksena on löytää mahdolliset virheet jo siinä vaiheessa, kun raudoittaja on mielestään tehnyt työnsä valmiiksi.

Raudoituksen tarkastusraportin laatii urakoitsijan työnjohto, joka tehdään raudoitustyön jälkeen, jossa tarkastetaan

- muotit
- suojaetäisyydet
- terästen keskinäinen etäisyys
- pääraudoituksen sijainti ja määrät
- terästankojen pituussuuntainen poikkeama
- tartuntojen sijainti
- hakaterästen jako ja määrä
- työteräkset
- välikkeet.

Tarkastuksen yhteydessä mahdollisesti löydetyt virheet kirjataan ja korjataan. Korjaukset tarkastetaan uudelleen ennen valua.

3.4 Betonointityöt

Betonin laadunvarmistussuunnitelmassa käydään läpi käytettävät betonit ja niille tehtävät laadunvarmistustoimenpiteet. Koekappaleiden määrät ja ilmamäärämittausten tarve kerrotaan. Lisäksi siinä ilmoitetaan puristuslujuuden laatuvaatimukset ja niiden toleranssit. Lisäksi jälkihoitoon liittyvät asiat kerrotaan, kuten käytettävä jälkihoitoaine ja jälkihoidon aika.

Suosaaren sillan ulokkeiden valuissa käytettiin lujuus- ja rakenneluokaltaan K45-1 betonia. Muotoiluvalun osalla massaan lisättiin muovikuitua. Liikuntasaumalaitteen tukikaistan betonin lujuus- ja rakenneluokka on K50-1 ja teräskuitua massassa on 30 kg/m³.

Betonointityösuunnitelman tekee betonityönjohtaja kaikista betonointitöistä. Hyvä suunnitelma auttaa työnjohtajaa betonoinnin läpiviennissä. Suunnitellessa tulee käytyä läpi betonointinopeus, jonka

avulla saadaan suunniteltua esimerkiksi valutauot. Lisäksi monet häiriötilanteet tulevat mietittyä etukäteen ja niihin osataan varautua, jos niitä tapahtuu.

Betonointisuunnitelmassa on kolmetoista eri osita. Ensimmäisestä osasta selviää hankkeen perustiedot. Toisessa osiossa on rakenteen kuvaus eli rakenneosa, massamäärä, valun paksuus ja valettava pinta-ala. Kolmannessa kohdassa betonimassan tiedot eli toimittaja, yhteyshenkilö, käytettävä sementti, runkoaine, lujuusluokka, notkeus, lisäaineet ja erityisvaatimukset, jossa voidaan mainita esimerkiksi teräskuidun määrä. Neljännessä kohdassa on betonin kokeiden suorittajan tiedot, koe-kappaleiden tunnuksot ja ilmamäärämittausten tekijä.

Betonoinnin aikataulu on viides osio. Siinä osiossa on betonoinnin arvioidut aloitus ja lopetus kellonajat, valunopeus, nousunopeus, kiertonopeus ja valutauot. Kuudes osio koskee betonointiin osallistuvia henkilöitä, työnjohtajia, betonointityöryhmän koko ja tehtävät. Betonointikalusto selviää seitsemännestä osiosta, kuinka massa siirretään ja vastaanotetaan. Lisäksi siinä on käytettävä tiivistyskalusto ja määrä. Kahdeksannessa osiossa käydään läpi betonointityön aloitusedellytykset, valutelineet, kaluston sijoitus, valu- ja tiivistysaukot, betonipintojen viimeistely, lämmitys/suojaus, erityisjärjestelyt ja lopussa on työn suoritus kirjoitettuna alusta loppuun.

Yhdeksäs kohta on varattu häiriötilanteille, jossa käsitellään varakalusto kuljetukseen, pumppaukseen, tiivistykseen ja sähköihin. Kymmenennessä kohdassa on jälkihoitosuunnitelma, josta selviää käytettävä jälkihoitoaine ja valupinnan suojaamiseen käytettävä aika. Lisäksi siinä voidaan kertoa lämmityksen tarve ja kesto. Yhdestoista osio on muotin, raudoituksen, varustelun, varausten ja mittojen tarkastusten tekijöiden nimiä ja päivämääriä varten. Kohdassa kaksitoista on kiinnitetty huomio työturvallisuuteen. Käytössä olevat henkilökohtaiset suojavälineet on kirjattu, liikennejärjestelyiden järjestäminen, valaistus ja kulkutiet. Viimeinen kohta on muuta osio, johon voi kirjata asiat joita ei ollut aiemmin käyty suunnitelmassa läpi.

Betonoinpöytäkirja tehdään valun jälkeen ja pöytäkirja koostuu kymmenestä eri osiosta. (liite 1)

1. Hankkeen tiedot
2. Betonityönjohtajat
 - 1-luokan betonityönjohtaja ja muut
3. Betonointikohteen tiedot
 - kohde
 - rakenneosa
4. Olosuhteet
 - ilman lämpötila
 - kellon aika
5. Aloitusedellytykset/tarkastukset
 - teline
 - muotti
 - raudoitus
 - varustelu

6. Työaika

- alkaminen ja loppuminen
- aika yhteensä
- keskeytykset, häiriöt
- tehollinen työaika

7. Betonin tiedot

- betonin toimittaja
- lujuus- ja rakenneluokka
- P-luku
- notkeus
- muut ominaisuudet

8. Betonointi

- betonimäärä m³
- betonointinopeus m³/h
- betonin nousunopeus m/h
- betonin lämpötila
- tiivistyskalusto

9. Laadunvalvonta

- kokeiden suorittaja
- koekappaleiden määrä ja tunnukset
- ilmamääränmittaus
- betonin lämpötila

10. Muuta.

3.4.1 Betonin kelpoisuuden osoittaminen

Valetusta betonista tulee määrittää vertailu puristuslujuus, jossa todetaan betonin olevan lujuusluokaltaan oikeata. Puristuslujuuden voi määrittää koekappaleista tai kimmoasaratestauksella. Koekappaleet puristetaan 28 vuorokauden jälkeen valupäivämäärästä ja kokeet pitää tehdä hyväksytyssä koestuslaitoksessa.

Koekappaleet ovat kooltaan 150 x 150 x 150 mm olevia koekappaleita tai lieriön mallisia 300 mm korkeita ja halkaisijaltaan 150 mm. Koekappaleita tulee olla vähintään kuusi kappaletta ja aina 1 koekappale sataa kuutiota kohden lisää. (Tiehallinnon selvityksiä 60/2001.) Tietysti pienemmissä valuissa riittää vähempikin koekappalemäärä, esimerkiksi liikuntasaumalaitteen tukikaistan valusta. Koekappaleiden tuloksista lasketaan betonin vertailulujuus.

3.4.2 Betonin ilmamääränmittaus

Betonin ilmamäärällä lisätään pakkasenkestävyyttä. Suosaaren siltojen betoneissa P-luku oli kannen osalla P-30 ja reunapalkeissa P-50. Ilmamäärät tulee mitata työmaalla ja mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa ennen massan muottiin laskemista. Ilmamäärä mitataan ensimmäisistä viidestä

kuormasto. Sen jälkeen ilmamäärä mitataan joka kymmenennestä betonikuormasta. Kaikkiaan mittaustuloksia tulee olla vähintään kuusi. (Siltabetonien P-lukumenettely.)

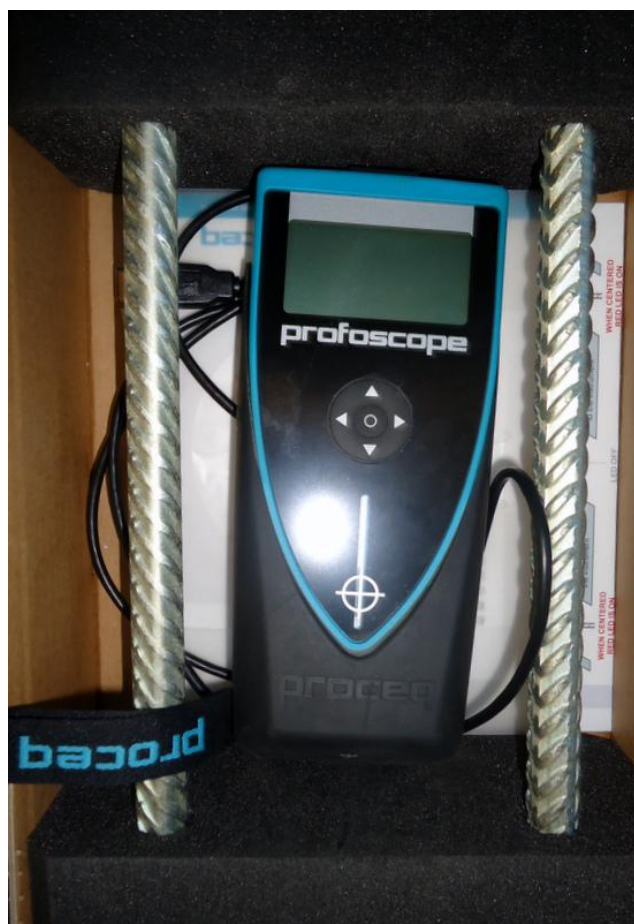
Mittaustulosten keskiarvon tulee ylittää määrätty P-luku. Keskiarvoon lasketaan kaikki mittaustulokset myös alituksen tekevät. Mittaustuloksen ylittäessä yli 20 prosenttia vaadittu P-luku, tulee samasta kuormasta mitata ilmamäärä kaksi kertaa uudelleen. Mittausten ylittäessä vaadittu raja, todetaan massa kelvolliseksi. (Siltabetonien P-lukumenettely.)

Poikkeuksia tietysti ovat pienet valut, kuten liikuntasaumalaitteen tukikaistojen valu, johon massaa ei mene paljoa. Näissä tilanteissa riittää vähempikin ilmamäärämittaus, jolla voidaan todistaa vaadittu P-luku.

3.4.3 Betonipeitteiden mittaaminen

Betonipeitteiden mittaamisella varmistetaan raudoituksen suojaetäisyyksien täyttyminen. Betonipeitteitä mitataan reunapalkeista, kannen yläpinnasta ja alapinnasta. Betonipeitteen mittaamiseen käytetään elektronista betonipeitemittari (kuva 5). Mittari tallentaa muistiin betonin peitesyvydet ja tiedostot voidaan purkaa suoraan tietokoneelle.

Tiedostojen purkamisen jälkeen tehdään raportti, josta betonipeitteet selviävät. Raportista selviävät mittaajaan tiedot, kohteen tiedot, kohdat, joista betonipeite on mitattu ja käytettävän mittauskaluston tiedot.



KUVA 5. Betonipeitemittari (Willman 2013-07-15.)

3.5 Muotin purkutyöt

Ennen muotin purkua on varmistettava, että betoni on kovettunut tarpeeksi. Se tapahtuu betonin lämpötilan seurannalla tai kimmovasaralla. Betonin kovettuminen lasketaan lämpötila-astevuorokausina. Betonin kovettumisesta tehdään pöytäkirja.

Muotin purkutyösuunnitelma tulee laatia ennen purkutöiden aloittamista. Suunnitelman laatii työnjohtaja. Suunnitelmassa kiinnitetään huomiota työturvallisuuteen, purkujätteen kuljetukseen ja sijoittamiseen. Suunnitelmassa kuvataan työnsuoritus ja käsitellään työhön liittyvät riskit. Esimerkiksi Suosaaren sillan muotin purkutyösuunnitelmassa kiinnitettiin huomiota veteen putoavan puutavaran hallittuun keräämiseen, jotta puutavara ei pääse ajelehtimaan järvelle.

3.6 Reunapalkkien impregnointi

Reunapalkit pinnoitetaan läpinäkyvällä impregnointi aineella. Tällä lisätään palkkien kestävyyttä, sillä impregnointiaine hylkii vettä ja suolaa. Ennen impregnointia reunapalkkeihin muodustuneita pieniä halkeamia imeytettiin imeytysepoksilla.

Impregnoissa tulee laatia työsuunnitelma, jossa selviää jälleen hankkeen perustiedot, käytettävän impregnointiaineen tiedot, työnkuvaus ja laadunvarmistus. Impregnoinnin onnistumista testataan vesi testillä. Palkin päälle sumutetaan vettä ja veden tulee muuttua helmeileväksi palkin pinnalle. Palkkien pinnat eivät saa tummua. Tummuminen viittaa siihen, että impregnointi ei ole onnistunut, vaan reunapalkki imee vettä.

3.7 Kannen alapinnan pinnoitus

Suosaaren siltojen alapinnat ja koteloiden pysty- ja vaakapinnat pinnoitettiin sementtipohjaisella Thoroseal FX 110 pinnoitteella. Pinnoituksesta tulee laatia työsuunnitelma, josta ilmenevät kohteen tiedot, käytettävä pinnoitusaine ja työohjeet aineen levittämiseen. Pinnoitettavat pinnat puhdistettiin suurpainepesurilla ja puhdistusaste varmistettiin vetokokeilla. Myös pinnoituksen tarttuvuus varmistettiin vetokokeilla, josta on kerrottu tarkemmin kohdassa 3.3 Vetokokeet.

Lisäksi pinnoitus tutkittiin 5-kertaisesti suurentavalla suurennuslasilla. Sillä varmistettiin pinnoituksen tiiveys, jos pinnoitteen pintaan asti ulottuu huokosia, porataan pinnoitteesta näyte tarkempia laboratorio tutkimuksia varten.

3.8 Halkeamien injektointi

Maatuissa olleita vanhoja suuria halkeamia injektointiin pumpattavalla Rescon epoksilla. Työstä tehtävästä suunnitelmasta selviää hankkeen tiedot, injektointiin käytettävät aineet ja työnsuorituksen ohje.

Injektoinnin onnistuminen varmistetaan poranäytteillä, jotka ovat halkasijaltaan noin 30 -50 millimetriä ja ulottuvat noin sataan millimetriin asti. Näytteiden ottoapaikat tulee paikata esimerkiksi va-

lumattomalla paikkausmassalla. Poränäyttetä tulee ottaa vähintään 1 kappale/ 20 metriä, mutta kuitenkin vähintään 3 kappaletta. (Silko 2.236.) Poränäytteistä tutkitaan halkeamien injektoituminen. Lopuksi näytteistä laaditaan raportti, jossa on hankkeen tiedot, näytteiden ottajan tiedot ja tulokset. Valokuvat näytteistä on hyvä lisätä raporttiin.

3.9 Poikkeamaraportit

Poikkeamaraportteja laaditaan, jos rakentamisen aikana on tullut virhe tai rakenteissa on poikkeamaa ennakkotiehoihin nähden. Poikkeamaraportissa tulee olla selitys poikkeamasta ja sen korjaus ohje. Lisäksi siinä kerrotaan onko poikkeamasta huomauttanut urakoitsija vai tilaaja. Myös poikkeaman lajin liittyminen valitaan, liittyykö poikkeama laatuun, talouteen, liikenteeseen, suunnitelmaan, ympäristöön, määrään vai turvallisuuteen.

Poikkeamaraporttiin lisätään käsittely tapa eli aiheuttaako poikkeama toimenpiteitä, korjataanko poikkeama, tehdäänkö mahdollisesti uudelleen vai hylätäänkö. Pidetäänkö poikkeamaan liittyen katselmus, onko kyseessä lisä- tai muutostyö. Käsitelläänkö asiaa viikkopalaverissa tai työmaakokouksessa. Raporttiin nimetään korjauksesta vastaava henkilö ja mahdollinen poikkeaman uusiutumisen ehkäisykeino. Raportin lopussa mainitaan vielä korjauksen suorittamisen päivämäärä ja tilaajan kommentit. Poikkeamaraportin laatii työstä vastaava työnjohtaja.

3.10 Päällysrakenteen laatuyltteenvedo

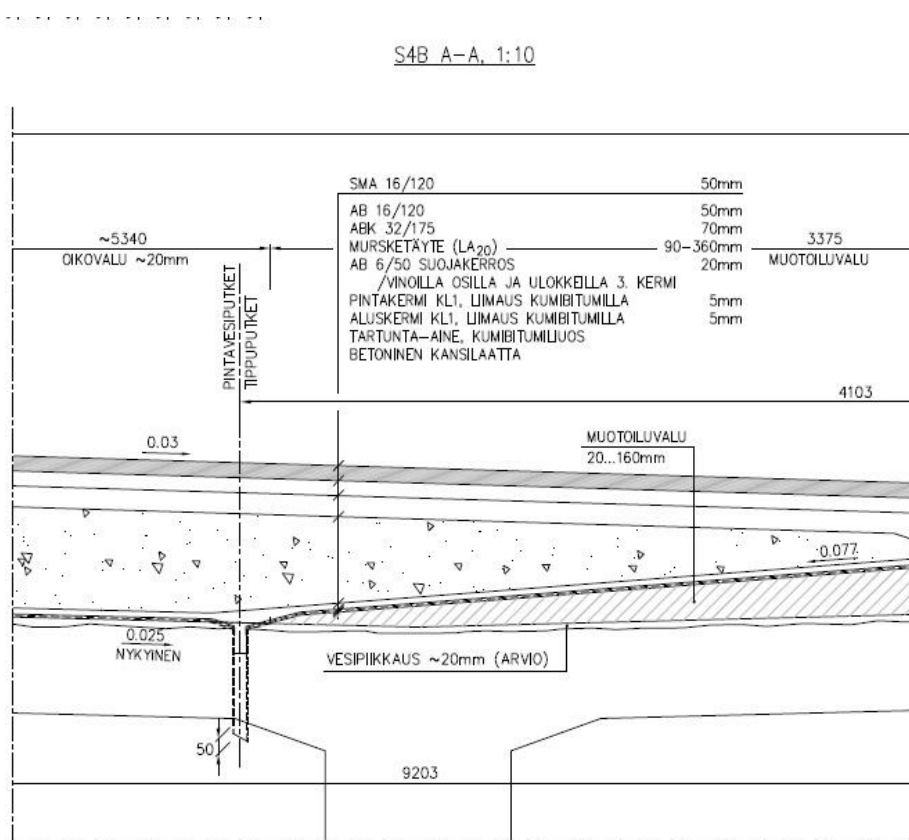
Lopuksi päällysrakenteesta laaditaan päällysrakenteen laatuyltteenvedo. Laatuyltteenvedo on yksinkertainen taulukko, jossa on esitetty laatuvaatimukset mittauksille, betonin puristuslujuuksille, betonin pakkasenkestävyydelle, betonipeitteille, betonipintojen laadulle ja sallituille halkeamille. Yhteenvedossa on hankkeen tiedot ja työkohteen tiedot.

Lisäksi yksi sarake on varattu laadituille dokumenteille. Yhteenvedossa ilmenee poikkeamaraporttien kohde ja raporttien määrä. Lopussa on mainittu päällysrakenteen laatuun liittyvät liitteet. Laatuyltteenvedon lopussa on vielä paikka päivämäärälle, laatijan ja tarkastajan allekirjoituksille.

4 PINTARAKENTEET

Pintarakenteisiin kuuluvat vesieristeet ja asfaltti. Nykyään eristystyöt tulevat tehdä aina sääsuojan sisällä, mutta kallansiltojen hanke noudattaa tarjousvaiheessa voimassa ollutta Infraryl julkaisua, jonka mukaan eristystöitä ei tarvitse tehdä sääsuojan sisällä aikavälillä 15.5- 31.8. (InfraRyl 2006, 196).

Sääsuojan käyttöön liittyen on kuultu, että sen käyttöön voidaan pyytää poikkeuslupaa. Sääsuojan etuja ovat tasaisemmat eristysolosuhteet ja betonin nopeampi kuivuminen. Toisaalta sääsuoja lisää kustannuksia. Kuvassa kuusi on suosaaren sillan poikkileikkaus, jossa on normaalista kansirakenteesta poiketen mursketäyttö välissä. Pintarakenteista laaditaan myös laatusuunnitelma, jossa käydään läpi mm. mittaustavat ja niiden toleranssit.



KUVA 6. Poikkileikkaus suosaaren S4B sillasta (Tyl Kalsium 2013.)

4.1 Betonin absoluuttisen kosteuden mittaaminen

Ennen eristystöitä tulee määrittää valetun betonin absoluuttinen kosteus. Kosteusprosentin tulee olla alle 5 prosenttia ennen kuin eristystyöt voidaan aloittaa. Lisäksi näytteitä tulee ottaa kannesta vähintään kolme, jos kannen pinta-ala on yli 500 neliometriä, lisätään yksi mittauskohda aina jokaista alkavaa 500 neliometriä kohden. (InfraRYL 2006,199.)

Sillan kansi käydään läpi pintakosteusmittarilla ja kosteimmista kohdista otetaan näytteet. Yksi näyte koostuu kolmesta toisistaan puolen metrin etäisyydellä olevasta koekuopasta. Koekuopat ovat 30

mm syviä. Näyte voidaan ottaa piikkaamalla (kuva 7) tai poraamalla. Näyte suljetaan minigrip- pussiin, jossa kosteus ei pääse muuttumaan ja näyte toimitetaan tutkittavaksi. Pussiin merkitään tunnus, mistä näyte on otettu. Lisäksi kirjataan ylös näytteiden ottopaikat. Näytteitä ei saa ottaa esijännistysterästen läheltä. Lopuksi mittaamisesta tehdään raportti, josta selviää mittauksen tulokset, näytteiden ottokohdat, hankkeen yleiset tiedot, mittajaan nimi ja mittauspäivämäärä.



KUVA 7. Kosteusnäyte (Willman 2013-07-07.)

4.2 Betonipinnan karheus ja puhdistusaste

Lasihelmikokeella tarkastetaan sillan kannen karheusaste pinnan puhdistuksen jälkeen. Betonipinta ei saa olla liian sileä, koska pohjakerman tartunta ei välttämättä täytä Taulukon 1 vaatimuksia. Pinta ei saa myöskään olla liian karkea, koska bitumi ei täytä suuria kuoppia ja sen takia takaa eristeen tarttuvuutta. Makrokarkeuden tulee olla 0.3-1.2 mm:n välillä. (InfraRyl 2006,198.) Makrokarheus lasketaan kaavasta 1, jossa D on lasihelmiympyrän keskimääräinen halkaisija ja kyseinen osoittaja on mitta-astian tilavuus.

$$(1) \quad \frac{31830}{D^2}$$

D= lasihelmiympyrän keskimääräinen halkaisija

Lasihelmikokeeseen tarvitsee sileän kiekon, esimerkiksi jääkiekko on hyvä. Lisäksi tarvitaan 25 ml:n mitta-astia ja lasihelmiä, joiden rakeisuus on välillä 0.18/0.25 mm:ä. Koe alkaa koepaikan valitsemisella ja koealustan puhdistamisella. Sen jälkeen 25 ml:a lasihelmiä kaadetaan betonipinnalle ja levitetään kiekolla pyöritellen. Kaikki lasihelmet ovat tasaisesti levinneet, eikä niitä ole kasautuneena, niin mitataan lasihelmien peittämä alue neljältä kulmalta. (PANK-5103.)

Kokeesta tehdään raportti, jonka tekee kokeen suorittaja. Raportissa on perinteisesti hankkeen tiedot, mittauskohdat, lasihelmiympyrän halkaisijat neljältä kulmalta, keskimääräinen halkaisija ja taulukkoon lasketut makrokarkeudet. Kuvassa kahdeksan on esitetty lasihelmiympyrän mittaaminen.



KUVA 8. Lasihelmikoe (Willman 2013-07-05.)

Betonipinta tulee olla normaalista suihkupuhdistettu, esimerkiksi hiekkapuhallettu. Betonipinnasta tulee olla irronnut sementtiliimaa siten, että kiviainesraepintojen osuus on vähintään 25 % eristettävästä alasta (InfraRyl 2006,198.) Betonipinnan puhdistusaste voidaan määrittää kahdella tavalla. Ensimmäinen keino on tehdä ns. jälkihoitoaine jäämien toteaminen. Betonikannelle kaadetaan vesiliukoista värjättyä nestettä ja pyyhitään kuivalla kankaalla pois. Väriaineen lähtiessä pois, merkitsee se jälkihoitoaineen jäämisestä betonipinnalle. Eli puhdistusaste ei ole riittävä. Toinen keino on kuumentaa betonipintaa nestekaasulämmittimellä. Pintaan muodostuu vaahtoa, jos jälkihoitoainetta ei ole saatu poistettua. (Infra Ryl 2006 lisäys 2012.2.10.)

Testistä laaditaan raportti, joka sisältää

- koetulokset
- testaajan tiedot
- hankkeen tiedot
- testauskohdat
- päivämäärän
- kuvia liitteenä.

4.3 Eristysalustan tarkastusraportti

Eristysalustan tarkastamisessa tulee olla mukana tilaajan edustaja, eristystyöurakoitsijan työnjohtaja ja pääurakoitsijan työnjohtaja. Tärkeimpiä asioita eristysalustan tarkastuksessa on kiinnittää huomiota eristysalustan tasaisuuteen, betonipinnassa ei saa olla teräviä kulmia tai harjanteita, koska ne

voivat rikkoa kermin. Myös reunapalkkien vastakaatoihin, tippuputkien ja kaivojen kaatoihin kiinnitetään huomiota, sillä vesi ei saa jäädä seisomaan kannelle.

Tärkeätä on myös huomioida mahdolliset halkeamat ja niiden imeyttäminen, sillä halkeamilla on suuri merkitys betonin käyttöiän suhteen. Taulukossa 2 on esitetty eristysalustaan tehtäviä tarkastuksia, taulukosta puuttuu puhdistusasteen testaus, joka on tullut voimaan myöhemmin kuin Infra Ryl 2006 on julkaistu.

TAULUKKO 2. Vedeneristykseen liittyvät tarkastukset. RT 14-10920; Infraryl 2006 / Osa 3: Sillat ja rakennustekniset osat, 207)

Taulukko 42310:T3. Eristystöiden vaatimustenmukaisuuskokeet ja tarkastukset.

Rakenneosa ja näyte	Ominaisuus	Milloin tutkitaan	Näytemäärä
Eristysalusta	tasaisuus	aina	epätasaiset kohdat
	kosteus	aina	3...6 kohtaa/silta
	karheus	aina	3 kohtaa/alkava 500 m ²
	tiivistysepöksi tai muun tiivistysaineen tiiviys ja tartunta	aina	≥ 3 kohtaa/silta
	lätkäköityminen	tarvittaessa	≥ 1 vesikoe/silta
Kermieristys	tartunta	aina	3 x 2 kpl/alkava 1000 m ²
kumibitumi padasta	laatuominaisuudet	tarvittaessa	1 kpl/silta 0,3 kg padasta
kumibitumi säkistä	laatuominaisuudet	tarvittaessa	1 kpl/silta 0,3 kg säkistä
kumibitumiliuos	laatuominaisuudet	tarvittaessa	1 kpl/silta 2,5 kg
kermi	laatuominaisuudet	tarvittaessa	1 kpl/silta 2 m ² :n pala
Mastiksieristys			
massanäyte	sideainepitoisuus	aina	} 1 massanäyte/1500 m ² ja vähintään 2 kpl/silta Näytekooko: 5 kg massaa
	rakeisuus	aina	
	painuma	aina	
	palautuma	tarvittaessa	
	sideaineen ominaisuudet	tarvittaessa	
valmis eristys	paksuus	aina	≥ 1 kpl/alkava 250 m ² kuitenkin vähintään 3 kpl
	vedenpitävyys	aina	≥ 1 kpl/silta, kastelu 2h ja ≥ 1 kpl/silta, vesipatsaskoe
Nestemäisenä levitettävä eristys			
koelevitys	tiheys	aina	1 kpl/työvuoro
valmis eristys	tartunta	aina	3 x 2 kpl/alkava 1000 m ²
	paksuus	aina	5 kpl/alkava 250 m ² *)
osa-aineet		tarvittaessa	1 kpl/silta 2,5 kg massaa varten
		tarvittaessa	2 kpl/silta, näytepalat 250 mm x 400 mm

*) myös tartuntavetokohdat voidaan hyväksyä paksuuden mittauskohdiksi.
Jos nestemäisenä levitettävän eristyksen paksuuden mittauskohdat valitaan käyttäen kipinäharavaa, riittää paksuuden mittausmääräksi 1 kpl/ alkava 250 m², kuitenkin vähintään 3 kpl/silta.

4.4 Epoksitiivistys ja kermieristys

Suosaaren siltoihin ei tullut epoksiitivistystä koko kannen alueelle, mutta epoksia käytettiin saumojen tiivistämiseen ja reunapalkkien vastakaatoihin. Tartunta-aineena kannessa käytettiin kumibitumiliuosta, jota ei saa levittää epoksiin päälle. Liuoksen päälle tuli kaksinkertainen kermi keskelle siltaa ja ulokkeiden osalle kolminkertainen kermitys.

Molemmista sekä epoksiitivistyksestä että kermieristyksestä tulee laatia työ- ja laatusuunnitelma. Suunnitelman tekee eristystyön työnjohtaja, joka on yleensä aliurakoitsijan työnjohtaja. Suunnitelma käsitellään ennen eristystä vaadittavat asiat, kuten kannen kosteuspitoisuus ja karheus.

Suunnitelmassa kuvataan eristystyö työnmukaisessa järjestyksessä ensimmäisenä liuostus, jossa kerrotaan tartunta-aineen tiedot, menekki ja kuivumisaika. Toisena kermit, niiden käyttöluokka, limityksien määrät ja kermien kiinnitys tapa. Kolmantena käsitellään reunapalkkeihin liittyvä eristys. Neljäs kohta liittyy käytettävään kalustoon ja niiden tietoihin. Loput suunnitelman kohdista liittyvät eristyksen laatuun.

Eristystyöntekijät tekevät eristysolosuhdepöytäkirjaa, johon kirjataan ilman kastepistelämpötila ja ilman lämpötila. Lämpötilan seuranta on tärkeää varsinkin epoksiivistyksessä, koska epoksiivistys tulee tehdä laskevaan lämpötilaan. Nouseva lämpötila aiheuttaa epoksiin kuplintaa, jolloin epoksi ei ole tiivistä. Lisäksi eristysolosuhdepöytäkirjaan kirjataan ilman suhteellinen kosteus, joka ei saa eristöiden aikana ylittää 85 prosenttia. Lisäksi mitataan eristysalustan lämpötilaa, jonka tulee olla vähintään +5 °C, sekä eristyalustan lämpötilan tulee olla +3 °C korkeampi kuin kastepiste. (InfraRyl 2006). Eristysolosuhdepöytäkirjasta ilmenee myös bitumipadan lämpötila. Myös työnkeskeytykset voidaan merkitä pöytäkirjaan, esimerkiksi sateen aiheuttamat keskeytykset.

Epoksin tiiveys mitataan kipinäharavalla (kuva 9). Tiiveys mitataan silmämääräisesti valituista paikoista. Valitaan kohdat, joissa esiintyy mahdollisesti huokosia, kuplia tai muuten ohuelta näyttävää tiivistyskerrosta. Kohtia tulee olla vähintään kolme/silta. Tutkimuksesta laaditaan selostus, jossa ilmoitetaan (VTT-S-05050-09, 2013.05.30)

- hankkeen tiedot
- mittauksen tekijän tiedot
- eristyksen levityspäivämäärät
- kipinäharavamittauksen päivämäärä
- mittauksessa tutkittavan materiaalin tiedot
- onko mittaus tehty sääsuojassa
- koemenetelmä (viittaus VTT:n menetelmään)
- kipinäharavan tiedot
- harjamaisen mittauselektrodin leveys
- maadoituselektrodin kiinnitystapa siltakanteen
- mitattavan alueen laajuus ja sijainti
- mittausjännite ja sen valintamenettely
- korkeajännitemenetelmän mittausjännite ja valintatapa
- korkeajännite-mittauksessa todetut läpilyöntikohdat ja niiden sijainti kannella
- eristyksen paksuusvaatimukset.



KUVA 9. Kipinäharava (Willman 2013-06-27)

4.5 Asfaltointi ja mursketäyttö

Suosaaren sillan keskiosalle tehtiin mursketäyttö. Mursketäyttöä tuli noin 10- 35 senttimetriä. Murske tiivistettiin pienissä kerroksissa pienellä tärytyksellä. Murskeen losa-luvun tuli olla 20. Laatudokumenteiksi nykyään riittää CE-merkintä kyseisestä murskeesta.

Suosaaren siltoihin levitettiin neljää eri asfalttia. Sillan keskiosalla oli 20 millimetriä suoja-asfalttia AB 6/50. Mursketäytön ja ulokkeiden kolminkertaisen kermin päälle levitettiin ABK 32/175 massaa. ABK-massalla oikaistiin ja tehtiin yhteensopivammaksi mursketäytön ja ulokkeiden rajat. ABK:n päälle levitettiin 50 millimetriä AB 16/120. Viimeisenä kerroksena sillan päälle levitettiin 50 millimetriä SMA 16/120 massaa.

Asfaltoinnista laadittiin työsuunnitelma, josta ilmenevät hankkeen tiedot, resurssit, käytettävät asfaltit, asfalttipinnan sallittu epätasaisuus, työturvallisuuteen liittyvät asiat ja työstä vastaavat henkilöt. Asfalteista tehdään päällystetutkimus, joihin näytteet otetaan työmaalle tulevista massakuormista. Päällystetutkimuksessa tutkitaan kiviaineksen raekoko, bitumin pitoisuutta. Näytteitä massasta otetaan kaksi jokaista alkaavaa 250 tonnia kohden.

Pintarakenteiden rakentamisen jälkeen laaditaan pintarakenteiden laatuyltö, joka on pääpiirteiltään samanlainen kuin päällysrakenteen laatuyltö. Siinä käsitellään asetetut toleranssit ja niiden toteutuminen. Jokaisesta eri työvaiheesta laaditut dokumentit on mainittu, esimerkiksi eristysalustan tarkastusraportti.

5 VARUSTEET JA LAITTEET

5.1 Varusteiden- ja laitteiden laatusuunnitelma

Varusteisiin ja laitteisiin kuuluvat sillan kaiteet, laakerit, kaivot, tippuputket ja kontaktitapit. Tippuputkien ja kaivojen tulee olla joko ruostumatonta terästä tai haponkestävää terästä. Kontaktitapit voivat olla kuumasinkittyjä.

Varusteiden- ja laitteiden laatusuunnitelmassa käsitellään, liikuntasaumalaitteisiin liittyvät laatuvaatimukset, sillan kaiteisiin liittyvät laatuvaatimukset ja muiden varusteiden laatuvaatimukset. Lisäksi suunnitelmassa kerrotaan keinot, jolla laatua valvotaan. Kaikki aiheeseen liittyvät mittatoleranssit käydään läpi ja yksiköt merkitään. Suunnitelman laatii työnjohtaja ja sen tarkastaa vastaava työnjohtaja.

5.2 Liikuntasaumalaitteiden työ- ja laatusuunnitelma

Suosaaren siltoihin asennettiin tuella 1 massaliikuntasauva ja tuella 2 Maurer D80B-L45 liikuntasaumalaite. Liikuntasaumalaitteen asentamisesta tulee laatia suunnitelma, jossa käsitellään laitteen tiedot, laitteen varastointi, mittavaraukset, työnsuoritus ja laitteen suojaaminen valun ajaksi. Liikuntasaumalaitteiden asentamisessa on pienet toleranssit, jotka tulee mitata takymetrilla.

Tuelle kaksi asennettiin 0.5 metriä leveä massaliikuntasauva. Massaliikuntasauvan asentamisesta aliurakoitsija laatii asennusraportin, jossa käsitellään liikuntasauvan, leveys, korkeus, kiviaineksen lämpötila ja bitumin lämpötila.

5.3 Laakerit

Laakerien korjaukseen kuuluu yleensä vanhan maalin poisto, uudelleen maalaus ja vierintäpintojen rasvaus tai liukulakkaus. Työstä laatii työsuunnitelman työnjohtaja, jossa kerrotaan työnsuoritus ja suoritukseen käytettävät maalit, liukulakka tai laakerirasva ja laadunvarmistaminen.

Laakerien korjaustyön laatua varmistetaan mittaamalla työnvuorojen alussa ilman lämpötila, kosteus ja kastepiste. Lisäksi uuden maalin paksuus mitataan laakerien pinnoilta jokaisesta laakerista vähintään kahdesta ylä- ja alalaatan ja rullan kohdasta. (Silko 2.353.)

5.4 Kaiteet ja materiaalitodistukset

Suosaaren 4 B siltaan asennettiin tiehallinnon hyväksymät H2 tiekaiteet. Toiseen siltaan asennettiin betonikaide toiselle reunalle ja toiselle reunalle teräskaide. Kaiteiden asennuksesta laaditaan asennuspöytäkirja, jossa on tiedot kaiteiden pituuksista, pulttiryhmien jaosta ja kaiteisiin liittyvän materiaalin menekki.

Kaiteista luovutetaan sinkitystodistus, jossa ilmenee sinkityspaikan tiedot, sinkityksen paksuuden mittaamisen todistus.

Laatukansioon lisätään materiaalitodistukset lähes kaikista käytetyistä materiaaleista. Eristykseen liit-
tyen materiaalia tulee todistettua eniten. Pohja- ja pintakermeistä otetaan noin neliön kokoiset pa-
lat, kumibitumista ja kumibitumiliuoksesta otetaan näytteet. Lisäksi materiaalitodistukset tulee olla
liikuntasaumalaitteista ja niiden hyväksynnästä, sillan kaiteista, tippuputkista, pintavesikaivoista,
muottikankaasta ja betonista.

Lopuksi varusteista ja laitteista laaditaan laatuylhteenveto. Laatuylhteenveto on jälleen tyyliään sa-
manlainen kuin aiemmat laatuylhteenvedot. Kyseisessä yhteenvedossa esitetään laatuvaatimukset,
toleranssien ylä- ja alarajat, vaatimusten täytyminen, poikkeamat ja laaditut dokumentit.

6 MITTAUKSET

Mittaukset ovat tärkeitä sillanrakentamisessa. Mittausten avulla saadaan tarkat tiedot massamäärien menekistä, muottien korot ja muodot saadaan hyvin tarkastettua. Mittauksia tehdään sekä työnaikana että työnjälkeen. Näistä esimerkkeinä ovat kannen kartoittaminen vesipiikkauksen jälkeen ja liikuntasauimalaitteen koron mittaaminen.

Valmiista sillasta mitataan seuraavat asiat:

- Sijaintipoikkeama
- Sillan ja reunapalkin muoto-poikkeama pysty- ja vaakataso
- Ajouradan leveys
- Hyötyleveys
- Kaide-etäisyys
- Jännemitat
- Sillan kulkuaukon vapaakorkeus
- Rakenneseosan kaltevuus

Sillan päämittojen laatu-yhteenveto luodaan näitten mittausten ja niistä laadittujen dokumenttien pohjalta. Laatu-yhteenveto muistuttaa paljon muita laatu-yhteenvetoja. Taulukossa 3 on esitetty sillan päämittojen laatu-yhteenveto. Lisäksi siltoihin asennetaan tarkkailutapit, joista mitataan tarkkeet sillan valmistuttua ja takuuajan jälkeen.

TAULUKKO 3. Sillan päämittojen laatu-yhteenveto (TYL Kalsium 2013)



Hanke: Vt 5 parantaminen välillä Päiväranta - Vuorela
Silta:

Sillan päämittojen laatu-yhteenveto

Laatuvaatimus	Toleranssi		Yks.	Täyttää vaatimuksen	Poikkeamia suunnitelmasta		Laadittu dokumentti / huomautuksia
	Alaraja	Yläraja			Rak. jäävät	Korjattuja	
Sijaintipoikkeama: > vaakatasossa moottoritiet, moottoriliikennetiet ja valtatiet > pystytasossa moottoritiet, moottoriliikennetiet ja valtatiet	-20 -20	+20 +20	mm	OK OK			mittauspöytäkirjat
Sillan ja reunapalkin muoto-poikkeama pystysuunnassa: > aukkojen keskellä ja ulokkeen päässä > aukkojen neljännespisteissä	-L/1000 -L/1500	+L/1000 +L/1500	mm	OK OK			mittauspöytäkirjat, aukko-kohtaiset toleranssit merkitty tarkepiirustukseen
Sillan ja reunapalkin muoto-poikkeama vaakasuunnassa: > sillan keskellä > sillan neljännespisteissä	-L/1000 (-100) -L/1500 (-70)	+L/1000 (+100) +L/1500 (+70)	mm	OK OK			mittauspöytäkirjat
Sillan hyödyllinen/ ajoradan leveyden mittapoikkeama	-30	+60	mm	OK			mittauspöytäkirjat
Jännemitat mittapoikkeama	-L/2000 (-25)	+L/1000 (+50)	mm	OK			mittauspöytäkirja
Rakenneseosan kaltevuus	-0.5	+0.5	%	OK			mittauspöytäkirja
Poikkeamraportit:	0 kpl, ei poikkeamraportteja sillan päämitoista						
LISÄTIETOJA:							

Laadittu:

Tarkastettu:

Tilajan tarkastus

Sillan korjauksen viimeisiin työvaiheisiin kuuluvat luiskaverhoukset ja niiden korjaaminen. Rakennustöiden aikana on jouduttu mahdollisesti purkamaan vanhaa luiskaverhous tai luiskaverhous on purkautunut.

Luiskien korjaamisesta laaditaan laaturaportti, johon liitetään mittaustarkkeet. Laaturaportissa ilmoitetaan käytetty luiskaverhous materiaali. Kivien saumukseen käytetään, joko hiekkaa tai betonia. Suosaaren silloissa luiskista purettiin kiveystä ja samat kivet asennetaan takaisin vanhaa verhous mukailleen.

7 SUUNNITELMAMUUTOKSET

Korjattavat sillat ovat haastavia ja niissä usein tulee yllätyksiä vastaan, joita ei ole tiedetty vielä urakan laskentavaiheessa. Suosaaren siltojen korjauksen ensimmäinen muutos alkuperäisiin tietoihin oli se, että sillan itäreuna oli 10 senttimetriä luultua alempana. Se vaikutti sillan reunapalkin koron muuttamiseen ja muotoiluvalun määrään, jotta sillan kaltevuus saataisiin korjattua.

Suosaaren siltojen suurimpia muutoksia ovat olleet sillan alapinnan kunto. Puuvälikkeitä on ollut paljon enemmän kuin luultiin ja ne ovat tuottaneet paljon lisätyötä. Myös alapinnan vanha raudoitus on ollut huonossa kunnossa. Raudoitusta on jouduttu puhdistamaan ja paikkaamaan. Siitä syystä alapinnan pinnoitus on kestänyt paljon arveltua pitempään. Lisäksi yhdellä maatuella oli suuri halkeama, joka aiheutti suuren piikkaustyön ja uudelleen valamisen.

Suosaaren B-sillan liikuntasaumojen kohdissa betoni on ollut pahemmin rapautunutta kuin aluksi tiedettiin ja siitä syystä liikuntasaumojen kohdat on jouduttu vesipiikkaamaan syvemmälle kuin laskentavaiheessa oli tiedetty. Sillan päätyjen uudet korokevalut ovat hidastaneet myös sillan korjauksen etenemistä. Korjauksen kustannuksia nämä yllätykset tietysti lisäävät ja herää kysymys, että kannattaako vanhoja siltoja korjata vai kannattaisiko vanha silta purkaa kokonaan ja rakentaa uusi silta tilalle. Tietysti aina tämä ei ole mahdollista liikenteen takia.

Kuitenkin 4B sillan korjauksen aikana tulleet muutokset on saatu käännettyä eduksi 4A sillan korjauksessa, sillä näihin mahdollisiin muutoksiin ja yllätyksiin on osattu varautua. Kaikkiaan S4B oli hitaampi korjata kuin S4 A. Nopeutta korjaukseen toi valmiiksi kasatut muottiristikot ja nopeampi ulokkeiden purku.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia kattava kokonaisuus sillan korjauksen aikana laadittavista dokumenteista. Laatupaperien laatiminen kuuluu suurimmaksi osaksi siltatyönjohtajalle tai työmaainsinöörille. Itse olin päässyt tekemään työharjoitteluiden ohessa siltojen laatumittauksia ja niiden dokumentointia. Mielestäni opinnäytetyössä ilmenee hyvin korjauksen aikana tehtävät mittaukset ja niistä laadittavien dokumenttien sisällöt. Opinnäytetyöstä sain mielestäni kattavan ja tiiviin kokonaisuuden, joka helpottaa jatkossa laatudokumenttien tekijöitä. Nyt laatudokumentointiin liittyvät asiat ovat yhdessä julkaisussa, eivätkä useissa eri lähteissä.

Hyvällä suunnittelulla saadaan työt sujumaan jouhevasti ja mahdollisiin häiriöihin osataan varautua. Yleensä suunnitelmat täytyy toimittaa tilaajalle viikkoa ennen töiden aloittamista. Tässä opinnäytetyössä on käsitelty laatuasioita pintapuoleisesti ja lisää tietoa laatuun liittyen löytyy InfraRyl 2006 Osa 3: sillat ja rakennustekniset osat, Silko-ohjeista ja SYL julkaisuista. Lisäksi näihin materiaaleihin liittyviä päivityksiä on julkaistu useita kertoja viime vuosina. Näistä mainituista materiaaleista löytyy mm. sillan laatuun asetetut toleranssit.

Nämä kaikki opinnäytetyössä käsitellyt työ- ja laatusuunnitelmat sekä raportit kuuluvat osana tilaajalle luovutettavaa sillan laatukansiota. Rakentamisen laatu-aiheet ovat paljon mediassa esillä ja siltojen korjaukset lisääntyvät tulevaisuudessa paljon uusien painorajoitusten johdosta. Näistä syistä opinnäytetyöni aihe on hyvin ajankohtainen.

Monet laatusuunnitelmat ja laatuyhteenvedot ovat idealtaan samanlaisia. Näiden työssä käsiteltyjen laatumittausten, -suunnitelmien ja laatuyhteenvedojen avulla saadaan todistettua, että rakentamiseen liittyvät laatuvaatimukset täyttyvät. Uskon tämän opinnäytetyön antavan kattavan kuvan ja tiedon betonisillan korjauksen työvaiheista ja siihen liittyvistä laatudokumenteista, sekä korjaukseen liittyvistä laatumittauksista ja niiden dokumentoinnista.

LÄHTEET

InfraRYL 2006. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 3: sillat ja rakennustekniset osat. 2008. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kimmo-vasaran käyttäjän ohje. Tiehallinnon selvityksiä 60/2001. TIEH 3200706. Helsinki 2001 [verkkojulkaisu]. [viitattu 2013-09-20]. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/kimmo-vasara_paivitys_2006.pdf

Pank- 5103. Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus [verkkojulkaisu]. Tiehallinto [viitattu 2013-09-20]. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/sillanvedeneristysmittaus_2009.pdf

Silko-ohje 1.201 Betonirakenteet, betoni sillankorjausmateriaalina [verkkojulkaisu]. Tiehallinto [viitattu 2013-10-10]. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio1/s1201_2007.pdf

Silko 1.203. Purkamis- ja esikäsittelemenetelmät. [verkkojulkaisu]. Tiehallinto [viitattu 2013-08-30]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio1/s1203a.pdf>

Silko 1.251 Betonin suojaaminen – yleisohje. [verkkojulkaisu]. Tiehallinto [viitattu 2013-10-18]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio1/s1251c.pdf>

Silko 2.236. Halkeamien injektointi. [verkkojulkaisu]. Tiehallinto [viitattu 2013-09-20]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2236.pdf>

Silko 2.353 Teräslaakerien huoltokäsittely [verkkojulkaisu]. Tiehallinto [viitattu 2013-08-27]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2353.pdf>

Siltabetonien P-lukumenettely [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tiehallinnon selvityksiä 30/2005. [viitattu 2013-10-12]. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/p-luku_2006v.pdf

Skanska yleisesittely 2013, Skanska Oy Intranet aineisto

VTT 2650- 2013. Betonisen siltakannen absoluuttisen kosteuden mittaus. Kuivatus-punnitusmenetelmällä. [verkkojulkaisu]. [viitattu 2013-10-20]. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/ohje_2013_vtt_2650_betonisen_siltakannen.pdf

VTT- S-05050-09 2013.05.30. Siltakannen nestemäisenä levitetyn vedeneristyksen tai tiivistysepoksin vesitiiviiden mittaus korkeajännitemenetelmä. [verkkojulkaisu]. [viitattu 2013-11-02]. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/ohje_2013_vtt_s_05050-09_korkeajannitemenetelma.pdf

LIITE 1: Betonointipöytäkirja



Betonointipöytäkirja

v 1.3.10

Projekti / urakka Vt5 parantaminen välillä Päiväranta-Vuorela,	Päivämäärä
Rakennuttaja / Tilaaja	Vastaava työnjohtaja
Betonityönjohtajat	
1 luokka _____ muut _____	
Betonointikohteen tiedot	
Kohde _____ Rakenneosa _____	
Olosuhteet	
Ilman lämpötila _____	<input type="checkbox"/> kirkasta <input type="checkbox"/> tyyntä <input type="checkbox"/> lumisadetta
Kellonaika _____	<input type="checkbox"/> puolipilvistä <input type="checkbox"/> tuulista <input type="checkbox"/> räntäsadetta
	<input type="checkbox"/> pilvistä <input type="checkbox"/> vesisadetta <input type="checkbox"/>
Aloitusedellytykset / tarkastukset	
	Tarkastaja Huomioita
Teline _____	_____
Muotti _____	_____
Raudoitus _____	_____
Varustelu _____	_____
Työaika	
Betonointi alkoi _____	
Betonointi päättyi _____	
Bet. aika yhteensä _____	
Keskeytykset, häiriöt _____	
Tehollinen työaika _____	
Betonin tiedot	
Betonin toimittaja _____	
Lujuus- ja rakenneluokka _____	
P-luku _____	
Notkeus _____	
Muut ominaisuudet _____	
Betonointi	
Betonimäärä, m3 _____	
Betonointinopeus m3/h _____	
Betonin nousunopeus _____	
Betonin lämpötila _____	
Tiivistyskalusto _____	
Laadunvalvonta	
Kokeiden suorittaja _____	
Koekappaleet _____	
Ilmamäärämittaus _____	
Betonin lämpötila _____	
Muuta _____	
Muuta	
Allekirjoitukset	
Laatija: _____	Hyväksyjä: _____

LIITE 2: Laatudokumenttien muistilista

Korjattavan sillan laatutoimenpiteet		
Hanke:		
Silta:		
MAALEIKKAUKSET JA -KAIVANNOT	Lisätiedot	Tehty
Tekninen työsuunnitelma	Yli 2 m syvistä kaivannoista	
PURKUTYÖT		
Purku- ja jätteenkäsittelytyösuunnitelma		
1. Vetokokeiden raportti	4 kpl/silta	
Kloridien mittausraportti		
Vesipiikkaustyösuunnitelma		
2. Vetokokeiden raportti	4 kpl/silta + 1 kpl/maatuki	
PÄÄLLYSRAKENNE		
Päällysrakenteen laatusuunnitelma		
Telinesuunnitelma		
Muottisuunnitelma		
Raudoituksen tuentasuunnitelma		
Raudoituksen mittauspöytäkirja		
Raudoituksen tarkastusraportti	Kansi/siipimuurit	
Betonin laadunvarmistussuunnitelma		
Betonointityösuunnitelmat	kaikki betonoinnit	
Betonointipöytäkirja	kaikki betonoinnit	
3. Vetokokeiden raportti	6 kpl/sillan muotoiluvalu	
Ilmamäärämittaus raportit	P-lukumassat	
Betonipeitteiden mittauspöytäkirja		
Betonin lujuuden kehitys lämpöastevuorokausina	Pöytäkirja	
Muotin purkutyösuunnitelma		
Puristuslujuus raportit	Kimmovasara tai koekappale	
Betonin suhteutustiedot		
Kannen alapinnan pinnoitustyösuunnitelma		
4. Vetokokeiden raportti	Kannen alapinta, 8 kpl/silta	
Pinnoitteen tiiveyden tarkistuspöytäkirja	Kannen alapinta, 5x Suurennuslasi	
Halkeamien injektoinnin työsuunnitelma		
Halkeamien injektoinnin poranäyteraportti		
Tarkemittaus raportti	kts. Mittauskohta	
Impregnointityösuunnitelma		
Poikkeamaraportit		
Päällysrakenteen laatuyltäveto		

PINTARAKENTEET		
Pintarakenteiden laatusuunnitelma		
Absoluuttisen kosteuden mittausraportti	4 kpl/silta, koepala syvyys 30 mm	
Lasihelmikoe pöytäkirja	6 kpl/silta	
Vesivärikoe pöytäkirja		
Eristysalustan tarkastusraportti		
Epoksiitiivistys		
Työ- ja laatusuunnitelma		
Eristysolosuhteiden pöytäkirja		
Epoksin tiiveysmittauspöytäkirja		
Vetokokeiden raportti		
Materiaalitodistukset		
Kermieristys		Tehty
Eristystyön laatu- ja työsuunnitelma		
Eristysolosuhteiden pöytäkirja		
Vetokokeiden raportti	aluskermi 6 kpl/silta	
Materiaalitodistukset		
Mursketäytön rakeisuuskäyrä		
Mursketäytön la-raportti		
Asfaltointi		
Työ- ja laatusuunnitelma		
Päällystetutkimus		
Sillan päämittojen mittauspöytäkirja	kts. Mittauskohta	
Poikkeamaraportit		
Pintarakenteiden laatuyltteen veto		

VARUSTEET JA LAITTEET		
Varusteiden ja laitteiden laatusuunnitelma		
Liikuntasaumalaitteet		
Liikuntasaumalaitteiden työsuunnitelma		
Massaliikuntasauaman asennuspöytäkirja		
Liikuntasaumalaitteiden tyyppiinustukset		
Raudoituksen tarkastusraportti	Laitteen kiinnitys ja tukikaista	
Betonointisuunnitelmat	Laitteen kiinnitys ja tukikaista	
Mittaukset	Asennus- ja kiinnitysmittojen tarkistus	
Betonointipöytäkirja		
Liikuntasaumalaitteiden asennuspöytäkirja		
Puristuslujuus raportit		
Ilmamäärämittaus raportit		
Saumauksen pöytäkirja		
Materiaalitodistukset	Kaivot, tippuputket, kaiteet, kt,ls-laitteet	
Laakerit		
Laakereiden korjaustyösuunnitelma		
Maalikerrosten paksuuksien mittauspöytäkirja		
Kaiteet		
Kaiteiden asennuspöytäkirja		
Kaiteiden materiaalinkelpoisuustodistus		
Sinkitystodistus		
Poikkeamaraportit		
Varusteiden ja laitteiden laatuyltteenveto		
MITTAUKSET		
Sillan päämittojen laatuyltteenveto		
Sijaintipoikkeama		
Sillan ja reunapalkin muoto-poikkeama pysty	Vaaka- ja pystytaso, tarkekuva	
Sillan ja reunapalkin muoto-poikkeama vaaka	Aukkojen keskeltä ja neljännespisteistä, tarkepiirustus	
Ajoradanleveys	Keskeltä ja neljännespisteistä, tarkepiirustus	
Hyötyleveys	Mittauspöytäkirja	
Kaide-etäisyys	Mittauspöytäkirja	
Jännemitat	Mittauspöytäkirja	
Sillan kulkuaukon vapaa korkeus	Mittauspöytäkirja	
Rakenneosan kaltevuus	Mittauspöytäkirja	
Poikkeamaraportit		
Takuuajan mittaus		
LUISKAVERHOUKSET		
Laaturaportti		
Kiviheitoke tarkkeet		