

Juuso Mattila

**SILTOJEN PINTARAKENTEIDEN KORJAUSMENETELMIEN
VERTAILU**

SILTOJEN PINTARAKENTEIDEN KORJAUSMENETELMIEN VERTAILU

Juuso Mattila
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka, yhdyskuntatekniikka

Tekijä: Juuso Mattila

Opinnäytetyön nimi: Siltojen pintarakenteiden korjausmenetelmien vertailu

Työn ohjaajat: Jouko Aaramaa, projektipäällikkö, Skanska Infra Oy
Terttu Sipilä, lehtori, Oamk

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: 4/2014 Sivumäärä: 54 + 3 liitettä

Sillan pintarakenteiden huono kunto altistaa koko sillan päällysrakenteen liikenteen, suojojen ja veden aiheuttamille rapautumille. Lisäksi sillan pintarakenteiden korjaaminen on eniten sillalla kulkevaa liikennettä häiritsevä korjaustoimenpide. Tässä insinöörityössä tarkasteltiin kolmea Skanska Infra Oy:n toteuttamaa sillan pintarakenteiden korjauskohdetta.

Insinöörityössä vertailtiin kolmea sillankorjauskohdetta toisiinsa korjausmenetelmien ja korjausjärjestelyiden näkökulmasta. Nopeutettua pintarakenteiden korjausta verrattiin perinteiseen korjaustapaan. Työssä pohdittiin, millaisia hyötyjä korjauksen nopeuttamisesta on ja milloin perinteinen korjaustapa on edullisin. Toinen vertailukohta oli liikennejärjestelyjen toteutus työkohteissa. Kaikki kohteet liittyivät Skanska infra Oy:n ja ELY-keskuksen väliseen urakkaan Siltojen ylläpito 2008-2015, Oulun pohjoinen alue.

Työssä selvitettiin, miten pintarakenteiden korjauskohteet olivat toteutuneet, ja pohdittiin, miten pintarakenteiden korjausta voisi tulevaisuudessa kehittää. Lähteinä käytettiin hankkeen työmailta saatuja käytännön kokemuksia, Liikenneviraston SILKO-ohjeistoa, alan julkaisuja, WSP Finland Oy:n sillantarkastusraportteja ja korjaussuunnitelmia sekä Skanska Infra Oy:n suunnitelmia ja raportteja kohteista.

Tuloksena työstä saatiin selvitys pintarakenteiden korjauksen toteutuksesta keuhinä 2012 ja 2013 sekä vastaavanlaisten korjauskohteiden kehitysehdotuksia. Lisäksi selvitys voi toimia eräänlaisena työohjeena sillan pintarakenteen korjaukseen ryhtyvälle.

Asiasanat: pintarakenteet, sillankorjaus, nopeutettu korjaus, perinteinen korjaus, liikennejärjestelyt

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil engineering, Municipal engineering

Author: Juuso Mattila

Title of thesis: Comparing the repairing methods of the bridge's surface structure

Supervisors: Jouko Aaramaa, Project Manager Skanska Infra Oy
Terttu Sipilä, Lecturer OAMK

Term and year when the thesis was submitted: 4/2014 Pages: 54 + 3 appendices

Bad condition of the bridge's surface structure exposes the superstructure to decay caused by traffic, saltwater and water itself. Repairing the damaged surface structure is the most harmful operation to traffic of all bridge repairing measures. In this thesis work the aim was to observe three bridge's surface structure repairing operations made by Skanska Infra Oy.

In this thesis work the aim was to compare three bridge repairing sites to each other from repair methods and repair arrangements point of view. Accelerated repairing of the surface structure was compared to the so called traditional repairing method. The benefits of the accelerated repairing and when the more traditional method was more efficient, was observed. The temporary arrangements of the traffic were observed as well. All the repairing targets were part of bridge maintenance contract of the northern area of Oulu 2008 – 2015 which Skanska Infra Oy's and Centre for Economic Development, Transport and the Environment had made.

The execution of the three repairing sites was observed and how could repairing of the surface structure be developed in the future. Experiments from the working site, publications from bridge repairing, bridge repairing instructions SILKO, bridge inspection reports and repairing blueprints from WSP Finland Oy and Skanska Infra Oy:s plans and reports were used as reference in this work.

As a result was a report from execution of the three bridges surface structure repairs during summers 2012 and 2013, and ideas how similar repairing operations could be developed in the future. Moreover the thesis work could work as some kind of a work instruction for repairing bridges surface structure.

Keywords: bridge repair, surface structure, accelerated repairing, traffic arrangements

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLTÖ	5
1 JOHDANTO	8
2 SILLAN PINTARAKENTEIDEN KORJAAMINEN	9
2.1 Työvaiheet.....	10
2.2 Liikennehaitta.....	16
2.3 Liikennejärjestelyt	17
2.4 Nopeutetut korjausmenetelmät	20
2.5 Laadunvarmistus.....	20
3 LAANILAN RISTEYSSILTOJEN KORJAAMINEN NOPEUTETUSTI	23
3.1 Vauriot.....	24
3.2 Korjausmenetelmät	24
3.3 Korjaustöiden järjestelyt.....	25
3.3.1 Korjaustyön järjestelyt kesällä 2012.....	25
3.3.2 Korjaustyön järjestelyt kesällä 2013.....	30
4 TYRNÄVÄN KIRKKOSILLAN KORJAAMINEN PERINTEISESTI	35
4.1 Vauriot.....	36
4.2 Korjaus.....	36
4.3 Toteutuksessa huomioitavat seikat	38
5 KORJAUSMENETELMIEN JA LIIKENNEJÄRJESTELYJEN VAIKUTUS.....	39
5.1 Aikataulu ja työmäärä.....	39
5.2 Työn laatu	41
5.3 Työturvallisuus	42
5.4 Nopeutetun korjauksen haasteet	43
5.5 Kehitysideoita ja uusia toimintatapoja	44
5.6 Hyödyt tilaajan kannalta.....	48
6 LIIKENNEHAITAN KUSTANNUKSET	50
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	52
LÄHTEET	54
LIITTEET.....	56

Liite 2 Laanilan RS O-933 Yksityiskohtapiirustus r-3A

Liite 3 Kirkkosilta, O-1260 Yleispiirustus r-1

Merkkien selitykset ja määritteet

Hyötyleveys = Sillan kaidejohteiden välissä käytettävissä oleva leveys

KVL = Keskimääräinen vuorokausiliikenne

Sillan alusrakenteet = Maatuet, välituet, sillan perustukset

Sillan päällysrakenne = Siltatyyppistä riippuen esim. kansilaatta, ulokelaatta, sillan kantava rakenne

Sillan pintarakenteet = Kulutuskerros, eristyksen suojakerros, vesieristys, päällysrakenteen yläpuoliset kerrokset, jotka suojaavat päällysrakennetta ulkopuolisilta rasituksilta

1 JOHDANTO

Sillan pintarakenteiden korjaukseen on erilaisia vaihtoehtoja niin korjausmenetelmien kuin liikennejärjestelyjen osalta. Tässä työssä onkin tarkoitus tutkia kolmen toteutuneen sillan pintarakenteiden korjauskohteen toteutumista ja vertailla niiden toteutustapoja toisiinsa. Tarkoituksena on selvittää, mikä korjaustapa toimii teknisesti ja taloudellisesti parhaiten kussakin kohteessa.

Tarkasteltavat kohteet ovat Laanilan risteyssillat Oulussa sekä Tyrnävän Kirkkosilta. Laanilan risteyssillat toteutettiin nopeutetulla pintarakenteiden korjausmenetelmällä, jossa isonkin sillan pintarakenteiden korjaus on mahdollista suorittaa jopa kolmessa viikossa. Perinteisellä korjaustavalla aikaa kului yli kymmenen viikkoa. Lisäksi Laanilan risteysilloista pohjoisempi korjattiin kahdessa vaiheessa liikenteen kulkiessa korjattavalla sillalla, ja eteläisempi korjattiin yhdessä vaiheessa liikenteen kulkiessa toisella sillalla. Tyrnävän kirkkosilta korjattiin perinteisellä korjaustavalla kaksivaiheisena, ja korjauksen aikataulu oli 12 viikkoa.

Valintaan nopeutetun ja perinteisen korjaustavan välillä vaikuttaa ennen kaikkea liikenneolot ja nopeasta aikataulusta saavutettu hyöty. Liikenteen viivytyskustannukset laskemalla voidaan selvittää, saavutetaanko nopeutetusta korjaustavasta taloudellista hyötyä, vaikka se olisikin vähän kalliimpi. Mitä suuremmat liikennemäärät ovat, sitä suuremmat ovat työmaasta aiheutuvat viivytyskustannukset. Koska pintarakenteiden korjaus on tien käyttäjää eniten haittaava toimenpide, voidaan tätä työvaihetta nopeuttamalla saavuttaa säästöjä.

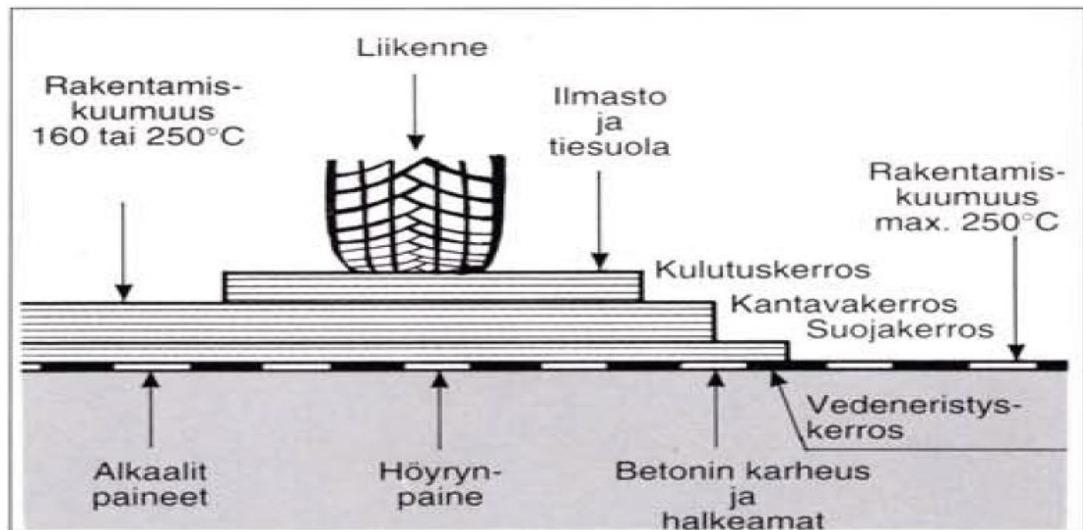
Työ pohjautuu omiin kokemuksiini toimiessani työntekijänä ja työnjohtajana Skanska Infra Oy:ssä kesinä 2011 – 2013 sekä muiden Skanska Infra Oy:n työntekijöiden haastatteluihin. Aineistona työssä ovat lähdeluettelossa mainitut julkaisut, selvitykset ja suunnitelmat, ja hyödynnän niitä opinnäytetyön raporttiosaa kirjoitettaessa.

2 SILLAN PINTARAKENTEIDEN KORJAAMINEN

Suuri osa suomen nykyisestä tieverkosta on rakennettu 1960 – 1970-luvuilla ja niin on myös tieverkolla sijaitsevat sillat. Myös 1990-luvulla on rakennettu paljon siltoja kasvaneen liikennevolyymien seurauksena. Suuri osa Suomen tieverkon silloista on siis tulossa korjausikään, ja myöhemmin vuosina rakennetut sillat pitävät huolen, että korjaustarvetta on jatkossakin. Onkin siis tärkeää, että oikeanlaisiin korjaustoimenpiteisiin ryhdytään, jottei infrastruktuuriin kohdistuva korjausvelka kasvaisi liian suureksi ja kansalaisten yhdyskuntaan sijoittama pääoma rapistuisi käsiin.

Sillan pintarakenteet käsittävät yleensä sillan päällysrakenteen ylimmät kerrokset: alimmasta kerroksesta lukien sillan kannen eristys, suojabetoni tai suojapäällystekerros sekä päällyste. Pintarakenteet ovat nimensä mukaisesti päällysrakenteen ylimmäiset kerrokset, jotka toimivat sekä päällysrakenteen eristeenä että ajoratana sillalla kulkevalle liikenteelle.

Koska sillan liikenne kulkee pintarakenteiden päällä, pintarakenne kuluu ja altistuu mekaaniselle rasitukselle. Tämän lisäksi tieverkolla käytettävä suola ja vesi yhdessä aiheuttavat suojabetonille rapautumista. Suojabetonin rapautumisen seurauksena kannen vesieriste altistuu ylimääräiselle rasitukselle lopulta rikkoutuen. Myös mekaaninen rasitus, alun perin huonosti tehty eristystyö, kansilaatan halkeamat, kuivatusjärjestelmän toimimattomuus tai ikä vaikuttaa vesieristeen rikkoutumiseen. (Kuva 1.) Kun vesieriste on rikkoutunut, vesi pääsee eristeen läpi päällysrakenteeseen asti, mikä aiheuttaa rapautumista päällysrakenteessa. Oikeaan aikaan tehdyillä ylläpitotoimenpiteillä voidaan siis ratkaisevasti vaikuttaa sillan käyttöikään.



KUVA 1. Sillan pintarakenteille aiheutuvia rasituksia (Kuva: SILKO 1.801. 2011)

2.1 Työvaiheet

Sillan pintarakenteiden korjaaminen lähtee yleensä eristysalustan kunnostamisesta, koska pintarakenteiden rapautuminen kertoo rapautuneesta suojabetonista tai päällysteestä, joka johtaa rikkoutuneeseen vedeneristykseen ja edelleen eristysalustan huonoon kuntoon.

Sillan eristysalustan kunnostamiseen johtavia syitä:

- Kansilaatan betoni on rapautunut tai betonin kosteuspitoisuus on liian korkea.
- Kansilaatan pinta on epätasainen.
- Eristysalustan viettokaltevuus on riittämätön.
- Eristysalustan kloridipitoisuus on liian korkea, jonka seurauksena betoni rapautuu.
- Betoniterästankoja on kansilaatan pinnassa.
- Eristysalustassa on tartuntaa haittaavaa bitumia tai muuta ainetta (SILKO 2.240. 2007).

Eristysalustan kunnostamisen laajuus on riippuvainen siihen syntyneistä vaurioista. Oikeanlaisen kunnostustavan määrittäminen vaatii hyvää suunnittelua ja tutkimuksia. Joskus kuitenkin korjaustarve määrittyy tarkemmin vain vanhat rakenteet purkamalla.

Korjauksen laatuun vaikuttaa, pystytäänkö korjaus tekemään ilman uutta muotoiluvalua, sillä valun kuivuminen vaatii oman aikansa. Myös suojavaulun teko aiheuttaa lisää kuivumisaikoja.

Vanhojen pintarakenteiden poisto

Vanhojen pintarakenteiden poistoon kuuluu päällysteen poistaminen, suojabetonin tai suojapäällysteen poistaminen ja vanhan kermieristeen poisto. Nämä kaikki työvaiheet pystytään yleensä hoitamaan kaivinkoneella, mutta joskus kermieristeen poisto vaatii käsin piikkaamista. Koska kaivinkoneelta vaaditaan sillankorjaustyömaalla yleensä hyvää liikkuvuutta, pyöräalustainen kaivinkone on paras ratkaisu.

Purkujätteet lastataan paikanpäällä kuorma-autoon, josta ne toimitetaan asianmukaiseen jälleenkäsittelyyn. Pintarakenteiden poiston tarkoituksena on saada sillankansi puhtaaksi vanhoista rakenteista, jotta se olisi valmis korjattavaksi uutta eristystä varten.

Kannen piikkaus

Mikäli eristysalustassa on liikaa klorideja ja se on päässyt rapautumaan, on huonokuntoinen betoni poistettava ja alustalle tehtävä uusi muotoiluvalu. Kannen yläpinnan piikkausraja määritetään kloridipitoisuus- ja vetolujuuskokeiden avulla. Rapautuneen betonin poistamiseksi sillan päällysrakennetta ja sen raudoitusta vähiten rasittava keino on vesipiikkaus, koska oikealla paineella suihkutettuna vesi poistaa vain rapautuneen betonin eikä vaurioita mahdollisesti esiin tulevia betoniteräksiä. Jyrsiminen on yksi vaihtoehto, mutta sitä ei suositella, koska sen on katsottu aiheuttavan mikrohalkeilua betonissa ja jyrsimellä on hankala välttää osumista betoniteräksiin. (SILKO 2.240. 2007.) Kuvassa 2 on vesipiikkauksessa käytettävä robotti.



KUVA 2. Vesipiikkausrobotti (Kuva: Juuso Mattila)

Muotoiluvalu

Sillan kannelle tehdään uusi eristysalusta uudella muotoiluvalulla, jossa piikatulle kannelle valetaan uusi pinta, yleensä 30 – 50 mm. Muotoiluvalulla korjataan kannen epätasaisuudet ja tehdään kanteen uudet viettokaltevuudet, mikäli vesi on entisellä kannella päässyt lätäköitymään. Muotoiluvalua tehtäessä uuden viettokaltevuuden tulee olla $>2\%$. Uudella muotoiluvalulla luodaan myös uusi tasaisempi eristysalusta vesieristykselle. (SILKO 2.240. 2007.) Kuvassa 3 näkyy käynnissä oleva muotoiluvalun teko.

Ennen vesieristystä on huolehdittava eristysalustan kunnollisesta kuivumisesta. Nopeutetussa korjausmenetelmässä voidaan käyttää nopeasti kuivuvia massoja kuivumisaikojen lyhentämiseksi.



KUVA 3. Muotoiluvalun teko käynnissä Laanilan risteyssillalla kesällä 2012 (Kuva: Toni Gussander)

Eristysalustan kunnostus ilman muotoiluvalua

Jos vanha sillan kansi ei ole rapautunut pahasti ja siinä olevat viettokaltevuudet ovat kunnossa, voidaan eristysalusta kunnostaa ilman muotoiluvalua.

Ilman muotoiluvalua korjattavasta alustasta poistetaan vanha eriste, tasoitetaan nystyrät ja paikataan kolot SILKO-hyväksytyllä paikkausmassalla; alustan tulee olla puhdas rasvasta ja liasta. Jos pinta on liian sileä, se karhennetaan tarttuvuuden varmistamiseksi. Tehdään esimerkiksi kevyt jysintä. Vaikka alustalle ei olekaan tehty uutta muotoiluvalua, tulee alustan riittävään kuivumiseen kiinnittää silti huomiota, jotta varmistetaan eristeen riittävä kiinnittyminen eristysalustaan.

Vesieristys

Sillan kannen vedeneristys voidaan tehdä joko kermieristykseenä tai nestemäisenä levitettävänä eristykseenä. Jälkimmäinen eristystapa on yleistynyt 1990-luvulta alkaen.

Nestemäisenä levitettävä eristys on yleensä polyuretaani-, epoksi- tai akryyli-pohjainen aine, joka ikään kuin maalataan eristysalustaan. Eristysalusta on suihkupuhdistettava joko hiekka- tai sinkopuhalluksena ja käsitellään tiivistysaineella tarttuvuuden varmistamiseksi. Nykyisin SILKO-ohjeet ja InfraRYL edellyttävät eristettävän kannen eristystöissä käytettävän sääsuojaa. Näin pienennetään säänvaihteluista aiheutuvia riskejä ja varmistetaan eristystyön sujuvuus aikataulussa. (InfraRYL. 2006.)

Sääsuojien käytössä on noudatettava InfraRYL:n osan 3 /2/ kohdan 42310.0.8 määräyksiä.

Siirrettävien sääsuojien käytöstä on saatu hyviä kokemuksia. Sääolosuhteissa tapahtuviin muutoksiin on varauduttava vähintään suoja- peitteiden avulla. Peitteet asennetaan ja poistetaan siten, että vettä ei valu eristettäville pinnoille. Sääsuojan sisällä on pidettävä yllä tuuletusta, jottei ilmassa oleva kosteus kondensoidu suojan alapintaan. (SILKO 2.813. 2009.)

Kermieristyksessä eristys tehdään bitumikermein, jotka liimataan eristysalustaan kuumalla kumibitumilla. Eristystyö muistuttaa hyvin paljon talojen katolle tehtävää kermitystä. (Kuva 4.) Myös kermieristyksessä eristysalusta on puhdistettava hiekka- tai sinkopuhdistuksella ja käsiteltävä tartunta-aineilla tarttuvuuden varmistamiseksi. Kermieristyksessä tulee huolehtia kermien riittävästä limityksestä. Kermieristys on perinteinen eristystapa, ja sitä on käytetty jo pitkään siltojen eristysmateriaalina.



KUVA 4. Tyrnävän kirkkosillan valmis kermieristys kesällä 2013 (Kuva: Juuso Mattila)

Eristysalustan on oltava tarpeeksi kuiva ennen eristämistä, sillä eristeen alle jäävä kosteus voi höyrystyä ja aiheuttaa eristeessä kuplimista. Tämä on yleinen vaurio, joka johtaa eristyksen uusimiseen. Vedeneristysalustan absoluuttinen kosteus saa olla korkeintaan 5 painoprosenttia tai suhteellinen kosteus korkeintaan 93 %, ja eristysalustan lämpötilan täytyy olla vähintään 3⁰C ilman kastepisteen yläpuolella eristystyötä tehtäessä. (SILKO 2.813. 2009.)

Vaikka eristysalustaan ei olisikaan jäänyt kosteutta, voi eriste irrota alustastaan ja kuplia myös muista syistä:

Kannen vedeneristykseltä edellytetään vesitiiveyttä ja kuplimattomuutta. Eristeen kupliminen on pidetty suurena ongelmana 80- ja 90-luvulla ja sen jälkeenkin. Kuplimisen syytä ei ole täysin onnistuttu selvittämään. Syynä on pidetty höyrypaineen kehittymistä eristeen alla. (Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät 39/2011.)

Kuplimista on pidetty erityisesti bitumilla kiinnitettävän eristeen ongelmana, sillä sen kiinnityslujuus heikkenee, mikäli lämpötila nousee yli 30 asteen. Myös eristämisen ja päällystämisen aiheuttama lämpöshokki voi aiheuttaa bitumiin kup-

lia. Epoksieristys ja nestemäisenä levitettävä eriste ei menetä merkittävästi lujuuttaan, vaikka lämpötila nousisi yli 250 asteen. Kun tartunta-alustaan on vaatimusten mukainen, ei merkittävää kuplimisvaaraa ole, koska nestemäinen eristys ei tarvitse suurta lämpöä ja eriste kestää päällystämisen aiheuttaman lämpöshokin. (Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät 39/2011.) Kuvassa 4 näkyy nestemäisenä levitettävän eristyksen tekoa.



*KUVA 5. Nestemäisenä levitettävän eristyksen tekoa sääsuojassa Laanilan Risteys-
teyssilloilla kesällä 2012 (Kuva: Toni Gussander)*

2.2 Liikennehaitta

Pintarakenteiden korjaaminen on kaikista sillan korjaustoimenpiteistä eniten liikennettä haittaava toimenpide (Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetel-

mät 39/2011). Niiden korjaamiseksi joudutaan liikenne katkaisemaan ainakin yhdeltä ajokaistalta, ja tämä aiheuttaa liikennehaittaa. Mikäli pintarakenne on korjattava monessa vaiheessa, se pitkittää koko korjaustyötä ja liikennehaitta kasvaa. Tämä on kuitenkin joskus välttämätöntä, koska silta on säilytettävä liikenteellä. Nopein tapa korjata pintarakenteet on katkaista koko silta liikenteeltä ja korjata pintarakenteet kerralla. Tämä kuitenkin usein edellyttää kiertotien rakentamista, mistä aiheutuu lisäkustannuksia. Aina kiertotien rakentaminen ei ole edes mahdollista.

Korjaustyöstä aiheutuvien liikennejärjestelyiden aiheuttamat liikennehaittakustannukset on laskettavissa eri liikennejärjestelyille. Laskennassa hyödynnetään kevyiden ja raskaiden ajoneuvojen keskimääräistä viivästysajan yksikkökustannusta ja keskimääräistä matkan yksikkökustannusta. Kun nämä tekijät yhdistetään eri liikennejärjestelyistä aiheutuviin viivästyksiin ja rajoituksiin, voidaan laskea tien käyttäjille aiheutuva liikennehaittakustannus.

Urakoitsijalle liikennehaitasta ei aiheudu kustannuksia vaan liikennehaitan kustannukset jakaantuvat tasaisesti tien käyttäjille ja elinkeinoelämälle. Urakoitsijalle on kuitenkin kannustimena liikennehaittojen minimoimiseksi menettely, jota kutsutaan kaistanvuokraukseksi. Menettelyssä työmaakohteessa sijaitseva osa annetaan tietyin ehdoin urakoitsijan käyttöön. Menettelyllä pyritään kannustamaan urakoitsijaa pienentämään liikenteelle aiheutuvia haittoja. (Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät 39/2011.)

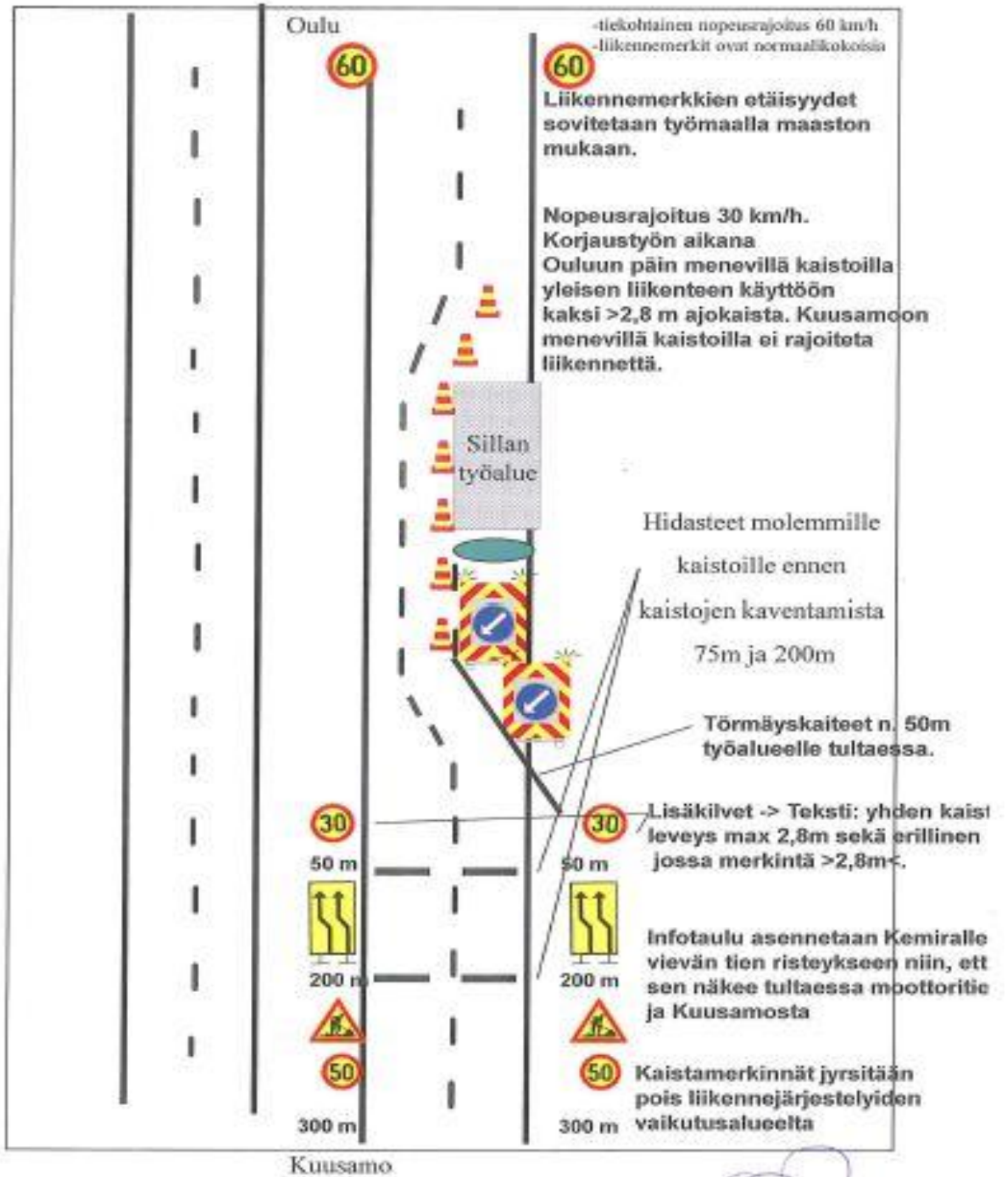
2.3 Liikennejärjestelyt

Jotta sillan pintarakenteet voidaan korjata, on korjattava alue rajattava ja sillalla kulkeva liikenne ohjattava ohi liikennejärjestelyillä. Liikennejärjestelyjen laajuus riippuu korjaustyön laajuudesta, sen tilan tarpeesta, itse liikenneväylästä ja sen keskimääräisestä vuorokausiliikenteestä (KVL). Liikennejärjestelyjä suunniteltaessa tulee edellä mainitut asiat ottaa huomioon, jotta korjaustyö sujuisi turvalisesti ja ohimenevälle liikenteelle ei aiheutuisi ylimääräistä haittaa.

Korjaustyön liikennejärjestelyt voidaan tehdä liikennevalo-ohjauksena, ajoradan sulkemisena, ajoradan kaventamisella tai kiertotienä. Liikennevalo-ohjaus tulee yleensä kyseeseen, mikäli tie on vilkasliikenteinen ja tie kaksisuuntainen. Yksisuuntaisella tiellä riittää ajoradan sulkeminen tai ajoratojen kaventaminen. Kiertotie tulee kyseeseen, mikäli koko pintarakenne korjataan kerralla tai koko sillan päällysrakenne vaatii uusimista. Yleensä liikennejärjestelyissä pyritään pienimpään liikennehaittaan vaarantamatta kuitenkin työntekijöiden turvallisuutta. Urakoitsija voi kuitenkin esittää vaihtoehtoisia ratkaisuja esimerkiksi tilantarpeen nimissä, ja liikennejärjestelyissä päädytäänkin usein jonkunlaiseen kompromissiin. Kuitenkin kunnollisella suunnittelulla, toteutuksella ja työnaikaisella liikennejärjestelyiden ylläpidolla saadaan kaikista järjestelyistä hyvin liikennettä palvelevat järjestelyt.

Työturvallisuuden takaamiseksi liikennejärjestelyissä on huomioitava kunnolliset törmäyssuojat ja estettävä ajoneuvojen ajautuminen työalueelle mahdollisten onnettomuuksien sattuessa. Yleisimmät törmäyssuojat ovat maakasat tai törmäyslaitteet ajoradan liikenteen tulosuunnassa ja törmäyskaiteet, jotka rajaavat liikenneväylän ja työalueen. Huomioitavaa on myös erilaisten työvaiheiden ja työkoneneiden tilantarve. Mikäli näille ei ole varattu tarpeeksi tilaa, käy tila ahtaaksi ja se johtaa töissä turhiin riskinottoihin.

Liikenteen huomion herättämiseksi ja opastamiseksi on merkkien näkyvyydestä, oikein asettelusta ja huomiovalojen toimivuudesta huolehdittava. Riittävän aikaisilla opasteilla huolehditaan autoilijan informoinnista edellä sijaitsevasta tietyöstä, ja opasteilla merkitään oikea ajoväylä tietyön ohitse. Huomiovalot, kunnossa olevat opasteet ja ajoratamerkinnot auttavat tietyön havainnoinnissa ja turvallisessa ohittamisessa. Työmailta saatujen kokemusten perusteella liikenteen ajonopeudet työmaan kohdalla ylittävät usein sallitun, mutta ajonopeuksien hillitsemiseen on myös keinoja. Ennen työmaata sijaitsevilla niin sanotuilla heräteraidoilla ja hidasteilla, ylimääräisillä mutkilla, kapeilla ajoradoilla ja nopeusnäytön käytöllä on havaittu olevan hillitseviä vaikutuksia liikenteen ajonopeuksiin työmaalla. Kuvassa 5 on esimerkki liikennejärjestelysuunnitelmasta.



KUVA 5. Esimerkki liikennejärjestelysuunnitelmasta (Skanska Infra Oy)

2.4 Nopeutetut korjausmenetelmät

Sillan pintarakenteiden korjaaminen on eniten liikennettä haittaava toimenpide. On arvioitu, että kaikista sillankorjaustöistä pintarakenteet aiheuttavat 60 – 80 % liikennehaitasta. Sillan pintarakenteiden nopeutettua korjausta onkin kehitetty Liikenneviraston toimesta pilottikohteilla kesinä 2009 – 2010 ja aiheesta on julkaistu selvitys Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät 39/2011. Pilottikohteissa tutkittiin erilaisten nopeasti kovettuvien betonien käyttöä ja työtapoja sekä aikataulun koordinoitua pintarakenteiden nopeampaa korjausta silmällä pitäen. Panostamalla näihin seikkoihin saatiin aikatauluissa useiden viikkojen säästöt ja vähennykset liikennehaitoissa. Laadunvarmistamiseksi ja työn sujuvuuden varmistamiseksi on työnjohtoa ja laadunvarmistusta syytä tehostaa töiden aikana. Pilottikohteiden aikana koettiin työnjohtoon ja laadunvarmistuskonsultin osalta työ melko rasittavaksi. (Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät 39/2011.)

Sillan pintarakenteet on mahdollista korjata jopa muutamassa viikossa riippuen sillan kannen koosta. Korjaustyö vaatii kuitenkin työnjohdolta ja laadunvarmistukselta lisätyötä ja itse työn tekeminen voi vaatia yli- ja viikonlopputöitä. Lisätyö ja erikoistyöt aiheuttavat lisäkustannuksia, mutta useiden viikkojen säästöt aikatauluissa ja liikennehaitassa kattavat kustannukset. Mikäli silta sijaitsee ruuhkaisella tieosuudella, voidaan olettaa, että liikennehaitassa saavutettavat säästöt pystyvät kattamaan tiukkojen aikataulujen ja erikoistöiden kustannukset. (Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät 39/2011.)

2.5 Laadunvarmistus

Korjaustyön hyvästä lopputuloksesta huolehditaan laadunvarmistuksella. Jokaisessa työvaiheessa tarvitaan laadunvarmistusta, mutta erityisesti se korostuu kriittisimmissä paikoissa, kuten eristysalustan kunnostuksessa ja eristystöissä. Laadunvarmistukseksi laaditaan korjaustöistä työ- ja laatusuunnitelmat, jotka työn tilaaja tarkastaa. (SILKO 2.813. 2009.)

Työ- ja laatusuunnitelmien toteutumisen raportointi tehdään työn aikaisista mittaus- ja tutkimustuloksista, vaativimmissa tutkimuksissa käytetään ulkopuolisia laadunvarmistuskonsultteja kuten betonin tutkimisessa. Pääurakoitsija raportoi mittaus- ja tutkimustulokset työ- ja laatusuunnitelmiin. Mittauksissa käytetään apuna erilaisia laitteita esim. tartuntavetolaite, timanttipora, lämpö- ja kosteusmittarit ym.



KUVA 6. Näytteenottoa kuivuvasta muotovalusta (Kuva: Toni Gussander)

Eristysalustan kunnostuksessa erityisesti tarkkaillaan sillan päällysrakenteen yläpinnan kuntoa, kloridipitoisuuksia, viettokaltevuuksia, uuden muotoiluvalun viettokaltevuuksia, muotoiluvalun betonin laatua, eristysalustan kuivuutta ja pinnan karheutta. Eristystöissä tarkkaillaan erityisesti eristystyön aikaista säätä, tarttuvuutta eristysalustaan, eristyksen tiiveyttä sekä vesieristysmateriaaleja.

Laadunvarmistuksen onnistumiseksi on tärkeää sen aikatauluttaminen, mikäli käytetään paljon ulkopuolisia konsultteja. Jotta laadunvarmistus olisi paikkansapitävää, se on tehtävä oikeaan aikaan eikä mittauksista saisi mielellään syn-

tyä liikaa aikataulullisia häiriöitä. Aikatauluttaminen korostuu korjattaessa nopeutetulla menetelmällä, jolloin korjausaikataulu on tehty jopa tunnin tarkkuudella ja laadunvarmistusmittaukset on tehtävä ajallaan. Aikataulutuksessa tulee yhteistyön pelata niin pääurakotisijan, laadunvarmistuskonsultin kuin työmaan valvojankin kanssa, ja yllättävissä tilanteissa kaikkien tulee olla hyvin tavoitettavissa. Tulevaisuudessa tähän voi olla luvassa parannuksia työmaalla käytettävien älylaitteiden johdosta, esimerkiksi tablettitietokone. Tablettitietokoneen avulla työmaalla tehtävästä raportoinnista tulee helpompaa, ja tiedonkulku eri osapuolten välillä nopeutuu Internetiin luotavien työmaayhteisöjen avulla.

3 LAANILAN RISTEYSSILTOJEN KORJAAMINEN NOPEUTETUSTI

Laanilan risteyssillat sijaitsevat Oulussa valtatiellä 20 ylittäen valtatie 4. Sillat on rakennettu vuonna 1964 osana Pohjantien ensimmäistä vaihetta. Kumpikin silta on tyypiltään teräsbetoninen ontelolaattasilta ja kummallakin sillalla kulkee kaksi ajokaistaa. Lisäksi pohjoispuolen sillan puolivälistä alkaa kääntymiskaista moottoritien liittymisrampille ja eteläpuolen sillalla kulkee kevyenliikenteen väylä. Pohjoisen sillan tunnus on O-933 ja eteläisen O-1554.

TAULUKKO 1. O-1554 mitat ja tiedot (WSP Finland)

Sillan mitat/ ominaistiedot	Suunnitelmissa [m]
Kokonaispituus	73,40
Kannen pituus	60,58
Jännemitat	11,98+17,96+17,96+11,98
Vapaat aukot	10,82+14,04+13,84+10,82
Hyötyleveys	12,48
Kokonaisleveys	13,13
Alikulkukorkeus	4,78 (aukot 2 ja 3)
Suunnittelukuorma	AI + teli

TAULUKKO 2. O-933 mitat ja tiedot (WSP Finland)

Sillan mitat/ ominaistiedot	Suunnitelmissa [m]
Kokonaispituus	73,40
Kannen pituus	60,58
Jännemitat	11,98+17,96+17,96+11,98
Vapaat aukot	10,82+14,04+13,84+10,82
Hyötyleveys	12,48
Kokonaisleveys	13,13
Alikulkukorkeus	4,78 (aukot 2 ja 3)
Suunnittelukuorma	AI + teli

3.1 Vauriot

Molemmille silloille suoritettiin erikoistarkastukset vuonna 2010, joissa vakavimmiksi vaurioiksi todettiin kannen alapinnassa välitukien ympärillä havaitut vesivuodot ja päällysteen purkautuminen välitukien kohdalla.

Molemmissa tarkastuksissa todettiin kannen suojabetonin rapautumista, joka edelleen on rasittanut kannen vesieristettä. Lisäksi vesieriste on teknisen käyttökänsä lopussa. Lisäksi itse sillan kannen alhaiset vetolujuuskokeet kielivät kansirakenteen rapautumisesta. Kannen yläpinnan betonille tehtyjen ohut-hietutkimusten perusteella betoni on arvioitu tyydyttäväksi/välttäväksi ja huokosrakenteen perusteella betoni ei ole pakkaskestävää. (Tutkimusselostus Laanilan rs 1554. 2010; Tutkimusselostus Laanilan rs O-933. 2010.)

Erikoistarkastusten raporteissa suositellaan pintarakenteiden uusimista 5 – 3 vuoden kuluessa. Erikoistarkastukset suoritti WSP Finland Oy.

3.2 Korjausmenetelmät

Sillat korjattiin nopeutetulla pintarakenteiden korjausmenetelmällä. Nopeutettua korjausmenetelmää tarjottiin tilaajalle nopeasta toteutuksesta ja pienestä liikennehaitasta aiheutuvilla säästöillä verrattuna perinteiseen korjausmenetelmään.

Korjaustyöt käsittivät

- pintarakenteiden uusimisen
- tippuputkien ja syöksytorvien uusimisen
- salaojan teon tippuputkille

päällysteen uusimisen 20 m sillan päistä (Tutkimusselostus Laanilan rs 1554. 2010; Tutkimusselostus Laanilan rs O-933. 2010).

3.3 Korjaustöiden järjestelyt

Laanilan risteyssillat eroavat toisistaan eniten ajoneuvoliikenteen hyötyleveydellä: O-933 sillan ajoradan hyötyleveys on 12,49 m ja O-1554 sillan ajoradan hyötyleveys 9,4 m. Vaikka siltojen kokonaisleveys on sama, eroaa ajoneuvoliikenteelle oleva hyötyleveys toisistaan, koska eteläisellä sillalla kulkee ajoneuvoliikenteen lisäksi kevyenliikenteenväylä.

Koska hyötyleveydet eroavat toisistaan, joudutaan pintarakenteiden korjaus toteuttamaan kahdella eri työnaikaisella liikennejärjestelyllä. Optimitilanne olisi katkaista koko silta liikenteeltä, mutta koska se ei olosuhteista johtuen onnistu, on silloista pohjoisempi korjattava kahdessa vaiheessa. Tämä aiheuttaa haasteita varsinkin aikataulun kannalta.

3.3.1 Korjaustyön järjestelyt kesällä 2012

Kesällä 2012 korjattiin pohjoisempi silta O-933. Korjattavan alan suuruus oli 750 m².

Silloista pohjoisempi oli korjattava kahdessa vaiheessa eteläisen sillan kapeuden vuoksi. Sillasta korjattiin ensimmäisenä oikea puoli liikenteen tulosuunnasta (Kiimingistä) päin katsottuna, ja liikenne ohjattiin sillan vasemmalle puolikkaalle. Toisessa korjausvaiheessa toimittiin taas päinvastoin. Korjausvaiheet toteutettiin tässä järjestyksessä, koska näin saatiin eristyksen limitykset oikein päin, eli toisen vaiheen eristys limitetään ensimmäisen päälle viettokaltevuuksien mukaan. Sillan viettokaltevuus oli kallellaan oikeaan laitaan liikenteen tulosuunnasta katsottuna. Sillalla kulkevat kaksi ajorataa ohjattiin kulkemaan vierekkäin työalueen ohi.

Jotta työlle saataisiin mahdollisimman tilavat olosuhteet ja korjausvaiheiden väliin jäävät limitykset saataisiin riittäviksi, rajattiin ajoradat niin kapeiksi kuin se vain oli sallittua (2,8 m). Kun sillan hyötyleveys on 12,49 m ja ajoradat vievät yhteensä 5,6 m, jää työalueeksi 6,89 m sillan leveysuunnassa. Kun tästä vä-

hennetään vielä liikenteenohjauslaitteiden ja sääsuojan vaatima osuus, jää työalueeksi noin 6,5 m sillan leveys suunnassa. Näin saadaan aikaan tarvittavat limitykset keskelle jäävään muotoiluvalun ja etenkin eristeen työsaumaan. Kun työvaiheen 1 työalue on ylettynyt 6,5 m päähän sillan reunasta, jää työsauman etäisyydeksi vastakkaiseen reunaan 5,99 m. Kun työalue siirtyy sillan vastakkaiselle puolelle, ylettyy työvaiheen 2 työalue hyvin kyseisen 5,99 m:n yli ja limitykset onnistuvat. Mitoissa voi olla heittoa puoleen tai toiseen johtuen sillan mitahteista ja liikennejärjestelyistä, mutta työsaumojen limitykset onnistuivat kaiken kaikkiaan hyvin.

Ajoratojen kapeudesta ilmoitettiin liikenteelle liikennemerkkein, ja ajoratojen selkeyttämiseksi maalattiin kaistamerkinnyt ajoratojen väliin. Nopeusrajoitus korjaustyön aikana oli 30 km/h ja muotoiluvalun betonoinnin aikana 15 km/h, jottei etenkin raskaan liikenteen aiheuttama tärinä häiritsisi betonin sitoutumista. Liikennejärjestelyistä laadittiin suunnitelma (kuva 4: esimerkki liikenteenohjaussuunnitelmasta). Työmaalle saatiin käyttöön nopeusnäyttötäulu. Nopeusnäyttö mittasi työmaan ohimenevää liikennettä ja ilmoitti autoilijalle, mikäli tämän nopeus ylitti sallitun. Kokemuksien perusteella taululla oli nopeuksia hillitsevä vaikutus.

Korjaustyössä käytettävä sääsuoja kattoi kerralla koko työalueen, ja se koottiin heti purkutöiden jälkeen ennen kunnostustöiden aloittamista. Suojarakenne tuli työalueen reunassa hyvin lähelle liikennettä, ja sen asennuksessa ja merkinässä tuli olla erityisen tarkkana. Siirryttäessä ensimmäisestä vaiheesta toiseen vaiheeseen oli sääsuoja purettava ja koottava uudestaan. Purku ja kokoaminen uudelleen kestivät yhteensä kaksi työpäivää. Sääsuoja purettiin, kun työn alla olevan vaiheen pintarakenteet olivat valmiit ja valmiina asfaltoitavaksi.

Toteutuksessa huomioitavat seikat

Järjestelyiden osalta suurimmaksi haasteeksi muodostui tilanpuute. Etenkin liikenteen kulkeminen aivan työalueen vieressä aiheuttaa niin riskejä kuin stressiä työntekijöille. Työmaaliikenteelle oli varattu tila sillan länsipäässä. Tämä oli

todennäköisesti paras ratkaisu, sillä sinne oli helppo ja turvallisesti ajaa kuorma-autolla ja sieltä oli turvallisinta poistua, koska se sijaitsi sillan jälkeen liikenteen tulosuunnasta katsoen ja alue oli rajattu työmaakeiloilla.

Varastointitilat sijaitsivat sillan itäpäässä. Tämä oli ongelma silloin, kun työalueen läpi ei päässyt kulkemaan. Mutta tätä tapahtui harvoin, sillä työalue oli tuossa vain aliurakoitsijoiden töiden aikana ja heillä oli yleensä mukana oma kalustonsa, joka sijoitettiin aina työmaaliikenteelle varattuun länsipäähän. Myös työmaan sosiaalitilat sijaitsivat sillan itäpäässä ennen siltaa liikenteentulosuunnasta katsottuna, ja alue oli rajattu törmäyskaitein. Sosiaalitulojen yhteyteen parkkeerattiin myös työntekijöiden autot. Työmaalta poistuminen oli hankalaa, sillä liikenne ruuhkautui usein työmaan kohdalla etenkin huipputunteina. Tilanpuutteesta johtuen työmaalla liikkuminen tapahtui ainoastaan työalueella ja sillan päissä. Tämä aiheutti haasteita esimerkiksi eristysvaiheessa, kun työalueen läpi ei päässyt kulkemaan eristeen kuivuessa.

Kun liikenne ei ollut ruuhkautunut, huomattiin ajoittain ohimenevän liikenteen ajonopeuksien kasvavan suuriksi. Vaikka työmaan kohdalla oli käytössä nopeusnäyttö, nousi erityisesti työvaiheessa 2 ohimenevän liikenteen nopeudet johtuen paremmin pinnoitetusta ajoradasta. Nopeusnäytön muistin mukaan suurimmat nopeudet yöaikaan työmaan ohitse olivat jopa yli 100 kilometriä tunnissa. Tämä on huolestuttava ilmiö, sillä nopeutetussa pintarakenteiden korjauksessa joudutaan aikatauluista johtuen työtä tekemään myös yöaikaan.

Koska työmaa sijaitsi kahden suuren valtaväylän Vt 4:n ja Vt 20:n risteyskohdassa, syntyi työmaan kohdalle usein ruuhkia. Liikenteen solmukohtana ruuhkia syntyi muutenkin, ja kapeaksi rajoitetut ajokaistat pahensivat niitä entisestään. Etenkin raskas liikenne aiheutti ongelmia, sillä tilanpuutteesta johtuen ei kaksi raskasta ajoneuvoa tohtinut ajaa työmaan ohi rinnakkain eikä joskus tavalliset henkilöautotkaan. (Kuva 7.) Yksi vaikuttava tekijä saattoi olla se, ettei kiertotie ollut lopullisella päällystepinnalla ja oli tästä syystä ehkä hieman epätasainen. Työn laadun ja turvallisuuden varmistamiseksi ei työalueen tilasta ole järkevää tinkiä, joten yksi keino olisi rajata liikenne yksikaistaiseksi työmaan ohitse. Tä-

mä kuitenkin aiheuttaisi niin suuren pullonkaulan työmaan kohdalle, ettei se olisi suositeltavaa. Kehittämiskohteeksi jää kaistamerkintöjen ja opasteiden selvittäminen. Työmaasta saaduista kokemuksista päätellen suomalaisille autoilijoille on jokseenkin tuttu niin sanottu vetoketjumenetelmä, jossa kahden kaistan liittymisessä yhdeksi autoilijat antavat toisilleen tilaa vuorotellen ja ajokaistalle liitytään niin sanotusti vetoketjuna. Tämä kyseinen tapa korostui, mikäli autoilijat kokivat rinnakkain ajamisen työmaan ohi liian riskialttiina. Vetoketjumenetelmä on toimiva, mutta se ajoittain ruuhkautti liikennettä työmaan kohdalla.



KUVA 7. Tilaa ei ole liikaa, taustalla myös työmaalla käytetty nopeusnäyttö (Kuva: Toni Gussander)

Työmaan haasteita olivat aikatauluttaminen ja organisointi sekä laadunvarmistus. Tämä kuormitti niin työnjohtoa kuin työmaan valvojia. Laadunvarmistuksen haasteet on todettu myös Liikenneviraston julkaisussa nopeutetuista pintara-

kenteiden korjauksista 39/11. Nopeutetun korjaamisen organisointia ja laadunvarmistusta on käsitelty tarkemmin kohdassa 4.7.

Koska korjaus tehtiin kahdessa vaiheessa, piti liikennejärjestelyt muuttua vaiheiden välillä. Muutos piti suunnitella hyvin, ja ajankohta valita tarkoin, jotta muutostyö sujuisi nopeasti ja turvallisesti. Ennen liikennejärjestelyjen muutosta piti huolehtia, että ensimmäisen vaiheen työosa oli liikennöitävässä kunnossa. Henkilöstöä ja kalustoa tuli olla tarpeeksi, jotta muutos saatiin tehtyä sujuvasti. Lisäksi tuli valita sopivan hiljainen ajankohta liikenteelle. Kun liikenne ohjattiin valmiille työsalle 1, ei sillä ollut vielä lopullista päällystekerrosta. Lopullinen päällystekerros tehtiin vasta, kun kumpikin työvaihe oli lopullista päällystekerrosta vaille valmis. Näin varmistettiin, että alla oleva suojapäällystekerros tiivistyy kunnolla liikenteen kulkiessa sen päällä ja että lopulliseen pintaa syntyy mahdollisimman vähän deformaatiota.

Työteknisesti yllättävin asia huomattiin sadekelillä työvaiheessa 2, kun vesi alkoi tihkua asfaltin välistä, sääsuojan alta työalueelle. Sääsuoja itsessään siis piti työalueen kuivana, mutta koska sääsuoja oli perustettu työvaiheen 1 asfaltoinnin päälle, pääsi asfaltin välistä tihkumaan vettä työalueelle. Tämä huomattiin siinä vaiheessa, kun muotoiluvalu oli valmis ja se oli kuivumassa eristystä varten. Aikaisemmin vastaavaa ei ollut huomattu, koska isoja vesisateita ei ollut sattunut kyseisen työmaan aikana. Itse asfaltissahan ei ollut mitään vikaa, koska asfaltin kuuluukin päästää osa vedestä kulkemaan lävitse. Veden ei vain odotettu tihkuvan asfaltissa niin sanotusti ylöspäin viettokaltevuutta. Koska eristysalustan tulee eristysvaiheessa olla riittävän kuiva, oli veden saaminen pois työalueelta erityisen tärkeää. Tihkuva vesi poistettiin heti, kun sitä ilmeni, vesimurin avulla.

Aikataulu

Työn aikataulu oli kolme viikkoa ja se ajoittui välille 25.6 – 20.7.2012. Työ aloitettiin heti juhannuksen jälkeisenä sunnuntaina, jotta liikennejärjestelyiden pystyttämiseksi oli mahdollisimman hiljainen liikenne. Tämän jälkeen työtä tehtiin kolme viikkoa arkipäivisin ja viikonloppuisin.

Aikataulun kireydestä johtuen työpäivät olivat normaalia pidempiä ja erikoistöissä, kuten liikennejärjestelyiden pystytyksessä ja kantta betonoitaessa, tehtiin pidempiä vuoroja. Työmaa pysyi aikataulussaan, ja ainoastaan lopussa ennakoitua paksumpien asfalttikerrosten jäähtyessä työ pitkittyi kaksi vuorokautta. Kaiken kaikkiaan korjaustyöstä aiheutunut liikennehaitta oli siis 27 vuorokauden mittainen.

3.3.2 Korjaustyön järjestelyt kesällä 2013

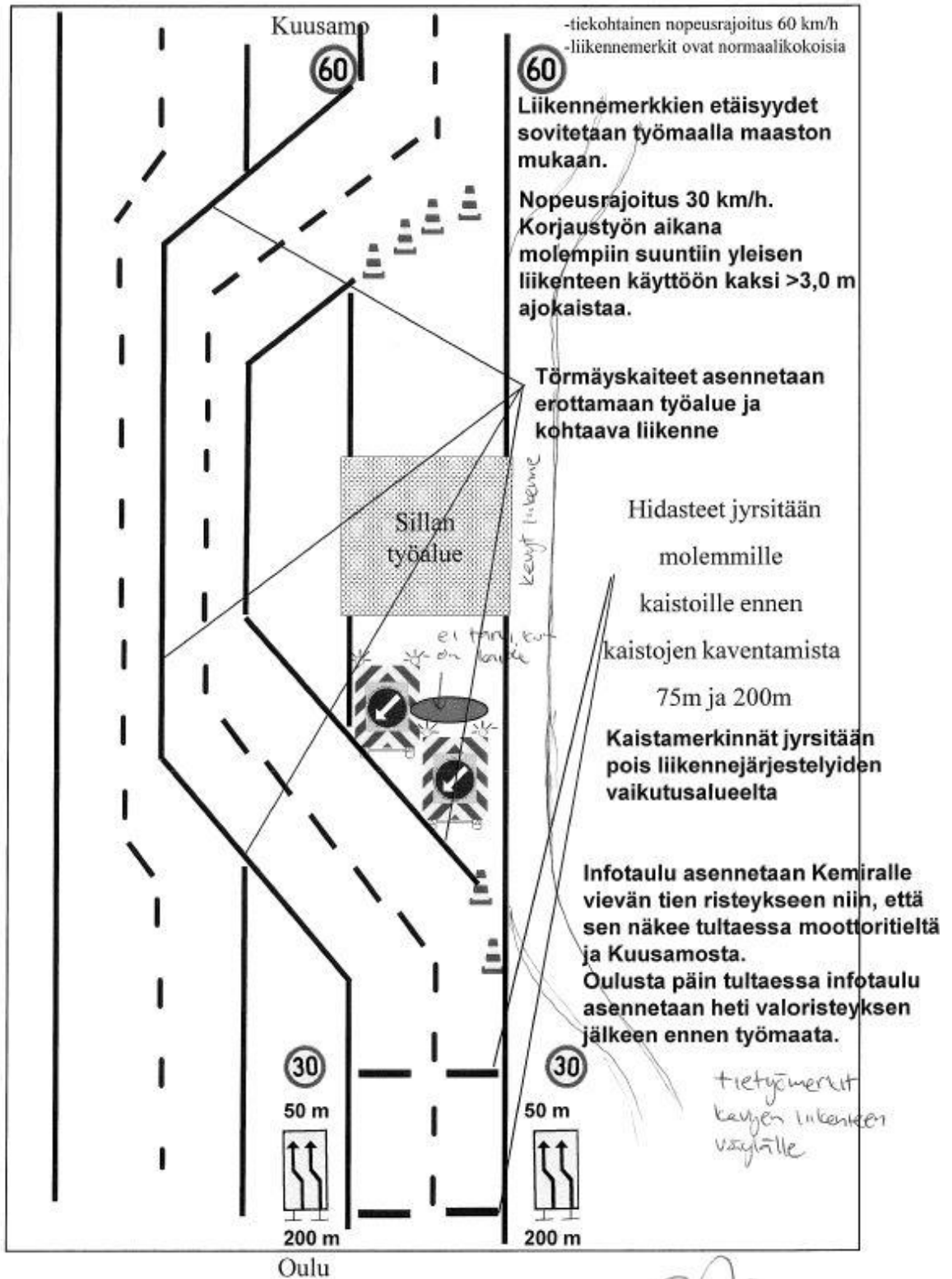
Kesällä 2013 korjattiin eteläisempi silta O-1554. Korjattavan alan suuruus oli 565 m².

Korjaustyön järjestelyt

Aikaisemmin korjatun pohjoisemman risteyssillan (O-933) leveyden ansiosta voitiin liikenne ohjata kaksikaistaisena tälle sillalle, ja näin saatiin koko korjaustyön alla oleva eteläisempi risteyssilta (O-1554) katkaistua liikenteeltä. Sillan koko ajoväylällä olevat pintarakenteet päästiin korjaamaan siis kerralla. Sillalla kulkevaa kevyenliikenteen väylän osuutta ei korjattu.

Korjaustyön aikana kumpaankin suuntaan kulkeva liikenne kulki kaksikaistaisena pohjoisella risteyssillalla. Jotta Oulusta päin tuleva liikenne pääsisi vastaan tulevien kaistalle ja sieltä pois, oli ennen siltaa ja sillan jälkeen osa keskikaistaa päällystettävä ja osaa tiestä levennettävä, jotta saataisiin vaadittavat kaistanleveydet. Kiimingistä päin tuleva liikenne ohjattiin kulkemaan aivan pohjoisen sillan pohjoista reunaa, jolloin Oulusta tuleva liikenne mahtui kulkemaan eteläreunaa. Kohtaava liikenne ja työalue rajattiin törmäyskaiteella. Kun kiertotienä toi-

mivan sillan hyötyleveys oli 12,49 m ja tästä vähennetään törmäyskaiteen vaativa osuus n. 0,3 m, jää neljälle ajokaistalle käytettäväksi yhteensä 12,19 m. Kun tuo leveys jaetaan neljällä ajokaistalla, saadaan yhden kaistan leveydeksi 3,05 m. Tämä todettiin riittäväksi niin suunnitelmissa kuin korjaustyön aikana, sillä suurempia ongelmia liikenteen sujuvuuden kannalta ei näiltä osin ollut. Kuvassa 8 on esitetty sillan O-1554 liikenteenohjaussuunnitelma.



KUVA 8. Liikenteenohjaussuunnitelma Laanilan risteyssillalta RS-1554 korjaustyömaalta (Skanska Infra Oy)



KUVA 9. Kumpaankin suuntaan kulkeva liikenne pohjoisella sillalla, liikenteen kohtaaminen erotettu törmäyskaiteella (Kuva: Juuso Mattila)

Liikennejärjestelyiden pystytys, muutokset ja purku tehtiin yöaikaan, jotta työ olisi turvallista eikä liikennettä häirittäisi turhaan. Vaikka työmaa sijaitsi edelleen kahden valtavyhlän solmukohdassa ja edellisellä sillalla liikenteen ruuhkautuminen oli ongelma, ei vastaavanlaisia ongelmia ilmennyt tällä sillalla. Tämä johtui luultavasti siitä, että työnaikaiset liikennejärjestelyt olivat tarpeeksi selkeät ja kaistojen leveydet olivat suuremmat. Toinen vaikuttava tekijä oli luultavasti se, että ajoradat olivat tasaiset ja kiertotie rajattu kauas työmaasta, mikä ehkä muuten häiritsisi autoilijoita. Mikäli työmaan kiertotie on hyväkuntoinen, houkuttelee se autoilijoita suurempiin nopeuksiin työmaan ohitse. Tämän pystyi huomamaan myös tällä työmaalla. Toisaalta tästä ei aiheutunut niin suurta riskiä, sillä kiertotie oli rajattu hieman kauemmaksi, eikä työmaan ohittava liikenne kulje välittömässä työmaan läheisyydessä, kuten pohjoisen sillan korjaustyömaalla. Ajonopeuksia hillitsemään oli työmaalle tullessa jyrkitty ajoradoille niin sanotut heräteraidat; nopeusnäyttöä tälle työmaalle ei ollut saatavilla.

Työmaaliikenne oli hoidettu sillan kumpaankin päähän. Raskaampi liikenne painottui sillan itäpäähän, sillä sinne oli helppo ajaa, koska alue oli rajattu pelkästään työmaakeiloin ja sieltä oli helppo poistua ohimenevän liikenteen suuntaan.

Toteutuksessa huomioitavat seikat

Koska tällä työmaalla tilanpuute ei ollut niin suuri kuin kesällä 2012, jäi suurimaksi haasteeksi liikennejärjestelyjen pystytys, mikä johtui järjestelyjen koosta. Pelkästään kiertotien valmisteluille piti laatia omat liikennejärjestelynsä, kun keskikaistan yli menevää osaa päällystettiin ja ajorataa levennettiin. Myös kiertotien purkuvaiheessa käytettiin samoja liikennejärjestelyjä. Kiertotielle tulevaa törmäyskaidetta asennettaessa ja purettaessa tuli kuorma-auton nostinta käyttää vain silloin, kun ohimenevää liikennettä ei ollut, ettei aiheutettaisi ylimääräistä riskiä autoilijoille.

Varsinaisen kiertotieosan tekoon kului aikaa noin 1 työvuoro (8h) ja resursseja vaadittiin 2 rakennusmiestä, 2 työnjohtajaa, kuorma-auto nosturilla sekä sen kuljettaja ja kaivinkone sekä sen kuljettaja. Liikennejärjestelyjen purkuun kului ajallisesti yhtä kauan sekä resursseja yhtä paljon lukuun ottamatta kaivinkonetta ja sen kuljettajaa.

Liikenteellisesti työmaa sujui hyvin. Tämä johtui todennäköisesti selkeistä liikennejärjestelyistä ja tarpeeksi leveistä ajoradoista. Ainoastaan ajoittaisilla huipputunteina liikenne pääsi hieman ruuhkautumaan, mutta kaiken kaikkiaan liikenteelle aiheutunut häiriö korjaustyön aikana oli varsin kohtuullinen.

Aikataulu

Työmaan aikataulu oli 4 viikkoa aikavälillä 17.6 – 13.7.2013. Itse korjaustyö kesti kolme viikkoa ja kiertotie otettiin käyttöön 24.6. alkaen. Edellisellä viikolla oli rakennettu vain kiertotein osuudet keskisaarekkeiden yli. Aikataulullisesti työmaa oli onnistunut, sillä liikenne pystyttiin ohjaamaan takaisin korjatulle sillalle 12.7.2013 klo 19:24, joten aikataulu piti. Korjaustyöstä aiheutunut liikennehaitta oli siis kaiken kaikkiaan 18 päivän mittainen.

4 TYRNÄVÄN KIRKKOSILLAN KORJAAMINEN PERINTEISESTI

Tyrnävän kirkkosilta on vuonna 1978 rakennettu jännitetty elementtirakenteinen palkkisilta, joka sijaitsee tiellä 827 aivan Tyrnävän keskustassa. Sillan päällysrakenteet koostuvat elementtipalkeista, joiden päälle on valettu sillan kansilaatta. Sillalla kulkee kaksisuuntainen ajorata ja kevyenliikenteenväylät tien kummallakin puolella.

Sillan hyötyleveys on 13,5 metriä, joka sisältää kummallakin puolella kulkevat kevyenliikenteenväylät. Ajoradan leveys on 7,5 metriä. Sillan kokonaispituus on 39,6 metriä. Nopeusrajoitus sillan kohdalla on 40 km/h.

Jotta nopeutettua pintarakenteiden korjaamista voitaisiin verrata niin sanottuun perinteiseen pintarakenteiden korjaamiseen, on työssä tarkasteltavana vielä Tyrnävällä sijaitseva silta, joka korjattiin perinteisellä pintarakenteiden korjaustavalla. Siltaa ei korjattu nopeutetulla menetelmällä, koska sillä ei ollut vilkasta liikennettä eikä nopeutetusta korjaustavasta olisi saavutettu merkittävää hyötyä.

Perinteisessä pintarakenteiden korjauksessa ei käytetä nopeasti kuivuvia massoja eikä korjaustyö ole aikataulutettu yhtä kireäksi kuin nopeutetussa korjaustavassa. Sääsuoja ei tässä urakassa käytetty, vaikka sitä nykyään edellytetään, koska urakka oli solmittu ennen kuin sääsuoja on tullut pakolliseksi ohjeisiin. Säänvaihtelujen ei katsottu tässä urakassa aiheuttavan niin suurta aikataullista riskiä, että sitä olisi käytetty. Lisäksi verrattuna Laanilan risteyssiltoihin Tyrnävällä käytettiin bitumikermieristystä ja eristyksen päälle tehtiin suojakerros betonista asfaltin sijasta. Tämä antaa hyvän vertailukohdan, kun verrataan perinteistä pintarakenteiden korjausta nopeutettuun korjaamiseen.

4.1 Vauriot

Vuonna 2008 tehdyssä tarkastuksessa oli huomattu sillan kansilaatan vesieristeen vuodot sekä asfaltin purkautuminen. Myös päällysteen saumauksissa oli puutteita. Muita puutteita olivat etumuurien korroosiovauriot, matalahkot pengerkaitteet sekä sillan päädyissä sijaitsevat tukkeutuneet sadevesikaivot. Tarkastuksen suoritti WSP Finland Oy.

4.2 Korjaus

Korjaustoimenpiteet käsittivät seuraavat kohdat:

- Kannen pintarakenteiden uusiminen
- Tippuputkien asentaminen ja salaojan teko
- Reunakiven uusinta
- Viemärikaivojen teko sillan päihin (4 kpl)
- Päällysteen jyrästä ja uudelleen päällystys 20 m matkalla sillan päistä
- Pengerkaiteiden uusiminen (Tyrnävän kirkkosillan työselitys)

Työmaalla huomattiin sadevesiviemärien olevan kunnossa lukuun ottamatta tukkeutumista, joten sadevesiviemärit päätettiin vain huuhdella auki.

Koska sillalla ei vallinnut erityisen vilkas liikenne (KVL 4253 ajoneuvoa, joista 207 raskaita ajoneuvoja), ei pintarakenteita lähdetty uusimaan nopeutetuilla järjestelyillä. Lisäksi Laanilan risteyssiltoihin verrattuna korjaustyö erosi ainakin kaksinkertaisen bitumikermieristuksen sekä eristyksen päälle tulevan suojabetonikerroksen osalta. Myöskään sääsuojaa ei tässä kohteessa tarvittu, koska

aikataulullisesti sään vaihtelu ei aiheuttanut suurta riskiä. Korjaustyöt toteutettiin kesällä 2013, ja korjaustöiden laajuus oli 405 m².

Korjaustyön järjestelyt

Pintarakenteiden korjaustyö toteutettiin kahdessa vaiheessa puoli kerrallaan. Kussakin vaiheessa yksi ajokaista oli suljettuna liikenteeltä niin kevyenliikenteenväylällä kuin ajoradallakin. Kevytliikenne ohjattiin ennen siltaa liikennöitävälle puolelle, ja ajoradalla oli väistämisvelvollisuus katkaistulla kaistalla liikenteen kohdatessa. Nopeusrajoitus korjaustyön aikana oli 30 km/h, ja ajoneuvoliikenteelle käytössä yksi 3 m:n levyinen kaista.



KUVA 10. Toisen vaiheen eristysalusta valmiina suihkupuhdistusta varten, liikenne kulkee valmiilla ajoradalla vasemmalla

Työalue ja liikenne oli rajattu työmaakeiloin (kuva 10) ja työalueen törmäys-suojina olivat maakasat työalueen molemmissa päissä.

Aikataulu

Työn aikataulu oli 12 viikkoa aikavälillä 20.5 – 5.8.2013. Työ olisi voitu tehdä ehkä nopeamminkin, mutta aikataulua voidaan pitää sopivana, koska kustannustehokkainta oli kohdentaa resursseja samaan aikaan muille sillankorjaustöille eikä liikenne siltapaikalla ollut kovin vilkasta.

4.3 Toteutuksessa huomioitavat seikat

Koska kyseessä ei ollut nopeutettu pintarakenteiden korjaus, aikataulu oli todella väljä verrattuna Laanilan risteyssiltoihin. Aikataulun väljyydestä johtuen työmaalla ei tarvinnut tehdä joka päivä töitä, vaan töitä käytiin tekemässä vaihe kerrallaan muiden sillankunnostustöiden lomassa. Myös liikennejärjestelyt olivat varsin ”kevyet” verrattuna Laanilan työmaahan. Jos lisäksi vertaa Tyrnävän ja Laanilan työmaiden työmääriä niin työnjohdon kuin työntekijöidenkin osalta, Tyrnävän työmaa oli huomattavasti helpompi. Täytyy kuitenkin muistaa, että työ Tyrnävällä kesti huomattavasti pidempään.

Liikenteen osalta yllättävä asia oli suuret maatalouskoneet ja traktorit. Paikalliset maatilayrittäjän ajoivat tieliikenteessä suurilla paripyörillä varustetuilla traktoreilla ja ohittaessaan työmaata ajoivat suurilta osin myös jalkakäytävän puolella. Suuren paripyörän kulkiessa jalkakäytävällä on kevyt liikenne suuressa vaarassa jäädä alle. Ennalta tällaiseen tilanteeseen oli hankala varautua, sillä 3 m:n levyinen ajokaista työmaan ohi pitäisi riittää kaikelle liikenteelle eikä suurilla paripyörillä varustettua traktoria kaiketi edes saisi ajaa yleisellä tiellä. Jatkossa tämä on kuitenkin hyvä pitää mielessä, mikäli toimitaan Tyrnävän kaltaisessa maatalouspitäjässä.

5 KORJAUSMENETELMIEN JA LIIKENNEJÄRJESTELYN VAIKUTUS

Kun liikennemäärät kasvavat, kasvavat myös tietyöstä liikenteelle aiheutuvat haitat ja tietyöstä maksettavat kaistavuokrat. Jossain kohtaa tulee aiheelliseksi vauhdittaa työmaan etenemistä, vaikka se kasvattaisikin työmaan kustannuksia, sillä kasvaneista kustannuksista huolimatta säästöä tulee lyhyemmistä kaistavuokrista saaduilla säästöillä. Kaistanvuokraus on se kannustin, jolla tilaaja pystyy kannustamaan tietyörajoituksia lyhyempiin urakka-aikoihin ja saa näin tietyörajoitusta aiheutunutta liikennehaittaa pienemmäksi. Näitä tarpeita ajatellen on kehitetty pintarakenteiden nopeutettu korjaus, ja siksi tässä työssä pyritään seuraavaksi vertailemaan, mitä vaikutuksia nopeutetulla korjauksella on verrattuna perinteiseen tapaan.

Toinen tarkasteltava seikka on se, onko pintarakenteet parempi korjata siten, että liikenne kulkee sillalla ja sillasta korjataan puolikas kerrallaan, vai ohjataan liikenne kokonaan sillan ohi ja korjataan koko silta kerralla. Voisi kuvitella, että liikenteen ohjaaminen sillan ohi loisi parhaat puitteet varsinaisen sillan korjaukselle, mutta se voi joskus olla kallistakin ja kiertotiestä saatavia hyötyjä on syytä verrata kustannuksiin.

5.1 Aikataulu ja työmäärä

Perinteistä pintarakenteiden korjausta ja nopeutettua korjausta vertaillen selvimät erot näkyvät aikataulussa. Esimerkkinä mainittakoon Laanilan risteyssillat, joissa perinteisen pintarakenteiden korjausaikataulu oli 12 viikkoa ja nopeutettuna 3 viikkoa. Nopeutetussa korjauksessa aikataulu on todella tiukka ja työvaiheita limitetty toistensa kanssa mahdollisimman paljon. Välillä joudutaan tekemään myös yö- ja viikonlopputöitä. Nopeutetussa korjauksessa työ on jatkuvaa eikä pitkiä katkoksia töiden välillä tule. Luonnollisesti työn jatkuvuus sitoo myös resursseja.

Perinteisessä korjauksessa aikataulua ei ole tarve kiristää niin tiukaksi kuin nopeutetussa eikä kaikkia resursseja ole tarvinnut keskittää yhteen kohteeseen. Työssä voi olla täten pieniä taukoja työvaiheiden välillä, koska tehokkainta on keskittää resursseja välillä muillekin, todennäköisesti käynnissä oleville sillan- korjaustyömaille. Kun sääsuojaa ei perinteisessä menetelmässä käytetä, alentaa se työmääriä. Myös liikennejärjestelyissä voidaan säästää aikaa ja työmääriä pienempien liikennemäärien johdosta.

Kun vertaillaan kaksia liikennejärjestelyjä, joita käytettiin Laanilan risteysilloilla kesinä 2012 ja 2013, tulevat aikataululliset erot eniten ilmi liikennejärjestelyiden pystytykseen ja purkamiseen käytetyssä ajassa. Koska toisessa korjauskoh- teessa kesällä 2012 jouduttiin järjestelyitä kesken korjaustyön muuttamaan, täytyy se ottaa aikataulussa huomioon. Verrattuna yhdessä vaiheessa korjatta- vaan siltaan (Laanila 2013) kahdessa vaiheessa korjaaminen aiheuttaa pidem- män aikataulun ainakin liikennejärjestelyjen muutostöiden takia. Yksistään lii- kennejärjestelyjen muutostöistä eivät silti aikataululliset erot johdu, vaan viivy- tyksiä aiheuttaa se, kun jokainen työvaihe tehdään kahteen kertaan. Tällaisia vaiheita ovat esimerkiksi sääsuojan pystytys, töiden valmistelu, kuivumisajat, aliurakoitsijoiden aikataulujen sopiminen ja muut vastaavat. Laanilan risteysil- tojen korjausaikataulujen ero oli 3 vuorokautta yhdessä vaiheessa korjaamisen eduksi. Vaikka kahdessa vaiheessa korjatun sillan korjausala oli 185 m² suu- rempi kuin yhdessä vaiheessa korjatun, ei sillä pitäisi olla merkittävää vaikutus- ta aikatauluun, koska työvaiheet olisi joka tapauksessa saatettu loppuun yhden työvuoron aikana.

Työmääriltään siis kesällä 2012 korjattu pohjoisempi silta oli suurempi korjaus- alan osalta, mutta myös tiettyjen työvaiheiden valmistelu kahteen kertaan aihe- utti lisätyötä. Liikennejärjestelyjen muuttuessa piti koko työmaan kalusto ja suo- jaustyöt suorittaa kahteen kertaan, ja tämä kysyi resursseja. Myös yhdessä vai- heessa korjatun sillan liikennejärjestelyt olivat varsin laajat ja myös ne vaativat resursseja, etenkin kiertotien valmistelu ja purkaminen päällystystöineen.

Laanilan risteyssiltojen korjaustöitä vertailtaessa voisi kiteyttää työmäärien osalta, että ne ovat kutakuinkin samanlaiset. Aikataulun näkökulmasta yhdessä vaiheessa korjaaminen on nopeampi keino, koska vaiheistuksen jäädessä pois säästetään valmistelutöissä ja kuivumisajoissa. Vertailtaessa perinteistä ja nopeutettua korjaustapaa työmäärien näkökulmasta on perinteinen korjaus hieinan vähempitöisempi aikataulun joustavuuden ja sääsuojan poisjäännin ansiosta. Aikataulun näkökulmasta erot ovat selkeät nopeutetun eduksi.

5.2 Työn laatu

Kun verrataan korjaustyön suorittamista yhdessä ja kahdessa vaiheessa, tulee kaksivaiheisessa korjaustavassa työsauma vaiheiden väliin. Laadunvarmistamiseksi tulee työsauman oikeanlaisesta toteuttamisesta huolehtia. Tällä tarkoitetaan varsinkin eristyksen riittävää limitystä työvaiheiden välillä. Muotoiluvalun osalta kahden valun liitoskohdan karheudesta pitää huolehtia. Vaikka laadusta huolehdittaisiin, muodostaa työsauma silti pienen riskin verrattuna koko sillan korjaukseen kerralla, ja näin yksivaiheisessa korjaamisessa on pieni etu tässä asiassa.

Laanilan siltojen korjaustöissä tuli ilmi sääsuojan vuodot kovien sateiden aikana. Jo asennetut sääsuojat paljastuivat vuotaviksi ja niitä jouduttiin paikkaamaan jälkikäteen. Myöhemmin sääsuojat vaihdettiin ehjiin. Sääsuojaa tilattaessa tulee toimittajalta varmistaa sen ehjyys, jottei sateen sattuessa tulisi yllättäviä tilanteita. Työmaan ollessa kevyenliikenteenväylän vieressä aiheutettiin sääsuojalle ilkivaltaa leikkaamalla pressut auki noin 1,5 m:n korkeudelta. Tämä korjattiin myöhemmin teippaamalla. Tällaiseen ilkivaltaan on hankala varautua muuten kuin vartioinnilla, eikä sellainen välttämättä ole kovin kustannustehokasta. Ilkivaltaan pystyy parhaiten varautumaan lukitsemalla kaikki työvälit talteen ja toivomaan, ettei kukaan tahallaan haluaisi haitata työmaan etenemistä. Toinen sääilmiöihin liittyvä laadullinen tekijä oli veden pääseminen asfalttia pitkin sääsuojan alitse työalueelle. Vaikka tässäkin tapauksessa vesi poistettiin välittömästi, se muodostaa pienen laadullisen riskin verrattuna yhdessä vaiheessa korjaamiseen.

Yksi selkeä etu korjattaessa koko silta kerralla ilman liikennettä on se, että silta on rauhassa liikenteen aiheuttamalta häiriöltä ja tärinältä. Etenkin muotoiluvalun kuivuessa on sillan värähtelemättömyys hyvä asia, jotta betoni saa sitoutua rauhassa. Tietysti liikenteen vieressä korjattaessa on nopeusrajoitus 15 km/h värähtelyn vähentämiseksi, mutta se ei poista riskiä kokonaan.

Perinteisessä pintarakenteiden korjauksessa ei sääsuojan käyttö ole kovin yleistä ja eristysalusta on kuivunut sään niin salliessa. Sateisen kesän osuessa korjauskaudelle voi kyseinen tapa kuitenkin aiheuttaa ongelmia, ja pelkkään säähän luottaminen on pienimuotoinen riski. Kannen kuivuudessa pitääkin luottaa mittaustuloksiin. Pieni laadullinen riski sääsuojan käyttämättömyyteen tietenkin liittyy, mutta riittävästä eristysalustan kuivuudesta huolehtiminen ja kiirehtimisen välttäminen eristystöissä auttaa välttämään virheitä.

5.3 Työturvallisuus

Koska nopeutettu pintarakenteiden korjaus tulee hyödylliseksi vain, mikäli korjaustyöstä aiheutuva liikennehaitta on tarpeeksi suuri, sijaitsevat korjaustyöt myös vilkkaan liikenteen keskellä. Tämä aiheuttaa riskejä työntekijöille, ja mikäli työturvallisuutta ei huomioida huolellisesti suunnittelussa, johtaa se myös turhiin riskienottoihin. Turvalliseen työskentelyyn kaikenlaisilla työmailla onkin viime vuosina kiinnitetty erityistä huomiota, ja uusia menetelmiä työturvallisuuden parantamiseksi kehitetään jatkuvasti. Voidaankin siis todeta, että tekniikasta taikka osaamisesta ei työturvallisuus jää kiinni, vaan nopeutetussa korjauksessa on vain kiinnitettävä erityistä huomiota turvallisuuteen, kun työskennellään vilkkaan liikenteen seassa.

Tietöitä tehtäessä kasvavat ohimenevän liikenteen ajonopeudet ajoittain yli sallitun. Tämä on huomattu myös Skanska Infra Oy:ssä siltoja korjattaessa Oulun alueella, ja niin myös Laanilan risteyssiltojen ja Tyrnävän kirkkosillan pintarakenteita korjattaessa. Koska suuret ajonopeudet ovat vaarallisia etenkin työmaan kohdalla, on tärkeää panostaa tulevaisuudessa tähän ongelmaan. Yksi

hyvä keino nopeuksien hillintään on ajoneuvojen nopeuden ilmoittava nopeusnäyttö, jota käsitelty lisää kohdassa 5.5

5.4 Nopeutetun korjauksen haasteet

Kun mitä tahansa tehdään nopeutetussa aikataulussa, tarkoittaa se myös sitä, että asioiden ratkaisulle jää vähemmän aikaa. Kun pintarakenteita korjataan nopeutetusti, on aikataulut laadittu yleensä päivän tarkkuudella ja tietyt työvaiheet jopa tunnin tarkkuudella. Tämä tarkoittaa sitä, että yllättävissä tilanteissa ja ongelmissa on päätöksentekoon joskus aikaa vain tunteja. Nopea päätöksenteko vaatii työnjohdolta hyviä ongelmanratkaisutaitoja mutta myös tilaajan, suunnittelijan ja rakennuttajakonsultin osalta hyvää tavoitettavuutta. Yllättävissä tilanteissa on kommunikaation toimittava, ettei yhdenkään osapuolen tavoittamattomuudesta tule aikataulullista pullonkaulaa. Myös kriittisissä työvaiheissa on laadunvarmistuskonsulttien aikatalutus tärkeää. Tämä on todettu myös liikenneviraston selvityksessä. Tulevaisuudessa tulee tablettitietokoneiden avulla tehtävä raportointi varmasti helpottamaan eri osapuolten yhteistyötä työn edetessä. (Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät 39/2011.)

Jotta nopeutetun korjaamisen aikataulusta saataisiin kaikki hyöty irti, on organisoinnilla iso merkitys. Eri työvaiheiden järjestäminen tiukkaan aikatauluun ja jopa limittäminen on osa nopeutettua korjausta. Nämä seikat tulevat varmasti tulevaisuudessakin kuormittamaan työnjohtoa, mutta kokemusta kartuttamalla saadaan työhön rutinoituneempi ote, ja mikäli ennusteet pitävät paikkansa, päästään suomen tieverkolla myös tulevaisuudessa korjaamaan pintarakenteita nopeutetusti. Siksi olisikin tärkeää, että toimintaa kehitettäisiin tulevaisuudessa, ja kokemuksen sekä uusien toimintatapojen avulla saataisiin tulevaisuuden korjausvelka kurottua tehokkaasti ja laadukkaasti umpeen.

Nopeutettuun korjaamiseen liittyy olennaisesti ruuhkaisilla paikoilla toimiminen, koska niissä paikoissa nopeutetusta pintarakenteiden korjauksesta on eniten hyötyä. Työmaiden sijaitseminen suurien liikennemäärien keskellä aiheuttaa onnettomuusriskin, ja sen hillitsemiseen on syytä kiinnittää tulevaisuudessa

huomiota, koska liikennemäärät suomen tieverkolla oletetusti kasvavat, varsinkin suurilla liikenneväylillä. Huolellisella liikennejärjestelyjen suunnittelulla ja toteutuksella pystytään varmasti vastaamaan tähän haasteeseen.

5.5 Kehitysideoita ja uusia toimintatapoja

Liikenteen sujuvuus

Kehittämiskohteina ensimmäisenä on kaistamerkintöjen ja opasteiden selvittäminen ohimenevän liikenteen sujuvoittamiseksi, mikä ilmeni Laanilassa kesällä 2012, jolloin ohikulkevalla liikenteellä oli käytössään kaksi hyvin kapeata ajorataa. Kaistamerkinnoissa voisi käyttää materiaaleja, jotka kestäisivät kulutusta mahdollisimman paljon ja täten pysyisivät mahdollisimman selkeinä koko työmaan ajan. Kun työmaan ohi on käytössä kaksi kapeaa ajokaistaa, voi autoilijat käsittää sen helposti yhdeksi leveäksi. Tämän selkeyttämiseksi voisi ennen työmaata tai itse kohteen kohdalla olla kyltti: ”käytössä kaksi ajorataa”. Tämä selkeyttäisi kaistajärjestelyjä työmaan kohdalla. Työmaan kokemuksista päätellen suomalaisille autoilijoille on tuttu niin sanottu vetoketjumenetelmä, jossa kahden kaistan liittymisessä yhdeksi, antavat autoilijat toisilleen tilaa vuorotellen ja ajokaistalle liitytään niin sanotusti vetoketjuna. Tämä kyseinen tapa korostui, mikäli autoilijat kokivat rinnakkain ajamisen työmaan ohi liian riskialttiina. Vetoketjumenetelmä on toki toimiva, mutta se ajoittain ruuhkautti liikennettä työmaan kohdalla. Jotta nopeutetusta korjausmenetelmästä saadaan kaikki hyöty irti ja minimoitua liikennehaittaa, on tulevaisuudessa hyvä miettiä, miten pystytään luomaan mahdollisimman sujuva liikenne työmaan ohitse, mikäli työalue ja liikenne sijaitsevat samalla sillalla.

Nopeusnäyttö

Kun liikenne sijaitsee aivan työalueen vieressä, se aiheuttaa työntekijöille ja autoilijoille riskin joutua onnettomuuteen, sillä tietyöalueella joudutaan liikkumaan tiealueella sekä konein että jalan. Jotta liikenne pystyisi havaitsemaan koneet sekä ihmiset ajoissa, on ne merkattu riittäväillä huomio väreillä taikka va-

loilla ja tietyön kohdalla on nopeus rajoitettu riittävän alas, yleensä 30 kilometriä tunnissa. Valitettavan usein liikenteen nopeus kuitenkin kasvaa huomattavasti korkeampiin lukemiin. Laanilan risteyssiltaja korjattaessa oli kesällä 2012 työmaalla käytössä nopeusnäyttö, joka näytti ohiajavalle autoilijalle hänen nopeutensa ja ilmoitti, mikäli nopeus oli liian korkea. Kokemusten perusteella nopeusnäyttö hillitsi ajonopeuksia työmaan kohdalla, ja sitä voidaan suositella käytettäväksi tulevaisuudessakin ajonopeuksien hillitsemiseksi. (Kuva 11.)

Siirrettävyyden ansiosta on näyttö helposti asennettavissa eri sijaintiin, ja sillä on tutkimusten perusteella ajonopeuksia hillitsevä vaikutus (Kilponen, 2012).



KUVA 11. Siirrettävä nopeusnäyttö Laanilan risteyssillan korjaustyömaalla kesällä 2012 (Kuva: Toni Gussander)

Nopeusnäytön tehokkuutta voisi vielä parantaa lisäteksteillä. Mikäli näyttö havaitsee ylinopeutta lähestyvän ajoneuvon, teksti voisi olla esimerkiksi ”Hidasta, vaarannat työntekijöiden turvallisuuden”. Toinen vaihtoehto voisi olla teksti, joka kertoisi käynnissä olevan työvaiheen, esimerkiksi ”Huom! purkutyöt käynnissä” tai ”Alueella työkoneita”. Joka tapauksessa tekstin ei tulisi olla liian pitkä, jotta

se ei veisi liikaa autoilijan huomiota, ja tekstin muokkauksen tulisi olla helppoa, jotta se ei veisi työntekijöiden aikaa.

Pintarakenteiden korjaus osana sillan peruskorjausta

Koska eri silloille kohdennetut korjausrahat ovat rajalliset, ei kaikille silloille pysty tekemään suuria toimenpiteitä, ja silloin on syytä tehdä ne kaikkein kiireellisimmät. Heikossa kunnossa olevat pintarakenteet rasittavat sillan päällysrakennetta, ja siksi pintarakenteiden korjauksella saadaan hyvin sillalle uutta käyttöikä. Ennen pitkää kuitenkin sillan muut osat käyvät niin huonokuntoisiksi, että on aiheellista suorittaa peruskorjaus. Voitaisiinkin kysyä, voidaanko pintarakenteiden korjaus tehdä siten, että peruskorjauksessa esimerkiksi reunapalkin uusinta olisi helpompaa.

Kun sillan pintarakenteet ja vesieristys ovat huonossa kunnossa, vaatii se kiireellisiä korjaustoimenpiteitä, mutta jos muutkin sillan osat ovat heikossa kunnossa, on peruskorjaus välttämätön tulevaisuudessa. Mikäli tiestön ylläpitoon olevat määrärahat ovat tulevaisuudessakin vähissä, voidaan huonokuntoisille silloille tehdä ensin pintarakenteiden korjaus kiireellisenä toimenpiteenä ja peruskorjaus myöhemmin. Näin saadaan eniten liikennettä haittaava toimenpide suoritettua ennen varsinaista peruskorjausta, ja peruskorjaus voidaan suorittaa myöhemmin pienemmällä liikennehaitalla. Kun pintarakenteet kunnostetaan vielä nopeutetusti, jää lopullinen liikennehaitta mahdollisimman pieneksi. Vaikka sillalle tehtävien toimenpiteiden kokonaisuus kasvaisikin hieman erillisinä tehtävinä toimenpiteinä, voi kokonaisliikennehaitta olla jopa pienempi kuin että korjattaisiin kaikki osat peruskorjauksessa yhdellä kertaa. Toimenpiteet voisi tehdä toki käänteisessäkin järjestyksessä: ensin sillan muiden osien peruskorjaus, jonka jälkeen pintarakenteiden korjaus nopeutetulla aikataululla. Näin on todennäköisesti toimittu joissakin kohteissa.

Teknologian hyödyntäminen

Uuden teknologian kehittyessä on nykypäivänä työmailla otettu käyttöön tablettitietokoneita työnjohdolle ja valvojille. Tämä on helpottanut paljon työmaalta suoritettavaa raportointia. Internetiin muodostettavilla työmaayhteisöllä kaikki osapuolet pystyvät näkemään työmaan reaaliaikaisen tilanteen ja kommentoimaan tapahtumia. Hyvä kommunikointi projektin eri osapuolilla on tärkeää, mutta myös tien käyttäjien tietoisuutta voitaisiin parantaa nykyteknologialla. Pääurakoitsijan kommenttien perusteella tiedottamisessa on monesti ongelmia tien käyttäjän näkökulmasta, ja teknologiasta voitaisiinkin hakea ratkaisuja tiedottamisongelmiin. Yksi keino voisi olla hyödyntää teiden varsilla käytettäviä UBI-näyttöjä: ennen työmaata sijaitsevassa näytössä voitaisiin tiedottaa tulevasta työmaasta. Mikäli lähistöllä ei ole näyttöä, voisi näytöstä kehittää liikuteltavan mallin, jonka voisi sijoittaa keskeiselle paikalle työmaasta tiedottamisen kannalta.

Vaikka käytössä on tablettitietokoneet, työmaapäiväkirjat sekä esimerkiksi MVR-mittaukset on täytetty vielä työnjohdon kannettavilla tietokoneilla. Lisäksi nykyään myös työmaalla käytettäviin tablettitietokoneisiin on saatavilla kyseisiä mittareita. Tablettitietokoneella suoritettu laadunvarmistus itse työmaalla jouduttaa laadunvarmistuksen tekemistä ja helpottaa työnjohdon ja laadunvarmistajien työtaakkaa nopeutetussa korjauksessa. Koska nopeutetun korjaamisen on todettu kuormittavan erityisesti kyseisiä henkilöitä, voidaan nykyteknologialla tässä tapauksessa saavuttaa etuja. Tablettitietokoneen käytettävyyden helpoudesta johtuen voidaan erilaisia ohjelmia käyttäen suorittaa mittaukset nopeasti, ja laitteen koon ansiosta tieto kulkee erittäin helposti mukana. (Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät 39/2011.)

Tulevaisuudessa teknologia tarjoaa varmasti lisää apukeinoja työmaan toteutukseen, esimerkiksi 3D-mallintaminen. Siksi onkin tärkeää, että uusia laitteita uskalletaan testata työmaakäytössä, jotta voidaan selvittää niiden soveltuvuus rakentamiseen.

Työmaasta tiedottaminen tienkäyttäjille

Tietyö on aina epäjatkuvuuskohta liikenteessä ja siksi olisikin hyvä, jos tien käyttäjä voisi varautua mahdollisesti eteen tulevaan tietyöhön tai mahdollisesti jopa kiertää sen. Kiertämällä tietyön tienkäyttäjä pienentää liikennevirtaa tietyön kohdalla ja täten pienentää riskiä onnettomuuteen. Vaikka työmaata ei pystyisi kiertämään, auttaa tiedottaminen varautumaan tulevaan haittaan.

Oulussakin voisi vastikään pystytettyjä mainosnäyttöjä tai jopa siirrettäviä näyttöjä hyödyntää työmaasta tiedottamisessa. Näyttöön pystyttäisiin sisällyttämään tietoja esimerkiksi siitä, miksi siltaa korjataan. Se auttaisi tienkäyttäjää ymmärtämään, miksi liikennettä joudutaan hidastamaan, ja voisi täten auttaa hillitsemään ajonopeuksia.

Toinen hyvä tiedotuskanava on sanomalehdet, joissa kerrotaan paikallisille tienkäyttäjille jo ennen työn aloittamista, missä korjaustyötä tehdään ja milloin siitä aiheutuu haittaa liikenteelle. Sanomalehdessä voidaan kertoa vielä tarkemmin kohteesta esimerkiksi liikennejärjestelyistä, jolloin se auttaisi autoilijoita hahmottamaan, miten liikenne kulkee työmaan ohitse. Tämä voisi auttaa parantamaan kaistojen kapenemisesta aiheutuvia liikenteen ruuhkautumista. Työhön liittyvistä hankkeista Laanilan risteyssillat oli esitelty paikallisessa sanomalehdessä.

5.6 Hyödyt tilaajan kannalta

Suurin hyöty tilaajalle nopeutetussa pintarakenteiden korjauksessa tulee pienemmästä liikennehaitasta mutta myös parantuneesta turvallisuudesta. Koska tietyö ei kestä kovin pitkään, ei se myöskään aiheuta epäjatkuvuuskohtaa liikenteessä ja samalla se pienentää onnettomuusriskiä. Pääurakoitsijan kommenttien perusteella ei tilaajalle tule paljoakaan tienkäyttäjän kommentteja viivytyksistä, vaan tilaaja huolehtii enemmänkin tienkäyttäjien turvallisuudesta.

Toinen hyöty on varmasti myös se, että kun huonokuntoinen silta vaatii pikaista korjausta, on nopea pintarakenteiden korjaaminen hyvä vaihtoehto toimenpiteen nopeuden vuoksi. Koska pintarakenteet suojaavat koko muuta sillan päällysrakennetta, saadaan pintarakenteiden korjauksella muu päällysrakenne suojaan mahdollisilta vesivuodoilta. Näin saadaan huonokuntoiselle sillalle lisää-
kaa mahdollisen peruskorjauksen toteuttamisen aloittamiseen.

Kolmas hyöty tulee ilmi Suomen tieverkon siltojen ikäjakauman johdosta, kun korjaustarpeen voidaan tulevaisuudessa olettaa kasvavan. Koska 1960- ja 70-luvuilla tehdyt sillat ovat tulossa korjausikään, on tulevaisuudessa korjaustoimenpiteitä varmasti tiedossa. Nopeutetulla pintarakenteiden korjauksella pystytään tulevaisuuden korjaukset kriittisissä paikoissa hoitamaan mahdollisimman vähän liikennettä häiritsemällä. Nopeasta aikataulusta johtuen voidaan korjaustöitä myös suorittaa entistä enemmän korjauskaudella, mikä yleensä Suomen oloissa tarkoittaa aikaväliä toukokuusta syyskuuhun. Sääsuoja käyttämällä voidaan korjauksia suorittaa muinakin ajankohtina, mutta silloin pitää ilmankosteuteen kiinnittää huomiota. Kuitenkin mikäli korjaustöitä halutaan tulevaisuudessa suorittaa enemmän, olisi siltojen korjaukseen tulevaisuudessa löydettävä enemmän rahoitusta.

6 LIIKENNEHAITAN KUSTANNUKSET

Jotta voitaisiin todentaa pintarakenteiden korjaamisen nopeuttamisesta saatava hyöty, on laskettava liikenteen viivytyksestä aiheutuvat kustannukset. Vaikka nopeutettu pintarakenteiden korjaustapa on kalliimpi, viivytyskustannuksissa saavutetuilla säästöillä pystytään korvaamaan nopeuttamisen kulut. Tien omistajille kertyy säästöjä lyhyemmästä liikennehaitasta, mutta myös urakoitsijalle kertyy säästöä lyhyemmän kaistavuokran seurauksena. Seuraavissa laskelmissa käytetään tarkasteltaviin hankkeisiin sovellettua kaistavuokrien laskentamallia ”Siltojen ylläpito 2008-2015, Oulun pohjoinen alue” -urakasta. Laskennat suoritetaan Laanilan risteys silloista eteläisen O-1554 korjauksen aikaisille liikennejärjestelyille.

KVL kohteessa on 18536 ajoneuvoa/vrk, joista raskaita ajoneuvoja 1744 ajon./vrk. Kevyitä ajoneuvoja on täten 16852 ajon./vrk. (Oulun seudun liikenne-laskennat. 2012.)

Hidastuskertoimina käytetään sitä aikaa tunteina, jonka tietyön katsotaan per ajoneuvoa hidastavan. Hidastuvuus määritellään tiellä vallitsevien ja korjaustyön aikaisten nopeusrajoitusten sekä niiden pituuden mukaan. Lisäksi oletuksena käytetään pysäytys-/hidastuskerrointa, jonka työmaan oletetaan aiheuttavan. Kohteessa vallitsee 60km/h nopeusrajoitus.

TAULUKKO 3. Nopeusrajoitusten vaikutusalueet

Nopeusrajoitusten vaikutusalueet		
60 - 30 km/h (m)	30 km/h (m)	
100	150	

Ajoneuvojen yksikköhintoina käytetään henkilöautoille 18€/h ja kuorma-autoille 60€/h.

TAULUKKO 4. Liikenteelle aiheutuvat viivytykset

Liikennejärjestelyn vaikutus			
pysäytys/ hidastus (h)	60-30 km/h (h)	30 km/h (h)	Yht.
0,03	0,0022	0,0050	0,0372

Liikenteelle viikossa aiheutuvat kustannukset saadaan kaavasta:

$$16852 \text{ ajon./vrk.} * 0,0372 \text{ h/ajon.} * 18 \text{ €/h} * 7 \text{ vrk}$$

$$+ 1744 \text{ ras. ajon./vrk.} * 0,0372 \text{ h/ajon.} * 60 \text{ €/h} * 7 \text{ vrk} =$$

106236 € / vk.

Urakoitsijalle tulevan viikoittaisen kaistavuokran suuruus määräytyy urakasumman ja liikenteelle aiheutuvien kustannusten mukaan. Kaistavuokra on 3 %:n osuus liikenteelle aiheutuvista kustannuksista, joihin lisätään 0,1 % urakasummasta. Tässä kohteessa kaistavuokran suuruudeksi tuli 3554 € / viikko. Kohteesta riippuen voidaan kaistavuokraan lisätä tietynsuuruinen kannustinsumma, jos tilaaja katsoo kohteen olevan niin tärkeä, että se haluaa varmistaa aikataulussa pysymisen.

Laskelmista voidaan huomata, että kyseisessä kohteessa voidaan liikenteelle aiheutuvista viivytyksekustannuksista säästää huomattavia summia jo pelkästään viikon aikataulua kiristämällä, ja nopeutetussa pintarakenteiden korjaustavassa aikataulua voidaan supistaa useilla viikoilla. Mutta myös urakoitsija saavuttaa säästöjä kaistavuokran lyhenemisen seurauksena siinä määrin, että urakkahinta on pienempi, kuin mitä se olisi perinteisellä korjaustavalla, siitä huolimatta, että nopeutettu korjaustapa nostaa korjauksen kustannuksia. Nopeutettuun korjaukseen ryhtymiseen vaikuttaa todennäköisesti eniten urakoitsijalle määräytyvän kaistavuokran suuruus.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä insinööriyössä oli tavoitteena selvittää kolmen sillan pintarakenteiden korjauksen toteutuminen sekä se, miten pintarakenteiden korjausta voisi tulevaisuudessa kehittää. Yhtenä näkökulmana oli erityisesti uusi nopeutettu pintarakenteiden korjausmenetelmä, jossa pintarakenteiden korjaus suoritetaan mahdollisimman lyhyessä aikataulussa ja näin liikennettä mahdollisimman vähän häiritsemällä. Nopeutettua korjaustapaa verrattiin perinteiseen pintarakenteiden korjaukseen, ja nopeutettuun korjaukseen käytettyä kahta erilaista liikennejärjestelyä verrattiin toisiinsa.

Toteutuneet korjaushankkeet onnistuivat hyvin, ja niistä saatiin hyviä kokemuksia tulevaisuutta ajatellen, mikäli vastaavanlaisia korjauskohteita tulee tulevaisuudessakin vastaan. Erityisesti nopeutetun korjaustavan tekee haasteelliseksi toimiminen vilkkaan liikenteen keskellä, ja lisäksi työtä kuormittaa aikataulutus. Teknologiaa hyödyntämällä voitaisiinkin tulevaisuudessa helpottaa työnjohtajien ja laadunvarmistuksen taakkaa tarkastuksia ja kommunikointia helpottavilla ohjelmilla ja laitteilla. Tablettitietokone on kokonsa ja käytettävyytensä ansiosta hyvä laite kommunikointiin, ja laitteeseen soveltuvilla ohjelmilla voidaan helpottaa esimerkiksi laadun raportointia.

Toinen asia, missä teknologiaa voitaisiin hyödyntää, on työmaasta tiedottaminen, sillä liikenteen sujuvuudessa työmaan ohitse löytyi kehitettävää ja autoilijan varautuminen työmaahan saattaisi auttaa tässä asiassa. Tiedottamista voisi toteuttaa esimerkiksi teiden varsilta löytyvien mainosnäyttöjen avulla tai kehittelemällä jopa liikuteltavan version näytöstä. Työmaan ohikulkevan liikenteen ohjaamista voitaisiin parantaa selkeillä kaistamerkinnoilla, liikennemerkeillä, opasteilla ja mainostauluilla, joissa kerrottaisiin ohikulkevan liikenteen ajoradoista. Nopeusnäyttö ja tiedottaminen työmaasta ovat ajonopeuksien hillitsemiseen tehokkaita keinoja.

Myös perinteisessä korjaustavassa liikenteen hallinta aiheuttaa haasteita, sillä pintarakenteen korjaus vaatii liikenteen rajoittamista. Tarkasteltavassa kohteessa liikennemäärät olivat suhteellisen pienet, mutta kun liikennettä rajoitetaan sekä jalkakäytävältä että ajoradalta, aiheuttaa se häiriötä tienkäyttäjälle. Siksi tiedottaminen ja työmaanaikainen opastaminen ovat tärkeitä pienissäkin kohteissa; Tyrnävän Kirkkosillalla liikennejärjestelyt onnistuivat hyvin.

Yksi vertailukohde oli myös kahdella eri liikennejärjestelyllä toteutettu pintarakenteiden korjaus. Vertailussa oli pintarakenteiden korjaus liikenteen kulkiessa korjattavalla sillalla ja liikenteen ohjaaminen kokonaan pois korjattavalta sillalta. Yhteenvetona voidaan sanoa, että korjaustyön kannalta liikenteen ohjaaminen kokonaan pois korjattavalta sillalta on parempi vaihtoehto, vaikka se vaatii enemmän valmisteluja. Selkeimpinä etuina olivat parantunut työturvallisuus, työmaan suurempi tila sekä aikataululliset säästöt, kun työvaiheita ei ollut useampia. Näitä kahta liikennejärjestelyä vertailtaessa voidaan todeta, että vastavassa tilanteessa kannattaisi pyrkiä yhdessä vaiheessa korjaamiseen, jos se vain on mahdollista. Aina se ei kuitenkaan ole mahdollista, ja silloin kannattaa pohtia, miten kaksivaiheisesta työstä saadaan mahdollisimman tehokas yksivaiheiseen verrattuna.

Koska nopeutettu pintarakenteiden korjaustapa on menetelmänä harvemmin käytetty, on erityisesti näistä kohteista saadut kokemukset ja kehityskohteet tärkeitä. Tulevaisuudessa korjauskohteita riittää varmasti, ja liikennemäärien kasvaessa on todennäköisesti myös nopeutetulle korjausmenetelmälle käyttöä. Toivon, että tästä työstä on tulevaisuudessa hyötyä Skanska Infra Oy:lle vastaavissa pintarakenteiden korjauskohteissa.

LÄHTEET

InfraRYL 2006. Osa 3, Sillat ja yleiset laatuvaatimukset. 2006. Rakennustietosäätiö.

Kirkkosilta, O-1260. Tyrnävä SILLAN KORJAUSTYÖ TYÖSELITYS R15/9359-1. 2013. WSP Finland Oy.

Kirkkosilta, O-1260. Yleispiirustus r-1. 2013. WSP Finland Oy.

Kilponen, Olli 2012. Nopeusnäyttötäulun vaikutukset ajonopeuksiin Oulun seudulla. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu.

Laanilan RS O-1554. Yksityiskohtapiirustus r-5. 2013. WSP Finland Oy.

Laanilan RS O-933. Yksityiskohtapiirustus r-3A. 2012. WSP Finland Oy

Oulun seudun liikennelaskennat. 2012. Infotripla. Saatavissa:

<http://www.infotripla.fi/oulunliikenne/julkaisut/Liikennelaskennat.htm>. Hakupäivä: 18.2.2014.

Pintarakenteiden nopeutetut korjausmenetelmät 39/2011. Selvitys. Liikennevirasto.

SILKO 2.813. 2009. Vedeneristyksen uusiminen nestemäisenä eristyksenä 2/ 09. Sillankorjausohjeisto. Liikennevirasto. Saatavissa:

http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2813_09.pdf. Hakupäivä: 11.9.2013.

SILKO 2.811.2006. Vedeneristyksen uusiminen kermieristyksenä 11 / 06. Sillankorjausohjeisto. Liikennevirasto. Saatavissa:

http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2811_07.pdf. Hakupäivä: 11.9.2013

SILKO 2.240. 2007. Vedeneristyksen alustan kunnostus 10 / 07. Sillankorjausohjeisto. Liikennevirasto. Saatavissa:

http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2240_2007.pdf . Hakupäivä 11.9.2013.

SILKO 1.801. 1992. Vedeneristyksen 12/92. Sillankorjausohjeisto. Liikennevirasto. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio1/s1801a.pdf> . Hakupäivä 10.12.2013.

Sillan peruskorjauksen nopeuttaminen 11/2008. Selvitys. Tiehallinto.

Tutkimusselostus Laanilan rs 1554 6.8.10. 2010. WSP Finland Oy.

Tutkimusselostus Laanilan rs O-933 6.8.10. 2010. WSP Finland Oy.

