



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

BETONISEN SILTAKANNEN NESTEMÄISENÄ LEVITETTÄVÄ VESIERISTE

Eliminator -tuote

John Berglund

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus -ja yhdyskuntatekniikan koulutus

BERGLUND JOHN:

Betonisen siltakannen nestemäisenä levitettävä vesieriste
Eliminator -tuote

Opinnäytetyö 61 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Toukokuu 2016

Opinnäytetyössä tutkittiin nestemäisenä ruiskutettavaa Eliminator vesieristettä. Tutustuminen tapahtui työn ohessa yhteistyössä Skanska Infra Oy henkilöstön sekä rakennusalan palveluita tarjoavan JobCo Oy:n kanssa. Opinnäytetyön kirjoittaja työskenteli apumiehenä ja dokumentoi tärkeitä asioita sekä valokuvasi eristettäviä siltakohteita ja työvaiheita. Opinnäytetyön aihe valikoitui työn kautta tarpeeseen, sillä aiheesta ei löydy painettua suomenkielistä perustietoa. Tiedonkeruu vesieristetyöstä tehtiin vuosien 2012-2014 kesäkaudet ja eristettäviä siltakohteita oli osassa Vt 8 Sepän ohikulkutiellä, E18 Koskenkylä - Kotka moottoritillä, E12 Vantaa Keimola kehärata-työmaalla ja Vt 19 Seinäjoen itäinen ohituskaista hankkeen siltakohteissa.

Työssä käsitellään aluksi sillan käyttöikään vaikuttavia tekijöitä ja todetaan siltakannen vesieristeen merkitys. Työssä yleisesti kerrotaan, miten eristerakenne asennetaan oikein. Työtapoja opetellessa havaittiin pohjatyön merkitys onnistuneelle eristysalustalle, joten pohjatyö ja karhennusmenetelmät otettiin mukaan käsiteltäviin aiheisiin. Työssä käydään läpi eristystyön vaiheet kuvin havainnollistettuna, vesieristämisen laadunvarmistuskokeet ja vertaillaan tavanomaisia eristeratkaisuja toisiinsa. Eri eristerakenteiden ominaisuuksia hyviä ja huonoja puolia kerättiin asiantuntijahaastatteluin.

Nestemäisenä levitettävän vesieristeen toimintaperiaate poikkeaa yleisesti käytetystä epoksitiivistys ja kumibitumikermit -yhdistelmästä. Nestemäisen vesieristeen alla käytetään eristeen omaa *Primeria*, joka tekee betonipintaan väliaikaisen höyrynsulun. Primer on kemiallisesti samaa materiaalia eristerakenteiden kanssa ja sulaa eristerakenteiden kanssa yhtenäiseksi kerrokseksi. Eriste ruiskutetaan pintaan kahdessa kerroksessa, jolla saadaan isompi kokonaisvarmuus kannen vesitiiveyteen ja kalvovahvuuteen. Korkeapaineella ruiskutettavasta eristekalvosta syntyy näin saumaton ja kauttaaltaan alustassa kiinni oleva elastinen eristekalvo.

Eliminator vesieristejärjestelmä vaikuttaa hyvin kilpailukykyiseltä vaihtoehdolta perinteisiin menetelmiin verrattuna. Eliminator ei kupli, on saumaton, kestää kemialliset ärsykkeet, on pitkäikäinen ja tarttuu lujasti eristysalustaan. Eliminator on työmenetelmältään nopeampi kuin perinteinen epoksin ja kumibitumikermitin yhdistelmä. Eliminator eristeen haittapuolena voidaan pitää lisensoitua käyttöoikeutta ja tarvittavan laitteiston pumpputekniikkaa.

Asiasanat: silta, siltakansi, nestemäinen vesieriste, Eliminator

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering

JOHN BERGLUND:

Eliminator bridge waterproofing and comparison with similar products

Bachelor's thesis 61 pages, appendices 5 pages
May 2016

This thesis is about researching a liquid high pressure sprayable methyl metakrylate (MMA) based concrete bridge deck water isolation called *Eliminator*. The studyin of this topic was done while working as a summer trainee at Skanska Infra Oy during the summer seasons 2012 - 2014 with cooperation partner JobCo Oy. A lot of expertise was gained during this well documented and photographed period. Experience of about 40 bridge decks was acquired that concerned isolation installing.

At firs this thesis takes an overview of how essential water isolation is for the lifespan of a bridge. The primary topic is how isolation is installed and what the mounting base should be like. During the learning period was noticeable that the deck surface has to be clean from harmful spots, such as cement remains, oil, curing material or other dirt. Because of this, the post-molding finishing works on the surface are presented in detail. Other relevant presented topics are quality assurance, material aspect of isolation polymers and expert interviews.

The Eliminator isolation system differs from the generally used waterproofing structure combination that contain two layers of epoxide and two layers of bitumen felt. The Eliminator structure has three layers of isolation polymers itself, and asphalt glue on top of that. First layer is called *primer*. Primer is low viscosity adhere material that chemically melts with the next two layers, and together form seamless waterproof coating. Eliminator isolation seems to be a practical and competitive waterproofing product from manufacturer Stirling Lloyd.

Key words: bridge deck, waterproofing, isolation, MMA, pinhole

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	SILLAN VESIERISTÄMINEN.....	9
2.1	Siltarakenteen käyttöikään vaikuttavat tekijät	9
2.2	Sääsuojateltoa	10
2.3	Kuivatusjärjestelmä	12
2.3.1	Pintaveden poisto	12
2.3.2	Kosteuden hallinta kansirakenteen sisällä.....	13
2.3.3	Kuivatus siltakannen päädystä.....	14
2.3.4	Kuivatus aukon kohdalla.....	14
2.3.5	Eristeen kiinnitys siirtymälaattaan	15
3	ERISTYSALUSTA	17
3.1	Valujälkien viimeistely	18
3.2	Epoksi -ja laastipaikkaus siltakannella	24
3.3	Pinnan karhennusmenetelmät	26
3.3.1	Hiekkapuhallus.....	28
3.3.2	Sinkopuhdistus	29
3.4	Laadunmittaukset ennen eristysalustan luovutusta eristysurakoitsijalle.....	32
3.4.1	Eristysalustan absoluuttinen kosteus.....	33
3.4.2	Eristysalustan tasaisuus	33
3.4.3	Eristyslustan makrokarheus	34
4	ERISTYSTYÖ NESTEMÄISELLÄ VESIERISTEELLÄ	35
4.1	Valmisteleva työ kannella.....	36
4.2	Työryhmä.....	37
4.3	Tartunta-aineen levitys	40
4.4	Eristekerrosten ruiskutus.....	41
4.5	Bond Coat asfalttiliima	42
4.6	Materiaalin turvallinen käsittely ja kuljetus.....	42
4.6.1	Raakamateriaalin käsittely jätteenä.....	42
4.6.2	Materiaalin turvallinen käsittely työskenneltäessä.....	43
4.6.3	Materiaalin kuljetus.....	43
5	LAADUNVARMISTUS	44
5.1	Eristystyön aikaiset laadunvarmistuskokeet	44
5.1.1	Tartuntalujuus	45
5.1.2	Eristeen vedenpitävyyden varmistaminen.....	46
5.2	Mittareikien paikkaus työn päätteeksi	47
6	ERISTERATKAISUJEN VERTAILU	48

6.1	Epoksitiivistyksen ja Eliminator eristeen kemiallisista ominaisuuksista	48
6.1.1	Eliminator eristeen kemiallinen koostumus	49
6.1.2	Epoksin komponenttien A ja B koostumus	50
6.1.3	Dynaamiset viskositeetit tartunta-aineelle ja epoksille	52
6.2	Mastiksieristeen ominaisuudet	52
6.3	Eliminator eriste	53
6.4	Kaksinkertainen kumibitumikermi	53
6.5	Stopur BA 2000	54
6.6	Eristerakenteiden ominaisuuksien yhteenveto	54
7	POHDINTA	55
	LÄHTEET	57
	LIITTEET	58

ERITYISSANASTO

Imeytys	Halkeaman tai tyhjätilan täyttö ilman painetta. Esimerkiksi halkeaman imeytys matalaviskositeettisella epoksilla.
Eristysalusta	Siltakannen eristettävä yläpinta, reunapalkin eristettävät pinnat ja muut eristettäviä pinnat.
Sivukaltevuus	Ajoradan ja pientareen pinnan kaltevuus tielinjaa vastaan kohtisuorassa tasossa.
Viettokaltevuus	Tien pituuskaltevuuden ja sivukaltevuuden vektorisumma eli se kaltevuuden suunta, jota pitkin vesi valuu pois ajoradalta.
Ritiläkansi	Reiällinen tai verkkomainen haponkestävästä teräksestä valmistettu kansi, jonka kautta vesi pääsee kaivoon. Estää roskien sisään pääsyn.
Salaoja	Putkijohto, teräsprofiili tai vastaava vettä johtava rakenne päällysterakenteessa. Käytetään vapaan aukon kohdalla, kun hulevettä ei voida johtaa kannen läpi.
Tippuputki	Sillan kannen läpi johdettu putki, jonka kautta vedeneristyksen päälle tai kaidepylvään varaukseen kertyvä vesi pääsee valumaan pois.
Tippureikä	Kaidepylvään varaukseen reunapalkin läpi porattu reikä, jonka kautta vesi pääsee valumaan pois.
Kivisilmä	Syöksytorven tai tippuputken alapuolella erikokoisista kivistä ladottava pesä, joka tehdään tarvittaessa estämään eroosiovaurioita.
Eliminator	Stirling Lloyd materiaalivalmistajan tuotenimi nestemäisenä levitettävälle kaksikomponenttiselle vesieristeelle.
MMA	Metyylimetakrylaatti eng. Methyl methacrylate on eristeen polymeerin pää raaka-aine (IUPAC -standardin mukainen nimi: Metyyli-2-metyylipropenoaatti).
PMMA	Polymetyylimetakrylaatti, polymerisaatiossa MMA:n ketjutuessa syntyvä lopputuote. Yleisesti tunnetaan nimellä akryyli.

Viskositeetti	Suure, joka kuvaa nesteen tai kaasun kykyä vastustaa virtaamista. Suurempi arvo vastaa jähmeämpää nestettä tai kaasua.
Adheesio	Kuvaa kahden materiaalin välistä vetovoimaa. Adheesio jaotellaan mekaaniseksi adheesioksi ja molekyyllitasolla tapahtuvaksi adheesioksi.
Kipinäharava	Korkeajännitemenetelmä, jolla voidaan tarkastaa valmiin eristekalvon paksuus ja paikallistaa mahdollinen reikä.
Pinhole	Suomeksi kaasureikä, on kohta josta kaasua vapautuu haitallisen paljon huokosreiästä.
Tärypalkki	Betonin tärytykseen tai ”vibraukseen” käytetty palkki, jolla saadaan tärytettyä leveä alue kerrallaan valun kansivalun jälkeen ennen hierontaa.

1 JOHDANTO

Akryylipohjainen nestemäisenä levitettävä vesieriste tuo mukanaan uusia hyviä puoli siltakannen vesieristämiseen. Hyviksi puoliksi voidaan lukea eristekerroksen saumattomuus, eristemateriaalin kemiallinen kestävyys, lämmönkestävyys, nopeat työvaiheet ja erinomainen tartunta eristysalustaan. Akryylieristeen tuomat haasteet liittyvät eristysalustan betonipinnan viimeistelyn laatuun ja kemikaalien kanssa turvalliseen ja huolelliseen työskentelyyn työn aikana.

Siltakannen yleisimmäksi vesieristeratkaisuksi on suomessa vakiintunut kaksinkertainen bitumikermieriste, jonka alla käytetään kaksinkertaista epoksitiivistystä höyrynsulkuna. Nestemäisenä levitettävä vesieriste on eristevaihtoehto yleisesti käytetylle epoksitiivistys - kumibitumikermi eristeratkaisulle. Kermieristeitä on vaivannut eristeen kupliminen, jossa eristysalustan betonin huokosten kautta vaikuttava höyrynpaine ylittää kermin tartuntavetolujuuden rikkoontuneen epoksitiivistyksen kohdalla, jolloin päällyste ja eristerikkoontuu paikallisesti ja ajan kuluessa teräsbetonirakenteen vauriomekanismi käynnistyy. Nestemäisenä levitettävä vesieriste on antanut positiivisia tuloksia korkean tartuntalujuuden ja eristeen saumattomuuden myötä kuplimisongelmaan. Nestemäisenä levitettävän *Eliminator* eristeratkaisun ei ole havaittu kuplivan.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään laajasti betonisen siltakannen valujälkien viimeistelytyöt, nestemäisenä levitettävän *Eliminator* eristeen kanssa työskentely, muut eristeratkaisut ja lopuksi suoritetaan kevyt vertailu ja pohdinta. Opinnäytetyötä varten tehtiin muutama asiantuntijahaastattelu vertailun tueksi.

Tämä opinnäytetyö on luonteeltaan toiminnallinen opinnäytetyö, jonka viitekehyksen rajaavat Sillankorjausohjeet (SILKO), Liikenneviraston -ohjeet (LiVi), InfraRYL 2006, InfraRYL -päivitysehdotus 2015, vesieristysalan säädökset ja työn parista saatu käytännön kokemus. Työkokemusta on kerätty vuosien 2012 - 2014 kesäkausina, jolloin tämän opinnäytetyön kirjoittaja työskenteli harjoittelijana Skanska Infra Oy siltatyömailla, sekä aliurakoitsijana eristystyöryhmän matkassa usealla muun pääurakoitsijan työmail-la. Eristystyöhön liittyviä siltakohteita oli noin 40 kappaletta.

2 SILLAN VESIERISTÄMINEN

Sillan käyttöikää pidentää hyvä ja onnistunut siltapaikan kuivatus ja vesieristysjärjestelmän toimivuus. Vesieristeen takuukorjaus on kallista ja yleisesti liikennettä haittaavaa. Vesieristeen asentajan tulee muistaa hyvä rakennustapa ja asennoitua vastuullisesti, sillä sillan rakentamiseen ja kunnossapitoon käytetään yleensä valtion verorahoja - niin kuin muutakin yhdyskuntatekniikkaa rakentaessa.

2.1 Siltarakenteen käyttöikään vaikuttavat tekijät

Suomen maantieteellinen sijainti ja vaihtelevat sääolot altistavat betonin pakkasrapautumiselle ja talvihoidon suolojen rasitukselle. Sääolojen aiheuttamia haittoja vastaan suojaudutaan parhaiten keskittyessä oikeaan betonin valintaan, raudoituksen suojaavan riittävän paksulla suojabetonikerroksella, työmenetelmiin ja betonipintojen suojaamisella – samaan pyritään siltakannen vesieristejärjestelmällä. Betonin valinnan tueksi ja reunaehdoksi on rasitusluokkamäärittely. (liite 1)

Pakkasrapautuminen aiheutuu betonin huokosverkostossa olevan veden jääymislaajenemisen aiheuttamasta hydraulisesta paineesta (Lahdensivu 2010, 1). Vesi jäätyy ilmahuokosissa ja huokostilan loppuessa hydraulinen painetaso nousee ja ylittää betonin vetolujuuden jolloin vaurioituminen alkaa.

"P-lukumenettely perustuu useiden vuosikymmenen aikana tehtyjen laboratorio- ja kenttäkokeiden antamiin pakkasenkestävyyskokeiden tuloksiin. Menettelyssä on otettu huomioon betonitekniikan lisätutkimuksien mukanaan tuomat tarkennukset ja eurooppalaisessa ja kansallisessa betoninormiuudistuksessa tapahtunut kehitys." (Liikenneviraston ohje 37/2013 s. 4) Siltarakenteiden betoniominaisuuksia määrittävä P-luku määrittää betonin pakkasenkestävyyttä. P-luvun suurempi luku kertoo paremmasta pakkasenkestävyydestä. Huokoisuus on suoraan suhteessa vesi-sementtisuhteeseen, käytettyyn sideaineeseen, lisäaineisiin ja tiiveyteen.

Ilmassa oleva hiilidioksidi vaikuttaa betonin emäksisyyteen haitallisesti. Puhutaan betonin karbonatisoitumisesta, joka tapahtuu suoraan ilman ollessa kosketuksessa betoniin tai välillisesti hiilidioksidin ja veden muodostaessa hiilihappopitoista liuosta veden kanssa. Terveen betonin emäksisyys on luokkaa 12 -14 pH. Raudoituksen pintaa suojaava oksidikerros häviää kun betonin pH laskee alle yhdeksän. Tien pinnasta nousevat suolaa ja klorideja sisältävä sumu altistaa erityisesti sillan välituet, reunapalkin ja kansirakenteen betonin karbonatisoitumiselle. Ulkoisena rasituksena vesi toimii myös välittäjäaineena klorideille, joiden jatkuva läsnäolo rakenteessa aiheuttaa lopulta raudoitusteräksille korroosiota. Näiden tietojen pohjalta voidaan todeta toimivan kuivatusjärjestelmän tärkeys.

Sillan betonirakenteet suojataan haitta-aineita vastaan. Sillan kansi vesieristetään kannen pinnalta ja johdetaan valuedet pois siltapaikalta. Reunapalkin pystypinnat saadaan tiiviiksi käyttämällä valussa muottikangasta, mikä tekee betonipinnasta tiiviimmän ja näin vähentää kosteuden imeytymistä. Reunapalkin yläpinta imeytetään matalaviskositeetisellä impregnointiaineella, joka suojaa myös kemiallisilta rasitteilta. Maanvastaiset tuki ja -siipimuurit bitumisivellään kosteutta eristäviksi. (Kuva 6)

2.2 Säasuojatelta

Säasuojateltan käyttö tuli pakolliseksi kaikilla siltatyömailla eristystyön aikana vuoden 2014 alusta. InfraRYL 2015 Päivistyneen kohtaan 42310.0 "Eristyksen yleiset laatuvaatimukset" on sisällytetty säasuojateltan käyttöä koskevia vaatimuksia:

- eristystyö tehdään säasuojassa, myös korjauskohde
- telta on vesitiivis kaikissa sääolosuhteissa koko alueellaan ja ulottuu reunapalkin ulkopuolella vähintään pystypinnan puoleen väliin
- säasuojat ulottuu sillan päästä päähän, kun sillan kokonaispituus on enintään 40m, tätä pidemmällä silloilla voidaan käyttää siirrettävää säasuojaa
- säasuojan sisäpuolella esteettömän korkeuden kannesta mitattuna tulee olla vähintään 2,5m
- säasuojan on oltava päistä tuuletettavissa ja tarvittaessa lämmitettävissä

Päivityshedotuksen ohje -osassa on myös lisäys: "Sääsuojaa lämmitettäessä lämmityslaitteen on puhallettava lämmintä ja kuivaa ilmaa ulkopuolelta suojan sisään." Ideana on että lämmitettävän ulkoilman tilavuus kasvaa ja samalla suhteellinen ilmankosteus laskee sisään puhallettavassa lämmitysilmassa. Nestekaasu ei sovellu lämmitykseen, sillä palotuohteena syntyy myös vesihöyryä.

Sääsuojatelta varmistaa eristystyön aikataulun, kun ei tarvitse huolehtia sopivasta eristyskelistä. Sääsuojan käyttö on lisäkulu sillan kokonaishinnassa, mutta välillisesti se tuottaa myös säästöjä ja palvelee rakentamisen laatua. Säästöiksi voi lukea vähentyneet odotusajat, aikataulun varmuus ja häiriötön työskentely teltan sisällä vaatimusten mukaisissa sääoloissa.



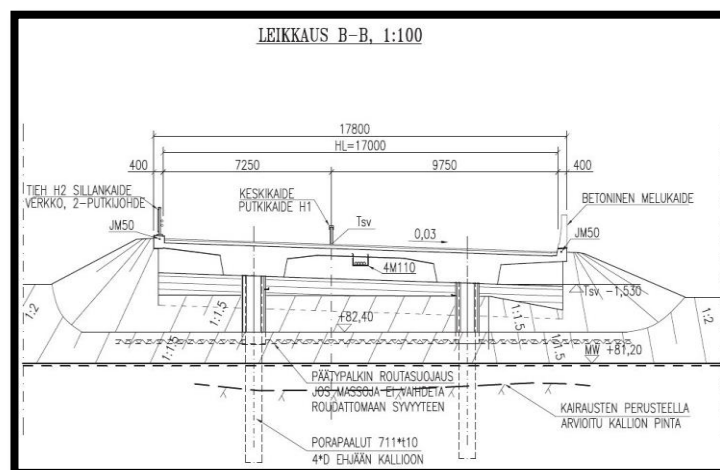
Kuva 1, Kuva sääsuojateltan sisältä

2.3 Kuivatusjärjestelmä

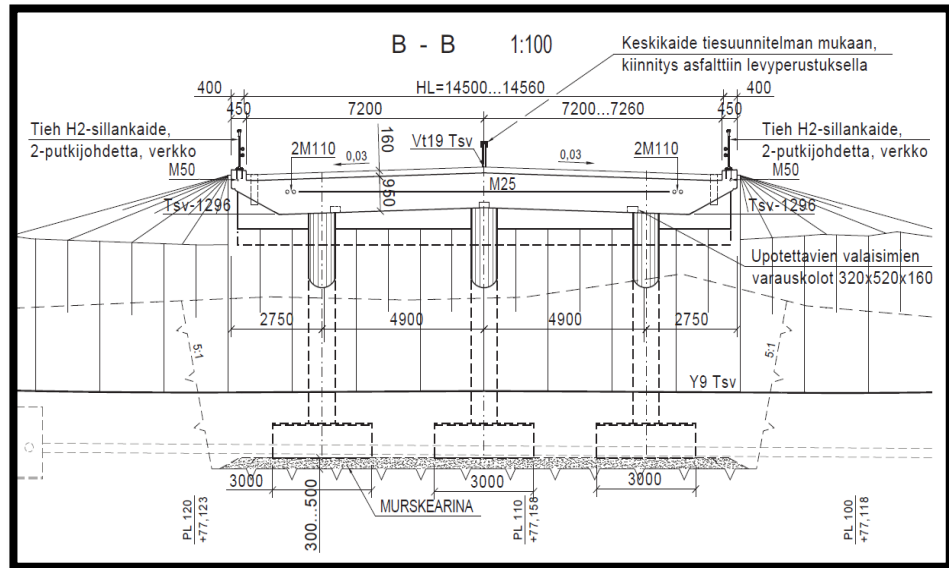
Kuivatusjärjestelmällä voidaan katsoa olevan kaksi tarkoitusta. Liikennettä haittaava vesi tai lumi voi aiheuttaa vaaratilanteita kertyessään siltakannelle. Talvella jäätyvä vesi aiheuttaa liukkautta ja lyhentää päällysteen käyttöikää jäätyessään ja sulassa uudestaan toistuvasti. Vastaavasti kesällä risteyssillalta lätäköstä roiskuva vesi haittaisi alikulkevaa liikennettä. Kuivatusjärjestelmän rakenteellinen merkitys on estää betonin korroosiota kiihdyttävien liuosten pääsy betonipinnalle. Sillan vesieristejärjestelmään kuuluu sadetta ja sulamisvettä keräävän siltakannen oikein suunniteltu viettokaltevuus ja juoksevan veden kanavointi pois rakenteesta. Eristekerroksen täytyy kestää mekaaninen rasitus liikenteeltä, asfalttipinnoitteen levitysvaiheen kuumuus, sekä betonin höyrynpaine eristepinnan ja betonipinnan välillä.

2.3.1 Pintaveden poisto

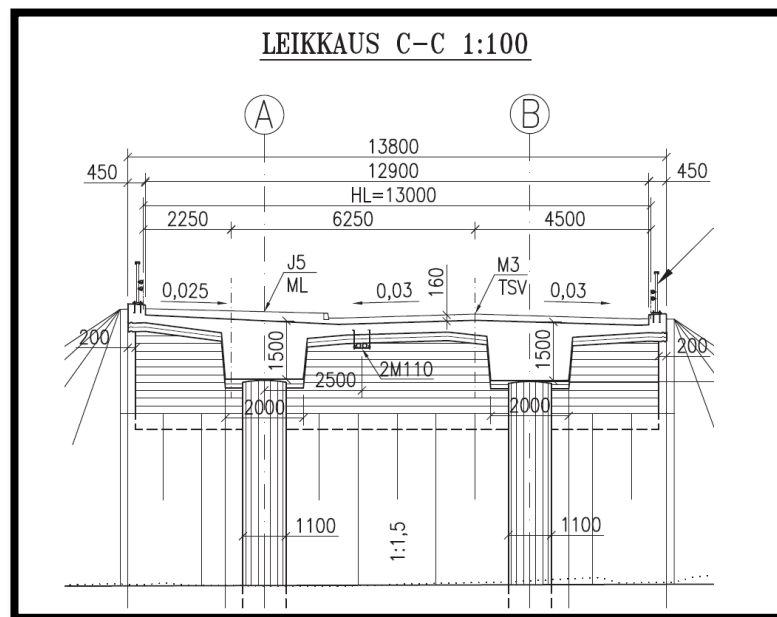
Päällysteen päällä pintavesi ohjataan reunatukien ja viettokaltevuuden avulla pintavesiputkiin. Pintavesi ohjataan pituus -ja sivukaltevuuden avulla haluttuun suuntaan. Pituus -ja sivukaltevuuden vektorisummaa kutsutaan viettokaltevuudeksi, mikä vastaa todellista kaltevuutta, mitä vesi valuu pois ajoradalta. Viettokaltevuus on oltava vähintään yhden prosentin luokkaa, mieluiten kuitenkin yli kaksi prosenttia kauttaaltaan. Suurten siltojen (silta yli 60m) suositeltava pituuskaltevuus on 1-3 % luokkaa. (SILKO 1.601, 15) Jos sillan pituus on alle kymmenen metriä ja tien pituuskaltevuus on yli 3 %, pintavesiputkia ei tarvita. (SILKO 2.611, 1) Esimerkkiratkaisuja löytyy kuvissa 2, 3 ja 4.



Kuva 2. Yksipuolinen sivukaltevuus



Kuva 3. Kaksipuolinen sivukaltevus



Kuva 4. Sivukaltevus useampaan suuntaan

2.3.2 Kosteuden hallinta kansirakenteen sisällä

Osa vedestä suotautuu päällysteen läpi eristepinnalle. Eristepinnalle suotautunut vesi pääsee eristepinnan tasossa olevien tippuputkien kautta kannen läpi. Arkikielessä tippu-vesiputkien jonoa kutsutaan kuivatuslinjaksi. Pintavesiputkien ja tippuputkien paikat suunnitellaan vähiten haittaavan paikan perusteella risteysilla. Läpi juokseva vesi ei saa pudota alapuoliselle ajoradalle, sillan välitukiin tai päätymuuriin.

Jotta eristystyö voidaan suorittaa, vaaditaan kannen pintabetonin olevan kuivunut enintään viiden painoprosentin kosteuteen. Kuivuus todetaan näytteestä punnitus-kuivatus kokeella laboratoriossa. Jotta jäljelle jäänyt kosteus ei haittaisi vesieristeen tarttumista alustaan, käytetään kannen höyrynsulkuna epoksitiivistystä tai eristeen omaa tartunta-ainetta muodostamaan väliaikainen höyrynsulku

2.3.3 Kuivatus siltakannen päädyssä

Kannen päädyssä veden kulkureitti suunnitellaan siten että juokseva vesi ei aiheuta eroosiota keiloissa. Osa vedestä suotautuu päällysteen läpi siirtymälaatan pinnalle ja päätymuurin sisäpintaan. Siirtymälaattojen yläpinnat ja siipimuurien ala -ja sisäpinnat käsitellään kaksinkertaisella bitumisivellyllä, jolla varmistetaan, ettei rakenteen maanvaraisen osa korroosioиду ennaikaisesti. (Kuva 5)



Kuva 5. Siipimuri bitumisivelty sisä ja -alapinnasta

2.3.4 Kuivatus aukon kohdalla

Hulevesi johdetaan aukon kohdalla salaoja aukon päihin sijoitettuihin tippuputkiin, sillä tippuvesiputkia ei sijoiteta aukon kohdalle. Varaus salaojalle tehdään kostutetulla puumateriaalilla, jotta päällysteen levityslämpötila ei polta puuta. Suoja-asfaltin levityslämpötila on noin 150 °C. Valuasfalttia käytettäessä levityslämpötila on noin 210 °C.



Kuva 6. Suoja-asfaltille jätetty varaus ja syöksytörven kaulus.

Yksinkertaiseksi ja taloudelliseksi suunniteltu kuivatusjärjestelmä pitää sisällään yleensä yhdistelmän tippuvesiputkia ja syöksytorvia, pintavesikaivot sillan päädyissä ja tarvittavat vedenjohtimet näille kaikille.

2.3.5 Eristeen kiinnitys siirtymälaataan

Paikalla valettavan siirtymälaatan kohdalla tehdään siirtymälaatan liikkeitä ja pienen venymän salliva erotuskaista, jonka kohdalla eriste ei kiinnity kannen päytyyn. Kuvassa 8 on nähtävillä yksi vaihtoehto työmenetelmästä. Kuvan tapauksessa eriste ruiskutettiin rakennusmuovin päälle. Rakennusmuovista leikattiin ylimääräinen osa ja saumakohta kiinnitettiin siirtymälaataan. Siirtymälaatan päälle levitettävän eristekaistaleen tehtävä on ohjata vedet siirtymälaatan päälle, ei toimia siirtymälaatan vedeneristeenä.



Kuva 7. Erotuskaista kannen ja siirtymälaatan yhtymäkohdassa

Rakennusmuovi oli kiinnitetty ennen eristeen levitystä kannen päädyn pystypintaan, niin että siirtymälaatan ja kannen päädyn kulman kohdalla muovi oli irti. Ideana on että eriste ei ole alataitteesta kiinni, jotta siirtymälaatan pienet mahdolliset liikkeet, eivät riko eristettä kulman taitteesta.

3 ERISTYSALUSTA

Tavanomaiset maantiesillat valetaan Suomessa paikan päällä rakennettuun muottiin.

Uuden sillan kansivalun tai korjauskohteen muotoiluvalun jälkeiset viimeistelytyöt ja pinnankarhennus ovat hyvän eristysalustan tartuntapinnan kannalta kriittisen tärkeitä. Pinnoitusalan ammattilainen sanoo pohjatyön olevan vähintään puolet työstä ja on varmasti oikeassa, sillä eriste on hyödytön irronneena. Eristysalustan on oltava karhennettu, kuiva ja puhdas. Puhdas pinta tarkoittaa, että pinnasta on poistettu kaikki betonin sitoutumisreaktiossa pintaan hikoillut sementtiliima, jälkihoitoaine ja mahdollinen muu lika. Laadunvarmistuskokeet käsitellään tarkemmin omana kappaleena. Aikajärjestyksessä valun jälkeen ensin tehdään viimeistelytyöt, pinta karhennetaan, imuroidaan pölystä ja sitten eristetään. Tässä kappaleessa käsitellään viimeistelytyöt, karhennus ja paikkaustavat.

Hyvä tartuntapinta vaatii karhennuksen lisäksi valujälkien siistimisen. On havaittavaa että urakan laskentavaiheessa saattaa jäädä huomioitta uuden sillan valun jälkeisten töiden vaatimat resurssit. Mahdollisten valujälkien korjaamisen lisähinta saattaa nousta useaan euroon kansineliötä kohden, mikäli kansi vaatii esimerkiksi jyräntä ja hiomista. Valun viimeistelytyöt voidaan sopia kuuluvan valuporukan urakkaan, jolloin aliurakoitsijalla on taloudellinen kannuste hoitaa itse valutyö huolella. Käytäntö on osoittanut, että työvaiheiden yhteensovittamisen kannalta nopein ja helpoin tapa on teettää viimeistelytyö pääurakoitsijan omilla työmiehillä. Eristysalustan viimeistelyn laatua tulee vaalia eristerakenteesta riippumatta. Kemiallisen ja mekaanisen adheesion kautta tapahtuva hyvä tartunta syntyy ainoastaan puhtaaseen ja karhennettuun betonipintaan.

3.1 Valujälkien viimeistely

Hierron jälkeen kannelle on levitetty tyypillisesti parafiinipohjaista jälkihoitoainetta hidastamaan liian nopea kosteuden poistuminen rakenteesta. Jälkihoito voidaan toteuttaa myös kastelemalla ja peittämällä rakennusmuovilla. Kosteuden hallitsematon haihtuminen kannesta aiheuttaa haitallista pintahalkeilua. Jälkihoitoaineen voi ajatella toimivan muovikalvon tavoin kannen pinnalla vaikutuksen aikana. Jälkihoitoaineella estetään kosteuden liian nopea poistuminen rakenteesta. Jälkihoitoaineen annetaan olla pinnassa noin viikon. (By 41, 38) Jälkihoitoaine on kuitenkin haitta-aine, kun puhutaan eristysalustasta. Jälkihoitoaine tulee poistaa pinnasta huolellisesti karhennuksen yhteydessä.

Jälkihoitoaine voidaan myös poistaa osittain kuumavesipainepesurilla, jossa ideana on pelkästään pinnan avaaminen, jotta kosteus pääsee haihtumaan nopeammin jälkihoitoajan jälkeen. Kuumavesipainepesureissa on käyttöenergiana kolmivaihevirta ja öljypoltin. Höyrypesureita saa vuokralle isommista konevuokraamoista. Kun kansi avataan ennen karhennusta höyrypesurilla, saadaan pelivaraa hiekkapuhalluksen ajankohdan kanssa ja hiekkapuhallus voidaan sijoittaa näin mahdollisimman lähelle suunniteltua vesieristeen levitysajankohtaa.



Kuva 8. Jälkihoitoaineen levitys koneellisesti

Siltakannen valusta jää enemmän tai vähemmän siistittäviä kohtia. Paras ajankohta näiden jälkien siistimiseen olisi heti hierron jälkeen kun betoni on vielä pehmeää mutta päälle astuttavissa. Yleisimmät työstöä vaativat kohdat ovat reunapalkkimuotin sisäpinnan ja kannen liitoskohta (Kuva 9), pintavesikaivojen ympärykset, tippaputkien valumiskartion ympärykset (Kuva 10) ja kannen päädyt (Kuva 11). Reunapalkkimuotti voidaan purkaa noin viikon jälkeen valusta, jolloin reunapalkkimuotin alta paljastuvat viimeistelytyöt päästään aloittamaan.

Mahdollinen harvavalu on viimeistelytyöissä korjattava työvirhe, joka johtuu liian myöhään tärytetystä massasta tai huolimattomuudesta valun aikana. Harvat kohdat piikataan auki ja rajataan timanttilaikalla leikkaamalla. Harvakohdan paikkauksen voi paikata epoksihiekkaseoksella tai paikkauslaastilla, riippuen alueen laajuudesta. Isompaan paikkaukseen valitaan mieluummin paikkauslaasti pienempien kustannusten vuoksi. Reunapalkin näkyviin jäävä osa paikataan esteettisyyden vuoksi laastilla. Eristysalustan paikkaukset eivät jää näkyviin. Kuvan 9 yläreunassa näkyy reunapalkkimuotin jättämä ura. Ura hiotaan kannen tasoon huomioiden, että kaato on oikeaan suuntaan. (Liite SILKO - hyväksytyistä paikkausmateriaaleista). Laastin käyttöä paikkauksessa puoltaa halvempi hinta, sekä betonin ja laastin samankaltainen kemiallinen koostumus. Kuvassa 9 yläreunassa oleva tummanharmaa alue on jälkihoitoainetta ja vaalea alue alareunassa on sementtiliimaa, jotka poistetaan alustasta karhennuksen yhteydessä.

Paikkauslaastia käytettäessä kohta puhdistetaan ja kostutetaan, muuten saadaan aikaan uusi harvavalukohta. Epoksipaikka sen sijaan vaatii puhtaan ja kuivan tartuntapinnan sekä laskevan lämmön kuten tiivistysepoksikin. Olisi hyvä jos kaikki paikat saataisiin karhennettua hiekkapuhaltamalla, mutta käytännössä hiekkapuhallusvälineistöä ei ole joka työmaalla varastossa. Paikan voi karhentaa kulmahiomakoneella hiomalaikalla. Kannella laastipaikkauksen on annettava kuivua ennen eristeen levitystä sen päälle.



Kuva 9. Reunapalkkimuotin ura ja harvavalu

Kuvassa 10 on pyöristetty tippaputken kartion ympäritys. Korjauskohteen muotoiluvalussa käytetään tärypalkille siltakanteen kiinnitettäviä ohjureita, jolloin korko voidaan asettaa ennalta. Kartio yhtyy itse kannen läpäisevään putkeen teleskooppi – periaatteella. Kartio saa jäädä hiukan kannen tason alapuolelle, mutta ylitystä ei sallita. Koholla oleva kartio ei toimisi veden johtimena. Viimeistelytyönä kartion ympäritys pyöristetään ja imeytetään tiivistysepoksilla tarvittaessa. Itse kartio karhennetaan myös eristystä varten, kuten kaikki muutkin haponkestävät kuivatuslaitteet, joiden pintaan eriste yhtyy. (BY 41, 85)



Kuva 10. Tippaputken reunojen pyöristys ennen karhennusta

Kuvassa 11 on nähtävissä siltakannen viimeistelemätön pääty. Päätyyn tehdään valussa viiste, mikä on hankala hiertää vinon kulman vuoksi. Päädyn hiertoa hankaloittaa usein myös muottilaudoitus. Kuvassa 12 näkyy myös siirtymälaatan bitumisively ja päätyä vasten ylös nostettu bitumikermi. Nestemäinen vesieriste ruiskutetaan kannen päädyn yli ja ulotetaan siirtymälaatan päälle (noin 350 – 500mm). Itse siirtymälaatan pinnan ei tarvitse täyttää eristysalustavaatimuksia, mutta yleensä se sivellään bitumilla. (By 41, 79)



Kuva 11. Kuva viimeistelemättömästä kannen päädystä



Kuva 12. Hiertimen jättämä reuna ja jalanjälki

Kuvissa 12, 13 ja 14 on havainnollinen tilanne, kun hierron aikana on sattunut vesisade. Sateen sattuessa hiertovaiheessa, pinta pitäisi jättää hiertämättä ja käyttää pinnan tiivistykseen ainoastaan tärypalkkia. Runsaalla vedellä hierretty pinta aiheuttaa paksun huonolaatuisen betonikerroksen kannen pintaan, jonka vesi – sementtisuhte on huono. Kuvien tapauksissa betonimassa on pinnasta erottunut sementtiliimaksi, liejuksi ja kiviaineksi ja pintaan on syntynyt niin kutsuttu "kopo" tai "korppu". Huono kohta paljastuu havainnollisesti pintaa kopauttamalla, jolloin pinnasta kuuluu ontto ääni. Tilanne on sinällään ikävä, sillä on vaikea tietää riittääkö hiekkapuhallus irrottamaan sementtiliiman vai tarvitaanko hiomista ja jysintää.

Vetokoetuloksien arvot antavat kyllä hyvän viitearvon normaalitilanteessa, kun kyseessä on onnistunut ja homogeeninen kannen pinta. Vetokoetulosten poiketessa suuresti toisistaan, tiedetään, että kansi ei ole tasalaatuinen, mikä puoltaa järeämpien työstötapojen valintaa. Esimerkkikuvan 3 kansi hiottiin ja kuvan 14 kansi jysittiin ja hiottiin. Vetokoetta käsitellään lisää laadunvarmistus - kappaleessa.



Kuva 13. Hierron yhteydessä erottunutta sementtiliimaa kannella



Kuva 14. Kannen pinnassa usean millimetrin huonolaatuinen sementtiliejukerros.

Työvaiheita suunniteltaessa tulee huomioida pinnankarhennuksen ja viimeistelytöiden järjestys. Jos eliminator eristeen pintaa täytyy korjata työn lopuksi, tehdään se lisäämällä pieni määrä eristettä kohdan päälle. Pienen määrän voi sekoittaa pahvimukiin ja sivelä käsin pensselillä. Epoksi ei tartu nestemäisenä ruiskutetun eristekerroksen päälle, sillä ruiskutustekniikalla levitetyn eliminatorin pinnassa on laskeutunutta ”eristesumua”, mikä tekee tartuntapinnasta huonon. Tilannetta voisi verrata tilanteeseen jossa kaksi

puupalaa pitäisi liimata yhteen, mutta toisen puupalan pinnassa olisi sahanpurukerros. Reagoimaton akryylimassa sen sijaan tarttuu betoniin, epoksiin ja reagoineeseen sekä kovettuneeseen akryylipintaan. Nyrkkisääntönä voisi sanoa aktiivisena reagoivan akryylieristeen tarttuvan kaikkeen materiaaliin mekaanisen adheesion avulla, mutta reagoineeseen eristekalvoon ei tartu mikään, paitsi eristevalmistajan oma asfalttiliima.

3.2 Epoksi -ja laastipaikkaus siltakannella

Kaikilta siltakansiin käytettäviltä tuotteilta vaaditaan SILKO -hyväksyntä. Vaatimus koskee paikkauslaasteja, tiivistysepokseja, impregnointiaineita ja myös itse käytettävää eristettä ja sen kaikkia ainekomponentteja. SILKO -hyväksynnän myöntää Liikennevirasto viideksi vuodeksi kerrallaan ja materiaalitestit tehdään esimerkiksi Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa (VTT). Rajauksen vuoksi käsitellään tässä kappaleessa kuitenkin vain tuotteiden tavanomaiset käyttötarkoitukset kannen paikkauksessa.

"Kaatokorjausten ja pintavalujen toimivuus edellyttää, että valettava materiaali on kauttaaltaan tartunnalla kiinni alustassaan koko korjatulla alalla, eikä merkittävää halkeilua voida sallia." (BY 41, 58)

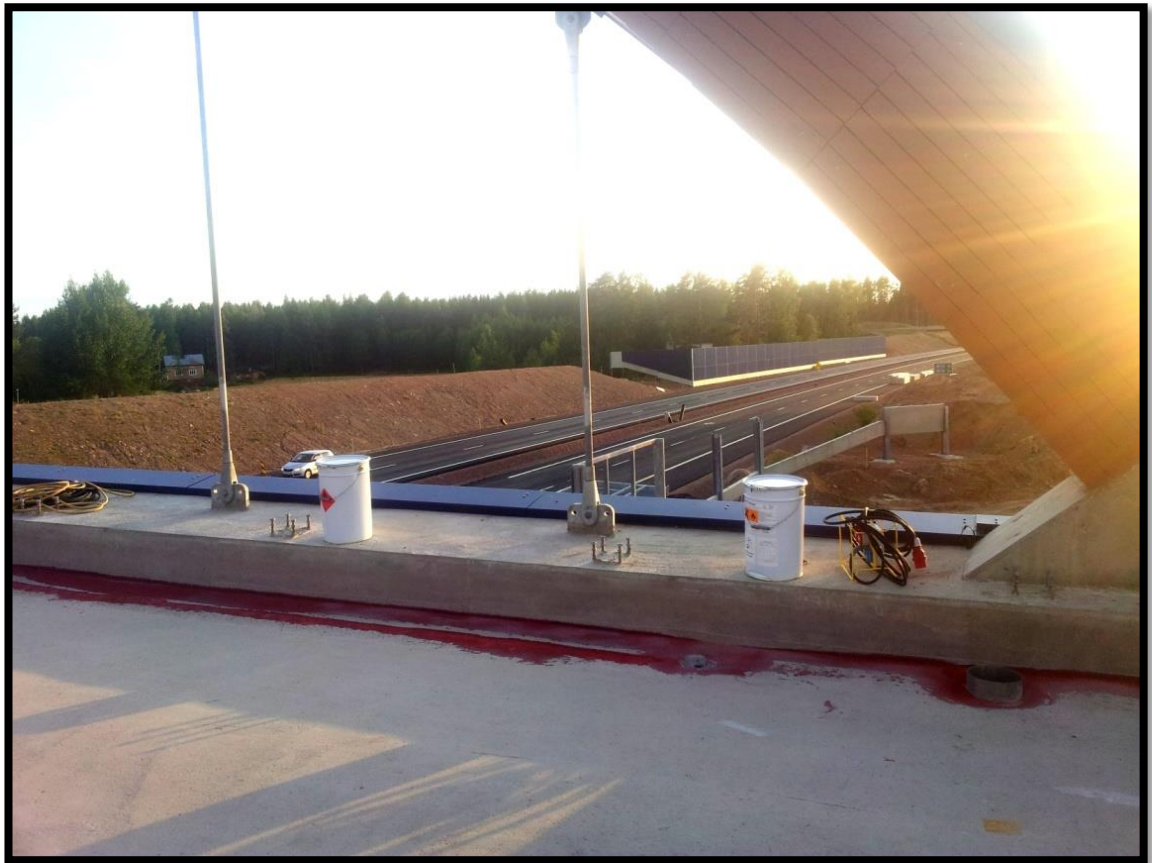
Epoksihiikkaseoksella paikattaessa, on voimassa samat vaatimukset kuin eristysalustalla. Epoksi levitetään aina laskevaan lämpöön, jolla pyritään välttämään haitallisten huokosreikien syntyä. Laskeva lämpötila voidaan katsoa saavutetuksi illalla, kun aurinko ei enää nosta kannen lämpötilaa ja ilman lämpötila on pienempi kuin kannen pinta. Lämpötilan laskiessa yötä kohden alkaa betonirakenne jäähtyä ja syntyy höyrynpaine-ero,

jolloin rakenteen pinta käytännössä alkaa imeä kaasua sisäänpäin huokosten kautta. Ongelmallista epoksihiekkapaikkauksessa laskevan lämmön periaatteen suhteen on epoksin lasittumisreaktion hitaus. Jos epoksi levitetään illalla ja kovettuminen ei ehdi tapahtua ennen seuraavaa aamua, on vaarana syntyä epäonnistunut epoksitiivistys. Kaasun virtaussuunta kääntyy aamulla ilman lämpötilan noustessa rakenteesta ulospäin. Työkentelyyn sallitut sääolot on käsitelty paremmin laadunvarmistus -kappaleessa.

Paikallisiin pieniin täyttöihin ja kaatojen korjauksiin käytetään paljon kvartsihiekkaa sisältävää epoksiseosta, joka on jähmeää ja muotoiltavaa. Haluttu jähmeys saadaan lisäämällä epoksiin eri raekokojen kvartsihiekkaa. Kuvassa 15 on todettu sadeveden lammikoituvan kannella kuivatuslinjan kohdalla, mikä on korjattu merkitsemällä lammikoiden paikat sateen jälkeen ja täytetty tiivistysepoksilla myöhemmin.



Kuva 15. Tiivistysepoksilla täytetty lammikoiden paikat pintavesiputken ympärillä



Kuva 16. Reunapalkin muotin ura paikattu ja kaato korjattu tiivistysepoksilla

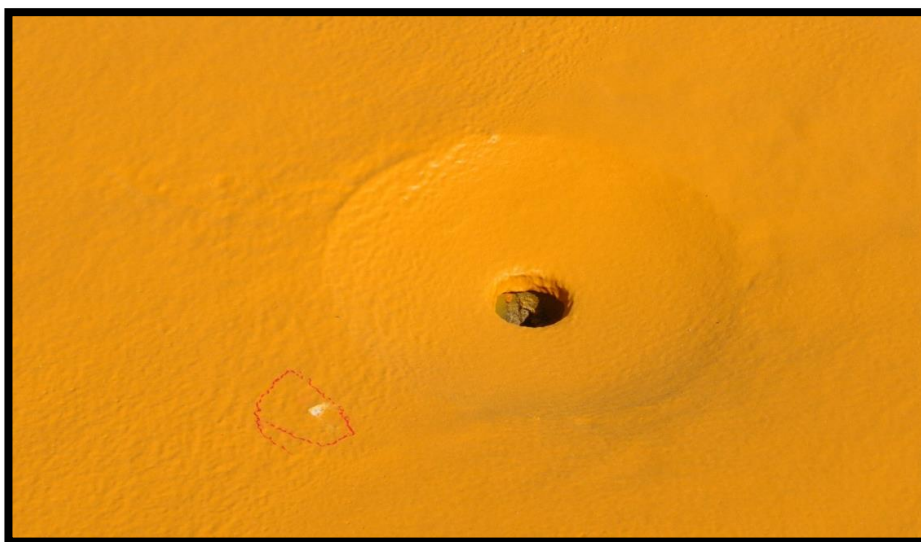
Reunapalkille nouseva vastakaato tippaputkilinjalla kuvassa 16, on korjattu tiivistysepoksilla ja viimeistelty hiomalla sopivan pituuskaltevuuden varmistamiseksi. Kun epoksia hiotaan paikkauksen jälkeen, syntyy pölyä, joka imuroidaan pois heti. Imurointi on syytä tehdä heti, sillä muuten pöly jää eristysalustaan ja varsinkin kostealla säällä hiomapölyn sisältämä sitoutumaton sementti alkaa sitoutumaan pinnassa.

Tuotemerkkejä imeytykseen löytyy esimerkiksi Luxit-IH ja STO:n tuote StoPox 88 NF. Kannen ja reunapalkin halkeamiin ja uriin käytetään viskositeetiltaan pienempää epoksia, niin sanottu imeytysepoksi. Tuotteita löytyy esimerkiksi valmistaja STO:n tuote StoPox BV 88 NF/NFR. (Liite, jossa on ajankohtaiset SILKO -tuotteet) Liikenneviraston internetsivustolta löytyy ajankohtaiset SILKO- hyväksytyt tuotteet.

3.3 Pinnan karhennusmenetelmät

Pohjatietoa kerätessä, oli havaittava, että kirjoitettua tietoa siltakannen karhennuksesta on ja tarjolla hyvin vähän. Opinnäytetyötä varten haastateltiin kahta alan kokenutta yrittäjää. Haastateltaviksi valittiin hiekkapuhallustietoa edustamaan Jani Latva-Karjanmaa (Latvis Oy) ja sinkopuhalluksen ammattiteoriaa varten haastateltiin Arsi Alataloa Alatalon Rakennuspalvelut (Arp Oy). Tässä kappaleessa viitataan haastatteluissa saatuihin tietoihin. Jani Latva-Karjanmaalla ja Arsi Alatalolla on molemmilla useiden satojen referenssikohteet pinnan karhennuksesta.

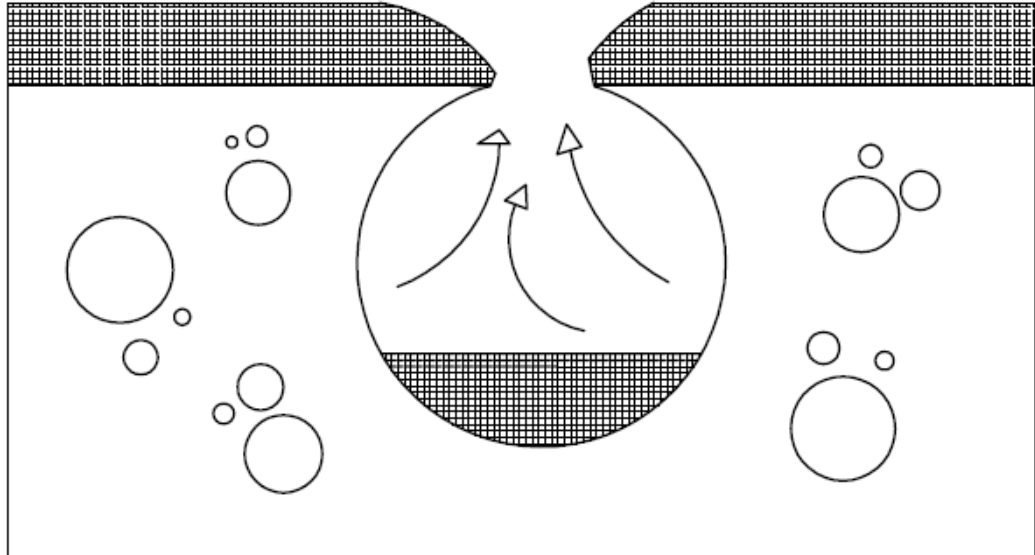
Suihku -ja sinkopuhdistuksen tarkoitus on betonijäämien ja lian poiston lisäksi karhennus lasihelmikokeen toleranssin alarajalle ja mielellään reilusti yli. Liiallinen karhennus on kuitenkin haitallista, sillä tällöin pintaan saattaa aueta kaasuhuokosia, joista purkautuu kaasua rakenteesta. Kaasun purkautuminen voi aiheuttaa niin kutsuttuja "pinholeja" eristekalvoon. Pinhole eli suomennettuna huokosreikä, on kohta, josta kaasu purkautuu muuta tasalaatuista pintaa kiivaammin. Huokosreikä vapauttaa kaasua suuremmalta pinta-alalta ja saattaa puhkaista eristekalvon, vaikka tartunta-aine levitettäisiin laskevaan lämpöön. Kuvassa 18. on periaatekuva puoliksi täyttyneestä huokosreiästä. Nuolet kuvaavat kaasun virtausta ja rasteroitu alue kuvaa eristekerrosta.



Kuva 17. ”Pinhole” on havaittu silmämääräisesti ja avattu puukon terällä.

Pintabetonin huokosten esiintymiseen vaikuttaa suoraan tärypakilla tehdyn vibraamisen huolellisuus ja betonin koostumus. (Kuva 17 ja 18). On havaittu huokosreikien aiheuttamia kaasupurkauksia esiintyvän toisinaan, yleensä eristysalustan kohdissa, missä on jotain poikkeavaa eristysalustassa jo ennen eristysvaihetta. Poikkeava kohta erottuu sil-

määräisesti ja voi olla esimerkiksi betonin poikkeama, jo korjattu kohta tai kuivatusjärjestelmän läpiviennin osan vierus. Mahdolliset poikkeamakohdat käydään läpi erityisellä huolella kipinäharavoinnin yhteydessä. Huokosreikä paikataan eristemateriaalilla jälkikäteen, ellei 2. eristeen levityskerta ole jo tukkinut reikää.



Kuva 18. Periaatekuva paineesta huokosreiän sisällä

Periaatekuva (kuva 18) huokosreiän synnyttämästä paineesta. Onkalo tai reikä ”kerää” painetta tasalaatuista betonipintaa suuremmalta alalta huokosen sisältä, mikä purkautuu ulos rakenteesta reiän kautta

3.3.1 Hiekkapuhallus

Betonirakenteiden korjausohje 2007, määrittelee tavanomaisen hiekkapuhalluksen jäljen: "Sementtiliima ja mahdollinen vanha maali ovat poistuneet kauttaaltaan 99 %:sti ja pinnassa voidaan erottaa kauttaaltaan alle 1 mm kiviainesrakeita. Rakenteen pinnalla ei esiinny puhdistamattomia alueita." (Lähde By 41, taulukko 3,5)

Suihkupuhdistuksen toimintaperiaate perustuu paineilmalla alustaa vasten kiihdytettävistä partikkeleista. Kiihdytettävänä kiteenä käytetään yleensä seulottua hiekkää, luonnonhiekkää, soodaa tai kvartsihiekkää. Arkikielessä puhutaan yleensä hiekkapuhalluksesta. SILKO -ohje suosittaa käytettäväksi raekooksi 0,5-1,7mm kokoisia partikkeleita. (SILKO 1.203 s. 24) Pinnankarheus ja työtahti on parempi, jos käytetään tästä vieläkin karkeampaa raekokoa, mutta tähän vaaditaan tehokas lavetille rakennettu laitteistokonaisuus, joita löytyy hiekkapuhallusalan yrittäjiltä. Toisin sanoen, ratkaisevaa on

suihkun kide -ilmamäärä -suhde ja suihkun kokonaisteho työstösuuttimesta ulos tultaessa. Konepajoilla maalausalustan puhdistukseen käytetty hiekka on liian hienojakoista betonin kathennukseen.

Hiekkapuhalluslaitteisto vaatii tehokkaan kompressorin, jossa on veden ja öljynerotin. Kompressori ei missään tapauksessa saa päästää öljyä paineilmaan, sillä öljypisarat piilaavat alustan tartuntapinnan. (Lähde By 41, s. 30) Hiekkapuhaltajalta kysyttiin sopivan kompressorin kriteerit (J.L-K.):

- paineentuotto 8,5 - 11 Kbar, 7 Kbar on auttamatta liian vähän
- ilmamäärä 9,5 - 12 m³/minuutti
- A1 - luokiteltu, mikä tarkoittaa käytännössä laitteiston sisältävän välijäähdytyksen veden ja öljyn erottelemiseksi paineilmasta

Hiekkapuhallus työvaiheena aiheuttaa melua ja suuren määrän pölyä, joka on huomioitava varsinkin taajamassa ja asutuskeskuksissa. Hiekkapuhallusta ei tehdä sateella, ellei sääsuojateltta ole käytössä, sillä riskinä on, että irronnut sementtiliima tarttuu kanteen uudestaan kiinni. (SILKO 1.203 s. 24). Sääsuojateltan käyttö eristystyössä tuli pakolliseksi kaikilla työmailla vuoden 2014 alusta.

3.3.2 Sinkopuhdistus

Sinkopuhalluslaitteisto eroaa hiekkapuhalluksesta toimintaperiaatteeltaan. Sinkopuhdistuslaite kimmottaa teräskuulia karhennettavaan pintaan, ja samalla kerää pölyn ja kimpoavat kuulat talteen. Sinkopuhdistuksen hyviä puolia ovat tasalaatuinen pinta, sillä laitteisto on itsevetävä ja nopeutta voidaan säätää sopivaksi työn aikana. Sinkopuhalluksella voidaan karhentaa vain vaakatasossa olevia pintoja, jolloin siltakansi tarvitsee myös avuksi suikupuhdistusta, jotta myöskin eristettävät pinnat, kuten reunapalkille nostot ja kannen pääty saadaan karhennettua. Sinkopuhdistuslaitteistolla päästään karhentamaan 50 – 100 mm etäisyydellä esteistä.



Kuva 19. Sinkopuhdistuslaitteen oikealla puolella kertaalleen ylitettyä pintaa ja vasemalla puolella karhentamatonta pintaa. Lähde: Alatalon rakennuspalvelut Arp Oy.

Sinkopuhdistuksen nopeus vaihtelee 50-80 m² tunnissa. Työ tehdään käytännössä laitetta ajamalla kaista kerrallaan ja niin että joka kohta yliteen ainakin kerran. Teräskuulat kiertävät työskentely-yksikössä kimmottaen kuulia työstettävään pintaan. Laitteisto kerää kuonan ja pölyn talteen imuysikköön. Työskentely on pölytöntä ja melutonta.

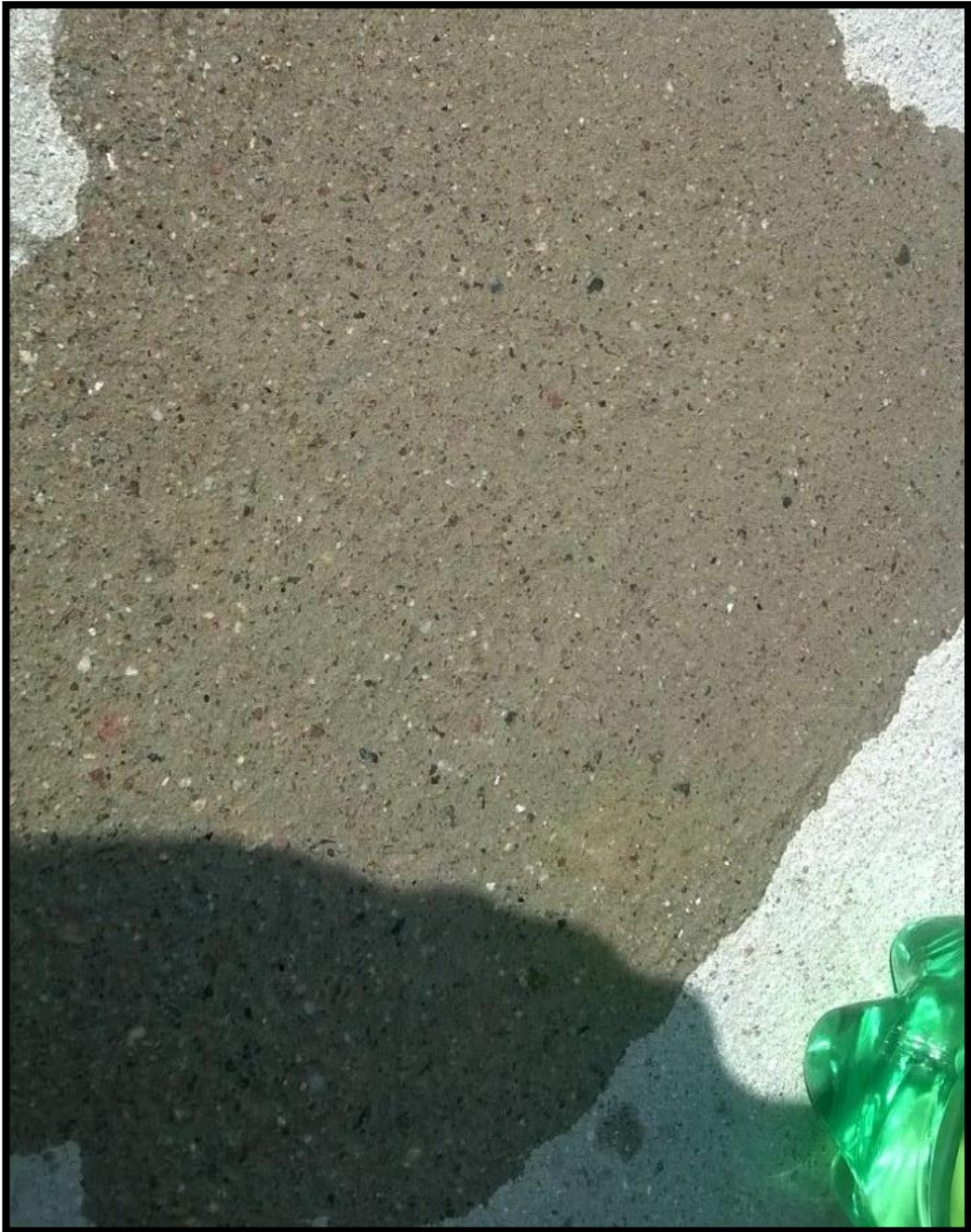


Kuva 20. Sinkopuhdistuslaitteiston imuyskikkö. Lähde: Arp Oy

Jos kannen valun aikana on satanut vettä, tai vastoin ohjeita, kansi on hierretty vettä apuna käyttäen, syntyy huonolaatuista ”korppua” tai ”kopoa”. Tämä tarkoittaa, että vesi sekoittuu hierrettävän pinnan kanssa ja betoni erottuu sementtilimuksi ja kiviaineeksi, jolloin lopputuloksena on betonin huono vesi – sementtisuhde. Sementtilimun poisto on työlästä hyvälläkin karhennuslaitteistolla, sillä erottuneen pinnan paksuus voi nousta jopa kymmeneen millimetriin. Huonon hiertokohdan tunnistaa vasaralla kopauttamalla, jolloin pinnasta irtoaa kuoren omainen kerros. (Kuva 13 ja 14.) Jälkityönä poistettava kerros poistetaan betonijyrsimellä ja järeällä hiomakoneella. Jyrsimellä saadaan poistettua muutama millimetri yhdellä ylityskerralla laitteesta riippuen, mutta jyrsinnän huono puoli on pintaan aiheutuva mikrohalkeilu. Jyrsimen käyttökustannukset ovat suhteellisen pienet, mutta jyrsimen jättämä jälki ei sellaisenaan kelpaa eristysalustaksi. Jyrsinnän jälkeen on siis vielä suoritettava hionta ja hiekkapuhallus. Samalla tavoin jos pinta ainoastaan hiotaan, on se karhennettava uudestaan.

Pinnankarhennuksen onnistumista mitataan makrokarkeutena lasihelmikokeella ja silmämääräisesti. Silmämääräinen tarkastelun vaatimuksena on että 25% on näkyvää kiviainesta. Lasihelmikoe ja silmämääräinen tarkastelu käsitellään laadunvarmistuksen yhteydessä. Sillan kansivalun ja päällystyksen väliset työvaiheet aikataulutetaan sen mukaan, miten valu on onnistunut.

Silmämääräisesti hiekkapuhallustulosta tarkastellessa voi käyttää apuna tilkkaa vettä, joka tuo esiin kiviaineen värit ja kontrastin. Kuvissa 19 ja 21 on esimerkillinen karhennettu pinta. Kuvassa eristysalustalle on kaadettu tilkka vettä, mikä helpottaa kiviaineen näkyvän määrän arviointia.



Kuva 21. Eristysalustassa kiviaines näkyvillä.

3.4 Laadunmittaukset ennen eristysalustan luovutusta eristysurakoitsijalle

Eristysalusta tarkastetaan silmämääräisesti, ettei siinä ole sementtiliimaa, jälkihoitoainetta, liuottimia, öljyä, rasvaa tai muuta epäpuhtauksia. Eristysalustan viimeistelytyöt ja karhennusmenetelmät käsiteltiin aiemmin kappaleessa kolme.

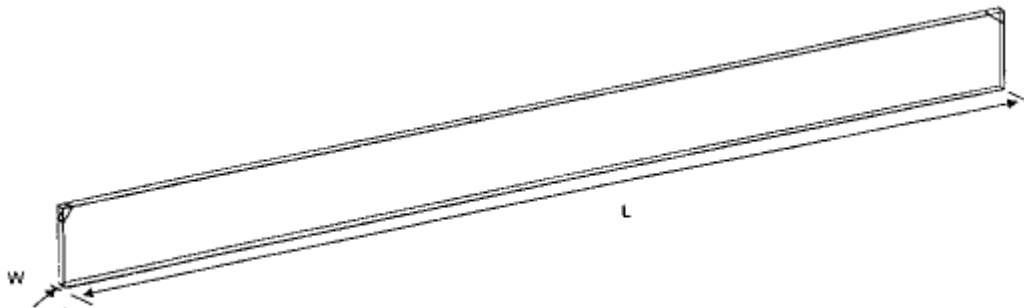
3.4.1 Eristysalustan absoluuttinen kosteus

Ennen varsinaista absoluuttisen kosteuden mittausta tehdään pintakosteusmittarilla kartoitus, miten pintakosteus vaihtelee kannella. Huomiota tulee kiinnittää mahdollisiin kosteisiin kohtiin, joita voi olla esimerkiksi auringolta suojassa ollut kohta tai reunapalkin vierus. Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus julkaisussa on liitteenä mittapöytäkirjapohjia. Näytepalat otetaan oletetuista kosteimmista kohdista.

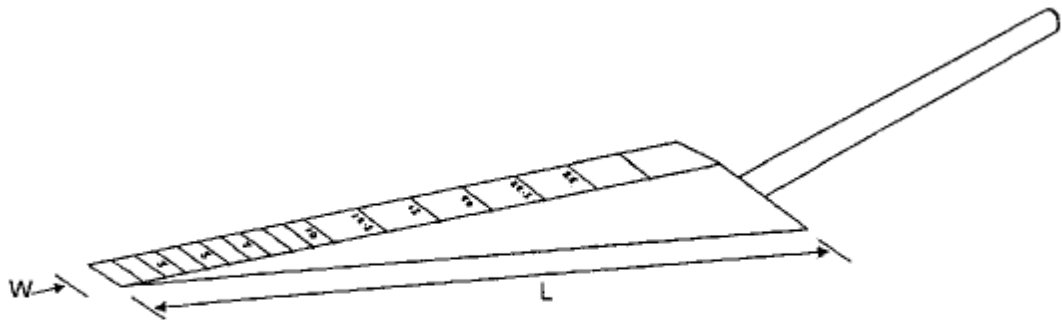
Absoluuttinen kosteus mitataan ottamalla siltakannesta näytepala, joka ulottuu 30 mm syvyyteen saakka. Näytepala viedään tiiviissä pussissa laboratorioon, jossa näyte punnitaan ennen ja jälkeen kuivatuksen. Näytettä kuivatetaan kunnes se saavuttaa vakiopainon. Näin saadaan tietää paljonko paino-% näytteessä oli kosteutta. Nestemäisenä levitettävän vesieristeen alustan absoluuttinen kosteus saa olla enintään viisi painoprosenttia. Kosteusvaatimus koskee myös mahdollisia laastipaikattuja kohtia. (VTT-2650)

3.4.2 Eristysalustan tasaisuus

Eristysalustan tasaisuus mitataan 1500 mm pitkällä oikolaudalla ja mittakiilalla. Menetelmässä oikolautaa asetetaan eristysalustalle ja kiila työnnetään alustan ja oikolaudan väliin, jolloin voidaan lukea mittakiilan asteikosta raon korkeus. (PANK-5102)



Kuva 1. Oikolauta (ei mittakaavassa) $L = 1500 \pm 5$ mm.



*Kuva 2. Mittakiilan periaatekuva (ei mittakaavassa)
pituus = 300 ± 3 mm, leveys = 25 ± 1 mm.*

Kuva 22. Oikolauta ja mittakiila (sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus)

3.4.3 Eristyslustan makrokarkeus

Lasihelmikokeella määritetään eristyslustan makrokarkeus. Menetelmässä levitetään kumikiekolla 25 ml lasihelmiä karhennetulle eristyslustalle kunnes helmet eivät enää leviä suuremmalle alalle. Kun helmet eivät enää leviä alustalla on helmet täyttäneet pinnan huokokset. Lasihelmikoetta tehtäessä tuulisella säällä, on helmet suojattavat tuulelta, jotta ne eivät karkaa tuulen mukana. (PANK-5103)

Liiallinen karkeus lisää turhaan materiaalimenekkiä ja liian vähäinen karkeus (tasaisuus) vaikuttaa haitallisesti tartunnan aikaansaavan mekaanisen ja kemiallisen adheesioon määrään alustan ja materiaalin välillä.

4 ERISTYSTYÖ NESTEMÄISELLÄ VESIERISTEELLÄ

Eristemateriaali on 2-komponenttista metyyli-meta-akrylaattia (MMA). Aineelle on luontaista polymeerin kemiallinen käyttäytyminen. Sidostuvat polymeeriketjut muodostavat toisiinsa nähden kaikkiin suuntiin sitoutuvia yhdisteitä, mikä selittää materiaalin hyvän tarttumisominaisuuden. MMA:ta käytetään moninaisesti raaka-aineena esimerkiksi liimoissa ja maaleissa, hammastekniikassa, joustavaa kiinnitystä vaativissa liimauksissa. Ruiskutettu materiaalikalvo jäähmettyy ensin geeliksi ja noin 20 minuutin kuluttua kovaksi lopputuotteeksi.

Eristystyön aikana kaikki tulityö ja tupakointi on ehdottomasti kiellettyä, sillä eristemateriaalit ovat tulenarkoja ja osa höyryntyviä. Materiaalien sekoitukseen käytetään paineilmalla toimivia sekoittimia, jossa sähkölaitteiden kipinöinti ei vaaranna työturvallisuutta. Työtä tehdessä varmistetaan aina alkusammutusvälineen helppo saanti. Alkusammutusvälineeksi soveltuu jauhesammutin, mitä pidetään sillan kannen päädyssä yhteisesti sovitulla paikalla.

Eristystyö voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa pintaan telataan tai lastataan tartunta-aine. Tartunta-aine on hyvin matalaviskositeettinen materiaali ja tunkeutuu eristysalustaan ja sulkee kannen höyryn ja kosteuden liikkeiltä. Toisessa ja kolmannessa vaiheessa ruiskutetaan Eliminator -eristekerrokset. Itse eriste levitetään kahdessa kerroksessa, jolla saadaan suurempi varmuus vesitiiveyteen. Tällöin toinen ylityskerta täyttää mahdolliset ensimmäisellä levityskerralla syntyneet huokosreiät (eng, pinholet). 1. kerroksen jälkeen jääneitä huokosreikiä ei siten tarvitse välttämättä lopuksi paikata. Tartunta-aine, sekä 1. ja 2. eristekerros sulavat kemiallisesti yhtenäiseksi kerrokseksi ja muodostavat saumattoman eristepinnan.

On tärkeää tehdä ero perinteisen epoksitiivistyksen ja tartunta-aineen kanssa. Tartunta-aine luo väliaikaisen höyrinsulun kannen pintaan. Kun puhutaan epoksoinnista kermieristeen yhteydessä, on kyse pysyvästä tiivistyskerroksesta. Tiivistysaineen ja epoksoinnin yhteydessä puhutaan kuitenkin yhtä lailla kannen höyrinsulkemisesta, mikä käytännössä estää ilman ja vesihöyryn liikkeet kannen pinnasta ulos. On erityisen tärkeää että kannen sulkeminen tehdään laskevaan lämpöön, jolloin höyryn virtaussuunta on pääsääntöisesti rakenteen sisään päin. Materiaalivalmistaja Stirling Lloyd tarjoaa kolme eri primeria tartunta-aineeksi. Betonin tartunta-aineeksi on kaksi eri laatua kesä ja –

talvilaatu. Talvella voidaan talvilaadun avulla työskennellä -10 °C pakkaseen asti. Kolmas primer on tarkoitettu kannen metalliosille.

4.1 Valmisteleva työ kannella

Eristemateriaalit saadaan siirrettyä helpoiten kannelle peruuttamalla välineistön siirtoon käytettyä kuorma-autoa siirtymälaatan päälle, jolloin auton perälaudan avulla saadaan siirrettyä välineistö suoraan kannelle. Jos siirtymälaatta ei ole vielä valettu, käytetään nostoihin nosturia tai HIAB -nostinta. Nostoista on hyvä sopia etukäteen viivästysten välttämiseksi. Mikäli kohteessa on käytettävissä tai nopeasti tilattavissa nostoapua, nostetaan vain tarvittava määrä kalustoa kannelle. Kannella materiaalitynnyrit liikkuvat parhaiten käsikäyttöisellä lastauspumpulla. Ylimääräistä kannella kävelyä tulee välttää eristystyön vaiheiden välissä, jotta likaa ei tule kannelle.

Korkeapaineruiskulla levitettävä eriste aiheuttaa ympäristöönsä sumun, joka saattaa tuulen levittämänä sotkea paikkoja. Tuulen alapuolelta on syytä siirtää parkkeeratut autot sivuun. Jos sillan pysyvät kaiteet on jo asennettu, voidaan tuulesta riippuen arvioida suojataanko kaiteet myös. Reunapalkin sisäpuolella tarvittava suojaus saadaan eristettä levitettäessä rajauksen teon yhteydessä. Reunapalkki on muutoin hankala suojata, sillä mikään teippi ei käytännössä pidä betonia vasten tuulen kiskomaa suojauksessa käytettävää rakennusmuovia paikoillaan.

Kuorma-auto on yleensä pysäköitynä sillan päädyssä, josta on saatavilla nopeasti ensisammutuskalusto. Työn aluksi tarkistetaan vaahtosammuttimien saatavuus hätätilanteen varalle.

Jos kompressori sammuu ja sitä ei saada uudestaan käyntiin, on vaarana jo sekoittuneen kaksikomponenttimateriaalin sitoutuminen laitteiston sisään. Mahdolliseen häiriötilanteeseen varaudutaan typpikaasupullolla, jonka paineen avulla saadaan ajettua asetoni laitteistoon. Asetoni korvaa eristemateriaalin pumppuasemalla ja ruiskutusletkuissa, kuten huollon tai tauon aika normaalisti.

Ennen työn aloitusta puetaan suojahaalarit, nitrutihanskat ja hengityssuojaimet. Työhön varataan yleensä myös turvakengät, joita käytetään jatkossa vain samaan työhön. Eristemateriaali ei irtoa pesemällä tekstiileistä.



Kuva 23. Ruiskumies pesemässä suutinta

4.2 Työryhmä

Työryhmään tarvitaan vähintään kaksi koulutettua materiaalin ruiskuttajaa, pumppu-aseman tarkkailija ja vähintään yksi apumies. Eristetyön aikana tulee työkohteessa olla nimetty eristystyön johtaja. Rateko järjestää esimiehille suunnatun "Siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristystöiden valvojan ja työnjohtajan koulutus"-kurssin. Vesieristeen asentajille on vastaavasti oma koulutuksensa "Siltojen ja muiden liikennöityjen alueiden vedeneristäjän henkilösertifiointiin valmentava koulutus". Ruiskuttajien tehtävä on Stirling Lloyd koulutuksen mukaan ainoastaan keskittyä ruiskuttamiseen ja syntyvän pinnan jälkeen. Hyvä ruiskutusjälki muistuttaa appelsiinin kuoren pintaa. Muiden kannella työskentelevien tulee avustaa ruiskuttajia parhaansa mukaan häiriötömään työskentelyyn.



Kuva 24. Työryhmä kannella, Ahvenkoski E18

Pumppuaseman huoltaja tarkkailee painetasoja materiaalipumpuissa ja materiaalit sekoittavassa korkeapainepumpussa pumppuasemalla. Pumppumies siirtelee tarpeen mukaan apumiehen kanssa materiaalitynnyrit ja pumppuasemaa työn edetessä kannella. Materiaalitynnyripari vastaa noin kahden tunnin työskentelyä ja materiaalitasoa tynnyrissä tarkkaillaan mittatikulla kun tynnyrit alkavat tyhjentyä.

On erityisen tärkeää että eri tynnyreissä olevat materiaalipumput eivät mene epähuomiossa sekaisin keskenään materiaalipumppua uuteen tynnyriin siirrettäessä. 2-komponenttisen eristeen sekoituessa väärässä kohtaa materiaalinsyöttöä, syntyy todennäköisesti tukoksia, samoin mahdollisesti koko korkeapainepumppu jumittuu ja joudutaan pitämään ylimääräinen työseisakki huollon ajaksi.

Kun pidetään tauko ruiskutuksessa, sulkee pumppumies materiaalinsyötön ja avaa liuotinpumppun. Liuotinpumppu syöttää asetonin korkeapainepumpun kiertoon ja ruiskutusletkuihin, jotka ruiskutetaan eristemassasta tyhjäksi. Asetoni jätetään korkeapainepumppuun aina kun ei ruiskuteta tai siirrytään toiselle työmaalle.



Kuva 25. Pumppuasema ja materiaalitynnyrit.

Apumies toimii aktiivisena avustajana ruiskuttajille ja pumppumiehelle. Ruiskumies tarvitsee suuttimen puhdistukseen säännöllisesti asetonipesua, missä apumies on tarpeen pesuastian ja pesuvälineiden kanssa. Reunapalkin rajaus hoituu myöskin parhaiten kun apumies auttaa pitämällä reunapalkin päällä esimerkiksi sopivaksi mitoitettua vanerilevyä, joka tukeutuu reunapalkin yläpintaan. Apumies tai ruiskuttaja ottaa kalvopaksuus-kammalla 10m^2 välein materiaalikalvon paksuudesta kokeita ja ruiskuttajan kanssa tarkastavat tuloksen. Valmiin eristyksen kalvovaatimus on keskimäärin vähintään 2,5mm ja joka kohdassa vähintään 2,0mm. (InfraRYL 2006, 203)

Eristeen ruiskutusvaiheet vaativat siis vähintään neljä työmiestä. Työskennellä voidaan kuitenkin myös pareittain, kun telataan tai lastataan Primer -tartunta-ainetta tai ruiskutetaan pienemmällä materiaalipumpulla Bond Coat 3 -asfalttiliimaa valmiin eristeen päälle.

4.3 Tartunta-aineen levitys

Tartunta-aineen ideana on sulkea kansi väliaikaisesti kaasun liikkeiltä ja tunkeutua karhennettuun betoniin muodostaen lopulta eristekerrosten kanssa saumattoman ja elastisen eristekalvon. Kun on katsottu eristysalustan olevan eristysvalmis, aloitetaan materiaali-tynnyrien jako kannelle. On viisasta arvioida materiaalin kulutus kansineliöiden ja pinnan karheuden mukaan. Tarvittava määrä tynnyreitä jaetaan kannelle tasavälein, jotta työn edetessä itse työ ei häiriinny ja voidaan arvioida materiaalikulutusta. Primeriin sekoitetaan orgaanista peroksidia käynnistämään kemiallinen sitoutumisreaktio. Orgaaninen peroksidi on syövyttävää kevyttä valkoista jauhetta, jota esimerkiksi tuulenpuuska voi pölyttää ilmaan. Käytetystä kiihdyttimen määrästä ja lämpötilasta riippuen tartunta-aine on levitettävissä noin 20 minuuttia, jonka jälkeen seuraa geeliintyminen ja kovettuminen hyvin nopeasti.

Kun yksi mies sekoittaa materiaalia ja kolme levittää materiaalia, työ sujuu jouhevasti. Kaksi levitysmiestä levittää tällöin telalla tartunta-ainetta reunapalkin sisäpintaan ja kaivojen ympärille, yhden käyttäessä lastaa isommille pinta-aloille. Lastan käyttö soveltuu vain tasaisille pinnoille.



Kuva 26. Kuvassa etualalla tartunta-aine levitettynä

4.4 Eristekerrosten ruiskutus

Eristekerrokset ruikutetaan pintaan yhtenäisenä rintamana edeten aina märän pinnan päälle jatkaen. Työvuoron suunnittelussa rajataan haluttu yhdellä kertaa ruiskuttettava alue. Korkeapainepumppu syöttää sekoittuneen komposiittimassan ruiskutusletkuille ja eteenpäin ruiskuille. Suutinta on optimaalisinta suunnata kohtisuoraan ruiskutettavalle pinnalle noin puolen metrin korkeudelta. Ruiskutus tehdään ristiin ruiskuttamalla, jotta materiaali leviää tasaisesti ja ruiskuttajan silmiltä katveeseen ei jää ”varjokohtia”. Stirling Lloyd materiaalintoimittaja järjestää ruiskuttajille oman koulutuksen.

Kerralla ruiskuttava ala suunnitellaan ennen aloittamista, sillä kaikkia työmiehiä tarvitaan työn aikana keskittymään omaan tehtäväänsä. Suunnittelussa otetaan huomioon tuulen suunta, arvioitu käytettävissä oleva eristysaika yöstä kohden ja kannella siirrettävien työvälineiden sijoittelu työn eri vaiheissa. Työssä edetään yhtenä rintamana, niin että ylimääräisiä limityksiä ei synny. Limitys eristekerrosten välillä ruiskutetaan vähintään viisi senttimetriä leveäksi ja tavanomaista kalvovahvuutta paksummaksi varmuuden vuoksi. Paksumpi materiaalipaksuus takaa eksotermisen polymerisaatioreaktion tapahtuvan hyvin limityksen kohdalla. InfraRYL 2015 päivitysehdotuksessa vähimmäislimitysvaatus tulee olemaan 5cm. (Kuva 27) Eristekerrokset ovat samaa materiaalia eri väriaineella. Väriaine raakamateriaalissa helpottaa eri kerrosten erottamista toisistaan työn aikana.



Kuva 27. Primer, 1. ja 2. eristekerros

4.5 Bond Coat asfalttiliima

Bond Coat asfalttiliimaa levitetään ohut kalvo valmiin eristeen päälle. Asfalttiliima aktivoituu suoja-asfaltin tai valuasfaltin lämmitysvaikutuksesta ja liimaa asfaltin kiinni eristepintaan. Liiman levityksen ohjearvo on vähintään 600g/m^2 . Liima on helpointa levittää pintaan pienellä materiaalipumpulla ja ruiskutusletkulla. Sopiva levitysmäärä saa kannen läpikuultavan punaiseksi. Kuvassa 30 on suoja-asfaltin levitys eristeen päälle.



Kuva 28. Suoja-asfaltin levitys Bond Coatin päälle

4.6 Materiaalin turvallinen käsittely ja kuljetus

4.6.1 Raakamateriaalin käsittely jätteenä

Reagoiut ja kovettunut materiaali voidaan käsitellä normaalina muovijätteenä tavallisen jätehuollon mukana. Jos raakamateriaalia joudutaan hävittämään, voidaan se tehdä jätteenkäsittelyasemien kautta. Tampereen seudulla jätettä ottaa vastaan esimerkiksi Tarastenjärven vaarallisten jätteiden asema Varma. Tarastenjärvellä asema luokittelee jätteen maaliätteeksi, jonka käsittelyhintaa on $1,2\text{e/kg} + \text{alv}$. Tarastenjärvi toimittaa jätteen Riihimäellä sijaitsevaan Ekokem jätteenkäsittelylaitokselle. Ekokem käsittelee jät-

teen palavana nesteenä, jolle soveltuu terminen käsittely. Ekokem ottaa vastaan suuremmat määrät jätettä ja hinta on tapauskohtainen.

4.6.2 Materiaalin turvallinen käsittely työskenneltäessä

Raakamateriaalien komponentit eivät ole syöpää aiheuttavia, eivätkä sisällä PBT -tai vPvB -aineita. PBT -aineet yleisesti tarkoittavat hitaasti hajoavia, biokertyviä ja myrkyllisiä aineita. vPvB aine tarkoittaa vastaavasti erittäin hitaasti hajoavia ja erittäin voimakkaasti biokertyviä aineita. Materiaali on vesistölle haitallista, mikä huomioidaan vesistöä ylittävän sillan tapauksessa estämällä esimerkiksi vedenjohtimien kohdalla materiaalin valuminen vedenjohdinten läpi vesistöön. Työskentelytilanteessa materiaalia ruiskutettaessa ilmaan syntyy sumu. Sumun mukana kulkeutuvaa materiaali ärsyttää ihoa ja hengityselimiä, miltä suojaudutaan hengityssuojaimin, suojahaalarein ja niriittihanskoin.

[\(http://www.kemikaalineuvonta.fi/fi/Saadosalue/REACH/Menettelyt/Erityista-huolta-aiheuttavat-aineet/\)](http://www.kemikaalineuvonta.fi/fi/Saadosalue/REACH/Menettelyt/Erityista-huolta-aiheuttavat-aineet/) (liite 5)

4.6.3 Materiaalin kuljetus

Raakamateriaalikomponentit A ja B luokitellaan kuljetuskategoriaan 3: Palavat nesteet. Kuljetuksesta vastaavalla henkilöltä vaaditaan ADR kuljettajan lupa. ADR-ajolupa (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road) on lupa, joka vaaditaan vaarallisten aineiden kuljettajalta. Vaarallisten aineiden kuljetukset on rajoitettu alueellisesti niin että asutuskeskuksissa ja taajamissa olisi mahdollisimman vähän vaarallisten aineiden kuljetuksia. ADR kuljetuksessa on kuljettajan vastuulla pitää tarkkaa kuormakirjaa kuorma-auton ohjaamossa onnettomuustilanteen varalta, varmistaa kuorma autosta löytyvän kuljetuksen mukainen lisävarustelu ja vaarallisten aineiden kuljetuksesta kertova oranssikilpinen huomiolaattojen sijoittelu ja näkyminen muille tienkäyttäjille. Reagoanut ja kovettunut eristemateriaali on normaalia jätettä, mitä pieninä määrinä voi toimittaa metallijätteen mukana kierrätyskeskukseen. Suuri määrä eliminator jätettä vaatii terminen jätteenkäsittelyn.

5 LAADUNVARMISTUS

Vedeneristystyömaalla suoritetaan laadunmittauksia ennen eristysalusta luovutusta eristysurakoitsijalle, työn aikana ja eristystyön jälkeen. Laatuvaatimukset koskevat kaikkia eristeratkaisuja. Pääurakoitsijan vastuulla on eristysalustan kelpoisuus, viimeistelytyöt ja laatumittaukset.

LAATUOMINAISUUS (InfraRYL, osa 3)	MITTAUSVÄLINEET
Eristysalustan absoluuttinen kosteus	Näytteenottovälineet ja lämpökaappi
Eristysalustan pintakosteus	Pintakosteusmittari
Eristysalustan tasaisuus	1, 5 m oikolauta ja mittakiila
Eristysalustan makrokarkeus	Lasihelmimenetelmän mittausvälineet
Olosuhteet eristysalustan tiivistystyön, vedeneristystyön sekä tiivistysainekerroksen lujittumisen aikana	Ilmanlämpömittari Ilmankosteusmittari Pintalämpömittari Ilman kastepisteen määrittelylaite
Eristysalustan tiivistyksen vesitiiviys	Vesitiiviuden määrittelylaitteet varusteineen
Nestemäisenä levitetyn eristyksen kerrospaksuus	Kerrospaksuuden määrittelylaite varusteineen
Eristysalustan tiivistyksen ja vedeneristyksen tartunta alustaan	Tartuntavetolaite varusteineen

Taulukko 1. Eristysalustan laadunmittaukset

5.1 Eristystyön aikaiset laadunvarmistuskokeet

Ennen eristystyön aloittamista todetaan eristysalusta kelpoisuus yhdessä tilaajan, pääurakoitsijan ja eristysurakoitsijan kanssa. Eristystyön aikaiset sääolosuhdevaatimusten täyttymisestä vastaa eristystyön johtaja. Liikenneviraston ohje suosittelee käyttämään mobiilia sääasemaa, joka tallentaa automaattisesti sääolosuhteet halutuina väliajoin. Sääolosuhteet tulee tarkastaa työn alkaessa ja lopetettaessa sekä vähintään kahden tunnin välein työn aikana. Kesän loppupuolella yötä kohden työskennellessä kastepiste tulee rajoittavaksi tekijäksi ja tätä tulee tarkkailla useammin kuin kahden tunnin välein. Dokumentointi on hyvä suorittaa heti paperille, jotta akun loppuminen, laitteen rikkoontuminen tai muu häiriö ei estä tietojen tallentumista.

Eristystyön aikana mitattavat sääolot:

- kannen pintalämpötila, mitataan esimerkiksi infrapunatekniikkaa käyttävällä pintalämpötilamittarilla
- ilman lämpötilaa, ilman lämpötilaa mittaava lämpötilamittari
- suhteellinen kosteus, tähän soveltuva mittari, RH% arvo saa olla enintään 85%
- kastepiste, tarkistetaan ettei työskennellä alle kolmea astetta lähempänä kastepistettä

5.1.1 Tartuntalujuus

Tartuntavetolaite valitaan oletettavan vetolujuuden mukaan sopivan asteikon mukaan. Laitteen tulee olla kalibroitu ja tarpeeksi tarkka. Mittatilanteessa tuloksiin kirjataan lämpötila mittauskohdassa, tartuntavetolujuus ja irtoamisinnan kuvaus. Mittatulokseen kirjataan myös miten vetonappi on irronnut alustasta, esimerkiksi: $4,7 \text{ N/m}^2$, 75% eristyksen ja alustan rajapinnasta betonia murtaen. Alumiiniset vetokoenapit liimataan kanteen ja poralieriöllä porataan alumiininapin ympärys tartunta-aineettomaksi. Tartuntavetolujuuden ja kemiallisen reaktion toimivuus voidaan todeta samalla kun tehdään tartunta-aineella koekohtia kannella ennen työn aloitusta. Valmiin eristeen tartunta mitataan työn lopuksi. Tulokset kirjataan mittapöytäkirjaan. (liite 3)



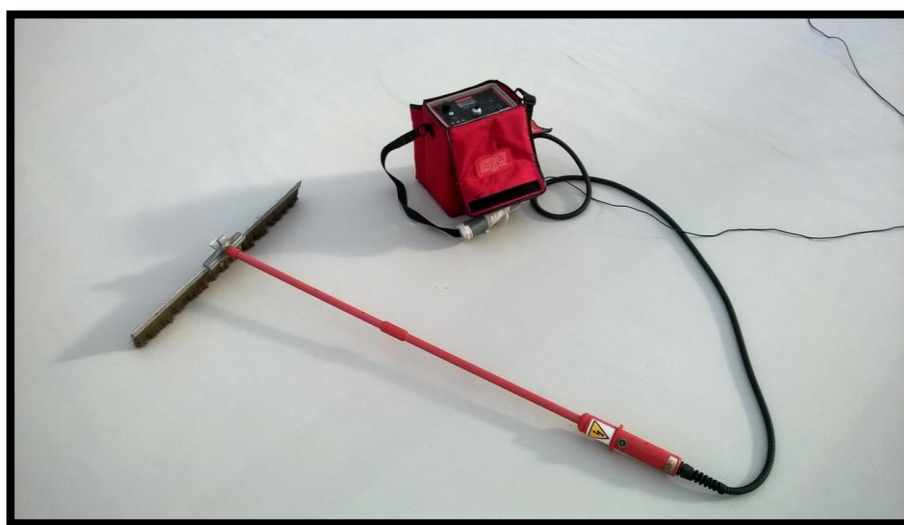
Kuva 29. Alumiiniset vetokoenapit tartunta-aineen pinnalla

5.1.2 Eristeen vedenpitävyyden varmistaminen

Vesitiiveys todetaan matalajännitemenetelmällä tai korkeajännitemenetelmällä. Matalajännitemenetelmä on pistekohtainen 500 V jännitteellä toimiva tiivistyskerroksen sähkövastusta mittaava menetelmä.

Korkeajännitemenetelmä (arkikielessä kipinäharava) käytetään Eliminator vesieristeelle noin 10-15 kV jännitettä. Matalin jännite haetaan työmaaolosuhteissa kansikohtaisesti. Jännite maadoitetaan reunapalkin pulttiryhmään ja laite ilmoittaa heikon kohdan kipinöimällä virtapiirin sulkeuduttua heikon tai ohuen eritekohdan kohdalla. Kipinäharavaa käytettäessä on haravoijalla sähköiskun vaara, joten huolellisuus on tärkeää. Liikenneviraston menetelmäselostuksessa on liitteenä dokumentointipohja. (Menetelmä VTT-S-05050-09) (Liite 2)

Kipinäharavointi tehdään koko eristepinnalle ennen asfalttiliiman levytystä. Kipinäharava on laite, jolla saadaan korkeajännitemenetelmällä tarkistettua onko eristeessä reikiä tai ohuita kohtia (Kuva 30). Kipinäharavointi tehdään eristekerroksen päälle, ennen asfalttiliiman levytystä. Reiän eristekalvoon voi aiheuttaa esimerkiksi roska, hyönteinen tai huokosreikä. Kipinäharavassa säädettävä korkeajännite "lyö läpi", eli sulkee virtapiirin ja laite ilmoittaa korvinkuultavan sirinän lisäksi asiasta piippaamalla. Kipinäharavan maadoitusjohto kiinnitetään reunapalkin pulttiryhmään. Kipinäharavaa käytettäessä on varottava reunapalkkiin tai kaiteeseen koskemista sähköiskun välttämiseksi. Eliminator eristeen kanssa on käytetty noin 10 -15 kV luokan jännitettä. (liite 2)



Kuva 30. Buckley kipinäharava, virtalähde ja maadoitusjohto sillan runkoon

5.2 Mittareikien paikkaus työn päätteeksi

Paikkausta koskevat vaatimukset ovat samat kuin itse vesieristeen levitykseen soveltuvat vaatimukset. Paikkausmateriaali valitaan paikkaukseen sopivaksi. Epoksiivistyksen paikkaukseen käytetään epoksipaikkausta ja akryylipohjaiseen nestemäisenä levitettävään eristeen paikkaukseen käytetään akryylieristettä. Paikkaus on tyypillisesti tehty heti näytteen ottamisen jälkeen, jolloin paikkaus ei unohdu tai jää muusta syystä huomiomatta. Epoksipaikkaus ei sovellu akryylieristeen paikkaukseen.

6 ERISTERATKAISUJEN VERTAILU

Opinnäytetyöhön haluttiin vertailu eri eristetyyppien hyvistä ja huonoista puolista. Alkuelehteenä vertailussa pidettiin kaikille eristeille kemiallisten ärsykkeiden riittävää kestävyyttä ja suojaa siltakannelle, joten näitä ominaisuuksia ei vertailla. Lisätietoja tähän vertailuun haettiin parasta tietoa kullekin eristeelle edustavalta henkilöltä. Samoin kaivattiin materiaalitietoa Eliminator eristeestä ja epoksitiivistyksestä. Asiantuntijahaastattelut tehtiin puhelimitse ja avoimena haastatteluina.

6.1 Epoksitiivistyksen ja Eliminator eristeen kemiallisista ominaisuuksista

Haastattelussa 25.1.2016 haastateltiin materiaalitekniikan professori Jyrki Vuorista Tampereen teknillisestä yliopistosta. Lähtökohtana haastattelussa oli löytää epoksitiivistyksessä käytettävän materiaalin ja nestemäisenä levitettävän Eliminator -eristeen polymeerien lopputuotteiden vertailukelpoiset kemialliset ominaisuudet. Haastattelu käytiin avoimena haastatteluna, joka taltioitiin nauhurilla.

Yleisesti sanoen muovien raaka-aineet saadaan usean prosessin kautta petrokemian sivutuotteena. Monomeerivalmistajia on maailmalla muutama iso, jotka myyvät raakatuotteitaan eteenpäin seuraaville yrittäjille jatkojalostukseen. Materiaalivalmistajat suojelevat tuotteidensa koostumustietoa, mikä osaltaan vaikeuttaa materiaalitutkimusta, sillä ei voida tasapainottaa reaktioyhtälöä ja tietää tarkkoja lopputuotteita. Tästä johtopäätöksestä todettiin, että kaivataan tarkempia koostumustietoja raakamateriaalista tai keskitytään lopputuotteen ominaisuuksien arviointiin ja materiaaliryhmän yleiseen ominaiseen käyttäytymiseen.

Epoksitiivistyksen ja tartunta-aineen tartunta eristysalustaan on eristeen toimivuuden kannalta hyvin tärkeää, täten esimerkiksi reagoivan eristeen partikkelien molekyylipaino on olennainen. Raakamateriaalin aineosien molekyylipaino vaikuttaa syntyvien polymeeriketjujen pituuteen ja levityshetkellä materiaalin viskositeettiin. Viskositeetti määrittää nesteen imeytymisen alustan huokosiin ennen kuin materiaali geeliintyy ja lopulta lasittuu. Epoksin monomeerin molekyylipaino on metyyliimetakrylaattia suurempi. Toisaalta epoksin lasittuminen on suuruusluokkaa tunteja ja Primerin lasittuminen on suuruusluokassaa kymmeniä minutteja riippuen lämpötilasta ja käytetyn or-

gaanisen peroksidin määrästä. Polymeereille nyrkkisääntönä 10 asteen lämpötilan nousua vastaa työstöajan (eng. potlife) puoliintumista.

6.1.1 Eliminator eristeen kemiallinen koostumus

Jyrki Vuorisen tapaamisen jälkeen lopputuotteen materiaalien testituloksia pyydettiin VTT:ltä ja Stirling Lloydilta. VTT vastasi ja pahoitteli tietojen olevan luottamuksellisia. Stirling Lloyd vastasi samoin pyydettyihin lisätietoihin kieltävästi materiaalipatentin suojaamiseksi. Raakamateriaalien käyttöturvallisuustiedotteesta saatiin kuitenkin vähän lisätietoa.

Taulukon 1 ylin materiaali metyyylimetakrylaatti (MMA) on monomeeri, joka ketjuttuu reaktiossa polymetyylimetakrylaatiksi (PMMA). Lisäksi komponentti A sisältää liuotinaiteita. Materiaalivalmistaja ei kerro raaka-aineiden kaikkia aineosia. Oletettavasti raakamateriaaliin on seostettu aineosia, mitkä lisää lopputuotteen elastisia ominaisuuksia, sillä lopputuotteena puhdas PMMA olisi hauras materiaali.

3 KOOSTUMUS JA TIEDOT AINEOSISTA				
Nimi	EY-Nro	CAS-Numero	Sisältö %	Luokitus (67/548/ETY)
METYYLIMETAKRYLAATTI	201-297-1	80-62-6	10-30%	F;R11 R43 Xi;R37/38
MIXTURE OF ALKYL ESTERS OF 2-ALKYL 2 PROPENOIC ACID	202-615-1	97-88-1	5-10%	R10 R43 Xi;R36/37/38
MIXTURE OF ALKYL AND HYDROXYALKYL SUBSTITUTED P-TOLUIDINES	202-805-4	99-97-8	< 1%	T;R23/24/25 R33 R52/53

Taulukko 2. Eliminator Part A koostumus

Ennen työn alkua komponentti B:n sekaan lisätään orgaanista peroksidia hapettimeksi, mikä toimii reaktion kiihdyttimenä. Kun orgaaninen peroksidi on lisätty komponentti B:hen, on materiaali käyttökelpoinen noin viikon ajan, edellyttäen että materiaalisäiliö säilytetään viileässä ja valolta suojattuna. Komponentti B sisältää monomeeri metyyylimetakrylaattia ja yhtä liuotinta.

3 KOOSTUMUS JA TIEDOT AINEOSISTA				
Nimi	EY-Nro	CAS-Numero	Sisältö %	Luokitus (67/548/ETY)
METYYLIMETAKRYLAATTI	201-297-1	80-62-6	10-30%	F;R11 R43 Xi;R37/38
MIXTURE OF ALKYL ESTERS OF 2-ALKYL 2 PROPENOIC ACID	202-615-1	97-88-1	5-10%	R10 R43 Xi;R36/37/38

Taulukko 3. Eliminator Part B materiaalikoostumus

Eristejärjestelmän ideana on matalaviskositeettisen primerin hyvä imeytyminen alustaan samalla muodostaen väliaikaisen höyrynsulun. Komponenttien A ja B seos ruiskutetaan primerin päälle, joka aktivoituu uudelleen A ja B komponenttien reagensseista. Primer sisältää samoja aineosia komponenttien A ja B kanssa.

3 KOOSTUMUS JA TIEDOT AINEOSISTA				
Nimi	EY-Nro	CAS-Numero	Sisältö %	Luokitus (67/548/ETY)
METYylimetakrylaatti	201-297-1	80-62-6	30-60%	F;R11 R43 Xi;R37/38
MIXTURE OF ALKYL ESTERS OF 2-ALKYL 2 PROPENOIC ACID	202-615-1	97-88-1	5-10%	R10 R43 Xi;R36/37/38
MIXTURE OF ALKYL AND HYDROXYALKYL SUBSTITUTED P-TOLUIDINES	202-805-4	99-97-8	< 1%	T;R23/24/25 R33 R52/53

Taulukko 4. PAR1 Primer

Epoksin materiaaliryhmän yleinen murtovenymä on 4-7 % luokkaa. Eliminator loppu-tuotteen (PMMA) murtovenymäksi Stirling Lloyd ilmoittaa noin 150 %.

6.1.2 Epoksin komponenttien A ja B koostumus

Taulukon 5 ylin kohta, bisfenoli A, on yleisesti käytetty epoksihartsi, joka kovettuu yhdessä komponentti B:n vaikutuksesta. Monet komponenttien A ja B aineosista ovat vesistölle haitallisia, iholla välittömästi myrkyllisiä ja silmiä sekä hengitysteitä ärsyttäviä. Epoksin on allergisoiva ja syöpää aiheuttava ja tästä syystä kielletty ruotsissa siltatyömailla.

Kemiallinen nimi	CAS-Nro. EY-Nro. Rekisteröintinumero	Luokitus (67/548/ETY)	Luokitus (ASETUS (EY) N:o 1272/2008)	Pitoisuus (%)
bisfenoli-A-epikloorihydriini, reaktiotuote, epoksihartsi (keskimääräinen molekyylipaino ≤ 700)	25068-38-6 01-2119456619-26-XXXX	Xi; R36/38 R43 N; R51-R53	Eye Irrit.2; H319 Skin Irrit.2; H315 Skin Sens.1; H317 Aquatic Chronic2; H411	≥ 70 - < 90
Polypropyleeniglykoliepi-loorihydriinikopolymeeri	9072-62-2	Xi; R36/38 Xi; R43 R52/53	Skin Sens.1; H317 Eye Irrit.2; H319 Skin Irrit.2; H315 Aquatic Chronic3; H412	≥ 10 - < 20
bentsyyli-alkoholi	100-51-6 202-859-9	Xn; R20/22	Acute Tox.4; H302 Acute Tox.4; H332 Eye Irrit.2; H319	≥ 3 - < 10

Taulukko 5. StoPox 88 A komponentin materiaalitiedot

Kovetinkomponentti B sisältää erilaisia amiineja, jotka saavat yhdessä epoksihartsin kanssa aikaan epoksi -amiini -reaktion. Bentsyyli-alkoholi toimii liuottimena. Epoksin polymerisaatio on yleisesti tunnettu moniosainen reaktio, mutta ei käsitellä sitä tässä työssä, sillä se on monimutkainen ja moniosainen reaktio.

Kemiallinen nimi	CAS-Nro. EY-Nro. Rekisteröintinumero	Luokitus (67/548/ETY)	Luokitus (ASETUS (EY) N:o 1272/2008)	Pitoisuus (%)
3-aminometyyli-3,5,5-trimetyylisykloheksyyliamiini	2855-13-2 220-666-8 01-2119514687-32-XXXX	C; R34 Xn; R21/22 R43 R52-R53	Acute Tox.4; H302 Acute Tox.4; H312 Skin Corr.1B; H314 Skin Sens.1; H317 Aquatic Chronic3; H412	≥ 30 - < 50
4,4'-isopropylideenidifenoli, oligomeeriset epikloorihydrinien reaktiotuotteet, isoforonidiamiini	38294-64-3 500-101-4 01-2119965165-33-XXXX	C; R34 Xi; R43 R52/53	Skin Corr.1B; H314 Skin Sens.1; H317 Aquatic Chronic3; H412	≥ 25 - < 30
bentsyyli-alkoholi	100-51-6 202-859-9	Xn; R20/22	Acute Tox.4; H302 Acute Tox.4; H332 Eye Irrit.2; H319	≥ 3 - < 10
2-Piperatsin-1-yylietyyliamiini	140-31-8 205-411-0	C; R34 Xn; R21/22 R43 R52-R53	Acute Tox.4; H302 Acute Tox.3; H311 Skin Corr.1B; H314 Skin Sens.1; H317 Aquatic Chronic3; H412	≥ 5 - < 10
3,6-diatsaoktaanietyleenidiamiini	112-24-3 203-950-6	C; R34 Xn; R21 R43 R52-R53	Acute Tox.4; H312 Skin Corr.1B; H314 Skin Sens.1; H317 Aquatic Chronic3; H412	≥ 0,25 - < 1
amiinit, polyetyleenipoly-	68131-73-7 268-626-9	C; R34 Xn; R21/22 R43 N; R50-R53	Acute Tox.4; H312 Acute Tox.4; H302 Skin Corr.1B; H314 Skin Sens.1; H317 Aquatic Acute1; H400 Aquatic Chronic1; H410	≥ 0,25 - < 1

Taulukko 6. StoPox BV NFR Komponentti B - kovetin

6.1.3 Dynaamiset viskositeetit tartunta-aineelle ja epoksille

Viskositeetti arvo erilaisille nesteille on suuressa skaalassa. Esimerkiksi veden viskositeetti arvo $1,0020 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ja piki $10^7 \text{ Pa}\cdot\text{s}$. Nesteen korkeampi lämpötila tekee nesteestä juoksevampaa. Vaikka primerin ja epoksin ilmoitetut dynaamiset viskositeetit ovat mitattu eri lämpötiloissa, voidaan todeta teoriassa primerin imeytyvän todennäköisesti helpommin eristysalustaan pienemmän viskositeettiarvon takia.

Muuntosuhde yksikköjärjestelmien välillä saadaan: $1\text{P} = 1\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s}) = 10^{-1} \text{ Pa}\cdot\text{s}$. Yksikömuunnin internet osoitteessa:

(http://www.gordonengland.co.uk/conversion/dynamic_viscosity.htm)

Eliminator primerin ilmoitettu viskositeetti on 0.3 - 0.5 cPs lämpötilassa 20 °C vastaa muunnettuna = **0,0003 - 0,0005 Pa*s** tai **$3\cdot 10^{-4} - 5\cdot 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$**

StoPox BV 88 NF epoksin ilmoitettu viskositeetti **0,8 mPa*s = 0,0008 Pa*s = $8\cdot 10^{-4}$** lämpötilassa 23°C.

6.2 Mastiksieristeen ominaisuudet

Haastattelu 18.12.2015 klo 10.00 -11.30 silta-asiantuntija Pekka Siitonen kanssa käytiin puhelimitse avoimena haastatteluna. Haastattelussa haettiin erityisesti mastiksin ja kermieristyksen hyviä ja heikkoja puolia vertailun tueksi. Mastiksirakenne valetaan kahdessa kerroksessa kaksinkertaisen epoksitiivistyksen päälle. Mastiksin kanssa käytetään paineentasausverkkoa, jota pitkin paine pääsee purkautumaan rakenteesta. Mastiksia levitetään noin 50 Kg neliölle ja rakennepaksuuden ollessa näin 20 -25 mm. Mastiksikerros on saumaton. Mastiksia voidaan käyttää vain lyhyen kuljetusmatkan päässä asemalta ja mastiksia käytetään pääosin vain pääkaupunkiseudulla. Mastiksia ei käytetä pituuskaltevuudeltaan yli 5 % silloissa valumisriskin vuoksi. Mastiksin kanssa käytettävään paineentasausverkon suunnitteluohjeeseen tulee päivityksiä luultavasti jo ensi vuonna 2016 NCCII -julkaisuun. Mastiksi eristeenä ei kupli. Nestemäisenä levitettävän ja kumibitumikermieristeen suunniteltu käyttöikä on 40 vuotta. Mastiksille suunniteltu käyttöikä on 30 vuotta.

- **+kuplimaton, paineentasausjärjestelmä**
- **+saumaton**
- **-käyttöikä arvioitu 30 vuotta, materiaalin elastisuuden menetys ajan kanssa**
- **-menettää elastisuuden ajan myötä ja kutistuu, reunapalkin sauma vaarassa aueta**

6.3 Eliminator eriste

Eliminator eristeen hyviä puolia ovat saumattomuus, alustaan kiinnittyminen joka kohdassa, korkea tartuntalujuus alustaan ja materiaalin lämmönkesto.

- **+korkea tartuntalujuus**
- **+saumattomuus**
- **-kallis pumpputekniikka**
- **-oikeus käyttää tuotetta on lisensoitu**

6.4 Kaksinkertainen kumibitumikermi

Tämä on yleisimmin käytetty eristeratkaisu. Kaksinkertainen epoksitiivistys toimii eriste-tekermien alla höyrynsulkuna. Kermiratkaisuista löytyy paljon julkaisuja ja ohjeita, myös esimerkiksi haastateltu Janne Iho on julkaissut opinnäytetyön 2012 "Betonisen siltakanne epoksitiivistys" käsittelee aihetta ajankohtaisesti. Epoksi levitetään lastalla kahtena kerroksena eristysalustaan ja eristeen tartuntaa parannetaan muuten lasimaiseen epoksipintaan epoksikerrosten väliin kvartsihiekalla. Epoksikerroksen päälle kuumahitataan kaksi kerrosta kumibitumikermiä. Noin 10 % uusista kumibitumikermieristeisistä silloista uusista silloista kuplii ja päätyy korjauskohteeksi jo takuuajana. Kumibitumikermin tartuntavetolujuus tiivistysepoksiin on verrattaen pieni.

- **+epoksi suojaa betonikantta hyvin suoloilta ja hapoilta, hyvä höyrynsulku**
- **+pitkä suunniteltu käyttöikä: 40v**
- **-kupliminen ja kallis takuukorjaus**
- **-herkkä työvirheille**

6.5 Stopur BA 2000

Tomi Keinänen edustaa KKN-Rakennus Oy:tä ja hän on työskennellyt kyseisen tuotteen kanssa ja ollut pilotoimassa StoPur BA2000 eristejärjestelmää. Tomi Keinästä haastateltiin 5.2.2016. StoPur BA 2000 on polyuretaanieriste, joka koostuu yksinkertaisesta epoksitiivistyksestä, tuotteen omasta primerista ja yhdellä kertaa pintaan ruiskutettavasta polyuretaanikalvosta. Yksinkertaista epoksitiivistystä käytetään, sillä polyuretaanin oma primeri ei ole alkaalisesti yhteensopiva betonin kanssa. Menetelmän hyviin puoliin kuuluu polymeerin erittäin nopea kovettumisreaktio (noin 70 sekuntia) ja yhdellä kertaa pintaan ruiskutettavuus – ominaisuus. Tuote levitetään yhdellä ruiskutuskerralla, yhden kohdan saadessaan noin kolme ylityskertaa. Heikkouksiksi voidaan lukea herkkyys ilmankosteudelle ja kosteudelle yleensä. Tartuntavetolujuudeksi eristekalvon ja epoksitiivistyksen välillä ilmoitetaan olevan noin 2 N/mm². Menetelmä vaatii kalliin pumppukaluston ja raakamateriaalin lämmityksen 60 asteiseksi levityshetkellä. Eliminator eristeen kanssa käytettävään korkeapainepumpputekniikkaan olennainen ero on, että polyuretaanimassan komponentit sekoittuvat vasta ruiskutusletkun suuttimessa.

1. **+nopea kovettumisreaktio**
2. **+työvirheet paljastuvat heti**
3. **–herkkä ilmankosteudelle**
4. **–vaatii kalliin pumpputekniikan**

6.6 Eristerakenteiden ominaisuuksien yhteenveto

	käyttöikä	tartunta	saumat	kupliminen	työtahti	pisteet yhteensä
Mastiksi	0	1	1	1	2	5
Kumibitumikermi	2	1	0	0	1	4
Eliminator	2	2	2	2	2	10
Stopur BA 2000	2	2	2	2	2	10

Taulukko 7. Eristeiden ominaisuuksien pisteytys 0-2 pistettä/ominaisuus

Vertailun arvottamiseksi valittiin viisi olennaista kriteeriä, jotka pisteytettiin 0-2 pistettä kriteeriä kohden. Pisteytys perustuu asiantuntijahaastatteluista saatuihin tietoihin ja omaan näkemykseen. Nestemäisenä levitettävät eristeet antavat huomattavasti enemmän pisteitä tällaisessa vertailussa.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tekijä lähestyi aihetta kahdesta näkökulmasta. Ensinnä tutustuttiin akryy-lipohjaisen vesieristeen kanssa työskentelyyn. Työkokemusta eristystyöstä tuli saatua satoja tunteja. Toisena ajatuksena tuli kysymys materiaalin soveltuvuudesta siltaeriste-käytössä.

Nestemäisenä levitettävän Eliminator eristeen kanssa työskentely vaikutti toimivalta. Eristemateriaali tuodaan siltatyömaalle erikoisvarustellulla kuorma-autolla, jonka mukana kulki myös korkeapainepumppuasema, käyttövoiman antava kompressori ja muu pienvälineistö. Kaikki työvälineet ja materiaali saadaan liikuteltua pyörien päällä varas-tolta kannelle saakka, mikä nopeuttaa työtä. Sääoloista johtumattomia työseisakkeja syntyi hyvin harvoin, kaikkiaan vain muutama kolmea kesää kohden. Syynä näihin sei-sokkeihin oli huolimattomuus ja materiaalin mukana tulleet roskat. Huolimattomuus on inhimillistä, eikä siitä päästä täysin eroon. Roskaongelmasta sen sijaan päästiin kun ma-teriaalipumppujen imupäähän asennettiin suodatinritilät.

Stirling Loydin Eliminator -tuote on suunniteltu alun perin englannissa 1970 -luvulla ratasillalle betonin ja ratasepelin väliin toimivaksi vesieristeeksi, joka kestää myös sepe-lin mekaanisen rasituksen. Eristettä on käytetty englannissa ja ympäri maailmaa vuosi-kymmeniä merkittävässä referenssikohteissa, joten miksipä se ei soveltuisi myös suo-men siltakannan vesieristeeksi.

Muutama mittava Eliminator referenssikohte:

- Bosporinsalmen silta, Istanbul 1560m
- Tsing Ma Bridge, Hong Kong 1377m
- Kessock, Inverness 1056m
- Silve Jubilee, Manchester 482m

Eristerakenteen kuplimista on tutkittu Suomessa ainakin 1990-luvun alkupuolelta asti. Yksiselitteistä syytä kuplien syntyyn ei ole löydetty. 1990-luvulla alettiin käyttää höyry-tiivistyksenä epoksia, jota aluksi käytettiin vain betonikannen paksumpiin kohtiin. Tuol-loin kriteerinä epoksin käytölle pidettiin sillan kannen kohtia, jotka olivat yli 400 mm paksuja. Myöhemmin alettiin levittää epoksia koko kannelle. Epoksin sivelykertojen ja kokonaismäärän lisääminen ei ole ratkaissut ongelmaa kumibitumikermikansilla. Yksi

syy tiivistyksen rikkoutumiseen kokonaisuutena voi olla epoksin erittäin pieni murtovenymä yhdistettynä heikosti epoksissa kiinni olevan kermihuovan kanssa. Epoksin murtovenymä on 4-7 % luokkaa. Parhaat tulokset kuplien torjunnassa on saavutettu kauttaaltaan lujasti kannessa olevilla nestemäisinä levitettävillä nestemäisillä eristeillä.

Sääsuojateltan käyttö tuli pakolliseksi eristystyömailla vuoden 2013 alusta. Sääsuojan käyttö on esimerkiksi runsassateisessa englannissa aina vakio, joka varmistaa siltatyömaan aikataulun ja viivästyksiä ja odotusaikoja ei näin synny. On havaittu että Suomesakin saattaa sataa runsaasti kesän aikana, joten on hyvä että teltta on saatu pakolliseksi myös suomessa vesieristystyön suojaksi.

Siltakohteelle eristeratkaisua valittaessa tulisi eristeen olla varmatoiminen ja kestää suunniteltu käyttöikä. Tämän hetken tiedon mukaan epoksitiivistys ja kumibitumikermi-ratkaisu on epävarma vaihtoehto kuplimisongelman vuoksi. Kun kermieriste kuplii, saattaa vuotokohtan löytäminen olla hankalaa, sillä kermikerrokset epoksin päällä eivät ole kauttaaltaan kiinni epoksitiivistyksessä. On kallista arvailla ja avata kansirakennetta vuotokohtaa etsiessä, mikäli joudutaan takuukorjaus tilanteeseen.

Mastiksi tarjoaa myös kuplimattoman eristekerroksen. Mastiksin käyttöä rajoittaa maantieteellisesti se, että se vaatii asfalttiaseman. Mastiksia käytetään pääosin pääkaupunki-seudulla. Mastiksille luvataan 30 – vuoden käyttöikä. Mastiksi ei sovellu Pohjois-Suomen talvessa käytettäväksi halkeamisriskin vuoksi.

Kun käytetään suojabetonia, herää kysymys, miksi tarvitaan niin monikerroksinen rakenne. Suojabetonin hyvä puoli on lämmöneristävyysuoja asfaltin/valuasfaltin ja eristysalustan välillä asfaltin levitystilanteessa. Rakenteen sisällä vastaan saattaa tulla samat ongelmat, kuin rakenteella ilman suojabetonia. Erona tilanteessa on vain se, että ongelma on ”piilossa”.

Nestemäisenä levitettävät Eliminator ja StoPur Ba 2000 eristeet tarjoavat saumattoman kauttaaltaan alustassa kiinni olevan eristekalvon, joiden kanssa ei ole tavattu kuplimisongelmaa.

LÄHTEET

Lahdensivu J. 2010, artikkelisarja Betonijulkisivujen vaurioituminen osa 2, Nummela: Kiinteistöposti Oy.

Taitorakenneyksikkö 2013, Siltabetonin P-lukumenettely, Helsinki: Liikennenvirasto.

Siltayksikkö 1999, Liikennenvirasto, Sillan ja siltapaikan kuivatus 1.601, Helsinki: Tiehallinto

Siltayksikkö 2010, Liikennenvirasto, Tippuputken teko päällysrakenteeseen 2.611, Helsinki: Tiehallinto

Betonirakenteiden korjausohjeet BY 41 2007. Helsinki: Suomen betoniyhdistys r.y.

InfraRYL 2006, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 3, Sillat ja rakennustekniset osat, Helsinki: Rakennustieto Oy

Sto Finexter Oy Suomi, tuoteopas,

http://www.sto.fi/fi/tuotteet_jarjestelmat/tuoteopas/productdetail_191410536.html

Stirling Lloyd, <http://www.stirlinglloyd.com/products/eliminator/>

PANK-5102, Päällysteen tasaisuus, oikolauta, hyväksytty 26.10.2001

PANK-5103, Päällysteen pintaominaisuudet, makrokarkeus, lasihelmimenetelmä, hyväksytty 30.1.1997

VTT-2650-2013, Betonisen siltakannen absoluuttisen kosteuden mittaaminen, kuivatuspunnitusmenetelmä, muutettu 6.6.2013

VTT-S-05050-09, Siltakannen nestemäisenä levitetyn vedeneristyksen tai tiivistysepoiksin vesitiiveyden mittaaminen korkeajännitemenetelmällä

Sillan vedeneristystyömaan laadunmittaus, Liikennenviraston ohjeita 26/2015, Tiehallinto, Helsinki 2015.

LIITTEET

Liite1. Betonin rasitusluokat käyttöön mukaan, Betoninormit By 50, 108-109.

Rasitusluokat

BETONIN KOOSTUMUKSEN JA OMINAISUUKSIEN RAJA-ARVOT, KUN SUUNNITTELUKÄYTTÖIKÄ ON 50 VUOTTA

KOOSTUMUKSET JA OMINAISUUDET	RASITUSLUOKAT																	
	Hiilidioksidi					Kloridi						Jäätymisen ja sulaminen				Kemiallisesti aggressiiviset aineet		
						Merivesi			Muu kuin merivesi									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Suurin v/s suhde		0,90	0,80	0,60	0,60	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,60		0,50	0,45	0,50	0,45	0,40
Vähimmäis-lujuusluokka	K15 C12/ 15	K25 C20/ 25	K30 C20/ 25	K30 C30/ 37	K35 C30/ 37	K40 C30/ 37	K45 C35/ 45	K45 C35/ 45	K35 C30/ 37	K35 C30/ 37	K45 C35/ 45					K40 C30/ 37	K45 C35/ 45	K50 C40/ 50
Vähimmäis-sementtimäärä (kg/m ²)		200 160	230 160	250 250	270 300	300 300	320 320	320 300	300 300	300 300	320 320	270 270	300 330	300 360	300 330	300 300	320 320	330 330
F-luku (vähimmäisarvo)												1,0		1,5				
P-luku (vähimmäisarvo)													25		40			
ILMAMÄÄRÄ												4,0	5,0	4,0	5,5			

Taulukossa ovat vuoden 2004 RakMK/BY50 arvot ja korostetulla mustalla SFS EN206:den uuden kansallisen soveltamisstandardin SFS7022 ja BY50 2012 mukaiset arvot

BETONIN KOOSTUMUKSEN JA OMINAISUUKSIEN RAJA-ARVOT, KUN SUUNNITTELUKÄYTTÖIKÄ ON 100 VUOTTA

KOOSTUMUKSET JA OMINAISUUDET	RASITUSLUOKAT																	
	Hiilidioksidi					Kloridi						Jäätymisen ja sulaminen				Kemiallisesti aggressiiviset aineet		
						Merivesi			Muu kuin merivesi									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Suurin v/s suhde		0,90	0,80	0,60	0,60	0,45	0,40	0,40	0,50	0,50	0,40	0,60		0,50	0,50	0,50	0,45	0,40
Vähimmäis-lujuusluokka	K15 C12/ 15	K25 C20/ 25	K35 C20/ 25	K40 C30/ 37	K45 C30/ 37	K40 C30/ 37	K45 C35/ 45	K45 C35/ 45	K35 C30/ 37	K35 C30/ 37	K45 C35/ 45					K40 C30/ 37	K45 C35/ 45	K50 C40/ 50
Vähimmäis-sementtimäärä (kg/m ²)		200 160	230 160	250 250	270 300	300 300	320 320	320 340	300 300	300 300	320 320	270 270	300 300	300 360	300 330	300 300	320 320	330 330
F-luku (vähimmäisarvo)												2,0		3,0				
P-luku (vähimmäisarvo)													50		80			
ILMAMÄÄRÄ												5,5		5,5				

Taulukossa ovat vuoden 2004 RakMK/BY50 arvot ja korostetulla mustalla SFS EN206:den uuden kansallisen soveltamisstandardin SFS7022 ja BY50 2012 mukaiset arvot

Liite 5. Eliminator materiaalin käyttöturvatiedotteen varoitusmerkinnät.

15 LAINSÄÄDÄNTÖÄ KOSKEVAT TIEDOT

VAROITUSETIKETIN TIETOJA



Ärsyttävä



Helposti syttyvää.

SISÄLTÄÄ

METYYLIMETAKRYLAATTI

MIXTURE OF ALKYL ESTERS OF 2-ALKYL 2 PROPENOIC ACID

R-LAUSEKKEET

R11

Helposti syttyvää.

R43

Ihokosketus voi aiheuttaa herkistymistä.

R37/38

Ärsyttää hengityselimiä ja ihoa.

S-LAUSEKKEET

S16

Eristettävä sytytyslähteistä - Tupakointi kielletty.

S24

Varottava kemikaalin joutumista iholle.

S37

Käytettävä sopivia suojakäsineitä.

S51

Huolehdittava hyvästä ilmanvaihdosta.

S60

Tämä aine ja sen pakkaus on käsiteltävä ongelmajätteenä.

S23

Vältettävä höyryn/sumun hengittämistä.