

Matti Keimiöniemi

SIVUSIIRRETTÄVÄN SILLAN AIKATAULUTUS JA RESURSOINTI

SIVUSIIRRETTÄVÄN SILLAN AIKATAULUTUS JA RESURSOINTI

Matti Keimiöniemi
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma, infra- ja viherrakennustekniikan
suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Matti Keimiöniemi
Opinnäytetyön nimi suomeksi: Sivusiirrettävän sillan aikataulutus ja resursointi
Opinnäytetyön nimi englanniksi: Scheduling and resources of slide-in bridge
Työn ohjaaja: Jarmo Erho
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020
Sivumäärä: 38

Teräsbetonia käytetään Suomessa selkeästi eniten siltojen rakennusmateriaalina. Siltoja tehdään suurin osa paikallaan valamalla. Rautateiden siltojen rakentamiseksi tällainen työskentelytapa ei kuitenkaan sovi.

Työn tavoitteena oli tuoda esiin siltojen nykytilannetta Suomessa sekä havainnollistaa tulevaisuudessa tapahtuvaa siltoihin kohdistuvaa korjaustarpeita. Tarkoituksena oli nostaa esiin hyötyjä sillan sivustasiirtotekniikan hyödyntämistä myös muualle sillanrakennukseen.

Työn tuloksena syntyi tietopaketti nykyisten siltojen kunnosta ja katsaus sivustasiirretyn kaukalopalkkisillan vaatimiin menetelmiin ja resursseihin.

Asiasanat: rautatiesillat, radanpito, sillanrakennus, siltasuunnittelu, sivustasiirtotekniikka

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty Destia Oy:lle. Työn tilaajan edustajan toimi työpäällikkö Ville Mäki-Lohiluoma, ohjaavana opettajana lehtori Jarmo Erho ja kieltenohjaajana lehtori Tuula Hopeavuori. Tahdon kiittää koko Destia Oy:tä heidän tarjoamastaan mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö oman harjoittelujakson päätteeksi.

Oulussa 9.3.2020

Matti Keimiöniemi

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	8
2 SILTARAKENTEIDEN NYKYTILANNE SUOMESSA	10
2.1 Siltojen rakentamisen historia	11
2.2 Korjaustarpeiden määrittely	12
3 SILLANRAKENTAMISEN HAASTEET KÄYTÖSSÄ OLEVILLE VÄYLILLE	16
3.1 Maantiesillat	16
3.2 Rautatiesillat	17
4 SIVUSIIRTOMENETELMÄN HYÖDYNTÄMINEN	20
4.1 Sivusiirtomenetelmän kuvaus	20
4.2 Rautatiesillan siirtäminen paikoilleen siirtokatkossa	22
4.3 Siirtokatkon jälkeiset työt	24
5 RAUTATIESILLAN SIIRTOON VALMISTAUTUMINEN	26
5.1 Aikataulut	26
5.1.1 Yleisaikataulu	26
5.1.2 Työvaihekohtainen aikataulu	26
5.1.3 Tahdistavat työvaiheet	27
5.2 Suunnitelma-asiakirjat	27
5.2.1 Tekninen työsuunnitelma	27
5.2.2 Työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma	27
5.2.3 Turvallisuussuunnitelma	28
5.2.4 Aluesuunnitelma	29
5.2.5 Liikenteenohjaussuunnitelma	29
5.2.6 Resurssisuunnitelma	30
5.3 Maanalaisten rakenteiden selvitys	31
5.4 Radan purkaminen	31
5.5 Sillan purkaminen	31
5.6 Siirtoratojen asennus	32
5.7 Sillan siirto	33
5.8 Sillan palauttaminen liikenteelle	33
6 YHTEENVETO	36

SANASTO

ATU	Aukean tilan ulottuma. Tämän alueen sisäpuolella ei saa olla rata-alueella kiinteitä laitteita tai rakennelmia.
Apusilta	Väliaikainen junaliikenteelle tarkoitettu silta.
Alikulkusilta	Rautatiesilta, joka johtaa rautatieliikenteen autotien yli.
InfraRYL	Rakennustiedon julkaisemat rakentamisen yleiset laatuvaatimukset Infran rakentamiseen.
Kaukalopalkkisilta	Sillan rakennetyyppi, jossa sillan teräsbetonisten kannatinpalkkien väliin jää kaukalon muotoinen tasanne.
Liikennekatko	Aika, jolloin liikenne raiteelta on poikki.
Murskearina	Vähintään 300 millimetriä vahva tiivistetty asennus- alusta, joka tehdään tiivistämiskelpoisesta murskeesta ja jonka suurin raekoko on enintään 2/3 kerroksen pak- suudesta.
Nostotunkki	Hydraulisella öljynpaineella toimiva sillan pystysuuntaiseen siirtoon kehitetty laite.
Pelkka	Siirtoradan pohjapuuna käytettävä massiivinen puuta- vara. Tyypillisesti 200*150mm tai 200*200mm.
Rautatiesilta	Yleisnimi sillalle, jota kuormittaa rautatieliikenne.
Ratasilta	Vesistön tai maastoesteen ylittämiseksi rakennettu rautatiesilta.
Ratatyölupa	Liikenteenohjauskeskuksen lupa radalla tapahtuvaan työhön.
RSU	Ratatyön suojaulottuma, jonka sisäpuolella työskentely ilman ratatyölupaa tai turvamiesmenettelyä on kielletty.

Siirtorata	Teräspalkisto, jonka päällä siirrettävä silta liikkuu.
Työntötunkki	Hydraulisella öljynpaineella toimiva sillan sivuttaissuuntaiseen siirtoon kehitetty laite.
Täryjyrä	Maan tiivistämiseen tarkoitettu ihmisen kuljettama työ-kone, painoltaan 1 000–15 000 kilogrammaa.
Tärylevy	Maan tiivistämiseen tarkoitettu laite, painoltaan 50–600 kilogrammaa.
Vesistösilta (Silta)	Vesistön ylittämiseksi tarkoitettu tiesilta.
VR	Valtionrautatiet. Suomen valtiollinen rautatielaitos, joka ylläpiti valtakunnallista rataverkkoa.
Ylikulkusilta	Rautatien tai raitiotien yli tiellä sijaitseva silta.
Taitorakenne	Rakenne, joiden rakentamiseksi on laadittava lujuuslas-kelmiin perustuvat suunnitelmat ja joiden vaurioituminen saattaa aiheuttaa vaaraa ihmisille tai ympäristölle.

1 JOHDANTO

Sillan rakentaminen sivusta siirrettävällä tekniikalla on tällä hetkellä yleisin käytetty sillanrakennustekniikka rautateillä. Yli 90 % uusista rautatiesilloista toteutetaan nykyisen kaltaisella, siirtopalkistoon ja hydraulisiin tunkkeihin perustuvalla sillansiirtomenetelmällä. Aikaisemmin käytössä olleisiin tekniikoihin verrattuna sivussarakentamistekniikalla aiheutetaan vähemmän haittaa junaliikenteelle sekä saavutetaan parempi laatu- ja turvallisuustaso. Aiemmat tekniikat siltojen rakentamiselle olivat väistöraiteen tai apusillan rakentaminen liikennöidyn siltapaikan kohdalle. Apusillan käyttö sillanrakennuksessa on yksi tänäkin päivänä käytetyistä menetelmistä, mutta sivustasiirtotekniikka on käytännössä syrjäyttänyt tehokkuutensa ansiosta muut entiset rakennusmenetelmät.

Ennen sillan sivustasiirtotekniikan kehittämistä käytettiin menetelmää, jossa siltapaikan viereen rakennettiin väistöraide. Sitä pitkin junaliikenne pääsi ohittamaan työmaakohdan ilman suurempaa häiriötä. Junaradan geometriavaatimusten vuoksi väistöraiteesta tulee aina pitkä, yleensä noin 300–500 metriä, ja nopeusrajoitus on 30–80 km/h. Väistöraiteen ongelmana on kallis hinta, koska nykypäivän vaatimusten mukaan rata on myös sähköistettävä ja rata on rakennettava yhtä huolellisesti kuin pysyvänkin radan rakentaminen. Käytännössä tästä tekniikasta on täysin luovuttu.

Apusiltamenetelmässä olemassa oleva raide korvataan työmaan ajaksi rautatiekäyttöön kehitetyillä levypalkkisilloilla. Apusilta perustetaan olemassa olevaan ratapenkereeseen puu-, teräs-, tai teräsbetonipalkkien varaan. Apusillan asentamisen jälkeen voidaan varsinainen siltarakenne rakentaa apusillan alapuolella. Menetelmää käytetään joissain tapauksissa vielä nykyäänkin, mikäli liikenne raiteella on vähäistä eikä apusillan aiheuttamasta alennetusta nopeudesta ole haittaa liikenteelle.

Väistöraide- ja apusiltamenetelmät ovat olleet yleisimpiä menetelmiä siltojen rakentamiseen Suomessa useiden vuosikymmenien ajan. Teräsbetonisten siltojen siirtojen historia ulottuu aina 1990-luvulta tähän päivään saakka.

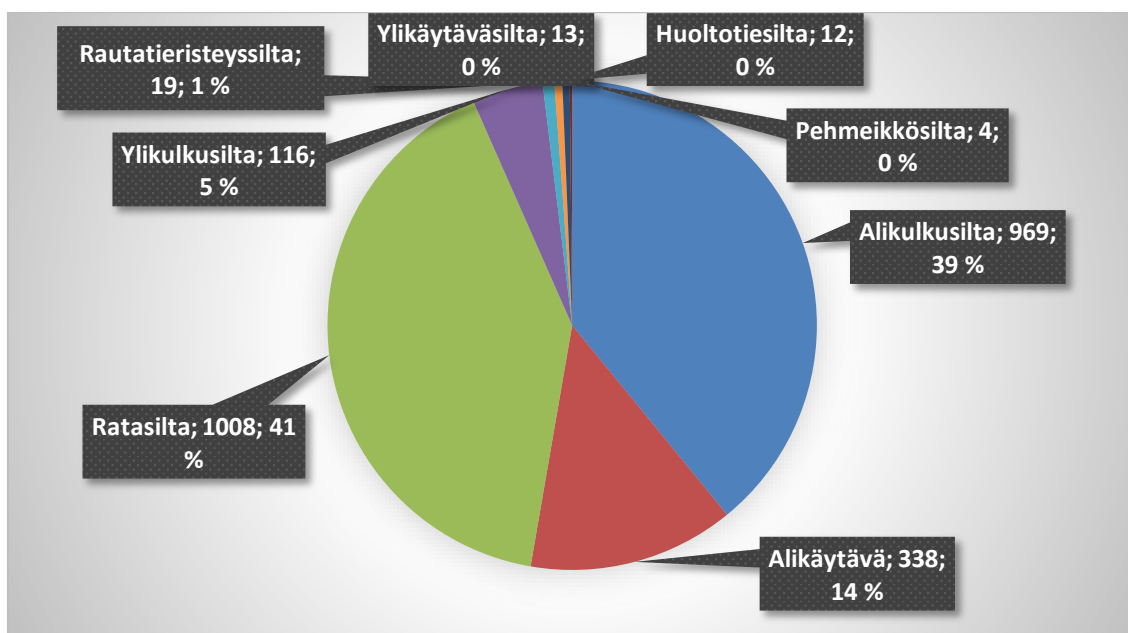
Päätavoitteena tässä työssä on laatia Destia Oy:n käyttöön informaatiota sivusta siirrettävien siltojen hyödyntämisestä erilaisissa siltaprojekteissa. Työssä tuodaan esiin näkökulmia, joita hyödyntämällä voitaisiin myös maanteiden siltoja rakentaa sivusta siirrettävällä rakennustekniikalla. Uusimalla ajattelutapaa perinteiseen sillanrakennukseen saadaan kehitettyä siltojen rakentamisesta entistä tehokkaampaa ja liikennehaitoista ympäristölle vähäisempiä. Tällä on tulevaisuudessa rakentamisen alalla entistä isompi merkitys, kun ihmisten keskittyminen suuriin asutuskeskuksiin kasvaa ja liikennemäärät vanhoilla väylillä käyvät yhä suuremmiksi. Menetelmää ei vielä hyödynnetä maantiesiltoja rakennettaessa käytännössä ollenkaan. Työssä kuvattavista silloista puhuttaessa tarkoitetaan ainoastaan varsinaisia siltoja. Aineistosta on jätetty käsittelemättä putkisillat, koska sivusta siirtomenetelmää ei ole mielekästä hyödyntää putkisiltoja rakennettaessa tai korjatessa.

Opinnäytetyössä käytetään hyväksi Oulun Tervahovintiellä kesällä 2019 rakennetun kaukalopalkkisillan rakentamiseen ja siirtoon vaikuttaneita resursseja ja aikatauluja. Kirjallisen tiedon lisäksi työssä käytetään hyväksi kokemukseräistä tietoa työmaaolosuhteista.

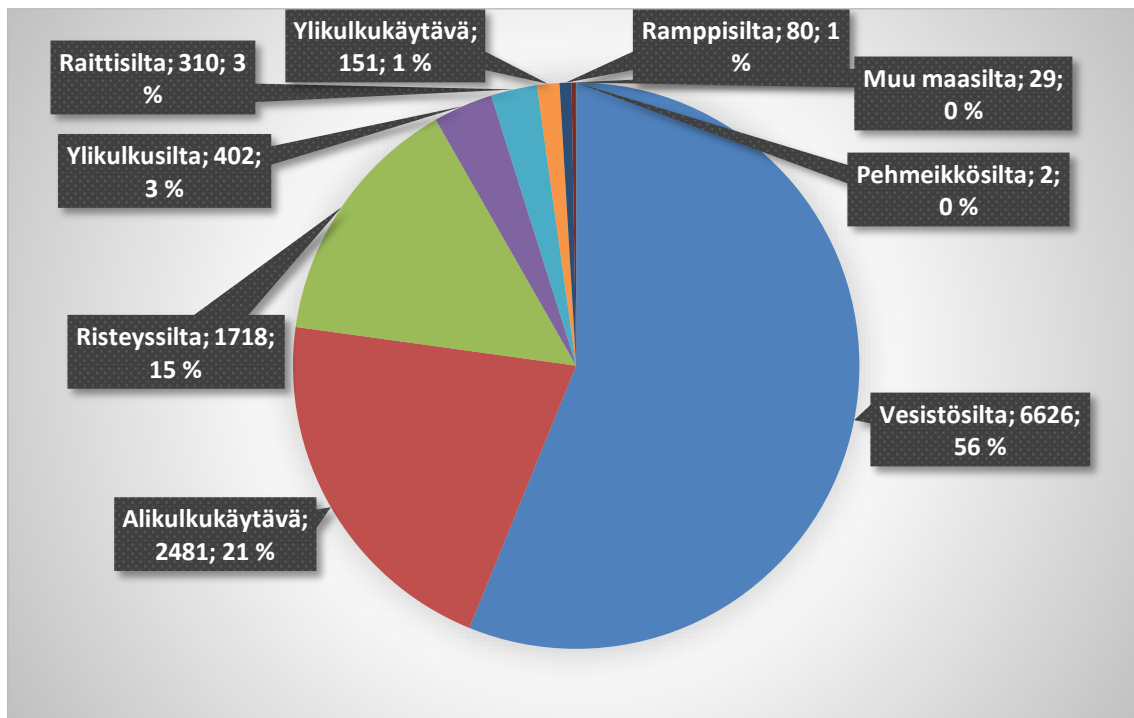
2 SILTARAKENTEIDEN NYKYTILANNE SUOMESSA

Suomen rautatieverkostossa oli Väyläviraston omistamia erilaisia siltoja vuoden 2019 alussa yhteensä 2 575 kappaletta. Näistä ratasiltoja oli 1 055 kappaletta, joista oli putkisiltaja 47 kappaletta. Radan alikulkusiltaja oli 975 kappaletta. Maantieverkoston siltoja oli Väyläviraston omistuksessa yhteensä 15 054 kappaletta ja näistä varsinaisia siltoja oli 11 799 kappaletta. Silloista 3 255 kappaletta on luokiteltu putkisilloiksi. (1, s. 12–59.)

Selvästi eniten varsinaisia siltoja Suomessa on rakennettu vesistöjen ylitse. Rautateilla ratasiltoja on yhteensä 1 008 kappaletta ja maanteilla vesistösiltoja on yhteensä 6 626 kappaletta. Kuvassa 1 ja 2 on esitetty Suomen rautateiden ja maanteiden jakauma siltojen käyttötarkoituksittain. (1, s. 12–59.)



KUVA 1. Rautateiden varsinaisten siltojen jakauma käyttötarkoituksittain kpl ja % (1, s. 12–59)



KUVA 2. Maanteiden varsinaisten siltojen jakauma käyttötarkoituksittain kpl ja % (1, s. 12–59)

2.1 Siltojen rakentamisen historia

Varhaisimmat tiedot siltojen kaltaisista rakennelmista Suomessa ulottuvat 600-luvulle asti. Tällöin rakennettiin ensimmäinen yksinkertainen kivilatomus helpottamaan kulkua kahden saaren välille Vähäkyrön Saarenpään (2, s. 21.)

Siltojen tyypit ovat vaihdelleet ajan saatossa parhaan tiedon ja käytettävissä olevien materiaalien sekä tekniikoiden mukaan. Ensimmäisiä varsinaisia siltoja, joissa oli selkeä jännemitta, olivat kivistä ladotut kiviholvit. Mahdollisesti tunnetuin tällaisista kiviholvisilloista on Helsingissä sijaitseva Pitkäsilta. Samana aikakautena rakennettiin yleisille kulkupaikoille puusta kosteikkoja ylittäviä niin sanottuja kapulasiltoja, jotka olivat maahan asetettua kulkusuuntaan nähden poikittaisia puunrunkoja. (3, s. 14–16.)

Rautateiden yleistyessä Suomessa 1800-luvun aikana, alettiin Suomessa rakentaa teräksestä valmistettuja siltoja. Siltarakenteet valettiin yleensä ulkomailla ja toimitettiin Suomeen laivoilla. Satamista sillan osat kuljetettiin rautateitse työko-

teeseen, jossa ne koottiin yhteen niittaamalla. Esimerkiksi Ouluun johtavalle radalle rakennettiin yhteensä 120 teräksistä siltaa. Näistä pisin, 100 metriä jännäväliltään oleva silta on edelleen käytössä Oulun Tulliväylällä. (3, s. 14–22.)

Siltojen rakentamisessa koettiin selvä nousukausi 1960-luvulla, jolloin siltoja rakennettiin pinta-alan perusteella lähes kolminkertaisesti 1950-lukuun verrattuna. Tällöin oli jo siltojen rakentamisen tekniikkaa kehitetty, ja käytössä olivat nykyaikaiset menetelmät, kuten jännitetyt teräsbetonisillat sekä pitkät liittopalkkisillat. Valtaosa Suomen silloista onkin nykyään teräsbetonisiltoja. Yleisin käytetty betonisiltatyyppe on laattasilta, joka on tyypillinen risteyssiltana. (3, s. 14–25.)

Siltojen rakentaminen jatkui Suomessa varsin vilkkaana aina 1990-luvun loppupuolelle asti. Merkittäviä siltaprojekteja 2000-luvulla on ollut muun muassa radanparannushanke välillä Seinäjoki–Oulu. Kyseiselle rataosuudelle uusittiin useita vanhoja siltoja sekä rakennettiin myös kokonaan uusia siltoja uutta kaksoisraidetta varten. (1, s. 5.)

2.2 Korjaustarpeiden määrittely

Kokemus on osoittanut, että sillat ovat peruskorjauksen tarpeessa noin 30–40 vuoden iässä. Siltojen rakentamisen ajoittuminen vuosille 1960–1990 johtaa tilanteeseen, jossa siltojen korjaustarpeet ovat kasvaneet voimakkaasti koko 2000-luvun. Korjaustarpeet tulevat pysymään vähintään nykyisellä tasollaan myös tulevana vuosina muun muassa isompien akselipainojen lisääntyneen kantavuustarpeen takia, niin rauta- kuin maantiesilloilla. (1, s. 5–78.)

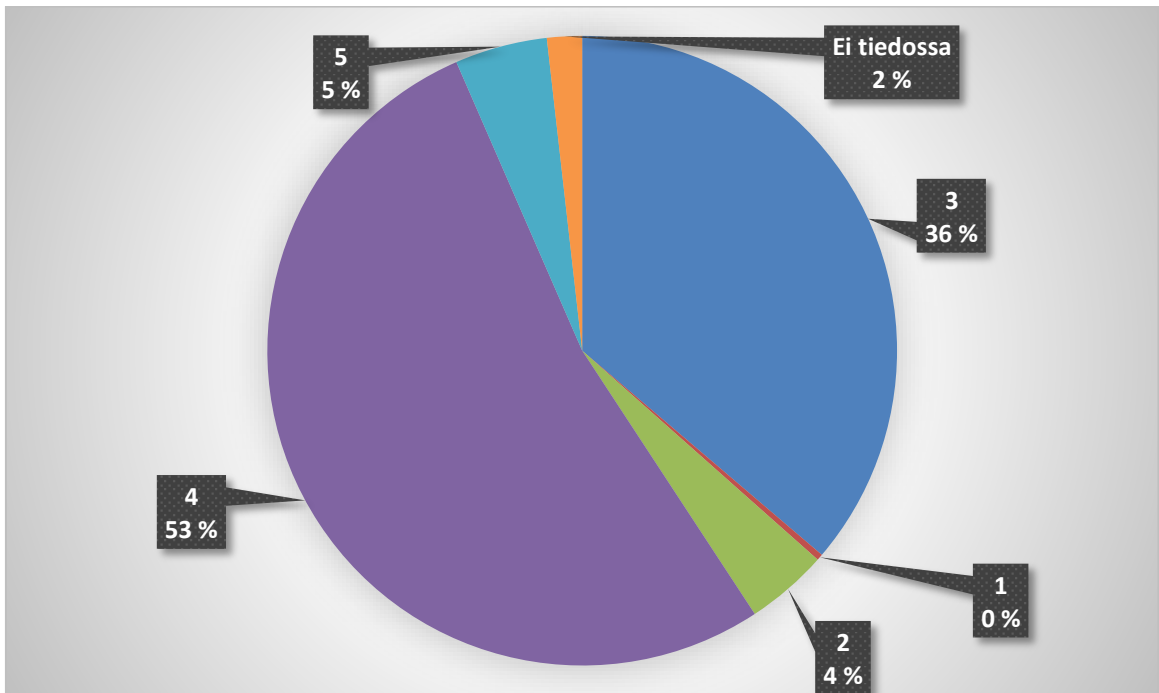
Siltojen kuntoon alettiin kiinnittää huomiota jo 1970-luvulla, jolloin alettiin tehdä säännöllisiä siltojen kuntotarkastuksia. Tarkastuksia on suoritettu siitä lähtien 5 vuoden välein. Mikäli siltojen kunnossa on ilmennyt puutteita, on tarkastusväliä tihennetty. Sillan kunnan määrittämiseksi on laadittu yhtenäinen kuntoisuusluokitus. Se perustuu Tiehallinnon johtajiston 20.8.2004 tekemään päätökseen soveltaa kaikkien siltojen luokitukseen saman tapaista viisiportaista asteikkoa. Keskeinen tarkoitus luokituksella on jaotella sillat ylläpitotarpeen mukaiseen järjestykseen. (1, s. 5–78.)

TAULUKKO 1. Ylläpitotarpeiden mukainen luokittelu (1, s. 47)

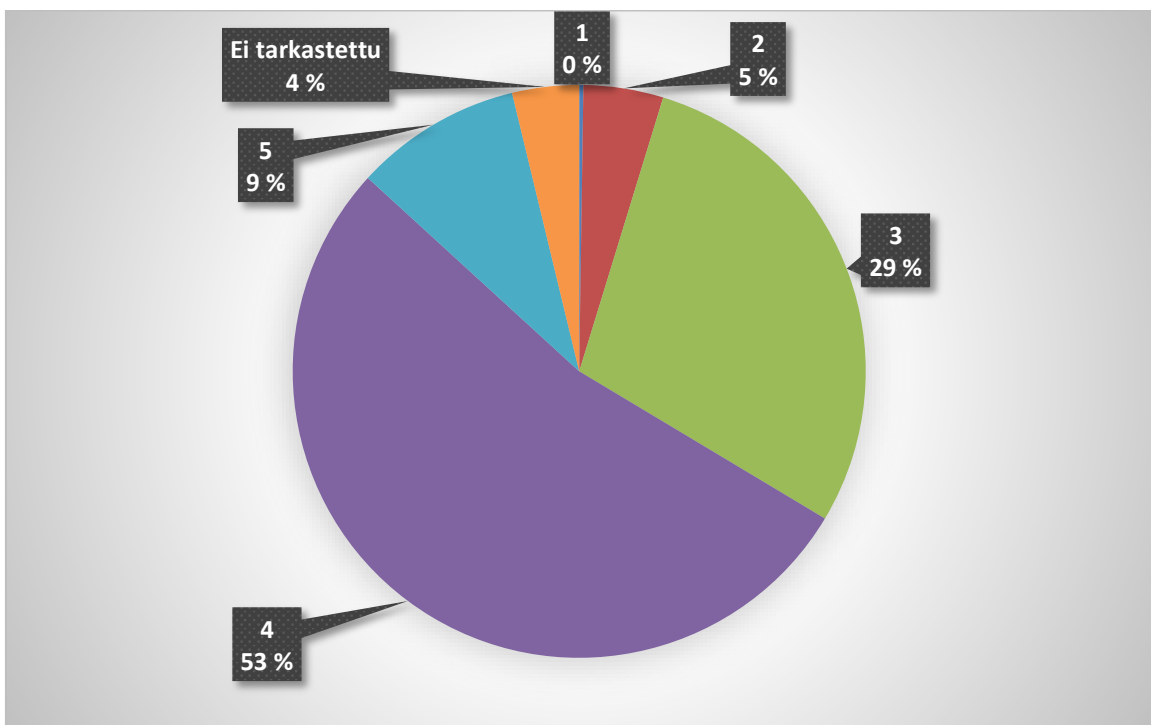
Kuntoisuusluokka	Numeroarviointi	Ylläpitotarve
Erittäin hyvä	5	Ei ylläpitotarpeita
Hyvä	4	Vähäistä kunnostusta
Tyydyttävä	3	Peruskorjaus tulossa
Huono	2	Peruskorjaus nyt
Erittäin huono	1	Peruskorjaus myöhässä

Maanteiden sekä rautateiden silloista noin kolmannes on rakennettu ennen 1970-lukua, mutta myös yli 100 vuotta vanhoja siltoja on käytössä edelleen lähes 100. Siitä huolimatta Suomen väyläverkostolla keskitytään nykyisin pääasiassa olemassa olevien siltojen korjaamiseen. Pääasiassa sillan korjaustoimenpiteenä on joko vedeneristyksen, päällysteen tai teräsrakenteiden uusiminen. Rautatiesiltojen korjaustoimenpiteet ovat johtaneet tilanteeseen, jossa kansirakenteiden keski-ikä on 39 vuotta ja alusrakenteiden keski-ikä noin 50 vuotta. (3, s. 4–6.)

Suomen rautateiden ja maanteiden varsinaisten siltojen korjausvelka kasvaa jatkuvasti ja oli vuonna 2017 taitorakenteiden noin 252 miljoonaa euroa. (4, s. 11–23). Suurin osa silloista tarvitseekin peruskorjauksen tulevina vuosina. Varsinkin rautatiesiltojen korjausvelka on johtanut tilanteeseen, jossa puutteet siltojen kunnossa rajoittavat akselipainojen ja junanopeuksien nostamista. Investoinnit rautatiesiltojen korjaamiseksi ovat olleet viime vuosina noin 6–7 miljoonaa euroa, joka on vain noin kaksi prosenttia. Kokonaisbudjetti on 300 – 350 miljoonaa euroa. Maantiesiltojen korjauksiin käytetty summa oli noin 50 miljoonaa euroa. (4, s. 5–17.) Maantie- ja rautatiesiltojen kuntojakautuma prosentteina on esitetty kuvissa 3 ja 4.



KUVA 3. Varsinaisten siltojen kuntojakauma maantiesilloista (1, s. 12–22)



KUVA 4. Rautatiesiltojen kuntojakauma sisältäen putkisilloja 97 kpl (1, s. 12–22)

Eniten uusia siltoja rautateille rakennettiin tasoristeysten kohdalle radan perusparannuksien yhteydessä. Tasoristeysksiä poistettiin vuosittain noin 50 kappa-

letta. Tasoristeykset aiheuttivat yhden merkittävimmistä vaaratekijöistä rautateilla. (5, s. 7–8; 6, s. 19–21.) Tasoristeyksiä oli vuonna 2018 yhteensä 2 396 kappaletta. Näistä ilman varoituslaitteita oli edelleen 1 791 kappaletta. Tasoristeysonnettomuuksia tapahtui vuonna 2018 yhteensä 5 kappaletta ja näissä menehtyi yhteensä 4 henkilöä. (6, s. 21–48.)

3 SILLANRAKENTAMISEN HAASTEET KÄYTÖSSÄ OLEVILLE VÄYLILLE

Rakennettaessa siltoja olemassa oleville maantie- tai rautatieverkostolle tulee molemmissa tapauksissa huomioida kyseisen väylän käyttäjät. Luonteeltaan rautatie- ja maantieliikenne ovat hyvin erilaisia. Tämän takia myös liikennejärjestelyt eroavat suuresti toisistaan. Rautatieliikenne on tiukasti aikataulutettua ja sidottu käyttämään kiskoja, kun puolestaan maantieliikenne on luonteeltaan joustavampaa ja työkohteen kiertäminen on mahdollista valitsemalla vaihtoehtoisia reittejä. Siltoja rakennettaessa usein myös olemassa olevalle väylälle tehdään perusparrannus. (3, s. 65.)

3.1 Maantiesillat

Maanteiden yleisin siltatyyppe on teräsbetoninen laattasilta 37 prosentin osuudella ja toiseksi yleisin teräsbetoninen laattakehäsilta 13 prosentin osuudella. Paikalla valettavan teräsbetonisen sillan rakentamiseen käytetyt väliaikaiset rakenteet ovat merkittävässä osuudessa koko hankkeen kustannuksia (3, s. 24–321.)

Teräsbetonisia siltoja rakennetaan maanteille suurimmaksi osaksi menetelmällä, jossa vanha silta puretaan ja uusi silta rakennetaan vanhan sillan paikalla. Rakentamistekniikasta aiheutuu aina haittaa tienkäyttäjille sekä työmaan lähiympäristölle (5, s. 10–17.) Tiehallinnon 21.1.2007 julkaiseman palvelulupauksen mukaan maantiellä tehtävästä työstä ei aiheudu tarpeetonta haittaa tienkäyttäjille ja esimerkiksi jonotusajat on enimmillään kymmenen minuutin mittaisia. Pitkään jatkuvissa työkohteissa käytetään mahdollisesti kiertotiejärjestelyitä työmaan ohittamiseksi (4, s. 8–28).

Kiertotie tehdään olemassa olevan tien levyiseksi ja päällysteeltään nykyistä tietä vastaavaksi. Kiertotiejärjestelyihin käytettävät summat kohoavat usein merkittäväksi osaksi työmaan budjettia. Poikkeavasta liikennejärjestelystä tienkäyttäjille aiheutuu tutkimusten mukaan usein kohonnut riski joutua liikenneonnettomuuksiin työmaan kohdalla. (4, s. 8–28.)

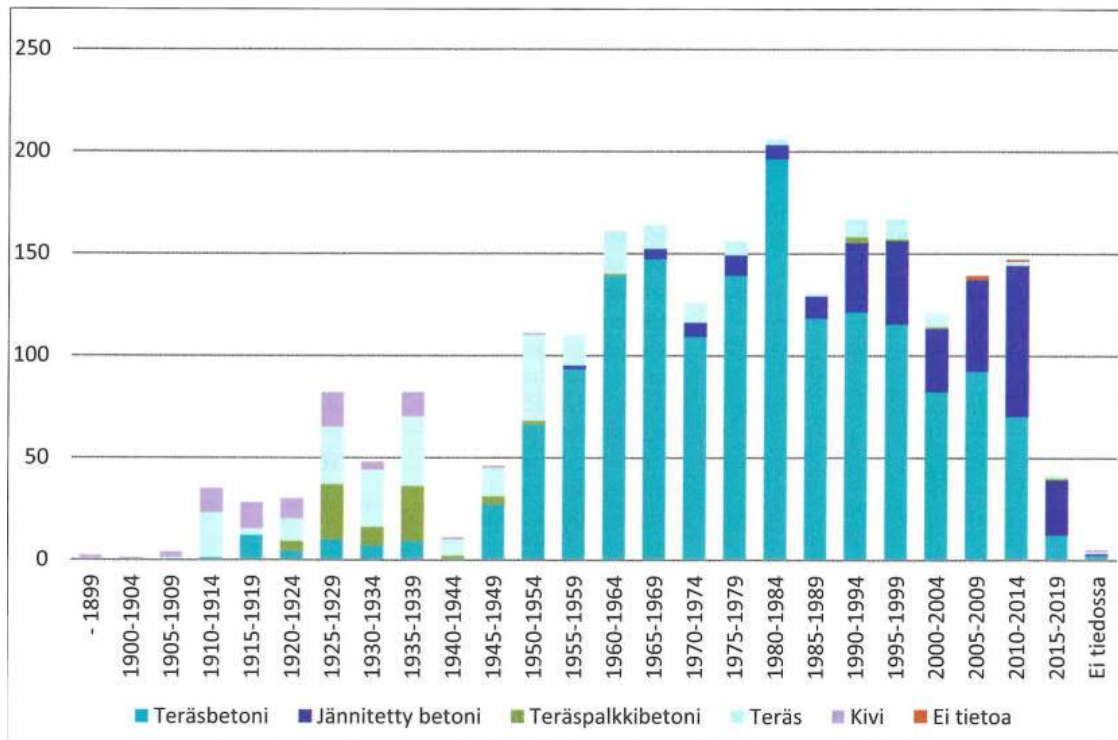
Yksi merkittävimmistä liikenteen aiheuttamista vaaroista on piittaamattomuus työmaan kohdalla olevista nopeusrajoituksista. Liian suuren tilannenopeuden takia työmaan liikennejärjestelyiden havainnointiin käytetty aika lyhenee, eikä kuljettaja välttämättä pysty hallitsemaan ajoneuvoaan tilanteen vaatimalla tavalla. (5, s. 12–38.)

Tienpitäjän velvollisuus on pitää tie liikennettä tyydyttävässä kunnossa. Työmaan alkaessa siirretään velvollisuus tien kunnossapidosta usein pääurakoitsijan vastuulle. Tällöin työmaan aikana muuttuvat sääolosuhteet, kuten lumisade, sumu, tuuli tai liukkaus, kohottavat kiertotiejärjestelyiden kustannuksia entisestään. (4, s. 8–22.)

3.2 Rautatiesillat

Rautatieverkostolla siltojen rakentaminen toteutus eroaa merkittävältä osin maanteiden siltojen rakentamisesta. Rautateillä väyläsuunnittelun tavoitteet ovat vaikeammin saavutettavissa radan geometrian suurpiirteisyyden vuoksi. Rautateillä kaarresäteet ovat suuria ja pituuskaltevuus vain yhden prosentin luokkaa. Rautatiesilloille on tyypillistä siltojen suuret pituudet ja pitkien jännevälien silloissa käytettävät ristikkopalkit. (7, s. 14.)

Rautatiesilloista yleisimmät siltarakennetyypit ovat teräsbetoni-laattasillat 28 prosentin osuudella ja toiseksi suosituin rakennetyyppi 25 prosentin osuudella on teräsbetoniset laattakehäsilat. Jännitettyjen teräsbetonisiltojen osuus on ainoastaan 12 prosenttia, mutta tämä johtuu selvästi ratasiltojen korkeasta iästä ja jännitettyjen siltojen verrattain tuoreesta tekniikasta, joka on havaittavissa kuvasta 5. (3, s. 26.)



KUVA 5. Rautatiesiltojen rakennusvuodet ja määrät päärakennusmateriaaleittain (3, s. 26)

Rautatieliikenteen ja sillan rakennustyön yhteensovittaminen aiheuttaa yleensä huomattavia lisäkustannuksia sillanrakennustyölle. Erittäin tärkeä tekijä on rautatieliikenteen ja työntekijöiden turvallisuuden takaaminen sillanrakennustyön jokaisessa vaiheessa. Henkilö- ja tavarajunat kulkevat yleensä säännöllisellä aikataululla koko rakennustyömaan ajan, eikä junaliikenteen eristäminen työmaasta ole kovinkaan helppoa. Rakentamistyö joudutaan usein tekemään junaliikenteen raossa tai erillisissä liikennekatkoissa. Lisäksi haasteena ovat sähköistetyillä rataosuksilla oleva 25 kilovoltin ajolanka sekä radan turvalaitteet. (2, s. 344.)

Liikennöidyllä rataosalla sillan rakentamisen kokonaiskustannukset muodostuvat siltarakenteesta, työnaikaisista apurakenteista, sähköistyksen muutuskustannuksista, liikennehaitta- ja liikenteen hoitokustannuksista sekä turvalaittekustannuksista. Apurakenteisiin luetaan kuuluvaksi apusillat, tukiseinät ja siirtorakenteet. (2, s. 375.)

Suurin osa ratasilloista rakennetaan liikennöidylle tai sitä vilkkaammille rataosille. Rakentamishankkeessa on otettava erityisen tarkasti huomioon rataosan lii-

kenne, rataosan ratatekniset laitteet, maaperäolosuhteet sekä hankkeen kokonaiskustannukset. Peruslähtökohta kaikessa ratarakentamisessa on, että junaturvallisuutta ei missään työvaiheessa vaaranneta ja lopputuloksen tulee olla laatuvaatimukset täyttävä. Junaliikenteestä johtuvien rajoitteiden takia on rautatie-siltojen rakentamisen kustannukset 1,5–2,5 kertaiset vastaavan verrattuna kokoi-sen sillan rakentamiseen maantieliikenteen käyttöön. (2, s. 377.)

4 SIVUSIIRTOMENETELMÄN HYÖDYNTÄMINEN

Sivusiirtomenetelmän kehitti valtionrautatiet Oy (VR) 1990-luvun alussa uusien betonisten siltojen rakentamiseksi liikennöidyille rataosuuksille. Menetelmässä silta valmistellaan mahdollisimman valmiiksi raiteen vieressä junaliikennettä häiritsemättä. Sivusta siirrettävissä silloissa käytetään perustamistapoja, jotka vaativat vain vähän kaivuutöitä, kuten putki-, lyönti- tai porapaaluja. (2, s. 376; 3, s. 348.)

4.1 Sivusiirtomenetelmän kuvaus

Menetelmässä kansirakenteen vaatimat betonimuotit rakennetaan erillisen siirtopalkiston ja liukuvan teräspalkin ympärille. Silta siirretään käyttäen hydraulisia työntötunkeja, jotka ponnistavat siirtopalkistosta. Tällöin sillan siirrossa tulevat voimat ovat siirtopalkiston sisäisiä voimia. Rakentamistavan mukaan silta joko nostetaan tai lasketaan 50–100 millimetriä perustustensa varaan hydraulisilla tunkeilla, kun silta on saatu siirrettyä oikealle kohdalleen. Siirtomatkat ovat eri kohteissa noin 5–20 metriä ja sillan siirto kestää noin 0,5–2 tuntia. (2, s. 377.) Kuvassa 6 on esitetty siirrossa käytetty siirtoratapalkisto ja kuvassa 7 hydrauliset nosto- ja työntötunkit.



KUVA 6. Sillan siirtoratapalkisto sekä aluspelkat



KUVA 7. Sillan siirtoon käytetyt siirto- ja nostotunkit (8, s. 27)

4.2 Rautatiesillan siirtäminen paikoilleen siirtokatkossa

Sillan siirto tapahtuu aina junaliikenteen ehdoilla. Vilkkaasti liikennöidyillä rai-
deosuuksilla siirtokatkon pituus on kohteen mukaan noin 8–48 tuntia (3, s. 348–
350). Pidemmät katkot ovat yleensä harvinaisempia, mutta jopa 72 tunnin mittai-
sia liikennekatkoja on myönnetty. Siirtokatkon työjärjestys on tyypillisesti seu-
raava:

1. Varmistetaan, että kaikki radan suuntaisesti kulkevat sähkö-, tele-, puhe-
lin- ja turvalaitekaapelit ovat kaivettuna esiin ja suojattuna asianmukaisesti
sillan siirron ajaksi. Myös mahdolliset muut rata-alueen suuntaiset tai ris-
teävät kaapelit on kartoitettava ja tarvittaessa siirrettävä ja suojattava. (2,
s. 348–350.)

2. Ratatyöstä vastaavaksi nimetty henkilö pyytää lupaa ratatyölle radan käyttökeskuksesta hyväksytyt ennakosuunnitelman mukaisesti (2, s. 348–350).
3. Siltapaikalle otetaan sähköradan jännitekatko käyttökeskuksesta, ja jännitteettömyys varmistetaan työmaalla työmaadoituksin (2, s. 348–350).
4. Kiskot katkaistaan työalueen ulkolaidoilta, ja raide puretaan elementteinä, jos samat kiskot ja pölkyt on tarkoitus asentaa takaisin. Raidetta kunnostaessa voidaan kiskot ja pölkyt purkaa myös erikseen. (2, s. 348–350.)
5. Työkohteen ja liikennekatkon pituuden mukaan vanha silta voidaan purkaa paikalleen, tai siirtää erillisellä siirtoradalla sivuun ja purkaa liikennekatkon jälkeen radan suojaulottuman ulkopuolella. Mikäli uusi silta rakennetaan paikkaan, missä ei ole olemassa vanhaa siltaa, jätetään tämä kohta huomiotta. (2, s. 348–350.)
6. Radan sähkö- ja turvalaitteita puretaan tai siirretään, mikäli sähköratapylväs tai -portaali on siltapaikan kohdalla (2, s. 348–350).
7. Siltapaikalla suoritetaan sillansiirron vaatimat kaivu- ja massanvaihtotyöt siirtoratapalkistojen jatkamiseksi. Sillan siirtoradat vaativat tavanomaisissa pohjaolosuhteissa noin 1–2 metrin kaivannon sillan kannen alapinnan alapuolelle. Pehmeissä pohjaolosuhteissa voidaan joutua tekemään massanvaihdot, ellei siirtoratoja ole joutunut perustamaan paalutusten varaan. (2, s. 348–350.)
8. Kaivutöiden jälkeen tarkistetaan asennuskorkeus käyttäen takymetriä siirtoratapalkistojen jatkojen asentamiseen (2, s. 348–350).
9. Mikäli silta on perustettu paaluperustuksille, katkaistaan paalut lopulliseen mittaansa, mikäli tätä ei ole voinut suorittaa aiemmin. Paalujen päihin hitsataan sillan vaatimat laakerit. (2, s. 348–350.)
10. Siltakansi nostetaan pystytunkeilla irti siltamuotista. Sillan kansi voidaan siirtää myös ilman nostoa tässä työvaiheessa, mikäli siirtorata on suunniteltu riittävän korkealle. Tällöin siltakantta ainoastaan lasketaan, kun silta on saavuttanut oikean kohdan laakereihin nähden. (2, s. 348–350.)
11. Siltakansi siirretään paikalleen työntötunkeilla. Siirtomatka on kohteen mukaan noin 5–20 metriä ja sivusiirto kestää noin 0,5–2 tuntia (2, s. 348–350.)
12. Siltakansi hitsataan kiinni laakereiden ja aluslevyjen väliltä (2, s. 348–350).

13. Siltaraudoitus liitetään osaksi radan sähköistysjärjestelmää erillisestä maadoituskorvakkeesta vähintään kahdesta erillisestä pisteestä (2, s. 348–350).
14. Sillan päätypalkkien ja siipimuurien taustat täytetään radan kerrosmateriaaliksi kelpaavalla maa-aineksella ja ennakkoon valetut siirtymäläattaelementit asennetaan Väyläviraston ohjeen R15/DL 1–4 mukaan (2, s. 348–350).
15. Raide palautetaan asennettujen alusrakenne- ja tukikerrosten päälle. Puretut raide-elementit tai uudet pölkyt sekä kiskot asennetaan. Asennetut kiskot liitetään toisiinsa työn jälkeen sidejatkoksilla ennen varsinaista kiskojen jatkuvuushitsausta. Paluuvirtakiskon toimivuus varmistetaan ohituslenkein. Lopuksi raide tuetaan raiteentukemiskoneella, joka asentaa kiskot lopullisesti oikeaan tasoon. (2, s. 348–350.)
16. Puretut sähkö- ja turvalaiterakenteet asennetaan uuden sillan kanteen (2, s. 348–350).
17. Radan ajolankojen työmaadoitus puretaan ja jännite palautetaan ajolankoihin ratatöistä vastaavan ilmoituksella käyttökeskukseen (2, s. 348–350).
18. Ratatöistä vastaava henkilö tarkistaa raiteen liikennöintikelpoisuuden, luovuttaa raiteen liikenteelle ja ilmoittaa ratatyön päättymisestä käyttökeskukseen (2, s. 348–350).

4.3 Siirtokatkon jälkeiset työt

Siltatyöt tehdään loppuun ratatyön päättymisen jälkeen. Liikennekatkon ollessa vain muutamia tunteja ei ylimääräisiä töitä ole mahdollista suorittaa ja kaikki resurssit tähtäävät ainoastaan sillan siirron onnistumiseen. Sillan alittava väylä rakennetaan liikennöitävään kuntoon sillan siirron jälkeen. Mahdolliset siirtoratojen paaluperustukset puretaan ja siirtoratoja varten rakennetut väliaikaiset rakenteet puretaan tai maisemoidaan ympäristöön. (2, s. 348–350.)

Työn aikana katkotut kiskot hitsataan jatkuviksi uudessa työraossa. Raiteelle suoritetaan vielä uudelleen koneellinen lopputuenta, harjaus ja mahdollinen stabilointi. Uudelleen asennetusta rataosuuden päällysrakenteesta tehdään kelpoisuusasiakirja, jossa osoitetaan radan liikenneturvallisuus radan omistajalle sekä

kunnossapitäjälle. Tämän jälkeen rataosuudelle työn aloituksessa asetettu nopeusrajoitus voidaan poistaa ja työt rataosuudella ovat valmistuneet. (3, s. 348 – 350).

Siltapaikan alittavien väylien rakentamisen vaiheissa ei rataturvallisuutta saa vaarantaa, ja mikäli ilmenee tarvetta työskennellä radan suojaulottuman sisäpuolella, on käytettävä vähintään turvamiesmenettelyä tai otettava radalle työrako. Radan alittavat väylät rakennetaan rakennussuunnitelmien mukaan.

5 RAUTATIESILLAN SIIRTOON VALMISTAUTUMINEN

Oulun Tervahovintien työmaa sijaitsi Toppilan kaupunginosassa Oulun kaupungissa. Tervahovintien alikulkusilta sijaitsee Oulu–Tornio rataosuudella, joka on ainoa mahdollinen rautatien kulkureitti Oulusta pohjoiseen. Työt siltapaikalla aloitettiin toukokuussa 2019 ja työt valmistuivat marraskuussa 2019. Työmaan aikana sillan alittava katu oli pääosin yleisen liikenteen käytössä, joten työmaan aikaisiin liikennejärjestelyihin jouduttiin kiinnittämään erityistä huomiota. Varsinainen siirtokatko suoritettiin syyskuun 16–18 päivien välisenä aikana, jolloin juna-liikenne Oulusta pohjoisen ja etelän suuntaan olivat kokonaan pysähdyksissä 72 tuntia.

5.1 Aikataulut

Urakoitsijan velvollisuuksiin kuului laatia koko urakkaa koskeva yleisaikataulu, johon oli merkittynä tilaajan asettamat välitavoitteet ennen töiden aloittamista. Aikataulua tuli tarkentaa erillisellä viikkoaikataululla, josta kävi selville töiden eteneminen seuraavan kahden viikon ajalla. Aikataulut esitettiin jana-aikatauluna, joka on yleisesti käytetty ja selkeä aikataulun esittämismuoto.

5.1.1 Yleisaikataulu

Yleisaikataulu oli urakoitsijan tarjousvaiheessa laatima aikataulu, jonka perusteella alettiin laskemaan työmaan kestoa, tarvittavia resursseja ja edelleen kustannuksia. Yleisaikataulu esitettiin tilaajalle työmaan aloituskokouksessa sekä joksaisessa työmaakokouksessa. Aikataulun esittämismuotona käytettiin yleensä jana-aikakaaviota, mutta myös paikka-aika kaavio olisi ollut hyväksyty esittämismuoto.

5.1.2 Työvaihekohtainen aikataulu

Työvaihekohtaisessa aikataulussa käytiin sillan siirron kaikki työvaiheet aloituksesta lopetukseen läpi. Aikataulun yhtenä tarkoituksena oli varmistaa, että työt pystytään tekemään liikennekatkolle varatussa aikataulussa. Työvaihekohtaisen aikataulun tarkkuutena käytettiin yhden tunnin mittaisia siirtymiä. Aikataulu esitettiin jana-aikakaaviona valvojalle viikkoa ennen siirtokatkon alkamista.

Aikataulu laadittiin todella tarkaksi, jotta työvaiheen keston venyessä voitiin tilanteisiin puuttua välittömästi ja tarvittavat korjaustoimenpiteet ehdittiin tekemään ajoissa.

5.1.3 Tahdistavat työvaiheet

Tahdistavilla työvaiheilla tarkoitettiin sellaisia töitä, jotka olivat merkittävä osa työn kokonaisuutta. Mikäli tahdistava työvaihe myöhästyi, oli sillä välitön ja merkittävä vaikutus muihin työvaiheisiin. Esimerkiksi vanhan sillan siirto tai purkaminen olivat tällaisia työvaiheita.

Tahdistavien työvaiheiden suunnitteluun käytettiin erityistä huomiota ja työvaiheen onnistuminen aikataulun mukaan varmistettiin useilla varasuunnitelmissa.

5.2 Suunnitelma-asiakirjat

Urakoitsijan tuli laatia laadun varmistamiseksi ja toiminnan ohjaamiseksi koko työtä kattava laatusuunnitelma, jossa työmenettely kuvataan tarkasti. Siirtotyöstä tuli laatia työsuunnitelma, työvaihekohtainen laatusuunnitelma sekä tekninen työsuunnitelma. Urakoitsijan tuli hyväksyttää suunnitelmat vähintään yhtä viikkoa ennen töiden aloittamista.

5.2.1 Tekninen työsuunnitelma

Tekninen työsuunnitelma tuli laatia urakan aikana kaikista sellaisista töistä, jotka vaativat erillistä huolellisuutta tai voivat aiheuttaa merkittävää vaaraa tai haittaa. Tekniset työsuunnitelmat laadittiin palkkien nostosta, siirtoradan rakentamisesta, siirtoradan tukemisesta, siirtopohjien rakentamisesta sekä sillan siirrosta.

5.2.2 Työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma

Työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma täydensi suunnittelijan laatimia rakennesuunnitelmia. Työsuunnitelman keskeisiä asioita oli kertoa työryhmälle, miten työ oli ajateltu tehtävän, kuinka se saatiin tehtyä turvallisesti ja tehokkaasti ja mitkä olivat lopputuloksen laatuvaatimukset ja kuinka niitä mitataan. Työvaihekohtaisen laatusuunnitelman laati yleensä työmaalla oleva vastaava työnjohtaja,

työmaainsinööri tai laatuinsinööri. Tarkoituksena työvaihekohtaisella suunnittelulla oli saattaa rakennesuunnitelmissa esitetyt laatuvaatimukset myös työryhmien tietoisuuteen.

Työsuunnitelmassa esitettiin seuraavat asiat:

- työssä käytettävät resurssit, kapasiteetit ja kalusto
- työskentelytavat, -järjestys ja -vaiheet yksityiskohtaisesti
- työn aikataulu janakaaviona
- työssä noudatettavat työkohtaiset ja yleiset laatuvaatimukset, esimerkiksi InfraRYL 2018
- turvallisuuden varmistaminen ja työmaan nimetty turvallisuusvastaava
- ympäristöasiat, kuten jätteiden lajittelu ja vaarallisten aineiden luettelo
- työvaihekohtaiset laatusuunnitelmat
- työvaiheen vuoksi poikkeavat liikennejärjestelyt ja kulkutiet.

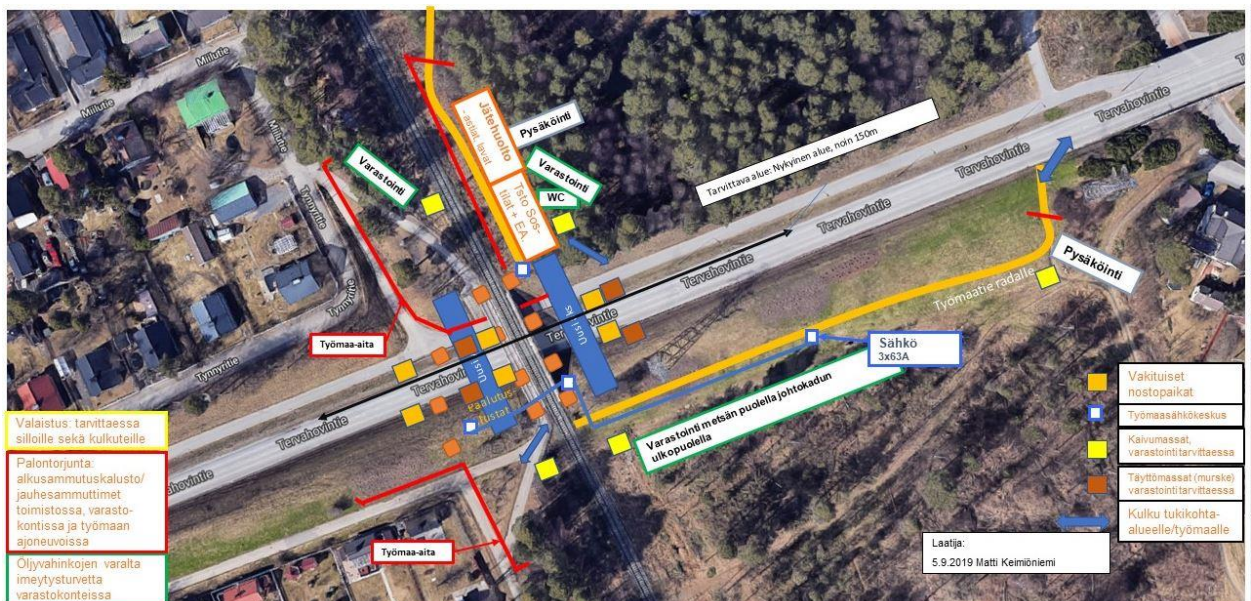
Työvaihekohtaiset suunnitelmat oli laadittava ja esitettävä urakan valvojalle hyvissä ajoin ennen työn aloittamista. Mikäli suunnitelmaa ei laadittu ajoissa, tai pahimmassa tapauksessa sitä ei ole laadittu ollenkaan, pystyi valvoja estämään töiden aloituksen. Kohteen valmistuminen laadukkaasti ja kaikkia osapuolia tyydyttävällä tavalla oli kaikkien työmaalla työskentelevien yhteinen etu.

5.2.3 Turvallisuussuunnitelma

Kaiken rakennustyön turvallisuuteen liittyvä tärkein määräys on valtioneuvoston asetus VNa 205/2009. Työvaihetta varten laadittiin työvaihekohtainen turvallisuussuunnitelma, jossa käytiin läpi työvaiheen resurssit, työvaiheen riskien arviointi, työssä vaadittavat henkilösuojaimet sekä projektin yleisiä turvallisuusohjeita. Turvallisuussuunnitelma tuli laatia ja hyväksyttävä valvojalla yhtä viikkoa ennen mainitun työvaiheen aloittamista. Kaikki kiskoihin, ratapölkkyihin, radan tukitai rakennekerroksiin sekä sähkörata- ja turvalaitteisiin liittyvät työt vaativat liikenteenhallintakeskukselle toimitetun ennakkosuunnitelman radalla tehtävästä rata-työstä. (3, s. 100.)

5.2.4 Aluesuunnitelma

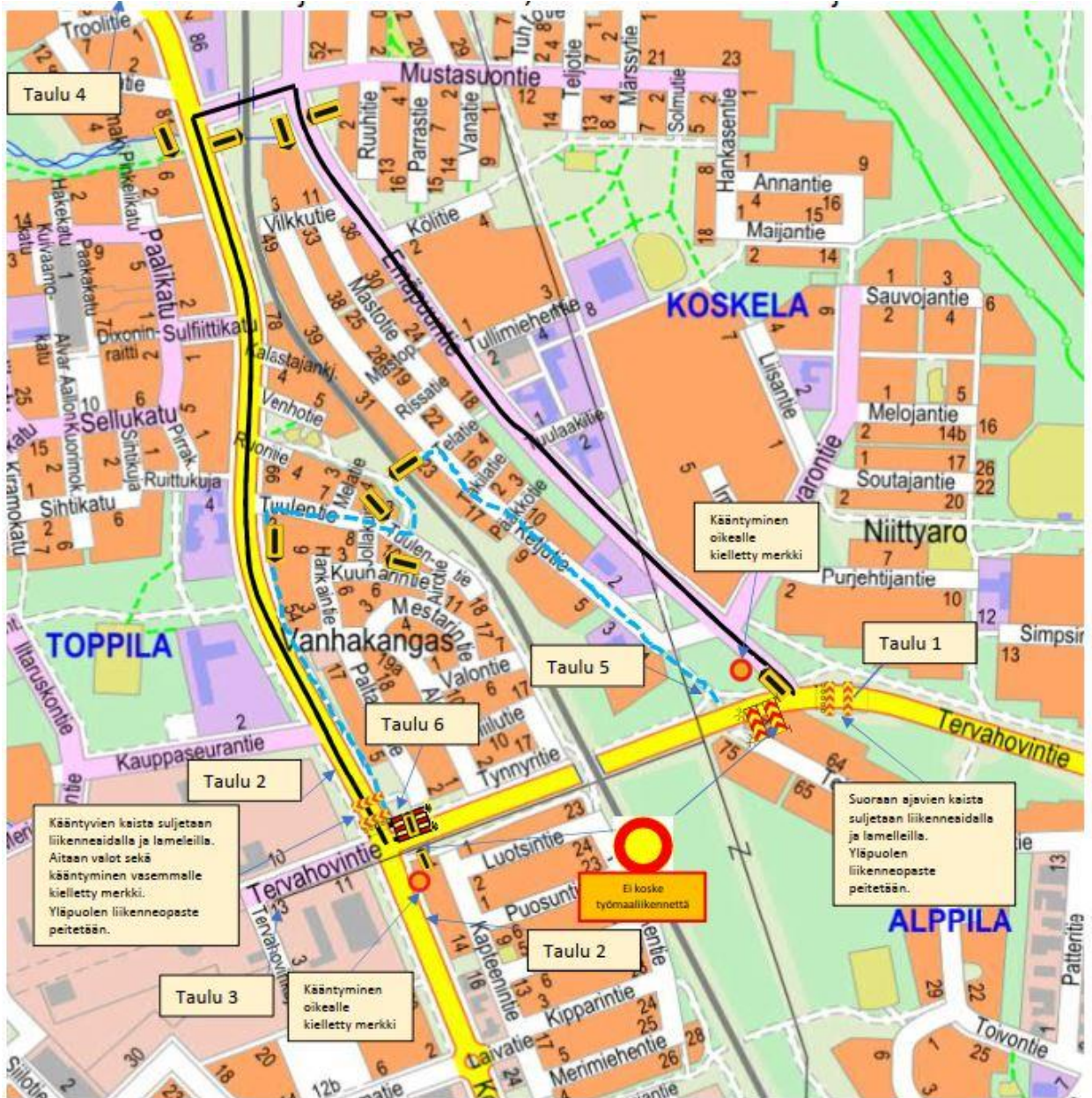
Työstä laadittiin päivitetty työmaa-alueen käyttösuunnitelma perustuen Valtioneuvoston asetukseen VNa 205/2009. Aluesuunnitelmassa otettiin huomioon normaaliolosuhteista poikkeavat liikennöintiväylät, nostopaikat, kaivuupaikat sekä työmaan muuttuva luonne siirtokatkon aikana. Aluesuunnitelma päivättiin tietyille aikavälille, jonka jälkeen työmaa-alue palautui alkuperäisen suunnitelman mukaiseen tilanteeseen. Kuvassa 8 on esitetty työmaan aluesuunnitelma siirtokatkon aikana.



KUVA 8. Työmaan aluesuunnitelma siirtokatkon aikana (9)

5.2.5 Liikenteenohjaussuunnitelma

Työstä laadittiin erillinen liikenteenohjaussuunnitelma. Työ tehtiin yleisen kadun sekä pyörätien ylittävällä väylällä, eikä työn luonteen takia työmaa-alueelle voinut päästää ulkopuolista liikennettä. Liikenteenohjaussuunnitelmassa esitettiin tien sulkemiseksi käytetyt ohjainlaitteet, kiertotiet, aikataulut sekä pelastusreitit. Liikenteenohjaussuunnitelma esitettiin työn valvojalle viikkoa ennen työn aloittamista, sekä tieto yleisen kadun katkaisemisesta liikenteeltä toimitettiin poliisi- ja pelastusviranomaisille, takseille sekä lähikouluille. Kuvassa 9 esitetään työmaan liikenteenohjaussuunnitelma havainnollistamaan työnaikaista liikenteenohjauksen tarvetta.



KUVA 9. Työmaan liikenteenohjaussuunnitelma liikennekatkon ajaksi (9)

5.2.6 Resurssisuunnitelma

Resurssisuunnitelma laadittiin hyvin yksinkertaiselle pohjalle Excel-taulukkoon. Taulukkoon listattiin kaikki työmaalle tulevat henkilöt ja koneet, varmistettiin kyseisten yksiköiden saatavuus nopeallakin aikataululla ympäri vuorokauden ja kriittisimmissä työvaiheissa varmistettiin vielä varmistuksen varmistus. Kaikkien henkilöiden puhelinnumerot listattiin taulukkoon ja taulukko teipattiin työmaakopin seinälle kaikkien toimihenkilöiden nähtäville.

Pientarvikkeiden resurssien varmistus hoidettiin tuomalla työmaalle varalaitteita tarvittava määrä, yleensä puolitoistakertaisesti käyttöön menevä määrä.

5.3 Maanalaisten rakenteiden selvitys

Maanalaisista rakenteista laadittiin selvitykset ennen töiden aloittamista. Selvityksessä kartoitettiin maastoon pysyvillä merkeillä rata-alueen poikittaiset kaapelit, joita ei ollut tarpeen kaivaa esiin ja suojata. Radan suuntaisesti kulkeneet kaapelit oli kaivettu esiin jo aiemmin kesällä. Niihin tehtiin noin 40 metrin mittaiset jatkokset ja siirrettiin kaapelit viereiseen siltamuottiin kiinni. Tarvittavilta osin kaapelit suojattiin Larsen-teräsponsilla.

Muita maanalaisia rakenteita olivat kaksi 800 millimetriä halkaisijaltaan olevaa kaukolämpölinjaa, yksi 400 millimetriä halkaisijaltaan oleva valurautainen vesi-johto sekä kaksi 250 millimetriä halkaisijaltaan olevaa hulevesiviemäriä. Nämä rakenteet paljastettiin ja kartoitettiin jo aiemmin kesällä sillan perustusten pora-paalutuksia varten.

5.4 Radan purkaminen

Radan purkamiseksi laadittiin erillinen työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma. Radan tukikerros, ratapölkkyt ja kiskot uusittiin noin 120 metrin matkalta. Eristyskerrokset uusittiin uuden sillan molemmista päistä noin 50 metrin matkalta.

Radan purkaminen oli yksi ensimmäisistä työvaiheista sekä myös siirtotyön aikaisista tahdistavista työvaiheista, ja siitä laadittiin hyvin tarkat purku- ja rakennusaikataulut.

5.5 Sillan purkaminen

Sillan purkaminen oli siirtotyölle varatun liikennekatkon pisin ja vaativin työvaihe. Työstä laadittiin hyvin tarkat purkusuunnitelmat, jossa esitettiin purkamisen aikataulu, purkamisen suunta, purkujätteen käsittely, purkamiseen vaadittavat resurssit sekä kalusto. Vanhasta sillasta purettiin kaikki olemassa olevat teräsbetonirakenteet ennen kuin siirtoratojen pohjia voitiin aloittaa rakentamaan.

Sillan purkamien oli yksi keskeisimmistä tahdistavista työvaiheista, ja sen epäonnistuminen olisi merkinnyt koko sillan siirron epäonnistumista sekä liikennekatkon venymistä suunniteltua pitemmäksi. Työvaiheeseen varauduttiin varmistamalla työkohteeseen riittävät resurssit niin työkoneiden kuin laitteidenkin avulla. Kuvassa 10 näkyy tilanne noin 12 tuntia siirtokatkon alkamisen jälkeen, jolloin vanha silta on purettu, alueen siivoaminen on käynnissä ja siirtoratojen asentamiseen ollaan valmistautumassa.



KUVA 10. Tilanne sillan purkamisen jälkeen (10)

5.6 Siirtoratojen asennus

Siirtoratojen asentaminen aloitettiin välittömästi sillan purkamisen jälkeen. Ensimmäisenä työvaiheena oli poistaa siirtoratojen suunnitellulta kohdalta sillan purkamisesta tulleet betonimurskeet sekä raudat.

Työkohteen pohjatutkimusten mukaan maaperä alueella oli tarpeeksi kantavaa siirtoradan perustamiselle maanvaraisena. Siirtoradan pohjalle asennettiin kantavaksi kerrokseksi 500 millimetriä paksu kerros 0-55 mm:n kokoista kalliomurskettä. Murskearina tiivistettiin optimivesipitoisuuden ja tärylevyn avulla riittävän tiiviiksi kerrokseksi ja pinta tasattiin ohuella kerroksella 0-8 mm:n kokoista kalliomurskettä, niin sanotulla kivituhkalla. Arinan päälle asennettiin tiiviisti vierekkäin siirtoradan painoa jakavat 200*200 mm:n puuparrut siirtorataan nähden poikittain.

Parrujen päälle alettiin kasaamaan siirtoratapalkistoa siltasuunnittelijan laatiman suunnitelman mukaan. Tässä siltakohteessa silta siirrettiin käyttäen kahta siirtorataa, mutta myös useampaa siirtorataa on mahdollista käyttää.

5.7 Sillan siirto

Sillan siirron toteuttamiseksi tehtyjen työvaiheiden jälkeen siltaa valmistauduttiin siirtämään käyttäen hydraulisia työntötunkeja. Siirrossa tarvittava voimakone sekä tunkit oli aseteltu ja kiinnitetty siltaan jo siirtoa edeltävällä viikolla. Siltaan tehtiin pieni koesiirto ennen varsinaista siirtoa, jolla varmistettiin sillan lähteminen liikkeelle siirtokatkon aikana.

Siltaa alettiin siirtämään nostamalla paineita tasaisesti molemmissa työntötunkeissa. Tunkkien tarvitsemaa voimaa voitiin arvioida hydraulijärjestelmän paineesta. Sillan lähtiessä liikkeelle siirtoratapalkistojen päällä alettiin sillan sijaintia seurata ennalta määrätyistä sillan pääpisteistä takymetriä apuna käyttäen. Sillan siirtomatka oli tässä tapauksessa 13 metriä ja aikaa sillan siirtoon kului 1 tunti.

Sillan saavutettua oikean aseman pääpisteiden perusteella voitiin siirto pysäyttää. Siltaa alettiin kohottamaan hydraulisilla nostotunkeilla, jotta siirtoratapalkki saatiin sillan alta pois. Tämän jälkeen silta laskettiin tarkasti tukipisteidensä vaaraan ja aloitettiin hitsaamaan sillan vastinlevyt kiinni laakereihin.

5.8 Sillan palauttaminen liikenteelle

Siirtämisen jälkeen oli vielä tehtävänä sillan alusrakenteiden asentaminen sekä radan rakentaminen siltapaikan ylitse.

Sillan alusrakenteisiin kuuluvat siirtymälaatat oli valettu ennakkoon aiemmin kesällä, koska siirtokatkon aikana on mahdotonta saavuttaa riittävän nopeaa betonin kovettumista paikallaan valettavia siirtymälaattoja varten. Siirtymälaatat asennettiin elementtiasennuksena, ja suunnitelman mukaiset vedeneristykset tehtiin siirtymälaatan ja sillan päätypalkin liitoskohtaan.

Siirtymälaattojen asentamisen jälkeen alettiin radan eristys- ja välikerrosten rakentaminen tarkoitukseen sopivalla materiaalilla. Eristys- ja välikerrokset rakennettiin kerroksittain ja tiivistettiin optimivesipitoisuuden ja täryjyrän avulla tarvittavaan tiiveyteen. Välikerrosmateriaalin päälle alettiin kasaamaan radan tukikerrosmateriaalina käytettävää kalliosepeliä, jonka päälle betoniset ratapölkkyt aseteltiin.

Uudet kiskot kiinnitettiin ratapölkkyihin ja tämän jälkeen raiteelle tehtiin loppu täyttö kiskopyöräkaivinkoneella. Kun ratapölkkyt olivat peittyneet tarvittavan määrän ratasepeliin, oli vuorossa radan tukeminen. Radan tukeminen tehtiin erillisellä tukemiskoneella tuentasuunnitelman mukaan. Tukemiskone tiivistää ratasepelin ratapölkkyjen ympärille sekä asettaa radan korkeusaseman vastaamaan olemassa olevien kiskojen korkeusasemaa. Kiskojen päät kiinnitettiin toisiinsa sidontalenteillä ja radan maadoitus varmistettiin kiskojen katkoksen ohittavalla maadoituslenkillä.

Edeltävien työvaiheiden valmistuttua alettiin sähköradan työaikaista maadoitusta purkaa. Maadoituksen purun jälkeen varmistettiin silmämääräisesti radan sähkö- sekä turvalaitteiden kunto. Ratatöistä vastaava henkilö ilmoitti radan käyttökeskukseen luvasta jännitteen palauttamiseen ajolankoihin, lopetti ratatyöluvan sekä luovutti rataosan liikenteelle. Kuvassa 11 nähdään tilannetta uudella ratasillalla siirtokatkon jälkeisenä iltana, jolloin rata on luovutettu takaisin liikenteelle.



KUVA 11. Liikenteelle luovutettu silta siirotkatkon jälkeen

6 YHTEENVETO

Työssä käsiteltiin sillanrakentamisen tarpeisiin liittyvää tietoa. Työssä pyrittiin tuomaan esiin siltarakenteiden nykytilannetta ja tulevaisuuden kasvavia tarpeita siltojen uusimiseksi. Opinnäytetyön suuntaus on sivustasiirrettävän ratasiltatekniikan kehittämisessä.

Työn aikana lähtötietoaineistoa kerätessä tuli hyvin selkeästi esiin sillanrakentamiseen liittyvien suunnitelmien, laatuvaatimusten ja dokumentointien paljous. Siltojen siirto on Suomessa erikoisosaamista vaativaa työtä, ja alalle tulevia nuoria työntekijöitä kannattaisikin kannustaa tutkimaan sillanrakentamisen kehittämistä sivusiirtotekniikkaa käyttäen.

LÄHTEET

1. Väyläviraston sillat 1.1.2019. Sillaston palvelutaso ja kunto. Väyläviraston tilastoja 1/2019. Helsinki. Väylävirasto. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vti_2019-01_vaylaviraston_sillat_web.pdf. Hakupäivä 10.1.2020.
2. Ahvenainen, Jaakko – Aitta, Seppo – Havukainen, Yrjö – Huura, Jorma – Hyttinen, Esko – Jänninen, Mauno - Kitola, Aarne – Karola, Olle – Karola, Palle – Kuusivaara, Matti – Lukkari, Jussi – Lämsä, Jouko – Matikainen, Yrjö – Moijanen, Kari – Mäkipuro, Risto – Nousiainen, Markku – Ollila, Heino . Pelto-
korpi, Mauno – Punnonen, Yrjö – Pyykkönen, Olli – Rantanen, Seppo – Rantakokko, Timo – Roos, Vilho – Rämetsä, Antti – Räsänen, Ossi – Saarela, Seppo – Savolainen, Matti – Söderqvist, Marja – Teräsvuori, Veijo – Viita, Seppo – Välkepinta, Juhani 2004. Siltojemme historia. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
3. 2018. RIL 179. 2018. Sillat – suunnittelu, toteutus ja ylläpito. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
4. Liikenneväylien korjausvelka. 2017. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 44/2017. Helsinki. Liikennevirasto. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2017-44_liikennevaylien_korjausvelka_web.pdf. Hakupäivä 10.1.2020.
5. Pitkänen, Maija 2011. Liikennehaitan minimointi tiesiltahankkeissa sillansiirtomenetelmällä. Diplomityö. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/6890/pitka-nen.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. Hakupäivä 9.1.2020.
6. Rautatietilasto 2018. 2018. Suomen virallinen tilasto. Traficomien tilastojulkaisuja 20/2019. Helsinki. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Saatavissa: https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Rautatietilasto_2.12_uusi.pdf. Hakupäivä 12.1.2020.

7. Sillat ja ympäristö. 2013. Liikenneviraston oppaita 3/2013. Helsinki. Liikennevirasto. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lop_2013-03_sillat_ymparisto_web.pdf. Hakupäivä 14.1.2020.
8. Liedes, Roope 2016. Rautatiesillan siirto työnjohdon näkökulmasta. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, infrarakentaminen. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/115226/ledes_roope.pdf..pdf?sequence=1&isAllowed=y. Hakupäivä 17.1.2020.
9. Tervahovintien aliku- ja ylikulkusillan uusiminen. Työmaa-aineisto. 2019. Oulu. Destia Oy.
10. Virolainen, Taina 2018. Tervahovintien ratasillan uusiminen Oulun Toppilassa katkaisi rataliikenteen – kolmen vuorokauden tiukka puristus.Kaleva.fi. Saatavissa: <https://www.kaleva.fi/uutiset/oulu/tervahovintien-ratasillan-uusiminen-oulu-toppilassa-katkaisi-rataliikenteen-kolmen-vuorokauden-tiukka-puristus/826920/> Hakupäivä 12.1.2020.