

SAVONIA



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN ALA

SILLAN PERUSKORJAUKSEN LAADUNVARMISTUS

TEKIJÄ: Atso Koljonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Atso Koljonen			
Työn nimi Sillan peruskorjauksen laadunvarmistus			
Päiväys	8.4.2025	Sivumäärä	25
Yhteistyötaho Savon Kuljetus Oy			
Tiivistelmä <p>Tässä työelämälähtöisessä opinnäytetyössä käsitellään sillan peruskorjauksen aikana tehtäviä laatumittauksia, niiden saavuttamista sekä tulosten dokumentointia. Opinnäytetyön tavoitteena on laatia kattava kokonaisuus sillan peruskorjauksen yhteydessä vaadittavista laatuasiakirjoista. Opinnäytetyön toimeksiantajalle laadittiin peruskorjauksen laadunvarmistuksen muistilista. Opinnäytetyössä esitellään teoriaa täydentämään lisäksi case-kohteen työmaavaiheita. Opinnäytetyön tekijä työskenteli työnjohtajana kohteella.</p> <p>Työssä lähteenä käytettiin InfraRyllin yleisiä laatuvaatimuksia sekä Silko-ohjeita. Lisäksi työssä on hyödynnetty opiskelujen aikana hankittuja tietoja ja taitoja sekä itse työmaalla konkreettisesti tapahtunutta.</p> <p>Opinnäytetyön tekemisen tuloksena saatiin selkeä yhteenveto betonisillan korjauksen työvaiheista sekä niihin liittyvistä laatumittauksista ja laatudokumenteista. Opinnäytetyö toimii oppaana opiskeleville ja jo valmistuneille insinööreille, jotka aikovat työskennellä siltakorjauksen parissa.</p>			
Avainsanat Sillan korjaus, sillan rakentaminen, laadunvarmistus			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Savon Kuljetus Oy.....	5
2	KORJAUSPROSESSI	6
3	LIIKENNEJÄRJESTELYT	7
3.1	Taustatietojen selvitys ja liikenteen kuvaaminen	7
3.2	Liikenteenohjaussuunnitelma ja suunnitelman toteutus.....	7
4	SILLAN PURKUTYÖT	8
4.1	Reunapalkin purkaminen ja vesipiikkaus	8
5	KELPOISUUS KOKEET	9
5.1	Kloridien määrittäminen.....	9
5.2	Karbonatisoitumisen syvyyden määrittäminen	9
5.3	Vetokokeet	9
5.4	Tartuntaterästen vetokokeet	10
5.5	Absoluuttisen kosteuden määrittäminen	10
5.6	Lasihelmimenetelmä	11
6	SILLAN PÄÄLLYS- JA PINTARAKENTEET	12
6.1	Muotti- ja raudoitustyöt.....	12
6.2	Betonointityöt.....	12
6.2.1	Työn- ja laadunvarmistus.....	12
6.2.2	Betonointisuunnitelma.....	12
6.2.3	Betonointipöytäkirja.....	13
6.2.4	Betonin ennakkokokeet ja betonin ilmamäärä	13
6.2.5	Betonin työmaakoekappaleet	13
6.3	Eristysalusta	14
6.4	Eristys.....	14
6.5	Asfaltointi.....	16
7	SILLAN TUKIRAKENTEET	17
7.1	Maa- ja välituet	17
8	SILLAN VARUSTEET JA LAITTEET	18
8.1	Siltakaiteet.....	18
8.2	Tippuputket.....	18
8.3	Reunasalaoja	18

9 CASE-KOHTEEN ESITTELY	20
10 YHTEENVETO JA POHDINTA.....	23
LÄHTEET	24
LIITE 1: TYÖMAAN TARKASTUSLISTA (SALAINEN).....	24

KUVALUETTELO

Kuva 1. Vesipiikattua pintaa (Koljonen 2023).....	8
Kuva 2. Vetokoelaitte (Koljonen 2024)	9
Kuva 3 Tartuntaterästen vetokoelaitte (Koljonen 2024)	10
Kuva 4 Lasihelmikoe (Koljonen 2023)	11
Kuva 5. Työmaakoekappaleet (Koljonen 2024)	14
Kuva 6. Epoksiivistetty sillan kansi (Koljonen 2024).....	15
Kuva 7. Kermieristys (Koljonen 2024)	15
Kuva 8. Päällysteen uusiminen (Koljonen 2024).....	16
Kuva 9 H2-luokan uusitut siltakaiteet (Koljonen 2024).....	18
Kuva 10 Kannen putkisalaoja (Koljonen 2024)	19
Kuva 11 Hossanjoen silta (Koljonen 2025).....	20
Kuva 12 Reunapalkin valmis muotti (Koljonen 2023).....	21
Kuva 13 Kermieristys (Koljonen 2023)	21

1 JOHDANTO

Suomen siltoja korjataan sekä uusitaan kiihtyvällä tahdilla. Tähän vaikuttaa siltojen ikä sekä kasvaneet raskaan kaluston akselimassat. Suomessa on yli 15 000 siltaa, joista yli 800 luokiteltiin huonokuntoisiksi vuonna 2024 (Yle 2024). Suomen tieverkoston sillat on rakennettu pääosin 1960- ja 1970- luvuilla, joten syy siltojen huonokuntoisuuteen on niiden ikä sekä kunnossapidon riittämätön rahoitus. Määrärahojen niukkuuden takia siltojen korjauksia viivästytetään, jolloin huonokuntoisten siltojen määrä kasvaa.

Opinnäytetyö on työelämänlähtöinen. Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä tiivis ja ajantasainen opas insinööriopiskelijoille ja jo työssä toimiville insinööreille. Savon Kuljetus Oy:lle laaditaan sillan peruskorjauksen laadunvarmistuksen muistilista, jota yritys voi hyödyntää työmaakohteilla tarkastuslistana korjaussuunnitelmaselostuksen ja määräluettelon tukena.

Case kohteena käytettiin Hossanjoen siltaa, jonka peruskorjaus tehtiin vuonna 2023 ja urakassa sillan hyötyleveyttä kasvatettiin yhdellä metrillä sekä maa- ja välituille tehtiin manttelointikorjaus. Lisäksi päälly- ja pintarakenteet uusittiin sekä pengert ja siltakaiteet uusittiin nykyisten standartien mukaisiksi. Opinnäytetyön tekijä työskenteli Hossanjoen sillalla työjohtajana kesällä 2023.

1.1 Savon Kuljetus Oy

Savon Kuljetus- konserni on kiviaines-, kuljetus-, logistiikka- ja infrastruktuuripalveluja tuottava monialayhtiö. Koko konsernin palveluksessa työskenteli vuonna 2023 noin 200 henkilöä sekä yrityksen liikevaihto oli noin 140 miljoonaa euroa. (Savon Kuljetus julkaisuaika tuntematon (a).)

2 KORJAUSPROSESSI

Siltojen kuntoa ja toiminnallisten puutteiden kehittymistä seurataan silloille tehtävillä tarkastuksilla. Tarkastuksien avulla silloille laaditaan korjausten ohjelmointi, liikenneturvallisuuden varmistaminen sekä kunnossapito kustannusten hallinta.

Sillan tarkastuksia suorittavat ainoastaan Väyläviraston hyväksymät ja koulutetut sillantarkastajat. Tarkastukset tehdään yhdenmukaisten käytäntöjen mukaan Väyläviraston ohjeiden ja vaatimusten mukaisesti. Tavoitteena on tuottaa ja ylläpitää vertailukelpoista ja luotettavaa tietoa tarkastustietojen huolellisen tallentamisen ja yhdenmukaisten menettelyjen avulla.

Kun halutaan saada silmämääräistä tarkastusta tarkempaa tietoa rakenteen kunnosta, vaurioista ja niiden kantavuusvaikutuksista, tarvitaan erikoisasantuntemusta ja -laitteita, erityisesti ennen rakenteen peruskorjausta suoritettavina tarkastuksina.

Sillan peruskorjauksessa rakenteen vaurioituneet ja kuluneet osat korjataan tai uusitaan. Rakenteellinen ja toiminnallinen kunto pyritään saamaan nykyvaatimusten tasolle. Siltojen vedeneristyksen vauriot ovat useimmissa korjauskohteissa ratkaiseva tekijä, ja pintarakeiden uusiminen on merkittävä osa sillanperuskorjausta. (Väylävirasto, Siltojen toimintalinjat 2023).

3 LIIKENNEJÄRJESTELYT

3.1 Taustatietojen selvitys ja liikenteen kuvaaminen

Liikennejärjestelyjen suunnittelemiseen alkaa kohteen taustatietojen selvityksestä ja liikenteen kuvaamisesta. Sillan korjaussuunnitelman mukaan vuonna 2015 keskimääräinen vuorokausiliikenne tiellä oli 83 ajoneuvoa vuorokaudessa, josta raskasta liikennettä oli 13 ajoneuvoa vuorokaudessa. Nopeusrajoitus siltapaikalla on 80 km/h ja tien hoitoluokka on III, joka tarkoittaa talvisaikaan pääosin lumipintaisia ja tiellä ei toteuteta suolausta. Sillan kokonaisleveys oli ennen korjausta vain 6,7 metriä. (Hossanjoen sillan korjaussuunnitelmaselostus 2021)

Liikennemäärät siltapaikalla toukokuussa 2023 olivat hyvin vähäiset. Kevään vaihtuessa kesäksi liikennemäärät kuitenkin kasvoivat lomakauden alusta alkaen, johon vaikuttaa osittain alueella sijaitseva matkailukohde Hossan kansallispuisto. Kansallispuiston vuotuinen vierailijamäärä vuonna 2023 oli 77900 kävijää. (Metsähallitus 2023)

3.2 Liikenteenohjaussuunnitelma ja suunnitelman toteutus

Ennen liikenteenohjaussuunnitelman laatimista suunnitelman laatija tutustuu kohteeseen mahdollisuuksien mukaan esimerkiksi valokuvien ja virtuaalisen näkymän avulla. Suunnitelman laatijan on kuitenkin suositeltavaa käydä fyysisesti kohteessa, koska kuvista tai virtuaalisesta näkymästä ei välttämättä saa kohteesta täysin todellista kuvaa. Liikenteenohjaussuunnitelmaa laatiessa ensisijaisen tärkeää on taata muulle liikenteelle turvallinen kulkeminen työmaan ohitse koko työmaan keston ajan.

Suunnitelmassa huomioidaan moottoriliikenteen lisäksi myös pyöräilijät ja jalankulkijat. Liikenteenohjaussuunnitelma on monivaiheinen, joka muuttuu työmaan edetessä. Liikenteenohjaussuunnitelman laadinnassa käytetään väyläviraston Liikenne tietyömaalla -ohjeita, joita tilaaja voi näin halutessaan tarkentaa. (Väylävirasto, liikenne tietyömaalla 2021.)

4 SILLAN PURKUTYÖT

Opinnäytetyössä käsitellään sillan purkutyöhön liittyviä vaiheita. Vaiheet eivät noudata työmaalla tapahtunutta aikajännettä.

4.1 Reunapalkin purkaminen ja vesipiikkaus

Reunapalkin purkamiseen laaditaan erillinen työn- ja laadunvarmistussuunnitelma, (InfraRYL 2006. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 3: sillat ja rakennustekniset osat.), joka hyväksytään tilaajalla. Sillankorjausurakat ovat laajoja projekteja, joissa on useita eri työvaiheita. Työn- ja laadunvarmistussuunnitelma laaditaan, että tehtävä työvaihe voidaan suorittaa turvallisesti.

Ennen vanhan rakenteen purkamista on ehdottoman tärkeää tarke mitata vanhat rakenteen, joiden perusteella uutta voidaan rakentaa. Hossanjoen sillalla reunapalkki purettiin erilliselle telineelle, josta myös laadittiin laatusuunnitelma, suunnitelmassa esitetään telineessä käytettävät rakennusmateriaalit sekä suurin sallittu piste ja hyötykuorma. Ennen reunapalkin purkamista vanhat siltakaiteet purettiin pois tieltä ja kuljetettiin pois työmaalta. Reunapalkin purkaminen tehtiin vesipiikkaus robotilla. Robotilla tehtävässä vesipiikkauksessa korkeapaineinen (>700 bar) vesi tunkeutuu betonin pinnassa oleviin halkeamiin ja huokosiin, joka aiheuttaa betonin rikkoutumisen (Kuva 1.). Vesipiikkaus puhdistaa teräkset ja jättää piikatuille alueille vauriottoman ja rosoisen pohjan, jolloin jatkokäsittelyt voidaan tehdä laadukkaalle pinnalle (Suomen Vesipiikkaus Oy).



Kuva 1. Vesipiikkattua pintaa (Koljonen 2023)

5 KELPOISUUS KOKEET

5.1 Kloridien määrittäminen

Kloridikokeen tarkoitus on määrittää kuinka syvälle kloridi-ionit ovat edenneet teräsbetonissa. Kloridi-ionit mahdollistavat betonin teräksien ruostumisen. Kloridinäytteet voidaan ottaa poraamalla saraan 0... 20 mm syvä reikä sekä 20... 40 mm syvä reikä. Porauksesta syntynyt jauhe laitetaan pieniin pusseihin, jotka kuljetaan betonilaboratorioon tutkittavaksi. Kloridit määritetään laboratoriossa jauheesta happoliukoisena betonin painosta. Kloridipitoisuuden raja-arvot korjattavassa kohteessa olivat: Kloridipitoisuuden tulee olla $< 0,07$ p-% ja terästen tasolla $< 0,02$ p-%. (SILKO 1.201)

5.2 Karbonatisoitumisen syvyyden määrittäminen

Betoni karbonatisoituu, kun ilmassa oleva hiilidioksidi pääsee tunkeutumaan betoniin ja alkaa reagoida alkaliyhdisteiden ja kalsiumsilikaattihydraattigeelin kanssa. Betonin karbonatisoituminen määritetään laboratoriossa. Laboratoriossa näytteeseen valetaan pH-indikaattoriuosta, joka vaihtaa väriä betonin pH-arvon mukaan, värjäytyneestä betonista voidaan havaita kuinka syvälle betonin karbonatisoituminen on edennyt. (SILKO 1.251)

5.3 Vetokokeet

Vetokokeita otetaan sillan peruskorjauskohteella useissa eri työvaiheissa (Kuva 2.) Vetokokeiden tarkoitus on varmistaa, että uudelle pinnalle on hyvä tartunta-alusta eikä vanhaa heikkokuntoista betonia ole jäänyt jäljelle purkamisvaiheessa. Vetokokeita otetaan myös korjatusta pinnasta, jolloin varmistetaan rakenteen kiinnittyvyys. Vetolujuusvaatimus on 1,5 Mpa (SILKO 1.203)



Kuva 2. Vetokoelaitte (Koljonen 2024)

5.4 Tartuntaterästen vetokokeet

Uuden rakenteen valamisessa vanhan teräsbetonirakenteen yhteyteen käytetään tartuntavetotankoja. Tartuntatankojen tehtävä on kiinnittää uusi rakenne vanhaan ja välittää kuormia rakenteiden välillä. Vetokokeessa tartuntavetotankoja kuormitetaan tasaisesti kasvavalla vetokuormalla, tartuntavetokoe on hyväksytty, jos tanko kestää irtoamatta 65% sen myötölujuudesta (65kN). (Tutkimusraportti VTT-3-02477-18).



Kuva 3 Tartuntaterästen vetokoealaite (Koljonen 2024)

5.5 Absoluuttisen kosteuden määrittäminen

Absoluuttisen kosteuden määrittämisen tarkoitus on mitata eristysalustan kosteus massa-%. Kosteuden tulee olla enintään 5 massa-%, jotta eristystyöt voidaan aloittaa. Absoluuttisen kosteuden määrittämistä varten otetaan kolmesta rinnakkaisesta näytteestä, jotka sijaitsevat samalta etäisyydeltä reunapalkista ja noin 50 cm etäisyydellä toisistaan. Näytteet voidaan porata eristysalustasta, ennen poraustyötä raudoituksen sijainti paikallistetaan raudoituksen ilmaisimella, mikäli se on mahdollista. Näytteenottoporalla porataan siltakanteen ura haluttuun syvyyteen (30 mm). Porauksen aikana ei saa käyttää vesikastelua. Porauksen jälkeen näytelieriö irrotetaan lyömällä kiila porattuun uraan. Yksittäisen näytteen paino on noin 150 g. Mitattavien näytteiden määrä annetaan urakka-asiakirjoissa (VTT 2650- 2013)

5.6 Lasihelmimenetelmä

Eristysalustan tai betonipinnan karkeudella viitataan pinnan pienimuotoisiin epätasaisuuksiin. Joissakin asiakirjoissa tätä pintaominaisuutta kutsutaan myös termillä ”karheus”. Karheus mitataan levittämällä pinnalle pieniä lasihelmiä, ja niiden rakeisuusvaatimukset on esitetty menetelmäkuvauksessa. Lasihelmet levitetään ympyrän muotoiseksi alueeksi, jonka keskimääräinen halkaisija mitataan. Kun lasihelmimateriaalin määrä (tilavuus) jaetaan peittyneen alueen pinta-alalla, saadaan lukuarvo, joka vastaa lasihelmikerroksen keskimääräistä paksuutta ja näin ollen myös pintakarkeuden keskimääräistä syvyyttä. Lasihelmi kokeita otetaan kolmesta kohdasta, kun silta on ≤ 500 m², jonka jälkeen lisätään yksi kohta alkavaa 300 m² kohden. (InfraRYL 42310:T3)



Kuva 4 Lasihelmikoe (Koljonen 2023)

6 SILLAN PÄÄLLYS- JA PINTARAKENTEET

6.1 Muotti- ja raudoitustyöt

Reunapalkin raudoituksen teossa on erityisesti kiinnitettävä huomiota pulttiryhmiä oikeaan asentoon. Siltakaiteiden kaidetolpat tulevat kiinni pulttiryhmiä pulttiin. Ennen valua laaditaan muotti- ja raudoitustarkastus dokumentit, jotka toimitetaan tilaajalle. Tarkastuksissa varmistetaan, että muotti ja raudoitus on valmistettu suunnitelmapiirustusten mukaan.

Muotintarkastuksessa varmistetaan, että muotti on tehty suunnitelman mukaisesti eli tarkistetaan esimerkiksi tuentojen jaot, muotin puhtaus ja tiiveys sekä kiinnitykset. Raudoitustarkastuksessa varmistetaan, että kaikki suunnitelmassa esitetyt teräkset ovat niille tarkoitettussa paikassa, jatkospituudet täyttyvät ja suojaetäisyydet täyttyvät. (InfraRYL 42020).

6.2 Betonointityöt

Sillankorjausrakentamisessa betonointitöihin liittyy useita erilaisia laadunvarmistus dokumentteja. Dokumentteja laaditaan ennen betonointia sekä betonoinnin jälkeen, joiden tarkoitus on varmistaa, että työ tehdään turvallisesti ja riittäviä resursseja käyttäen.

6.2.1 Työn- ja laadunvarmistus

Laadunvarmistusohje laaditaan jokaisesta työvaiheesta. Ohjeessa käydään läpi työssä käytettävät resurssit, kuten esimerkiksi työryhmä sekä käytettävissä oleva kalusto ja materiaalit. Betonointityötä edeltävät työvaiheet kirjataan ja samoin kirjataan kaikki mahdolliset hankinnat. (InfraRYL 42000)

6.2.2 Betonointisuunnitelma

Betonointisuunnitelma on dokumentti, jossa määritellään kaikki betonointivaiheeseen liittyvät toimenpiteet sekä käytettävät materiaalit kyseisessä työvaiheessa. Betonointisuunnitelman tarkoituksena on varmistaa, että betonointi tapahtuu oikein, sekä estää mahdolliset virheet työmaalla. (InfraRYL 42000)

Betonointisuunnitelma kattaa seuraavia tietoja:

- Organisaatio
- Betonoinnin kohde
- Käytettävä betoni
- Betoniasema
- Betonointikalusto
- Aikataulu
- Betonointityön suoritus
- Työsuojelu
- Ympäristönsuojelu
- Häiriöihin varautuminen
- Betonin jälkihoito

6.2.3 Betonointipöytäkirja

Betonointipöytäkirja laaditaan betonointityön jälkeen, pöytäkirja toimii todisteena, että betonointityö on suoritettu suunnitelmien mukaisesti. Betonointipöytäkirjaan kirjataan kaikki tiedot ja havainnot työstä, pöytäkirja on tärkeä osa laadunvalvontaa ja projektin dokumentointia. Pöytäkirja voi sisältää seuraavia tietoja (InfraRYL 41100):

- Hankkeen/projektin tiedot
- Muotti
- Raudoitus
- Betonin tiedot
- Betonointityö
- Työmaakoekappaleet
- Jälkityöt
- Liitteet

6.2.4 Betonin ennakkokokeet ja betonin ilmamäärä

Vähintään kahta viikkoa ennen betonointia täytyy tilaajalle toimittaa tulokset betonin ennakkokokeista. Ennakkokokeen tarkoitus on varmistaa, että suunniteltu käytettävä betoni täyttää vaatimukset, joita on lujuus, koostumus, tiheys ja seosaineiden määräyty.

Betonin ilmamäärän mittaa laborantti, joka ottaa betoniauton tuomasta betonista näytteen erilliseen painelaitteeseen. Painelaite täytetään betonimassalla ja sen pinta tasataan, jonka jälkeen kansi laitetaan, tiivistä kiinni. Kun laitteen kansi on kiinnitetty, täytetään kannen ja astian välitila vedellä kannen sivulla olevan venttiilin avulla. Astian kannessa olevaan paineastiaan pumpataan painetta, kunnes laitteen mittausviisari on aloitusmerkin kohdalla. Ilmamääräkoke suoritetaan painamalla nappia, joka vapauttaa paineen kannesta. Paine puristaa betonia ja betonin sisältämä ilma painuu kasaan sekä puristuu ulos mittauslaitteen kautta. (Betonitieto n.d)

6.2.5 Betonin työmaakoekappaleet

Betonin kelpoisuus määritetään vertailu puristuslujuus kokeella betonilaboratoriossa. Puristuslujuus määritetään työmaankoekappaleista, joita otetaan vähintään kuusi kappaletta ja aina 1 koekappale sataa kuutiota betonimassaa kohden lisää (kuva 3.). Muotista poiston jälkeen koekappaleet tulee säilyttää vedessä, jonka lämpötila on ± 20 astetta ja puristaminen 28 vuorokauden kuluttua betonin valamisesta. (Väylävirasto, Infrabetonin valmistus).



Kuva 5. Työmaakoeekappaleet (Koljonen 2024)

6.3 Eristysalusta

Eristysalustasta voidaan käyttää myös nimeä muotoilupalu. Muotoilupalulla siltaan haetaan sen viettokaltevuus. Ennen muotoilupalua sillan kannesta tulee poistaa huonokuntoinen betoni ja lisäksi kannen tulee olla puhdas ja mattakosteä. Muotoilupalussa käytetyn betonin puristuslujuus on oltava vähintään P30/37 ja pakkasenkestävyysluokan P30. Muotoilupaluun voi syntyä halkeamia, jota edesauttaa ohikulkevasta liikenteestä syntyvä värinä, silloin kun sillankorjaus tehdään yksi ajokaista kerrallaan. Muotoilupalun ajaksi ja 14 tuntia valun jälkeen voi tilaaja edellyttää siltapaikalla olevan 15 km/h nopeusrajoitus. Eristysalustan kuivuttua sen pinta kevyesti hiekkapuhalletaan, jotta sementtiliima irtoaa ja lopuksi pinta puhdistetaan. (SILKO 2.240)

6.4 Eristys

Siltojen vedeneristys on oleellinen osa sillan rakennetta, sen tehtävänä on suojata rakenteita. Vedeneristys estää kosteuden pääsy sillan rakenteisiin, puutteellinen vedeneristys mahdollistaa betonin rapautumisen ja teräksien ruostumisen. Sillan vedeneristystapoja voi olla esimerkiksi epoksiivistys (Kuva 4.) ja kermieristys. Eristettävän alustan tulee olla sääsuojan alla sekä kuiva ja puhdas ennen töiden aloitusta.

Epoksiivistys tehdään laskevaan lämpötilaan ja rakenteen lämpötilan tulee olla kuitenkin vähintään +10°C ja suhteellinen ilmankosteuden tulee olla alle >85 %. Sääennusteiden seuraaminen ennen vedeneristystöitä on suotavaa, koska ilmankosteus nousee sateella, vaikka eristettävä rakenne olisi sääsuojan alla.



Kuva 6. Epoksiivistetty sillan kansi (Koljonen 2024)

Kermieristystöiden olosuhde vaatimukset poikkeavat epoksiivistyksestä hieman. Kermieristyksessä (Kuva 5.) alustan lämpötila tulee olla vähintään $+5^{\circ}\text{C}$ eikä sitä tarvitse tehdä laskevaan lämpötilaan. Vedeneristykseen käytetään pohja- ja pintakermiä. Kermit kiinnitetään toisiinsa kumibituunia, joka voidaan lämmittää työmaalla siihen tarkoitettulla sulatuspadalla. Padan tulee olla varustettu termostaatilla sekä sekoittajalla. Kumibitumin KB100 levityslämpötila on $+180\dots 210^{\circ}\text{C}$. (InfraRYL 42310.3.2.1).



Kuva 7. Kermieristys (Koljonen 2024)

6.5 Asfaltointi

Päällysteen levitystyössä alustan lämpötilan tulee olla vähintään +5°C, lisäksi alustan täytyy olla puhdas ja kuiva (Kuva 6.) Asfalttia ei saa levittää sadekelin aikana tai pinnalle, joka on märkä. Sillan peruskorjaus kohteissa, missä korjataan pinta- ja päällysrakenteita usein, uusitaan asfalttia 10 metrin matkalla sillan kannen molemmissa päissä. Sillan päissä asfaltin uusimisen tarkoituksena on saada uusi asfalttipinta liittymään jouhevasti vanhaan asfalttipintaan.

Siltakohteista otetaan massanäytteitä asfalttibetonista kaksi näytettä jokaista alkavaa 250 tonnia kohti ja valuasfaltista kaksi näytettä jokaista alkavaa 100 tonnia kohti. Näytteet otetaan, mikäli silta-päällysteet eroavat väylän päällysteistä tai jos silta on erillinen kohde. Massanäytteistä tutkitaan si-deainepitoisuudet sekä rakeisuudet. (InfraRYL 42330).



Kuva 8. Päällysteen uusiminen (Koljonen 2024)

7 SILLAN TUKIRAKENTEET

7.1 Maa- ja välituet

Sillan tukirakenteina toimivat maa- ja välituet. Laajemmat tukien vauriot, jotka ilmenevät veden vaihteluvälin alueella korjataan muottien avulla, tätä menetelmää kutsutaan myös mantteloinniksi. Betonin valaminen on tehtävä mahdollisimman pian muotin- ja raudoituksen valmistuttua, etteivät raudoitus ja muotti limoitu veden vaikutuksesta. Vedenalaisissa valuissa voidaan käyttää huuhtoutumatonta betonia, huuhtoutumaton betoni on erikoisbetoni, joka on tarkoitettu vedenalaisiin betonointeihin ja kestää normaalia betonia paremmin erottumista ja hienoaineksen huuhtoutumista. Betonia ei kuitenkaan saa pudottaa suoraan veden läpi, vaan se on siirrettävä kohteeseen letkussa tai putkessa. (SILKO 2.271)

8 SILLAN VARUSTEET JA LAITTEET

8.1 Siltakaiteet

Kaiteissa yleisin vaurio on ruostuminen, sillä kaiteisiin kohdistuu etenkin talvella voimakas suolarasitus, myös kosteus rasittaa kaiteita. Ajoissa tehdyllä kunnossapito maalauksella pidennetään kaiteen käyttöikää. Kunnossapitokalusto aiheuttaa merkittäviä vaurioita kaiteille, lumiauran törmätessä kaiteeseen, kaiteesta lähtee suojaava maalikerros pois, jonka seurauksena ruostuminen on nopeampaa. Kaiteen valmistajan tulee olla Tiehallinnon käyttöön hyväksymä konepaja. Kaiteista toimitetaan tilaajalle materiaalitodistukset, joissa tulee ilmetä CE-hyväksyntä. (SILKO 2.311)



Kuva 9 H2-luokan uusitut siltakaiteet (Koljonen 2024)

8.2 Tippuputket

Tippuputkien tehtävänä on ohjata sillan kannella oleva vesi pois. Tippuputket voi toimia yhdessä sillan kannen salaojan kanssa. Toimimattomalla kuivatusjärjestelmällä vaurioitaa sillan päällysrakenteeseen, jänneankkureihin tai muihin rakenteisiin. Tippuputkien laadunvarmistus todetaan suunnittelijan laatiman korjaussuunnitelman toteutuminen laatuvaatimuksineen. (SILKO 2.632)

8.3 Reunasalaoja

Pitkittäiset ja poikittaiset salaojat pyritään tekemään lähtökohtaisesti putkisalaojina. Putkisalaojan metalliprofiilina käytetään C-profiilia, jonka reunoilla on lovet, jotka parantavat veden virtausta. Salaojan ympärystytön täytyy tehdä bitumilla tai polymeerillä sidotusta kiviaineksesta, jonka raekoko on 16–20 mm. Putkisalaojasta esitetään tilaajalle materiaalitodistus.



Kuva 10 Kannen putkisalaoja (Koljonen 2024)

9 CASE-KOHTTEEN ESITTELY

Case-kohteena tässä opinnäytetyössä toimii Hossanjoen silta, joka sijaitsee Suomessalmella maantiellä 9190. Silta on 4-aukkoinen teräsbetoninen jatkuva laattasilta. (kuva 11.) Urakan aikana siltaan uusittiin vedeneristys, pinta- ja päällysrakenteet, siltaa levennettiin yhdellä metrillä sekä samalla reunapalkit uusittiin. Maa- ja välituet korjattiin mantteloinnilla sekä ruiskubetonilla.



Kuva 11 Hossanjoen silta (Koljonen 2025)

Urakka aloitettiin työmaan perustamisella sekä liikennejärjestelyillä, jotka tehtiin aluesuunnitelman ja liikenteenohjaussuunnitelman mukaisesti. Liikenteenohjaussuunnitelmia laadittiin useampia, koska työtä ei voida toteuttaa pelkästään yhdellä suunnitelmalla.

Sillan leventäminen aloitettiin telineiden rakentamisella, josta laaditaan telinesuunnitelma, joka toimii samalla reunapalkin muotin teknisenä työsuunnitelmana. Reunapalkin purkaminen vaatii myös työn- ja laadunvarmistussuunnitelma samaan tapaan kuin jokainen muukin sillan rakentamisen työvaihe.

Valmis reunapalkin rauditus ja muotti dokumentoidaan tilaajalle ennen reunapalkin betonointitöitä. Reunapalkin valmis muotti on esitetty kuvassa 12. Betonointityöt etenevät työn- ja laadunvarmistussuunnitelmien mukaisesti ja vaadittavat laatudokumentaatiot tehdään suunnitelmissa mainitulla tavalla.



Kuva 12 Reunapalkin valmis muotti (Koljonen 2023)

Ennen vedeneristystä poistettiin vanha asfaltti sekä suojabetoni, purkujätteet kierrätettiin asianmukaisesti ja jätteen siirtoasiakirjat dokumentointiin. Eristysalusta valettiin sääsuojan alla suunnitelmien mukaan. Vedeneristyksestä laadittiin suunnitelmien mukaiset laadunvarmistukset.



Kuva 13 Kermieristys (Koljonen 2023)

Maa- ja välitukien korjaukset toteutettiin suunnitelmien mukaisesti. Veden vaihteluvälillä oleva alue korjattiin manttelikorjauksena ja yläpuolinen osa ruiskubetonoitiin. Mantteloinnin tartuntojen poraaminen ja muotin tekemisessä haastetta aiheutti Hossanjoen poikkeuksellisen korkea vedenkorkeus vuoden aikaan nähden.

Urakan viimeisiä työvaiheita olivat toisen kaistan asfaltointi ja pengerkaiteiden asennus. Asfaltointi tapahtui työn- ja laadunvarmistus suunnitelman mukaisesti sekä pengerkaiteista urakoitsija toimitti tilaajalle CE-hyväksyntä dokumentit.

10 YHTEENVETO JA POHDINTA

Hossanjoen sillan korjausurakka sujui kokonaisuudessaan hyvin ja aikataulun mukaisesti. Ilman haasteita ei kuitenkaan myöskään selvitty sillä maa- ja välitukien korjauksen aikana veden korkeus oli poikkeuksellisen suuri vuoden aikaan nähden, joka aiheutti pulmia. Tästä huolimatta kaikki urakkasopimuksessa sovitut asiat saatiin haasteista huolimatta tehdyksi. Välitukien korjausta olisi mahdollisesti helpottanut veden ohjaaminen pois päin korjattavasta välituesta.

Merkittävä tekijä sujuvuuden varmistamisessa korjausurakassa oli saumattomaksi hioutunut yhteistyö urakan aikana työmaalla. Työnjohtajan ja vastaavan mestarin yhteydenpito hoidettiin pääasiassa puhelimitse sekä työmaakäynneillä. Työnjohtajana sain mahdollisuuden toimia hyvin itsenäisesti ja laatia useat laatudokumentit, jotka prosessin mukaisesti luetettiin vastaavalla mestarilla siltä varalta, että niissä oli jotakin korjattavaa.

Aikataulutustyömaalla on erittäin tärkeää kokonaisuuden kannalta, koska jokaisella työmaalla voi tulla suunnitelmamuutoksia, jotka voivat vaikuttaa aikatauluun. Aikataulusta ei tämän vuoksi kannata tehdä liian tiukaksi. Huolellinen suunnittelu oli osasyys, että tämän korjausurakan aikana ei merkittäviä haasteita aikataulutusten suhteen työmaalla ollut. Huolellinen suunnittelu, kyky reagoida nopeasti muutoksiin ja hyvät vuorovaikutustaidot työmaalla ovat tärkeitä taitoja työnjohtajalla.

Opinnäytetyön tekemisen aikana laadin tilaajalle muistilistan sillankorjauksen aikana vaadittavista laatudokumenteista. Muistilistassa tuon esille hyväksi havaitsemiani välineet ja työmenetelmät, joilla onnistuu tekemään sillan peruskorjauksessa vaaditut laatudokumentit. Muistilista helpottaa työnjohtajan työtä työmaalla, sillä listasta voi tarkistaa missä vaiheessa ja mistä vaaditut laatudokumentit tulee tehdä. On kuitenkin tärkeää muistaa, että töiden tekemiseen ei ole aina yhtä ainuttakaan oikeaa menetelmää, joten muistilista toimii pohjana tilaajan uusille työnjohtajille ja jokainen työnjohtaja voi myös muokata sekä päivittää muistilistaa mieleisekseen. Lisäksi muistilista täydentyy, jos helpompi tai nopeampi menetelmä keksitään.

Opinnäytetyön parissa pääsin syventämään opiskelujen aikana oppimaani sekä hyödyntämään sitä konkreettisesti työelämässä, joka tuki ammatillista kasvua. Korjausurakan aikana opiskelujen kautta hankittu teoretinen tieto syvensi ymmärrystä ja käytäntö konkretisoi opittua työmaalla tekemisen kautta.

Jatkokehitysideaksi opinnäytetyöstä nousi liitteessä 1 mainittu tarkastuslista, johon jokainen työnjohtaja ja vastaava mestari voi kirjata ylös työmenetelmiä sekä tapoja, joilla päästään hyvään lopputulokseen. Ei ole olemassa vain yhtä tapaa, sillä hyväksyttävään lopputulokseen pääsee monin keinoin, mutta mikä on nopein ja kustannustehokkain tapa, niin siihen työntekijät voisivat kerätä yhdessä omia ajatuksiaan.

LÄHTEET

Työssä on käytetty seuraavasti tekoälyä:

ChatGPT 2023. OpenAI. GPT-3.5. Käytetty kielentarkistukseen, maaliskuu 2025. <https://chat.openai.com>

Metsähallitus 2023, Kansallispuistojen, valtion retkeilyalueiden ja muiden virkistyskäytöllisesti merkittävimpien Metsähallituksen hallinnoimien suojelualueiden ja retkeilykohteiden käyntimäärät vuonna 2023, Verkkojulkaisu. https://www.metsa.fi/wp-content/uploads/2024/01/kayntimaarat_2023.pdf Viitattu 12.2.2025

Rakennustieto Oy 2024. InfraRYL 2023/2. Rakennustieto. Saatavilla: <https://www.rakennustieto.fi> Viitattu: 11.2.2025

Savon Kuljetus julkaisuaika tuntematon(a). Yritys. Verkkojulkaisu. <https://www.savonkuljetus.fi/yritys/> Viitattu 4.1.2025

Suomen Vesipiikkaus Oy, julkaisuaika tuntematon (a). Yritys. Verkkojulkaisu. <https://vesipiikkaus.fi/fi/menetelmat/vesipiikkaus/> Viitattu 14.5.2025

Sweco rakennetekniikka Oy, 2011, Korjausuunnitelmaselostus 0-2250 Hossanjoen silta Suomussalmi, 2021 Viitattu 5.1.2025

VTT Oy 2018. Menetelmäkuvaus tartuntavetotankojen kokonaislujuuden varmistamiseksi kenttäolosuhteissa, Verkkojulkaisu. https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/19008213/VTT_R_02477_18.pdf. Viitattu 12.2.2025

Väylävirasto 2020, Infrabetonien valmistus. Verkkojulkaisu, https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2020-41_infrabetonien_valmistus_web.pdf. Viitattu 12.2.2025

Väylävirasto 2021, Liikenne tietyömaalla, Verkkojulkaisu. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2021-11_tienrakennustyomaat_web.pdf Viitattu 11.2.2025

Väylävirasto 2023, Siltojen toimintalinjat, Verkkojulkaisu. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-9_siltojen_toimintalinjat_web.pdf Viitattu 11.2.2025

Väylävirasto 2024, Siltojen korjausohjeet (SILKO), Verkkojulkaisu. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/sillat/silko> Viitattu 17.2.2025

LIITE 1: TYÖMAAN TARKASTUSLISTA (SALAINEN)