

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka/ betonirakentaminen

Juho Pietikäinen

StoPur BA 2000 -vedeneristeen käyttökokeilu Suomessa

Opinnäytetyö 2015

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

PIETIKÄINEN, JUHO

StoPur BA 2000 -vedeneristeen käyttökokeilu Suomessa

Opinnäytetyö

37 sivua

Työn ohjaaja

Juha Karvonen, Lehtori

Toimeksiantaja

KKN-Rakennus Oy

Tammikuu 2015

Avainsanat

Vedeneristys, silta, laadunvarmistus, käyttökokeilu

Työn tarkoituksena oli perehtyä monipuolisesti StoPur BA 2000 -vedeneristeeseen ja samalla tehdä opinnäytetyön muodossa tietopaketti siltojen vedeneristämisestä. Tässä opinnäytetyössä käsitellään StoPur BA 2000 -vedeneristettä Suomen silloissa käytettynä. Menetelmällä ruiskutettiin ensimmäiset vedeneristepinnoitteet Suomessa vuonna 2014. Opinnäytetyössä käydään läpi menetelmän hyötyjä ja haittoja, pohditaan eristeen soveltuvuutta suomalaisiin olosuhteisiin ja käydään läpi sen teknisiä ominaisuuksia. Työssä on lähtötietona esitetty myös muita käytettyjä eristysmenetelmiä ja niitä on verrattu keskenään, jotta StoPur BA 2000 -vedeneristeen soveltuvuus voidaan parhaiten todeta.

Opinnäytetyössä käydään läpi StoPur BA 2000 -vedeneristejärjestelmän kaikki kerrokset, niiden valmistus, töiden oikeaoppiset suoritukset ja alustan oikeaoppinen esikäsittely ennen eristystöitä, sekä myös laadunvarmistustoimenpiteet.

StoPur BA 2000 -vedeneristejärjestelmän hyviä puolia ovat ainekerrosten nopea levitys, hyvät tartuntaominaisuudet ja tuotteiden erinomainen kestävyys. Järjestelmän suurin heikkous on sen suuri riippuvuus ruiskutuskaluston teknisestä toimivuudesta. Käyttökokeilujen perusteella tuotekokonaisuus soveltuu hyvin käytettäväksi siltojemme vesieristeenä. Käyttökokemusten karttuessa, työmenetelmien ja levityksessä käytettävän kaluston kehittyessä tuotteen kilpailukyky paranee entisestään. Kokonaisuutena StoPur BA 2000 -vedeneristejärjestelmä on uusi vartenotettava vaihtoehto muille siltojen vedeneristysmenetelmille Suomessa.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction engineering

PIETIKÄINEN, JUHO

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

January 2015

Keywords

StoPur BA 2000 waterproof coating system in Finland

37 pages

Juha Karvonen, Senior Lecturer

KKN-Rakennus Oy

Waterproofing, bridge, quality control, introduction

The purpose of the thesis was to examine the StoPur BA 2000 waterproof coating and provide an information package about waterproofing of bridges. This thesis deals with the insulation as used in bridges in 2014, when the substance in waterproofing was used for the first time in Finland. Advantages and disadvantages of the material are presented, and the suitability of the insulation for Finnish conditions discussed. Also, other waterproofing methods are compared with StoPur BA 2000.

The thesis goes through all the StoPur BA 2000 waterproof coating layers and their preparation, proper execution of the tasks, and platform pre-treatment before the insulation work. As successful insulation required quality assurance, this thesis presents the different quality control methods and limit values of different work phases from preparation to after-check.

This thesis contains a lot of technical information about StoPur BA 2000 waterproof coating, and extensive hands-on experience that has no equivalent source.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	5
1.1	Työn tavoite	5
1.2	KKN-Rakennus Oy	5
1.3	Sto Finexter Oy	5
1.4	Graniittirakennus Kallio Oy	6
2	SILLAN KANSIRAKENTEET	6
2.1	Eri siltatyypit	6
2.2	Betonirakenteisen sillan kansilaatta	7
2.3	Eristysalustan vaatimustaso	8
3	SILLAN VEDENERISTYS	11
3.1	Vedeneristysmenetelmät	11
3.2	Epoksiivistitys	12
3.3	Kumibitumimastiksi	14
3.4	Kermieriste	16
3.5	Pikityöt	17
3.6	Nestemäisenä levitettävät vedeneristeet	18
4	NESTEMMÄINEN VEDENERISTE STOPUR BA 2000	18
4.1	Käyttökokeilu Suomessa	18
4.2	Tarvittava kalusto	19
4.3	Vedeneristekerroksen rakentaminen	22
4.4	Laadunvarmistus	28
4.5	StoPur BA 2000:n Käyttökokemukset	33
5	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET	37

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on saada tietoa StoPur BA2000 -vedeneristeen soveltuvuudesta käytettynä suomalaisissa silloissa ja infrakohteissa. Kyseinen vedeneriste on ollut käytössä Keski- Euroopassa laaja-alaisesti jo 1980-luvulta lähtien, mutta suomalaisissa kohteissa sitä ei ole ennen käytetty ja soveltuvuus on osoitettu ainoastaan laboratorio- olosuhteissa. Vedeneristeen kokeilukohteiksi on Suomessa valikoitunut Graniittirakennus Kallio Oy:n Kehä Kolmen ja Lentokentäntien parantamiseen tähtäävän rakennusurakan sisältämät 17 siltaa, joiden avulla kyseisen vedeneristeen soveltuvuus käytettäväksi Suomessa laaja-alaisesti ja kustannustehokkaasti pyritään selvittämään. Opinnäytetyön pääteema on saada varmuus eristeen teknisestä toimivuudesta Suomen haastavissa oloissa. Samalla on tarkoitus selvittää mahdolliset eristeestä saatavat kustannushyödyt rakennuttajalle ja verrata eri eristeiden ominaisuuksia keskenään.

1.2 KKN-Rakennus Oy

KKN-Rakennus Oy on vuonna 1994 perustettu yritys, joka toimii laajasti uudis- ja korjausrakentamisen sektorilla infrarakentamiseen painottuen. Yritys tekee erilaisissa kohteissa monipuolisesti pintakäsittelyjä ja pinnoitteita sekä myös muita rakennusalan töitä. KKN-Rakennus Oy on Suomen johtava yritys siltojen epoksitiivistystöissä, ja yritys on mukana kehitystyössä yhdessä Liikenneviraston kanssa siltojen vedeneristämisen laadun parantamiseksi.

1.3 Sto Finexter Oy

Sto Finexter Oy kuuluu samaan konserniin ruotsalaisen Sto Scandinavia AB:n ja saksalaisen Sto AG:n kanssa. Sto on yksi maailman johtavia julkisivujärjestelmien toimittajia, ja yritys valmistaa, kehittää, markkinoi ja toimittaa itse laajasti eri materiaaleja. Näihin kuuluu myös StoPur BA 2000 -vedeneriste, jonka soveltuvuutta käytettäväksi suomalaisissa infrarakennuskohteissa tämä opinnäytetyö käsittelee.

1.4 Graniittirakennus Kallio Oy

Graniittirakennus Kallio Oy on vuonna 1983 perustettu yritys, jonka liiketoiminta on nykyään keskittynyt suuriin infrarakennushankkeisiin. Yritys on myös Suomen suurin yksityinen toimija omalla alallaan ja sen vuotuinen liikevaihto on yli 110 miljoonaa euroa. Yritys pyrkii jatkuvasti etsimään uusia innovaatioihin perustuvia työmenetelmiä ja tuotteita.

2 SILLAN KANSIRAKENTEET

2.1 Eri siltatyypit

Sillan mitoitus ja rakenteelliset vaatimukset ovat käyttökohteissa yksilöllisiä; samoin ovat siltojen jännevälien vaatimukset, yksilölliset käyttötarpeet ja geologiset muutujat. On myös oletettavaa, että rakennettavien siltojen rakenteissa ja käyttömateriaaleissa on paljon eroavaisuuksia toisiinsa nähden. Sillat pyritään aina rakentamaan laadukkaasti, jolloin niiden rakenteellinen kestävyys säilyy mahdollisimman pitkään oletetussa käyttörasituksessa ja paikallisissa sääolosuhteissa. Elinkaarilaskenta antaa hyvää suuntaa, kun määritellään sillan kunnostustoimenpiteitä vuosia eteenpäin. (1.)

Sillaksi määriteltävän rakenteen jännemitan vapaa-aukko on yli 2,0 metriä; tätä lyhemmät rakenteet ovat rumpuja. Sillat luokitellaan aluksi liikennemuodon mukaisella jaolla, joita ovat kevyenliikenteen silta, ajoneuvoliikenteen silta, tiesilta tai katusilta, sekä ratasilta. Siltojen toinen luokitteluperuste määräytyy itse rakennusmateriaalin mukaan, jolloin silta voi olla teräsbetoninen silta, jännitetty betoninen silta, terässilta, liittorakenteinen silta, puusilta, kivilta tai teräspalkkisilta. Riippuen käytetystä sillan rakennetyypistä silta voidaan määritellä laatta-, palkki-, kehä- (kuva 1), kaari-, Langer- palkki-, vinoköysi-, ponttooni-, kääntö-, läppä-, holvi- tai rengasholvisillaksi. (1.)



Kuva 1. Kirjokallion alikulkukäytävänä toimiva kehäsilta, johon on uusittu muun muassa reunapalkit ja vedeneriste.

Sillan kokoluokka määritellään taas jännemitan avulla. Alle 20 metriä pitkä silta kuuluu pieniin siltoihin, 20- 60 metriä pitkä silta kuuluu keskisuuriin siltoihin ja yli 60 metriset sillat ovat isoja siltoja. Rakenteellisen mitoituksen perusteella sillat voidaan puolestaan jakaa yksiaukkoisiin laatta- tai palkkisiltoihin, jatkuviin laatta- tai palkkisiltoihin, yksiaukkoisiin jännitettyihin siltoihin, jatkuviin jännitettyihin laatta- tai palkkisiltoihin, kaari- tai holvisiltoihin, Langer-palkkisiltoihin, riippusiltoihin, vinoköysisiltoihin, ponttoonisiin siltoihin ja kehäsiltoihin. Silta luokitellaan lopuksi vielä itse poikkileikkauksen mukaan, jolloin silta on ratasilta, teräskansi, liittorakenteinen silta, kotelosilta, palkkisilta tai massiivilaattasilta. (1.)

2.2 Betonirakenteisen sillan kansilaatta

Liikennevirastolla on noin 15 000 tiesiltaa, joista noin 60 % on teräsbetonirakenteisia ja noin 8 % on jännitettyjä betonisiltoja. Sillan pintakerrosrakenteille löytyy paljon erilaisia ratkaisuja ja menettelytapoja, jotka päätetään suunnittelun yhteydessä. Pääpiirteiltään perusrakenne kuitenkin noudattaa hyvin yhtenäistä linjaa toteutustavasta riippumatta, jolloin alimpana rakenteena voidaan pitää sillan betonista kansilaattaa. Seuraavana kerroksena on vedeneristys, joka usein Suomessa on toteutettu kaksinkertaisella kermieristekerroksella, joka asennetaan vesitiiviin

epoksikerroksen päälle. Vedeneristeen kestämissä varmistamiseksi tietyissä käyttökohteissa ja vesieristystavasta riippuen käytetään suojakerrosta, joka usein toteutetaan joko suojakankaalla ja sorapatjalla, suojabetonikerroksella tai suoja-asfalttikerroksella, minkä jälkeen uloin kulutuskerros yleensä toteutetaan samalla pintakerrosmateriaalilla kuin mitä sillalle johtavassa liikenneväylässäkin on. (2.)

2.3 Eristysalustan vaatimustaso

Laadultaan riittävän ja pitkäikäisen sillankannen kerrosrakenteen saavuttamiseksi on huomioitava betonisen kansilaatan vaatimukset ennen eristystyön aloittamista. Eristysalustan laadunvarmistusmenetelmillä varmennetaan tavoitteeksi asetettu toiminnallinen ja tekninen laatu, jolla pyritään saavuttamaan suunniteltu käyttöikä vedeneristeelle ja pintarakenteille. Eristysalustan soveltuvuus epoksitiivistystä varten on todettava useilla eri laadunvarmistusmenetelmillä. Mikäli sillan betonikansi sisältää liikaa kosteutta, niin kuumalla ja aurinkoisella säällä se voi aiheuttaa kuplimista korkean höyrynpaineen takia. Liian suuri pintakosteus ja imeytynyt vesi, öljyt, jälkihoitoaineet, pöly ja muut epäpuhtaudet sillan kannella estävät epoksikerrosta tarttumasta betonipintaan. Kansilaatan ollessa liian epätasainen voi se rikkoa vedeneristeen ulkopuolisten kuormien vaikutuksesta, sekä riittävän kaltevuuden puuttuessa kannelle jäävä vesi voi jäätyessään tuhota eristyskerroksen. (3, 3.)

Eristysalustan tasaisuus todetaan oikolaudalla mittaamalla, jolloin käytetään 1,5 metriä pitkää oikolautaa ja mittakiilaa, jolla mitattaessa epätasaisuutta saa olla 1,5 metrin matkalla enintään 3 mm ja 0,5 metrin matkalla enintään 2 mm (SFS-EN 13036-7). Näin pyritään estämään veden seisominen ja lammikoituminen. Sillankannen eristettävän yläpinnan tulee täyttää tasaisuudeltaan puuhierretyn AA-luokan pinnan vaatimukset. Mikäli pinnan tasaisuusvaatimukset eivät täyty eristysalustassa, on vikakohdat poistettava ennen eristystyön aloittamista hiomalla kohoumat pois, ja mahdolliset kuopat on täytettävä joko hiekan ja epoksin seoksella tai paikkausmassalla. Kaikkien käytettävien aineiden ja materiaalien on oltava SILKO-hyväksytyjä tuotteita. (4; 5, 194, 198.)

Eristysalustan pinnan karheus eli makrokarheus voidaan selvittää lasihelmimenetelmällä (SFS-EN 13036-1). Mitattavan pinnan tulee olla tasalaatuinen muun alustan kanssa, ja alustan tulee olla kuiva, sekä puhdas pölystä ja irrallisesta kiviaineksesta. Mittauskohta tulee lisäksi suojata tuulen mahdolliselta vaikutukselta.

Mittaus suoritetaan kaatamalla pieniä lasihelmiä alustalle, jonka jälkeen helmet pyöritetään hiertokiekolla tasaiseksi ympyräksi. Kun kaikki lasihelmet ovat asettuneet karkean alustan pieniin pintahuokosiin ja lasihelmien leviäminen on loppunut, niin mitataan helmien muodostaman alueen keskimääräinen halkaisija, jonka jälkeen suoritetaan laskutoimitus. Mikäli lopullisen tuloksen arvo sijoittuu 0,3-1,2 mm väliin, niin voidaan alustan makrokarkeuden katsoa olevan sopiva epoksiivistystä varten. Mikäli vaatimusraja 1,2 mm ylittyy eli alustan karkeustaso on liian korkea, voidaan pinta korjata tasoitteella tai muotoiluvalulla. Pinnan karheuden ollessa pienempi kuin 0,3 mm on pintaa karhennettava esimerkiksi sinko- tai hiekkapuhalluksella. Makrokarkeuden määrittelemisellä pyritään vähentämään eristekerroksen kuplimisherkkyyttä ja parantamaan tartuntaa. (5, 198.)

Eristysalustan puhtaus on tärkeää, jotta epoksiivistyksen tartunta tasapuolisesti koko alustan osalta onnistuisi. Sillan kannen puhdistus jälkihoitoaineesta, sementtiliimasta, öljyistä ja muista epäpuhtauksista tapahtuu usein sillan koosta riippuen joko sinkopuhalluksella (kuva 2) tai hiekkapuhalluksella (kuva 3). (5, 198.)



Kuva 2. Sillan kannen esikäsitteily sinkopuhalluksella.



Kuva 3. Hiekkapuhallusta käytetään reunapalkkeihin ja sillankannen niihin osiin, joita ei pystytä sinkopuhaltamaan.

Mikäli havaitaan epäilyttävä kohta, jossa olisi vielä mahdollisia jälkihoitoainejäämiä tulee suorittaa niin sanottu vesivärikoe. Kokeessa käytetään vesiliukoista väriainetta, joka kaadetaan tutkittavalle alueelle ja välittömästi pyyhitään kuivalla kankaalla.

Mikäli alustan pinta jää puhtaaksi ja väriaine ehtii imeytyä kankaaseen niin voidaan se tulkita jälkihoitoainejäämäksi, joka kuuluu poistaa (VTT 375-93). Toinen menetelmä on käyttää kaasupoltinta, jolla kuumennetaan rajusti tutkittavaa kohtaa. Mikäli kuumennettavalla alueella syntyy kuplimista, niin voidaan todeta pinnalla olevan vielä betonivalun jälkihoitoainetta. (5, 198.)

Sillan kannen absoluuttinen kosteus saadaan ottamalla kannesta näyteporalla halkaisijaltaan 55 mm levyinen poranäyte, jonka uran syvyyden kuuluu olla vähintään 30 mm. Porauksen jälkeen näytelieriö irrotetaan ja pakataan tiiviiseen näytepussiin. Poranäytteitä otetaan sillan kannesta aina vähintään kolme kappaletta. Yli 500 neliometriä kattavasta kohteesta otetaan yksi ylimääräinen näytekappale aina uutta alkavaa 500 neliometriä kohden. Näytteenottopaikat tulee merkitä pohjakuviin. Itse absoluuttinen kosteus selvitetään punnitsemalla kostea näyte, kuivaamalla näyte tämän jälkeen uunissa, sekä jälkipunnituksella (VTT 2650-2013). (5, 198)

3 SILLAN VEDENERISTYS

3.1 Vedeneristysmenetelmät

Vedeneristyksen ensisijainen tehtävä on suojata sillan ylikulkuväylänä toimivaa kansilaattaa ja laatan sisältämiä raudoituksia vedeltä ja veden sisältämillä rasiteaineilta, kuten erilaisilta suolayhdisteiltä. Vedeneristyskerroksen on oltava täysin saumaton ja vesitiivis, jotta rakenne säilyy käyttökuntoisena suunnitellun käyttöiän mukaisesti. Mikäli alustan vaatimustaso ei täyty tai työvaiheiden aikana on tapahtunut laiminlyöntejä, voi vedeneristeen puutteellinen kunto aiheuttaa raudoitusten ruostumista, enneaikaista rapautumista, asfaltin kuplimista ja näin ollen aiheuttaa liikenneturvallisuuden vaarantumisen. (6; 7,1.)

Suomessa siltojen vedeneristeenä on aina yleisimmin käytetty kermieristettä. Rakenteessa oli 1980-luvulla yleisesti käytettynä paineentasausputkia ja 1990-luvun alkuun asti vedeneriste suojattiin 5 cm paksulla suojabetonilla. Suojabetonista luovuttiin, koska sen paino rasitti liikaa sillan rakennetta ja suojabetonin rapautuminen suojojen vaikutuksesta rikkoi helposti alla olevan eristeen. Suojabetonin on lähes kokonaan korvannut halvempi ja paremmaksi todettu suoja-asfalttikerros. Suojabetonilaatta estää myös asfaltin halkeilun vedeneristeen kuplimisesta ja vaurioitumisesta huolimatta, joten suojabetonia käytettäessä ei voida tietää vedeneristeen todellista kuntoa ja vesitiiviyyttä. Suojabetoni on korvattu epoksikerroksella, ja molempien toimintamallien päätavoitteena on ollut estää kermieristeen kupliminen. (2; 8.)

Ongelmana siltojen vedeneristämisessä on aina ollut kuplimisesta aiheutuva asfaltin lohkeilu. Kuplimisen syy on usein sillan kansilaatassa oleva huomattavan suuri vesihöyrynpaine, joka pyrkii ylöspäin. Epoksikerroksen tehtävä on pysäyttää vesihöyry. Jos epoksi ei ole riittävän lujasti kiinni alustassa tai epoksiin on jäänyt työvirheenä huokosreikiä, voi vesihöyry päästä eristyksen alle muodostaen kuplia epoksin vuotokohdissa. Toinen kuplimiseen johtava syy on mahdollinen työvirhe alustan pintakermin asennuksessa, jolloin epoksin päälle on jäänyt kosteutta ja kermin tartuntalujuus on alhainen tai kermirullat on varastoitu väärin ja ne ovat altistuneet kosteudelle sateen tai kondenssiveden johdosta. Vaikka betonilaadut ja niiden sisältämät lisäainemäärät ovat kasvaneet, ei testeillä ole pystytty osoittamaan niiden lisäriskiä kuplimiseen. Keskimäärin vedeneristeeseen muodostuneesta höyrykuplasta

otetusta näytteestä on saatu mittaustuloksina eri kaasut tilavuusprosentteina, jolloin vettä on noin 1,2-1,8 %, hiilivetyjä 0,0005-0,0009 % ja hiilidioksidia, typpeä ja happea loput noin 98,8 %. (7, 2.)

Sillan käyttötarkoitus ja suunnitellut pintarakenteet asettavat vaatimukset kansilaatan eristystavalle. Vesieristeenä kermi on Suomessa yleisin normaalilla betonirakenteisella liikennöidyillä sillalla, osa silloista eristetään käyttäen nestemäistä ruiskutettavaa vedeneristettä ja teräskantisilla silloilla käytetään pääsääntöisesti mastiksieristystä. (1.)

3.2 Epoksitiivistys

Tiivistysepoksia käytetään koko kansilaatan alueella betonikantisilla silloissa paitsi suojabetonia käytettäessä. Betoni- ja teräspalkkisilloilla käytetään aina epoksitiivistystä. Tiivistysepoksi on kaksikomponenttista nestemäistä ainetta, joka levitetään vaatimukset täyttävälle alustalle epoksointilastaa käyttäen ja telaamalla. Mikäli alustassa on puutteita, voidaan esimerkiksi kolot ja uurteet paikata käyttäen kvartsihiekan ja epoksin seosta tai käyttäen paikkausepoksiin tarkoitettuja SILKO-hyväksytyjä epoksiin sekoitettavia aineita. Hyvä epoksitiivistys (kuva 4) on vesitiivis eikä pinnalla ole tartuntaa heikentäviä sileitä tai kiiltäviä kohtia, vaan tasainen kvartsihiekan johtuva mattainen pinta. (6, 2.)



Kuva 4. Sillan kannen valmis epoksitiivistys.

Epoksikerros tehdään aina kahtena kerroksena vaatimusten mukaisesti käyttäen liikenneviraston hyväksymää tuotetta, jolloin lopullisen epoksikerroksen vähimmäismäärän kuuluu olla 1 kg neliometriä kohden. Epoksi on kovettuessaan kiinteää ja vettä läpäisemätöntä, mutta silti se ei toimi sillassa vesieristeenä vaan tartuntana varsinaiselle vesieristeelle. Epoksikerroksen tarkoitus sillankannella käytettynä on estää vesihöyryn nouseminen betonikannesta, jolloin se estää vedeneristyskermin ja asfaltin kuplimisen, suojaa betonikantta mahdolliselta suolarasitukselta ja toimii tartunta- alustana vedeneristeelle. Epoksikerroksen on oltava riittävän paksu ja täysin vesitiivis, jotta se toimii tehtävässään. Epoksikerroksen levityksen jälkeen heitetään sen päälle tasaisesti kvartsihiekkää, kunnes epoksissa ei näy enää kosteita kohtia, jotka ilman hiekkää muodostavat sileän ja tartuntaominaisuuksiltaan huonon pinnan. Hiekka puhkaisee mahdolliset epoksiin muodostuneet kuplat ja toimii tartuntapintana seuraavalle epoksikerrokselle ja kermille. Ennen seuraavaa epoksikerrosta irtonainen hiekka puhdistetaan pois ja alustan on oltava muutenkin kelvollinen uutta levitystä varten. Uuden epoksikerroksen levitys tapahtuu täysin vastaavasti kuin ensimmäisen kerroksen, mutta kerrosvahvuus on suurempi levitetystä hiekasta ja InfraRYL osan 3 vaatimuksista johtuen, jolloin ensimmäisen kerroksen vahvuus tulee olemaan noin 0,3-0,5 kg neliometriä kohden ja toinen kerros vähintään 0,5 kg neliometriä kohden. Toinen epoksikerros toimii myös tartuntana esimerkiksi kermieristeelle, joten sileitä ja kiiltäviä kohtia ei saa jäädä lopulliseen epoksikerrokseen, ja kvartsihiekan levitys tarvittaessa on suotavaa. (6, 2, 4, 5.)

Epoksitiivistys on olennaisen tärkeä pitkäikäisen ja toimivan sillankannen rakenteen ja kulutuspinnan suhteen. Laadunvarmistus ennen työsuoritetta on olennaisen tärkeää, alustabetonin on kestävä vetorasituskokeessa vähintään 1,5 MPa:n rasitus ja alustan on oltava laadultaan soveltuva epoksitiivistykseen, joka todetaan eristysalustan vastaanottotarkistuksessa. Eristystöiden aikaiset sääolosuhteet, ilman kosteus, kastepisteen muodostuminen ja lämpötilat on otettava huomioon ennen töiden aloitusta. Epoksitöiden aikaisen alustan lämpötilan tulee olla minimissään 10 celsiusastetta ja työsuorite tulee aina aloittaa ainoastaan laskevaan lämpötilaan, jolloin ennaltaehkäistään epoksikerroksen kuplimista. Epoksitöiden aikaiset olosuhteet, sekä laadunvarmistuksen mittaustulokset dokumentoidaan aina tarkasti. Epoksintitöitä voivat tehdä yritykset, joilla on RALA-pätevyys ja työn suorittajalla täytyy olla RATEKO-henkilösertifikaatti siltojen vedeneristykseen. (3.)

3.3 Kumibitumimastiksi

Kumibitumimastiksi on kumibitumin, hiekan ja kalkkifillerin sekoitus, jossa kumibitumi toimii sideaineena, hiekka runkoaineena ja kalkkifilleri täyteaineena. Itse kumibitumi on styreenibutadieeni-kumin ja bitumin seos, ja kumibitumin täytyy aina olla SILKO-hyväksytty silloissa käytettynä. Kumibitumimastiksi soveltuu käytettäväksi terasseilla, pysäköintitaloissa, holvipihoissa, vesialtaissa ja silloissa. Kumibitumimastiksieristystä tehdään, koska se on nopeaa, ja aineen rakenne on lähes saumaton. Kumibitumimastiksi toimitetaan käyttökohteeseen aina asfalttitehtaalta, jossa massa on lämmitetty valmiiksi työsuoritetta edeltävänä yönä, ja massa toimitetaan työkohteeseen kuljetuskeittimellä varmistaen, että aineen lämpötila on sopiva ja aineen notkeus soveltuu levitystyöhön. (8, 2, 3.)

Kumibitumimastiksia käytetään pääosin teräskantisilla silloilla. Teräskansi suihkupuuhdistetaan kuivissa olosuhteissa asteeseen Sa 2,5 ja tarvittaessa käytetään suojakatosta. Puukantisella sillalla mastiksieristys levitetään kuivan ja puhtaan alustan päälle yhtenä noin 30-50 kg neliometriä kohden paksuna kerroksena ja kumibitumiliuoksen tartuntasively tehdään sillan reunoihin ja päätyihin. Teräs- tai puukantisilla silloilla ei käytetä paineentasausverkkoa kumibitumimastiksieristystä tehdessä. Betonikantisen sillan alustan tulee olla puhdas sementtiliimasta ja jälkihoitoaineesta, joten alusta täytyy sinko- tai hiekkapuhaltaa ennen eristystyötä. Betonisen sillankannen suurin sallittu absoluuttinen kosteus on 6 % ja suhteellinen kosteus 96 %. Kannen pintalämpö eristystyön aikana on oltava vähintään 2 celsiusastetta ja ilman suhteellinen kosteus enintään 85 %. Käytettäessä kumibitumimastiksia vedeneristeenä ei käyttökohteessa ole pakollista käyttää epoksiivistystä ennen varsinaista mastiksieristystä, mutta sitä suositellaan käytettäväksi vilkasliikenteisillä silloilla, joiden päivittäinen käyttöaste ylittää 3 000 ajoneuvon määrän. Betonikantisilla silloilla mastiksieristystä käytettäessä kuuluu olla paineentasausverkko betonikannen ja eristysmastiksin välissä; tällöin vedeneristystyön aikainen betonista höyrystyvä kosteus pääsee poistumaan sillankannen paineentasausreikien kautta. Paineentasausverkko levitetään kannelle pisteliimaten se paikoilleen ja verkkojen limityksen tulee olla noin 100 mm toisiinsa nähden; kumibitumimastiksi levitetään verkon päälle käsin kolaten. Betonisen sillankannen päälle mastiksi levitetään kahtena kerroksena, jolloin kerrosvahvuus saa olla pienimmillään 15 mm ja enimmillään 30 mm; tällöin kahden kerroksin yhteenlaskettu

materiaalimenekki on noin 55 kg neliometriä kohden. Massan tulee levitettäessä olla riittävän pitkään kypsytettyä ja levitettävän massan lämpötilan tulee olla 180- 210 celsiusastetta, jolloin mastiksieristyksen pinta tulee kokonaisuudessaan kiiltäväksi. Valmiin mastiksieristyskerroksen päällä ei saa kulkea liikennettä ennen AB-suojakerrosta. (8, 6, 13.)

Kumibitumimastiksin laadunvarmistus alkaa jo ennen itse levityksen alkamista, jolloin sideaineesta otetaan näytteitä, joista tutkitaan InfraRYL 2006:n mukaiset vaatimukset. Vaatimukseen kuuluu pehmenemispisteen määrittäminen, minkä tulee tapahtua yli 75 celsiusasteessa. Tunkeuman pitää pysyä raja-arvoissa 50-100, ja palautuman kuuluu olla 10 celsiusasteessa yli 75 %. Itse massanäytteet otetaan valmiista levitettävästä tuotteesta, joka myös kolataan alustaan. Näytteet saadaan valamalla mastiksi metallisen näyterenkaan sisään, ja näytteen koko on 5 kg. Näytteitä valetaan yksi kappale 500 neliometrillä siltaa kohden, mutta aina vähintään kaksi kappaletta. Massanäytteistä tutkitaan rakeisuus, painuma, sekä sideainepitoisuus. Työnaikainen laadunvalvonta suoritetaan mittatikulla, jolla tarkkaillaan eristekerroksen paksuutta; mittauksia suoritetaan yksi kappale alkavaa 250 neliometriä kohden, mutta vähintään kolme paksuusmittausta yhtä siltaa kohden. Eristekerroksen paksuuden muodostumista tarkkaillaan myös materiaalin menekin perusteella, jolloin saadaan keskivertopaksuus helposti arvioitua. Eristyksen vedenpitävyys tarkistetaan sijoittamalla 300 mm vesipatsas käyttäen muoviputkea, joka sijoitetaan paineentasausputken kohdalle kahden tunnin ajaksi. Tilajalle kuuluu toimittaa työsuorituksen jälkeen kuormakirjat ja vaakalaput KA-kulutuksen seurantaan varten, näytetulokset, paksuusmittaukset, lämpötilat ja vesipainekokeen tulokset. (8, 15.)

3.4 Kermieriste

Kermieriste on Suomessa käytetyin vedeneriste betonikantisilla silloilla. Kermieristys tehdään kahtena kerroksena epoksitiivistyksen päälle, jolloin kiinnitys tapahtuu usein ensimmäisen kerroksen osalta liimausmenetelmällä ja toinen päällimmäinen kerros kiinnitetään hitsausmenetelmällä (kuva 5).



Kuva 5. Sillan kannen ensimmäinen kermieristekerros, josta on otettu tartuntavetolujuuskokeet seuraavaa kermikerrosta varten.

Liimaus tapahtuu kuumentamalla kumibitumi sulatuspadassa 180-210 celsiusasteeseen, minkä jälkeen kumibitumimassaa kaadetaan epoksikerroksen päälle ja huopa rullataan kuumen kumibitumin päälle. Kumibitumia tulee levittää vähintään 1,5 kg neliometriä kohden alustan karheudesta riippuen. Toinen kermikerros asennetaan kuumentamalla kermirullaa niin, että kiinnityspuolen kumibitumi sulaa riittävästi, ja näin rullaa lämmitetään ja työnnetään hiljalleen eteenpäin, kunnes rulla loppuu. Lämmityksessä voidaan käyttää esimerkiksi kaasupoltinta, mutta on varottava kuumentamasta bitumia liikaa, jolloin sen tartuntaominaisuudet kärsivät. (1, 27, 28).

3.5 Pikityöt

Pikitöiden tarkoitus on täydentää vedeneristyksen kokonaisvaltaista toimivuutta, johon kuuluvat esimerkiksi reunapalkkien sisäseinämien ja siirtymäläattojen limittäminen pikitöillä, jolloin vedeneristyksestä tulee saumaton ja halutut rakenteet saadaan kokonaan suojattua. Näin ollen piki toimii myös osana sillan kokonaisvaltaista vedeneristystä. Piki kypsytetään pikipannussa hitaasti 180- 210 celsiusasteen lämpötilaan. Ylikuumennusta tulee välttää, jotta pien käyttöominaisuudet eivät heikkene. Piettävät alueet tulee ensin esikäsitellä pien tartuntaprimerilla ja aineen kuivuttua voidaan varsinainen eristystyö aloittaa. Kuumaa pikeä kaadetaan metalliseen pikiämpäriin, jolla piki kuljetetaan piettävän alueen lähelle. Piki levitetään pikiharjoilla kahtena millimetrin vahvuiseen kerroksena mahdollisimman tasaisesti ja vesitiiviiksi, joko kastamalla harjaa pikiämpäriin ja levittäen pieni alue kerrallaan tai kaatamalla koko pikiämpäri kerralla levitettävälle alueelle harjaten alue mahdollisimman tasaiseksi (kuva 6). (1, 15.)



Kuva 6. Pikityö on suoritettu siipimuurien, siirtymäläattojen, reunapalkkien ja limitysten osalta.

Pikitöitä varten työn suorittajalta tulee olla vaatimusten mukainen kattotulityökortti. Pikitöihin kuuluvat myös lähes valmiin sillan osalta asfalttipinnan saumaus betonia vasten, jolloin asfalttikerroksen ja reunapalkkien väliin jäävä rako kannutetaan piellä täyteen. Samanlainen saumaus suoritetaan asfaltin ja liikuntasaumaa reunustavan betonin väliin, jolloin asfalttia reunustaa koko sillan osalta pikisaumaus. (1, 16, 23.)

3.6 Nestemäisenä levitettävät vedeneristeet

Nestemäiset vedeneristeet ovat pääsääntöisesti kaksikomponenttisia. Niihin kuuluu runkoaine eli varsinainen eristekomponentti ja lisäksi kovetekomponentti. Nestemäiset eristeet levitetään pääsääntöisesti korkeapaineruiskutuksen avulla, ja aineen levitysnopeus pinta- alalähtöisesti on nopeaa.

4 NESTEMMÄINEN VEDENERISTE STOPUR BA 2000

4.1 Käyttökokeilu Suomessa

Aineen käyttökokeilu sai alkunsa, kun oli tarve löytää nopeasti levitettävä ja kestävä vedeneriste suuria siltakohteita varten. Kyseinen menetelmä on ollut käytössä Keski-Euroopassa jo 1980-luvulta lähtien. Menetelmä on monissa maissa hyväksytty ja edelleen laajasti käytössä. Aluksi oli perehdyttävä aineen teknisiin ominaisuuksiin ja selvitettävä olisiko kyseisellä vedeneristeellä kysyntää Suomessa, sillä aineen levitystä varten tarvittavaan kalustoon vaaditaan suuri investointi. Suomessa aineen ensimmäiset ruiskutettavat sillat olivat Graniitti Rakennus Kallio Oy:n suuren Kehä Kolmen ja Lentokentätien rakennusurakan sisältämät 17 siltaa, sekä Espoossa yksittäisiä siltoja eri rakennuttajilta.

Ensimmäistä koesillan ruiskutusta varten Vantaalla paikalle oli kutsuttu Unkarista kyseiseen menetelmään perehtyneitä ammattihenkilöitä, jotka antoivat koulutusta KKN-Rakennuksen henkilökunnalle. Tavarantoimittajan puolelta avustamassa oli Jorma Sikstus ja pääurakoitsijan puolelta eristystöitä olivat seuraamassa Teemu Palosaari ja Jouni Karvonen. Ennen ensimmäistä eristepinnoitteen ruiskutusta varten oli hankittava eristysmenetelmää varten urakkakohtainen hyväksyntä ja RALA-pätevyys. Lisäksi aineen ruiskuttajalla tulee olla henkilösertifikaatti, joka oikeuttaa nestemäisten vesieristeiden levitykseen silloilla ja liikennöidyillä alueilla. Aine ja menetelmä ovat kokeilujen jälkeen saaneet hyvän vastaanoton eri osapuolilta, ja aine on herättänyt rakennuttajien kiinnostuksen nopeutensa ja eristysominaisuuksiensa ansiosta. Seuraavaksi menetelmä on siirtymässä käytettäväksi Ruotsiin.

4.2 Tarvittava kalusto

StoPur BA 2000 -vedeneriste on 2-komponenttinen ja vaatii levitystä varten oman laitteistonsa, jonka on sovelluttava kahden keskenään sekoitettavan aineen korkeapaineruiskutukseen. Järjestelmä vaatii oman virtalähteen, suuren paineen, suurten ainemäärien kuljetuksen, paineensäätöyksikön, ruiskutuskaluston, sekä paljon muuta erikoislaitteistoa (kuva 7). (9.)



Kuva 7. Säilytys- ja kuljetusratkaisu, jossa koko laitteisto on sijoitettu kiinteästi suureen kuorma-auton konttiin, josta saa tarvittaessa avattua myös sivuovet.

Laitteiston koon ja määrän takia, sekä kuljetusongelman ratkaisemiseksi on loogisinta sijoittaa koko laitteisto ja suuret ainemäärät kuorma-autoon, johon rakennetaan pysyvä ruiskutusyksikkö. Auton konttiin on sijoitettava generaattori, kompressori, kaksi kuution kokoista materiaalisäiliötä, sekä ruiskutuslaitteisto. Materiaalisäiliöt on sijoitettava siten, että niiden vaihto täysiin säiliöihin onnistuu tarvittaessa nopeasti; generaattori ja kompressori on syytä sijoittaa myös harkiten, jolloin niiden tankkaus ja huolto voidaan suorittaa helposti. Kyseisessä ratkaisussa materiaalisäiliöt sijaitsevat kontin keskellä ja kompressori sekä generaattori kontin etuosassa (kuva 8). Itse ruiskutuslaitteisto sijaitsee kontin takaosassa (kuva 9), jolloin laitteen säätö, käyttö ja huolto onnistuu helpoiten.



Kuva 8. Kaluston sijoittelu ajoneuvon kontissa.



Kuva 9. Ruiskutusyksikkö.

Itse ruiskutusyksikkö on monimutkainen laitteisto, joka vaatii toimiakseen sähköä. Sähköä laite saa laitteiston mukana kuljetettavasta generaattorista. Kompressoria tarvitaan ilmanpaineen saantiin, jonka ansiosta ruiskutukseen saadaan riittävän suuri paine. Ainekomponentit A ja B täytyy saada oikeaan sekoitussuhteeseen, jotta saadaan halutunlainen loppupinnoite. Aineiden viskositeetti poikkeaa toisistaan huomattavasti,

A-komponentin viskositeetti on 1300 mPa ja B-komponentilla 2400 mPa. Materiaaleilla on myös eri tiheydet. (9.)

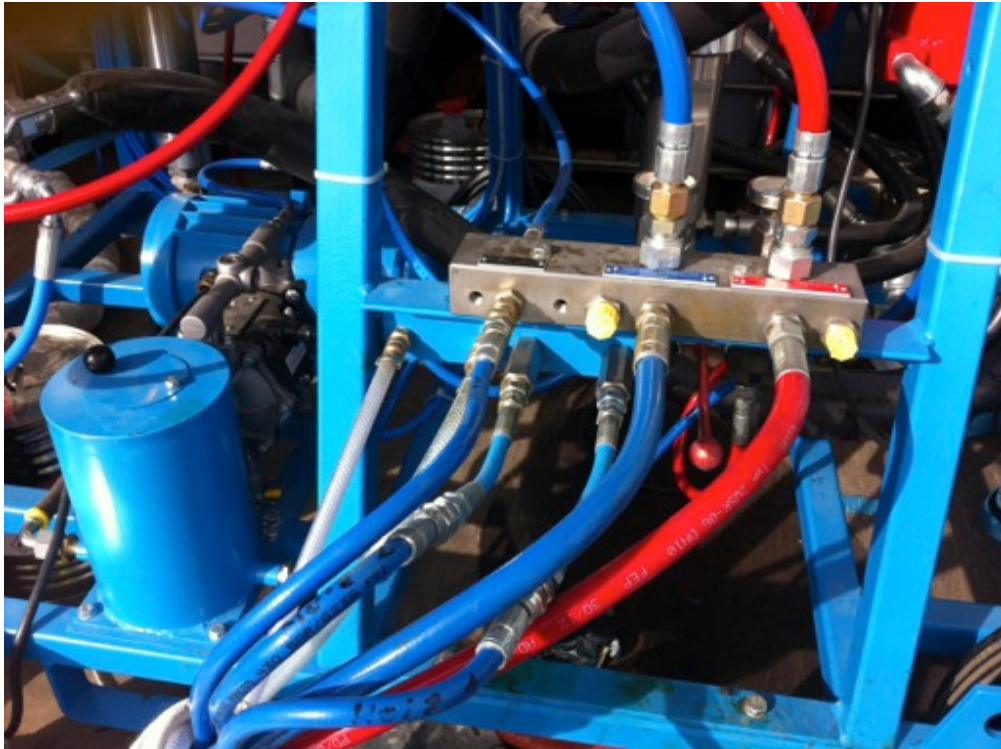
Materiaaleilla sekoitussuhde paino-osina mitattuna on eri kuin tilavuusosina mitattuna. Paino-osina B-komponenttia tulee 21 % vähemmän kuin A-komponenttia ja tilavuusosina B-komponenttia tulee 26 % vähemmän kuin A-komponenttia. A-komponentin tiheys on 1,03 grammaa kuutiosenttimetriä kohden ja B-komponentin tiheys on 1,10 grammaa kuutiosenttimetriä kohden. Ruiskutetun sekoittuneen aineen optimitiheys sisältäen aineen huokoisuuden on 0,916 grammaa neliösenttimetriä kohden. Aineiden oikea sekoitus säädetään ruiskutuskaluston säätöyksiköstä, josta tarkkaillaan ja säädetään eri osa-alueiden paineet halutuiksi (kuva 10). (9.)



Kuva 10. Ruiskutuslaitteiston hallintayksikkö.

Laitteiston ja ruiskupistoolin välissä on paksu ruiskuletku, joka sisältää useita pienempiä letkuja eri tarkoituksia varten (kuva 11). Kaksi ensisijaista letkua kuljettavat ainekomponentit A ja B säiliöistä laitteen kautta ruiskuun. Lämmitettyjen aineiden lämmön ylläpitämiseksi letkussa kiertää nestettä sisältävä lämmitysletku, jonka paluulämmön tulee olla vähintään 50 celsiusastetta nesteen palatessa takaisin laitteeseen kierrettyään ensin koko ruiskuletkun. Ruisku tarvitsee myös ilmaletkun ja ruiskun sekoitussuutinta varten pesuletkun, jotka myös kiertävät pääletkun sisällä. Ainekomponentit sekoittuvat ruiskun päässä olevassa spiraalin mallisessa sekoittimessa ja valmis aineseos tulee ulos tämän jälkeen ruiskun suuttimesta. Sekoittuneen aineen nopeasta kovettumisesta johtuen on ruisku heti huuhdeltava

liuottavalla aineella ruiskutuksen päätyttyä, sillä muuten ruiskun sekoitusosa jähmettyy. Tämän takia on myös huolehdittava siitä, että liuotinainetta on aina riittävästi säiliössä.



Kuva 11. Ruiskun letkujärjestelmä.

4.3 Vedeneristekerroksen rakentaminen

Vedeneristyskerrokseen sisältyy kokonaisuudessaan neljä eri ainekerrosta, joita ovat epoksihjustus kertaalleen levitettynä käyttäen järjestelmään kuuluvaa epoksia StoPox BV 88 NFR tai StoPox BV 100, eristyksen tartuntaprimer StoPur VS 70, nestemäinen vedeneriste StoPur BA 2000 ja lopuksi tartuntaliuos StoPur VBS 2000 asfaltille. Jokaisen ainekerroksen on oltava menetelmäohjeen mukainen, jotta eristyskerros tulee onnistumaan ja olisi pitkäikäinen sekä toimiva kokonaisuus. Mikäli alusta on esikäsitelty ja absoluuttinen kosteus, pinnankosteus, sekä olosuhteet sääsuojan sisällä vastaavat haluttuja vaatimuksia voidaan epoksointityö aloittaa (kuva 12). (9.)



Kuva 12. Epoksitiivistystä varten tarvittava kvartsihiekkä ja epoksikomponentti A -ja B -säiliöitä. Alustan epätasaisuudet on paikattu jo valmiiksi hiekkaepoksilla.

Alimmaisiksi tuleva epoksikerros tehdään 2- komponenttimenetelmällä. Työ aloitetaan sekoittamalla komponentit A ja B keskenään käyttäen esimerkiksi poravispilää. Aineiden täytyy olla keskenään täysin sekoittuneita ja lopputuotteen kuuluu olla käytettäessä tasalaatuista. Valmis epoksi kaadetaan tasaisena vanana sillan kannelle ja levitys (kuva 13) aloitetaan epoksointilastalla ja mahdollinen viimeistely lampaankarvatelalla, jolloin kerroksen paksuuden tulee olla 0,3-0,5 kg neliometriä kohden. (9.)



Kuva 13. Epoksointi pienellä sillankannella.

Tuoreeseen epoksipintaan levitetään heittämällä tasaisesti kvartsihiekkää, jonka raekoko on 0,3-0,9 mm. Kvartsihiekkää levitetään niin kauan, kunnes pinnalla ei näy enää kiiltäviä kohtia epoksin pinnalla. Pohjustustyön valmistuttua epoksikerros jätetään kovettumaan teltan sisälle, jossa olosuhteista riippuen on hyvä jättää lämmitys tarvittaessa päälle. Epoksoitoidenaikaiset olosuhdetiedot kirjataan aina ylös joko epoksointi- tai vedeneristyspöytäkirjaan. (9.)

Seuraava kerros eli vedeneristyspinnoituksen tartuntaprimer StoPur VS 70 on lakkaa muistuttava väritön tartuntaa parantava 1- komponenttinen polyuretaaniprimer, joka levitetään epoksikerroksen päälle. Työ aloitetaan poistamalla ylimääräinen tarttumaton kvartsihiekkä kovettuneen epoksikerroksen päältä. Hiekan poistaminen toteutetaan kannelta imuroimalla, harjaamalla tai puhaltamalla. Polyuretaaniprimerin levitys onnistuu parhaiten käyttäen ruiskua, jolloin levitys onnistuu nopeasti ja aineen jakautuminen pohjusteen päälle tasaisesti on hyvin todennäköistä (kuva 14). (9.)



Kuva 14. StoPur VS 70 tartuntaprimerin levitys.

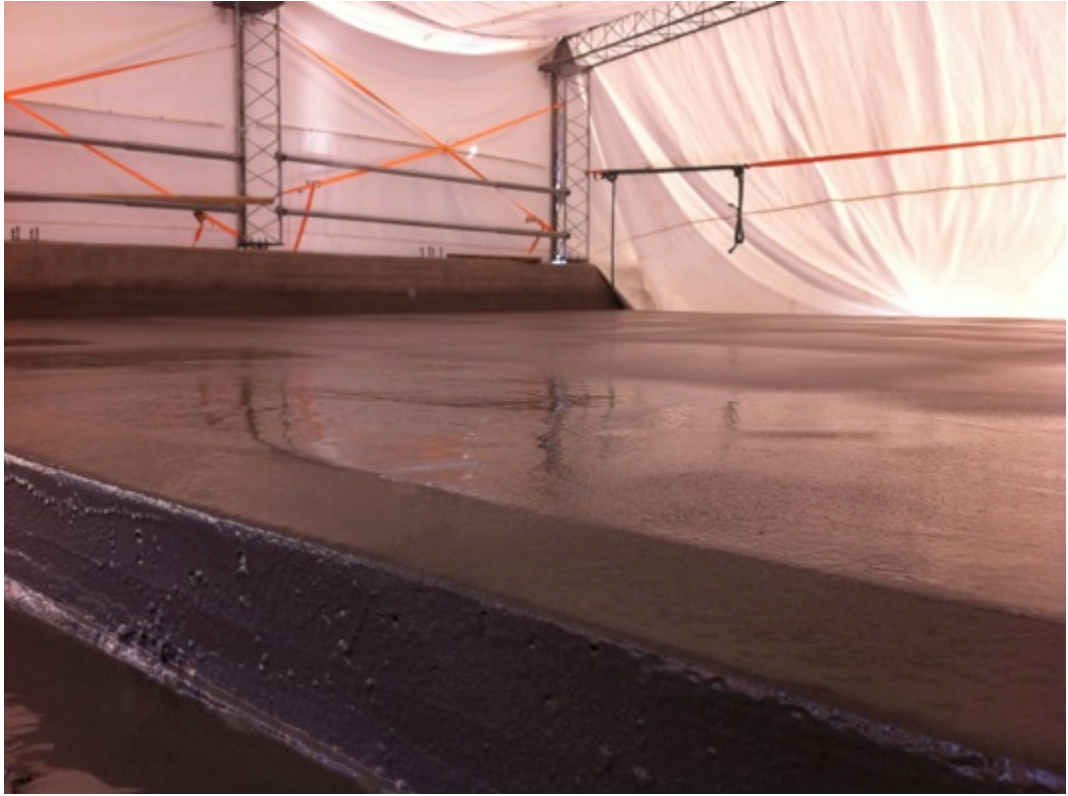
Aineen suositeltu käyttömäärä neliometriä kohden on enimmillään 0,1 kg ja ainetta ruiskutettaessa on varottava aineen lammikoitumista. Tartuntaprimer jää epoksikerroksen pinnalle ja alkaa haihtua, jolloin pinnan jatkokäsittely tulee tapahtua 5-12 tunnin kuluttua ruiskutuksesta. Mikäli vedeneristystyö aloitetaan liian aikaisin, ei eristys tartu riittävästi kosteaan pintaan ja jos aine ehtii haihtua liian kauan niin sen tartuntaa parantavat ominaisuudet eivät enää vaikuta. Polyuretaaniprimerin levityksessä on huomioitava ja kirjattava olosuhdetiedot vedeneristyspöytäkirjaan, jolloin voidaan todeta primerin toimivuus vedeneristeen tartuntavetokoetuloksia tarkastellessa. (9.)

Seuraavaksi tuleva kerros eli vedeneriste StoPur BA 2000 on 2-komponenttinen elastomeeripinnoite (kuva 15), jolla on hyvät elastiset ja tartunnalliset ominaisuudet. Vedeneriste pystyy kovettumisen jälkeen venymään jopa kuusinkertaiseksi ennen murtumisen tapahtumista. Aineen levittämiseen tarvittavan laitteiston ja ruiskutuskaluston on sovelluttava 2-komponenttisen aineen tasaiseen levitykseen. Menetelmä on kuvattu edellä. (9.)



Kuva 15. Elastomeeripinnoitteen ruiskutus tartuntaprimerin päälle riittävän haihtumisajan jälkeen.

Ennen eristystyön aloittamista on odotettava polyuretaaniprimerin riittävää kuivumista, joka voidaan todeta seuraamalla kuivumisaikaa ja tunnustelemalla pintaa kädellä tai kosteusmittarilla. Ruiskutuskalusto on saatava käyttövalmiiksi, jolloin tapahtuu myös ruiskutettavien aineiden lämmitys yli 50 celsiusasteeseen ruiskutusletkun sisällä kiertävän lämmitysveden ansiosta sekä ruiskutusaineiden säätö. Ennen varsinaista kannen pinnoitusta suoritetaan erillinen koeruiskutus esimerkiksi muovin päälle, minkä tarkoituksena on todeta laitteiden oikeanlainen toimivuus, saada selville aineen tiheys sekä taltioida koepala. Aloitettaessa pinnoituksen ruiskutus suljetussa sääsuojuksessa on käytössä oltava hengityssuojain, suojalasit sekä suojavaatetus. Komponenttien sekoituessa ja kovettuessa syntyy vaarallisia höyryjä, joiden hengittämistä tulee välttää. Ruiskutus aloitetaan levittämällä aine noin neliömetrin alueelle ensin ruiskuttaen vaakasuuntaisesti ja heti tämän jälkeen pystysuuntaisesti, minkä jälkeen apuhenkilö mittaa eristeen paksuuden työntömitalla ennen aineen kovettumista. Mikäli minimivaatimus 2 mm ei täyty, niin paksuutta on helppo lisätä alueen uudella ylitruiskutuksella. Ruiskutus jatkuu tämän jälkeen uudelle noin neliömetrin alueelle, ja ruiskutusta on käytännössä mahdollista jatkaa niin kauan kunnes komponenttisäiliöistä loppuu aineet (kuva 16). (9.)



Kuva 16. Valmis elastomeeripinnoite pienellä sillankannella.

Ruiskutettu elastomeeripinnoite aloittaa heti kovettumisen ja minuutin jälkeen aine on kiinteää vaikka kovettumisreaktio onkin vielä kesken. Aineen nopea kovettuminen lopulliseen olomuotoonsa mahdollistaa silminnähtävien vuotokohtien välittömän paikkauksen ylihuiskutusmahdollisuuden ansiosta, koska ruiskutuskalusto on käyttövalmiina. Aine on erittäin olosuhdeherkkä, joten alustan ja ilman kosteus, lämpötila ja kastepisteen muodostumisen mahdollisuus on otettava huomioon ja olosuhdetiedot kirjattava tarkasti vedeneristyspöytäkirjaan. Pinnoituskerroksen valmistuttua on suoritettava laadunvarmistustoimenpiteet ennen seuraavaa vaihetta, vuotokohdat on löydettävä ja paikattava, riittävä tartunta on todettava vetokokeilla ja eristekerroksen paksuus on mitattava vetokokeiden yhteydestä saaduista koepaloista, jolloin koko eristekerroksen paksuus tulee olla minimissään 2 mm ja keskiarvoltaan vähintään 2,5 mm; tämä voidaan tarkastaa kokonaisainemenekin avulla laskettuna neliömetriä kohden. (9.)

Varsinaisen vedeneristyskerroksen päälle tulee vielä järjestelmään kuuluva viimeinen ainekerros StoPur VBS 2000, joka toimii tartuntaliuksena asfaltille. Aine on 1-komponenttinen akryyli-bitumilious ja väriltään musta (kuva 17). Levitys voidaan suorittaa aikaisintaan kaksi tuntia elastomeeripinnoitteen ruiskuttamisen jälkeen. Aineen levitys tapahtuu käyttämällä korkeapaineruiskua, jolloin aineen tasainen

levitys onnistuu helposti. Pienillä silloilla voidaan levittämiseen käyttää myös lampaankarvatelaa. Tartuntaliuoksen päälle tulee lopuksi valuasfalttisuojakerros ja itse ajoväylän kulutuspinntana toimiva asfalttikerros. (9.)



Kuva 17. StoPur VBS 2000:n levitys elastomeeripinnoitteen päälle.

4.4 Laadunvarmistus

Laadunvarmistustoimenpiteet ovat tärkeitä vedeneristystöissä. Työn tilaaja saa tiedon lopputuloksen laadusta ja tekijä varmistuksen työmenetelmien ja materiaalien soveltuvuudesta työhön. Laadunvarmistuksen tarkoitus on dokumentoida tehdyn työvaiheen vaatimusten täytyminen erikseen määritetyillä menetelmillä.

Ennen elastomeeripinnoitekerroksen ruiskutusta sillankanteen tehdään koeruiskutus erillisen kalvon päälle (kuva 18), minkä jälkeen voidaan tehdä silmämääräinen värianalyysi, jonka tarkoituksena on varmistaa eriväristen ainekomponenttien sekoittumisen tasaisuus. Koeruiskutetusta elastomeeripinnasta irrotetaan neljä koepalaa. (10, 39.)



Kuva 18. Elastomeerin koeruiskutus muovin päälle ennen varsinaisen vedeneristystyön aloittamista.

Ensimmäisen koepalan koko on 40 cm x 40 cm. Kyseinen koepala merkitään ja toimitetaan liikennevirastoon. Loput kolme koepalaa irrotetaan välitöntä tiheyden määrittystä varten. Koepalat ovat kooltaan 100 neliösenttimetriä ja tiheyden määrittys tapahtuu upottamalla koepalat testinesteeseen, jonka tiheys on 3 % alhaisempi kuin itse eristeen optimitiheys. Koepalojen kuuluu vajota hiljalleen testinesteessä. Mikäli eriste jää kellumaan nesteen pinnalle, ei sen tiheyden laatuvaatimus täyty ja ruiskutuskalusto on tarkastettava ja säädettävä uudelleen uutta testiä varten. (10, 39.)

Kannen pinnoitus epoksipohjusteen päälle voidaan aloittaa vasta tartuntaprimerin riittävän haihtumisen jälkeen. Pinnan kosteus ja lämpötila on tarkastettava, jotta ne soveltuvat eristystyöhön. Säasuojan sisäisten olosuhteiden on oltava halutunlaiset, koska elastomeeri on tartuntaominaisuuksiltaan erittäin olosuhdeherkkä. Ilman suhteellisen kosteuden on oltava alle 85 % ja alustan lämpötilan vähintään kolme astetta kastepistelämpötilaa korkeampi. Vedeneristyspöytäkirjaan merkitään olosuhteiden dokumentoimista varten kohteen tunnistetiedot, päivämäärä ja kellonajat, alustan lämpötila, ilman lämpötila, kastepistelämpötila ja ilman suhteellinen kosteus. Olosuhdetiedot dokumentoidaan ennen työvaiheen aloitusta ja työsuorituksen jälkeen, jotta voidaan varmistaa työvaiheen tapahtuneen kokonaisuudessaan vaadituissa olosuhteissa. (9.)

Ruiskutettaessa elastomeeria tarkoituksena on saada pinnoitteesta mahdollisimman tasapaksua koko eristettävän sillankannen pinta-alalta (kuva 19). (9.)



Kuva 19. Valmis ja tasalaatuinen elastomeeripinnoite.

Ruiskutuksenaikainen laadunvarmistus tapahtuu työntömittaa tai erillistä mitoitettua tikkua käyttäen, joilla voidaan todeta vielä kovettumattoman pinnoitteen märkäpaksuuden olevan vähintään vaadittu 2 mm. Pinnoitekerroksen kovettumisen jälkeen kerroksen paksuusvaatimusten täyttymisen varmentamiseksi käytetään niin sanottua korkeajännitemenetelmää kipinäharavaa käyttäen (VTT-S-05050-09). Kipinäharava on metallista harjaa muistuttava laite (kuva 20), jolla johdetaan jännite metalliseen harjasosaan. Kipinäharavan lähettämää ohmimäärää pystytään säätämään halutunlaiseksi ja laite on maadoitettava ennen käyttöä. Elastomeerikerroksen paksuuden laadunvarmistus alkaa oikean jännitteen selvittämisellä. Paras menettelytapa on etsiä aiemmin ruiskutetusta koepalasta tasan 2 mm paksuinen kohta, joka on sallittu minimikerrospaksuus. Käytettäessä kyseisellä vedeneristyskohteella ruiskutettua koepalaa on sen tiheys myös täysin identtinen itse sillankannen vedeneristyskerroksen kanssa, ja näin saadaan erittäin todenmukainen laadunvarmistus. Kipinäharavan harjaosa asetetaan paksuudeltaan kahta millimetriä vastaavan koepalan päälle ja laite kytketään päälle, jännitettä aletaan nostaa niin

korkealle, että lopulta haravaan johdettu jännite iskee kipinän 2 mm paksun eristekerroksen läpi; näin saadaan tarkka megaohmimäärä, joka vastaa vaadittua minimipaksuutta. Jännitettä täytyy lopuksi laskea hieman tai koepalan paksuuden täytyy testivaiheessa olla alle vähän alle 2 mm, jotta jännitettä johdettaessa sillan vesieristeen päällä löydetään ainoastaan kahden millimetrin paksuuden alittavat kohdat. (10, 35, 38.)



Kuva 20. Kipinäharava.

Laitteen ollessa käyttövalmis ja säädettyä haluttuun jännitteeseen voidaan kipinäharavointi aloittaa. Kipinäharavalla harjataan koko eristetty kansi ja mikäli laite antaa merkkiäänä on pinnoitteessa joko minimipaksuuden alittava kohta tai huokosreikä. Alue merkitään ja paikataan tiiviiksi ja paksuusvaatimukset täyttäväksi. Kipinäharavan lisäksi pinnoitteen silmämääräinen tarkistus huokosreikien ja mahdollisten muodostuneiden kuplien varalta on ensisijaisen tärkeää, sillä kipinäharava ei ilmoita kuplasta, mikäli sen kalvopaksuus on yli 2 mm. Kuplat puhkaistaan (kuva 21) ja eriste poistetaan tarttumattomalta alueelta ja lopuksi paikataan. Vuotokohtien määrä ja paikkauspäivämäärä ilmoitetaan vedeneristyspöytäkirjassa. (10, 38, 40.)



Kuva 21. Elastomeeripinnoitteen huonosta paikallisesta tartunnasta johtuvien huokoskuplien puhkaisu ja tarttumattoman pinnoitteen poisto ennen eristeen paikkausta.

Tartuntalujuus alustaan on vedeneristeen tärkeimpiä ominaisuuksia. Tartunta mitataan vetokokeilla, joita otetaan aina siltakohtaisesti vähintään kolme vetoparia sillan pinta-alasta riippumatta ja vähintään yksi vetopari alkavalta 1000 neliömetriltä.

Vedeneristeen tartuntavetolujuuden mittaus aloitetaan poraamalla lieriöporalla tarvittava määrä eristeen läpäiseviä näytteenottoaikoja. Poratessa tulee välttää vahingoittamasta epoksipohjustetta ja porauskohdat täytyy puhdistaa harjalla porauksen aikana syntyneestä pölystä ja näytteenottokohdan pinta on hyvä puhdistaa vielä liuotinaineella parhaan mahdollisen liimaustartunnan saavuttamiseksi. Porattuun näytekohtaan liimataan puhdistettu, halkaisijaltaan käytetyn lieriöporan terän kokoinen metallinen vetonappi ja liimamassana voidaan käyttää monia kestäviä ja nopeasti kovettuvia liimoja. Liimattu vetonappi kiinnitetään itse vetolaitteeseen ja vetolaitteen asetukset säädetään vastaamaan käytettyä vetoalueen pinta-alaa ja haluttua vetonopeutta, minkä jälkeen itse vetokoe voidaan suorittaa. (5, 208; 10, 27, 28, 30, 32.)

Vetokokeen tarkoitus on varmistaa pinnoitteen tartunnan onnistuminen ja tehdä myös samalla mahdollisia johtopäätöksiä murtumatavan ja saatujen arvojen pohjalta. Yksittäisestä näytteestä saatu vetolujuuden vaadittu alin arvo on 1,0 MPa ja

keskiarvovaatimus kaikkien vetonäytteiden osalta on 1,2 MPa. Vetokokeiden yhteydessä mitataan myös aineen kerrospaksuus työntömittaa käyttäen. Kerrospaksuus mitataan vetokokeiden yhteydessä saaduista irtivedetyistä pinnoitepaloista (kuva 22). Näin saadaan tietoa myös kerrospaksuuden mahdollisista alueellisista eroista. Eristeen alin vaadittu paksuus on 2 mm ja alin keskiarvovaatimus koko kannen osalta on 2,5 mm. (5, 198,200; 9; 10, 41.)



Kuva 22. Tartuntavetokoetulosten kirjaus.

Työntömitalla vetonapeista mitattu eristeen paksuus antaa tarkkaa tietoa, mutta vain pistekohtaisesti koko sillankanta ajatella. Eristyksen paksuus mitataan 1 kpl alkavaa 250 neliometriä kohden, kun paksuuden määrittämisessä käytetään apuna kipinäharavaa. Todellinen vedeneristekerroksen keskimääräinen paksuus saadaan laskettua lopullisen ainemenekin perusteella. Lopuksi vetokokeiden aiheuttamat vuotokohdat pinnoitteessa paikataan ja vetokokeista saadut tiedot kirjataan ja lisätään vedeneristyspöytäkirjaan.

4.5 StoPur BA 2000:n Käyttökokemukset

Pinnoite on osoittautunut erittäin soveltuvaksi vedeneristystyöhön. Aineen tartuntaominaisuudet alustaan ovat erinomaiset ja keskiarvoarvo vetolujuuden

keskiarvo on noin 2,0 MPa lämpötilasta riippumatta. Eristeen vuotokohdat pystytään löytämään silmämääräisesti jo heti ruiskutuksen jälkeen aineen erittäin nopean kovettumisen ansiosta. Yleisimmät kerroksen paikkausta vaativat vuotokohdat ovat olleet muodostuneita huokosreikiä tai huonon paikallisen tartunnan seurauksena tapahtuneita eristeen kuplimiskohtia. Eristeen paikoittaiseen kuplimiseen riittää yksi vesipisara, jolloin eriste ei tartu kiinni alustaan ja eristeeseen muodostuu silmin nähtävä kupla. Kupla tulee puhkaista ja vuotokohta täytyy kuivata ja uudelleen eristää. Pahimmassa tapauksessa eristeen paikkaukseen saattaa kulua aikaa enemmän kuin varsinaiseen ruiskutukseen.

Aineen käyttö vaatii eristettä käyttävältä yritykseltä RALA-pätevyys ja ruiskua käyttävän henkilön kuuluu omata erillinen sertifiointi silloissa tai liikennöidyillä alueilla käytettävien nestemäisten vesieristeiden osalta. Eristekerroksen onnistuminen ja vaadittujen kerrospaksuuksien täytyminen on pitkälti kiinni ruiskua käyttävän henkilön ammattitaidosta. Aineen ruiskutus eristettävälle pinnalle on teknisesti tarkasteltuna erittäin helppoa, mutta halutunlaisen lopputuloksen saavuttaminen valmiin pinnan osalta sisältää paljon haasteita. Eristekerroksen kuuluu olla riittävän paksu ja tasalaatuinen. Tärkeä seikka on myös kustannustehokkuus käytettävien kahden ainekomponentin korkeasta hinnasta johtuen. Epäpätevä työn suorittaja voi helposti saada aikaan liian paksun eristekerroksen ja tällöin ainekustannukset kasvavat huomattavasti lisääntyneen materiaalimenekin vuoksi.

Kermieriste on Suomessa käytetyin vedeneriste betonirakenteisilla silloissa. Verrattaessa StoPur BA 2000 -vedeneristettä tavanomaisempaan kermiin voidaan todeta useita eroja nestemäisen vedeneristeen hyväksi. Kermieriste on hidas levittää ja levitys on tehtävä kahtena kerroksena, kun taas nestemäinen eriste on valmis kertaruiskutuksen jälkeen. Riippuen sillan koosta ja muodoista nestemäinen eriste voi olla jopa viisi kertaa nopeampaa tehdä kuin tavallinen kermieriste. Nestemäinen vedeneriste on hieman kalliimpi vaihtoehto, mutta kohteesta riippuen ajallinen säästö voi olla viikkoja. Nestemäinen vedeneriste on myös kulutuskestävyydeltään ja tartunnaltaan erinomainen. Tartunta on lähes poikkeuksetta kaksi kertaa yli vaaditun minimiarvon eikä aineen tartunta ole sidottu lämpötilan vaihteluihin. Kermieriste puolestaan täyttää usein vaaditun minimivetolujuusarvonsa, mutta prosentuaalinen vaatimuksen ylitys ei vastaa keskiarvoa, joka saavutetaan käyttämällä StoPur BA 2000 -vedeneristettä. Kermieristeen tartuntaominaisuudet ovat myös täysin

riippuvaisia vallitsevasta lämpötilasta, kun taas nestemäisen aineen tartuntalujuus säilyy vakiona.

Nestemäisen vedeneristeen suurin heikkous on riippuvuus teknisesti vaativan laitekokonaisuuden täysivaltaisesta toimivuudesta. Uuden laitteiston ensimmäisten ruiskutusten jälkeen vuotoja ilmeni eri venttiileissä. Esimerkiksi ruiskun sekoitusspiraali ei tehdasmallina kestä käytettyä painetta, joten varaosia on aina oltava laitteiston mukana. Lisäksi monet tehdasosat, jotka ovat kuuluneet alun perin laitteistoon on jouduttu korvaamaan uusilla paremmilla vaihtoehdoilla.

5 YHTEENVETO

StoPur BA 2000 -vedeneriste on todettu hyvin soveltuvaksi sillankannen vedeneristämiseen myös Suomessa. Se on ominaisuuksiltaan järkevä ratkaisu monissa kohteissa. Kyseisen vedeneristeen tekniset ja taloudelliset hyödyt tulevat parhaiten esille suurissa kohteissa, jolloin ajallinen hyöty voi olla viikkoja verratessa muihin eristysratkaisuihin. Kustannustehokkuus tulee laskea muun muassa huomattavasti vähenevissä henkilötyötunneissa. Eristeen tekniset ominaisuudet ovat korkealuokkaiset niin materiaalin kuin laitteistonkin suhteen. Eristeen levitys on erittäin nopeaa ja eristeen kestävyys, elastisuus, sekä tartuntaominaisuudet ovat korkealuokkaiset. Valmiin vedeneristeen mahdollisten vuotokohtien paikannus voidaan suorittaa silmämääräisesti heti eristekerroksen ruiskutuksen jälkeen. Vuotokohtat on helppo havaita ja paikata jo ennen eristekerroksen vesitiiviiden mittaamista.

Eristeen heikkoutena voidaan toistaiseksi pitää erittäin suurta olosuhdeherkkyyttä. Edellytyksenä on se, että tartuntapinta on kauttaaltaan täysin kuiva, jotta eristeen tartuntalujuusvaatimukset täyttyvät. StoPur BA 2000 -vedeneristejärjestelmän suurin heikkous on sen täysi riippuvuus ruiskutuslaitteiden toimivuudesta. Teknisten ongelmien varalle laitteiston toimintaperiaatteisiin on perehdyttävä huolella, varaosia on oltava aina kaluston mukana ja mahdolliset korjaukset tulee suorittaa laitteistoon perehtyneen henkilön toimesta. Mahdolliset viat huomataan käytännössä vasta siinä vaiheessa, kun itse ruiskutus tulisi aloittaa työmaalla. Tällöin varaosien puute tai teknisen korjaushenkilön osaamattomuus voi johtaa ruiskutuskaluston lähettämisen korjaukseen. Tällöin työmaan aikataulu saattaa viivästyä. Vedeneristeen huonoihin puoliin voidaan laskea myös suuret kalustoinvestoinnit sekä jatkuvat

huoltokustannukset. Kaluston koko on mitoitettava yrityksen toiminnan laajuutta vastaavaksi, jolloin voidaan minimoida hankintainvestoinnit. Kokonaisuutena StoPur BA 2000 -vedeneristysjärjestelmä on uusi vartenotettava eristysvaihtoehto Suomessa.

LÄHTEET

1. Petteri Peuhu. 2014. Siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristystöiden koulutus. Hämeenlinna.
2. Tiehallinto. 2004. Kannen pintarakenteet. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/sillansuunnitayd_a.pdf [viitattu: 5.8.2014]
3. Tiehallinto. 2010. Siltojen korjaus SILKO. Betonirakenteet 2.240. Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2240_2007.pdf [viitattu: 12.9.2014]
4. Suomen Betoniyhdistys r.y. 2003. BY 40-2003 Betonirakenteiden pinnat/Luokitusohjeet.
5. Rakennustieto Oy. 2008. InfraRYL 2006 osa 3: Sillat ja rakennustekniset osat. Hämeenlinna: Karisto Oy.
6. Marko Vainio. Sto Finexter Oy. 2012. Rateko-Koulutus. Epoksitiivistys siltakansilla.
7. Pekka Siitonen. 2014. Liikennevirasto, Taitorakenneyksikkö. Siltojen vedeneristysten vaurioituminen. Siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristäjän henkilösertifikaattikoulutus. Hämeenlinna.
8. Lemminkäinen. 2014. Kumibitumimastiksi. Ominaisuudet, käyttö ja asennusolosuhdevaatimukset.
9. Sto Finexter Oy. 2014. Saatavissa: [http://www.stofi.fi/43272_FI-Sonstige_Scripts-blobfromtable_\(43272\).htm?dpos=&tid=88880&did=161&fn=tds&sec=a3d702854b73fd21e32eefd61b24e075&lang=&name=Tekninen%20tietolehti](http://www.stofi.fi/43272_FI-Sonstige_Scripts-blobfromtable_(43272).htm?dpos=&tid=88880&did=161&fn=tds&sec=a3d702854b73fd21e32eefd61b24e075&lang=&name=Tekninen%20tietolehti) [viitattu 10.8.2014]
10. Sami Vuorikoski. 2014. Rakennusfysikaaliset asiantuntijapalvelut. Sillan vedeneristystyömaan laadunvarmistus.