



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# SILLANKORJAUSTÖIDEN KUSTANNUSTIE- TOJEN PÄIVITYS JA VALITTUJEN KORJAUS- TÖIDEN VAIKUTUS SILLAN ELINKAAREEN

Sampo Salminen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2018  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Talonrakennustekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Talonrakennustekniikka

SALMINEN, SAMPO:

Sillankorjaustöiden kustannustietojen päivitys ja valittujen korjaustöiden vaikutus sillan elinkaareen

Opinnäytetyö 58 sivua, joista liitteitä 20 sivua  
Huhtikuu 2018

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli ajantasaistaa sillankorjauksen korjaussuunnittelussa käytettyjä peruskorjauksen yksikköhintoja ja selvittää niiden alueellisia vaihteluita, tutustua siltaomaisuuden kunnonhallintajärjestelmään (tarkastus ja peruskorjaus) sekä vertailla referenssikohteena käytetyn sillan uusimisen ja peruskorjauksen kustannusvaikutteisia eroja. Opinnäytetyö sisälsi myös kustannuslaskentataulukon/-ohjelmiston laatimisen konsultin käyttöön.

Sillankorjauksen yksikköhintojen pohjana käytettiin Liikenneviraston ja WSP:n sillankorjauksen kustannusarvioita, joista saatiin nimikkeistöä ja hinnastoa. Sillan peruskorjauksen ja uusimisen vertailussa käytettiin Suomessa sijaitsevaa tie-/ratasiltaa, jolle tehtiin erikoistarkastus, ja jonka kansilaatta päätettiin uusia. Opinnäytetyössä tarkasteltiin sillan vaihtoehtoista peruskorjausta ja korjaustoimenpiteiden kustannuksia. Haasteeksi muodostui yksikkökustannuksien saatavuus, koska yritykset eivät mielellään anna hintatietoutta muille yrityksille.

Sillankorjauksen referenssikohteena käytettiin yksiaukkoista betonisiltaa 1950-luvulta. Uusimisen ja peruskorjauksen vertailussa päädyttiin tulokseen, että uusiminen oli taloudellisempi vaihtoehto tarkasteltavalla 30 vuoden käyttöiällä ja muuttamattomalla liikennevirralla. Vaikka sillan kustannukset olivat peruskorjauksessa 40 % halvemmat, pidemmän tarkastelujakson (esim. 50 vuoden) kuluessa uusi kansilaatta tulee taloudellisemmaksi.

Sillankorjauksessa kustannustehokkain ratkaisu saadaan huomioimalla sillan koko elinkaaren kustannukset. Jotta kustannukset pysyvät oikeina, on niitä päivitettävä säännöllisesti hintatason yleisen nousun takia.

Liikenneviraston sillantarkastuksissa, pois lukien vuositarkastuksissa, tulee aina olla pätevä henkilö, jotta sillan kunnosta saadaan oikea tieto ja rakenteiden vaurioihin ja korjauksiin pystytään varautumaan hyvissä ajoin.

---

Asiasanat: silta, korjausrakentaminen, kustannus, peruskorjaaminen

## **ABSTRACT**

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

**SALMINEN, SAMPO:**

Updating Cost Information for Bridge Repairs and Impact of Selected Repairs on Bridge Life Cycle

Bachelor's thesis 58 pages, appendices 20 pages

April 2018

---

The purpose of this thesis was to update the unit price of bridge renovation planning, and renovation correction planning and to find out about regional variations (in pricing), to familiarize with the the management of the bridge property management system (inspection and renovation) and to compare the differences in cost-effectiveness between renewing and renovating a bridge. An Excel table was also created for the use of a consultant.

In the comparison of the renovation and renewal of the bridge, a road bridge for which a deck renewal was planned was used as a reference. The thesis includes an alternative renovation of the bridge and the cost of remedies. Availability of unit costs proved to be a challenge as companies are not willing to give price information to other companies.

The reference bridge for bridge repair was a single-lined steel concrete bridge from the 1950s. In the comparison of renewal and renovation, it was concluded that a replacement was a more economical option with the 30-year lifetime and the unchanged traffic flow. Although renovation of the bridge would be 40 % cheaper, a new deck will become a more economical solution over a longer period of scrutiny (e.g. 50 years).

Bridge repair plans must always involve the costs of the entire life cycle of the bridge to reach the most cost-effective solution. In order to keep the costs right, they have to be updated regularly due to the general rise in the price level.

---

Key words: bridge, renovation construction, cost, renovate

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	KORJAUSRAKENTAMISEN LÄHIHISTORIA JA KUSTANNUSTEN KEHITYS .....	8
2.1	Korjausrakentamisen muutoksia.....	8
2.2	Siltojen korjaustarve .....	8
2.3	Rakennuskustannusindeksi .....	10
2.4	Tulevaisuuden näkymät .....	11
3	SILLANKORJAUS JA YLLÄPITO .....	13
3.1	Siltojen tarkastukset.....	13
3.1.1	Vuositarkastus .....	14
3.1.2	Yleistarkastus ja laajennettu yleistarkastus .....	14
3.1.3	Erikoistarkastus ja monitorointi .....	15
3.2	Rakenteiden vaurioituminen ja suojaaminen .....	16
3.2.1	Betoni- ja teräsrakenteiden vauriot .....	16
3.2.2	Suojaaminen.....	17
4	KUSTANNUSLASKENTATAULUKKO .....	19
4.1	Laskentataulukon laatiminen .....	19
4.2	Laskentataulukon toiminta.....	20
4.3	Vaihtoehtoiset kustannuslaskentataulukot .....	21
4.4	Maantieteellisen sijainnin vaikutus.....	21
4.5	Kilpailulainsäädäntö .....	23
5	REFERENSSIKOHTTEEN KORJAUSVAIHTOEHDOT .....	25
5.1	Sillan tiedot .....	25
5.2	Sillan peruskorjaus.....	26
5.2.1	Kansilaatan ylä- ja alapinta .....	26
5.2.2	Reunapalkit .....	28
5.2.3	Kaiteet .....	29
5.2.4	Siltapaikan rakenteet .....	30
5.2.5	Peruskorjauksen kustannusten muodostuminen.....	30
5.2.6	Sillan vahventaminen .....	32
5.3	Kustannukset elinkaaren aikana.....	32
5.4	Kannen uusimisen ja peruskorjauksen vertailu.....	34
6	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET.....	37
	LIITTEET .....	39
	Liite 1. Betonirakenteiden korjausperiaatteet ja -menetelmät.....	39

Liite 2. Siltojen suhteelliset rakennuskustannukset graafisesti .....	40
Liite 3. Referenssisillan korjaustyön/uusimisen kustannusarvio .....	43
Liite 4. Referenssisillan peruskorjauksen kustannusarvio .....	50
Liite 5. Referenssisillan kansilaatan detaljipiirustus .....	56
Liite 6. Referenssisillan suunnitelmapiirustus.....	57

**LYHENTEET JA TERMIT**

BKT bruttokansantuote

rakennuskustannusindeksi kuvaa rakennustöiden, rakennusmateriaalin ja muiden rakennuskustannuksien hinnankehityksen suhteellista muutosta

korroosio metallin syöymistä ympäristöolosuhteiden vaikutuksesta

diskonttokorko koron avulla eri aikoina syntyvät kustannuserät tehdään yhteismitallisiksi

## 1 JOHDANTO

Suomessa on noin 20 000 siltaa ja monet niistä tulevat ikään, jolloin ne tarvitsevat korjausta. Sillan elinkaaren aikana sillan kuntoa seurataan säännöllisesti eritasoisilla tarkastuksilla. Kuntotiedon perusteella voidaan tarvittavat korjaustoimet tehdä oikea-aikaisesti. Kun puhutaan korjaamisesta tai uusimisesta, puhutaan myös kustannuksista. Tästä syystä kustannusarviot tulee päivittää, jotta korjauskuluissa ei syntyisi yllätyksiä.

Opinnäytetyö käsittelee korjausrakentamisen kehitystä lähihistorian ajalta, sillankorjaukseen liittyviä toimia ja termejä ja referenssisillan peruskorjauksen korjaustoimenpiteitä, sekä kustannuksia, joita verrataan kansilaatan uusimiskustannuksiin. Lisäksi opinnäytetyössä tehdään sillankorjauksen yksikkökustannuksen päivitystä Excel-muodossa yrityksen sisäiseen käyttöön.

Opinnäytetyön tarkoituksena on kertoa sillankorjauksesta ja sillantarkastuksista pääpiirteittäin ja vertailla sillan peruskorjauksen ja uusimisen korjaustoimenpiteitä sekä kustannuserojen vaikutuksia sillan elinkaaren aikana. Kustannustaulukon tavoitteena on päivittää sillankorjauksen yksikköhintoja, selvittää alueellisten kustannuksien vaihteluita sekä tallentaa havaittuja kustannuseroja. Opinnäytetyö painottuu sillankorjaukseen suunnittelun näkökulmasta, joten yksittäisiin korjaustoimenpiteisiin ei paneuduta tarkasti vaan selvitetään linjaratkaisua referenssikohteessa.

## **2 KORJAUSRAKENTAMISEN LÄHIHISTORIA JA KUSTANNUSTEN KEHITYS**

### **2.1 Korjausrakentamisen muutoksia**

2000-luvun alussa 60 prosenttia Suomen rakennuskannasta oli rakennettu 1970-luvulla (Vainio, Jaakkonen, Nippanen, Lehtinen 2002, 14). Rakennuksen kriittinen ikä on noin 30 vuotta monissa teknisissä korjauksissa ja suuremmat niin sanotut peruskorjaukset tehdään 40 – 50 vuoden välein. 2010-luvun alussa havaittiin, että yli 30 vuotiaita rakennuksia on jo yli 50 prosenttia ja 1960- ja 1970-luvuilla rakennetut kerrostalot ovat tulleet tai tulossa suurempien korjausurakoiden eteen.

1970-luvulta lähtien korjausrakentamisen kasvu on ollut tasaista. Korjausrakentaminen jopa ohitti uudisrakentamisen 90-luvun laman aikoihin. Kuitenkin laman väistyttyä uudisrakentaminen kiri aiempiin mittoihin. Vuonna 2007 oli korjausrakentamisen piikki, jonka jälkeen painopiste on ollut rakennusten ylläpidon ja korjausrakentamisen puolella.

### **2.2 Siltojen korjaustarve**

Liikennevirastolla on lähes 20 000 siltaa, joista varsinaisia siltoja on noin 12 000 ja kiskoliikenteen rautatiesiltoja noin 3000. Yhtenäisen kuntoluokan mukaan (taulukko 1) tyydyttäviä, huonokuntoisia ja erittäin huonokuntoisia siltoja oli 1.1.2017 kolmasosa siltojen kokonaisuudesta. Vuonna 2016 yleistarkastettiin liki 3000 siltaa ja erikoistarkastettiin noin 70 siltaa (taulukko 2). Näistä silloista ylläpitokorjattiin yli 800 siltaa ja peruskorjattiin tai uusittiin yli 100 siltaa. (Liikennevirasto 2017, 3, 58.) Olettamalla, että vuonna 2017 siltoja korjattiin saman verran, jää tyydyttäviä, huono- ja erittäin huonokuntoisia siltoja vieläkin noin 4000 kappaletta. Vanhempien siltojen kuntoluokka laskee kuitenkin joka vuosi, joten luku ei ole tarkka, vaan tästä saadaan vain käsitys korjaustarpeesta olevien siltojen lukumäärästä.



TAULUKKO 1. Sillat kuntoluokittain (Liikennevirasto 2017)

**Siltojen lukumäärä, yhteensä 1.1.2017**

ELY-keskus	Kuntoluokka						Siltoja yhteensä
	5	4	3	2	1	Ei tiedossa	
UUD	320	1887	733	96	29	19	3 084
VAR	145	788	782	102	20		1 837
KAS	165	529	221	24	2		941
PIR	15	644	380	37	19	25	1 120
POS	229	1240	643	79	10	19	2 220
KES	73	533	332	38	2	9	987
EPO	128	752	462	56	10		1 408
POP	108	1259	641	52	15		2 075
LAP	86	877	344	38	4		1 349
LIVi	20	74	30	8	1	6	139
<b>Yhteensä</b>	<b>1289</b>	<b>8583</b>	<b>4568</b>	<b>530</b>	<b>112</b>	<b>78</b>	<b>15 160</b>

5 = Erittäin hyvä, 4 = Hyvä, 3 = Tyydyttävä, 2 = Huono, 1 = Erittäin huono

TAULUKKO 2. Sillantarkastuksen tarkastustyyppin mukaan vuonna 2016 (Liikennevirasto 2017)

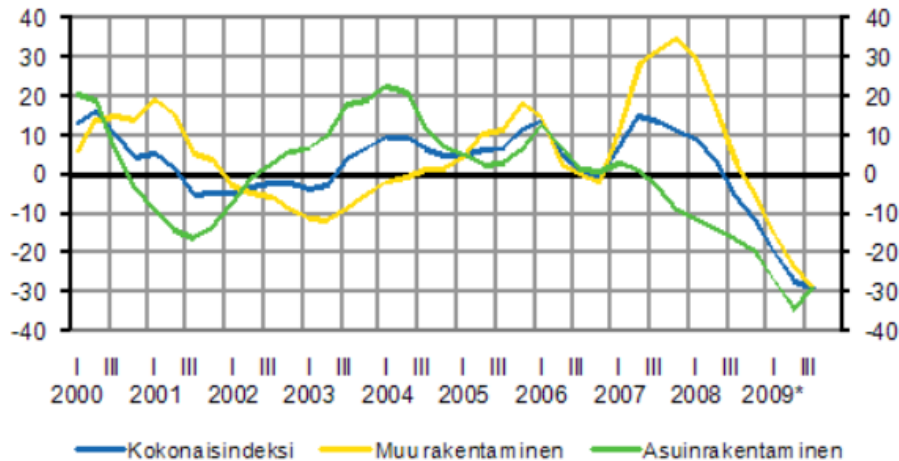
ELY-keskus	Yleis- tarkastus	Laajennettu yleistarkastus	Erikois- tarkastus	Sukellus- tarkastus	Vastaanotto- tarkastus	Tarkastettu yhteensä
UUD	593	12	22		32	659
VAR	339		21		55	415
KAS	126		2		18	146
PIR	218	10	7		7	242
POS	429	17			45	491
KES	213	5			13	231
EPO	262	1			13	276
POP	379	6	4		11	400
LAP	283		10	6		299
LIVi	1					1
<b>Yhteensä</b>	<b>2843</b>	<b>51</b>	<b>66</b>	<b>6</b>	<b>194</b>	<b>3 160</b>

Jos sillalle on tehty useita tarkastuksia vuonna 2016, huomioidaan vain viimeisin.

Silta tulee peruskorjausikänsä noin 30 – 40 vuoden iässä. Siltoja rakennettiin reilusti 60-luvulla, jopa kolminkertainen määrä kuin aikaisempina vuosikymmeninä. Tahti jatkui vilkkaana 90-luvun loppupuolelle asti. Tästä ikärakenteesta johtuen siltojen korjaustarve tulee pysymään korkeana vielä pitkään. (Liikennevirasto 2017, 3.) Siltojen ylläpidolle ja korjaukselle tarkoitettua rahoitusta on nostettu pikkuhiljaa 2000-luvun alkupuolen jälkeen (Huura, Räsänen 2005, 1), joka on vähentänyt korjausvelkaa, korjausvelan määrää.

### 2.3 Rakennuskustannusindeksi

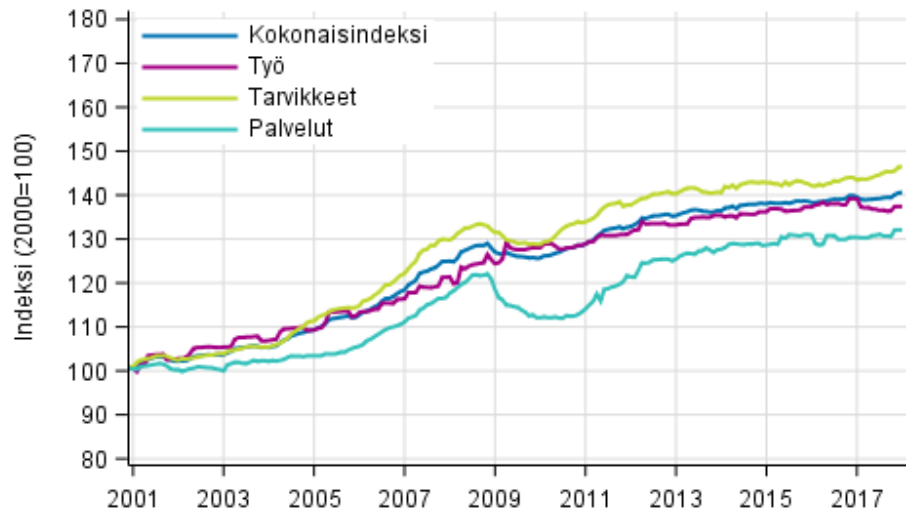
Rakennuskustannusindeksin muutokset vaikuttavat aina vallitseviin hintoihin. Kuvioista 1 näkee, kuinka rakennuskustannusindeksi on muuttunut vuosien 2000 ja 2009 välisenä aikana. 2000-luvun alussa kokonaisindeksin muutos on hieman heitellyt, mikä on vaikuttanut lievästi rakentamiseen. Vuosina 2008 ja 2009 tapahtui kuitenkin suurempi notkahdus rakentamisen kustannuksiin.



KUVIO 1. Kokonaisindeksin muutos suhteessa rakentamisen kustannuksiin (Tilastokeskus 2010)

Kuviossa 1 käynnissä olevan rakennustuotannon määrä oli suurimmillaan vuoden 2007 viimeisellä neljänneksellä. Uudisrakentamisen määrä väheni reilu 2 % vuonna 2008. Ensimmäiset enteet rakennustuotannon hidastumisesta saatiin 2007 lopulla, kun hyväksytyjen rakennuslupien määrä alkoi laskea. Seuraavan merkin laskusta antoi käynnistyneiden rakennusurakoiden väheneminen vuoden 2008 alussa. Toimitilarakentaminen oli ainoa, joka piti kehitystä yllä aina vuoden 2008 loppupuoliskolle saakka. Tämä ei kuitenkaan riittänyt, vaan rakentamisen kustannuksissa alkoi muutaman vuoden jyrkkä lasku. 2009-luvun kolmanneksella suunta alkoi taas lähteä nousuun (kuvio 2).

Pitemmän aikavälin mukaan rakennuskustannusindeksi on noussut tasaisesti melkein joka vuosi. Kuviossa 2 on kuvattu kokonaisindeksin, työn, tarvikkeiden ja palveluiden hintojen kehitystä. Tästä voi päätellä, että korjausrakentamisen palveluiden hinnat ovat nousseet samaa tahtia.

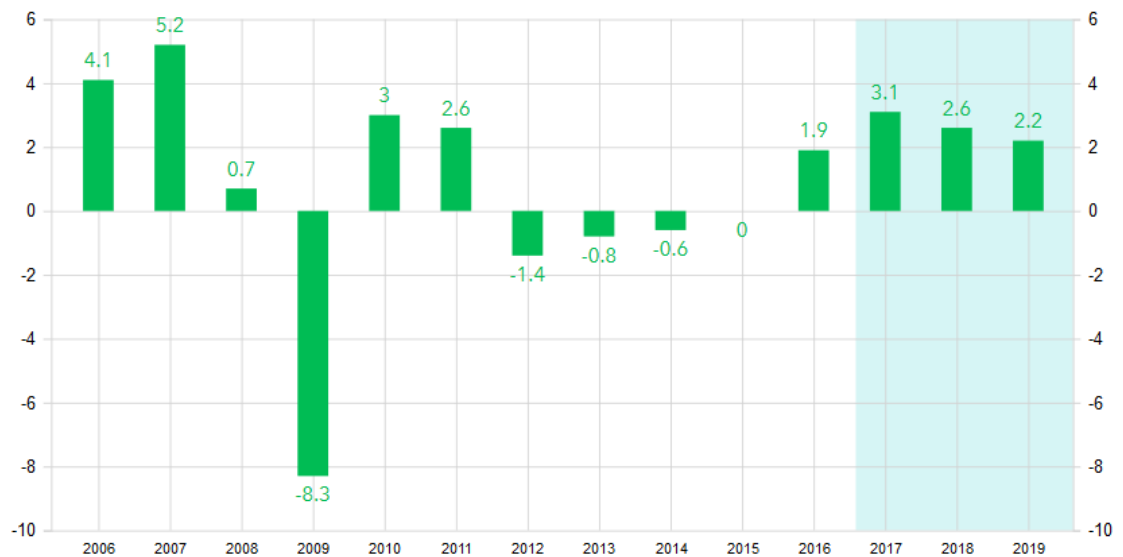


KUVIO 2. rakennuskustannusindeksien muutosta vuosina 2001 – 2017 (Tilastokeskus 2018)

## 2.4 Tulevaisuuden näkymät

Maailmantalouden kasvu on hyvässä vauhdissa. Aktian ennusteen mukaan maailmantalous ennustettiin kasvavan. Vuonna 2017 ajateltiin kasvun pysyvän 3,7 %:ssa. Vuodet 2018 ja 2019 näyttävän kasvun suhteen hyvältä, sillä kasvu ennustetaan pysyvän 3,6 %:ssa. (Schauman 2017.)

Suomen talous on myös hyvällä vauhdilla kasvamassa. Aktian ennusteen mukaan Suomen bruttokansantuote kasvaa 2,6 % vuonna 2018 ja 2,2 % vuonna 2019 (Schauman 2017). Bruttokansantuote on vaihdellut paljon 2000-luvulla, kuten sitä kuvaava kuvio 3 näyttää. Korjausrakentamisen kannalta tilanne tulee tulevaisuudessa olemaan hyvä bruttokansantuotteen suhteen, koska investointeja on helpompi tehdä, kun taloustilanne näyttää hyvältä.



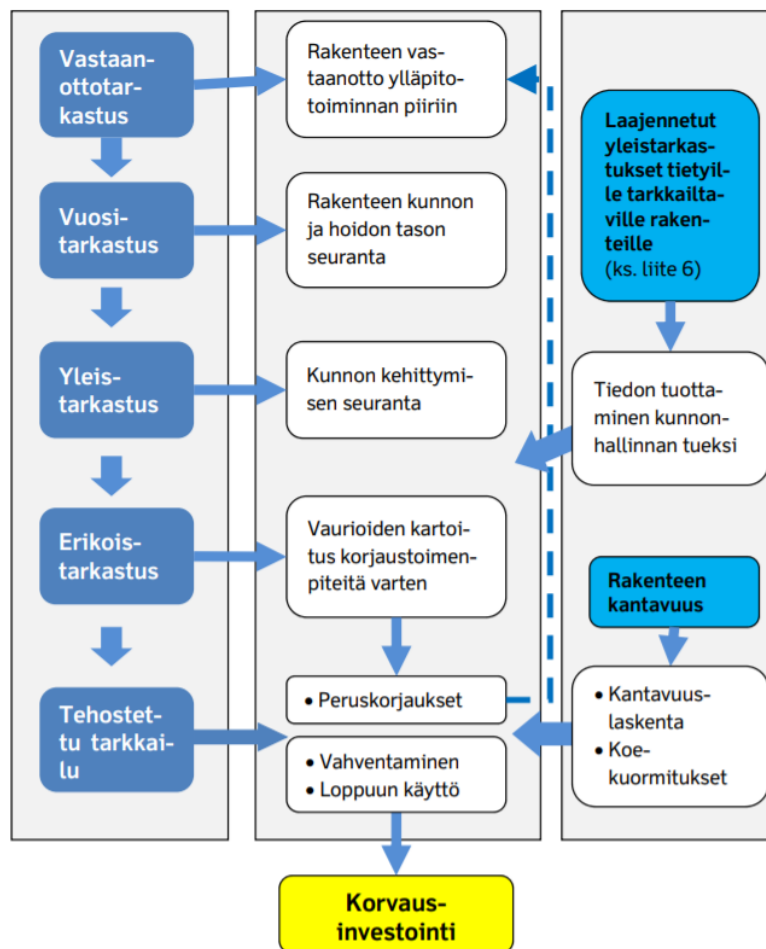
KUVIO 3. BKT:n muutos-% edellisestä vuodesta ja ennuste (Aktia, Macrobond 2016)

### 3 SILLANKORJAUS JA YLLÄPITO

”Siltojen hoidon ja ylläpidon keskeinen tehtävä on varmistaa siltojen liikenneturvallisuus, kuormankantokyky ja toimivuus sillan käyttöaikana sekä pitää huolta siitä huomattavasta kansallisesta pääomasta, joka on sijoitettu siltoihin. Tavoitteena on myös siltojen säilyminen ulkonäöltään siisteinä ja ympäristöön sopivina.” (Tiehallinto 2009, 11.)

#### 3.1 Siltojen tarkastukset

Kuten kuvioista 4 näkee, on sillan elinkaaressa montaa eri tarkastusvaihetta, joista osa toistuu tietyn väliajan jälkeen. Näin silta pidetään hyvänä ja turvallisena. Ensimmäisenä sillan valmistuttua tälle tehdään vastaanottotarkastus ja se siirtyy rakenteen ylläpitotoiminnan piiriin.



KUVIO 4. Sillan elinkaaren päävaiheet (Liikennevirasto 2013)

Sillan vuositarkastuksia tehdään vuosittain kunnossapidon kannalta. Yleistarkastuksia tehdään sillalle 5 vuoden välein mahdollisten rakenteellisten vaurioiden seurannan ja vakavuuden arvioimiseksi. Yleistarkastustietoja käytetään sillan korjaustarpeen ja korjausten ajankohdan ohjelmointiin. Erikoistarkastus tehdään ennen sillan peruskorjausta. Erikoistarkastuksessa rakenne tutkitaan detaljitasolla ja selvitetään vaurioiden syyt.

### **3.1.1 Vuositarkastus**

Sillan vuositarkastus tehdään esim. Liikenneviraston ohjeiden mukaan seuraavasti: Tarkastuksen yhteydessä on käytettävä lomaketta, jossa on yhteensä 24 tarkastuksen kohdetta. Nämä kohteet löytyvät neljästä eri osa-alueesta, jotka ovat alusrakenne, päällysrakenne, varusteet ja laitteet ja siltapaikan rakenteet. Tarkastukset hoitaa yleensä tienhoidon alueurakoitsija ja ne tehdään vain silmämääräisesti. Tässä tarkastuksessa tarkastajalla ei tarvitse olla sillantarkastajan pätevyyskysymyksiä. Vauriopaikka kuvataan ja kirjataan lomakkeen osoittamaan kohtaan. (Tiehallinto 2009, 9-11.)

### **3.1.2 Yleistarkastus ja laajennettu yleistarkastus**

Yleistarkastuksella seurataan rakenteiden kuntoa rakenteen koko käyttöajan ajan. Tämä on niin sanottu ”pää tarkastus”. Siinä käytetään kahta eri ohjetta riippuen siitä, millainen silta on kyseessä. Nämä ohjeet ovat Taitorakenteiden tarkastusohje ja Sillantarkastuskäsikirja. Yleistarkastus tehdään pääsääntöisesti viiden vuoden välein, ellei ole poikkeustapauksia. Siltaa tarkastellaan kokonaisuutena. Vaurioiden merkitsemisessä mietitään eri tekijöiden vaikutusta tietyssä järjestyksessä. Nämä tekijät ovat liikenneturvallisuuden vaikuttavat vauriot ja puutteet, sillan kantavuuteen vaikuttavat vauriot ja puutteet, säilyvyyteen vaikuttavat ongelmat ja sillan ja siltapaikan ulkonäköön vaikuttavat asiat. (Liikennevirasto 2013, 8-9.)

Yleistarkastus tehdään edelleen silmämääräisesti, mutta perusteellisemmin kuin vuositarkastus. Yleistarkastuksessa keskitytään sillan rakenteellisiin vaurioihin. Ne kuvataan, merkitään ja arvioidaan niiden suuruutta ja määrää. Tarkastuksesta saadaan tietoa sillan rakenteiden kunnosta ja alustavista korjaustoimenpide-ehdotuksista. Tarkastuksen päätyttyä arvioidaan vaurioiden vakavuutta ja annetaan seuraavan tarkastuksen ajankohta

sekä tarkastustyyppi vaurioiden perusteella. Jos sillan joku rakenne osa vaatii tarkempaa tutkimista, ehdotetaan sillalle seuraavaksi tarkastukseksi erikoistarkastusta. Yleistarkastuksen voi tehdä vain henkilö, jolla on sillantarkastajan pätevyys.

Laajennettu yleistarkastus tehdään terässilloille, köysisilloille ja avattaville silloille. Näillä silloilla on tiettyjä erikoisominaisuuksia, jotka vaativat normaalista yleistarkastuksesta poikkeavia tarkastustoimenpiteitä. Näiden piirteiden takia on kyseisille silloille katsottu tarpeelliseksi tehdä yleistarkastuskierrossa joka toisella kerralla laajennettu yleistarkastus. (Liikennevirasto 2010, 4.)

### 3.1.3 Erikoistarkastus ja monitorointi

Erikoistarkastus on sillan perusteellisin tarkastusmuoto. Tarkastuksessa selvitetään sillan rakenneosien kunto ja selvitetään korjausta vaativat vauriot ja rakenteiden vaurioitumismekanismit. Tarkastus voidaan myös rajata kohdistumaan vain sillan tiettyihin rakenneosiin tai vaurioihin. Erikoistarkastus tehdään, jos yleistarkastuksen jälkeen tarkastajan näkemys on, että silta kaipaa peruskorjausta tai vaurioiden syiden selvittämiseksi halutaan tehdä lisätarkasteluja. Erikoistarkastuksen päätarkastajalla tulee olla sillantarkastajan pätevyudet ja vähintään kaksi vuotta kokemusta yleistarkastuksien tekemisestä sekä hänen tulee olla silta-alan diplomi-insinööri tai kantavien siltarakenteiden suunnittelukokemusta tai vankkaa siltojen korjaussuunnittelukokemusta omaava rakennusalan insinööri. Siltojen betonirakenteiden erikoistarkastusten päätarkastajalta vaaditaan lisäksi FISE Oy:n myöntämä Betonisiltojen a-vaativuusluokan kuntotutkijan pätevyys tai muu vastaava pätevyys.

Siltojen erikoistarkastuksen sisältöön kuuluu

- tarkastussuunnitelman laatiminen
- ylempänä esitelty sillan yleistarkastus
- kenttätutkimus
- näytteiden otto
- mittausten tekeminen
- laboratoriotutkimusten tekeminen
- Siltarekisterin päivittäminen tutkimuksien tuloksien osalta
- erikoistarkastusraportin laatiminen. (Liikennevirasto 2010, 9.)

Monitorointia käytetään, kun halutaan tietoa sillan rakenteen todellisesta käyttäytymisestä. Sillä tuotetaan lisätietoa normaalien tarkastusten lisäksi. Tätä tietoa voidaan sitten hyödyntää sillan kantavuuden, käyttöiän, käyttömukavuuden ja vaurioiden määrittämisessä sekä suunnitteluratkaisuita arvioidessa. (Liikennevirasto 2016.) Monitorointi voi olla osana sillan yleis- tai erikoistarkastusta. Monitorointia käytetään myös, kun sillan ikä on tullut siihen vaiheeseen, kun sitä ei kannata enää korjata, vaan se niin sanotusti ajetaan loppuun. Näin siltaa voidaan käyttää turvallisesti siihen asti, kunnes se poistetaan käytöstä ja puretaan.

### **3.2 Rakenteiden vaurioituminen ja suojaaminen**

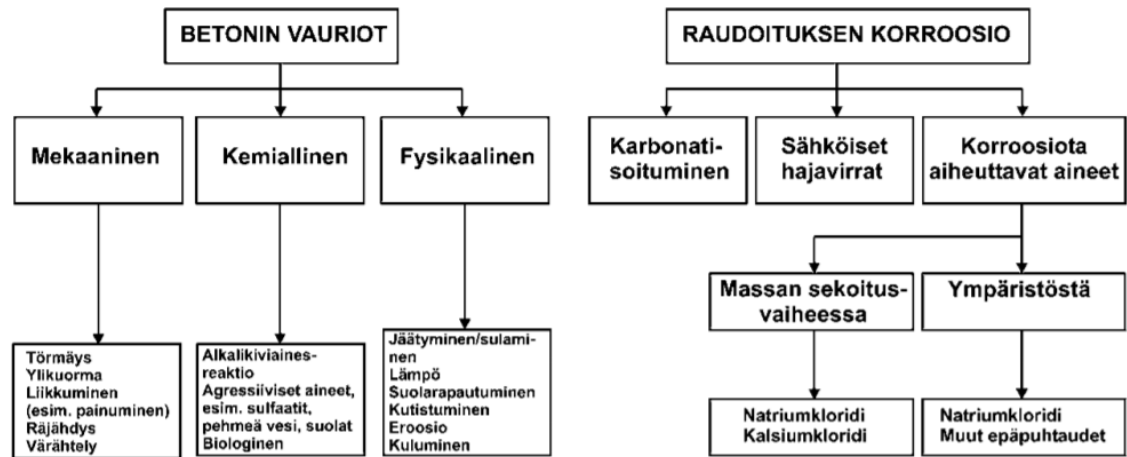
Tiesilloista ja ratasilloista noin 80 % on teräsbetonisilloja (Liikennevirasto 2017, 30, 68). Sillat altistuvat Suomessa usein ankarille ja vaihteleville sääolosuhteille sekä talvisuolauksen aiheuttamalle rasitukselle. Näistä johtuen yleisimmin käytetty betoni joutuu kestämään kovaakin rasitusta. Kun betonirakenteen vaurioituminen etenee tarpeeksi pitkälle, ei betonin rauditus ole enää suojassa.

#### **3.2.1 Betoni- ja teräsrakenteiden vauriot**

Jaksollinen jäätymis- ja sulamisrasitukset yhdessä jäänsulatussuolojen kanssa vaikuttavat rajusti esimerkiksi reunapalkkien säilyvyyteen. Suolojen tunkeutuminen ja betonin karbonatisoituminen aiheuttavat maanteiden risteysiltojen ja rannikon vesistösiltojen väli-  
tuille teräs- ja pakkaskorroosioaurioita. Siltakannen vedeneristyksen vesivuotovauriot aiheuttavat kansilaattoihin vakavia kloridikorroosioaurioita. Betonirakenteiden halkeilut lisäävät ympäristörasitusten vaikutuksia. Jatkuvasti lisääntyvä liikenne ja liikennekuormat aiheuttavat lisäriskin rakenteiden halkeilun ja muodonmuutosten suhteen. Yhdessä talvihoidon kanssa liikuntasuolalaitteet ja niiden tukikaistat rikkoutuvat päästäen vettä läpi vaurioittaen alapuolisia rakenteita.



Ongelmana betonirakenteissa on, että säilyvyyden vaarantuminen usein havaitaan silmin vasta, kun vaurioaste on edennyt kriittisen pisteen yli. (Huura, Räsänen 2005, 1.) Kuviossa 5 on esitetty betonin ja raudoituksen vaurioiden muotoja ja aiheuttajia.



KUVIO 5. Betonirakenteiden vaurioiden syyt (Huura, Räsänen 2005)

Raudoituksen korroosio on sähkökemiallinen ilmiö, joka on yleisimpiä teräsbetonirakenteiden vaurioitumismekanismeja. Se heikentää raudoitusta ja täten rakenteen kantavuutta, vaurioittaa terästä ympäröivää betonia ja aiheuttaa betonipinnan irtoamisia ja ruostevaluilla kosmeettisia vikoja betonin pintaan.

### 3.2.2 Suojaaminen

Betonin ja teräksen vaurioita vastaan yritetään aina suojautua. Suoja-aineita käyttämällä betonin säilyvyys paranee ja samalla voidaan vaikuttaa sillan ulkonäköön. Näin voidaan vaikuttaa myös sillan kustannuksiin tämän elinkaaren aikana. Vaurion ennaltaehkäiseminen on aina halvempaa kuin sen korjaaminen. Suoja-aineet jaetaan toiminnallisesti kolmeen ryhmään:

- 1) imepgrointiaineet
- 2) tiivistysaineet
- 3) pinnoitteet.

Imepgrointiaineiden tarkoituksena on muodostaa betonipinnalle vettä hylkivä pinta ja estetään kloridien tunkeutuminen. Tiivistysaineet täyttävät betonihuokokset ja voivat muo-

dostaa ohuen kalvon suojaksi. Pinnoitteet muodostavat pintaan kalvon, jonka suojaominaisuudet ja paksuus määräytyvät olosuhteiden ja rasituksen mukaan. (Huura, Räsänen 2005, 4.) Siltojen betonirakenteiden korjaamisen laatu- ja työvaihevaatimukset ovat esitelty SILKO-ohjeissa. Betonirakenteiden korjaamista käsittelevän standardin SFS-EN 1504-9 mukaiset korjausperiaatteet ja -menetelmät ovat esitelty liitteessä 1.

## 4 KUSTANNUSLASKENTATAULUKKO

Sillan peruskorjausta varten laadittavien korjaussuunnitelmien korjauskustannusten arvioinnissa on tärkeää käyttää ajantasaisia ja oikeita kustannustietoja. Kustannusarviot ovat tärkeitä työkaluja siltojen omistajille korjaustöiden vuosittaisessa ohjelmoinnissa ja toteutettavien urakoiden budjetoinnissa.

### 4.1 Laskentataulukon laatiminen

Opinnäytetyössä laadittava kustannuslaskentataulukko on WSP Finlandin korjausrakentamisen yksikön käyttöön soveltuva kustannustaulukko. Taulukkoa käytetään sillankorjauksessa tehtävien toimenpiteiden kustannusarvioiden määrittämisessä. Tarkoituksena on helpottaa hintatietojen löytämistä ja näyttää tärkeimpien korjaustoimien hinnat päivitettyinä. Taulukko suunnitellaan niin, että sitä on myös jatkossa helppo päivittää maanrakennusindeksin muutoksien mukaan tai jos korjaustoimia tulee lisää tai käytössä olleita menetelmiä poistuu käytöstä.

Taulukko koostuu pääasiassa WSP Finlandin eri toimistojen toteutuneista kustannusarvioista muutamalta eri vuodelta. Toimistot sijaitsevat eripuolella Suomea, jotta otanta eriäisi toisistaan. Mukana on myös kustannusarvioita erinäisistä anonyymeistä yhtiöistä antamassa tietoa heidän käyttämistään arvioista. Yhtenä tarkoituksena on arvioida kuinka hinnat muuttuvat eri puolella Suomea ja luoda hinnantarkistuskerroin, jolla pystyy korottamaan hintoja markkinoiden mukaan.

Taulukossa on nimikkeitä sillan yleisimmistä rakenneosista, kuten raudoituksesta, betonirakenteista, päällysteistä, varusteista ja tiestä siltapaikalle. Jokaisesta osa-alueesta on niin purkamista, korjaamista kuin uuden rakentamista.

## 4.2 Laskentataulukon toiminta

Ohjelma avautuu ensimmäisenä Tiedot-sivulle, johon syötetään sillan tiedot, kustannusarvion laatijan tiedot ja tilaajan tiedot. Näistä muodostuu kustannusarvion etusivu. Tietojen antamisen jälkeen siirrytään ohjelman keskeisimpään kohtaan eli määritetään halutut korjaustoimet (kuva 1). Ohjelmassa liikutaan kuvassa 1 esiintyvien painikkeiden avulla, joten liikkuminen on selkeää. Jokaisella sivulla on myös info, jossa kerrotaan, kuinka kyseisellä sivulla toimitaan.

LASKENTA				Mene kustannusindeksi-sivulle	
		Tyhjennä tiedot		Mene tiedot-sivulle	
				Mene tuloste-sivulle	
Rakenneosa	BETONIRAKENTEET (PURKU)	yksikkö	määrä	hinta/€	Lisää
				#PUUTTUU!	Lisää
Rakenneosa	PÄÄLLYSTEET JA PINTARAKENTEET (PURKU)			#PUUTTUU!	Lisää
Rakenneosa	MUUT RAKENTEET (PURKU)			#PUUTTUU!	Lisää
Rakenneosa	KAIVU-, TÄYTTÖTYÖT JA TUKIRAKENTEET			#PUUTTUU!	Lisää
Rakenneosa	MUOTTITYÖT JA TELINEET			#PUUTTUU!	Lisää

KUVA 1. Ote laskentataulukon laskenta-osuudesta

Taulukossa on kuvan 1 mukaisesti listattuna halutut siltojen osat ja jokaisessa osassa on alasvetovalikko, josta voi valita halutun rakenneosan ja korjaustoimenpiteen. Valinnan jälkeen ohjelma antaa yksikköhinnan ja määrä-kohtaan annetaan tieto korjaustoimen määrästä. Painamalla Lisää-painiketta, haluttu korjaustoimenpide siirtyy Tuloste-sivulle oikeaan kohtaan ja Laskenta-sivun reunalle muistilistaksi, mitä toimia on jo lisätty. Liitteistä 3 ja 4 voi nähdä, minkälainen tuloste lopulta syntyy. Ohjelmassa voi tehdä myös määräluettelon, joka on samanlainen kuin liitteessä 3 ja 4, mutta ilman hintatietoja.

Hintojen tason seurantaan ohjelmassa on kustannusindeksi-sivu, jonka avulla hintoja voidaan muuttaa kertoimilla vastaamaan nykyistä markkinatasoa tai hintoja voidaan muokata riippuen työmaan sijainnista.

### 4.3 Vaihtoehtoiset kustannuslaskentataulukot

Vaihtoehtoisia kustannuslaskentataulukoita ovat esimerkiksi infrarakentamisessa yleistyvä Fore, Liikenneviraston oma ohjelma Silava ja yrityksen omat Excel-taulukot.

Silava on Liikenneviraston siltojen rakentamisen laatudokumentointiin kehitetty ohjelma. Suunnittelija ja urakoitsija voivat käyttää samaa ohjelmaa siten, että urakoitsija hyödyntää suunnittelijan laatimat laatuvaatimukset omassa laatuprosessissaan. Ohjelmaa ei kuitenkaan ole päivitetty sitten 2009 (ohjelman versiovuosi). Yksikköhinnat ovat vanhoja ja niitä käytännössä päivitetään vain kertoimien avulla.

Fore on auditoitu ohjelmisto infrahankkeiden kustannusarvioiden laadintaa, joka budjetoi hankkeen realistisesti, hyödyntää ajantasaista hintatietoja, säästää resursseja kustannussuunnittelussa ja -laskennassa ja jakaa kustannusarviot tilaajan ja konsulttien välillä. (Rappal 2018). Sillanrakennukseenkin Foresta löytyy kattavasti hintatietoutta, kuitenkin esimerkiksi Immosen mukaan se ei täysin sovellu opinnäytetyön teettäjän (WSP) tarpeisiin. Opinnäytetyössä laadittu taulukko on yksilöity yrityksen tarkoitukseen. (Immonen 2018).

### 4.4 Maantieteellisen sijainnin vaikutus

Sillan maantieteellinen sijainti vaikuttaa kustannuksien suuruuteen. Pitkät etäisyydet nostavat kustannuksia niin työmaan eri vaiheissa kuten työmaan perustamisessa, korjaustyön tekemisessä ja työmaan purkamisvaiheessa kuljetuskustannusten nousun vuoksi. Maantieteellisen sijainnin vaikutus yksikköhintoihin riippuu myös työvaiheista. Jos suuria koneita ei tarvita ja materiaalikuljetuksia on vähän, niin vaikutus kustannuksiin ei ole niin suuri.

Kustannuksiin vaikuttaa sijainnissa myös, että onko rakennustyö vilkkaalla moottoritieellä, vaiko hiljaisemmalla sivutiellä. Liikenteenohjauksen suuruus voi olla hyvinkin iso osa kokonaiskustannuksesta esimerkiksi sillan erikoistarkastusta tehdessä, jos liikenteen nopeutta pitää laskea ja toinen kaista täytyy sulkea. Pitkät etäisyydet yleisesti ottaen nostavat kustannuksia. Toisaalta työmaan sijainti isojen kaupunkien ulkopuolella voi taas vaikuttaa laskevasti kustannuksiin, koska vähäliikenteisemmällä teillä liikennejärjestelyt

voivat olla helpompi toteuttaa, ja asutus on vähemmän häiriintyvää, joten työajat voivat olla väljempää.

Sillankorjausurakoissa yleisimmin käytetty liikennejärjestelyiden muoto on rajoittaa nopeutta työtä tehtävällä alueella. Sen kustannukset voidaan laskea yhtälöllä 1. Muita liikennejärjestelyiden kustannusmuotoja ovat valo-ohjauksen aiheuttama (yhtälö 2) ja kiertotien aiheuttamat aika- ja matkakustannukset (yhtälö 3). (Tiehallinto 2008, 51.)

$$K_{\text{nop}} = \left( \frac{L_n}{V_n} - \frac{L_n}{V} \right) * \frac{t_n}{24} * (Q_k * A_k + Q_r * A_r) * T_n, \quad (1)$$

missä  $V$  on tien sallittu nopeus (km/h)  
 $V_n$  on rajoitettu nopeus (km/h)  
 $L_n$  on rajoitusalueen pituus (km)  
 $t_n$  on nopeusrajoituksen kokonaiskesto-aika (vrk)  
 $T_n$  on nopeusrajoituksen kokonaiskesto-aika (vrk)  
 $Q_k$  on kevyiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)  
 $Q_r$  on raskaiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)  
 $A_k$  on kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)  
 $A_r$  on raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h). (Tiehallinto 2008, 51).

$$K_{\text{valo}} = \left\{ \left( \frac{L_v}{V_v} - \frac{L_v}{V} + t_o \right) \right\} * \frac{t_v}{24} * (Q_k * A_k + Q_r * A_r) * T_v, \quad (2)$$

missä  $V$  on tien sallittu nopeus (km/h)  
 $V_v$  on valo-ohjatulla alueella rajoitettu nopeus (km/h)  
 $t_o$  on odotusaika (h)  
 $L_v$  on valo-ohjatun alueen pituus (km)  
 $t_v$  on valo-ohjauksen kesto-aika päivittäin (h/vrk)  
 $T_v$  on valo-ohjauksen kokonaiskesto-aika (vrk)  
 $Q_k$  on kevyiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)  
 $Q_r$  on raskaiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)  
 $A_k$  on kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)  
 $A_r$  on raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h). (Tiehallinto 2008, 51).

$$K_{\text{kier}} = \left\{ \left( \frac{L_k}{V_k} - \frac{L_v}{V} \right) * (Q_k * A_k + Q_r * A_r) * (Q_k * C_k + Q_r * C_r) \right\} * T_k, \quad (3)$$

missä

- $V$  on tien sallittu nopeus (km/h)
- $V_k$  on kiertotien sallittu nopeus (km/h)
- $L_k$  on kiertotien pituus (km)
- $T_k$  on kiertotien kokonaiskesto aika (vrk)
- $Q_k$  on kevyiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)
- $Q_r$  on raskaiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)
- $A_k$  on kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)
- $A_r$  on raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)
- $C_k$  on kevyiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus (€/km)
- $C_r$  on raskaiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus (€/km). (Tiehallinto 2008, 51).

#### 4.5 Kilpailulainsäädäntö

Rakennusteollisuuden toiminnassa noudatetaan kansallisen ja EU:n kilpailuoikeuden säännöksiä ja yleisiä periaatteita, joilla yritetään turvata tasapuolinen ja häiriötön kilpailu. Kaiken luottamuksellisen tiedon vaihtamista keskenään kilpailevien tahojen välillä pidetään lähtökohtaisesti kiellettyä. Luottamuksellista tietoa on mikä tahansa, joka on tuotetta ja jota ei ole saatavissa samalla tarkkuustasolla julkisista lähteistä ja jolla voi olla vaikutusta yritysten kilpailu- ja markkinakäyttäytymiseen. Tällaisten tietojen vaihtaminen tahojen välillä olisi omiaan poistamaan normaalin liiketoimintaan liittyvän epävarmuustekijän, joka koskee kilpailevien yritysten toiminnan muuttumista. Kiellettyä on keskustella esimerkiksi:

- hinnoista (esimerkiksi raaka-aineiden ostohinnoista, tai tuotteiden tai palveluiden myyntihinnoista)
- hintaan vaikuttavista tekijöistä, hinnoitteluperusteista, hintakomponenteista jne.
- tiedosta, joista hintoja voi päätellä
- tulevista tai aneituista tarjouksista
- muista luottamuksellisista teknisistä tai kaupallisista tiedoista. (Rakennusteollisuus RT ry 2012, 4-5.)

Kilpailulaissa (Kilpailulaki 948/2011) ei suoranaisesti kerrota urakoitsijan ja suunnittelu-yrityksen välisistä toimista koskien tiedonvaihtoa. Yleisesti ottaen esimerkiksi hintojen vaihto kahden eri urakoitsijan välillä on kiellettyä kartellin estämiseksi. Kuitenkaan hintojen antaminen konsultille ei ole erikseen kiellettyä. Käytännössä samaa periaatetta käyttää kustannuslaskentaohjelma Fore. Sinne päätyvät julkiset hintatiedot monesta eri lähteestä ja hankkeesta. Näin ne ovat kaikki saatavilla ohjelman tilaajille. Samaa käytäntöä käytän tässä opinnäytetyössä tehtävässä kustannuslaskentataulukossa.



## 5 REFERENSSIKOHTTEEN KORJAUSVAIHTOEHDOT

Kyseessä on Suomessa sijaitseva silta. Sillan tunnisteita ei voi kuitenkaan kertoa tarkempaa, vaan sillasta käytetään nimitystä Silta X. Erikoistarkastus tehtiin sillalle vuonna 2016. Erikoistarkastuksen tulosten perusteella tilaaja päätyi uusimaan siltakannen sekä reunapalkit kaiteineen. Tässä kappaleessa käsitellään vaihtoehtoisen peruskorjauksen toimenpiteitä sekä kustannuksia verrattuna kannen uusimiseen.

### 5.1 Sillan tiedot

Silta X on vesistösilta, joka koostuu kahdesta erillisestä, yksiaukkoisesta siltapuoliskosta. Puoliskon toinen osa on tyypiltään liittorakenteinen betonilaatta, jossa on teräspalkit ja kannen toinen puolisko on teräsbetoninen laattasilta. Maatuet ovat kivirakenteiset. Sillan kokonaispituus on 12,8 m ja kokonaisleveys 14,7 m. Aukon suuruus on 3,5 m. Sillalla on alun perin ollut junaraide, jonka viereen on rakennettu maantiesilta. Nytemmin raide on poistettu ja sillalla on kaksikaistainen katu. Ratasillan laatan kantava runko koostuu IPE-palkistosta ja tiesilta tavallisesta vetopuolen pääraudoituksesta. Yleiskuva sillasta näkyy kuvassa 2.



KUVA 2. Sillan yleiskuva (Erikoistarkastus, WSP/Immonen 2016)

## 5.2 Sillan peruskorjaus

Sillan erikoistarkastuksen perusteella siltakannen betoni on huonolaatuista ja laatan raudoituksen korroosioauriot vaikuttavat kantavuuteen, IPE-palkkien alapinnan valu on jäänyt ontoksi ja palkkien alalaipat ovat ruosteessa ja betonissa on vakavia rapautumia ja teräskorroosiovaurioita.

### 5.2.1 Kansilaatan ylä- ja alapinta

Referenssikohteen peruskorjaus aloitetaan pintarakenteiden purkamisella. Isoissa kohteissa purku tehdään esimerkiksi tehokkaallaan jyrsinyksiköllä, johon kuuluu kuorma-auto, elevaattorilla varustettu jyrsin ja harjakone. Tähän siltaan riittää kuitenkin kaivinkone leikkuuterällä ja kauhalla. Asfaltin alla oleva hiekka/sora-täyttökerros kaivetaan samaa konetta käyttäen pois. Suojabetoni on todennäköisesti jaettu kahteen eri laattaan, koska siltakokonaisuudessa on kaksi eri siltaa. Suojabetoni leikataan sopivan kokoisiin laattoihin, jotka nostetaan pois. Vedeneristys irrotetaan kannen pinnasta mekaanisesti joko konepetkeleellä tai kaivinkoneella. Kansilaatasta tasovesipiikataan noin 50 mm, jotta yläpinnan pintarapautumat saadaan poistettua. Vesipiikkauksen jälkeen laatta suihkupuhdistetaan epäpuhtauksista ja irtoaineksesta.

Uusien pintarakenteiden asentaminen alkaa laatan muotoiluvalusta. Kannen päälle vaeleetaan noin 50 mm:n paksuinen muotoiluvalu, jolla tehdään tarvittavat kaltevuudet laatan yläpintaan. Ennen vedeneristystyötä muotoiluvalun annetaan kuivua riittävästi, jolloin saadaan laatuvaatimukset täyttävä vedeneristysalusta. Muotoiluvalun yläpinta tiivistetään epoksitiivistyksellä ennen kermieristyksen tekemistä. Liikenneviraston ohjeistuksen mukaan siltakansi tiivistetään epoksilla silloin, kun kannen rakennepaksuus on vähintään 400 mm ja jokin seuraavista ehdoista täyttyy:

- sillan liikennemäärä (KVL) on vähintään 3000 ajon/vrk
- siltakannelle levitetään liukkaudentorjuntasuolaa tai silta on suolattavan tien ramppisilta
- silta sijaitsee liikennevalojen läheisyydessä
- sillan pituuskaltevuus on vähintään 4 % (Tiehallinto 2005, 17).

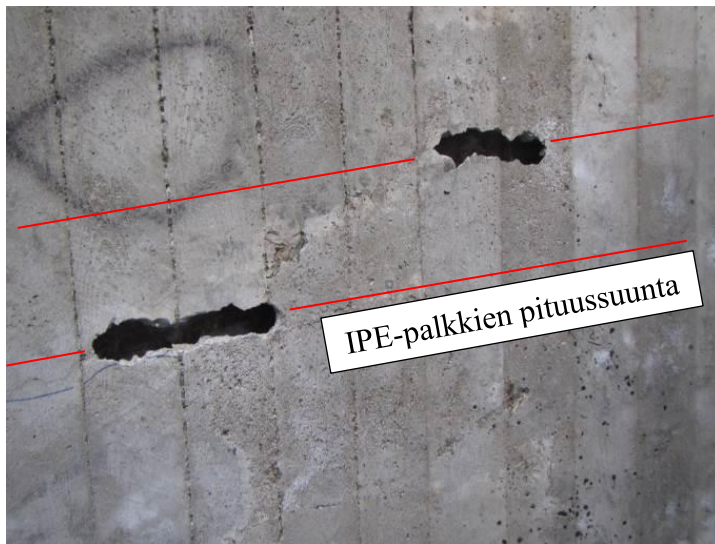
Tälle tielle levitetään suolaa ja kannen detaljin mukaan (liite 5) ratasillan paksuus on 470 mm ja tiesillan 370 mm. Vedeneristys tehdään esimerkiksi bitumilla liimattavalla tai kuumennettavalla bitumikermillä tai nestemäisenä levitettävänä eristeenä. Eristyksen päälle levitetään suojakerrokseksi hienoa hiekkaa ja tämän päälle täyttökerrokseksi karkeampaa mursketta. Päällimmäiseksi levitetään kulutuskerros asfaltista.

Kansilaatan alapinnassa on vakavia pääraudoituksen teräskorroosiovaurioita, kuten kuvista 3 ja 4 voi nähdä. Tässä opinnäytetyössä oletetaan, että pääraudoituksessa ei ole syöpymiä, jolloin peruskorjaus olisi mahdollista toteuttaa. Ensimmäiseksi tiesillan pääteräkset pitää piikata esiin vaurioituneilta kohdilta, jonka jälkeen ne suihkupuhdistetaan ja käsitellään suoja-aineella. Betonirakenne korjataan ruiskubetonoimalla. Kansilaatan avaus työ tulee tehdä osissa, sillä koko kannen alapintaa ei voi piikata yhdellä kertaa. Oikein toimittuna piikkaus tapahtuu noin neliömetrin kokoisilla alueilla kerrallaan, joka putsaataan, suojataan ja ruiskubetonoidaan.



KUVA 3. Tiesillan pääteräkset ovat esillä ja ruosteessa (Erikoistarkastus, WSP/Immonen 2016)

Ratasillan laatan betonoinnissa betoni ei ole mennyt eikä tiivistynyt IPE-palkkien alle. Näin ollen betonikuori on jäänyt ohueksi ja ajan saatossa alkanut murtua. Korjaus tehdään piikkaamalla vaurioitunut betoni IPE-palkkien kohdilta. IPE-palkkien kohdille (kannen alapintaan) kiinnitetään muotti ja muotin ja palkin väliin jäävä tila injektoidaan sementillä. IPE-palkkien kohdilla, joissa ei ole halkeilua, alalaidojen alapuolen tyhjätilat injektoidaan sementillä poraamalla injektointinipat betonipintaan. Kannen alapinta ruiskubetonoidaan kokonaisuudessaan.



KUVA 4. Reikiä ja halkeamia laatussa IPE-palkkien kohdalla (Erikoistarkastus, WSP/Immonen 2016)

### 5.2.2 Reunapalkit

Tässä sillassa reunapalkit ovat pahoin vaurioituneet (kuva 5). Pinta on rapautunut ja pääteräkset ovat korkanneet esiin. Reunapalkeista voi myös irrota betonipalasia, jotka saattaisivat aiheuttaa turvallisuusriskejä alapuolen kanoottireitin takia.



KUVA 5. Reunapalkki on pahoin vaurioitunut (Erikoistarkastus, WSP/Immonen 2016)

Reunapalkin uusiminen on yksi isoista töistä sillan korjauksessa. Yleensä vaurioiden annetaan edetä sen verran pitkälle, että uusiminen on ainoa järkevä vaihtoehto. Uusimiseen

ryhdytään myös, kun reunapalkin kunto aiheuttaa liikenneturvallisuusriskejä kaiteiden kiinnitysten suhteen.

Suosituin vaihtoehto reunapalkin purkamiselle on käyttää vesipiikkausta, mutta vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös hydraulista robottia, hydraulista puristinta tai kevyempään piikkaukseen soveltuvaa kevyttä tai keskiraskasta piikkausvasaraa. Vesipiikkaus jättää näistä vaihtoehdoista parhaimman tartuntapinnan, joka puhdistetaan epäpuhtauksista ja irtoaineksista. Tulevan reunapalkin ympärille rakennetaan muotti, asennetaan tartuntateräksiset laattaan ja siipimuureihin, lisätään reunapalkin raudoitukset ja valetaan muotti täyteen.

### 5.2.3 Kaiteet

Sillankaide uusitaan jos

- a) se on niin pahoin vaurioitunut, että se vaarantaa liikenneturvallisuutta
- b) siirtyminen uuteen kaidetyyppiin eri luokan teillä vaikuttaa kaiteen uusimistarpeeseen
- c) sillan reunapalkki uusitaan peruskorjauksen yhteydessä
- d) kaide on pahoin ruostunut ja siinä on runsaasti korroosiota tai ainepaksuus on pienentynyt paikallisesti yli 10 %
- e) ulkonäkösyöt vaativat
- f) matala kaide on muutettava korkeaksi. (Tiehallinto 2004, 1).

Tässä kohteessa sillankaiteen korjaustarve täyttyy kohtien c, e ja f:n mukaan. Sillan kaiteet ovat kummassakin reunassa heppoiset ”terassikaiteet” ja pengerkaiteet ovat vain ajoradan toisessa reunassa. Vanhan tilalle asennetaan nykyvaatimuksien mukaiset teräksiset, korkeat ja harvat H2 sillankaiteet, joihin lisätään sälekaiteet. Sillankaiteen jatkoksi molemmille puolille asennetaan oikean pituiset pengerkaiteet. Myös keskikaide asennetaan ajoratojen väliin.

#### 5.2.4 Siltapaikan rakenteet

Siltapaikan luonne, kulttuuriympäristö, maisema tai keskeinen kaupunkikuvallinen sijainti vaikuttavat sillan ja sen ympäristön viimeistelylle asetettaviin tavoitteisiin. Ympäristön luonteen ja muut mahdolliset rakenteet huomioon ottava siltatyypin ja hoidettu siltaympäristö korostavat siltapaikan visuaalista ja toiminnallista merkitystä. (Liikennevirasto 2015, 5.)

Silta X:n siltapaikan rakenteista itäreunan kivikeilat ovat eniten kärsineet (kuva 6). Keilojen ympärillä on myös paljon ylimääräistä kasvillisuutta, joka ei sovellu siltapaikan visuaaliseen kuvaan. Siltapaikan parantamiseksi keilojen irtokivet poistetaan ja tilalle tehdään järjestetty kiviheitokeverhous, jossa 600 millisiä kiviä asennetaan siistiksi pinnaksi maan päälle. Pengerkaiteiden viereen laitetaan uusi nurmiverhous ja etu- ja siipimuureista poistetaan töherrykset.

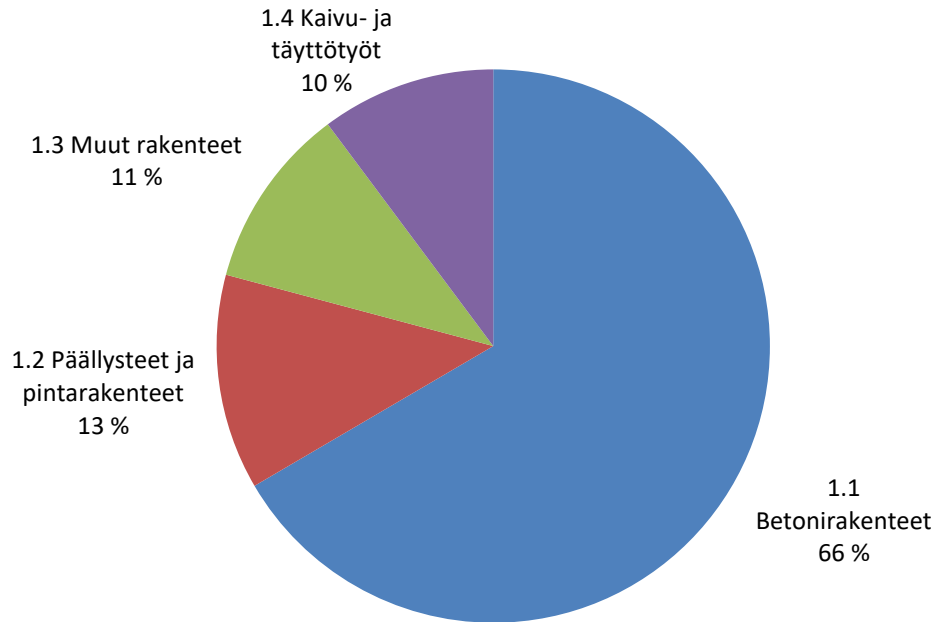


KUVA 6. Kivikeilat ovat sortuneet itäpäästä (Erikoistarkastus, WSP/Immonen 2016)

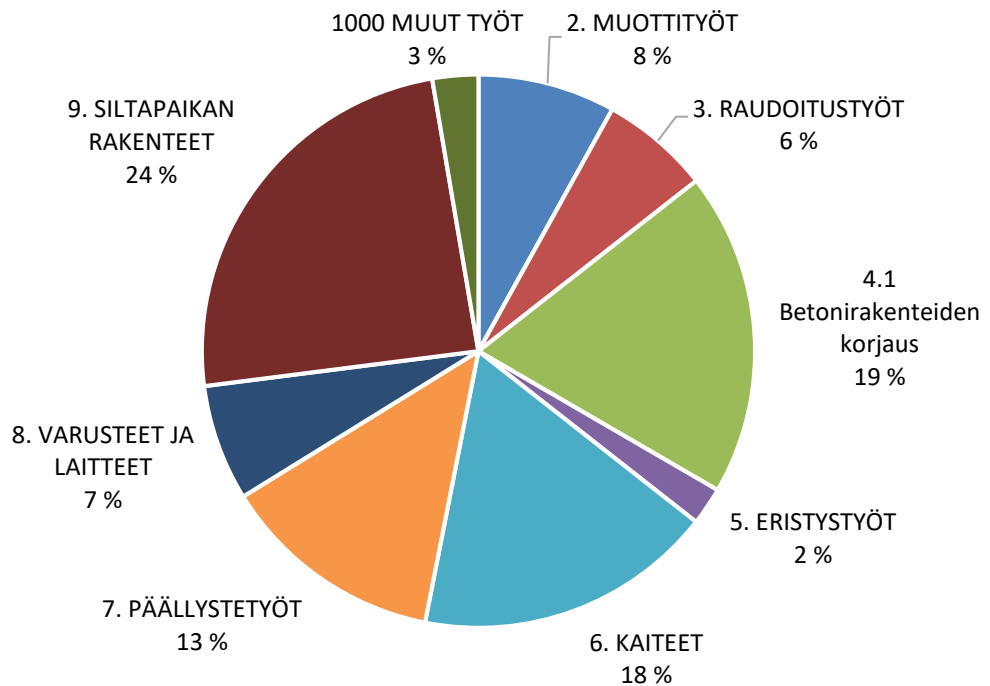
#### 5.2.5 Peruskorjauksen kustannusten muodostuminen

Sillan peruskorjauksella tarkoitetaan kokonaiskorjausta, jossa kaikki vaurioituneet ja kuluneet rakenneosat kunnostetaan tai uusitaan ja sillan rakenteellinen ja toiminnallinen kunto palautetaan alkuperäiselle tasolle. Kustannuksia muodostuu näin ollen monesta eri aiheesta. Silta X:n kokonaiskorjauskustannukset ovat arviolta noin 130 000 € (alv 0 %).

Suurimmat kustannuserät muodostuvat tässä sillassa reunapalkin ja pintarakenteiden uusimisesta. Muita suuria ovat kaiteiden ja siltapaikan rakenteiden kustannukset. Kuviossa 6 näkyvät purkukustannusten jakautumisen ja kuviossa 7 korjauskustannusten jakautumisen. Kustannukset löytyvät tarkemmin yksilöityinä liitteessä 4.



KUVIO 6. Purkukustannusten jakautuminen



KUVIO 7. Korjauskustannusten jakautuminen

### 5.2.6 Sillan vahventaminen

Sillan vahventaminen vaatii yleensä paljon suunnittelutyötä, jos esimerkiksi kansilaatta jälkijännitetään. Kustannukset voivat tällöin nousta hyvinkin korkeiksi, jolloin vahvennus ei olisi enää kannattavaa. Tässä kohteessa vahventamista voisi harkita, koska betoni on heikkoa ja raudoituksessa on vakavia syöpymiä. Vahventaminen voitaisiin toteuttaa esimerkiksi tekemällä kantava liittorakenteinen valu. Tämä tapahtuisi ankkuroimalla laattaan L-muotoisia tartuntateräksiä, joihin asennetaan pintavalun rauditus. Päälle valettaisiin 100 millinen raudoitettu betonilaatta. Toinen vahventamismenetelmä olisi liimata kannen alapintaan esimerkiksi hiilikuitukangasta, -tankoja, -komposiitteja tai -levyjä autamaan kansilaattaa vetojännityksissä ja taipumissa.

### 5.3 Kustannukset elinkaaren aikana

Siltojen elinkaaritarkastelujen suorittamiselle ei ole toistaiseksi laskennallisia malleja tai ohjeistusta, joka yhtenäistäisi elinkaarikustannusten laskimisen sillan suunnitteluvaiheessa tai peruskorjauksen yhteydessä. Elinkaarikustannusarvioiden laadintaa ei ole yleensä sisällytetty suunnitteluhankintoihin. Sillä voitaisiin teoreettisesti tarkastella rakennus-, ylläpito- ja hoitokustannusten lisäksi laskennallisia kustannuksia kuten liikennehaitoille, -riskeille, maisemallisille tekijöille ja ympäristövaikutuksille. Laajasti tehtävä elinkaarikustannusten hallinta ohjaisi suunnittelu- ja korjausratkaisuja tien käyttäjän, pitäjän ja yhteiskunnan edun mukaisiksi. Se tukisi myös kestäväen kehityksen periaatteita. (Tiehallinto 2009, 5.)

Betonisiltojen käyttöikätaavoitteeksi on asetettu 100 vuotta. Sen takia siltojen elinkaarikustannuksia laskettaessa on otettava huomioon kaikki 100 vuoden aikana siltaan kohdistuvat kustannukset. Kuitenkin kustannusten arvioiminen 100 vuoden päähän on liki mahdotonta. Aina voi tulla esimerkiksi uusia korjausmenetelmiä, hinnat laskevat ja nousevat ja toimintamallit muuttuvat. Kustannusarviot laaditaan silti parhaan nykytiedon avulla ja arvioidaan mahdollisimman tarkasti. Vaikka sillan käyttöikä on kokonaisuudessaan oletettukin kestäväen 100 vuotta, niin sen yksittäiset rakenneosat eivät ole. Taulukossa 3 on esitetty sillan päärakenneosien tavoiteikätyöiät. Tämän ajan jälkeen ne joudutaan uusimaan.



TAULUKKO 3. Sillan pää rakenneosien tavoitekäyttöiät (Tiehallinto 2009)

Rakennosa	Suunnittelu- käyttöikä [v]
reunapalkit suolattavilla teillä	25
reunapalkit suolaamattomilla teillä	40
vedeneristys	35
liikuntasaumalaitteet	35
päällystämätön puukansi	25
teräsrakenteen pintakäsittely	25
betonirakenteen pinnoitteet	15

Sillan elinkaaren aikana syntyvät kustannukset ovat jaoteltu seuraaviin ryhmiin:

- rakennuskustannukset
- ylläpitokustannukset
- peruskorjaus- tai uusimiskustannukset
- liikennehaittakustannukset peruskorjausten tai uusimisen aikana
- purkamiskustannukset.

Elinkaarikustannuksiin pitäisi lukea myös purkuvaiheessa syntyvien jätteiden hävittäminenkin. Tällöin joudutaan miettimään tilannetta ympäristön kannalta ja arvioimaan jätteen käsittelyn vaatimuksia myös tulevaisuudessa. (Tiehallinto 2004, 5.)

Tulevat, eri aikoina syntyvät kustannukset pitää arvioida nykyarvon mukaisesti, joka tapahtuu yhtälön 4 avulla. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi 20 vuoden kuluttua tapahtuva sama kustannus ei ole saman verran kuin tänään tapahtuva. Tähän vaikuttaa esimerkiksi kustannusindeksien muutokset ja monet muut. Tämän takia kustannuksia muutetaan vastaamaan nykyarvoa.

$$P = \sum_{t=1}^{100} \frac{k_t}{(1+i)^t}, \quad (4)$$

missä  $P$  on kustannusten nykyarvo  
 $k_t$  on vuoden  $t$  aikana kertyvät kustannukset  
 $i$  on diskonttokorko. (Tiehallinto 2004, 21.)

Lisäkustannuksia muodostuu monesta eri lähteestä. Kuitenkin suurin vaikutus kustannuksien suuruuteen löytyy diskonttokoron valinnasta. Tämä vaihtelee aika ajoin, joten prosentinkin heitto vaikuttaa paljon suurten hintojen muutokseen. Toinen suuri lisäkustannuksien tekijä on liikennehaitta. Liikenteen vaikutus korostuu, kun puhutaan vilkkaasti

liikennöidyistä kohteista. Eri osatekijöiden muodostavat elinkaarikustannukset, liikennemäärien vaikutus, korjausajan vaikutus, diskonttokoron vaikutus ja rakennuskustannusten muodostuminen ovat esitelty graafisesti liitteessä 2.

Sillasta yritetään ottaa sen elinkaaren aikana kaikki mahdollinen irti ja se koitetaan tehdä ilman ylimääräisiä kustannuksia. Sitä varten on ensisijaisen tärkeää huomata sillan vauriot ennen kuin ne alkavat olla vakavia. Kun silta saavuttaa sen pisteen, että sitä ei enää kannata korjata ja sen ikä alkaa saavuttaa sen arvioitua käyttöikää, silta niin sanotusti ajetaan loppuun. Tämä tarkoittaa sitä, että siltaa seurataan loppuun asti tehostetusti monitoroinnilla, kunnes rakenne alkaa olla riskialtis. Tämän jälkeen se suljetaan ja puretaan ja tilalle rakennetaan uusi nykystandardien mukainen silta.

#### **5.4 Kannen uusimisen ja peruskorjauksen vertailu**

Sillan peruskorjaaminen on usein halvempaa kuin kokonaan uusiminen, vaikka silta olisi todella huonossa kunnossa. Kuitenkaan halvin vaihtoehto ei ole aina se järkevin. Referenssikohteessa kansilaatan uusiminen maksaa arviolta 180 000 € (alv 0 %) ja peruskorjaaminen maksaisi arviolta 130 000 € (alv 0 %). Korjaustyön kustannusarvioiden ero on noin 50 000 €, joka voi vaikuttaa päätöksentekoon. Sillankorjauksessa kustannuksia pitää kuitenkin katsoa pitemmällä aikavälillä. Pelkkä peruskorjaus tuo uudet haasteensa lähitulevaisuudessa. Kansilaatan betoni on edelleen samaa huonolaatuista betonia, jonka takia teräkset korkkaavat jälleen esiin muutamien vuosien kuluttua puhumattakaan muista mahdollisista vaurioista, jotka eivät korjausvaiheessa vielä tulleet esille. Sillan uusiminen on kalliimpaa, mutta korjaukset siirtyvät paljon pitemmälle tulevaisuuteen. Jos katsoo käyttöikäodotuksia, on uuden sillan eliniän odote 100 vuotta, kun taas korjatulla sillalla huomattavasti vähemmän kuin 100 vuotta. Käytännössä voisi sanoa, että tämän sillan peruskorjaus olisi lääketieteen termein ”saattohoitoa”. Kustannuksia sekä uusimisesta että peruskorjauksesta on avattu kustannusarvioissa liitteissä 3 ja 4.

Tässä sillassa uusittiin kansi, reunapalkit, sillankaiteet ja siltapaikan rakenteet kunnostettiin. Vanhat kiviset puupaalutetut maatuet säilytettiin. Nämä paalut ovat alkuperäiset ja tällä hetkellä ei niistä ole tietoa, missä kunnossa ne ovat. Liitteessä 6 on kuvattu sillan perustamistapaa. Kuitenkin massaa lisäämättä voidaan arvioida, että silta tulee edelleen

kestämään. Esimerkiksi vahvistusmenetelmissä esitin vaihtoehtona kansilaatan päälle sijoitettavaa kantavaa laattaa. Tämä voisi olla riski paalujen kantavuuden osalta, joten sitä ei voisi toteuttaa ilman paalujen tutkimista.

## 6 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli ajantasaistaa sillankorjauksen yksikköhintataso ja selvittää niiden alueellisia vaihteluita, kertoa sillantarkastuksista ja vertailla sillan uusimisen ja peruskorjaamisen kustannusvaikutteisia eroja.

Kustannustaulukon yksikköhintojen haasteena aluksi oli niiden saaminen yrityksiltä. Lopulta hintoja saatiin tarpeeksi ja korjaustöiden nykyinen hintataso saatiin selvitettyä. Toinena haasteena oli Excelin tehokas käyttö. Taulukosta piti tehdä ohjelma, jollaista en ollut ennen tehnyt. Itseopiskelun avulla löysin tarvittavat koodit ja sain taulukon muokattua käyttömukavuudeltaan hyväksi.

Referenssisillan peruskorjauksen ja kannen uusimisen vertailu päättyi kannen uusimiseen. Peruskorjaus oli tässä kohteessa noin 40 % halvempi, mutta pitemmän aikavälin perusteella kannen uusiminen tulee lopulta kustannustehokkaammaksi. Kustannuksien katsominen pelkästään peruskorjausvaiheessa ei riitä, vaan kustannuksia pitää tarkastella sillan koko käyttöiän ajalta. Korjaustoimet selitettiin pääpiirteittäin, jotta niistä saisi helposti ymmärrettävän ja kokonaisuuden ymmärtäisi paremmin. Sillankorjauksen lisäksi työssä avattiin sillantarkastukseen liittyviä termejä, lähihistoriaa ja kustannuksien muodostumista sillankorjauksessa.

Jatkossa kustannustaulukkoa tulee päivittää aktiivisesti, jotta hinnat pysyvät ajantasaisina. Hinnankorjauskertoimen arvioiminen on myös yksi jatkotehtävä. Kun hintatietoutta saadaan tarpeeksi, voi hintaa muokata sijainnin mukaan tarkemmin. Tarkoituksena on etsiä tätä tietoutta yritysten internetsivuilta ja soittamalla. Ohjelmaa käyttämällä selvitetään myös sen mahdolliset käyttöliittymän ongelmat, jolloin sitä voi muokata haluamukseen.

Työn tuloksena tehty sillan korjaustoimien vertailu päättyi järkevään lopputulokseen, ja kustannustaulukosta tuli helppokäyttöinen ja yksikköhintojen nykyisestä tasosta saatiin tietoa. Työ antaa myös hyvän yleiskuvan, miten siltojen kunnonhallinta on järjestetty ja mitä siihen sisältyy, millaisia korjaustoimia vanhalle yksiaukkoiselle sillalle voi tehdä ja mitä kustannuksia siitä syntyy.

## LÄHTEET

Immonen, P-P. Tiimipäällikkö. Korjausrakentaminen. 2018. Haastattelu 6.4.2018. Haastattelija Salminen, S. Tampere

Huura J, Räsänen O. 2005. Siltojen betonirakenteiden korjaaminen. Tulostettu 15.3.2018. [http://betoni.com/wp-content/uploads/2015/10/BET0503\\_s36-41.pdf](http://betoni.com/wp-content/uploads/2015/10/BET0503_s36-41.pdf)

Liikennevirasto. 2010. Sillan laajennettu yleistarkastus. Osa 1: Terässillat. Tulostettu 15.3.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/sillan\\_laajennettu\\_yt\\_osa1.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/sillan_laajennettu_yt_osa1.pdf)

Liikennevirasto. 2010. Siltojen erikoistarkastusten laatuvaatimukset. Tulostettu 15.3.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/et\\_laatuvaatimukset\\_2010.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/et_laatuvaatimukset_2010.pdf)

Liikennevirasto. 2013. Sillantarkastuskäsikirja. Tulostettu 15.3.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2013-26\\_sillantarkastuskasikirja\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2013-26_sillantarkastuskasikirja_web.pdf)

Liikennevirasto. 2013. Taitorakenteiden tarkastusohje. Tulostettu 15.3.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2013-17\\_taitorakenteiden\\_tarkastusohje\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2013-17_taitorakenteiden_tarkastusohje_web.pdf)

Liikennevirasto. 2015. Siltapaikan viimeistely. Tulostettu 15.3.2018. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/silko/kansio1/s1901.pdf>

Liikennevirasto. 2016. Siltojen monitorointiohje. Tulostettu 15.3.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo\\_2016-18\\_siltojen\\_monitorointiohje\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-18_siltojen_monitorointiohje_web.pdf)

Liikennevirasto. 2017. Liikenneviraston sillat 1.1.2017. Tulostettu 15.3.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lti\\_2017-08\\_liikenneviraston\\_sillat\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lti_2017-08_liikenneviraston_sillat_web.pdf)

Rakennusteollisuus RT ry. 2012. Kilpailulainsäädännön noudattamisohje. Rakennusteollisuus RT ry ja sen toimialayhteisöt. Tulostettu 19.3.2018. <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/elinkeinoasiat/rakennusteollisuuden-kilpailulainsaadannon-noudattamisohje.pdf>

Tiehallinto. 2004. Pienten siltojen elinkaarikustannukset. Tulostettu 15.3.2018. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/elinkaarikustannukset.pdf>

Tiehallinto. 2004. Sillankaiteen uusiminen. Tulostettu 15.3.2018. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/silko/kansio2/s2311.pdf>

Tiehallinto. 2005. Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset: Kannen pintarakenteet-SYL 6. Tulostettu 15.3.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/syl/syl6\\_2005v.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/syl/syl6_2005v.pdf)

Tiehallinto. 2008. Sillan peruskorjauksen nopeuttaminen. Tulostettu 16.3.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/sillan\\_peruskorjauksen\\_nopeuttaminen\\_2008.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/sillan_peruskorjauksen_nopeuttaminen_2008.pdf)

Tiehallinto. 2009. Siltojen elinkaarikustannukset. Tulostettu 15.3.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf2/4000703-v-siltojen\\_elinkaarikustannukset\\_esiselvitys.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf2/4000703-v-siltojen_elinkaarikustannukset_esiselvitys.pdf)

Tiehallinto. 2009. Siltojen vuositarkastusohje. Tulostettu 15.3.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/siltojen\\_vt\\_ohje\\_2009.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/siltojen_vt_ohje_2009.pdf)

Tiehallinto. 2009. Siltojen ylläpito. Tulostettu 15.3.2018. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/siltojenyllapito2009.pdf>

Tilastokeskus. 2010. Rakentamisen toimialakatsaus III/2009. Luettu 9.3.2018. [http://www.stat.fi/artikkelit/2010/art\\_2010-01-14\\_002.html?s=0](http://www.stat.fi/artikkelit/2010/art_2010-01-14_002.html?s=0)

Tilastokeskus. 2018. Rakennuskustannukset nousivat joulukuussa 0,7 prosenttia vuodentakaisesta. Luettu 19.1.2018. [http://tilastokeskus.fi/til/rki/2017/12/rki\\_2017\\_12\\_2018-01-15\\_tie\\_001.fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/rki/2017/12/rki_2017_12_2018-01-15_tie_001.fi.html)

Rapal. 2018. Fore-kustannuslaskentaohjelmisto. Luettu 6.4.2018. <https://www.rapal.com/fi/infran-kustannuslaskentaohjelmisto>

Schauman, H. 2017. Maailman talouden kasvu kiihtyy – Pysyykö Suomi vauhdissa mukana? Luettu 17.12.2017. <https://talous.aktia.fi/fi/taloukatsaukset/maailmantalouden-kasvu-kiihtyy-pysyko-suomi-vauhdissa-mukana>

Vainio T, Jaakkonen L, Nippanen E, Lehtinen E. 2002. Korjausrakentaminen 2000 – 2010. Tulostettu 15.3.2018. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2154.pdf>

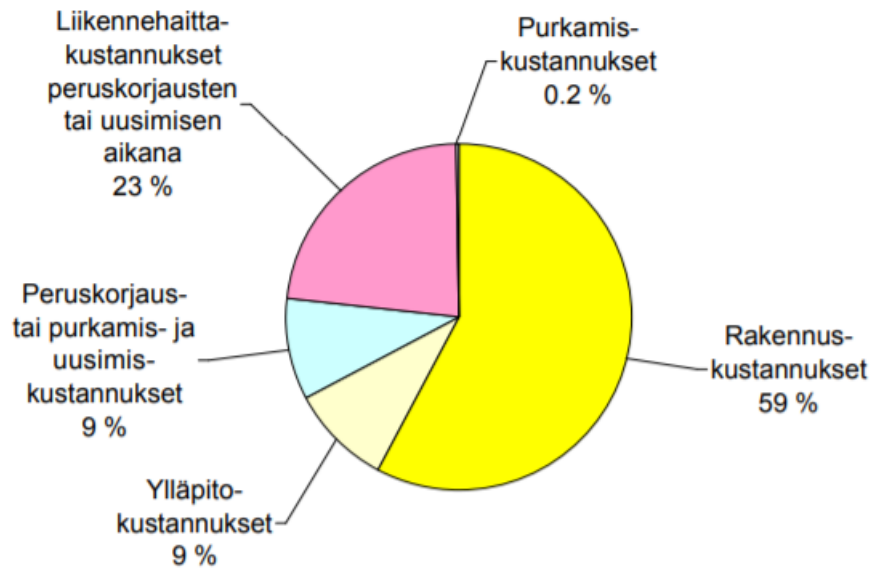
## LIITTEET

Liite 1. Betonirakenteiden korjausperiaatteet ja -menetelmät

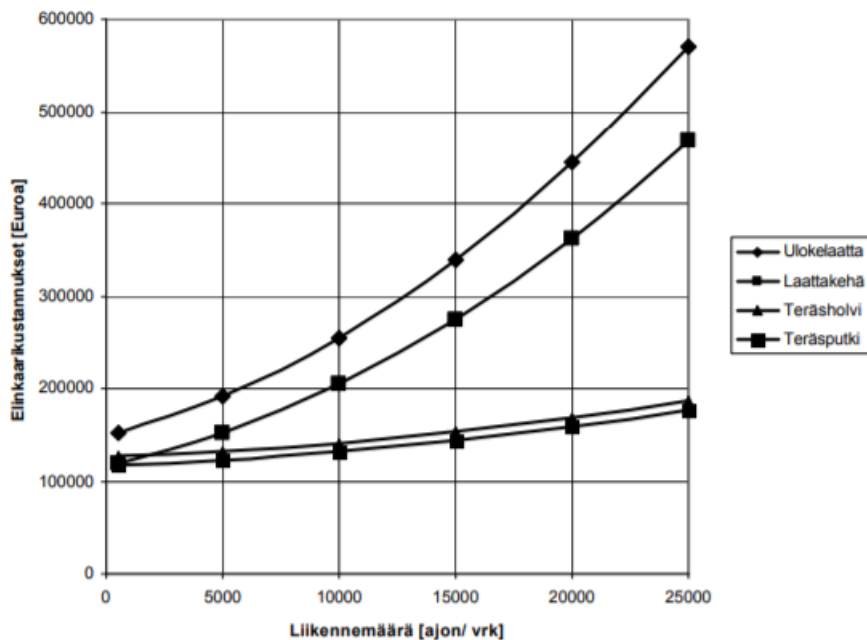


KUVIO 1. Betonirakenteiden korjausperiaatteet ja -menetelmät (Huura, Räsänen 2005)

## Liite 2. Siltojen suhteelliset rakennuskustannukset graafisesti

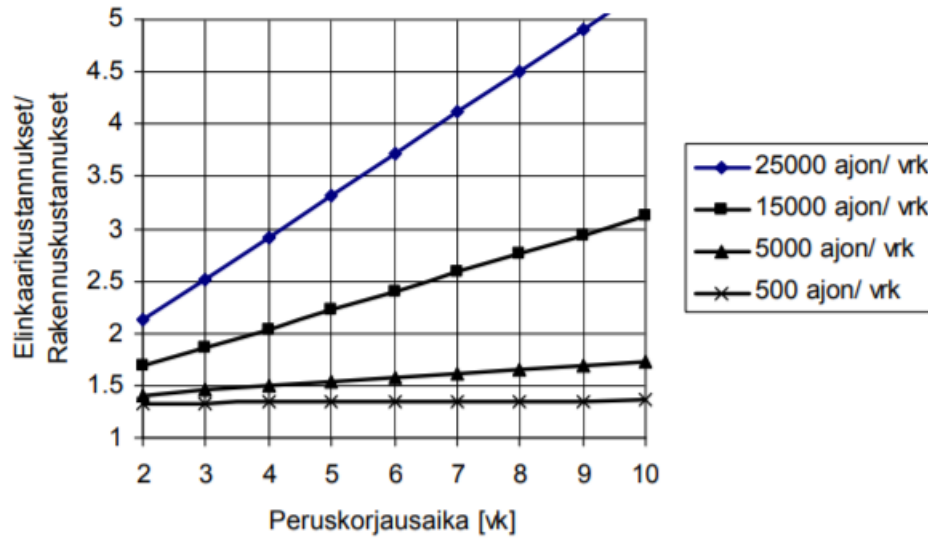


KUVIO 2. Alikulkuna toimivan laattakehäsillan elinkaarikustannusten muodostuminen eri osatekijöistä. Liikemäärä käytetty 5000 ajon/vrk ja diskonttokorkona 3% (Tiehallinto 2004)

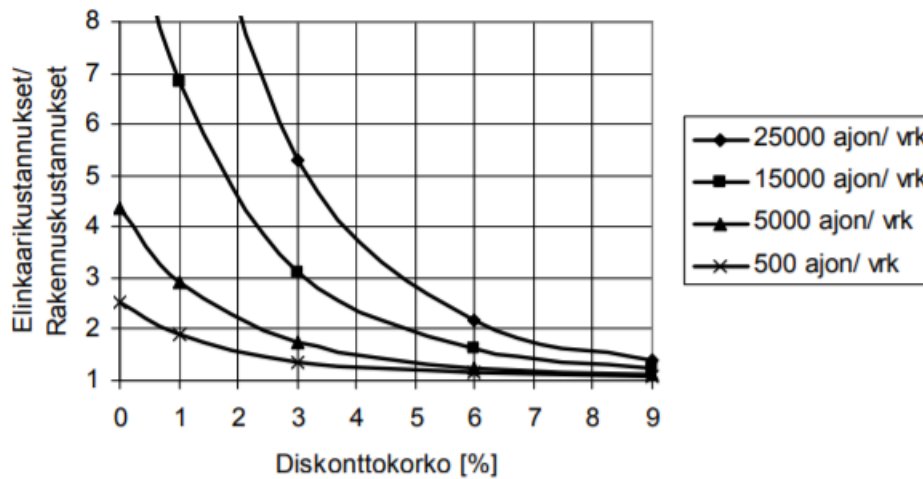


KUVIO 3. Erityyppisten alikulkukäytävien arvioidut elinkaarikustannukset erilaisille liikennemäärille. Diskonttokorko 3% (Tiehallinto 2004)

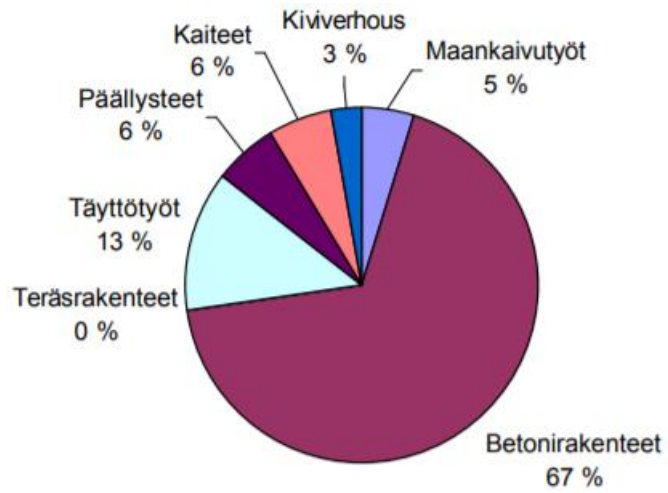




KUVIO 4. Korjausajan vaikutus alikulkukäytävänä toimivan laattakehäsillan suhteellisiin elinkaarikustannuksiin. Diskonttokorko 3% (Tiehallinto 2004)



KUVIO 5. Diskonttokoron vaikutus alikulkukäytävänä toimivan laattakehäsillan suhteellisiin elinkaarikustannuksiin (Tiehallinto 2004)



KUVIO 6. Laattakehäsillan rakennuskustannusten muodostuminen eri osatekijöistä (Tiehallinto 2004)

Liite 3. Referenssisillan korjaustyön/uusimisen kustannusarvio

TAULUKKO 1. Silta X:n korjaustyön/uusimisen kustannusarvio (WSP/Immonen 2016)

## **SILTA X**

### **SILLAN KORJAUSTYÖ/UUSIMINEN**

#### **KUSTANNUSARVIO**

Siltatyyppi: Teräsbetoninen laattasilta (Bl)

Vapaa-aukko: 3,7 m

Hl:~13,20 (m)

Kokonaispituus:13,20 (m)



2. MUOTTITYÖT								
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite	
113 Alusrakenteen reunapalkki	2001	Reunapalkin muotit	m <sup>2</sup>	25,0	100	2500		
201 Päällysrakenteen reunapalkki	2001	Reunapalkin muotit	m <sup>2</sup>	20,0	100	2000		
301 Kansilaatta	2002	Kannen muotit	m <sup>2</sup>	80,0	100	8000		
106 Etumuuri	0	Tukirakenne `pönkä` etumuurien väliin + kiinnitys	kpl	4,0	100	400		
						12900		

3. RAUDOITUSTYÖT								
3.2 Raudoitus								
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite	
201 Reunapalkki / 301 Kansilaatta	3001	Betoniteräs B500B	kg	4 050,0	3	12150		
108 Siipimuri	3003	Tartuntateräs A 500 HW juotettuna, d=20 mm L max= 860, poraus Ø 40 mm	kpl	92,00	60	5520		
						17670		

4. BETONOINTITYÖT								
4.1 Betonirakenteiden korjaus								
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite	
106 Etumuuri	4021	Halkeamien injektointi epoksilla	m	5,0	50	250	Arvio, kivien maadoiset halkeamat	
106 Etumuuri	8008	Kivirakenteen laastisaumojen korjaus SILKO-	dm <sup>3</sup>	10,0	40	400		
109 Otsamuri	1108	Betonipinnan hiekkapuhallus + imurointi	m <sup>2</sup>	10,0	10	100	Puskupalkin takapinnan vedeneristysalusta	
109 Otsamuri	4024	Paikkaus ilman muotteja	dm <sup>3</sup>	10,0	30	300	Arvio, pienet vauriokohdat	
113 Reunapalkki	4003	Betoni C35/45 /P50	m <sup>3</sup>	3,5	300	1050		
201 Reunapalkki	4003	Betoni C35/45 /P50	m <sup>3</sup>	2,5	300	750		
113/201 Reunapalkki	4026	Betonipinnan impregnointi, geelimäinen, uusintakäsittelyväli yli 15 v	m <sup>2</sup>	25,0	20	500	Ulkosivupinnat, ylä-, sivu, sekä alapinta 50 mm	
301 Kansilaatta	4003	Betoni C35/45 /P30	m <sup>3</sup>	29,0	300	8700		
301 Kansilaatta	4021	Halkeamien injektointi epoksilla	m	10,0	50	500		
301 Kansilaatta	4022	Betonirakenteiden halkeilun imeyttäminen epoksilla kg/m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	10,0	20	200	Arvio, kansi, reunapalkit	

4 (7)

301 Kansilaatta	6005	Betonikannen epoksiivistys (epoksimenekki 3,0 kg/m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	65,0	35	2275	Kannen epoksiivistys
						15025	

5. ERISTYSTYÖT								
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite	
109 Otsamuuri	6007	Kumibitumisively (KB100), 2-kertainen	m <sup>2</sup>	30,0	10	300	Kermin alle, vedeneristys ulotetaan otsamuurin takapintaan	
502 Vedeneristys	6002	Kumibitumikermieristys, 2-kertainen käyttöluokka 1	m <sup>2</sup>	80,0	15	1200	Kermi ulotetaan puskupalkin takapintaan (sis. 2 x kuitukangas)	
502 Vedeneristys	6007	Kumibitumisively (KB 100), 2-kertainen á 1,5 kg/m2	m <sup>2</sup>	15,0	10	150	Eristyksen reunat, otsamuurit	
						1650		

6. KAITEET								
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite	
600 Kaiteet	9009	Korkea sillankaide H2, harva, korkea reunapalkki	m	24,0	200	4800	Itäreunaan 2-putkijohde	
600 Kaiteet	9014	Sälekaide H2 kaiteeseen (sis.korvakkeet tolppiin)	m	24,0	90	2160		
600 Kaiteet		Keskikaide ajoradan länsireunaan	m	14,0	300	4200		
600 Kaiteet	9013	Korkean sillankaiteen päätyviiste (kaiteen päättäminen)	kpl	2,0	600	1200		
600 Kaiteet	9017	Kaidepylvään alustavalu	kpl	14,0	50	700		
						13060		

7. PÄÄLLYSTETYÖT								
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite	
401 Päällyste	7024	Suojakerros (hiekkä 20 mm + kuitukangas)	m <sup>2</sup>	65,0	10	650	Vedeneristuksen suojakerros + 2 x suodatinkangas	
401 Päällyste	7025	Kantavan kerroksen mursketäyttö # 0...32 mm	m <sup>3</sup>	40,0	20	800	vaihtoehtoisesti ABK	
401 Päällyste	7005	AB 16/(70)	m <sup>2</sup>	15,0	20	300	Keskikaiteen ja kaapelikourun asennusalusta	
401 Päällyste	7007	AB 16/120, ~50 mm	m <sup>2</sup>	100	20	2000	(sis. pengeri ~4 m/pää)	
401 Päällyste	7009	SMA 16/100 ajoradan kulutuskerros, ~40 mm	m <sup>2</sup>	100,0	40	4000		
401 Päällyste	7026	Ajoratamerkinnet, maali	m <sup>2</sup>	10,0	50	500	Arvio	
809 Reunus sillalla	11018	Liimattava betoninen reunatuki, h=120	m	14,0	60	840	Penkereet katusuunnitelman mukaan	

6 (7)

402 Päällysteen saumaus	8005	Päällysteen sauman tiivistäminen 20x45	m	30,0	15	450	Pituussuuntaiset päällysteen saumat (sis. Itäisen rp:n päät)
402 Päällysteen saumaus	8006	Penkereen ja päällysteen sauman tiivistäminen, Silko 2.814, kohta 5,4	m	15,0	15	225	Poikittaiset päällysteen saumat
						9765	

8. VARUSTEET JA LAITTEET							
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite
203 Reunapalkin liikuntasauha	8003	Reunapalkin liikuntasauhan sulkeminen	m	2,0	30	60	Termoplastinen saumanauha b=120
203 Reunapalkin liikuntasauha	8001	Sauhan tiivistäminen saumaussmassalla + alusnauha	m	4,0	20	80	Silko 2.731
700 LIIKUNTASAUMALAITTEET		Kannen sauman RST-peltilevyt+reunapalkin sisápintaan	m <sup>2</sup>	10,0	30	300	b=0,35 m t=2,0 mm
700 LIIKUNTASAUMALAITTEET		RST-lyöntitulpat, k500x2	kpl	110,0	10	1100	Liikuntasauhaan
700 LIIKUNTASAUMALAITTEET		Paisuva saumanauha	m	28,0	10	280	Liikuntasauhaan
908 Pintavesikouru		Koilliskulman keilan hulevesikouru	m	4,5	300	1350	
822 Kontaktitappi		Kontaktitappi	kpl	16,0	20	320	
811 Kaapelihylly	10018	Kaapelikotelon asennus	m	15,0	25	375	
812 Suojaputki	10021	Kaapelin suojaputki	m	50,0	10	500	
812 Suojaputki		Kaapelikanavaelementti	m	14,0	50	700	
						5065	



9. SILTAPIIKAN RAKENTEET							
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite
106/108 Etu-/Siipimuuri	1111	Töherrysten poisto pesemällä	m <sup>2</sup>	10,0	10	100	Mahdolliset töherrykset, Arvio
901 Etuluiska	11006	Järjestetty kiviheitokeverhous, # 400 mm	m <sup>2</sup>	100,0	100	10000	Jokuomaan #600 mm kiviä
903 Tie siltapaikalle	7009	Nurmiverhous luokka II (SILKO)	m <sup>2</sup>	80,0	10	800	Arvio, tieluiskat ja keilojen yläosat sillan läheisyydessä
903 Tie siltapaikalle	7009	AB 16	m <sup>2</sup>	50,0	17	850	Muut päällysteet katusuunnitelman mukaan
903 Tie siltapaikalle	11013	Kantavat kerrokset	m <sup>3</sup> rtr	10,0	30	300	Pengertäyttö 1 m
903 Tie siltapaikalle	11013	Täyttö, murske # max 100 mm	m <sup>3</sup> rtr	10,0	30	300	Muut pengertäytöt katusuunnitelman mukaan
905 Reunus tiellä	0	Betoninen reunatuki ajoradan länsireunaan ja penkereille, liimattava h120 sillalle	m	50,0	50	2500	muut katusuunnitelman mukaan, urakkarajat sovittava
904 Tieluiska	11011	Nurmiverhous luokka II (SILKO)	m <sup>2</sup>	80,0	10	800	Arvio, tieluiskat ja keilojen yläosat sillan läheisyydessä
910 Pengerkaide	9002	Pengerkaiteiden uusiminen (pylväsjaako k 2000)	m	50,0	50	2500	2-putkijohde (sis. U-päitekappale johteeseen koilliskulmassa)
						18150	

1000 MUUT TYÖT							
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite
900 Siltapaikan rakenteet	13001	Liikennejärjestelyt / työkohteen suojaus	erä	1,0	1000	1000	
						1000	

**RAKENNUSKUSTANNUKSET € 141 765**

**YHTEISKUSTANNUKSET € 38277**

27 % rakennuskustannuksista

**SILLAN KUSTANNUKSET € 180 042**

(ALV 0%)

Liite 4. Referenssisillan peruskorjauksen kustannusarvio

TAULUKKO 2. Silta X:n peruskorjauksen kustannusarvio

## **SILTA X**

### **SILLAN PERUSKORJAUS**

### **KUSTANNUSARVIO**

Siltatyyppe: Teräsbetoninen laattasilta (B)

Vapaa-aukko: 3,7 m

Hl:~13,20 (m)

Kokonaispituus:13,20 (m)



2. MUOTTITYÖT								
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite	
113 Alusrakenteen reunapalkki	2001	Reunapalkin muotit	m <sup>2</sup>	25,0	100	2500		
201 Päällysrakenteen reunapalkki	2001	Reunapalkin muotit	m <sup>2</sup>	20,0	100	2000		
		Työtaso vesiuomaan	erä	1,0	1500	1500		
						6000		

3. RAUDOITUSTYÖT								
3.2 Raudoitus								
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite	
201 Reunapalkki	3001	Betoniteräs B500B	kg	281,4	3	844,2		
108 Slipimuuri	3003	Tartuntateräs A 500 HW juotettuna, d=20 mm L max= 860, poraus Ø 40 mm	kpl	16	60	960		
301 Kansilaatta		Pääterästen suojaus	erä	1	200	200	tiesillan osuus	
301 Kansilaatta		Reunapalkin tartuntateräkset A500HW juotettuna	kpl	46	60	2760		
						4764		

4. BETONOINTITYÖT								
4.1 Betonirakenteiden korjaus								
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite	
106 Etumuuri	4021	Halkeamien injektointi epoksilla	m	5,0	50	250	Arvio, kivien mahdolliset halkeamat	
106 Etumuuri	8008	Kivirakenteen laastisaumojen korjaus SILKO-	dm <sup>3</sup>	10,0	40	400		
109 Otsamuuri	1108	Betonipinnan hiekkapuhallus + imurointi	m <sup>2</sup>	10,0	10	100	Puskupalkin takapinnan vedeneristysalusta	
109 Otsamuuri	4024	Paikkaus ilman muotteja	dm <sup>3</sup>	10,0	30	300	Arvio, pienet vauriokohdat	
113 Reunapalkki	4003	Betoni C35/45 /P50	m <sup>3</sup>	3,5	300	1050		
201 Reunapalkki	4003	Betoni C35/45 /P50	m <sup>3</sup>	2,5	300	750		
113/201 Reunapalkki	4026	Betonipinnan impregnointi, geelimäinen, uusintakäsittelyväli yli 15 v	m <sup>2</sup>	25,0	20	500	Ulkosivupinnat, ylä-, sivu, sekä alapinta 50 mm	
301 Kansilaatta	4021	Halkeamien injektointi epoksilla	m	10	50	500		
301 Kansilaatta	4022	Betonirakenteiden halkeilun imeyttäminen epoksilla kg/m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	10	20	200	Arvio, kansi, reunapalkit	
301 Kansilaatta	6005	Betonikannen epoksitiivistys (epoksimenekki 3,0 kg/m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	65	35	2275	Kannen epoksitiivistys	
301 Kansilaatta		Laatan alapinnan suihkupuhdistus	m <sup>2</sup>	60	10	600		
301 Kansilaatta		Laatan alapinnan ruiskubetonointi	m <sup>2</sup>	60	120	7200		
						14125		

5. ERISTYSTYÖT							
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite
109 Otsamuuri	6007	Kumibitumisively (KB100), 2-kertainen	m <sup>2</sup>	30,0	10	300	Kermin alle, vedeneristys ulotetaan otsamuurin takapintaan
502 Vedeneristys	6002	Kumibitumikermieristys, 2-kertainen käyttöluokka 1	m <sup>2</sup>	80,0	15	1200	Kermi ulotetaan puskepalkin takapintaan (sis. 2 x kuitukangas)
502 Vedeneristys	6007	Kumibitumisively (KB 100), 2-kertainen á 1,5 kg/m2	m <sup>2</sup>	15,0	10	150	Eristyksen reunat, otsamuurit
						1650	

6. KAITEET							
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite
600 Kaiteet	9009	Korkea sillankaide H2, harva, korkea reunapalkki	m	24,0	200	4800	Itäreunaan 2-putkijohde
600 Kaiteet	9014	Sälekaide H2 kaiteeseen (sis.korvakkeet tolppiin)	m	24,0	90	2160	
600 Kaiteet		Keskikaide ajoradan länsireunaan	m	14,0	300	4200	
600 Kaiteet	9013	Korkean sillankaiteen päätyviiste (kaiteen päättäminen)	kpl	2,0	600	1200	
600 Kaiteet	9017	Kaidepylvään alustavalu	kpl	14,0	50	700	
						13060	

7. PÄÄLLYSTETYÖT							
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite
401 Päälyste	7024	Suojakerros (hiekkä 20 mm + kuitukangas)	m <sup>2</sup>	65,0	10	650	Vedeneristuksen suojakerros + 2 x suodatinkangas
401 Päälyste	7025	Kantavan kerroksen mursketäyttö # 0...32 mm	m <sup>3</sup>	40,0	20	800	vaihtoehtoisesti ABK
401 Päälyste	7005	AB 16/(70)	m <sup>2</sup>	15,0	20	300	Keskikaiteen ja kaapelikourun asennusalusta
401 Päälyste	7007	AB 16/120, ~50 mm	m <sup>2</sup>	100	20	2000	(sis. pengeri ~4 m/pää)
401 Päälyste	7009	SMA 16/100 ajoradan kulutuskerros, ~40 mm	m <sup>2</sup>	100,0	40	4000	
401 Päälyste	7026	Ajoratamerinnät, maali	m <sup>2</sup>	10,0	50	500	Arvio
809 Reunus sillalla	11018	Liimattava betoninen reunatuki, h=120	m	14,0	60	840	Penkereet katusuunnitelman mukaan
402 Päälysteen saumaus	8005	Päälysteen sauman tiivistäminen 20x45	m	30,0	15	450	Pituussuuntaiset päälysteen saumat (sis. Itäisen rp:n päät)
402 Päälysteen saumaus	8006	Penkereen ja päälysteen sauman tiivistäminen, Silko 2.814, kohta 5.4	m	15,0	15	225	Poikittaiset päälysteen saumat
						9765	

8. VARUSTEET JA LAITTEET							
Rakenneos	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite
203 Reunapalkin liikuntasauama	8003	Reunapalkin liikuntasauaman sulkeminen	m	2,0	30	60	Termoplastinen saumanauha b=120
203 Reunapalkin liikuntasauama	8001	Sauaman tiivistäminen saumaussmassalla + alusnauha	m	4,0	20	80	Silko 2.731
700 LIIKUNTASAUMALAITTEET		Kannen sauman RST-peltilevyt+reunapalkin sisäpintaan	m <sup>2</sup>	10,0	30	300	b=0,35 m t=2,0 mm
700 LIIKUNTASAUMALAITTEET		RST-lyöntitulpat, k500x2	kpl	110,0	10	1100	Liikuntasamaan
700 LIIKUNTASAUMALAITTEET		Paisuva saumanauha	m	28,0	10	280	Liikuntasamaan
908 Pintavesikouru		Koilliskulman keilan hulevesikouru	m	4,5	300	1350	
822 Kontaktitappi		Kontaktitappi	kpl	16,0	20	320	
811 Kaapelihylly	10018	Kaapelikotelon asennus	m	15,0	25	375	
812 Suojaputki	10021	Kaapelin suojaputki	m	50,0	10	500	
812 Suojaputki		Kaapelikanavaelementti	m	14	50	700	
						5065	

9. SILTAPAIKAN RAKENTEET							
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite
106/108 Etu-/Siipimuuri	1111	Töherrysten poisto pesemällä	m <sup>2</sup>	10,0	10	100	Mahdolliset töherrykset, Arvio
901 Etuluiska	11006	Järjestetty kiviheitokeverhous, # 400 mm	m <sup>2</sup>	100,0	100	10000	Jokuomaan #600 mm kiviä
903 Tie siltapaikalle	7009	Nurmiverhous luokka II (SILKO)	m <sup>2</sup>	80,0	10	800	Arvio, tieluiskat ja keillojen yläosat sillan läheisyydessä
903 Tie siltapaikalle	7009	AB 16	m <sup>2</sup>	50,0	17	850	Muut päällysteet katusuunnitelman mukaan
903 Tie siltapaikalle	11013	Kantavat kerrokset	m <sup>3</sup> rtr	10,0	30	300	Pengertäyttö 1 m
903 Tie siltapaikalle	11013	Täyttö, murske # max 100 mm	m <sup>3</sup> rtr	10,0	30	300	Muut pengertäytöt katusuunnitelman mukaan
905 Reunus tiellä	0	Betoninen reunatuki ajoradan länsireunaan ja penkereille, liimattava h120 sillalle	m	50,0	50	2500	muut katusuunnitelman mukaan, urakkarajat sovittava
904 Tieluiska	11011	Nurmiverhous luokka II (SILKO)	m <sup>2</sup>	80,0	10	800	Arvio, tieluiskat ja keillojen yläosat sillan läheisyydessä
910 Pengerkaide	9002	Pengerkaiteiden uusiminen (pylväsjaako k 2000)	m	50,0	50	2500	2-putkijohde (sis. U-päätökappale johteeseen koilliskulmassa)
						18150	

1000 MUUT TYÖT							
Rakenneosa	Littera	Työ	Yks	Määrä	á-hinta	yht. €	Selite
900 Siltapaikan rakenteet	13001	Liikennejärjestelyt / työkohteen suojaus	erä	1,0	1000	1000	
301 Kansilaatta		Tartunnan laadunvarmistus	erä	1	500	500	alustan tartustavetolujuudentarkistus
301 Kansilaatta		Laadunvarmistus	erä	1	500	500	ruiskubetonoinnin tartuntalujuuden tarkistus
						2000	

RAKENNUSKUSTANNUKSET €

103 984

YHTEISKUSTANNUKSET €

28076

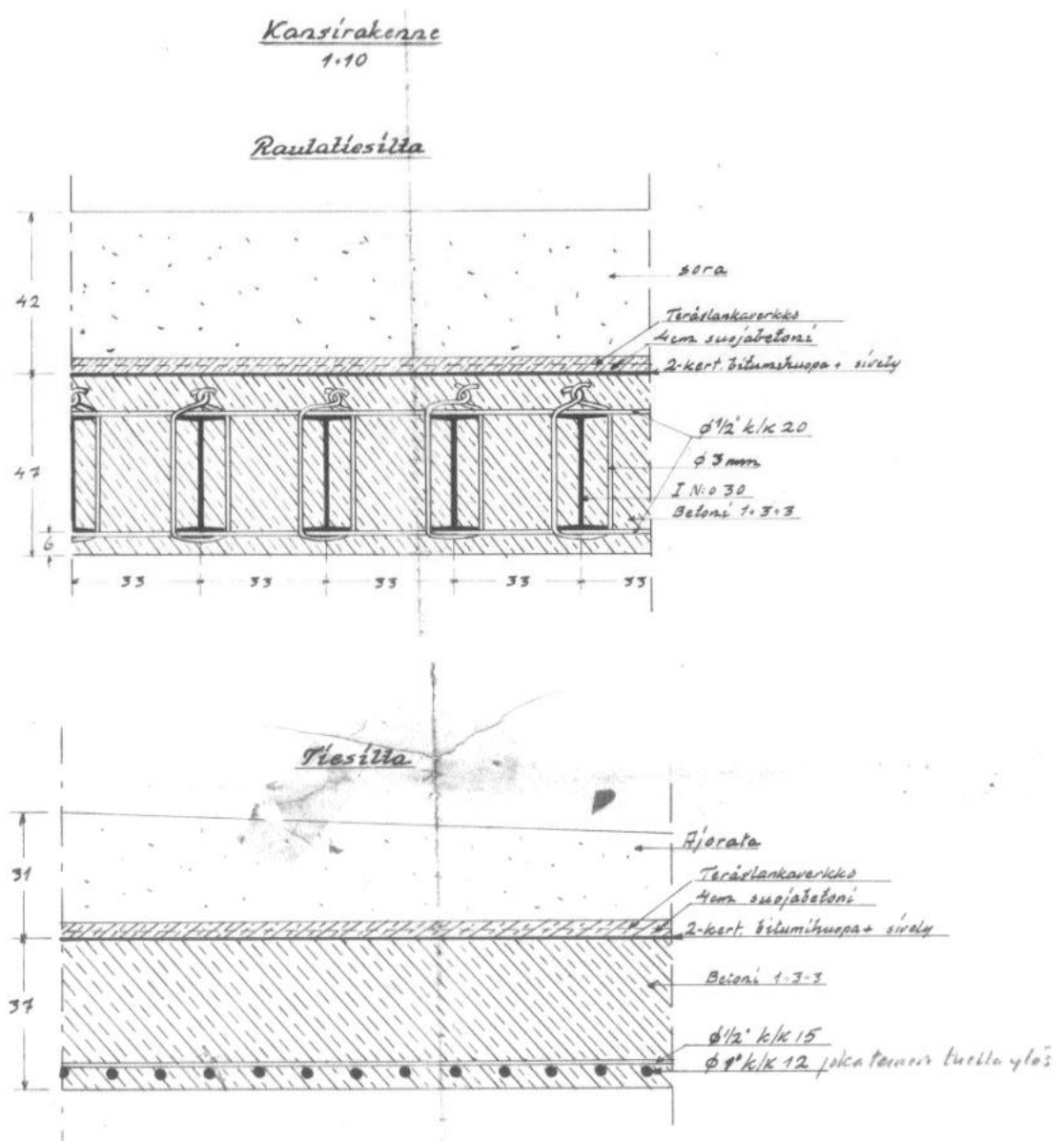
27 % rakennuskustannuksista

SILLAN KUSTANNUKSET €

132 060

(ALV 0%)

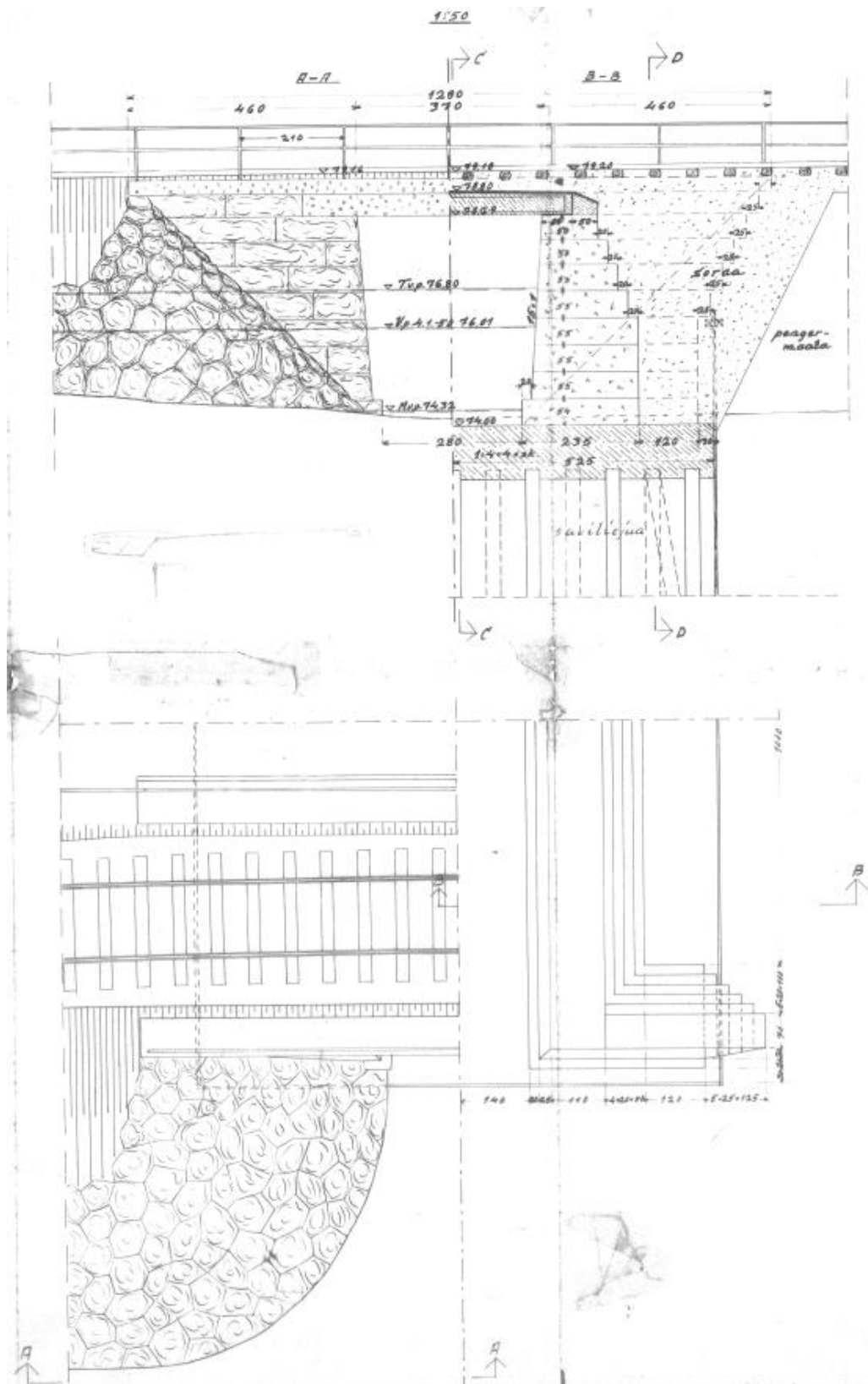
## Liite 5. Referenssisillan kansilaatan detaljipiirustus



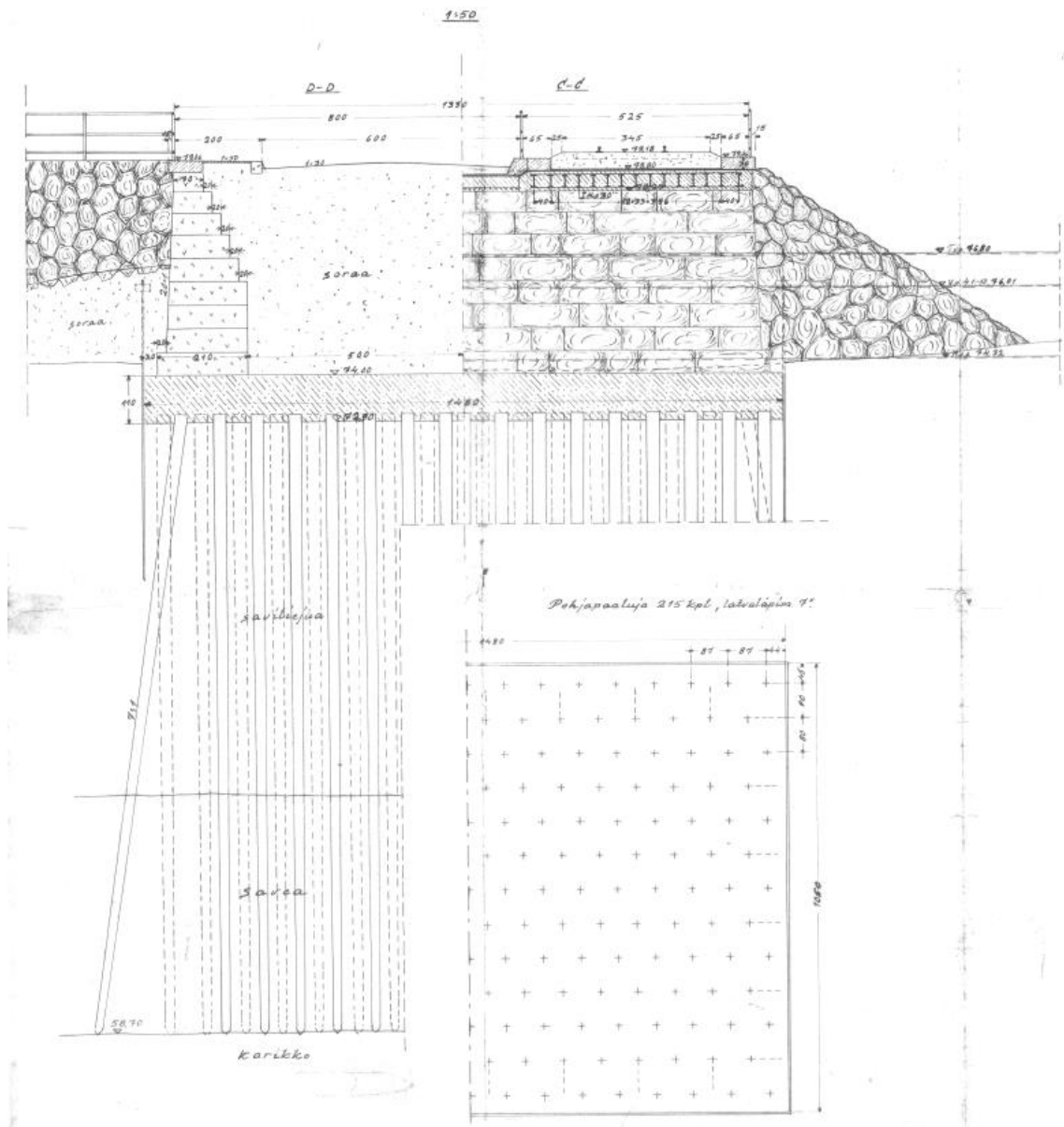
KUVIO 7. Silta X:n kansilaatan detaljipiirustus (alkuperäiset piirustukset 1950)



## Liite 6. Referenssisillan suunnitelmapiirustus



KUVIO 8. Ote Silta X:n suunnitelmapiirustuksesta (alkuperäiset piirustukset 1950)



KUVIO 9. Ote Silta X:n suunnitelmapiirustuksesta (alkuperäiset piirustukset 1950)