

Vesa Keränen

**Vanhojen sillankaiteiden vahvistaminen ja
uusimisen priorisointi**

Opinnäytetyö

Kevät 2015

Tekniikan yksikkö

Rakentamisen koulutusohjelma (ylempi AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Rakentamisen koulutusohjelma (ylempi AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Rakennesuunnittelu

Tekijä: Vesa Keränen

Työn nimi: Vanhojen sillankaiteiden vahvistaminen ja uusimisen priorisointi

Ohjaaja: Martti Perälä

Vuosi: 2015

Sivumäärä: 75

Liitteiden lukumäärä: 5

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Liikennevirasto, joka tilasi työn Sil-tanylund Oy:ltä. Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää pisteytysmenetelmä, jolla voidaan priorisoida Liikenneviraston hallinnoimien tiesiltojen vanhojen kaiteiden uusimiskohteita kaiteiden vaurioitumisen ja liikenteelle aiheutuvan riskin perusteella. Liikenneviraston tiesilloilla on huonokuntoisia ja väärää rakennetyyppiä olevia kaiteita, joiden kaikkien uusimiseen ei riitä resursseja. Kehitettävällä pisteytysmenetelmällä saadaan kohdennettua uusimisresurssit mahdollisimman tehokkaasti liikenneturvallisuutta parantaen. Työn tuloksena syntyi menetelmä kaiteiden uusimiskohteiden priorisointiin, lisäksi laadittiin priorisoidut luettelot uusittavista sillankaiteista ELY-keskusalueittain.

Toisena tehtävänä oli selvittää mahdollisuutta vahvistaa vanhat hyväkuntoiset sillankaiteet kestävästi nykyisten yleiseurooppalaisten standardien mukainen törmäysluokan H1 kuormitus. Vanhoille kaidetyypeille on tehty törmäyskokeita vahvistamiseen liittyen ja työn yhtenä tavoitteena on selvittää, voidaanko vahvistaminen toteuttaa kustannustehokkaasti ja millaisia kriteerejä vahvistettavien sillankaiteiden tulisi täyttää. Opinnäytetyössä esitellään myös kaiteiden vahvistamiseen liittyviä korjausmenetelmiä.

Avainsanat: sillankaiteet, priorisointi, törmäyskestävyys

Salaisuus: Opinnäytetyön liitteenä olevat listat vanhojen sillankaiteiden uusimiskohteista (liitteet 2–5) eivät ole julkisia asiakirjoja.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Master's Degree Programme in Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Vesa Keränen

Title of thesis: Reinforcement and Prioritization of Renewal of Old Bridge Parapets

Supervisor: Martti Perälä

Year: 2015

Number of pages: 75

Number of appendices: 5

The thesis was made for The Finnish Transport Agency. The work was ordered from Siltanylund Ltd. The purpose of the thesis was to create a method to prioritise the renewing of old bridge parapets in public roads in Finland. There are lots of old bridge parapets in bad condition or made with wrong types of materials. The yearly budget of The Finnish Transport Agency for repairing bridges is too small. Because of the lack of funding, there is a need to prioritize renewing of parapets to aim money resources as effectively as possible to improve the safety of road users. The result of the thesis was a system to prioritize the renewal of old bridge parapets and prioritized lists of renewal targets by ELY Centres (Centre for Economic Development, Transport and the Environment).

It was also studied in the thesis, if it were reasonable to strengthen old bridge parapets to meet the European standards on the resistance of bridge parapets. It was ensured by impact tests that the old type of high bridge parapet could be approved to level H1 vehicle parapet. The purpose was to determine what criterions parapets must meet so that reinforcement to level H1 would be reasonable. The thesis also introduced some methods of repairing parapets.

Keywords: bridge parapet, prioritizing, impact durability

Secrecy: Part of this thesis has been declared secret.

ESIPUHE

Haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajina olleita henkilöitä Kari Laurinen, Hannu Hänninen ja Jari Sutela Siltanylundilta ja Tomi Harju Liikennevirastosta sekä muita työkavereitani, joita olen vaivannut opinnäytetyöhön liittyvillä kysymyksillä. Työnantajalleni Siltanylundille suuri kiitos myös joustamisesta ja tukemisesta opintojeni suorittamisen aikana.

Opinnäytetyössä laadittavat listaukset sillankaiteiden uusimiskohteista ovat Liikenneviraston pyynnöstä salaisia. Opinnäytetyö julkistetaan tästä syystä ilman liitteitä 2–5.

Lisäksi haluan kiittää vaimoani Nooraa avusta ja perheestä ja kodista huolehtimisesta opintojen aikana. Kiitokset myös kaikille ystäville, jotka mahdollistivat avulleen kulkemiseni opinnoissa 500 kilometrin päässä kotoa.

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract	3
ESIPUHE	4
SISÄLTÖ.....	5
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	7
Käytetyt termit ja lyhenteet	9
1 JOHDANTO.....	10
1.1 Opinnäytetyön tausta	10
1.2 Opinnäytetyön tavoitteet.....	13
1.3 Käytettävät tutkimusmenetelmät	14
2 SUOMESSA KÄYTETYT TYYPISILLANKAITEET	16
2.1 Teräksiset tyypisillankaiteet.....	16
2.2 Muut sillankaidetyypit	20
2.3 Sillankaiteiden vaatimukset.....	21
3 VANHOJEN SILLANKAITEIDEN RISKILUOKITTELU	23
3.1 Luokittelukriteerit.....	23
3.1.1 Sillankaiteiden vaurioituminen.....	23
3.1.2 Vanhan sillankaiteen kaidetyyppi	29
3.1.3 Liikenneympäristö	29
3.1.4 Sillankaiteiden uusimisen kustannukset.....	31
3.1.5 Sillan muiden rakenneosien korjaustarpeet	33
3.2 Luokittelukriteerien painotus.....	34
3.3 Vanhojen sillankaiteiden riskiluokituksen pisteytysmenetelmä.....	35
3.4 Sillankaiteiden korjaaminen vai uusinta?.....	36
4 PISTEYTYSMENETELMÄN SOVELTAMINEN KÄYTÄNNÖSSÄ .	37
4.1 Siltarekisterin ja Hanke-Sihan käyttö.....	37
4.2 Siltojen pisteyttäminen	39
4.2.1 Pisteytysmenetelmän kehittäminen.....	39
4.2.2 Lopullinen pisteytysmenetelmä	43

4.3	Priorisoitu lista uusittavista sillankaiteista ELY-alueittain	51
5	H1-LUOKAN KORKEA SILLANKAIDE	52
5.1	Vanhoille sillankaiteille tehdyt törmäystestit	52
5.2	Vanhan sillankaiteen vahvistaminen törmäysluokkaan H1.....	54
5.2.1	Sillankaiteen vahvistamisen edellytykset	55
5.2.2	Kaiteiden vahvistamisen soveltuminen esimerkkikohteisiin	58
5.2.3	Sillankaiteen vahvistamisen kustannukset.....	61
5.3	Vanhan sillankaiteen vahvistaminen ja korjaaminen	62
5.3.1	Sillankaiteen vahvistaminen.....	62
5.3.2	Vahvistamiseen liittyvät sillankorjaustyöt	64
6	LOPPUPÄÄTELMÄT JA JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET ...	68
	LÄHTEET.....	72
	LIITTEET	75

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Siltojen vauriopistesumman kehitys 2000-luvulla Liikenneviraston silloilla.	11
Kuvio 2. Vauriomäärien kehitys vaurioluokittain 2000-luvulla.....	12
Kuvio 3. Liikenneviraston siltojen kaiteiden vaurioiden kehitys 2000-luvulla.....	13
Kuvio 4 Uppokiinnitetty kulmateräsprofiilista niittiliitoksin tehty sillankaide Ounasjoen salmen sillalla.	17
Kuvio 5. Korkean sillankaiteen kiinnitys korkeaan reunapalkkiin uppokiinnityksenä.	18
Kuvio 6. Korkean sillankaiteen kiinnitys matalaan reunapalkkiin pulttikiinnityksenä.	19
Kuvio 7. Tiheän H2-sillankaiteen kuva.	20
Kuvio 8. Siirtymärakenne TIEH H2 -sillankaiteen ja Ty3/51-tiekaiteen liitoksessa.	22
Kuvio 9. Sillankaiteen vaurioiden kohdistaminen eri rakenneosiin Sillantarkastuskäsikirjan mukaisesti.....	24
Kuvio 10. Hanke-Sihan oletuspisteytys korjaustarveindeksin laskennassa.....	27
Kuvio 11. Siltojen kaiteiden vaurioitumisen kehitys.....	31
Kuvio 12. Sillanrakennustöiden kustannusindeksin kehitys 2000-luvulla.	33
Kuvio 13. Hanke-Sihan Toimenpideohjelma-valikko.	38
Kuvio 14. ”Kaiteiden uusiminen” pisteytys Hanke-Sihassa.	40
Kuvio 15. Siltojen toimenpideohjelman muodostaminen.	42
Kuvio 16. Lopullinen kaiteiden uusimiskohteiden priorisoinnissa käytetty toimenpideohjelman rajaus.	44
Kuvio 17. Siltarekisterin perustietojen ”Tie”-välilehti.....	45
Kuvio 18. Merkintä kulmateräskaiteesta Siltarekisterin tarkastuskommenteissa...	46
Kuvio 19. Vauriomerkinä vääristä kaidetyypistä Siltarekisterissä.....	47
Kuvio 20. Kaavio sillankaiteiden riskipisteytyksen tekemisestä.....	50
Kuvio 21. Avojohteella varustettu H1-luokkaan vahvistettu korkea DK1-sillankaide.	52
Kuvio 22. 2-putkijohteella varustettu H1-luokkaan vahvistettu korkea DK1-sillankaide.	54
Kuvio 23. Kaidepylvään seinämän paksuuden mittausta ultraäänimittarilla.	57
Kuvio 24. DK1-korkea sillankaide Markkasuvannon sillalla Rovaniemellä.....	59
Kuvio 25. Pahoin ruostunut kaidepylvään juuri Ounasjoen sillalla Rovaniemellä..	60
Kuvio 26. Päivitetty piirustus DK1-tyyppin korkean sillankaiteen vahvistamisesta H1-luokkaan. (perustuu Järvinen 2004, 77, kuva 5.37)	63

Kuvio 27. Pienahitsin a-mitan määrittäminen.....	64
Taulukko 1. Liikenneviraston siltojen jakautuminen kuntoluokkiin ELY-keskusalueittain.	11
Taulukko 2. Ajoneuvoliikenteen kaiteiden törmäyskestävyysluokat ja törmäystestausmenetelmät	22
Taulukko 3. Sillan vaurioiden korjaamisen kiireellisyysluokat.	25
Taulukko 4. Hanke-Sihan mukainen pisteytys rakenneosaryhmän kuntoarviolle..	28
Taulukko 5. Hanke-Sihan mukainen pisteytys vaurion korjaamisen kiireellisyydelle.	28
Taulukko 6 Hanke-Sihan mukainen pisteytys rakenneosan vaurioluokalle.....	28
Taulukko 7. Vanhojen sillankaiteiden liikenteelle aiheuttaman riskin pisteytys.	48
Taulukko 8. Sillankaiteen vahvistamisen kustannusarvio.	61
Taulukko 9. Sillankaiteen ja reunapalkkirakenteiden ohjeellisia korjauskustannuksia.	62

Käytetyt termit ja lyhenteet

ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskukset vastaavat alueellisesti mm. yleisten teiden rakentamisesta ja kunnossapidosta.
Hanke-Siha	Siltarekisterin tietoihin perustuva Hankekohtainen siltojen hallintajärjestelmä, jolla voidaan hallita siltojen korjauksen ja kunnossapidon hankkeita.
InfraRYL	Infra-rakentamisen yleiset laatuvaatimukset.
Kaiteen törmäyskestävyys	Kaiteiden luokittelu eri luokkiin erikokoisilla ajoneuvoilla tehtyjen törmäystestien perusteella. Kaiteet jaetaan normaalin (N1 ja N2) ja korkean (H1–H4) vaatimustason kaideluokkiin.
KVL	Keskimääräinen vuorokausiliikenne, yksikkönä ajoneuvoa vuorokaudessa.
SILAVA	Siltojen laadunvarmistusohjelmisto Liikenneviraston silloille
SILKO	Liikenneviraston laatimat ja ylläpitämät siltojen korjausohjeet. Käsittävät työkohtaiset ohjeet, materiaali- ja laatuvaatimukset.
Siltajohde	Sillankaiteen pylvään puolivälissä oleva teräsprofiilista tai kahdesta putkesta tehty johde, joka on sisimpänä osana kaiteesta tieltä katsottuna.
Reunakaista	Sillan kannen reunassa oleva varsinaisen kansirakenteen päälle tehty betoninen reuna, jonka läpi kaide on kiinnitetty kansirakenteeseen.
Reunapalkki	Sillan kannen reunassa oleva kiinteästi päällysrakenteeseen kuuluva palkki, johon kaiteet on kiinnitetty.

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta

Suomessa on noin 14 600 siltaa Liikenneviraston hallinnoimilla teillä. Nämä sillat muodostavat kansallisomaisuutta kuuden miljardin euron arvosta. (Liikennevirasto 8.10.2013.) Lisäksi yleisillä teillä on noin 3100 putkisiltaa. Suurin osa Suomen silloista on rakennettu 1960–90-luvuilla. Tällöin on rakennettu noin 200–300 siltaa vuodessa. Silloista suurin osa on teräsbetonirakenteisia. Suomen tiesiltojen kokonaispinta-ala on noin 3 763 000 neliometriä. (Suomen tiesillat 1.1.2010 2010, 11, 32–33.) Sillat muodostavat näin ollen merkittävän osan infrastruktuurin arvosta.

Liikenneviraston hallinnoimien siltojen kuntoa seurataan tarkastuksilla. Noin viiden vuoden välein silloille tehdään yleistarkastus. Mikäli yleistarkastuksessa havaitaan tarvetta, suoritetaan sillalle erikoistarkastus, jossa tutkitaan rakenteita myös ainetta rikkovilla menetelmillä. Yleistarkastuksia tehdään noin 2700 kpl ja erikoistarkastuksia hieman alle 100 kpl vuosittain (Suomen tiesillat 1.1.2010 2010, 51, 53). Lisäksi silloille tehdään myös vuosi-, takuu-, sukellus- ja perustarkastuksia.

Tarkastuksissa tehtyjen vauriokirjausten perusteella Siltarekisteri luokittelee sillat kuntoluokkiin 1–5. Kuntoluokka 5 tarkoittaa uutta vastaavaa ja kuntoluokka 1 erittäin huonokuntoista siltaa. Taulukosta 1 näkyy Liikenneviraston siltojen jakautuminen eri kuntoluokkiin 31.12.2009. Tarkastuksien havainnot, valokuvat ja vauriotiedot kirjataan Liikenneviraston ylläpitämään Siltarekisteriin. Siltarekisteristä löytyvät kaikkien Liikenneviraston hallinnoimien siltojen suunnitelmat ja tarkastustiedot. Lisäksi Siltarekisterissä on myös monien kaupunkien siltojen tiedot.

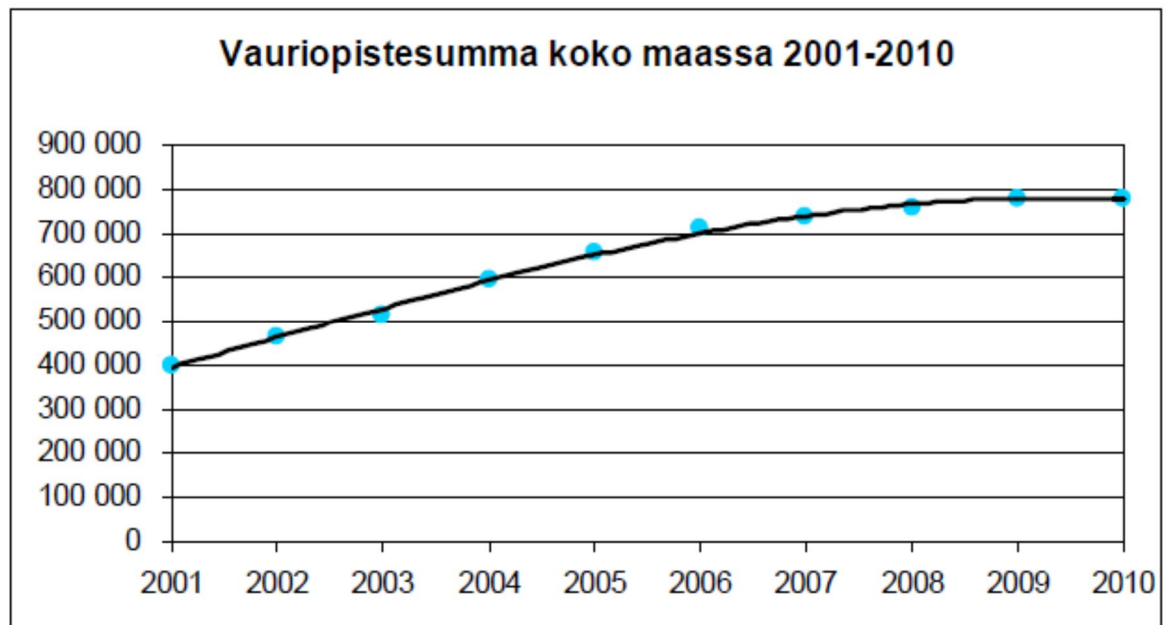
Taulukko 1. Liikenneviraston siltojen jakautuminen kuntoluokkiin ELY-keskusalueittain.

(Suomen tiesillat 1.1.2010 2010, 56)

Siltojen lukumäärä 31.12.2009

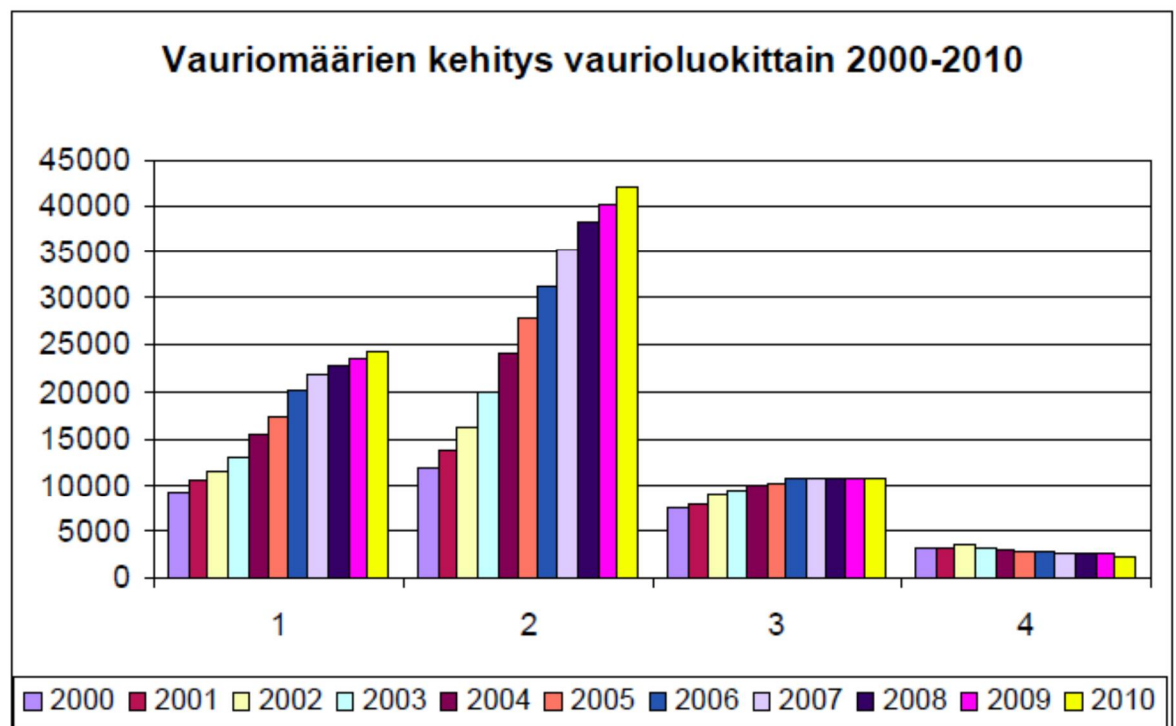
Tiepiiri	Kuntoluokka					Siltoja yhteensä
	5	4	3	2	1	
U Uusimaa	227	1 060	458	74	76	1 895
T Turku	121	894	668	93	35	1 811
KaS Kaakkois-Suomi	197	701	498	33	5	1 434
H Häme	190	1 207	677	85	43	2 202
SK Savo-Karjala	153	858	471	71	23	1 576
KeS Keski-Suomi	104	527	284	31	3	949
V Vaasa	164	700	451	72	14	1 401
O Oulu	204	1 219	563	37	7	2 030
L Lappi	108	921	258	38	2	1 327
Yhteensä, kpl	1 468	8 087	4 328	534	208	14 625

Korjattavia siltoja ovat kuntoluokkien 1 ja 2 sillat. Luokan 1 erittäin huonokuntoisten siltojen korjaamisen voidaan katsoa olevan jo myöhässä. Korjattavien siltojen määrä kasvaa vuosi vuodelta, mutta korjaamiseen käytettävissä oleva rahoitus on päinvastoin pienentyvä. Siltojen vauriopistesumma on kehittynyt 2000-luvulla kuvion 1 mukaisesti. 2000-luvulla on panostettu siltojen ylläpitoon rahallisesti, mutta yleisen taloudellisen taantuman myötä tiestön ylläpidon rahat ovat taas vähenevässä.



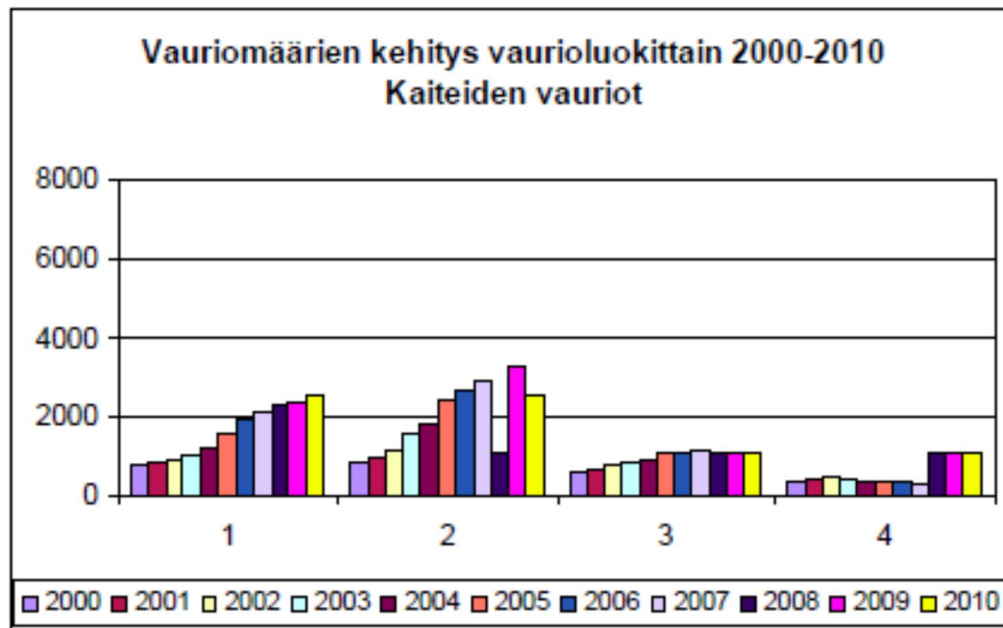
Kuvio 1. Siltojen vauriopistesumman kehitys 2000-luvulla Liikenneviraston silloilla. (Suomen tiesillat 1.1.2010 2010, 66)

Vauriopistesumma kuvaa sillan vaurioitumista. Mitä enemmän sillalla on vauriopisteitä, sitä huonommassa kunnossa silta on. Siltojen yleis- ja erikoistarkastuksissa siltojen rakenneosien vauriot luokitellaan vaurioluokkiin 1–4, joissa 1 = lievä, 2 = merkittävä, 3 = vakava ja 4 = erittäin vakava. Lisäksi vaurioiden korjaamiselle määritetään kiireellisyysluokka. (Sillantarkastuskäsikirja 2013, 20, 24.) Kuviossa 2 on esitetty vaurioluokkien vaurioiden määrän kehitystä 2000-luvulla. Lievien ja merkittävien vaurioiden määrä on kasvanut mutta ylläpitotoimilla vakavien ja erittäin vakavien vaurioiden määrän kasvua on saatu hillittyä.



Kuvio 2. Vauriomäärien kehitys vaurioluokittain 2000-luvulla. (Suomen tiesillat 1.1.2010 2010, 70)

Kuviossa 3 on esitetty siltojen kaiteiden vaurioiden kehitystä 2000-luvulla. Kaiteiden vaurioituminen on seurannut muuta siltojen vaurioitumisen kehitystä, paitsi pahojen vaurioiden määrä on lisääntynyt enemmän kaiteissa kuin siltojen rakenteissa yleensä. Vaurioitumisen lisäksi vanhoissa sillankaiteissa on toiminnallisia puutteita lujuudessa, mitoissa ja materiaaleissa. Vanhoista kaiteista voi myös puuttua välijohteita tai kaiteissa voi olla epäjatkuvuuskohtia, esimerkiksi ukkopylväistä johtuen. Jos sillalta puuttuvat kaiteet kokonaan, annetaan siitä tarkastuksessa Sillantarkastuskäsikirjan (Sillantarkastuskäsikirja 2013, 60) mukaisesti vaurioluokka 4. Lähtökohtaisesti kaikilla tiesilloilla on oltava kaiteet (Siltojen kaiteet 2012, 6).



Kuvio 3. Liikenneviraston siltojen kaiteiden vaurioiden kehitys 2000-luvulla. (Suomen tiesillat 1.1.2010 2010, 71)

Siltojen, kuten muun tienylläpidon rahoitus on ollut alimitoitettua pitkään ja on viime vuosina ollut leikkausten kohteena yleisestä taloustilanteesta johtuen. Perusväylänpidossa joudutaan kehittämään uusia tapoja teiden kunnossapidon kohdistamiseksi mahdollisimman tehokkaasti. Muun muassa vanhaa teiden luokittelua valta- ja kantateihin pitäisi nykyaikaistaa tien todellisen merkityksen arvioimiseksi. (Tompuri 2015.) Samanlaista priorisointia ja toimenpiteiden kohdentamista tehokkaasti sovelletaan myös siltoihin ja tarkemmin myös yksittäisten siltojen rakennesien korjaamiseen.

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Liikennevirasto. Liikennevirasto tilasi selvitystyön Siltanylund Oy:ltä. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää menetelmä, jolla voidaan priorisoida vanhojen sillankaiteiden uusimiskohteita. Tavoitteena on myös tutkia vanhojen DK1-tyyppin korkeiden sillankaiteiden vahvistamista kestämään standardien mukaisen H1-luokitellun sillankaiteen törmäyskestävyysvaatimukset.

Vanhojen sillankaiteiden puutteet ovat nousseet esille uusien sillankaiteiden mitoitusten myötä. Vanhat sillankaidetyyppien suunnitteluperusteet eivät vastaa nykyisin asennettavien yleiseurooppalaisten standardien mukaisten törmäyskestävyysluokiteltujen sillankaiteidentyyppien mitoitusta, joten niistä aiheutuu riskejä liikenteelle. Vanhojen kaiteiden vahvistamista on tutkittu 2000-luvun vaihteessa Liikenneviraston (silloinen Tiehallinto) toimesta ja on todettu törmäyskokeiden ja laskennallisten tarkastelujen jälkeen, että vanhojen sillankaiteiden vahvistaminen ja törmäyskestävyysluokan H1 saavuttaminen on mahdollista tietyin varauksin. Tutkimusten tuloksia on esitelty Vesa Järvisen (2004) väitöskirjassa *Development of Vehicle Parapets with Safe Impact Performance for Bridges*.

Opinnäytetyön tuloksena kehitetään pisteytysmenetelmä, jolla sillankaiteiden uusimiseen varatut määrärahat voidaan kohdentaa mahdollisimman tehokkaasti oikeisiin kohteisiin ja näin pienentää riskiä, jonka vanhat kaiteet aiheuttavat liikenteelle. Pisteytysmenetelmällä laaditaan ELY-keskusalueittain lista yleisten teiden silloista, joiden kaiteet vaativat uusimista. Lisäksi selvitetään edellytyksiä, joilla tyyppiirustusten mukainen vanha korkea sillankaide voitaisiin uusimisen sijaan vahvistaa ja korjata nykyisten törmäyskestävyysvaatimusten mukaisiksi sillankaiteiksi. Opinnäytetyössä myös käsitellään sillankaiteiden vaurioiden korjaamista, josta on olemassa kattava ohjeistus Liikenneviraston sillankorjausohjeissa.

1.3 Käytettävät tutkimusmenetelmät

Sillankaiteiden liikenteelle aiheuttamaa riskiä tutkitaan tarkastelemalla eri kriteereitä, jotka vaikuttavat sillankaiteista liikenteelle muodostuvaan riskiin. Kaiteen osalta tarkasteltavana ovat kaiteen tyyppi, mitat ja vaurioituminen. Siltapaikan osalta tarkastellaan nopeusrajoitusta, liikenneympäristöä, -määriä, tien geometriaa ja alittavan väylän tyyppiä. Priorisoinnissa kriteerejä tarkastellaan Siltarekisteristä saatavien tietojen pohjalta. Priorisoinnissa hyödynnetään myös Siltarekisterissä olevaa Hanketason siltojen hallintajärjestelmää eli Hanke-Sihaa.

Liikenneviraston toimesta on tutkittu vanhojen DK1-tyypin putkipylväskaiteiden vahvistamista yleiseurooppalaisen standardin SFS-EN 1317 mukaiseen H1-törmäyskestävyysluokkaan. Opinnäytetyössä selvitetään edellytyksiä, missä tapa-

uksissa vanhojen kaiteiden korjaaminen ja vahventaminen on mahdollista ja kustannustehokasta kaiteiden uusimiseen verrattuna. Vanhojen kaiteiden vahvistamiskohteille määritetään reunaehtoja liittyen vanhoihin rakenteisiin ja niiden kuntoon, siltapaikan liikenneympäristöön ja kustannuksiin verrattuna sillankaiteiden uusimiseen. Reunaehtojen soveltamista käytäntöön tutkitaan esimerkkikohteiden avulla.

2 SUOMESSA KÄYTETYT TYYPISILLANKAITEET

Suomessa on julkaistu Liikenneviraston ja sitä edeltäneiden virastojen toimesta tyyppi- ja mallipiirustussarjoja siltojen eri osista. Tyyppi- ja mallipiirustuksissa esitetään vähimmäisvaatimukset täyttävä ratkaisu esimerkiksi kaiteista ja kuivatuslaitteista. Valmistamalla tyyppi- ja mallipiirustusten mukaisia rakenteita ei urakoitsijan tarvitse erikseen todistaa niiden kestävyyttä ja toimivuutta. Myös kokonaisista silloista on tehty tyyppi- ja mallipiirustuksia, joissa on esitetty valmiita siltaratkaisuja erilaisilla rakennemateriaaleilla ja mittavaatimuksilla. Ensimmäiset tyyppi- tai normaalisiltojen tyyppi- ja mallipiirustukset on tehty 1910-luvulla (Liikennevirasto 4.3.2015). Nykyisin kokonaisten siltojen tyyppi- ja mallipiirustukset ovat vähentyneet, koska sillat ovat geometrialtaan monimuotoisempia kuin ennen ja ne suunnitellaan ja mitoitetaan tapauskohtaisesti.

2.1 Teräksiset tyyppisillankaiteet

1910- ja 1920-luvuilla tehdyissä ensimmäisissä normaalisiltojen piirustuksissa on esitetty myös sillankaiteen tekeminen puusta tai teräksestä. Ensimmäiset teräksiset sillankaiteet on valmistettu L-kulmateräsprofiilista niittaamalla ja kaide on kiinnitetty kannen sivu- tai alapintaan pulttikiinnityksenä. (Liikennevirasto 4.3.2015.)

Ensimmäiset varsinaiset teräksisen sillankaiteen tyyppi- ja mallipiirustukset ovat vuodelta 1945. Kaide on tyypiltään teräksinen ajotiekaide betonikantiselle sillalle (BE). (Liikennevirasto 4.3.2015.) Kaide on koottu L-kulmateräsprofiilia olevista osista, myös kaiteen pylväs on kulmateräsprofiilista tehty. Kaidetyypistä on myös piirustukset ajojohteella varustettuna ja säleellinen versio kevyenliikenteenväylälle vuodelta 1953. Kaidepylväs on kiinnitetty sillan kanteen pultatuilla kulmateräksillä. Kaiteen korkeus ajoradan pinnasta on 1100 mm. (Tie- ja vesirakennushallitus 3.11.1945.)

Vuonna 1958 on julkaistu tyyppi- ja mallipiirustus DK/3, jossa BE-tyypin kaide on kiinnitetty valukiinnityksellä reunapalkkiin ja varustettu ajojohteella (Liikennevirasto 4.3.2015). Kulmateräsprofiilista 65x100x9 tehtyä kaidepylvästä varten kanteen ja reunakaistaan on jätetty varaus, johon kaidepylväs on valettu (Tie- ja vesirakennushallitus 29.3.1958). Kulmateräsprofiilista tehtyjä kaidepylväitä on asennettu 1960-luvulle asti. Tällaiset kaiteet ovat törmäyskestävyydeltään erittäin huonoja

verrattuna DK1- ja H2-tyyppin kaiteisiin. (SILKO 2.311, 2.) Kuviossa 4 on tyyppi-
rustuksen DK/3 mukainen kulmateräskaide.

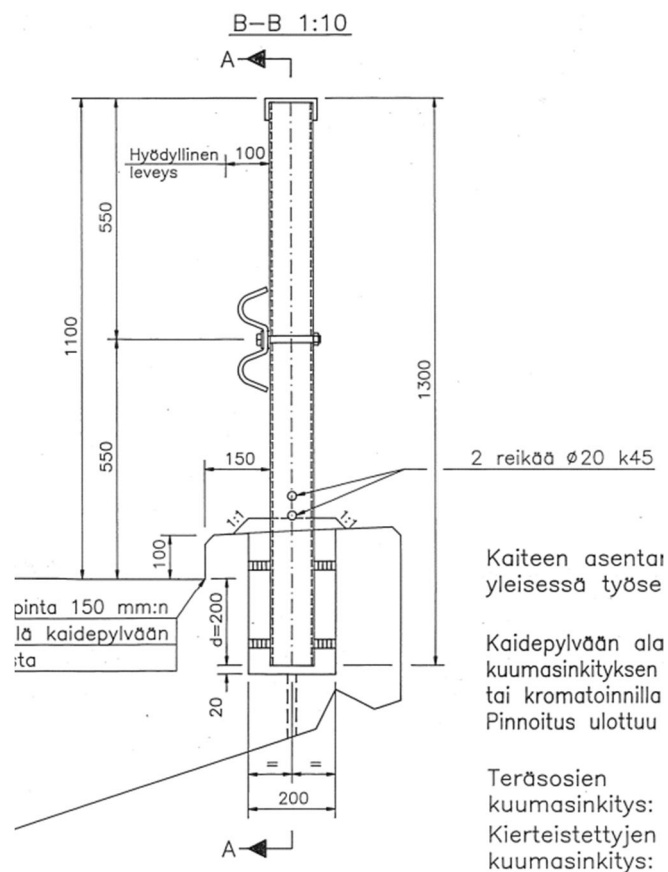


Kuvio 4 Uppokiinnitetty kulmateräsprofiilista niittiliitoksin tehty sillankaide Ounasjo-
en salmen sillalla.
(Siltakuvat 2015)

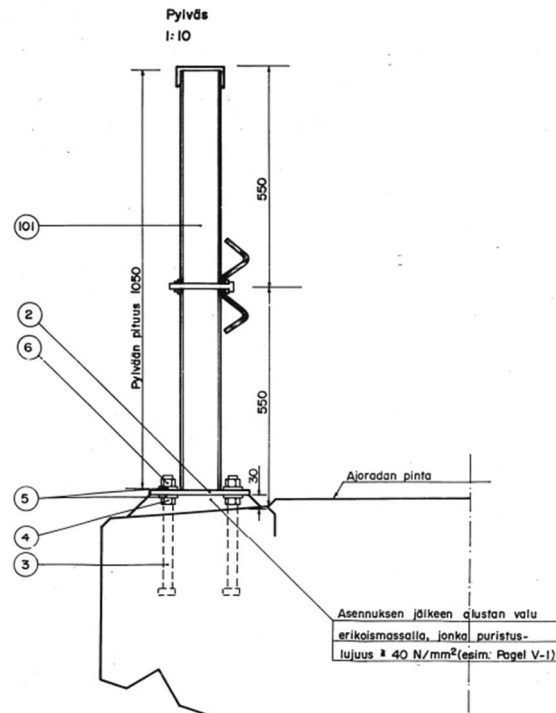
1965 julkaistuissa DK-tyyppin sillankaiteen tyyppiirustuksissa on käytetty pylväinä joko suorakaideputkiprofiilia P101,6x76,2x6,3 tai kahdesta kulmateräsprofiilista tehtyä umpinaista pylvästä (Tie- ja vesirakennushallitus 11.12.1964). 1978 julkais-
tussa ensimmäisessä DK1-tyyppin korkean sillankaiteen tyyppiirustuksessa sil-
lankaiteissa alettiin käyttää pylväänä P100x80x5 suorakaideputkiprofiilia, joka
kiinnitettiin päällysrakenteeseen valu- eli upotuskiinnityksellä tai pulttikiinnityksellä.
Eri liitostyypit on esitetty kuvioissa 5 ja 6. Aiemmin kaiteiden osien liitokset oli tehty
niittaamalla, mutta nyt käyttöön tulivat pultti- ja hitsausliitokset. Tämän tyyppinen
korkea sillankaide on ollut käytössä tyyppiirustusten pienin päivityksin aina 2000-
luvun alkuun asti. Tyyppiirustuksissa on esitetty tippureiän teko kaidepylvään
alapäähän kaidepylvään sisälle kertyvän veden pois johtamiseksi. Osassa kaiteita
vedenpoisto on tehty vedenpoistoreiällä kaidepylvään juuressa. Johteena kaitees-

sa on W 230/5 -siltajohde. Välijohteet ovat tehty teräksisestä kulmaprofiilista. (Tie- ja vesirakennushallitus 30.1.1978.) Viimeisimmät DK 1 korkean sillan kaiteen tyyppiirustukset on julkaistu vuonna 2001. DK 1-sillankaiteen tyyppiirustus on työn liitteenä 1.

Kaiteesta on ollut myös matala versio DK2, jota on käytetty teillä, joilla kevyt liikenne on kielletty tai vähäistä. Kaide on käytännössä jatkanut pengerkaiteen yhtenäisenä sillan yli. Matalaan sillankaiteeseen on tehty myös tyyppiirustus korotusosan tekemisestä kevyttä liikennettä varten, jos kevyen liikenteen määrä on siltapaikalla kasvanut tai se on sallittu myöhemmin. (Liikennevirasto 4.3.2015.)

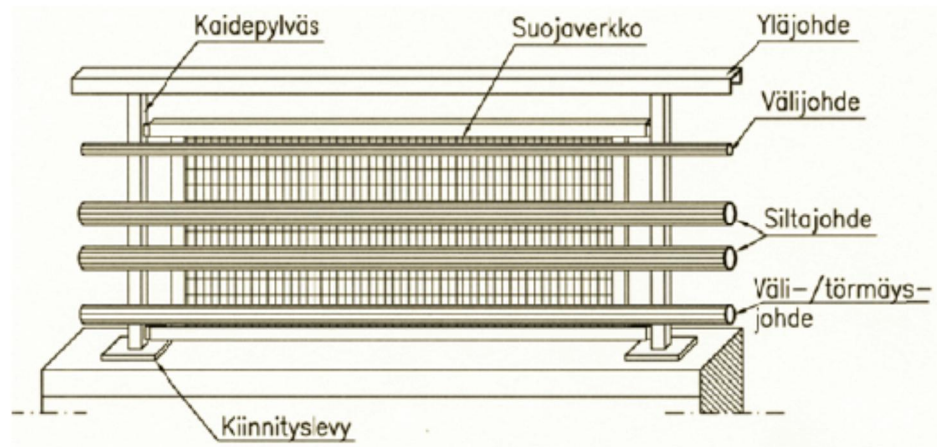


Kuvio 5. Korkean sillankaiteen kiinnitys korkeaan reunapalkkiin uppokiinnityksenä. (Tielaitos 25.9.1992)



Kuvio 6. Korkean sillankaiteen kiinnitys matalaan reunapalkkiin pulttikiinnityksenä. (Tie- ja vesirakennushallitus 9.4.1979)

Vuonna 2004 on julkaistu ensimmäinen tyyppiirustussarja yleiseurooppalaisen standardin SFS-EN 1317 mukaisesta TIEH H2 -sillankaiteesta. Nimensä mukaisesti kaide täyttää testatusti standardin mukaisen H2-luokan törmäyskestävyysvaatimukset. Tyyppiirustussarjaa on täydennetty vuosien saatossa lisäämällä turvallisuutta parantavia johteita sekä standardien muuttuessa. Viimeisin Liikenneviraston ohje sillankaiteista on julkaistu 2012. TIEH H2 -sillankaiteessa pylväänä on suorakaiteen muotoinen terästanko 50x60. Kaide on lähtökohtaisesti harva kaide eli varustettuna vain siltajohteella, joka on tehty kahdesta teräsputkiprofiilista P88,9x4. (Liikennevirasto 31.12.2012.) Lyhyillä silloilla voi tapauskohtaisesti käyttää siltajohdetta W240/5. Jos sillalla on sallittu myös kevyt liikenne, varustetaan kaide välijohteilla eli kaidepylvään ylä- ja alaosaan tulevilla teräsputkijohteilla. Jos sillassa on matala reunapalkki eli reunapalkki on ajoradan pinnan tasossa tai sen alapuolella, varustetaan sillan kaide kahdella alemmalla törmäysjohteella. (Siltojen kaiteet 2012, 10, 27, 29.) Kahden alemman törmäysjohteen käyttö on täydennetty tyyppiirustussarjaan vuonna 2012, jolloin tyyppiirustukset päivitettiin uusimman Liikenneviraston *Siltojen kaiteet* -ohjeen (2012) mukaiseksi (Liikennevirasto 31.12.2012). Oheisessa kuviossa 7 on esitetty tiheän TIEH H2 -sillankaiteen kuva 2-putkijohteella. TIEH H2 -sillankaide kiinnitetään reunapalkkiin pulttikiinnityksellä.



Kuvio 7. Tiheän H2-sillankaiteen kuva.
(Siltojen kaiteet 2012, 6)

Lisäksi sillankaiteisiin asennetaan varusteina säleikköjä, suojaverkkoja, vuosiluku-laatta ja ratojen ylikulkusilloilla kosketussuojaseinä tai -lippa. Suojaverkot estävät auraslumen putoamisen, jos sillan alitse kulkee liikenneväylä. Kosketussuojaseinämät estävät putoamisen tai kosketuksiin joutumisen radan sähköjohtoille. (Siltojen kaiteet 2012, 10–11.) Näiden varusteiden käytöstä on määrätty Liikenneviraston ohjeessa *Siltojen kaiteet* (2012). Lisäksi varusteista ja niiden kiinnityksestä sillankaiteeseen on olemassa Liikenneviraston tyyppiirustukset.

2.2 Muut sillankaidetyypit

Edellä esitettyjen teräksisten tyyppisillankaiteiden lisäksi silloilla on käytetty puukaiteita, betonisia melukaiteita ja erilaisia sovelluksia teräksisistä sillankaiteista (Liikennevirasto 4.3.2015.) Puukaiteista on ajoneuvoliikenteen silloilla pyritty pääsemään eroon uusimalla ne järjestelmällisesti teräsrakenteisiksi, lukuun ottamatta museosillojen kaiteita (Sillantarkastuskäsikirja 2013, 60.) Puukaiteiden osuus onkin Liikenneviraston tiesilloilla jo hyvin pieni.

Lisäksi on valmistettu tyyppiirustusten rakenteista poikkeavia sillankaiteita teräksestä. Silloilla on myös erilaisia betoni- tai kivipylyväillä toteutettuja kaiteita. Silloille on myös tehty erinäisiä arkkitehtuurillisia erikoiskaiteita merkittäville siltapaikoille.

2.3 Sillankaiteiden vaatimukset

Liikenneviraston ohjeessa *Siltojen kaiteet* (2012) esitetään vaatimukset siltojen kaiteiden törmäyskestävyydelle. Törmäyskestävyys varmistetaan törmäyskokeissa. Ajoneuvoliikenteen kaiteita koskevien törmäyskokeiden vaatimukset on määritetty yleiseurooppalaisissa standardeissa, jotka on vahvistettu suomalaisiksi kansallisiksi standardeiksi SFS-EN 1317-1 ja -2. Kaiteiden valmistamisesta ja asennuksesta on määrätty kansallisissa standardeissa ja InfraRYL:ssä. Liikenneviraston urakoissa veloitetaan noudattamaan standardeja ja InfraRYL:in vaatimuksia. Osoituksena tästä uusien sillankaiteiden tulee olla varustettu CE-merkinnällä standardin SFS-EN 1317-5 mukaisesti. (*Siltojen kaiteet* 2012, 8-9,12.)

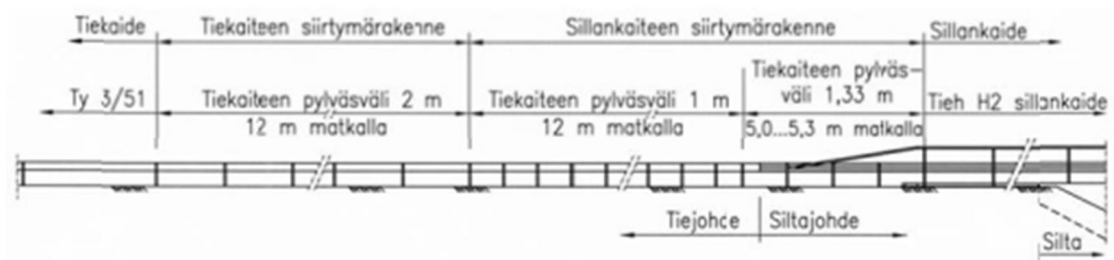
Eurooppalaisen standardin mukaiset kaiteiden törmäyskestävyysluokat ja -testien vaatimukset on esitetty taulukossa 2. Normaalin vaatimustason törmäyskestävyysluokat N1 ja N2 ovat käytössä tiekaiteille. Korkean vaatimustason törmäyskestävyysluokat H1-H4 ovat käytössä ajoneuvoliikenteen silloilla. H2-luokan sillankaiteita käytetään lähtökohtaisesti Liikenneviraston ajoneuvoliikenteen silloilla uudis- ja korjausrakentamiskohteissa. H3- tai H4-luokan kaiteita voidaan määrätä käytettäväksi yksittäisissä erikoiskohteissa, joissa vaaditaan sillankaiteilta erityistä kestävyttä. (*Siltojen kaiteet* 2012, 11.)

Kaiteen kestävyden ja ajoneuvon tiellä pysymisen lisäksi törmäystestissä mitataan kevyen ajoneuvon kuljettajanukkeeseen kiinnitetyillä antureilla henkilön käyttäytymistä auton sisällä törmäystilanteessa. Tarkasteltaville törmäyksen vakavuutta kuvaaville indekseille on annettu raja-arvot standardeissa SFS-EN 1317-1 ja -2. (Tirkkonen 16.3.2014, 5)

Taulukko 2. Ajoneuvoliikenteen kaiteiden törmäyskestävyysluokat ja törmäystausmenetelmät
(Siltojen kaiteet 2012, 8)

Törmäyskestävyysluokka	Törmäysnopeus [km/h]	Törmäysmassa [kg]	Törmäyskulma [°]	Törmäysajoneuvo
N1	80	1 500	20	henkilöauto
N2	100	900	20	henkilöauto
	110	1 500	20	henkilöauto
H1	100	900	20	henkilöauto
	70	10 000	15	kuorma-auto
H2	100	900	20	henkilöauto
	70	13 000	20	linja-auto
H3	100	900	20	henkilöauto
	80	16 000	20	kuorma-auto
H4a	100	900	20	henkilöauto
	65	30 000	20	kuorma-auto
H4b	100	900	20	henkilöauto
	65	38 000	20	ajoneuvoyhdistelmä

Törmäyskestävyysluokkien vaatimusten lisäksi sillankaiteille on annettu vaatimuksia koskien toiminnallisia ominaisuuksia, materiaaleja, mittoja, pintakäsittelyä ja läpinäkyvyyttä. Sillankaiteen yhdistyminen tiekaiteeseen tehdään erillisellä siirtymärakenteella, jolla silta- ja tiekaiteen jäykkyyden välinen erotus saadaan jaettua pidemmälle matkalle. Siirtymärakenteella kaidepylväiden jako kasvatetaan 1 metristä tiekaiteen 4 metrin pylväsjakoon noin 30 metrin matkalla sillankaiteen päätymisestä. (Siltojen kaiteet 2012, 15.) Esimerkki siirtymärakenteen toteuttamisesta on esitetty kuviossa 8. Vanhoissa sillankaiteissa siirtymärakenteet ovat lyhempiä tai puuttuvat kokonaan. Myös sillankaiteen päässä olevat päätyviisteet on aikaisemmin korvattu betonisilla ukkopylväillä.



Kuvio 8. Siirtymärakenne TIEH H2 -sillankaiteen ja Ty3/51-tiekaiteen liitoksessa.
(Siltojen kaiteet 2012, 15)

3 VANHOJEN SILLANKAITEIDEN RISKILUOKITTELU

3.1 Luokittelukriteerit

Sillankaiteen tehtävänä on taata sillan kaikille ylittäjille ja alittajille turvallisen liikumisen sillan kohdalla (Siltojen kaiteet 2012, 6). Sillankaiteille asetetut vaatimukset ovat muuttuneet liikenteen ja liikenneympäristön muuttumisen myötä. 1960-luvulla turvallisesti koettu kaide ei nykyiselle liikenteelle olekaan enää turvallinen ja täytyä yleiseurooppalaisten standardien vaatimuksia. Lisäksi sillankaiteiden kunto on vuosien myötä heikentynyt vaurioitumisen ja ikääntymisen seurauksena, koska sillasto vanhenee.

Tässä luvussa esitellään menetelmä riskirakenteiden tunnistamiseksi Liikenneviraston tiesiltojen kaiteissa. Koska Liikennevirastolla ja ELY-keskuksilla ei ole resursseja uusida kaikkia sillankaiteita standardien mukaisiksi törmäystestatuiksi kaiteiksi, täytyy jossakin tapauksissa hyväksyä vanha sillankaide, jos sen aiheuttama riski liikenteelle on pieni. On myös arvioitava, voidaanko parantamalla vanhan kaiteen ominaisuuksia ja korjaamalla vaurioita nostaa sillan turvallisuustasoa kustannustehokkaasti.

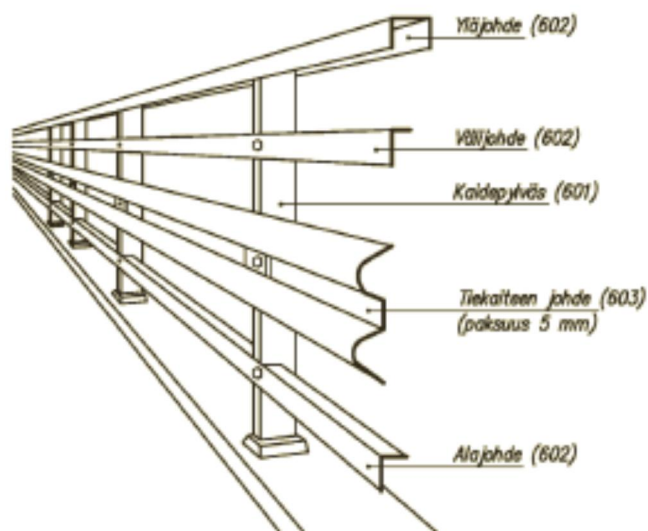
Sillankaiteen liikenteelle aiheuttamaan turvallisuusriskiin vaikuttaa kaiteen ominaisuuksien lisäksi myös sillan liikenneympäristö, tien geometria ja sillan alittavan väylän tyyppi. On myös otettava huomioon kustannusten ero sillankaiteen uusimisen ja korjaamisen välillä. Seuraavissa kappaleissa on käsitelty tarkemmin eri kriteerejä, joilla sillankaiteen aiheuttamaa riskiä voidaan mitata.

3.1.1 Sillankaiteiden vaurioituminen

Vanhan sillankaiteen kestävyys kannalta merkityksellistä on kaiteen vaurioituminen. Sillankaiteiden yleisin vaurio on ruostuminen. Etenkin teillä, joiden kunnossapidossa käytetään suolausta, ovat sillankaiteiden pylvääet raskaassa kemiallisessa ja kosteusrasituksessa. Ajan kuluessa kaiteisiin tulee vääjäämättä korrosiovaurioita, jotka heikentävät kaiteen kestävyyttä. Toinen merkittävä vaurioi-

tumistapa on ajoneuvojen, varsinkin kunnossapitokaluston aiheuttamat törmäysvauriot. (SILKO 2.311, 2004, 1.)

Sillantarkastuskäsikirjan (2013) taulukoissa 16 ja 17 esitetään jaottelu, jolla sillankaiteiden vauriokirjaukset tulee tehdä Siltarekisteriin. Kuten luvussa 1 on mainittu, vauriot luokitellaan vakavuuden mukaan vaurioluokkiin 1–4. Sillankaiteiden vaurioluokitukset perustuvat sekä toiminnallisiin puutteisiin että vaurioihin. Kaiteiden 3 ja 4 vaurioluokan vauriomerkinnot edellyttävät korjaustoimenpiteenä pääosin kaiteiden uusimista. (Sillantarkastuskäsikirja 2013, 60–62.) Kaiteiden vauriot kirjataan Siltarekisteriin myös rakenneosittain. Oheisessa kuvassa 9 on esitetty kaiteen osien nimitykset ja numerointi Sillantarkastuskäsikirjan mukaisesti. Koko kaiderakennetta käsitellään päärakennelosana numerolla 600 (Sillantarkastuskäsikirja 2013, liite1, 3).



Kuvio 9. Sillankaiteen vaurioiden kohdistaminen eri rakenneosiin Sillantarkastuskäsikirjan mukaisesti. (Sillantarkastuskäsikirja 2013, liite 2, 6)

Kaiteen vaurioiden vakavuuden lisäksi otetaan huomioon myös vaurion korjaamisen kiireellisyys. Siltarekisteristä löytyy tarkastusten perusteella kirjattu vaurion kiireellisyysluokka. Kiireellisyysluokat ovat kirjattuna tunnuksilla 10...14. Kiireellisyysluokkien määrittäminen on esitetty oheisessa taulukossa 3.

Taulukko 3. Sillan vaurioiden korjaamisen kiireellisyysluokat.
(Sillantarkastuskäsikirja 2013, liite 1, 12)

11. Kiireellisyysluokka	
10	Korjataan heti
11	Korjataan 2 vuoden kuluessa
12	Korjataan 4 vuoden kuluessa
13	Korjataan myöhemmin
14	Ei korjata ollenkaan

Hanketason siltojen hallintajärjestelmä eli Hanke-Siha on Liikenneviraston ylläpitämä apuväline korjaus- ja uusimistarpeessa olevien siltojen etsimiseen Siltarekisteristä ja siltojen ylläpidon toimenpideohjelmien laatimiseen. Hanke-Sihalla voidaan tehdä ja ylläpitää hankekoreja ELY-keskusten korjattavista ja uusittavista silloista. Hanke-Sihalla voidaan laatia toimenpideohjelmiä joko tehtyjen hankekori- en silloista tai halutulla rajauksella määritetystä joukosta siltoja. Toimenpideohjel- mien laatiminen perustuu pisteytyksiin korjaustarveindeksin, uusimistarveindeksin sekä vauriopistesummien perusteella. Lisäksi voidaan huomioida annetut budjetti- rajoitukset. Toimenpideohjelmat laaditaan erikseen uusittavista ja korjattavista sil- loista. Uusittavat sillat käsittävät myös peruskorjattavat sillat. Hanke-Sihassa on myös sillan nykyistä ja tulevaisuuden kuntoa mallintava rappeutumis- ja toimenpi- demalleihin perustuva ominaisuus. (Söderqvist, Kähkönen & Kettunen 2010.)

Hanke-Sihan toimenpideohjelmaa hyödynnetään tässä opinnäytetyössä tehtäväs- sä vanhojen sillankaiteiden uusimisen priorisoinnissa. Siltojen priorisointi kaitei- den uusimisen perusteella tehdään toimenpideohjelmana, joka aloitetaan tekemäl- lä Hanke-Sihaan pisteytysmenetelmä. Pisteytysmenetelmä tehdään korjaustar- veindeksiin pohjautuvaksi. Uusimistarveindeksillä (UTI) kartoitetaan uusittavia sil- toja kunnon, kantavuuden ja toiminnallisuuden perusteella, joten se ei sovellu yk- sittäisten rakenneosien perusteella tehtävään korjaustarpeiden tarkasteluun.

Korjaustarveindeksin eli KTI:n laskentakaava on

$$KTI = KVL\text{-kerroin} \times \text{Max}_i (\text{rakenneosan kuntopisteet}_i \times \text{kiireellisyyspisteet}_i \times \text{vaurioluokkapisteet}_i) + k \times \sum_j \text{j} \neq \text{j}_{\text{max}} (\text{rakenneosan kuntopisteet}_j \times \text{kiireellisyyspisteet}_j \times \text{vaurioluokkapisteet}_j) \quad (1)$$

missä

KVL-kerroin on liikennemäärän perusteella annettu kerroin

Max_i on pahimman vaurion pisteet

k on pisteytyskerroin muille, kuin pahimmalle vauriolle

\sum_j on muiden kuin pahimman vaurion pisteiden summa.

(Söderqvist, Kähkönen & Kettunen 2010.)

Hanke-Sihaan tehdyt pisteytykset löytyvät tietokannasta, joten tehtyjä pisteytyksiä voidaan käyttää myös tulevaisuudessa. Hanke-Sihan pisteytys muodostetaan antamalla painokertoimet kuviossa 10 esitetyille rakenneosille. Rakenneosista Hanke-Sihan korjaustarveindeksin laskenta ottaa kaavan (1) mukaisesti huomioon rakenneosan kuntoarvion, vaurion kiireellisyyden ja vaurioluokan. Näille kaikille on annettu pisteet oheisten taulukoiden 4–6 mukaisesti. Pisteytyksessä painotetaan vakavampia ja kiireellisemmin korjattavia vaurioita. Edellä mainitut pisteet ovat muokattavissa tehtäessä uutta pisteytystä Hanke-Sihaan. Liikenneviraston virallisessa TIEH-nimisessä KTI-pisteytyksessä käytetään pisteytyskerrointa 0,2 muille paitsi pahimmalle vauriolle. Kuviossa 10 on esitetty Liikenneviraston virallisen KTI-pisteytyksen kaikki kertoimet Hanke-Sihan pisteytysnäkyvässä. Kunto-, vaurio- ja kiireellisyysluokkien määritelmät on esitetty taulukoissa 4–6.

Hanke-Siha - [Pisteytys]

Perus Tietoryhmät Toiminnot Siltarekisteri Ohjeet

Laatija HS Laitimispvm 22.8.2000 Muutospvm Tietokanta SRTUO Pvm 10.2.2015 Käyttäjä VKE

UTI-pisteet KTI-pisteet VPS-pisteet Rak.kust.indeksi

Hankekori Nimi **TIEH** Kuvaus Tiehallinnon viralliset KTI-pisteet

Pisteytyskerroin 0.20

Painokertoimet

Alusrakenne	100
Reunapalkki	100
Muu päällysrak.	100
Päällyste	100
Muu pintarak.	100
Kaiteet	100
Liikuntasaumal.	100
Muut varusteet	100
Siltapaikka	100

Liikennemääräkertoimet

KVL<=350	0,85
350-1500	0,90
1500-3000	1,00
3000-6000	1,10
>6000	1,15

Vaurion pisteet

Rakennesan kuntoarvio	Vaurion kiireellisyys	Vaurioluokka			
0	1	10	10,0	1	1
1	2	11	10,0	2	2
2	4	12	5,0	3	4
3	7	13	1,0	4	7
4	11	14	0,0		

Kysely Lisää Poista Tallenna Lopeta

Tietue: 1/?

Kuvio 10. Hanke-Sihan oletuspisteytys korjaustarveindeksin laskennassa. (Hanke-Siha 2015)

Koska kaiteiden priorisointipisteytyksessä halutaan kohdistaa huomio sillankaiteiden ja reunapalkin vaurioihin, annetaan kaiteille painokertoimeksi 100 ja kaikille muille rakenneosille paitsi reunapalkeille 0. Reunapalkeille annettavaa kerrointa tarkastellaan koepisteytysten teon yhteydessä, ettei reunapalkin vaurioista tule liian määrääviä.

Taulukko 4. Hanke-Sihan mukainen pisteytys rakenneosaryhmän kuntoarviolle. (Söderqvist, Kähkönen & Kettunen 2010)

Rakenneosaryhmän kuntoarvio	Pisteet
0 = Uuden veroinen	1 p
1 = Hyvä	2 p
2 = Välttävä	4 p
3 = Huono	7 p
4 = Erittäin huono	11 p

Taulukko 5. Hanke-Sihan mukainen pisteytys vaurion korjaamisen kiireellisyydelle. (Söderqvist, Kähkönen & Kettunen 2010)

Vaurion korjauksen kiireellisyys	Pisteet
10 = korjataan heti	10 p
11 = korjataan 2 vuoden kuluessa	10 p
12 = korjataan 4 vuoden kuluessa	5 p
13 = korjataan myöhemmin	1 p
14 = Ei korjata ollenkaan	0 p

Taulukko 6 Hanke-Sihan mukainen pisteytys rakenneosan vaurioluokalle. (Söderqvist, Kähkönen & Kettunen 2010)

Vaurioluokka	Pisteet
1 = Lievä	1 p
2 = Merkittävä	2 p
3 = Vakava	4 p
4 = Erittäin vakava	7 p

Hanke-Sihalla tehtyä pisteytystä jatketaan tässä opinnäytetyössä kehitettävässä Excel-tilauksessa kaiteiden liikenteelle aiheuttamien riskitekijöiden pisteyttämisellä. Tiedot voidaan siirtää suoraan Excel-tilaukseen Hanke-Sihan Raportin tulostus-toiminnolla. Pisteytystä täydennetään hakemalla Siltarekisteristä toimenpideohjelmaraportin siltojen riskipisteytystä varten tarvittavat muut tiedot. Hanke-Sihasta saatu priorisoitu lista sillankaiteiden uusimiskohteista perustuu kaiteiden vaurioitumiseen ja sillan liikennemäärään, joiden lisäksi erityisesti kaidetyyppi ja nopeusrajoitus vaikuttavat kaiteiden liikenteelle aiheuttamaan riskiin.

3.1.2 Vanhan sillankaiteen kaidetyyppi

Edellä luvussa 2 on esitetty vanhat tyyppiin perustuvien sillankaiteiden mukaiset sillankaiteet. Silta- rekisterin tiedoissa on ilmoitettu sillankaiteen tyyppi sillan perustiedoissa. Sillankai- teista suurimman riskin liikenteelle törmäystilanteessa muodostavat kulmateräs- profiilipylväillä olevat vanhat sillankaiteet. Nämä kaiteet ovat uusittavia, koska nii- den törmäyskestävyys on käytännössä hyvin vähäinen. Kaiteiden riskipisteityk- sessä suurimmat pisteet saavatkin kulmateräs- tai puukaiteet. Silta- rekisterin tie- doissa sillan kulmateräskaide on ilmoitettu tarkastuskommenttikentässä (Sillantar- kastuskäsikirja 2013, liite 1, 11). Lisäksi kulmateräskaide ja puukaide kirjataan tar- kastuksessa vaurioluokkaan 3 (Sillantarkastuskäsikirja 2013, 60). Puukaiteet ja erilaiset yksittäiset kaideratkaisut ovat lähtökohtaisesti uusittavia ja saavat näin ollen myös suuret riskipisteet. Niiden ominaisuudet törmäystilanteessa voivat olla ennalta arvaamattomat ja niiden kestävyyttä ja myötäämistä on mahdoton arvioi- da.

Hanke-Sihan toimenpideohjelman pisteytyksessä kulmateräskaiteiden pitäisi nous- ta uusittavien kaiteiden listan kärkipäähän vaurioluokan perusteella. Tavoite on, että lopullisessa priorisoidussa listassa kaiteiden uusimiskohteista ovat listauksen yläpäässä kaikki ELY-keskusalueen sillat, joilla on kulmateräs- tai puukaide tai jokin muu väärä kaidetyyppi. Lopullista Excel-pohjalla tehtävää riskipisteitystä laadittaessa katsotaan myös sillan tarkastuskommentit, jotta väärän rakennetyypin kaiteet löydettäisiin mahdollisimman hyvin. Excel-taulukon riskipisteityksessä eri- tellään, onko sillan kaiteissa väärä rakennetyyppi, eli kulmateräs- tai puukaiteet, muut virheelliset kaiderakenteet, liian matala kaide tai korkea sillankaide. Uusi standardien mukainen TIEH H2 -sillankaide ei ole liikenteelle riskitekijä, joten riski- pisteityksessä sellainen saa nolla pistettä.

3.1.3 Liikenneympäristö

Sillankaiteiden tienkäyttäjille aiheuttamaan riskiin vaikuttaa suuresti liikenneympä- ristö, jossa silta sijaitsee. Sekä ylittävän että alittavan väylän suuri liikennemäärä kasvattaa todennäköisyyttä, että osallisten määrä onnettomuustilanteessa on suu- rempi. Esimerkiksi alittavalle moottoritille tai vilkkaalle kadulle putoava rekka ai-

heuttaa todennäköisesti paljon vahinkoa verrattuna moottoritien alittavalle paikallistielle putoavan rekan aiheuttamaan vahinkoon.

Sillan liikennemäärä huomioidaan Hanke-Sihan toimenpideohjelman korjaustarveindeksin laskennassa kaavassa 1 kuvion 10 mukaisilla kertoimilla. Liikennemäärän vaikutusta ei oteta erikseen huomioon riskipisteytyksessä, vaan se tulee mukaan korjaustarveindeksin kautta. Toki tien hoitoluokasta voidaan myös päätellä liikenteen määrää.

Riskipisteytyksessä huomioidaan ylittävän ja mahdollisen alittavan väylän tien numero, sekä ylittävän väylän nopeusrajoitus. Nämä kaikki tiedot löytyvät Siltarekisteristä sillan perustiedoista. Tien numero kertoo tien luokituksen. Pienimmillä tienumeroilla on varustettu tieverkon päätiet eli valtatie. Suuremmilla numeroilla ovat kantatiet, maantiet, seututiet ja yhdystiet. (Liikennevirasto 12.6.2014.) Näin saadaan huomioitua tien luokituksen merkitys riskin arvioinnissa ja saadaan priorisoitua päätiestön sillat esiin.

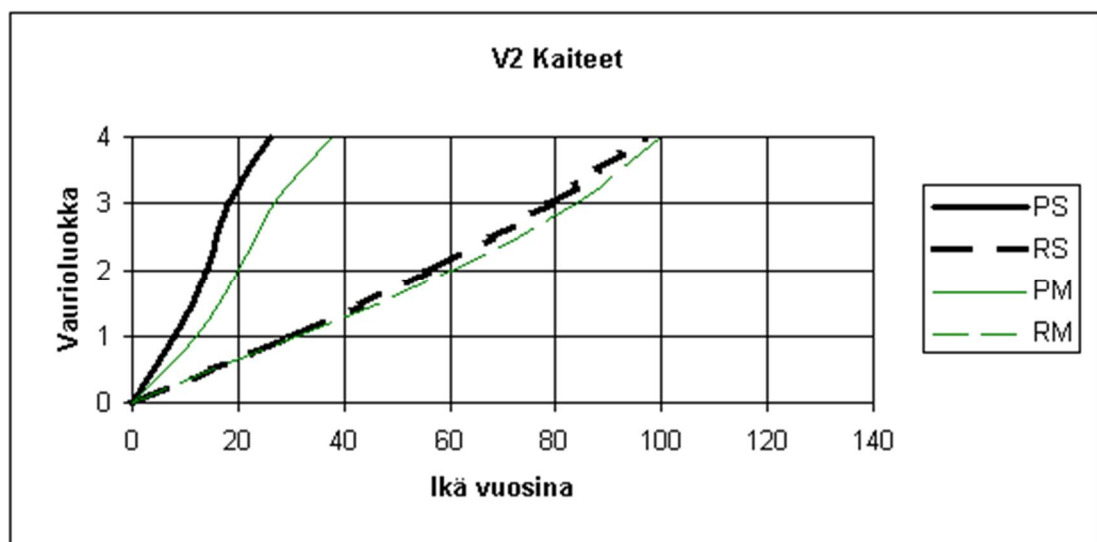
Tien luokituksen lisäksi siltapaikan ympäristö vaikuttaa sillan merkitykseen. Kaupungissa liikennettä on enemmän kuin maaseudulla, mutta nopeusrajoitukset ovat toisaalta pienempiä. Suuremman liikennemäärän vuoksi todennäköisiä törmäyksiä kaiteisiin tulee kuitenkin enemmän. Kaupunki- ja taajama-alueilla on myös enemmän alikulku- ja risteyssilloja. Erillisenä liikenneympäristönä pisteytyksessä huomioidaan myös ylikulkusillat eli sillat, joiden alitse kulkee junarata.

Sillan ympäristöstä kertovia tietoja Siltarekisterissä ovat sillan ympäristörasitus ja käyttötarkoitus. Käyttötarkoitus on esitetty Siltarekisterissä sillan perustiedoissa, esimerkiksi vesistösilta, risteyssilta tai ylikulkusilta. (Siltarekisterin peruskurssi 7.-8.2.2012) Riskipisteytyksessä huomioidaan sillan käyttötarkoitus.

Sillankaiteen vaurioitumisen ennakoimiseksi riskipisteytysmenetelmässä otetaan huomioon myös tien talvihoitoluokka, joka kertoo sillan rakenteisiin kohdistuvasta kloridirasituksesta. Talvihoitoluokissa Isk, Is ja I tie pidetään sulana talvella käyttämällä suolausta jatkuvasti. Talvihoitoluokissa Ib ja TIb suolausta käytetään ajoittain tien sulana pitämiseen. Talvihoitoluokissa II ja III kloridirasitusta sillan rakenteille ei tule. (Sillantarkastuskäsikirja 2013, 90 taulukko 2.)

Hanke-Sihasta löytyy asiantuntijakyselyihin perustuvia kuvaajia sillan rakenneosien vauriokehityksestä. Hanke-Sihan siltojen kunnon ennustaminen perustuu juuri näihin kuvaajiin. Ohessa sillankaiteiden vaurioitumista kuvaava kuvio 11, jossa

- PS on pintakäsittelyn vaurioituminen suolatulla tiellä
- RS on kaiderakenteen vaurioituminen suolatulla tiellä
- PM on pintakäsittelyn vaurioituminen muulla tiellä
- RM on kaiteen rakenteellinen vaurioituminen muulla tiellä. (Söderqvist, Kähkönen & Kettunen 2010.)



Kuvio 11. Siltojen kaiteiden vaurioitumisen kehitys. (Söderqvist, Kähkönen & Kettunen 2010)

Kuten kuvaajasta voidaan nähdä, tien suolaamisella on suuri vaikutus kaiteiden vaurioitumiseen, erityisesti ruostumiseen. Rakenteellisten vaurioiden kehittymiseen suolaaminen vaikuttaa vähemmän kuin pintakäsittelyn vaurioiden kehittymiseen. Toisaalta pintakäsittelyn vauriot johtavat korjaamattomina rakenteellisiin vaurioihin.

3.1.4 Sillankaiteiden uusimisen kustannukset

Sillankaiteen uusiminen oletetaan kustannusarviossa tehtävän Liikenneviraston sillankorjaus eli SILKO-ohjeen 2.311 (2004) mukaisesti. Vanha uppokinnitetty pyl-

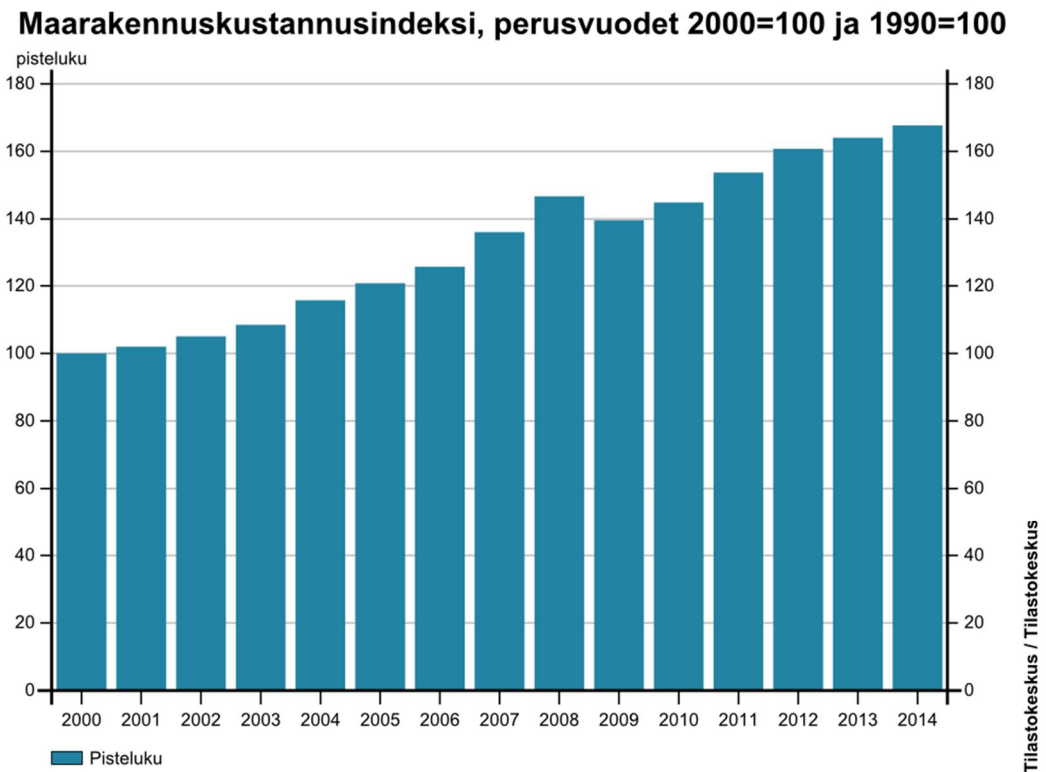
väs katkaistaan noin 20 mm syvyydeltä. Pylvään kohdalle asennetaan uusi TIEH H2 -tyyppiinustussarjan mukainen kaidepylväs pulttikiinnitteisenä. Uuden pylvään alustavalu peittää vanhan pylvään juuren. (SILKO 2.311 2004, 5-7.) Näin menetellään tapauksissa, joissa uusitaan vain sillankaide eikä sillan reunapalkkia.

Sillan kaiteiden päihin on aina 1970-luvulle asti tehty betonista ukkopylväät. Nämä raudoitetut sillankaiteen korkuiset teräsbetoniset tai umpikiviset pylväät ovat vaarallisia törmäystilanteissa joustamattomuutensa takia ja aiheuttavat kaiteeseen epäjatkuvuuskohdan. Ukkopylväät ovat usein pahoin rapautuneita ja puretaan järjestelmällisesti pois sillankaiteiden uusimisen yhteydessä. Ukkopylväiden purkaminen ja sillankaiteen vinopäätteen asentaminen voidaan olettaa kuuluvan myös kaiteen korjaamisen toimenpiteisiin. Myös siirtymärakenteen tekeminen tie- ja sil- takaiteen välille kuuluu molempiin toimenpiteisiin.

Sillan kaiteen uusimisen ja korjaamisen kustannusten vertailu yleisellä tasolla on vaikeaa, koska korjaamisen kustannukset ovat hyvin tapauskohtaisia. Vanhan sillankaiteen vaurioitumisen laajuus ja aste vaikuttavat tehtävän korjaustyön määrään. Tässä opinnäytetyössä vertaillaan kaiteen uusimisen kustannuksia tapaukseen, jossa nykyisten kaidepylväiden juuret kunnostetaan, pylväisiin asennetaan 2-putkijohteet ja kaiteisiin vinot päätteet. Tällainen korjaustoimenpide voisi olla tavallinen tähän opinnäytetyöhön liittyvässä vanhojen sillankaiteiden vahventamisessa, joka esitetään tarkemmin luvussa 5.

Sillankaiteen uusimiselle on annettu Sillantarkastuskäsikirjassa ohjehinnaksi 150...400 euroa/metri (Sillantarkastuskäsikirja 2013, liite 1, 7). Hinta on annettu ilman arvonlisäveroa. Urakoitsijoilta kysyttynä sillankaiteen uusimisen metrihinnat ovat olleet noin 250...300 euroa. Hinnat ovat vuodelta 2007. Sillankaiteiden uusimisen kustannukseen vaikuttaa kohteen koon ja sijainnin lisäksi materiaalien hinta sekä yleinen kustannustaso rakennusalalla. Oheisessa kuviossa 12 on esitetty sillanrakennustöiden kustannusindeksin kehitys 2000-luvulla. Sillanrakentamisen kustannukset ovat nousseet tasaisesti seurantajaksona. Vuoden 2014 lopulla kustannusindeksi on kääntynyt kuitenkin lievään laskusuuntaan. Vuonna 2007 saadun kaiteiden uusimisen metrihinnan kaikkine töineen voi olettaa nyt olevan noin 20 % isompi eli 300 – 360 €. Tänä vuonna urakoitsijalta saatiinkin sillankaiteen uusimiskohteeseen hinnaksi uudelle kaiteelle 210 €/m, kun tähän lisätään asentamisesta

ja apu- ja muista töistä tulevat kustannukset saadaan uusimisen kokonaismetrihinnaksi noin 300 €/m. Kustannustason ja alan kilpailutilanteen vaikutus sillankaitteen uusimisen ja varsinkin korjaamisen kustannuksiin on merkittävä. Rakenteiden korjaamisessa työn määrä on vaikeammin ennustettavissa ja rakenteita avattaessa voi tulla vastaan yllättäviä lisävaurioita ja töitä.



Kuvio 12. Sillanrakennustöiden kustannusindeksin kehitys 2000-luvulla. (Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat [viitattu 30.1.2015])

3.1.5 Sillan muiden rakenneosien korjaustarpeet

Kloridirasitus vaurioittaa kaiteiden lisäksi myös sillan betonisia reunapalkkirakenteita, joten suolattavien teiden silloilla reunapalkkien vaurioituminen voi johtaa kaitteen uusimiseen vaikka itse kaitteen rakenteissa vaurioita olisi vasta vähän. Tämän vuoksi myös reunapalkin vaurioituminen tulee ottaa huomioon kaitteen uusimista arvioidessa. Reunapalkin vaurioituminen tarkoittaa usein myös kaidepylväiden juurien vaurioita.

Hanke-Sihassa toimenpideohjelman pisteytyksessä otetaankin huomioon kaiteiden lisäksi pienemmällä painokertoimella reunapalkkien vauriopisteet. Toisaalta jos reunapalkkien vaurioille annetaan liian suuri painokerroin, jää pisteytyksessä kaiteista liikenteelle aiheutuvan riskin arvioiminen taka-alalle. Hanke-Sihan toimenpideohjelman tarkoituksena on ensisijaisesti löytää kohteet, joiden kaiteet vaativat uusimista, lopullista riskipisteytystä varten. Lopullisia toimenpiteitä päätettäessä ja kohteita valitessa tulee huomioida myös reunapalkkien ja muun sillan kunto.

3.2 Luokittelukriteerien painotus

Edellä esitellyt kaiteiden uusimisen priorisoinnin kriteerit otetaan huomioon tienkäyttäjille aiheutuvan riskin arvioimista varten laadittavassa Exceltaulukkolaskentaohjelmalle tehdyllä laskentapohjalla. Sillat pisteytetään ensin kaiteiden ja reunapalkin kunnan sekä liikennemäärän perusteella Hanke-Sihalla. Hanke-Sihan toimenpideohjelmalla laaditun listan korjaustarveindeksi- eli KTI-pisteytystä täydennetään laadittavassa Excelin laskentapohjassa loppuilla kriteereillä. Eniten tienkäyttäjälle riskiä aiheuttavat ominaisuudet saavat pisteytyksessä suhteessa suurempia pistemääriä. Sekä Hanke-Sihan korjaustarveindeksin että riskipisteytyksen painotuksia tarkastellaan ensimmäisenä tehtävien koepisteytysten yhteydessä, jotta pisteytyksillä päästäisiin tavoiteltuun lopputulokseen. Pisteytyksien pitää olla luotettavasti käytettävissä kaikkien tiesiltojen välisessä pisteytyksessä. Pisteytyksen kehittelystä kerrotaan luvussa 4.2.1. Sillankaiteet listataan laskentapohjassa saatujen riskipisteiden perusteella järjestykseen, jossa eniten pisteitä saaneen sillan kaiteiden uusimisella on suurin kiire ja saavutetaan paras liikenteen turvallisuutta parantava vaikutus. Lisäksi silloille annetaan lisähuomautus, jos kaiteissa tai reunapalkissa on jokin erittäin kiireellinen tai vakava vaurio tai rakenne, joka edellyttää kaiteen uusimista.

Suhteellisesti suurimman pistemäärän antaa lähtökohtaisesti vaarallinen sillan kaidetyyppi. Kulmateräskaitteet tai puiset sillankaiteet kasvattavat myös sillan vaurioluokasta riippuvia KTI-pisteitä, joten tällaiset kaidetyypit pitäisi nousta listan ylä-

päähän. Kaiteen vaurioituminen ja korjaamisen kiireellisyys sekä liikennemäärä huomioidaan jo Hanke-Sihan toimenpideohjelman KTI-pisteytyksessä.

Seuraavaksi merkittävimpinä kriteereinä huomioidaan tien taso, nopeusrajoitus ja siltaympäristöä kuvaavat tekijät. Eli vilkkaasti liikennöidyillä pääteillä, joilla on isot nopeudet, sijaitsevat sillat nousevat tärkeämmiksi, kuin hiljaisilla ja syrjäisillä seu- tu- tai yhdysteillä olevat sillat.

3.3 Vanhojen sillankaiteiden riskiluokituksen pisteytysmenetelmä

Hanke-Sihasta toimenpideohjelman korjaustarveindeksin mukainen priorisoitu lista KTI-pisteinen ja Siltarekisteristä haettavat tiedot syötetään Excel-pohjaan, joka laskee automaattisesti sillankaiteiden riskipisteet ja järjestää sillat pisteytyksen mukaan priorisoidusti kaiteiden uusimistarpeen mukaisesti. Hanke-Sihan antama korjaustarveindeksin pistemäärä jaetaan kymmenellä, mistä saadaan vaurioitumis- ta ja liikennemäärää kuvaavat pisteet sillalle riskipisteytystä varten. Pahimmin vau- rioituneiden kaiteiden KTI-pisteet tulevat olemaan noin 2000–3000 pistettä.

Vanhojen sillankaiteiden riskipisteet kokonaisuudessaan muodostuvat kaavalla 2.

$$\text{Riskipisteet} = \frac{\text{KTI}}{10} + \text{pisteet}_{\text{kaidetyyppi}} + \text{pisteet}_{\text{nopeusraja}} + \text{pisteet}_{\text{tienro}} + \text{pisteet}_{\text{käyttöt}} + \text{pisteet}_{\text{hoitoluokka}} + \text{pisteet}_{\text{alittava tienro}} \quad (2)$$

missä

- KTI on Hanke-Sihasta saatu korjaustarveindeksi
- $\text{pisteet}_{\text{kaidetyyppi}}$ on kaidetyypistä tulevat riskipisteet
- $\text{pisteet}_{\text{nopeusraja}}$ on nopeusrajoituksesta tulevat riskipisteet
- $\text{pisteet}_{\text{tienro}}$ on ylittävän väylän tieluokasta tulevat riskipisteet
- $\text{pisteet}_{\text{käyttöt}}$ on sillan käyttötarkoituksesta tulevat riskipisteet
- $\text{pisteet}_{\text{hoitoluokka}}$ on tien talvihoitoluokasta tulevat riskipisteet
- $\text{pisteet}_{\text{alittavatienvo}}$ on alittavan väylän tyypistä tulevat riskipisteet.

Hanke-Sihan ja Siltarekisterin käyttö siltojen pisteytyksessä esitetään tarkemmin tämän opinnäytetyön kohdassa 4.1. Excel-pohjan soluihin tehdään pudotusvalikot, joista valitaan oikea vaihtoehto sillan kohdalle. Näin saadaan kaavat toimimaan varmasti ja välttämään kirjoitusvirheiden tai erilaisten ilmausten aiheuttamilta häiriöiltä laskentaprosessissa. Kaikki käyttäjän käsin syötettävät tiedot tulevat Excel-pohjassa Pisteytys-välilehdelle. Laskenta-välilehdeltä voidaan tarkastella yksittäisen arviointikriteerin saamia pisteitä. Laskenta-välilehden soluihin on syötetty pisteytyksessä käytettävät kaavat. Tästä syystä kyseinen välilehti on suojattu muokkaamiselta.

Tulos-välilehdellä sillat järjestetään riskipisteytyksen mukaan priorisoidusti. Listassa esitetään sillan numero, nimi, tien numero, kaidetyyppi, nopeusrajoitus sekä KTI- että riskipisteytyksessä saadut pisteet ja mahdollinen lisäkommentti. Kaikki tiedot näkyvät myös muilla välilehdillä, jotta eri välilehtien käyttö olisi mahdollisimman helppoa.

3.4 Sillankaiteiden korjaaminen vai uusinta?

Valinta sillankaiteiden uusimisen ja korjaamisen välillä täytyy tehdä aina tapauskohtaisesti harkiten. Kaiteiden kunnon lisäksi päätökseen vaikuttaa myös reunapalkin kunto. Kun kyseessä on väärä kaiderakenne, voidaan suoraan päättää kaiteiden uusimisesta. Myös kaiteiden vaurioluokan ollessa tarkastuksen perusteella 3 tai 4, on kaiteiden uusiminen kokonaan todennäköinen toimenpide. Vaurioituneidenkin kaiteiden pienillä korjauksilla voidaan siirtää niiden uusimista osaksi isompaa sillan peruskorjausta.

Riskipisteytyksessä kulmateräs- ja puukaiteet sekä virheelliset kaiderakenteet voidaan katsoa suoraan uusittaviksi. Vaurio, jonka vuoksi hyväksytty korkea tai matala sillankaide on päätenyt uusittavien kaiteiden listaukseen, voi olla korjattavissa esimerkiksi vaurioituneen kaideosan vaihtamisella uuteen. Kustannusvertailu yleisellä tasolla uusimisen ja korjaamisen välillä on vaikeaa. Tämän työn luvussa 5.3 esitetään sillankaiteiden korjaamismenetelmiä, joilla kaiteiden käyttöikä voidaan pidentää.

4 PISTEYTYSMENETELMÄN SOVELTAMINEN KÄYTÄNNÖSSÄ

4.1 Siltarekisterin ja Hanke-Sihan käyttö

Liikennevirasto ja sen edeltäjäorganisaatiot ovat pitäneet yllä tietoja silloista arkistoimalla suunnitelmia ja siltoihin liittyneitä asiakirjoja. 1960- ja 1970-luvuilla tehtiin Siltakortisto siltojen tiedoista. 1978 perustettiin sähköinen Siltarekisteri, jonka kehitys vauhdittui 1990- ja 2000-luvuilla. Nykyisin Siltarekisteristä löytyvät Liikenneviraston siltojen perustiedot, piirustukset, tarkastustiedot, tarkastuksissa otetut valokuvat, tiedot korjauksista ja siltojen kantavuustiedot. (Siltarekisterin peruskurssi 7.-8.2.2012.) Siltarekisteristä löytyy myös noin 20 kunnan siltojen tiedot (Siltarekisteri 6.2.2015). Tulevaisuudessa on tarkoitus siirtyä Taitorakennerekisteriin, jossa olisivat kaikki Liikenneviraston hallinnoimat taitorakenteet, joita on tie- ja ratasiltojen lisäksi myös esimerkiksi tunnelit ja merimerkit.

Siltarekisterissä on sovelluksia, joilla saa haettua listauksia silloista ja raportteja siltojen halutuista ominaisuuksista, esimerkiksi vauriopistesummista. Myös Siltarekisteriin tallennettujen valokuvien ja piirustusten hallintaan on oma sovelluksensa. Siltarekisterin tietojen ylläpidosta vastaavat Liikennevirasto, ELY-keskukset ja näiden valtuuttamat konsulttiyritykset. Siltarekisterin käyttöoikeuksien saamiseksi pitää suorittaa Liikenneviraston järjestämä Siltarekisterin peruskurssi. (Siltarekisterin peruskurssi 7.-8.2.2012.)

Siltarekisterin yhteydessä on Hankekohtainen siltojenhallintajärjestelmä, jota käytetään sillankaiteiden uusimiskohteiden priorisointipisteytyksessä. Hanke-Sihan toimenpideohjelman (Tp-ohjelma) laatiminen aloitetaan valitsemalla *Rajaukset*-välilehdellä *Uusi tp* -ohjelma, jolla priorisointi tehdään. Toimenpideohjelmalle annetaan ensin nimi ja aloitusvuosi. Toimenpideohjelmanäkymä on esitetty kuviossa 13. Rajauksiksi valitaan ELY-keskusalue (entinen tiepiiri), jonka alueelta priorisoitavat sillat haetaan. Myös muita rajauksia voidaan asettaa tarpeen mukaan. Pisteytykseksi valitaan kaiteiden uusimiskohteiden priorisointia varten tässä opinnäytetyössä tehtävä pisteytys. Pisterajat asettamalla valitaan raja, jonka ylittävät sillat tulevat mukaan luetteloon. Tyhjäksi jätetty kenttä tarkoittaa, että haku tehdään kaikille kriteereille. Aktivoimalla kenttä ja valitsemalla "Arvot" saadaan näkyviin lista

kenttään valittavista arvoista. Toimenpideohjelman muodostaminen voidaan aloittaa myös kopioimalla vanha toimenpideohjelma ja muuttamalla siihen tarvittavat rajaukset ja määritelmät.

Rajaukset-välilehden kohtaan *Pisteytys* on pakko valita uusimistarveindeksin pisteytys toimenpideohjelman suorittamiseksi. Uusimistarveindeksin pisteytykseksi voi valita Liikenneviraston virallisen TIEH UTI -pisteytyksen. Uusimistarveindeksin pisteiden alarajaksi asetetaan esimerkiksi 1000 pistettä, jolloin toimenpideohjelman listaukseen ei tule siltoja uusimistarveindeksin kriteerien perusteella. (Kettunen, Kähkönen & Söderqvist 2004, 96.) Uusimistarveindeksin pisteytyksen kriteerejä ovat sillan kunto, kantavuus ja toiminnallisuus. Lisäksi huomioidaan sillan pinta-ala ja liikennemäärä. (Söderqvist, Kähkönen & Kettunen 2010.)

Kuvio 13. Hanke-Sihan Toimenpideohjelma-valikko.
(Hanke-Siha 2015)

Kun tarvittavat rajaukset ja määrittelyt on tehty, painetaan "Tee tp-ohj."-painiketta, jolloin toimenpideohjelman laskenta alkaa. Laskennan aikana näytön vasemmassa alareunassa lukee teksti "käsittely...". Laskenta voi kestää valituista rajauksista

riippuen pitkänkin aikaa. Ohjelma ilmoittaa toimenpideohjelman laskennan valmistumisesta. Toimenpideohjelman rajauksia ei voi enää muokata vaan ne näkyvät harmaina. Valmiin toimenpideohjelman tuloksia voi katsoa ja muokata *Hankkeet*- ja *Muokkaus* -välilehdillä. Raportin tekeminen toimenpideohjelman silloista tapahtuu *Raportit*-tietoryhmän ”*Tp-ohjelma*”-välilehdeltä. (Söderqvist, Kähkönen & Kettunen 2010.)

Hanke-Sihalla saatu kaiteiden ja reunapalkin vaurioiden sekä liikennemäärän mukaan priorisoitu lista silloista syötetään korjaustarveindeksin mukaan järjestettynä Excel-pohjan *Tp-ohjelma*-välilehdelle. Riskipisteytystä täydennetään taulukon 7 mukaisella lisäpisteytyksellä, koskien kaidetyyppejä, tien tasoa, nopeusrajoitusta, tien kunnossapitoluokkaa, sillan käyttötarkoitusta ja alittavan väylän tyyppiä. Pisteytys tehdään kappaleiden 3.3 ja 4.2 mukaisesti syöttämällä tiedot Excel-pohjaan.

4.2 Siltojen pisteyttäminen

Vanhojen sillankaiteiden priorisointia päätettiin testata tekemällä pisteytys Lapin ELY-keskusalueen silloille, koska siltojen sijainnin ja ympäristön määrittäminen paikallistuntemuksen vuoksi olisi helpointa listoja tutkittaessa. Hanke-Sihan käyttö aloitettiin tekemällä KTI-pisteytys kaiteiden uusimiskohteiden priorisoimiseksi. Pisteytyksen lähtökohtana olivat luvussa 3 esitetyt kriteerit ja painotukset. Ensimmäiseksi tehtyjen koepisteytysten jälkeen sekä Hanke-Sihan että kaiteiden riskipisteytyksen painotuksia muokattiin tulosten tarkastelun jälkeen

4.2.1 Pisteytysmenetelmän kehittäminen

Ensimmäisessä Hanke-Sihan KTI-pisteytyksessä otettiin huomioon myös reunapalkin vauriot painokertoimella 30. Toimenpideohjelmaraportin siltoja tutkittaessa huomattiin listan yläpäässä olevan siltoja reunapalkin vaurioiden vuoksi, eikä niinkään kaiteiden vaurioiden vuoksi. Reunapalkin painokertoimeksi päätettiin vaihtaa nolla, koska silloin saadaan sillat listattua puhtaasti kaiteiden kunnan perusteella. Liikennemäärän, kunto-, kiireellisyys- ja vaurioluokkien kertoimet olivat ensimmäi-

sissä pisteytyksissä Liikenneviraston TIEH -korjaustarveindeksipisteytyksen mukaiset, jotka on esitetty kuviossa 10.

Hanke-Sihan toimenpideohjelmaraportin lisäksi ajettiin Siltarekisteristä raportit Lapin ELY-keskusalueen silloista, joiden kaiteille on kirjattu vaurioksi tarkastuksessa väärä rakennetyyppi. Vertaamalla Siltarekisterin raporttia Hanke-Sihan toimenpideohjelman raporttiin nähtiin, löytyvätkö käytetyllä KTI-pisteytyksellä sillat, joilla on kulmateräs- tai puukaiteet. Väärän rakennetyypin kaiteilla varustetut sillat löytyivät Hanke-Sihan toimenpideohjelmaraportista, mutta olivat osaksi aika kaukana listalla. Tästä syystä päädyttiin painottamaan enemmän vaurioluokkien 3 ja 4 kaiteilla olevia siltoja lisäämällä painokerrointa niille ja pienentämällä sitä paremmilta vaurio-, kunto- ja kiireellisyysluokilta. Lopullinen kaiteiden uusimisen KTI-pisteytys on kuvion 14 mukainen ja on Hanke-Sihassa nimellä ”804 Kaiteiden pisteytys”.

Laatija: VKE, Laatimispvm: 10.3.2015, Muutospvm: 10.3.2015, Tietokanta Pvm: SRTUO 11.3.2015, Käyttäjä: VKE

UTI-pisteet | **KTI-pisteet** | VPS-pisteet | Rak.kust.indeksi

Hankekori: Nimi: **KAITEIDEN PISTEYTYYS**, Kuvaus: Kaiteiden uusimiskohteiden priorisointi

Pisteytyskerroin: 0.20

Painokertoimet:

Alusrakenne	0
Reunapalkki	0
Muu päällysrak.	0
Päällyste	0
Muu pintarak.	0
Kaiteet	100
Liikuntasaumal.	0
Muut varusteet	0
Siltapaikka	0

Liikennemääräkertoimet:

KVL<=350	0,85
350-1500	0,90
1500-3000	1,00
3000-6000	1,10
>6000	1,15

Vaurion pisteet:

Rakenneosan kuntoarvio	Vaurion kiireellisyys	Vaurioluokka
0	0	1
1	1	2
2	4	3
3	8	4
4	10	
10	10,0	
11	10,0	
12	6,0	
13	1,0	
14	0,0	

Kysely | Lisää | Poista | Tallenna | Lopeta

Tietue: 1/1

Kuvio 14. ”Kaiteiden uusiminen” pisteytys Hanke-Sihassa. (Hanke-Siha 2015)

Sillantarkastuskäsikirjan mukaisesti kulmateräs- ja puukaiteet tulisi olla merkitty vaurioluokkaan 3 vääränä rakenteena (Sillantarkastuskäsikirja 2013, 60). Siltare-

kisterin merkintöjä tutkittaessa havaittiin, ettei väärää rakennetyyppiä ollut läheskään aina merkitty vaurioksi, vaan kulmateräskaide oli merkitty vain tarkastukseen liittyviin kommentteihin. Sillantarkastuskäsikirjan liitteen 1 mukaisesti kulmateräskaide on kirjattava myös vauriona tarkastuskommentin lisäksi (Sillantarkastuskäsikirja 2013, liite 1, 11). Ensimmäiseksi KTI-pisteytetyn Lapin ELY-keskusalueen siltojen osalta voitiin todeta kaikkien tarkastuksessa ”väärä rakennetyyppi”- vauriomerkinän saaneiden kaiteiden löytyvän nyt Hanke-Sihan toimenpideohjelmalla laaditusta listasta. Lisäksi listan yläpäässä oli siltoja, joilla on kulmateräskaiteet, vaikka väärästä rakennetyypistä johtuvaa vauriomerkinää ei tarkastuksessa ollutkaan annettu eli kaiteet olivat päätyneet vaurioluokkaan 3 tai 4 muun vaurioitumisen perusteella.

Seuraavaksi tarkennettiin toimenpideohjelman rajauksia siltojen listaamiseksi Hanke-Sihalla. Toimenpideohjelman rajausnäky on kuviossa 15. Lapin alueen silloille tehty toimenpideohjelma voidaan kopioida seuraavan ELY-keskusalueen toimenpideohjelman pohjaksi, vaihdetaan vain toimenpideohjelman nimi ja ELY-keskus.

Kuvio 15. Siltojen toimenpideohjelman muodostaminen.
(Hanke-Siha 2015)

Jotta Hanke-Sihan toimenpideohjelman tulokseksi saataisiin listaus uusittavista sillankaiteista, määritetään korjaamistarveindeksille alaraja. Näin korjattavat ja hyväksyttävällä kaidetyypillä varustetut sillat saadaan rajattua listauksen ulkopuolelle. Pisteraja korjaamistarveindeksin alarajaksi haettiin kokeilemalla aloittaen 200 pisteestä laskien se 50 pisteeseen. Pisterajan määrittämisessä käytettiin apuna Hankekori-toimintoa. Hankekoriin haettiin ensin sillat, joiden kaiteet kuuluivat vaurioluokkiin 3 tai 4 ja kiireellisyysluokka oli 10–12. Vaurioluokkien 3 ja 4 kaiteiden korjaustoimenpiteenä on pääsääntöisesti uusiminen, joten hankekoriin siltojen kaiteiden voidaan katsoa olevan uusittavia kaiteita. Tälle hankekoriin tehtiin toimenpideohjelma ja havaittiin KTI-pisteiden alarajan 50 pistettä olevan sopiva väärän kaidetyypin tai pahoin vaurioituneiden kaiteiden kartoittamiseen. Lapin ELY-keskusalueen 1140 sillasta toimenpideohjelman listalle päätyi 207 siltaa, kun KTI-pisteiden alarajana käytettiin 50 pistettä. Vaurioituneiden kaiteiden hankekoriin siltoja oli 142 siltaa. Eli toimenpideohjelmassa mukaan tuli vielä 65 siltaa.

Kun toimenpideohjelman rajaukset ja pisteytys oli saatu tuottamaan tyydyttävä lopputulos Lapin ELY-keskuksen alueen silloilla, tehtiin toimenpideohjelma seuraavaksi Uudenmaan ELY-keskuksen silloille. Toimenpideohjelmassa listalle saatiin 213 siltaa. Listan siltoja läpi käytäessä huomattiin listalla olevan varsin hyväkuntoisia sillankaiteita, joilla toimenpiteenä olisivat ennemmin paikalliset korjaukset kuin uusiminen. Muodostamalla hankekorin Uudenmaan ELY-keskuksen alueen silloista, joilla kaiteissa oli 3 tai 4 luokan vaurioita ja kiireellisyysluokka 10–12, löydettiin 122 siltaa. Toimenpideohjelman listalla oli siis 91 siltaa, joilla pahoja vaurioita ei tarkastusmerkintöjen mukaan ollut. Haettaessa siltoja kuntoluokan perusteella, luokkien 3 ja 4 siltoja löytyi 62 kappaletta. Näin ollen kuntoluokan ei todettu antavan rajauksena tyydyttävää lopputulosta.

4.2.2 Lopullinen pisteytysmenetelmä

Eri raporttien vertailun jälkeen päädyttiin lopulta tekemään sillankaiteiden uusimisen priorisointia rajaamalla ELY-keskuksen sillat muodostamalla ensin hankekorin vaurioluokkien 3 ja 4 sillankaiteista, joiden korjaamisen kiireellisyysluokka on 10–12. Näin saadaan paremmin rajattua kohteet siltoihin, joiden kaiteet vaativat uusimista, kuin käyttämällä korjaamistarveindeksin alarajan määrittystä. Näin päätettiin menetellä kaikkien ELY-keskusten siltojen osalta.

Hankekorin muodostetaan hakemalla siihen sillat edellä mainituilla rajauksilla. Näille silloille ajetaan toimenpideohjelma kuvion 14 mukaisella KTI-pisteytyksellä. Siltojen kaiteiden kuntoluokat vaihtelevat kahdesta neljään, suurin osa kuuluu kuntoluokkaan 3 eli huono. Lopullinen toimenpideohjelman rajausnäkyminen on kuvion 16 mukainen. Korjaustarveindeksin alarajaksi voidaan valita 1, koska sillat on jo rajattu hankekorissa. Tehdyt hankekorit löytyvät Hanke-Sihasta.

Jos toimenpideohjelmaa halutaan käyttää koko ELY-keskuksen alueen silloille ilman hankekorin, on alaraja korjaamistarveindeksille määritettävä raporttia tarkastelemalla ELY-keskuskohtaisesti. Lähtökohtana voidaan käyttää 50 pistettä. KTI-pisteytyksessä on painokertoimet myös vaurioluokille 1 ja 2, jotta pisteytystä voidaan käyttää myös huomioiden näiden luokkien sillankaiteet tarvittaessa.

The screenshot shows the 'Hanke-Siha - [Toimenpideohjelma]' window. The main data fields are:

Nimi	Ryhmä	Vuodet	Laatija	Laatimispyvm	Tietokanta	Pvm	Käyttäjä
Kaiteiden priorisointi L-ELY		2016 - 2021	VKE	11.3.2015	SRTUO	11.3.2015	VKE

Navigation buttons on the left: Hankekori, Tpo-luettelo, Tp-ohjelma, Pisteytys, Raportit.

Top tabs: Rajaukset, Budjetti, Hankkeet, Muokkaus, Tpn vaikutus, Sillan pisteet, Kustannustiedot, Ennust.kunto.

Main form fields:

- Siltarajaukset: Hankekori: L-ELYn kaiteiden uusiminen
- Osatietokanta: 11 Tiehallinnon sillat
- Siltajoukko: [Empty]
- Tiepiiri: [Empty]
- Tienpitoalue: [Empty]
- Kunta: [Empty]
- Tieosoiteväli: Tienro [Empty] Aosa [Empty] Aet [Empty] Losa [Empty] Let [Empty]
- Siltatyypiryhmä: [Empty]
- Päärak.materiaali: [Empty]

Pisteytys section:

- KTI-pisteet: 804 KAITEIDEN PISTEYTYYS
- UTI-pisteet: 1 TIEH
- Korjauskust-%: 50
- Pisterajat: UTI 1000, KTI 1, VPS 0

Right side box: Tp-ohjelman budjetti muokattu 0 kertaa

Bottom buttons: Kysely, Arvot, Uusi tp-ohj, Kopioi tp-ohj, Muok. tp-ohj, Tee tp-ohj, Tallenna, Lopeta.

Status bar: Käsitelly... Tietue: 0/1

Kuvio 16. Lopullinen kaiteiden uusimiskohteiden priorisoinnissa käytetty toimenpideohjelman rajausta.
(Hanke-Siha 2015)

Toimenpideohjelman sillat tallennettiin Hanke-Sihan *Raportti*-toiminnolla Excel-muotoon. Toimenpideohjelmaraportti on esitetty liitteessä 2. Toimenpideohjelman sillat kopioitiin sillankaiteiden uusimisen priorisointia varten tehtyyn Excel-pohjaan ”*Tp-ohjelma*”-välilehdelle. Excel-pohjan *Pisteytys*-välilehdelle sillat listataan sillanumeron mukaisesti, jotta tietojen haku Siltarekisterin *Siltatiedot*-sovelluksesta olisi sujuvaa. Excelin *Tp-ohjelma*-välilehdellä sillan numerosta pitää poistaa ELY-keskuksen eli entisen tiepiirin kirjaintunnus numeron edestä.

Excel-pohjan *Pisteytys*-välilehden täyttöön tarvittavat tiedot haetaan manuaalisesti Siltarekisteristä. Kuva *Pisteytys*-välilehdestä on liitteessä 3. KTI-pistemäärän ja sillan ylittävän väylän tiennumero siirtyvät automaattisesti *Tp-ohjelma*-välilehdeltä pisteytykseen. Tiedot riskipisteytystä varten haetaan Siltarekisteristä sillan perustiedoista. Käsiteltävän ELY-keskusalueen sillat haetaan sillaluetteloon. Sillat ovat sillaluettelossa järjestyksessä sillanumeron mukaisesti. Valitsemalla silta listasta ja

avaamalla *Perustiedot*-valikko löytyy sillan käyttötarkoitus ja *Tie*-välilehdeltä hoitoluokka, nopeusrajoitus ja risteävän väylän tiedot kuvion 17 mukaisesti.

The screenshot shows the 'Siltarekisteri' software interface. The window title is 'Sr - [Siltatiedot, Perustiedot]'. The menu bar includes 'Perus', 'Tietoryhmät', 'Sovellukset', 'Toiminnot', 'Lisätoiminnot', and 'Ohjeet'. The toolbar contains icons for search, navigation, and help. The main area is divided into several sections:

- Header:** Fields for 'Tiepiiri' (1338), 'Nro' (Norvajärventien risteysilta), 'Nimi' (S), 'RI' (S), 'Siltaryhmä', 'Osatietokanta' (Tiehallinnon sill), 'Tietokanta Pvm' (SRTUO 12.3.2015), and 'Käyttäjä' (VKE).
- Navigation:** A set of tabs: 'Perus', 'Tie', 'Rautatie', 'Suunn/Rak', 'Siltatyytit', 'Putki', 'Tunneli', 'Poikkileikk.', 'Tuet', and 'Varus'.
- Left Panel:** A vertical list of buttons: 'Siltaluettelo', 'Perustiedot', 'Rakenneosia', 'Ek-kantavuus', 'Tarkastus', 'Korjaus', and 'Siltaryhmät'.
- Main Data Entry Area:**
 - Tietiedot:** Fields for 'Käänneinen mitaussuunta' (checkbox), 'Rakenteeseen liittyvän ajoradan leveys' (7,00 m), 'Rakenteeseen liittyvän tien koko leveys' (10,50 m), 'Toiminnallinen luokka' (11 Valkatie), 'Hoitoluokka' (14 KVL 1500...3000), 'Osoite, karttapvm' (4, 502, 2404, 9.3.2015), 'Nimi' (HELSINKI - UTSJOKI), 'KVL / kevyet ajoneuvot' (10819 ajon./vrk), 'KVL / raskaat ajoneuvot' (724 ajon./vrk), 'Raskaan liikenteen osuus' (6.3 %), 'Liikennelaskentavuosi' (2012), 'Nopeusrajoitus' (100 km/h), 'Kiertotiepiitus' (checkbox), 'Yhdistetty Tierekisteriin' (checkbox), and 'Ei Tierekisterin osoitejärjestelmässä' (checkbox).
 - Risteävä väylä:** Fields for 'Ajoradat' (1 / 1), 'Risteävät ajoradat', and 'Yhdystie' (15).
 - Other:** 'Kiertotietä ei ole' (checkbox) and 'Kiertotietä ei ole' (checkbox) fields.
- Bottom:** Buttons for 'Kysely', 'Arvot', 'Lisää', 'Poista', 'Tallenna', and 'Lopeta'. A status bar at the bottom shows 'Tietue: 1/1' and 'Valintalista'.

Kuvio 17. Siltarekisterin perustietojen "Tie"-välilehti. (Siltarekisteri 2015)

Kaiteiden uusimiskohteiden priorisoinnissa asetettiin tavoitteeksi löytää sillat, joilla on kulmateräskaitteet tai muuten väärä kaidetyyppi. Siltarekisteristä merkintä kulmateräskaitteista löytyy Tarkastus-valikosta. Tarkastukset-välilehden kommenttikentässä on merkintä "60 Kulmateräskaitteet" kuvion 18 mukaisesti ja *Vauriot*-välilehdellä merkintä väärästä kaidetyypistä kuvion 19 mukaisesti. Kuten jo todettiin, toimenpideohjelmia tehtäessä havaittiin, ettei kulmateräskaidetta ollut useassa sillassa merkitty vaurioihin, vaan ainoastaan tarkastuskommentteihin. *Vauriot*-välilehdeltä löytyy myös linkki vaurion valokuviiin Siltarekisterissä, josta voidaan varmistaa vielä kaitteen tyyppi ja vaurioituminen. Siltarekisterin *Raportit*-toiminnolla voidaan myös tehdä raportti silloista, joille on tarkastuksessa annettu merkintä väärästä kaidetyypistä. Tämä raportti auttaa tietojen syötössä löytämään väärän kaidetyypin sillat, mutta merkinnän syy eli, mikä kaidetyyppi on kyseessä, on tar-

kastettava tarkastuskommenteista tai valokuvasta. Yhden ELY-keskusalueen siltöjen läpikäymiseen ja riskipisteytyksen laatimiseen kului aikaa noin 1 työpäivä.

Sr - [Siltatiedot, Tarkastus]

Perus Tietoryhmät Sovellukset Toiminnot Lisätoiminnot Ohjeet

Tiepiiri Nro Nimi Siltaryhmä Osatietokanta Tietokanta Pvm Käyttäjä
L 1366 Sinikosken silta Tiehallinnon sill SRTUO 12.3.2015 VKE

Tarkastukset Vauriot Tutkimukset Tarkastusvälineet

Siltaluettelo

Perustiedot

Rakenneosa

Ek-kantavuus

Tarkastus

Korjaus

Siltaryhmät

Tarkastus

Pvm. 29.4.2014

Tarkastajan kuntoarvio

Alusr	Rp	Mpäär	Pääll	Mpin	Kait	Liiks	Mvar	Sipa	Yk	Lyk	Kl	VPS
1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1,43	3	145

Tyyppi 13 Yleistarkastus

Kuntoluokka 3 Tyydyttävä

Laskettu yleiskunto (Lyk) 1,43

Tarkastaja 10112 Visuri, Jari

Organisaatio 11321 Ramboll Finland Oy

Seuraava tarkastus/vuosi 13 Yleistarkastus

Vuosi 2019

Tarkastukseen liittyvät kommentit

53 Pengerkaiteet ovat liian matalat

60 Kulmateräskaiteet

Kommentit ja havaitut puutteet

Tarkastuskohtainen ehdotus korjaustoimenpiteeksi

Reunapalkin ja kaiteiden uusiminen.

Tarkastushistoria

Pvm	YT	Nimi	Organisaatio	Alusr	Rp	Mpäär	Pääll	Mpin	Kait	Liiks	Mvar	Sipa	Yk	Lyk	Kl	VPS
29.4.2014	YT	Visuri, Jari	Ramboll Finland Oy	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1,43	3	145
19.5.2009	YT	Lauri, Timo	Inspecta Oy	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1,37	3	98
12.8.2004	YT	Kettunen, Simo	WSP Finland Oy	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1,37	3	18
25.8.1999	YT	Juopperi, Kimmo		0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0,69	4	4
22.6.1994	YT	Karjalainen, Jouk		0		1	1	0	1	0	0	1	1	0,51	4	0
13.5.1991	YT	Naukkari, Ti		0	1	1	2	0	0	0	0	1	1	0,55	4	0

Kysely Arvot Lisää Poista Tallenna Lopeta

Tietue: 7/7 Valintalista

Kuvio 18. Merkintä kulmateräskaiteesta Siltarekisterin tarkastuskommenteissa. (Siltarekisteri 2015)

Sr - [Siltatiedot, Tarkastus]

Perus Tietoryhmät Sovellukset Toiminnot Lisätoiminnot Ohjeet

Tiepiiri Nro Nimi Siltaryhmä Osatietokanta Tietokanta Pvm Käyttäjä
L 1338 Norvajärventien risteysilta Tietohallinnon sill SRTUO 12.3.2015 VKE

Tarkastukset Vauriot Tutkimukset Tarkastusvälineet

Siltaluettelo

Perustiedot

Rakenneosia

Ek-kantavuus

Tarkastus

Korjaus

Siltaryhmät

Tarkastus

Kuntoarvio

Pvm.	Tyyppi	Tarkastaja	Organisaatio	Alusrp	Rp	Mpäär	Pääll	Mpinr	Kait	Liiks	Mvar	Sipa	Yk	Lyk
30.7.2013	Erikoistarkastus	Lauri, Timo	Inspecta Oy	1	3	2	1	2	3		1	1	2	1,75

Vaurio

Nro	Sijainti	Rakenneosa	Materiaali	Vauriotyyppi	Vaurion syy	Vaurio-pisteet	Korjauksen tila	Pvm.				
8	4	v/o 401	Päällyste	23	Asfalttibetoni	12	Halkaisu	700	Rakennusvir	4		
17	1-4	v.o 501	Suojakerros	11	Betoni	11	Rapautumin	100	Ympäristö tai	3		
6	1-4	v.o 600	KAIHEET	12	Teräs	22	Hilseily	701	Työvihe	8		
15	1-4	v.o 600	KAIHEET	12	Teräs	46	Väärä raken	600	Suunniteluvi	50		
10	1-4	v/o 900	SILTAPAIK	11	Betoni	37	Töherys	900	Ilkivalta	4		
11	1-4	v/o 901	Etuluiska	14	Kivi	16	Purkautumin	900	Ilkivalta	2		

Käanteinen mittaussuunta VPS 249 Vp:n tekijät

Vaurion havainnot

Pvm.	Laajuus	Yks.	Vaurioluokka	Kiireellisyys	Vaik. kant.	Erik. tark.	Kuva	Toimenpide-ehdotus	Laajuus	Yks.	à	e
30.7.2013	2	kpl	3	Vakava	11	Korjataan	<input checked="" type="checkbox"/>	201	Kaiteen uusi	70	m	210

Kysely Arvot Lisää Poista Tallenna Lopeta

Tietue: 12/16

Kuvio 19. Vauriomerkitä väärästä kaidetyypistä Siltarekisterissä. (Siltarekisteri 2015)

Kun kaikkien siltojen tiedot on syötetty Excelin *Pisteytys*-välilehdelle, siirrytään *Tulos*-välilehdelle, jossa sillat listataan pisteytyksessä saadun kaiteiden riskipistemäärän mukaisesti. Sivulla näkyvät myös sillan numero ja nimi, tien numero, kaidetyyppi, nopeusrajoitus, korjaustarveindeksipisteet ja pisteytyksen yhteydessä esitetyt huomautukset.

Tarkasteltaessa saatua listausta Lapin ja Uudenmaan ELY-keskuksen alueen uusittavista silloista, muokattiin riskipisteytyskriteerien painotuksia tieluokan, nopeusrajoituksen ja väärän kaidetyypin merkityksen korostamiseksi, koska vaurioitumiseen perustuva KTI-pistemäärä oli vielä liian määräävä tekijä. Lopullinen vanhojen sillankaiteiden riskipisteytys on taulukon 7 mukainen.

Matala kaide kaidetyypinä tarkoittaa tyyppiirustusten mukaista matalaa sillankaidetta. Korkea kaide on DK1- tai DK-tyyppin korkea sillankaide. ”Muu väärä kaidetyyppi” -pisteet annettiin muun muassa liian matalille kaiteille ja kaiteille, joissa on betoniset kaidepylväät. ”Muu väärä kaidetyyppi” -merkinnän yhteydessä maini-

taan kommenttina, millaisesta kaiteesta on kyse. TIEH H2 -sillankaiteen ei katsota kaidetyyppinä olevan riskitekijä liikenteelle.

Taulukko 7. Vanhojen sillankaiteiden liikenteelle aiheuttaman riskin pisteytys.

PISTEYTYS	
Kriteeri	Pisteet
Kaidetyyppi	0-50 pistettä
-Kulmateräs- tai puukaide	50 p
-Muu väärä kaidetyyppi	30 p
-Matalakaide	20 p
-Korkeakaide (DK/DK1)	5 p
-TIEH H2-sillankaide	0 p
Tien numero (ylittävä väylä)	1-12 pistettä
-Valtatiet	12 p
-Kantatiet	8 p
-Seututiet	3 p
-Yhdystiet	1 p
Sillan käyttötarkoitus	1-5 pistettä
- Risteyssilta	5 p
- Ylikulkusilta	5 p
- Ali- tai ylikulkukäytävä	3 p
- Ramppisilta	3 p
- Vesistösilta	2 p
- Muu silta	1 p
Tien hoitoluokka	1-15 pistettä
- Isk, Is ja I	15
- Ib ja Ib	10
- II ja III (ei suolausta)	1
Nopeusrajoitus	0-30 pistettä
- ≥ 100 km/h	30
- ≥ 80 km/h	20
- ≥ 60 km/h	10
- ≥ 50 km/h	5
- < 50 km/h	1
Tien numero (alittava väylä)	1-5 pistettä
-Valtatiet	5 p
-Kantatiet	4 p
- Kevyenliikenteenväylä	4 p
-Maantiet	3 p
-Seutu- ja yhdystiet	2 p
-Rautatie	4 p
- Vesistö	1 p

Vanhojen sillankaiteiden riskipisteet määräytyvät kaavan 2 mukaisesti eli Hanke-Sihan korjaustarveindeksin pistemäärä tulee riskipisteytykseen mukaan jaettuna kymmenellä. Kaiteiden vaurioitumista ja sillan liikennemäärää kuvaava KTI-pistemäärän kymmenesosa vaihtelee muutamasta pisteestä noin 200 pisteeseen, joten sen merkitys on suurin. Sillan ylittävän väylän ominaisuuksilla on suurempi painoarvo kuin alittavan väylän tiedoilla.

Riskipisteytyksen painotuksissa merkittävimmiksi tekijöiksi KTI-pisteiden lisäksi nousevat kaidetyyppi ja nopeusrajoitus. Nämä tekijät määrittävät suurimmalta osin kaiteen merkityksen tienkäyttäjille. Suurin riskitekijä liikenteelle on väärä kaide-tyyppi vilkkaalla tiellä, jolla on korkeat ajonopeudet. Tällaisiin siltoihin tulee erityisesti kiinnittää huomiota myös tehtäessä lopullisia päätöksiä sillankaiteiden uusimiskohteista.

Vanhojen sillankaiteiden liikenteelle aiheuttamaa riskiä arvioitaessa käytettävä pisteytysmenetelmä esitetään kaaviona seuraavalla sivulla olevassa kuviossa 20. Riskipisteytys on esitetty vaiheittain alkaen Hanke-Sihassa tehtävästä kaiteiden vaurioitumiseen ja sillan liikennemäärään perustuvan toimenpideohjelman laatimisesta ja jatkuen Excel-taulukossa tehtävään riskipisteytykseen. Lopputuloksena on sillankaiteiden vaurioitumiseen ja liikenteelle aiheuttamaan riskiin perustuva priorisoitu lista uusittavista sillankaiteista ELY-keskusalueella.

Hanke-Siha

- Tehdään hankekori ELY-keskuksen silloista kriteereinä
 - kaiteiden vaurioluokka 3 tai 4
 - kiireellisyysluokka 10...12
- Voidaan myös päivittää aiemmin tehty hankekori
- Tehdään toimenpideohjelma hankekorin silloille
 - KTI-pisteytys ”804 Kaiteiden pisteytys”
- Tallennetaan toimenpideohjelmaraportti Excel-muotoon



Excel-tilukossa

- Kopioidaan toimenpideohjelmaraportti Exceliin *Tp-ohjelma*-välilehdelle
- Järjestetään *Pisteytys*-välilehdellä sillat sillan numeron mukaan
- Haetaan Siltarekisteristä tiedot *Pisteytys*-välilehdelle
 - kaidetyyppi
 - nopeusrajoitus
 - sillan käyttötarkoitus
 - alittava väylä
- KTI-pistemäärän ja tien numeron ohjelma lukee automaattisesti *Tp-ohjelma*-välilehdeltä



Excel-tilukko laskee riskipisteet kaavalla 2

$$\text{Riskipisteet} = \frac{\text{KTI}}{10} + \text{pisteet}_{\text{kaidetyyppi}} + \text{pisteet}_{\text{nopeusraja}} + \text{pisteet}_{\text{tienro}} + \\ \text{pisteet}_{\text{käyttöt}} + \text{pisteet}_{\text{hoitoluokka}} + \text{pisteet}_{\text{alittava tienro}}$$

- *Tulos*-välilehdellä järjestetään sillat *Riskipistemäärän* mukaisesti
- tuloksena priorisoitu lista uusittavista sillankaiteista ELY-keskuksen alueella

Kuvio 20. Kaavio sillankaiteiden riskipisteytyksen tekemisestä

4.3 Priorisoitu lista uusittavista sillankaiteista ELY-alueittain

Opinnäytetyössä kehitetyllä pisteytysmenetelmällä laaditaan listat kaikkien yhdeksän liikenteestä vastaavan ELY-keskusalueen silloille. Pisteytysmenetelmän kokeileminen ja pisteytyksen toimivuus toteutettiin Lapin ja Uudenmaan ELY-keskusten alueiden silloille tehtyjen koepisteytyksen yhteydessä. Näiden ELY-keskusten priorisoidut listat ovat opinnäytetyön liitteinä 4 ja 5.

Uudenmaan ELY-keskuksen hankekorin silloissa on mukana vaurioluokan 2 sillankaiteita, joilla on ”väärä rakennetyyppi” -vauriomerkinä. Pisteytyksen yhteydessä havaittiin näiden siltojen olevan pääasiassa alikulkukäytäviä, joilla on matala sillankaide. Tällaisten kaiteiden uusimisella ei ole kiire verrattuna kulmateräskaiteisiin tai huonokuntoisiin kaiteisiin. Osasta kyseisiä kaiteita puuttui suojaverkko, joka estää auraslumen putoamisen alittavalle väylälle. Sillat sijoituivat listauksen loppupäähän, joten kyseisen vauriomerkinän saaneet vaurioluokan 2 sillankaiteet jätetään muiden ELY-keskusten hankekoreista pois.

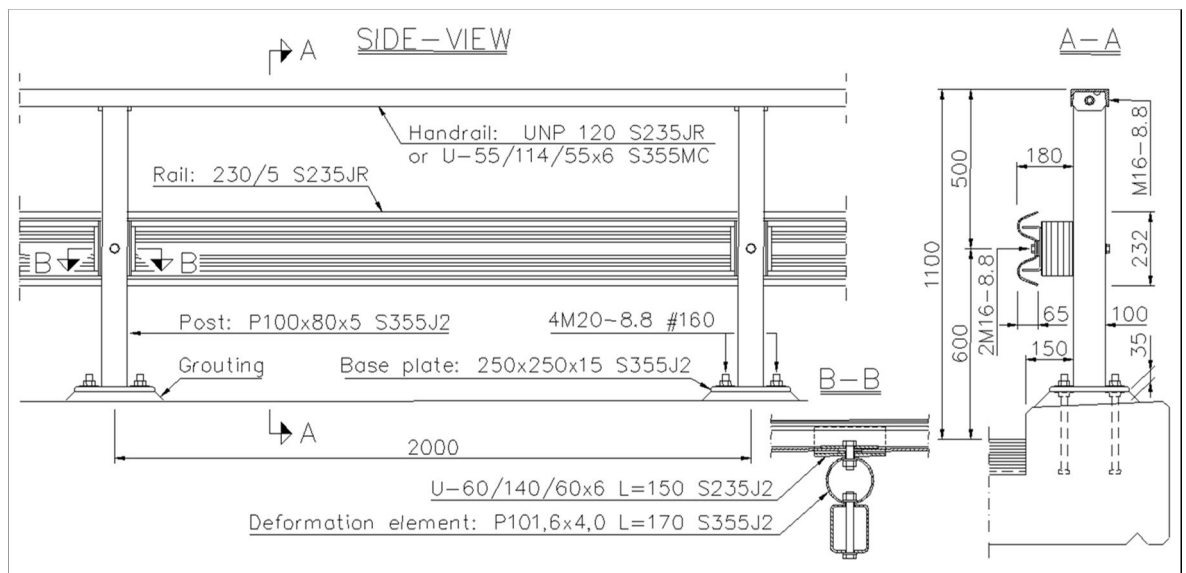
Listauksen kärkipään silloilla on pääasiassa väärä kaidetyyppi, mitä pisteytyksellä haettiin. Toisena ovat vilkkaasti liikennöityjen teiden pahoin vaurioituneet sillankaiteet. Pistemäärältään yli sadan riskipisteen olevien siltojen kaiteiden voidaan katsoa pääasiassa olevan suoraan uusittavia kaiteita. Noin 50 pistettä tai alle saaneet sillat ovat pääasiassa siltoja, joiden kaiteiden käyttöikä voidaan jatkaa vielä korjaamalla. Monissa näistä silloista riskipisteiden kertyminen johtuu katkenneesta tai irronneesta kaiteen osasta, mistä syystä sillankaiteet ovat saaneet korkean vaurioluokan. Tällaiset vauriot ovat kuitenkin korjattavissa yksittäisen rakenneosan uusimisella koko kaiteen uusimisen sijaan.

Vanhojen sillankaiteiden uusimiskohteiden priorisoidut listat ovat lähtökohta uusimiskohteiden mietinnässä. Lopulliset uusimispäätökset edellyttävät vielä tapauskohtaista harkintaa toimenpiteistä käytettävien resurssien puitteissa.

5 H1-LUOKAN KORKEA SILLANKAIDE

5.1 Vanhoille sillankaiteille tehdyt törmäystestit

Kun Suomessa tehtiin päätös siirtyä yleiseurooppalaisen standardin EN 1317 vaatimusten mukaisten sillankaiteiden käyttöön, tehtiin Tiehallinnon toimesta törmäystestit vanhalle DK1-putkipylväskaitteelle vuosina 1998 ja 1999. Testien tuloksia on esitelty Vesa Järvisen (2004) väitöskirjassa *Development of Vehicle Parapets with Safe Impact Performance for Bridges*. Törmäystesteissä tyyppiirustusten mukainen DK1-korkea sillankaide oli varustettu siltajohteella W230/5 ja kaidepylväät oli kiinnitetty reunapalkkiin pulttiliitoksella. Testaukset aloitettiin testaamalla kaide H3-luokan törmäyskuormilla eli 16 tonnin painoisella kuorma-autolla, jonka todettiin olevan täysin liikaa kaitteelle. Toinen testaus tehtiin vuonna 1999 H1-luokan raskaalla ajoneuvolla (paino 10 tonnia) ja kaidetta modifioitiin lisäämällä teräsputki-profiilista P101,6x5 tehdyt joustoelementit (deformation elements) johteen ja pylvään väliin, kuten kuviossa 21. (Järvinen 2004, 33–35.)



Kuvio 21. Avojohteella varustettu H1-luokkaan vahvistettu korkea DK1-sillankaide. (Järvinen 2004, 77, kuva 5.36)

Kuvion 21 mukainen kaiderakenne täytti H1-luokan raskaan ajoneuvon törmäyksessä asetet vaatimukset, vaikka kolme kaidepylvästä irtosi juurihitsistään täysin irti sekä kahden näitä lähimmän pylvään juurihitsaus irtosi osittain. Vaurioista huo-

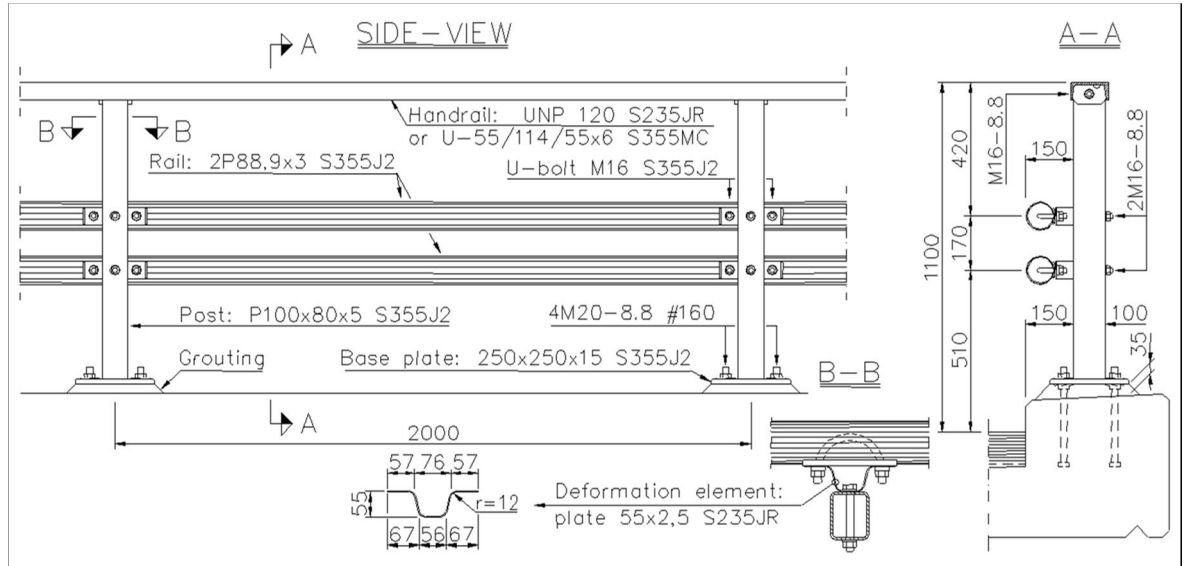
limatta kaide pysyi pystyssä ja ajoneuvo tiellä. Kuorma-auto ei säilynyt ajokuntoisena törmäystestistä. (Järvinen 2004, 35–37.)

Vaikka kaiteen kestävyys H1-luokkaan voitiin hyväksyä raskaalla ajoneuvolla tehdyn testin perusteella, tehtiin törmäystesti myös henkilöautolla, jotta voitiin varmistaa matkustajien turvallisuus kevyemmässä ajoneuvossa. Kaiteen rakenne todettiin testin perusteella liian jäykäksi. Henkilöauto romuttui törmäyksessä pahoin ja testissä mitattavista arvoista teoreettinen pään iskeytymisnopeus (THIV) ylittyi olleen 37 km/h, raja-arvon ollessa enintään 33 km/h. (Järvinen 2004, 38.)

Näiden törmäystestien perusteella kehitystyötä vanhan korkean sillankaiteen muuttamiseksi H1-luokan kaiteeksi jatkettiin uuden H2-sillankaiteen kehittämisen ohessa. Henkilöauton törmäystä oli tarkoitus keventää joustavammalla joustoelementillä johteen ja kaidetolpan välissä. Tietokoneanalyysien perusteella joustoelementiksi valittiin 2,5 mm:n teräslevystä valmistettu omegan muotoinen elementti. Lisäksi johteeksi valittiin H2-sillankaiteen tyyppiinustusten mukainen 2-putkijohde, joka koostuu kahdesta P88,9x4-teräsputkiprofiilista. (Järvinen 2004, 78–79.)

Uudelle kaiderakenteelle tehtiin törmäystestit henkilöautolla. Uusia törmäystestejä raskaalla ajoneuvolla ei tehty, koska testitulokset oli hyväksytyt jo aiemmissä testeissä. Ensimmäinen törmäystesti tehtiin vuonna 2000. Testissä kaideratkaisu todettiin edelleen liian jäykäksi. Viimeisessä törmäystestissä vuonna 2001 2-putkijohteen seinämän paksuus ohennettiin 3 millimetriin ja joustoelementin joustovaraa kasvatettiin 50 millimetristä 55 millimetriin. Törmäystestien tulokset parantuivat, mutta iskun jälkeisen pään hidastuvuuden arvo ylitti raja-arvon 20 g:tä olleen 22 g:tä. Jatkotarkasteluissa ja tietokonemallinnusten jälkeen päätettiin, että 2-putkijohteella varustettu kuvion 22 mukainen vahvistettu korkea DK1-sillankaide voidaan hyväksyä käytettäväksi H1-luokan sillankaiteena pääteiden ulkopuolella pääasiassa korjauskohteissa. Myös aiemmissä törmäystesteissä käytetty W230/5-johteella varustettu sillankaide voidaan hyväksyä H1-luokan kaiteeksi, kun johteen ja pylvään väliin lisätään putkiprofiilista tehty joustoelementti, jonka seinämävahvuus on 4 mm kuvion 21 mukaisesti. 2-putkijohteella varustettu sillankaide on kuitenkin kevyelle ajoneuvolle turvallisempi, koska johde ulottuu alemmaksi. (Järvinen 2004, 80–85.) Tämän kehitysprojektin jälkeen vanhojen sillankaiteiden vahvistaminen

H1-luokkaan on jäänyt vähälle huomiolle siltojen korjaussuunnittelussa. Parempien ominaisuuksien vuoksi kaiteen vahvistamiskohteissa tulevaisuudessa tullaan käyttämään 2-putkijohteetta W230/5-siltajohteen sijaan.



Kuvio 22. 2-putkijohteella varustettu H1-luokkaan vahvistettu korkea DK1-sillankaide.

(Järvinen 2004, 77, kuva 5.37)

Uudet johteet joustoelementteineen kaventavat sillan hyödyllistä leveyttä noin 50 mm molemmista reunoista eli yhteensä 100 mm. Tämä edellyttäen, että kaidepylväät on asennettu korkean sillankaiteen tyyppiirustuksen mukaisesti 150 millimetrin päähän reunapalkin sisäreunasta. Sillan hyödyllinen leveys on mitta, joka kertoo sillan vapaan kulkemislevyden. Hyödyllinen leveys ulottuu molemmissa reunoissa 50 mm reunapalkin sisäreunan yli. 2-putkijohteen asentamisen jälkeen johteen pinta on noin samalla kohdalla reunapalkin sisäreunan kanssa. Sillan hyödyllisen leveyden muuttaminen tarvitsee aina tienpitäjän eli ELY-keskuksen tai Liikenneviraston hyväksynnän.

5.2 Vanhan sillankaiteen vahvistaminen törmäsluokkaan H1

Vanhojen sillankaiteiden vahvistamisia luokkaan H1 ei ole tehty. Vähäliikenteisimmilläänkin teillä on päädytty kaiteen uusimiseen luokan H2-sillankaiteeseen. Tähän on kaksi syytä, vanhan kaiteen korjaaminen ja vahvistaminen mielletään kustannuksiltaan samantasoisiksi kuin uusiminen ja usein myös sillan reunapalkki

vaatii uusimista, jolloin kaiteen uusiminen on suora toimenpide. Seuraavissa luvuissa selvitetään edellytyksiä, milloin vanhan sillankaiteen vahvistaminen on mahdollista ja millaiset vahvistamisen kustannukset ovat verrattuna kaiteen uusimiseen.

5.2.1 Sillankaiteen vahvistamisen edellytykset

Jotta vanhaa sillankaidetta voidaan lähteä vahvistamaan ja korjaamaan, pitää sillankaiteen ominaisuuksista ja kunnosta saada luotettava kuva. On varmistettava ja tarkastettava, että vanha sillankaide on tyyppiirustusten mukainen. Alkuperäisen kaiteen valmistamisessa ja asennuksessa on voinut tapahtua virheitä tai kohteeseen on asennettu jostain syystä tyyppiirustuksista poikkeava kaide. Tällöin ei voida olettaa, että vanha sillankaide täyttää tyyppiirustusten mukaiselle vahvistetulle korkealle DK1-tyypin sillankaiteelle tehtyjen törmäyskokeiden vaatimukset. Tämä etenkin niissä tapauksissa, joissa poikkeavat rakenteet ovat tyyppiirustuksen rakenteita heikompia, mutta myös jäykempien rakenteiden vaikutus kaiteen toimintaan on huomioitava. Sillankaiteen kaidepylväsväli on mitattava. Kaidepylväiden keskinäinen etäisyys saa olla enintään 2 metriä.

Vanhalle korkealle DK1-tyypin sillankaiteelle tehtyjen törmäystestien perusteella kaiteen heikoin kohta on kaidepylvään juuren hitsaus kiinnityslevyyn. Testeissä kaidepylväät irtosivat hitsauksesta kokonaan irti kiinnityslevystä. Tästä johtuen pulttikiinnitteen sillankaiteen kaidepylvään juuren hitsauksen koko ja kunto tutkitaan pylväskohtaisesti. Samalla tutkitaan myös kaidepylvään juuren kunto teräsputkiprofiilin osalta.

Kaidepylvään juuren kunto korostuu erityisesti uppokiinnitetyn kaidepylvään tapauksessa. Törmäystesteissä on käytetty vain pulttikiinnitettyä kaidetta, mutta tuloksia voidaan soveltaa myös uppokiinnitetylle kaiteelle. Törmäystestissä käytetyn juuren hitsikiinnityksen koko on tyyppiirustusten mukaan a-mitta = 6 mm, joka vastaa noin 100x80x5 mm:n kaidepylvään perusaineen seinämän lujuutta. Näin ollen jo vaatimukset täyttäviä juurihitsejä ei ole kannattavaa lähteä vahvistamaan, mutta alle 6 mm:n a-mitan juurihitsaukset vahvistetaan. Jotta a-mitan kasvattamisesta yli 6 millimetriin saataisiin lisää lujuutta kaidepylvään juuren liitokseen, pitäisi

myös kaidepylvään juuren seinämiä vahvistaa, mikä nostaisi kaiteen vahvistamisen kustannuksia verrattuna kaiteen uusimiseen.

Sillan kaidepylväiden juurien yleisin vaurio on ruostuminen. Ruostuminen johtuu kovasta suola- ja kosteusrasituksesta. Siltojen kaiteiden pintakäsittely on tehty maalaamalla 1960-luvulle asti, jonka jälkeen kaiteet on suojattu kuumasinkityksellä ja korjauskohteissa ruiskusinkityksellä. Maalatuissa kaidepylväissä ruostumisen mahdollistaa maalauksen ikä, vauriot, kuluminen, virheellinen tai puutteellinen pintakäsittelytyö, niin sisä- kuin ulkopuolella tai huonosti rasitusta kestävä maalityyppi. Kuumasinkityissä kaidepylväissä ruostumista aiheuttaa liian tuoreen sinkkikerroksen tuhoutuminen, johtuen alkalisen betonin aiheuttamasta vetyreaktiosta tai huonosti tehty hitsausjatkos, johtavat ruostumiseen. (SILKO 2.331 2003, 1.)

Uppokiinnitetyissä kaidepylväissä on havaittu näkyvän ulkopuolisen korroosion lisäksi korroosiota kehittyvän myös kaidepylvään sisäpuolella ja juuren korokeyvalun sisällä. Jotta voidaan nojautua törmäystesteissä saatuihin tuloksiin, ei uppokiinnitetyn kaidepylvään juuressa voida hyväksyä korroosiosta johtuvaa rakenteen ohenemista lainkaan kaidepylvään seinämäpaksuuden ollessa 5 mm.

Uppokiinnitetyn vanhan kaiteen tarkastuksessa ennen vahvistamisen suunnittelua tarkastetaan korroosio kaiteen pylväiden juuresta silmämääräisesti, mittauksilla ja piikkilyöntitestillä Sillantarkastuskäsikirjan liitteenä olevan Teräksisten putkisiltojen yleistarkastusohjeen mukaisesti (Heikkinen 2009, 3). Piikkitestissä kaidepylvään juureen ruosteiseen kohtaan kohtisuoraan pintaa vasten asetetaan pistepuikko, johon lyödään pajavasaralla kymmenen kertaa (Sillantarkastuskäsikirja 2013, liite 7, 2). Piikki ei saa läpäistä kaidepylvään seinämää. Piikkitesti tehdään harkinnan mukaiselle määrälle kaidepylväitä. Piikkitestillä ei kuitenkaan voida varmistua kaidepylvään juuren sisäpuolen täydellisestä ruosteettomuudesta, vaan testillä löytyvät vakavimmat sisäpuolen piilevät ruostevauriot.

Uppokiinnitettyjen kaidepylväiden seinämän paksuudet kohteessa mitataan pistokoeluontoisesti pylväistä, joissa on nähtäviä vaurioita tai pienessä kohteessa, voidaan mitata kaikkien pylväiden seinämän paksuus. Uppokiinnitetyn kaidepylvään juuren seinämän paksuus voidaan todeta joko poraamalla pieni reikä kaidepylvään seinämään, josta seinämän paksuus mitataan, tai ainetta rikkomattomalla mene-

telmällä eli ultraääneen perustuvalla metallin paksuuden mittauslaitteella, kuten kuvassa 23. Seinämän paksuuden mittauksen voi tehdä myös mahdollisesta vedenpoistoreiästä. Mitattaessa reiästä seinämän paksuutta tulee myös varmistua, että koko mitattu seinämä on ehjää ruosteetonta terästä. Pylvään seinämän sisäpinnassa oleva ruostekerros voi antaa liian hyvän seinämän paksuuden. Ruosteetomuutta voi tarkastella silmämääräisesti porausreiästä. Myös pulttikiinnitteisten kaidepylväiden kunto on varmistettava.



Kuvio 23. Kaidepylvään seinämän paksuuden mittausta ultraäänimittarilla. (Harju 2013)

Myös sillankaiteen muut osat tarkastetaan silmämääräisesti ja mitataan pintakäsittelyn paksuus. Sillankaiteiden liikuntajatkosten riittävyys ja toimivuus on tarkastettava ja tarvittaessa laadittava suunnitelma niiden korjaamisesta. Sillankaiteiden ylä- ja välijohteiden ja niiden kiinnitysten tulee olla hyvässä kunnossa. Sillankaiteiden vaurioiden tulee olla korjattavissa paikallisesti maalaamalla tai yksittäisiä osia vaihtamalla, jotta korjaamistyön kustannukset eivät nouse liian korkeiksi verrattuna kaiteen uusimisen kustannuksiin.

Sillankaiteen varustelun osalta tulee tarkastella, aiheuttavatko mahdollisesti sillankaiteista puuttuvat varusteet turvallisuusriskin tien käyttäjille. Jos sillan alitse kulkee liikenneväylä, käytetään kaiteissa suojaverkkoa estämään aurauslumen puutoaminen alittavalle väylälle. Sillan reunassa olevan kevyenliikenteenkaistan reu-

nassa voi vaihtoehtoisesti käyttää sälekaidetta ja ratojen ylikulkusilloilla on käytettävä kosketussuojaseinämää tai -lippaa. (Siltojen kaiteet 2012, 10–11.)

Sillan, jonka vanhojen kaiteiden vahvistamista voidaan lähteä harkitsemaan, reunapalkkien tulee olla hyvässä kunnossa ja niille pitäisi olla odotettavissa reilusti yli 10 vuoden käyttöikä. Kuten Järvisen väitöskirjassa (2004, 85) todetaan, kuvion 22 mukaista vahvistettua H1-sillankaidetta voidaan käyttää korjauskohteissa pääteiden ulkopuolella. Tällöin talvikunnossapidon aiheuttama kloridirasitus kaidepylväille ja reunapalkeille voidaan olettaa vähäisemmäksi, ja vahvennetun sillankaiteen käyttöikä voidaan saada mahdollisimman pitkäksi.

Myös kaventuvan hyödyllisen leveyden vaikutus tulee selvittää tienpitäjän kanssa. Jos hyödyllistä leveyttä ei voida kaventaa noin 100 mm:llä, tarkoittaisi se kaidepylväiden siirtämistä ja reunapalkin leventämistä eli käytännössä sillankaiteen uusiminen on tällöin edullisempi ja järkevämpi vaihtoehto. Pääteiden ja erikoiskuljetusreittien ulkopuolella hyödyllisen leveyden pienenemisen tässä määrin ei pitäisi olla ongelma, ellei silta ole jo ennestään liian kapea.

5.2.2 Kaiteiden vahvistamisen soveltuminen esimerkkikohteisiin

Seuraavaksi on käsitelty kaksi esimerkkikohdetta, joissa on tarkasteltu vanhan sillankaiteen vahvistamisen edellytyksiä ja saavutettavaa hyötyä. Toisen kohteen tiedot perustuvat sillalle tehtyyn erikoistarkastukseen ja toisen sillankaiteille tehtyyn tutkimukseen, jossa on kartoitettu sillankaiteiden kuntoa ja kaiteelle tehtäviä toimenpiteitä. Kaiteille ei tehty priorisointipisteystystä, vaan arviointi perustuu täysin H1-luokkaan vahvistamisen edellytyksiin.



Kuvio 24. DK1-korkea sillankaide Markkasuvannon sillalla Rovaniemellä.

Kuviossa 24 on DK1-tyyppin sillankaide Rovaniemen Markkasuvannon sillalla, jossa erikoistarkastusraportin mukaan kaidepylväät ja johteet ovat hyväkuntoiset. Sil-tajohteessa on kunnossapitoajoneuvon aiheuttamia vaurioita ja yläjohteen kulmis-sa on pieniä paikallisia ruostevaurioita. Kannen reunapalkit ovat hyväkuntoiset, mutta oikean reunapalkin kloridipitoisuudet ovat hieman koholla. Joitakin kaidepylväiden juurivaluja oli lohkeillut. Sillalle oli tehty erikoistarkastus vuonna 2010. Sil-lan liikennemäärä on ollut 928 ajoneuvoa vuorokaudessa ja nopeusrajoitus 80 km/h. (Lauri 2010.)

Kyseinen Markkasuvannon silta täyttää kunnan ja siltapaikan puolesta edellytyk-set, jolloin vanhan sillankaiteen vahvistamista H1-luokan sillankaiteeksi voitaisiin lähteä suunnittelemaan. Sillalle tehtiin vuonna 2013 peruskorjaus, jossa korjaus-suunnitelman mukaan nykyiset kaiteet paikkamaalattiin, kaidepylväiden rikkoutu-neet juuret kunnostettiin ja juurien tippuputket aukaistiin ja puhdistettiin (Sil-tanylund Oy 2012). Sillan reunapalkkien kohonnut kloridipitoisuus ei ollut aiheutta-nut vaurioita betoniin, ja tien vähäisen suolauksen vuoksi vaurioituminen etenee

tuskin nopeasti. Reunapalkeille ei peruskorjauksessa tehty mitään, mutta vaihtoehtona voisi olla esimerkiksi jokin suoja-ainekäsittely kloridien tunkeutumista vastaan.



Kuvio 25. Pahoin ruostunut kaidepylvään juuri Ounasjoen sillalla Rovaniemellä. (Harju 2013)

Kuviossa 25 on pahoin ruostunut kaidepylvään juuri Ounasjoen sillalla Rovaniemellä. Tutkimuksessa vuonna 2013 mitattiin kaidepylvään seinämän paksuudeksi 4 mm (Harju 2013). Valokuvasta voi nähdä myös kaiderakenteiden olevan laajemmin ruosteessa ja reunapalkin betonin olevan vaurioitunut. Kyseisellä sillalla on myös katkenneita pylväitä. Useiden pylväiden seinämän paksuus on mittausten mukaan alle 5 mm. Tutkimusraportissa suositetaan vaihtamaan rikkiäiset kaidepylväät ja suojaamaan pahimmin vaurioituneiden kaidepylväiden juuret, jotta kaiderakenteet kestävät reunapalkin uusimiseen asti, joka on odotettavissa 10 vuoden sisällä. (Harju 2013.) Myöskään sillankaiteen vahvistaminen ei kaiderakenteiden ja reunapalkin huonon kunnon vuoksi tule kysymykseen kannattavana vaihtoehtona. Myös sillan sijainti valtatiellä neljä ja nopeusrajoitus 100 km/h puoltavat kaiteen uusimista H2-luokan kaiteeksi mahdollisimman pian.

5.2.3 Sillankaiteen vahvistamisen kustannukset

Sillankaiteiden korjaamisen ja vahvistamisen työmäärä riippuu kaiteiden kunnosta. Vähimmillään voidaan ajatella, että vahvistamisessa kaiteista irrotetaan vanha sil-tajohte, asennetaan uusi 2-putkijohde, kunnostetaan kaidepylväiden juuret ja varmistetaan kaidepylvään sisäpuolisen veden poisto. Kaiteen kunnosta riippuen toimenpiteinä tulevat lisäksi kysymykseen vaurioituneiden kaidepylväiden tai -johteiden vaihto sekä kaiteen paikkamaalaus, ylimaalaus tai ruiskusinkitys. Kaikki hinnat taulukoissa 8 ja 9 on esitetty ilman arvonlisäveroa.

Taulukko 8. Sillankaiteen vahvistamisen kustannusarvio.

Kustannusarvio			
DK1-korkean sillan kaiteen vahvistaminen luokkaan H1			
Toimenpide	Yksikkö	Yksikköhinta	€/kaidemetri
- Vanhan siltajohteen purku	m	10	10
- Reikien poraaminen uudelle johteelle kaidepylvääseen	kpl	5	5
- 2-putkijohde joustoelementit asennettuna, kuumasinkitty	m	48	96
- Kaiteen paikkamaalaukset	m ²	84	8
- Kaidepylvään juuren kunnostus	kpl	78	39
- Kaidepylvään tippuputkien aukaisu	kpl	45	23
		YHTEENSÄ	181

Taulukossa 8 oleva kustannusarvio on laskettu tapauksessa, jossa vanhan sillankaiteen vaatimat korjaustoimenpiteet ovat mahdollisimman vähäiset. Lisäksi kustannuksiksi tulevat ukkopylväiden purkaminen, vinopääteiden asennus kaiteen päihin ja liitoskappaleiden asennus 2-putkijohteen ja pengerkaiteen johteen välille. Nämä kustannukset tulevat mukaan kuitenkin myös sillankaidetta uusittaessa, joten niitä ei huomioida kaidemetrin hinnassa, jotta uusimisen ja vahvistamisen metrihinta olisivat vertailukelpoisia. Törmäys- tai ruostevaurioituneiden osien uusiminen nostaa myös sillankaiteen vahvistamisen kustannuksia.

Kuten aiemmin luvussa 3.1.4 mainittiin, sillankaiteen uusimisen metrihinta on noin 300 €/metri. Tämä hinta ei sisällä vanhan kaiteen purkamista. Näin ollen vahvistamisen ja korjaamisen metrihinta on lähes puolet edullisempaa. Toki vanhan sillankaiteen kunto vaikuttaa paljon kaiteen vahvistamisen hintaan. Näin voidaan

edellä esitettyä hintaa pitää vähimmäishintana kaiteen vahvistamiselle. Jos sillalta joudutaan esimerkiksi vaihtamaan useita kaidepylväitä vahvistamisen yhteydessä, nousee vahvistamistöiden kustannus kaiteiden uusimisen kustannusten tasolle. Oheisessa taulukossa 9 on esitetty suuntaa antavia yksikkökustannuksia korjaustoimenpiteille. Osa kustannuksista on Liikenneviraston Silava-ohjelmasta ja osa on urakoitsijoilta saatuja ohjeellisia hintoja ilman arvonlisäveroa.

Taulukko 9. Sillankaiteen ja reunapalkkirakenteiden ohjeellisia korjauskustannuksia.

Muita sillankaiteen vahvistamiseen liittyviä kustannuksia		
Toimenpide	Hinta €	Yksikkö
- Kaidepylvään uusiminen	150	kpl
- Säleikön asennus	110	mtr
- Suojaverkon asennus	100	mtr
- Reunapalkin laatipaikkaukset	300	m ² rtr
- Reunapalkin puhdistus, paikkaus ja pinnoitus	125	m ² rtr
- Reunapalkin impregnointi	22	m ² rtr

5.3 Vanhan sillankaiteen vahvistaminen ja korjaaminen

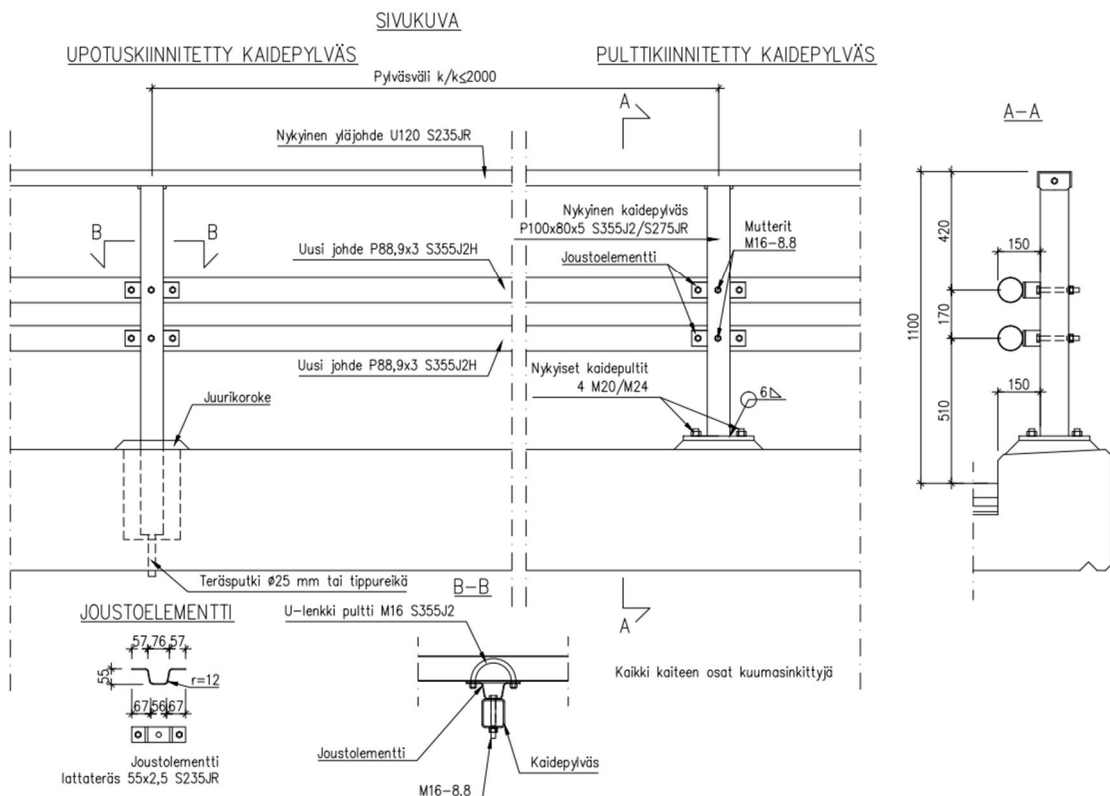
Vanhan sillankaiteen korjaamiseen ja vahvistamiseen liittyy useita siltapaikalla tehtäviä purku- ja kokoamistyövaiheita. Vanhat siltajohteet ja mahdolliset vaurioituneet rakenneosat irrotetaan. Kaiteesta tarkastetaan kaikkien rakenneosien kunto, liikuntajatkosten toimivuus ja kaidepylväiden juuret edellä esitellyn mukaisesti. Rakenneosista tarkastetaan ruostuminen, pintakäsittelyn paksuus ja osien suuruus.

5.3.1 Sillankaiteen vahvistaminen

Vahvistettavaksi suunnitellussa sillankaiteessa on todennäköisesti tyyppipiirustuksen Ko-1466 mukainen teräsjohte W230/5. Teräsjohte on kiinnitetty kaidepylväeseen yhdellä kaidepylvään läpi menevällä pultilla. Johteen keskikohta sijaitsee DK1-tyyppipiirustuksen mukaan 600 mm ajoradan pinnasta. Sillankaiteen vahvistamisessa 2-putkijohteella molemmat johdeputket kiinnitetään omalla pultilla kai-

depylvään läpi. Alemman johdeputken pultin korkeus on 510 mm ajoradan pinnasta, kuten TIEH H2 -sillankaiteen tyyppiinrakennuksissa. Sillankaiteen 2-putkijohteiden keskinäinen etäisyys on 170 mm. Näin ollen kaidepylväeseen joudutaan poraamaan reiät molempien uusien johteiden ja niiden joustoelementtien kiinnittämiseksi.

Uudet 2-putkijohteet ja joustoelementit valmistetaan konepajalla teräsputkiprofiilista P88,9x3 S355J2H, kuumasinkitään ja toimitetaan siltapaikalle asennusvalmiina. Johteet kiinnitetään kaidepylväisiin kuumasinkityillä pulteilla M16, lujuusluokka on 8.8. Sillankaidepylväiden jako on mitattava tarkasti ennen johteiden valmistusta, jotta joustoelementtien kiinnitysreiät tulevat oikealle kohdalle. Joustoelementtien mitat on esitetty kuviossa 26. Joustoelementit valmistetaan kuumasinkitystä 2,5 millimetriä paksusta teräksestä S235JR. Alla oleva piirustus kuviossa 26 korkean sillankaiteen vahvistamisesta perustuu Järvisen väitöskirjan (2004) kuvaan 5.37. Materiaalitietoja on päivitetty. DK1-sillankaiteen kaidepylvään materiaali on vuoden 2001 tyyppiinrakennussarjaan asti ollut myötölujuudeltaan 275 N/mm^2 , jonka jälkeen se on ollut 355 N/mm^2 . Samoin kaidepulttien koko on vaihdellut.

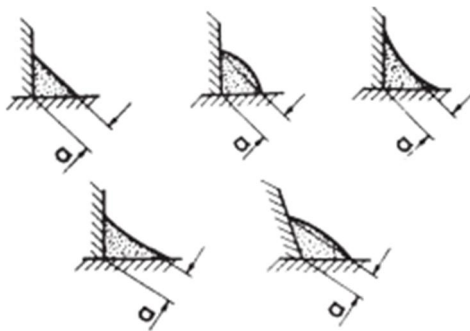


Kuvio 26. Päivitetty piirustus DK1-tyyppin korkean sillankaiteen vahvistamisesta H1-luokkaan. (perustuu Järvisen 2004, 77, kuva 5.37)

5.3.2 Vahvistamiseen liittyvät sillankorjaustyöt

Jotta vahvistettu H1-sillankaide saavuttaa käyttöikätaivoitteensa, korjataan edellä esitetyt kaiteen säilyvät osat ja reunapalkin paikalliset vauriot. Sillan kaiteen vahvistamisesta tulee laatia aina korjaussuunnitelma, joka voi myös olla osana muuta sillankorjaussuunnitelmaa. Muita peruskorjauksen yhteydessä tehtäviä töitä voivat olla esimerkiksi betonirakenteiden laastipaikkaukset, halkeamien injektioinnit, töhryjen poistaminen ja pintarakenteiden uusiminen.

Pulttikiinnitettyjen kaidepylväiden juurien hitsauksien koko ja kunto tarkastetaan ja tarvittaessa korjataan. Hitsausten on täytettävä tyyppiirustuksen mukainen 6 mm:n a-mittavaatimus. Lisäksi hitsien yhtenäisyys ja tasalaatuisuus tarkastetaan silmämääräisesti. Kuviossa 27 on esitetty hitsin a-mitan oikea määrittäminen erimuotoisilla pienahitseilla. Hitsin a-mitan mittaamiseen on olemassa erilaisia mittavälineitä. Alimittaiset hitsit vahvistetaan lisähitsillä, jotta vaadittava a-mitta 6 mm saavutetaan. Hitsaustyössä on suojattava läheiset kuumasinkityt teräspinnat. Hitsistä ja kaidepylvään juuresta sinkitys poistetaan ennen hitsausta. Hitsauksen vahvistamisen jälkeen hitsin onnistuminen tarkastetaan silmämääräisesti ja hitsattu kaidepylvään juuri ja aluslevy suojataan maalaamalla SILKO-ohjeen 2.331 *Kaidepylvään juuren kunnostus* -mukaisesti sinkkimaalilla. SILKO-ohjeissa 3.352 ja 2.331 on esitetty vaatimukset pintakäsittelytöiden olosuhteille, nimelliskalvon paksuudelle, kuivakalvon paksuuden mittaamiselle ja laadunvarmistustoimenpiteille ja -raportoinnille.



Kuvio 27. Pienahitsin a-mitan määrittäminen.
(SILKO 1.301 2010, 41)

Jos kaidepylvään juuri ja kiinnitys ovat pahasti vaurioituneita, voidaan yksittäiset kaidepylväät vaihtaa uusiin. Uusi kaidepylväs voidaan kiinnittää nykyisiin kiinnitys-

pultteihin, mutta kiinnitysruuvien kunto on tarkastettava. Jos vanhat kiinnityspultit ovat ruosteiset, ne poistetaan ja asennetaan uudet kiinnityspultit joko SILKO-hyväksytyllä juotoslaastilla tai CE-merkityllä kemiallisella ankkurointimassalla.

Uppokiinnitetetyt kaidepylväät tarkastetaan luvussa 5.2.1 esitettyllä tarkastusmenetelmällä. Yksittäiset pahoin ruostuneet kaidepylväät voidaan uusita. Kaidepylväiden juurikorokkeet uusitaan, jos pintavaurioluokka on 3 tai huonompi tai korokkeet ovat halkeilleet tai lohkeilleet. Juurikorokkeiden uusiminen on myös esitetty kaidepylvään juuren kunnostamisen SILKO-ohjeessa 2.331. Jos vanhoja juurivaluja ei uusita, ulotetaan kaidepylvään juuren kunnostusmaalaus vanhan kaidepylvään juuren päälle (SILKO 2.331 2003, 6).

Vähänkin pintaruosteessa olevat kaidepylvään juuret kunnostetaan ruostumisen pysäyttämiseksi. Ruostuneet alueet suihkupuhdistetaan SILKO-ohjeen 1.353 mukaiseen esikäsitteilyasteeseen Sa2,5 eli täysin ruosteettomiksi. Maalaus ulotetaan kaidepylväessä 20–30 mm ruostumattomalle alueelle ja rajataan teipillä. Maalaus tehdään SILKO-hyväksytyillä maalausmenetelmillä ja tuotteilla ja noudattaen valmistajan tuotekohtaisia työohjeita. Maalauksen aikana huolehditaan olosuhteiden tarkkailusta ja laaturaportoinnista. (SILKO 2.331 2003, 4-8.)

Mualla sillankaiteissa olevat vaurioituneet kaideosat paikkamaalataan SILKO-ohjeen 2.351 *Kaiteen paikkamaalaus* mukaisesti. Jos kuuma- tai ruiskusinkityn kaiteen sinkkikerros on alle 50 µm, on kaiteille tehtävä uusintamaalaus SILKO-ohjeen 2.354 *Vanhan ja uuden sinkkipinnoitteen maalaus* mukaisesti. Paikkamaalaukset on tehtävä SILKO-hyväksytyillä tuotteilla ja siististi rajaten vanhaan pintakäsittelyyn sopivaksi. Sillankaiteet pestään kaikesta liasta ennen pintakäsittelytyöiden aloitusta. Esikäsitteily tehdään käsin kaapimalla, koneellisesti hiomalla ja harjaamalla. Paikkamaalaus tehdään siveltimellä käytettävän tuotteen työohjeiden mukaisesti. Sekä esikäsitteilyssä ja maalauksessa on kiinnitettävä huomiota saumoihin ja teräviin kulmiin. Näiden pintakäsittelyn onnistuminen varmistetaan ylimääräisellä kerroksella välimaalia. Työn laadunvarmistus ja raportointi tehdään vaatimusten mukaan. (SILKO 2.351 2004, 2-6.)

Kaikista pintakäsittelytyöistä silloilla laaditaan InfraRYL:in ja Liikenneviraston ohjeistuksien mukaiset työsuunnitelmat ja laatuasiakirjat. Teräsrakenteiden pintakäsitte-

lyjen onnistumisten kannalta työn aikaisilla sääolosuhteilla on suurin merkitys. Olosuhteita ja lämpötilaa kastepisteen suhteen on tarkkailtava säännöllisesti työn aikana. Laaturaportit mittaustuloksineen luovutetaan tilaajalle työn jälkeen.

Sillankaiteen uppokiinnitettyjen putkipylväiden sisälle kertyvän veden poistuminen on varmistettava sillankaiteen vahvistamisen yhteydessä. Veden poiston toimivuudella on suuri vaikutus kaidepylvään sisäisen korroosion kehitykseen. Lisäksi jäänyt vesi voi vaurioittaa kaidepylvästä tai halkaista ja lohkaista betonia reunapalkin ala- ja sivupinnoilta. Kaidepylvään juuressa olevat tippuputket tai -reiät aukaistaan. Jos tippuputkia ei ole, tehdään tippuputket tai vedenpoistoreiät kaidepylvään juureen. Liikenneviraston SILKO-ohjeessa 2.612 *Tippureiän teko kaidepylvään juureen* on esitetty työvaihekohtaisesti tippureiän tekeminen kaidepylvään juureen. Reikä porataan yleensä reunapalkin alapinnasta, mutta poraussyvyyden ollessa yli 300 mm, voidaan reikä porata viistosti reunapalkin sivusta. (SILKO 2.612 1990, 1-4.)

Muita vahvistettavalle sillankaiteelle tehtäviä toimenpiteitä ovat pahoin ruostuneiden tai taipuneiden kaiteen johteiden, pylväiden tai kiinnitysosien uusiminen tai korjaaminen. Uusittavat osat on valmistettava alkuperäisten mukaisiksi, ja osien ja kiinnitysosien tulee olla kuumasinkittyjä. Lisäksi sillankaiteiden liikevarojen riittävyys ja toiminta on varmistettava ja tarvittaessa jatkokset on kunnostettava erillisen korjaussuunnitelman mukaan.

Sillan reunapalkin tulee sillankaiteen vahvistamiskohteessa olla lähtökohtaisesti hyväkuntoinen. Reunapalkin paikalliset ruoste-, rapautumis- ja lohkeamavauriot voidaan korjata laastipaikkauksella tai valamalla muottia vasten. Betonirakenteiden korjauksesta siltarakenteissa on esitetty SILKO-ohjeissa 2.231 *Paikkaus ilman muotteja* ja 2.232 *Paikkaus muottien avulla*. Reunapalkeissa olevat liian suuret halkeamat injektoidaan epoksilla. Korjaustyöt laatuvaatimuksineen esitetään sillan korjaussuunnitelmassa.

Betonipinnan vaurioitumista voidaan hidastaa suojaamalla reunapalkit impregnointiaineella. Impregnointi tiivistää betonipinnan ja hidastaa kosteuden ja suolojen tunkeutumista betoniin. Impregnointikäsitely uusitaan yleensä viiden vuoden vä-

lein. Jos betonirakenteessa esiintyy pintaa syvemmälle edennyttä verkkohalkeilua, ei impregnoinnista ole enää hyötyä. (SILKO 2.252 2004, 1.)

Silloilla, joilla reunapalkkien sijasta on kansilaatan reunan päälle valettu reunakaista, on sen korjaaminen mahdotonta. Kannen vedeneristys on usein tehty reunakaistan ja kannen välistä, jolloin kannelta valuvat vedet ovat vaurioittaneet myös kannen kyljen. Tällöin kaiteiden uusiminen on järkevä toimenpide uuden reunapalkin teon yhteydessä.

Näillä toimenpiteillä saadaan pidennettyä sillankaiteen ja siihen liittyvien rakenteiden käyttöikää ainakin 10 vuotta. Tällöin vanhan sillankaiteen vahvistaminen luokan H1-sillankaiteeksi on taloudellisesti kannattavaa ja kaiteiden uusiminen voidaan siirtää osaksi isompaa peruskorjausta. Vahvistaminen vaatii aina tarkkaa tutkimusta nykyisistä rakenteista, jotta voidaan todeta vahvistamisella saavutettavan tehtyihin törmäystesteihin ja laskelmiin verrattava rakenne. Muussa tapauksessa vahvistamisesta ei ole hyötyä, vaan voidaan korjata kaiteiden pikaista korjaamista vaativat vauriot ja odottaa, että kaiteet uusitaan osana isompaa peruskorjausta sillalla. Kaiteiden vahvistaminen H1-luokan kaiteeksi voikin olla kustannustehokkain menetelmä silloilla, joilla on varsin uudet ja hyväkuntoiset DK1-tyyppin korkeat sillan kaiteet ja vahvistaminen tehdään liikenteen turvallisuuden parantamiseksi, eikä niinkään vaurioitumisen korjaamiseksi. Tällöin voidaan odottaa vielä 30 vuodenkin käyttöä vahvistetulle kaiteelle.

6 LOPPUPÄÄTELMÄT JA JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

Opinnäytetyön päätarkoitus alun perin oli luoda Siltarekisterin tietoihin pohjautuva menetelmä vanhojen sillan kaiteiden uusimiskohteiden priorisoimiseksi. Opinnäytetyön teon aikana lisättiin työhön edellytysten ja toteutuksen kuvaus vanhan DK1-tyyppin sillankaiteen vahvistamisesta H1-luokkaan. Opinnäytetyöprosessin aikana kävi myös ilmi, että Liikenneviraston Siltarekisterin yhteydessä olevassa Hankekohtaisessa siltojen hallinta-ohjelmassa on jo olemassa ominaisuus siltojen pisteyttämiseksi kaiteiden tai jonkun muun rakenneosan vaurioitumisen mukaan. Loppujen lopuksi opinnäytetyössä päädyttiin täydentämään olemassa olevaa Hanke-Sihan pisteytysmenetelmää lisäämällä kriteerejä, jotka vaurioitumisen lisäksi vaikuttavat sillankaiteiden uusimisen kiireellisyyteen ja vanhojen kaiteiden liikenteelle aiheuttamiin riskeihin.

Kulmateräskaiteiden löytämisessä Siltarekisteristä osoittautui ongelmaksi se, ettei tarkastuksien yhteydessä ollut kirjattu vauriomerkinä, vaan pelkästään kommentti väärästä kaiderakenteesta. Siltarekisteristä voi ajaa suoraan valmiin raportin silloista, joilla on väärä kaidetyyppi, mutta tarkastuskommenteista tällaista ajoa ei voi tehdä. Liikenneviraston Sillantarkastuskäsikirjan mukaan kommentin lisäksi myös vauriomerkinä tulee kirjata tarkastuksessa.

Alun perin kaiteiden pistetykseen ajateltiin otettavaksi mukaan myös tekijöitä liittyen siltaympäristöön ja tien geometriaan siltapaikalla. Työn aikana todettiin varsinkin tien geometriaan liittyvien kriteerien tarkastelun Siltarekisterin pohjalta olevan vaikeaa. Lähinnä sillan valokuvista voisi päätellä siltapaikan ympäristöä. Koska työssä oli tarkoitus tarkastella siltoja yleisesti kattavalla menetelmällä, olisi näin tarkka tietojen hakeminen tehnyt priorisoinnista erittäin aikaa vievää ja tapauskohtaista. Ainoana siltapaikasta kertovana kriteerinä on mukana sillan käyttötarkoitus. Nopeusrajoitus määrittelee tien geometriasta riippumatta kaiteiden kestävyysmerkitystä törmäystilanteissa. Tehtäessä lopullisia päätöksiä uusimiskohteista tulee tietysti vielä tarkastella tien geometrian, sillan poikkileikkauksen ja siltapaikan luomia riskitekijöitä muun muassa käymällä siltapaikalla.

Siltojen ylläpidon rahoituksen ollessa alimitoitettua tai jopa pienenevän, tarvitaan priorisointia siltojen korjausten ja yksittäisten rakenneosien korjausten järjestämi-

seen. Hanke-Sihan työkaluilla voidaan tehdä vaurioitumiseen perustuvia priorisointeja myös muille siltojen päärakenneosien korjaamisille. Kaiteiden lisäksi lähinnä päällysteen vaurioitumisella on merkittävä vaikutus liikenteen turvallisuuteen. Liikenteelle aiheutuvan riskin pisteytystä voidaan soveltaen käyttää Hanke-Sihan pisteytystä täydentävänä myös muiden rakenneosien tarkastelussa, jos se nähdään aiheelliseksi.

Vertailtaessa Hanke-Sihan toimenpideohjelman muodostamaa listausta silloista ja riskipisteytyksellä täydennettyä listausta, voidaan huomata kulmateräskaitteilla varustettujen siltojen nousseen paremmin esille riskipisteytyksen jälkeen. Kiireellisempien kohteiden joukossa on samoja siltoja molemmissa listoissa, mutta priorisoitu järjestys on hieman eri. Hanke-Sihan listauksessa onkin kärkipäässä myös siltoja, joilla on DK1-tyyppin korkeat sillankaiteet ja vauriot ovat korjattavissa. Hanke-Sihan pisteytyksessä esimerkiksi törmäysvauriot tai yksittäinen katkennut pylväk nostavat sillan saamia pisteitä.

Vanhojen sillankaiteiden uusimisen priorisoimisessa saavutettiin asetetut tavoitteet. Jatkokehityksenä voisi tehdä tarkemman pisteytyksen tässä työssä tehdyn listauksen kärkipään silloille siltapaikoilla käynnin perusteella. Tällöin myös tien geometria ja sillan ympäristö tulisivat huomioiduiksi. Sillan poikkileikkauksen vaikutus kaiteiden merkitykselle tulee myös arvioida. Sillan reunoilla mahdollisesti olevat korotetut kevyenliikenteen kaistat vähentävät kaiteen merkitystä ajoneuvo liikenteen kannalta, kun taas kapea poikkileikkaus korostaa kaiteiden merkitystä liikenteen turvallisuudelle. Myös reunapalkkien kunnan vaikutuksen kaiteiden uusimisen ajankohtaan voisi lisätä arviointikriteeriksi.

Tämän opinnäytetyön teon yhteydessä laadittiin listaukset Lapin ja Uudenmaan ELY-keskuksen alueen silloille. Opinnäytetyössä kehitetyllä menetelmällä tullaan käymään läpi ja pisteyttämään myös muiden ELY-keskusalueiden siltojen kaiteiden liikenteelle aiheuttama riski ja laaditaan priorisoidut listaukset kaiteiden uusimiskohteista.

Vanhan DK1-tyyppiin piirustussarjan mukaisen korkean sillankaiteen vahvistaminen H1-luokan sillankaiteeksi on mahdollista ja kannattavaa aiemmin luvussa 5.2 esitettyjen edellytysten perusteella. Sillankaiteiden uusimisen ja vahvistamisen

kustannusten vertailu on yleisellä tasolla hyvin suuntaa antavaa, joten päätös sillankaiteiden vahvistamisesta tulee tehdä aina tapauskohtaisesti nykyisten rakenteiden tutkimisen jälkeen. Huomioitavaa on, että vahvistamisesta saatavan hyödyn saavuttamiseksi kaiteiden ja reunapalkin on oltava nykytilassaan hyväkuntoisia, jotta rakenteiden voidaan odottaa saavuttavan tavoitellun käyttöiän. Tämän vuoksi myös sillankaiteiden vahvistamisen yhteydessä on huolehdittava etenkin pylväiden juurien kunnan varmistamisesta ja niiden kuivatuksen sekä reunapalkkirakenteen kunnostamisesta.

Tulevaisuudessa, jos vanhoja sillankaiteita lähdetään vahvistamaan H1-luokkaan, on järkevää laatia SILKO-ohje tai erillinen työohje piirustuksineen sillankaiteen vahvistamisesta. Näin vältetään erilaisilta urakoitsijoiden ja eri tilaajien tekemiltä vahvistamisratkaisuilta. Ohjeessa tulee myös esittää vaatimukset, jotka vanhan sillankaiteen tulee täyttää, ja miten kaiteet tarkastetaan ennen vahvistamistyön suunnittelua. Vanhan kaiteen korjaamisessa tulee myös huomioida Liikenneviraston *Siltojen kaiteet* -ohjeessa esitetyt vaatimukset kaiteiden lisävarusteiden, kuten välilohteiden ja suojaverkon, käyttämisvaatimuksista. Säleikköjen ja verkkoelementtien lisääminen kaiteeseen voisi tulla kyseeseen, jos kaiteen jäljellä olevaksi käyttöiäksi voidaan odottaa kymmeniä vuosia. Viimeisimmissä asennetuissa DK1-tyyppin korkeissa sillankaiteissa varusteet ovat todennäköisesti jo valmiiksi asennettuina. Muutenkin vahvistamisen edellytykset täyttävät kaiteet ovat pääasiassa 1980- ja 1990-luvuilla asennettuja. Myös 1990-luvun lopulta asti käytetty vahvemasta S355-teräksestä tehty kaidepylväs mahdollistaa paremman lopullisen rakenteen.

DK1-kaiteiden törmäystesteissä on käytetty kaidepylväissä terästä S355. Vesa Järvisen (2004) väitöskirjassa ei ole otettu erikseen kantaa tulosten soveltuvuudesta vanhempiin teräksestä S275 tehtyihin kaidepylväisiin, vaan on todettu vain tyyppiin piirustusten mukaisten kaiteiden täyttävien vaatimukset. Kaiteiden vahvistamiseen liittyvän ohjeistuksen kehittelyn yhteydessä tulee analysoida lujuuseron merkitystä eri aikakausien DK1-kaiteiden kestävyys.

Kustannusvertailu kaiteille suoritettavien toimenpiteiden, lähinnä uusimisen ja korjaamisen, välillä on yleisellä tasolla vaikeaa ja suuripiirteistä. Toimenpiteiden päättäminen tuleekin tehdä loppujen lopuksi siltakohtaisesti. Yleisellä tasolla voidaan

päätellä, että kaiteiden vahvistaminen voi olla kustannustehokkaampaa kuin kaiteiden uusiminen, jos vahvistetulle kaiteelle odotettavissa oleva käyttöikä on vähintään 10 vuotta, mieluummin enemmän. Vahvistamisen hintaluokaksi saatiin noin 180 €/m, uusimisen hinnan ollessa purkukustannuksineen noin 300 €/m. Kaiteen vaurioitumisen vaatimat korjaustyöt nostavat vahvistamisen hintaa lähemmäksi uusimisen hintaa. Vahvistamisella voidaan taata kaiteille täysi käyttöikä kohteissa, joissa reunapalkin uusiminen ei vielä vaadi kaiteiden uusimista. Myös reunapalkkien jonkinlaista manttelointivalua kaiteet säästään ja vahvistaen voisi mahdollisesti harkita ja tutkia kaiteiden vahvistamisen yhteydessä.

Vanhan kaiteen vahvistaminen voisi olla tapa varmistaa alle 30 vuotta vanhoille hyväkuntoisille kaiteille mahdollisimman pitkä käyttöikä liikenneturvallisuutta vaarantamatta. Nykyaikaisille betonirakenteille, mukaan lukien reunapalkit, on myös odotettavissa pidempi käyttöikä. Kaiteiden vahvistamiskohteita voitaisiinkin etsiä reunapalkkien ja kaiteiden kuntoarvion 0 ja 1 saaneista eli uudenveroisista ja hyväkuntoisista rakenteista. Kuntoarvion 2 eli välttävän, saaneiden rakenteiden soveltuvuus vahvistamiskohteeksi vaatii jo tarkempaa arviota vaurioitumisesta ja sen vaikutuksista vahvistamisen kustannuksiin.

LÄHTEET

- Hanke-Siha. 2015. Hankekohtainen siltojen hallintajärjestelmä. [Tietokoneohjelma]. Liikennevirasto.
- Harju, T. 2013. Ounasjoen silta L-1493. Kaiteiden tarkastus 9.10.2013. Liikennevirasto. Raportti. Julkaisematon.
- Heikkinen, A. 2009. Maantiesiltojen upotuskiinnitteisten kaidepylväiden juurien korroosion tutkiminen. Tiehallinto. Raportti 6.11.2009. Julkaisematon.
- Järvinen, V. 2004. Development of Vehicle Parapets with Safe Impact Performance for Bridges. Väitöskirja. Tampere: TTY-paino. Tampereen teknillinen yliopisto, Julkaisuja 463.
- Kettunen, S., Kähkönen, A., Söderqvist, M-K. 2004. Hanke-Sihan käsikirja. Tiehallinnon ohjeita. Luonnos 17.5.2004. Julkaisematon.
- Lauri, T. 2010. Siltojen erikoistarkastukset 2010 L-374 Markkasuvannon silta. Kiratek Oy. Erikoistarkastusraportti. 29.11.2010. Julkaisematon.
- Liikennevirasto. 31.12.2012. TIEH H2 –sillankaide, 2-putkijohde. Harva kaide. R15/DK H2-1. Tyypipiirustus.
- Liikennevirasto. 8.10.2013. Sillat ja tunnelit. [Verkkosivu]. Liikennevirasto. [Viitattu 12.11.2014]. Saatavana:
http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/liikenneverkko/tiet/sillat_tunnelit#.VUJyLpOzG0c
- Liikennevirasto. 12.6.2014. Tienumerokartat. [Verkkosivu]. Liikennevirasto [Viitattu 4.1.2014]. Saatavana:
<http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/liikenneverkko/tiet/tienumerokartat#.VKmPN3u99Ko>
- Liikennevirasto. 4.3.2015. Arkisto – Tyypipiirustukset. [Verkkosivu]. Liikennevirasto [Viitattu 17.3.2015]. Saatavana:
http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/urakoitsijat_suunnittelijat/vaylanpidon_ohjeet/arkisto/tyypipiirustukset#.VQflh9gcSHs
- SILKO 2.252. 2004. Betonipinnan impregnointi (02/04). Siltojen korjausohjeet. [Verkkojulkaisu]. Liikennevirasto. [Viitattu 5.2.2015]. Saatavana:
<http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2252.pdf>

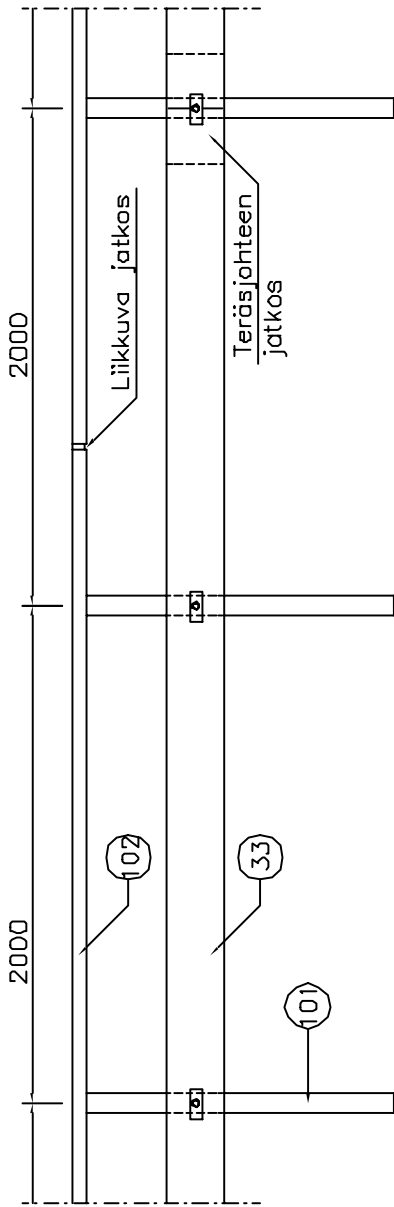
- SILKO 2.311. 2004. Sillankaiteen uusiminen (02/04). Siltojen korjausohjeet. [Verkkojulkaisu]. Liikennevirasto. [Viitattu 4.2.2015] Saatavana: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2311.pdf>
- SILKO 2.331. 2003. Kaidepylvään juuren kunnostus (01/03). Siltojen korjausohjeet. [Verkkojulkaisu]. Liikennevirasto. [Viitattu 5.2.2015]. Saatavana: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2331.pdf>
- SILKO 2.351. 2004. Kaiteen paikkamaalaus (02/04). Siltojen korjausohjeet. [Verkkojulkaisu]. Liikennevirasto. [Viitattu 5.2.2015]. Saatavana: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2351.pdf>
- SILKO 2.612. 1990. Tippureiän teko kaidepylvään juureen (03/90). Siltojen korjausohjeet. [Verkkojulkaisu]. Liikennevirasto. [Viitattu 5.2.2015]. Saatavana: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio2/s2612.pdf>
- Sillantarkastuskäsikirja. 2013. Helsinki. Liikenneviraston ohjeita 26/2013. Liikennevirasto.
- Siltakuvat. 2015. L-396 Ounasjoen salmen silta. Vauriovalokuva. [Valokuva] Liikennevirasto.
- Siltanylund Oy. 2012. Kt 79 parantaminen Markkasuvannon sillan kohdalla, Rovaniemi, Markkasuvannon silta (L-374). Korjauspiirustus 1. Julkaisematon.
- Siltarekisteri. 2015. Siltatietojen hallintajärjestelmä. [Tietokoneohjelma]. Liikennevirasto.
- Siltarekisteri. 6.2.2015. Siltarekisteri. [Verkkosivu]. Liikennevirasto. [Viitattu 9.2.2015]. Saatavana: http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/urakoitsijat_suunnittelijat/taitorakenteet/taitorakennerekisteri#.VNiuA9gcSHt
- Siltarekisterin peruskurssi 7.-8.2.2012. Luentoaineisto. Liikennevirasto. Siltarekisterin peruskurssi. Julkaisematon.
- Siltojen kaiteet. 2012. Helsinki. Liikenneviraston ohjeita 25/2012. Liikennevirasto.
- Suomen tiesillat 1.1.2010. 2010. Helsinki. Liikenneviraston tiesillaston rakenne, palvelutaso ja kunto. Liikenneviraston tilastoja 3/2010. Liikennevirasto.
- Söderqvist, M-K, Kähkönen, A, Kettunen, S. 2010. Hanke-Sihan opaste, versio 4.0.8. Liikennevirasto. Lokakuu 2010. Julkaisematon.
- Tielaitos. 25.9.1992. Korkea sillankaide. Kolokiinnitys korkeaan reunapalkkiin. R15/DK 1—6. Tyypipiirustus.

- Tie- ja vesirakennushallitus. 3.11.1945. Teräksinen ajotiekaide BE12 / Kaidepiirustus 1. Tyypipiirustus.
- Tie- ja vesirakennushallitus. 29.3.1958. Teräksinen ajotiekaide DK/3 / Kaidepiirustus 13. Tyypipiirustus.
- Tie- ja vesirakennushallitus. 11.12.1964. Normaalirakenne Teräksinen sillankai-teen runko. Tyypipiirustus DK/16-1.
- Tie- ja vesirakennushallitus. 30.1.1978. Korkea sillankaide 27/DK1-1. Tyypipiirustus
- Tie- ja vesirakennushallitus. 9.4.1979. Korkea sillankaide. Pulttikiinnitys matalaan reunapalkkiin. R15/DK 1–9. Tyypipiirustus.
- Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat. 31.1.2015. Maanrakennuskustannusindeksi. Sillanrakennustyöt. [Verkkosivu]. Tilastokeskus. [Viitattu 31.1.2015]. Saatavana:
http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_hin_maku/020_maku_tau_102.px/chart/chartViewColumn/?rxid=09c5b387-944c-40f4-bf32-792f30296a6a
- Tirkkonen, T. 16.3.2014. Siltojen uudet teräskaitteet – Kaiteiden hyväksyminen törmäyskokeiden avulla. Esitelmäaineisto. Siltojen teräsrakenteiden valmistuksen, asennuksen ja pintakäsittelyn neuvottelupäivät, 30.–31.1.2004. Tampere.
- Tompuri, V. 29.1.2015. Väylänpidon budjettiraha ei riitä – mikä neuvoksi? [Verkkosivu]. Liikennevirasto. [Viitattu 5.2.2015] Saatavana:
http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/uutiset/uutiset_2015/Uutiset_12_2015/20150129_vaylanpidon_pito#.VNM3rdgcSHs

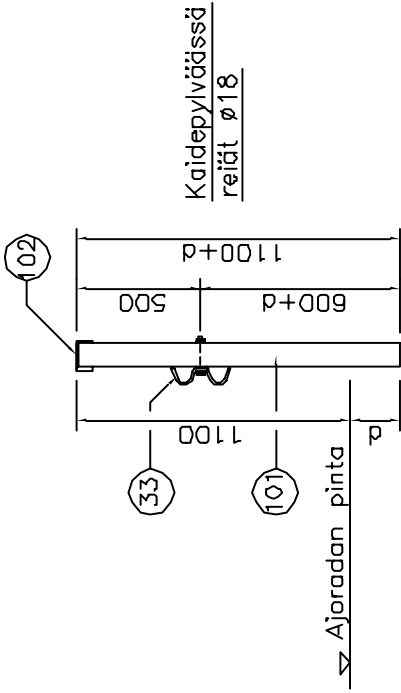
LIITTEET

1. DK 1-1 Korkea sillankaide, harvakaide (19.9.2001), tyyppiirustus
2. Toimenpideohjelmanraportti Hanke-Sihasta Lapin ELY-keskuksen silloista
3. Kuva Excel-taulukon Pisteytys-välilehdeltä
4. Priorisoitu lista Lapin ELY-keskusalueen uusittavista sillankaiteista
5. Priorisoitu lista Uudenmaan ELY-keskusalueen uusittavista sillankaiteista

HARVA SILLANKAIDE 1:20



PYLVÄS
1:20



Hitsausluokka:

Yläjohteen ja kaidepylvään päittäishitsit B, muut hitsit C.

Teräsosien kuumasinkitys:

Yläjohde (102), kaidepylväs (101) ja teräsjohtehde (33) SYL 4.5.4.1, muut osat SFS-EN ISO 1461

Osa 102 voidaan vaihtoeikaisesti valmistaa kylmämuovatusa profiilista U115*55*6, Fe 510 D.

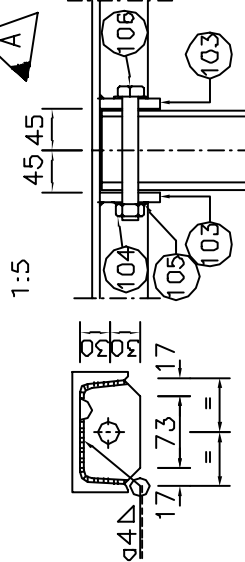
OSALUETTELO

OSA	NIMI	MITAT - STANDARDI - TERÄSLAATU
33	Teräsjohtehde	Piir.n:o Ko-1466
101	Kaidepylväs	100*80*5-1090+D S355J2G3
102	Yläjohde	U 120 SFS 2026 S235JR
103	Laatta	60*105*10 S235JR
104	Kuusiomutteri	M16-8 SFS-ISO 4032
105	Aluslaatta	20-140 HV SFS-ISO 7091
106	Kuusioruuvi	M16*125-8.8 SFS-ISO 4014

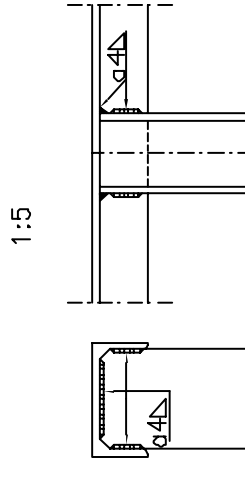
A/19.9.01	HITSIT, DETALJIT	TOS/
MERKKI/pvm	MUUTOS	TEHNYT
TARKASTANUT		
Tielaitos Siltakeskus		
KORKEA SILLANKAIDE		
MITAK.		
1:20, 1:5		
PIIRT.	22.02.95 RNN	
SUUNN.	12.6.78 Aimo Lehtomas	
TARK.	03.03.95 Timo Järvenpää	
HVY.	03.03.95 Matti Kuusivaara	
		PIIR.NRO
		R15/DK 1-1

FILE: DK1-1

Yläjohteen kiinnitys pylväaseen kuusiiruuvilla



Yläjohteen kiinnitys poikkeustapauksessa pylväaseen hitsaamalla



Teräsjohtehde: Kuvien Ko-1466 ja Ko-2484 mukaan. Liikuntasauman kohdalle on järjestettävä riittävä liikevara käyttämällä johteen jatkoa liikuntasauman vierisessä pylväissä (liikevara -10...+20 mm), kuvan Ko-1469 mukaista erikoisosaa liikunta-saumanvälissä (liikevara ±50 mm) tai erikseen esitettävällä tavalla.

Yläjohteen jatkaminen: Yläjohteen liikkuvat jatkokset kuvan R15/DK 1-2, tai kuvan R15/DK 1-12 mukaan. Liikkuvien jatkosten paikat esitetään silta-suunnitelmassa. Muut jatkokset ovat hitsaus- tai pultti-jatkoksia kuvan R15/DK 1-12 mukaan.

Kaitteen kiinnitys siltaan: Kaitteen kiinnitys silta-suunnitelmassa ilmoitetun piirustuksen mukaan.

Kaitteen paino: 38 kg/m

Viistetään 4*4

Viiste 10*10

