



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SILLAN SYRJÄLANKKU- JA ELEMENTTIKANNEN TOTEUTUKSIEN VERTAILU

TEKIJÄ: Jaani Levy

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Jaani Levy			
Työn nimi SILLAN SYRJÄLANKKU- JA ELEMENTTIKANNEN TOTEUTUKSIEN VERTAILU			
Päiväys	6.4.2018	Sivumäärä/Liitteet	45/4
Ohjaaja(t) Tuntiopettaja Teppo Houtsonen & lehtori Hannu Haaranen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Destia Oy, Työmaapäällikkö Jari Lievonon			
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla puukantisen sillan syrjälankkukannen ja elementtikannen aikataulu- ja kustannuseroja ja löytää syyt, mistä erot johtuvat. Tarkoituksena oli myös selvittää kumpi kansityyppi tulisi kustannustehokkaammaksi toteuttaa. Työ tehtiin Destia Oy:n työnjohtajien ja tarjouslaskijoiden tueksi puukannen tarjouslaskentaan sekä hankkeiden aikatauluhallintaan.</p> <p>Teoria tietoa kerättiin RIL kirjoista, Infra RYL kirjoista, liikenneviraston verkkoaineistosta ja omakohtaisesta kokemuksesta. Opinnäytetyöhön hankittiin työnkestoja ja materiaalimenekkejä molemmista kansityypeistä Destia Oy:n toteuttamista ja jo valmistuneista kohteista. Näiden perusteella pystyttiin tekemään vertailu laskelmat Excel-ohjelmaa käyttäen. Jokaisesta kohteesta tehtiin oma Excel-taulukko, joissa oli eriteltyä materiaalikustannukset ja työsaavutukset. Näiden tulosten perusteella saatiin keskiarvot molemmille kansityypeille.</p> <p>Työn tuloksena saatiin laajempi käsite puukannen rakentamiseen kuluviin kustannuksiin ja työsaavutuksiin, sekä erot eri puukansi tyyppien valintaan vaikuttavista tekijöistä. Työtä voidaan tulevaisuudessa hyödyntää puukansien tarjouslaskennassa, tehtäväsuunnittelussa sekä puukannen rakentamisen aikataulun teossa.</p>			
Avainsanat Syrjälankkukansi, Elementtikansi, Puusilta			
Kolmas luku luottamuksellinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Construction Engineering			
Author(s) Jaani Levy			
Title of Thesis Comparison of a Timber plank Deck a Gluelam Timber Deck			
Date	April 6, 2018	Pages/Appendices	45/4
Supervisor(s) Mr Teppo Houtsonen, Lecturer & Mr Hannu Haaranen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Destia Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final project was to compare the differences in costs and schedule of two bridges as well as the reason for them. The structures compared were a timber plank deck of wood deck bridges and a glued laminated timber deck. The purpose was to find out which deck would be the most cost-efficient to build. The project was made to support the construction site managers working for Destia PLC when making calculations for offers and scheduling the projects.</p> <p>First, information was collected in RIL books, Infra RYL books, on the Finnish Transport Agency`s website and in personal experience. Information about the schedules and amounts of materials of both decking types was collected, of both finished bridges and bridges that were under construction. An Excel-worksheet with detailed material and labour costs was made for each project. The results gave on average for both deck types.</p> <p>As a result this project gave a better understanding about the costs and required labour. In future, the project can be used for calculating offers and planning work and building schedule.</p>			
<p>Keywords timber plank deck, glued laminated timber deck, wooden bridge</p>			
third chapter is confidential			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Työn taustaa ja tavoitteet.....	6
1.2	Opinnäytetyön rajaaminen.....	7
1.3	Destia Oy	7
1.4	Lyhenteet ja määritelmät.....	8
2	TEORIA	9
2.1	Puusillan historia.....	9
2.2	Suunnittelijan haastattelu	11
2.2.1	Käyttöikä	11
2.2.2	Valintaan vaikuttavat tekijät.....	11
2.2.3	Mitoitusperusteet	12
2.3	Puusillan yleiset laatuvaatimukset	13
2.3.1	Pyöreä ja sahattu puutavara	13
2.3.2	Liimattu puutavara	13
2.3.3	Lahon torjunta	14
2.3.4	Liittimet ja osat.....	15
2.4	Kansirakenne.....	15
2.4.1	Syrjälankkukannen menetelmäkuvaus	16
2.4.2	Elementtikannen menetelmäkuvaus	19
3	TYÖN TOTEUTUS JA SEN KUVAUS	23
3.1	Syrjälankkukansien laskelmat	23
3.2	Elementtikansien laskelmat.....	23
3.3	Kustannusten vertailu.....	23
3.3.1	Materiaalikustannukset	23
3.3.2	Työkustannukset.....	23
3.3.3	Kansien kustannukset yhteensä	23
3.4	Aikataulu vertailut.....	23
3.5	Saman kokoisten kansien vertailu sekä työmaan käyttö ja yhteiskustannusten vaikutus	23
3.6	Kiertotien vaikutus	23
3.6.1	Liikennehaittakustannukset.....	23
4	YHTEENVETO.....	24

4.1 Työn arviointi	26
4.2 Jatkotutkimusaiheita	27
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	28
LIITE 1: SILTOJEN KUNTOLUOKITUS.....	29
LIITE 2: TYYPIPIIRUSTUS SYRJÄLANKKUKANSI	30
LIITE 3: TYYPIPIIRUSTUS ELEMENTTIKANSI	31
LIITE 4. LIIKENNEHAITTAKUSTANNUSTEN LASKUKAAVAT.....	32

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Destia Oy:n käyttöön. Haluan kiittää koko Destian Oy:n väkeä opinnäytetyön teon auttamisessa ja tietojen antamiseen osallistumisesta. Etenkin haluaisin kiittää työmaapäällikköä Jari Lievosta opinnäytetyön ohjauksesta ja saamastani tuesta koko työn aikana. Lisäksi haluan antaa kiitosta suunnittelija Matti Mikkoselle haastattelun antamisesta.

Haluan kiittää työn ohjauksesta ja tarkastamisesta sekä kannustamisesta ohjaavaa opettajaa Teppo Houtsosta.

1.1 Työn taustaa ja tavoitteet

Puusiltojen ylläpito ja korjaaminen on tärkeää liikenteen sujuvuuden kannalta. Nykyisten liikennemäärien ja rekkojen kuormien kasvu lisäävät puukansien korjaustarvetta entisestään. Puukantisia siltoja siltarekisterin mukaan on vielä Suomessa noin 692 kappaletta, joka on 4 % koko siltakanasta (2017). Osa puusilloista on kuntoluokitukseltaan huonossa tai erittäin huonossa kunnossa. Huonokuntoisissa silloissa peruskorjaus täytyisi tehdä välittömästi ja erittäin huonoissa peruskorjaus on myöhässä. (Liikennevirasto.fi)

Siltojen kuntoluokitus luokittelukriteereineen on esitetty taulukossa liitteessä 1.

Luokituksen keskeinen tarkoitus on jakaa sillat ylläpitotarpeiden mukaisiin luokkiin, jotka yksinkertaistettuna voidaan kuvata seuraavasti:

- Erittäin hyvä – ei ylläpitotarpeita
- Hyvä – vähäistä kunnostusta
- Tyydyttävä – peruskorjaus tulossa
- Huono – peruskorjaus nyt
- Erittäin huono – peruskorjaus myöhässä (liikennevirasto.fi)

Tavoitteena tässä työssä on tutkia sillan puukannen uusimisessa käytettäviä eri toteutustapoja ja niihin kuluvia kustannuksia sekä työn kestoja. Vertailuun otettiin syrjälankkukansia ja elementtikansia. Kohteet, joita käytettiin vertailuun ovat eripuolelta Suomea. Syrjälankkukansien neliöt vaihtelivat 78-218 m² ja elementtikansien neliöt 77-196 m². Pohjatiedot sain Destia Oy:n valmistuneista kohteista. Vertailua tehtiin vain toteutuneista kohteista.

Tavoitteena on myös löytää syyt mistä eri menetelmien kustannus- ja aikataulu erot johtuvat. Näiden erojen löytäminen selkeyttää kansityypin valintaan vaikuttavat tekijät ja sitä kautta kustannussäästöt ja sillankorjaustöiden kannattavuus paranevat.

1.2 Opinnäytetyön rajaaminen

Opinnäytetyö tehdään tutkimustyönä Destia Oy :n omaan käyttöön. Opinnäytetyössä käytetään yrityksen salassa pidettäviä tietoja, joita ei julkaista verkkojulkaisussa. Luku kolme on luottamuksellinen.

1.3 Destia Oy

Destia Oy on suomalainen infra- ja rakennusalan palveluyhtiö, joka rakentaa, ylläpitää sekä suunnittelee ratoja, liikenneväyliä ja liikenne -ja teollisuusympäristöjä. Destia tarjoaa erilaisia palveluita maanalaisesta rakentamisesta maanpäälliseen rakentamiseen ja suunnitteluun sekä energia- ja insinöörirakentamiseen. Asiakkaina toimivat teollisuus- ja liikeyritykset, kunnat ja kaupungit sekä valtion omistamat organisaatiot. Destian toiminta koostuu neljästä alueellisesta tulosyksiköstä (Etelä-Suomi, Itä-Suomi, Länsi-Suomi ja Pohjois-Suomi), valtakunnallisesta Asiakastuntijapalvelut-tulosyksiköstä sekä konserniyksiköistä.

Destialla on yli 200 vuoden pituinen historia: Kustaa IV Adolfin perustama Kuninkaallinen Suomen Koskenperkausjohtokunta toimi Suomessa kymmenen vuotta (1799-1809). Vuonna 1925 perustettiin Tie- ja vesirakennushallitus (TVH), joka jatkoi tieverkon kehittämistä sekä rakentamista. 1964 TVH muuttui TVL:ksi, jonka jälkeen vuonna 1990 tuli Tielaitos. Vuonna 1998 tuli hallinto- ja tuotantopuolellet, koska Tielaitoksen hallinnolliset viranomaistehtävät ja varsinainen tienpito erotettiin toisistaan. Tielaitos varustautui avoimeen kilpailuun 1998-2000.

Tielaitoksen taival päättyi vuonna 2001, jolloin hallinto ja tuotanto erotettiin lopullisesti kahdeksi erilliseksi organisaatioksi. Tiehallinto jatkoi tienpitäjänä ja tienpidon tilaajana. Entinen Tielaitoksen tuotanto siirtyi kilpailemaan tiealan urakoista muiden maarakennusyrittäjien kanssa nimellä Tieliikelaitos. Vuoteen 2005 asti kilpailu avautui porrastetusti, kunnes Tieliikelaitos astui kokonaan avoimeen kilpailuun.

Ystävänpäivänä 2007 Tieliikelaitos otti käyttöön markkinointinimen Destia. Vuoden 2008 alussa Tieliikelaitoksen liiketoimintaa jatkamaan perustettiin Destia Oy, kun siitä tuli kokonaan valtion omistama osakeyhtiö.

Destia-nimi muodostuu latinan sanasta *destinatus*, joka tarkoittaa päättäväisyyttä ja englannin sanasta *destination*, joka tarkoittaa määränpäättä. Destian värit ovat vihreä ja keltainen. Vihreä väri kuvaa arvostusta ympäristöä kohtaan, kasvua sekä uudistumista. Keltainen väri viestii puolestaan aktiivisuudesta.

Ahlström Capital osti Destia Oy:n koko osakekannan heinäkuussa 2014 Suomen valtiolta. Destia Oy jatkaa kulkuaan aktiivisena, kehittyvänä ja menestyvänä, luomalla toimivampaa maailmaa. (destia.fi.)

1.4 Lyhenteet ja määritelmät

Huoltotiesilta	Radanpidon tarkoituksiin käytettävä huoltotien silta
Jännemitta (Jm)	Sillan keskilinjaa pitkin mitattu kahden peräkkäisen tukilinjan välinen etäisyys
Kreosootti	Kivihiihterivan tisle, joka on tehokas ja myrkyllinen puunsuojakemikaali
Käyttöikä	Ajanjakso, jonka ajan rakenteen ominaisuudet säilyvät rakenteelta vaadittavalla tasolla edellyttäen, että rakennetta pidetään asianmukaisesti kunnossa
Luokka A	Kyllästetty puutavara, jossa suoja-aine on tunkeutunut sydänpuuhun asti ja suoja-aine on koestettu maakosketustarkoituksiin
Raittisilta	Silta, joka johtaa kevyen-, traktori-, yms. liikenteen tai karjan vesistön yli
Vesistösilta (Silta)	Vesistön ylittämiseksi rakennettu tiesilta
Ylikulkukäytävä	Silta, joka johtaa kevyen-, traktori- yms. lähiliikenteen tai karjan tien ylitse

2 TEORIA

Mitä pienempi kuormitus sillassa, sitä paremmin puusilta puolustaa paikkaansa muiden siltojen joukossa. Tämä sääntö pätee ja soveltuu yleisohjeeksi edelleenkin. Mitä pienempi liikkuvakuorma, sitä paremman merkityksen sillan omapaino saa. Kevyenliikenteen sillat sopivat parhaiten puurakenteiseksi.

Liikennemäärät ja ajonopeus vaikuttavat maantiesiltojen kulutuskerrokseen. Tästä syystä puu- tai teräs- palkkisiltaan ei kannata valita puista ajopintaa teillä, joissa on paljon liikennettä. Jos liikennemäärät ovat alle 300-400 ajoneuvoa vuorokaudessa, kannattaa valita puusilta. (RIL 162-2 Puurakenteet 2 1987, 33-34).

Puurakenteisissa silloissa yleisin vaurio on lahoaminen. Lahoaminen edistyy kaikista joutuisammin jatkuvasti kosteuteen altistuvissa osissa. Tällaisia kohtia ovat maanvastaiset ja vedenpinnan vaikutusalueella olevat pinnat sekä vuotavan kansirakenteen alla olevat pääkannattajat. Kun lahoaminen on edennyt tarpeeksi pitkälle, rakenne alkaa hiljalleen painua, jonka seurauksena syntyy pysyviä taipumia kannattimiin. Pahimmassa tapauksessa kannattimet lopulta katkeavat. (RIL 179-1989 Sillat 1989, 348).

Puurakenteiden yleisimmät uusimissyöt ovat lahoamiset ja murtumiset. Purettaessa on tarkistettava paikalleen jäävien puurakenteiden kunto, jotta rakenteisiin ei jää lähiaikoina uusimista vaativia osia. Pääkannattajiin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Puusiltojen rakenteita uusittaessa on käytettävä kestopuuta, joka voi olla suola- tai kreosoottikyllästettyä. Puutavaran kosteustilan tulee olla oikea, jotta kansirakenne ei tule harvaksi puun kuivuesssa. Kaikkien kiinnitys osien kuten naulojen, ruuvien ja aluslevyjen tulee olla kuumasinkittyjä. (RIL 179-1989 Sillat 1989, 380).

2.1 Puusillan historia

Tiedettävästi ensimmäiset siltarakenteet rakennettiin Suomeen jo 1400-luvulla. Siltoja rakennettiin suurimpien jokien yli sen ajan tärkeimmälle tielle, joka kulki rannikkoa pitkin Turusta Viipuriin. Kymijoen suuhaarojen sillat ovat tästä oiva esimerkki. Puu oli siltojen pääraaka-aine aina Ruotsin vallan loppupuolelle asti. Suurimmat sillat, joita siihen aikaan rakennettiin, olivat kivillä täytettyjen hirsirakojen päälle rakennettuja yksinkertaisia palkkisiltoja. Autonomian aikakauteen siirtyminen Ruotsin vallasta ei varsinaisesti heti vaikuttanut siltojen rakentamiseen. Pienet kivisillat alkoivat yleistyä, mutta edelleen valta osa silloista valmistettiin puusta. (RIL 179-1989 Sillat 1989, 20).

1900-luvun alkupuolelle saakka puu ja luonnon kivi olivat tärkeimmät päämateriaalit sillan rakentamisessa. Jännemitat joita nykyisinkään harvoin puusillassa ylitetään, kehittyi jo 1700-luvun loppupuolella. Jännemitaltaan pisin puusilta koskaan (119 m), on Reinin joen ylittävä silta Schaffhousenissa Sveitsissä, joka kuitenkin purettiin muutaman vuosikymmenen jälkeen.

Puu oli suosituin materiaali myös Suomessa vielä 1920-luvulla siltojen rakentamisessa. Valtio otti 1920- ja 1930-luvulla haltuunsa siltoja, joista noin 70 prosenttia oli puusta rakennettuja. Vuonna 1927 yhden vuoden aikana tehtiin 40 puusta rakennettua siltaa. Suomessa riittää edelleen puusillan rakentamisen osaamista, josta hyvä esimerkki on Vihantasalmelle Mäntyharjulle vuonna 1999 valmistunut liimapuinen riippuansas- ja puubetoni-liittopalkkisilta. (kuva1.) Vihantasalmen silta oli valmistuttuaan pinta-alaltaan maailman suurin pääteillä oleva puusilta. (Puuinfo.fi).



KUVA 1. Vihantasalmen silta, Mäntyharju (puuinfo.fi)

Nykyisin liikennevirastolla on olemassa siltarekisteri, joka on siltojen perustietovarasto. Sieltä näkee liikenneviraston omistamat sillat ja osan kuntien ja kaupunkien omistamista silloista. Rekisteristä voi tutkia siltojen tietoja kuten yleiskunnon, vauriot, ehdotetut- ja toteutuneet korjaustyöt sekä erilaiset näytteet ja niiden analyysitulokset. Tammikuussa 2018 otetun tiedon mukaan siltarekisterissä on 692 puukantista siltaa, joista Liikennevirasto omistaa 462 kpl, eli noin 66,8%. Alla olevassa tilastossa (kuvio 1) on esitelty puukantiset sillat käyttötarkoitusten perusteella. Muut sillat (3%) sisältää risteys- ja ratasillat, alikulkusillat, ylikäytävät sekä epäselvät kohteet. (liikennevirasto.fi).



KUVIO 1. Puukantiset sillat ($n=692$ kpl) muokattu lähteestä (Liikennevirasto, siltarekisteri 2018.1.15.)

2.2 Suunnittelijan haastattelu

2.2.1 Käyttöikä

Suunnittelijan kanssa käydyn keskustelun mukaan kansityypin valinnalla ei ole vaikutusta käyttöikäen ja siihen onko jompikumpi elinkaareltaan pidempi. Ainoa mikä voi vaikuttaa on kulutuskerros, koska elementin paksuus on yleensä 140 mm ja kappaletavara kannen paksuus taas 150 mm. Elinkaareen vaikuttaa kuinka kulunut kansi on esimerkiksi auruksissa. Elementti kansien saumaukset saattavat ajansaotossa irtoilla ja vaatii siltä osin huoltoa. Puupalkkien käyttöikä on noin 50 vuotta, jos kansi uusitaan kertaalleen elin iän aikana. Kannen elinikää saadaan myös lisää ruuvamalla kanteen erillinen kulutuslankutuskerros. Liikenneviraston tekemässä siltatarkastuksessa 76 tonnin kuormia varten käytiin noin 20 puusiltaa läpi ympäri Suomen. Sitoja tarkistaessa oli huomattu, että palkit olivat paremmassa kunnossa kohteissa, jossa silta sijaitsee avarassa ja kuivassa ympäristössä. Huonoimmassa kunnossa olivat ne sillat, jotka olivat synkän metsän keskellä notkelmassa, johon pääsi valumaan vettä sillan molemmista suunnista. Osa silloista oli niin heikossa kunnossa, että ne jouduttiin asettamaan liikennekieltoon.

2.2.2 Valintaan vaikuttavat tekijät

Aikataulu on tärkein seikka kannen valintaan. Pääsääntöisesti sillat rakennetaan kappaletavarasta naulaamalla, jos aikataulu antaa myöten. Mikäli silta tarvitsee saada mahdollisimman nopeasti tehtyä, valitaan puolestaan elementti rakenteinen kansi.

2.2.3 Mitoitusperusteet

Sillat ovat tyypitettyjä ratkaisuja ja niissä käytetään tyypitetyn rakenteen palkkijakoa. Eli, jos ne sattuivat kyseisille tyypitetyille palkkijaoille, niitä ei erikseen mitoiteta. Jos sattuu kohde, jossa ei ole tasajakoinen palkkijako tai palkkijako on harvempi, silloin kansi mitoitetaan ja määräävä mitoitusehto on pyöräkuormat. Naulauskaaviot saadaan mitoituksen lopputuotteena. Leikkausvoimien kautta pyöräkuormat siirtyvät syrjälantkujen välillä muodostaen laattamaisen rakenteen siirtäen kuormat palkistolle. Nykyisin liikennekuormien kasvaessa on jouduttu ottamaan tarkasteluun puupalkkien kapasiteetti. Tarvittaessa lisätään tai vaihdetaan palkkeja kannen vaihdon yhteydessä. Minimi palkin leveys on 190 mm, mutta pääsääntöisesti palkit lähtevät 240 mm ylöspäin. Palkin leveys ei yksistään vaikuta kantavuuteen, vaan myös palkin kiepahdukseen. Palkistoja joudutaan jäykistämään enemmän, mitä kapeammat palkit ovat (Kuva 2). (Mikkonen 2018-01-12)



KUVA 2. Palkkien jäykisteet. (Levy Jaani)

2.3 Puusillan yleiset laatuvaatimukset

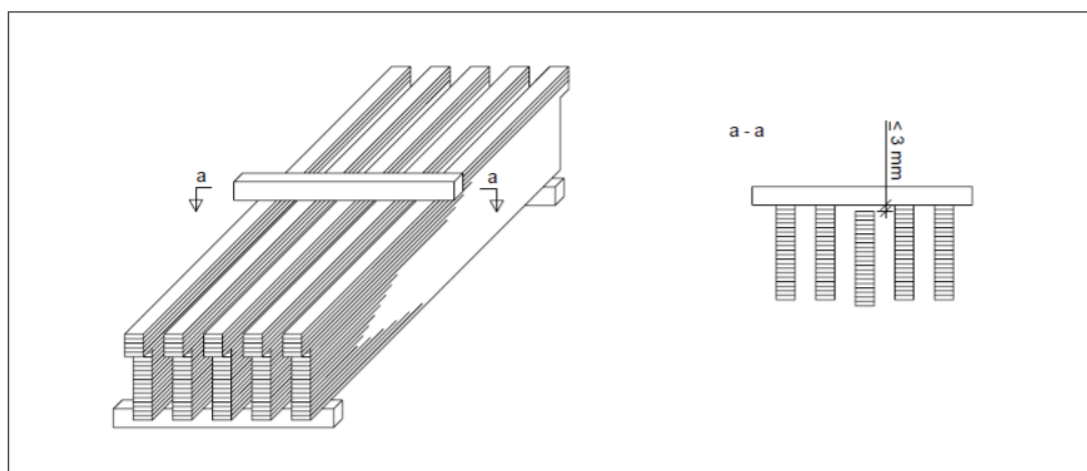
2.3.1 Pyöreä ja sahattu puutavara

1. Puutavaran on oltava painekyllästettyä mäntyä eikä siinä saa olla jäljellä kuorta.
2. Puutavaran on oltava lujuusleimattua ja varustettu RS/MT- tai RS/BS-laatumerkillä.
3. Lujuusluokan on oltava kantavissa rakenteissa vähintään T30 ja muissa rakenteissa vähintään T24.
4. Sormijatkettun sahatavaran on oltava valmistettu ympäristöministeriön hyväksymän laadunvalvonnan alaisena ja varustettu J-laatumerkillä. (InfraRYL 2006 Osa 3 sillat ja rakennustekniset osat, 176)

2.3.2 Liimattu puutavara

1. Puutavaran on oltava painekyllästettyä mäntyä.
2. Liimapuun on oltava valmistettu ympäristöministeriön hyväksymän laadunvalvonnan alaisena ja varustettu L-laatumerkillä.
3. Liimapuun valmistuksessa on käytettävä säänkestäviä liimoja, joiden tulee täyttää standardin SFS-EN 301 asettamat vaatimukset.
4. Liimapuukannattimien pintaluokan tulee olla höylätty pinta.
5. Valmistustietoja osoittavan L-laatumerkin on oltava sellaisessa paikassa, että se jää näkyviin valmiissa rakenteessa. (InfraRYL 2006 Osa 3 sillat ja rakennustekniset osat, 176)

Sillan palkkien keskinäiseltä yhdenmuotoisuudelta vaaditaan, että tasaiselle alustalle asetettujen palkkien yläpintojen korkeusero oikolaudalla mitattuna on enintään 3 mm palkiston koko pituudella (kuva 3). Liimapuupalkkien sallitut poikkeamat (taulukko 1).



KUVA 3. Liimapuupalkkien yläpintojen samanmuotoisuuden tarkastaminen (InfraRYL 2006 Osa 3, 177)

Taulukko 1. Liimapuupalkkien mittojen sallitut poikkeamat (InfraRYL 2006 Osa 3 sillat ja rakennustekniset osat, 177)

Liimapuupalkkien mittojen sallitut poikkeamat	
Pituus	± 10 mm
Korkeus	± 1 %
Leveys	± 2 %
Sivukäyryys koko pituudella	± 0,15 %
Pystykäyryyden poikkeama esikorotusmuodosta, mittauspituus ≤ 2 m	± 0,15 %

2.3.3 Lahon torjunta

Ilmaston syövyttävyyys voi teräs-betonisillalle olla todella vakava vaara. Puu on lähes tunteeton teollisuusilmastossa esiintyville suoloille ja hapoille. Puusilta sopii siis hyvin syövyttäviin ilmastoihin, varsinkin liimapuupalkkisilta, jossa teräksisten liittimien määrä on erityisen pieni. Puun lahoaminen vastaa muiden materiaalien syöpymistä tai rapautumista. Lahoamiseen vaikuttaa voimakkaasti ilmasto ja sillan rakenne. (RIL 162-2 Puurakenteet 2 1987, 33-34).

Puuhun joutuvien lahottajasienten kasvamista estetään ja vaikeutetaan lahontorjunnalla. Yleisimpiä keinoja ovat rakenteellinen lahontorjunta ja kemiallinen lahontorjunta.

Rakenteellisella lahontorjunnalla pyritään pitämään puun suhteellinen kosteus mahdollisimman hyvin 20%:n alapuolella, jolloin puu ei lahoa. Etuuksiltaan oivallisimpia ovat siltarakenteet, joiden pääkannattimet ovat kannen alla, jolloin ne ovat ainakin osittain sateelta suojassa. Kansirakenteena liimapuuelementit ovat tiiviimpiä ja antavat pääkannattimille paremman suojan, kuin paikalla naulattu kansi.

Koska kastumista ei voida kokonaan välttää, on rakenteellisin keinoin huolehdittava siitä, että rakenne pääsee tuulettumaan helposti. Tuille ei saa muodostua esimerkiksi vanerijäkisteiden ja maatukien väliin huonosti tuulettuvia ilmataskuja. Kannattimien päiden tulisi olla irti maatuista.

Pysyvien siltojen lahontorjuntaan sisältyy aina kemiallinen suojaus, millä tarkoitetaan painekyllästetyn puutavaran käyttöä. Painekyllästyksellä mäntypuu saadaan lahottajasienille myrkylliseksi. Kyllästysaineena käytetään Suomessa vesiliukoisia, puuhun kemiallisesti kiinnittyviä metallisuoloja tai kreosoottijä. Molemmat antavat hyvän suojan lahoamista vastaan. Kreosootti hidastaa lisäksi olennaisesti kosteuden vaihtelua ja vähentää siten myös halkeilua. Kreosoottikyllästetyn puutavaran käyttö kantaviin rakenteisiin on suotavaa, mutta kaiteiksi se ei kuitenkaan sovi. Kreosoottia ei myöskään saa käyttää pohjavesialueilla. (RIL 179-1989 Sillat 1989, 155).

Lahontorjunnan vaatimukset:

1. Puutavaran kyllästämisen on täytettävä standardin SFS-EN 351 kyllästysluokan A vaatimukset.
2. Puutavaran kyllästämisen on oltava tehty ympäristöministeriön hyväksymän laadunvalvonnan alaisena ja puutavaran on oltava varustettu NTR-laatumerkillä.
3. Kreosoottikyllästetyn puutavaran pinnan tulee olla niin kuiva, ettei siinä asennusvaiheessa ole tahraavaa kreosoottiöljyä.
4. Puun työstöpintoihin on imeytettävä lahontorjunta-ainetta, mieluummin kreosoottia. Suola-kyllästetyn puun näkyviin pintoihin on kuitenkin imeytettävä muuta soveltuvaa pinnansuojausainetta. (InfraRYL 2006 Osa 3 sillat ja rakennustekniset osat, 177)

2.3.4 Liittimet ja osat

Kyllästetyn puutavaran yhteydessä suositellaan käytettävän kuumasinkittyjä teräsosia ja pultteja. Kaikki liitokset, joissa käytetään pultteja, on tehtävä niin, että niitä voidaan myöhemmin kiristää. Rakentaessa pultit kiristetään siten, että aluslevyt painuvat hiukan sisään, mutta ei yli 1 mm. (RIL 179 sillat)

1. Liitoksissa käytettävien teräsosien tulee olla kuumasinkittyjä standardin SFS-EN ISO 1461 mukaisesti
2. Sinkkipinnoitteen kerrospaksuuden on oltava nauloissa, pulteissa, muttereissa, aluslevyissä ja hammaslevyissä standardin SFS-EN ISO 1461 taulukon 3 mukainen sekä liitos- ja kiinnityskappaleissa standardin SFS-EN ISO 1461 taulukon 2 mukainen. (InfraRYL 2006 Osa 3 sillat ja rakennustekniset osat, 178.)

2.4 Kansirakenne

Puun käytön etuja on muihin materiaaleihin verrattuna sen muodostama kevyt rakenne, edullinen hinta sekä rakentamisen nopeus. Puu sopii kansimateriaaliksi erittäin hyvin vähäliikenteisillä teillä, joilla on mahdollisimman vähän raskasta liikennettä. Puusillan käyttöikä on 50 vuotta ja päällystämättömän puukannen tavoiteikä on 25 vuotta.

Sillan kannen tulee täyttää liikenteelliset ja kantavuuteen liittyvät vaatimukset. Jälkimmäisistä ensisijainen on liikenteen kuormien siirtäminen pääkannatteille, mutta varsin tärkeä on myös arinavaikutus (kannen kyky tasata kuormia pääkannatteiden kesken) ja poikittaisjäykistys vaakavoimia ja kiepahdusilmiötä vastaan.

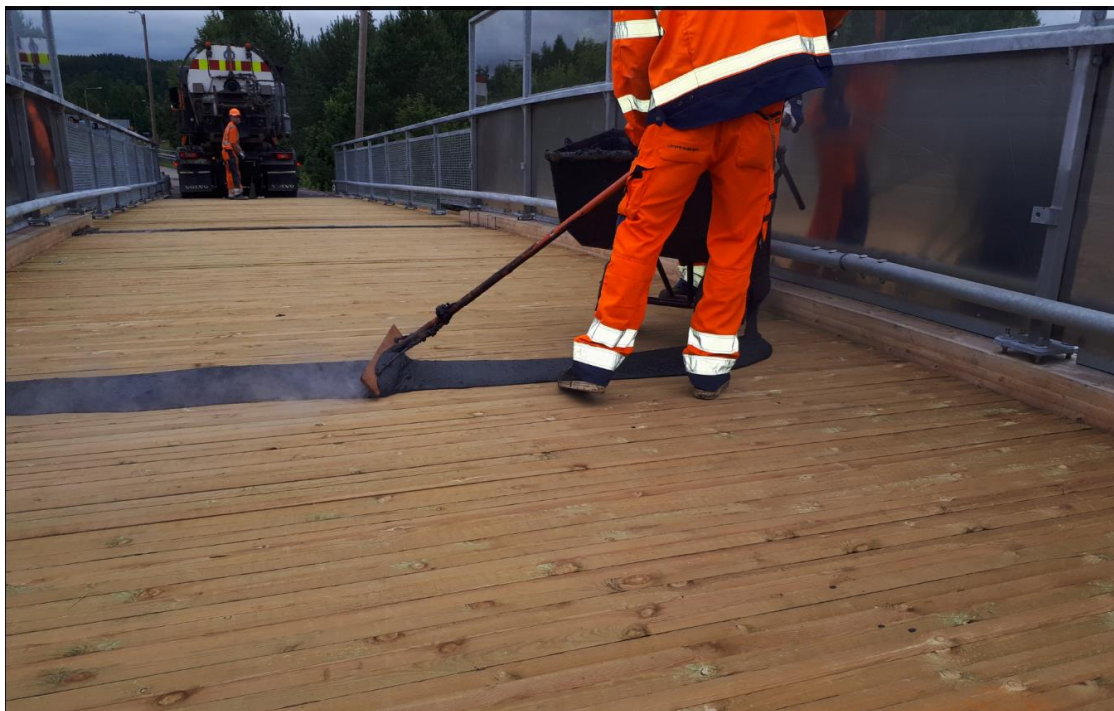
Puupintaisten kansien mitoituksessa tulee aina ottaa huomioon 20-30 mm kulumisvara; kevyenliikenteensilloissa voidaan käyttää pienempääkin arvoa. Kantavuuteen liittyviä vaatimuksia ovat myös pääkannatteille tarjottava suoja sään ja liikenteen vaikutuksia vastaan, kulutus- ja lahonkestävyys sekä helppo korjaus ja kunnossapito.

Rakenteellisessa lahonestossa on tärkeämpää varmistaa kuivuminen kuin estää hetkellisen kosteuden pääsy rakenteeseen. Vedenpoistamiseksi on yhtenäisellä siltakannella oltava riittävä kallistus 1,5...3%; mahdollisuuksien mukaan kulutuskerroksen puutavaran tulisi olla kallistuksen suunnassa. Puuaineisen pintakerroksen kulutuskestävyyttä voidaan lisätä järjestämällä kansi nopeasti kuivavaksi, käsittelemällä puun sisään imeytyvillä muoviliukosilla tai käyttämällä kovia materiaaleja kuten koivua tai tiettyjä trooppisia puulajeja. Sillan kokonaiskantavuuteen liittyy pyrkimys kannen mahdollisimman pieneen painoon, mikä usein muodostaa ristiriitaisen vaatimuksen kulutuskestävyyden kanssa.

Liikenteellisten vaatimuksien mukaan tulee kannen pinnan olla sileä, mutta ei liukas missään olosuhteissa. Pinnan tulee olla myös, meluton eikä se saa antaa mahdollisuuksia ajoneuvojen vaurioitumiseen. Jos kulutuskerroksen paksuus on 50 mm tai ohuempi, ei sitä voida kunnolla naulata vinosti syrjistään eikä naulankantoja riittävästi upottaa lankutuksen sisään. (RIL 162-2 Puurakenteet 2 1987, 35)

2.4.1 Syrjälankkukannen menetelmäkuvaus

Puutavaran kosteus rakentamisen aikana saa olla korkeintaan kosteusluokan 2 ulkokuivan mukainen. Kansilankut on järjestettävä siten, että viereisten lankkujen vuosirenkaiden suunta on sama. Ellei jatkosten paikkoja ole piirustuksissa tai suunnitelmassa esitetty, lankkujen jatkokset porrasteaan vähintään 600 mm. Kannen yläpinnassa vierekkäisten lankkujen kesken ei saa olla yli 3 mm korkea hammastusta. Junaliikenteen ja radan sähköistyksen vuoksi ylikäytävän puukansien on oltava vesitiiviitä (Kuva 4). Naulojen pienimmät sallitut etäisyydet ja muut naulausta koskevat vaatimukset ovat Puurakenteiden suunnitteluohjeiden kohdan 5.31 mukaiset (InfraRYL 2006 Osa 3 sillat ja rakennustekniset osat, 178-179; RIL 120-2004 Puurakenteiden suunnitteluohjeet, 62)



KUVA 4. Ylikulkukäytävän eristäminen kumibitumimastiksilla. (Levy Jaani)

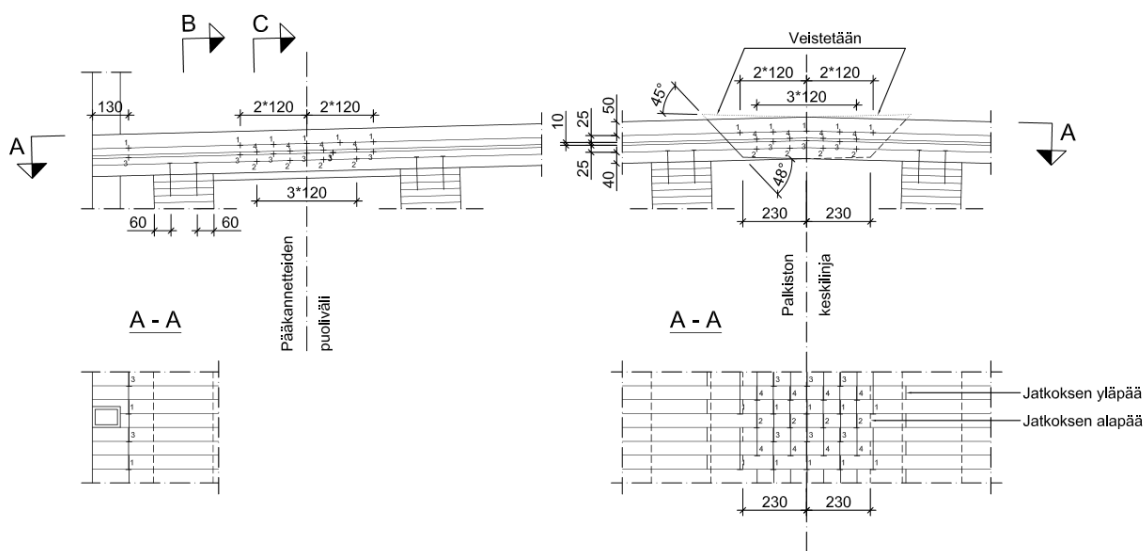
Vanhaa kantta purettaessa on otettava huomioon suunnittelijan antama maksimi purkuetäisyys, jos on mainittu suunnitelmassa tai piirustuksissa. Purkuetäisyyden kasvaessa arinavaikutus (kannen kyky tasata kuormia pääkannattajien kesken) heikkenee. Myös poikittaisjäykistys vaakavoimia ja kiepahdus ilmiöitä vastaan heikkenee. Vanhan kannen purkuvaiheen jälkeen alkaa kannen naulaus (kuva 5). Puutavarana on käytetty yleensä suolakyllästettyä lujuusluokaltaan T30 ja koko 150mm x 50mm (h x b).



KUVA 5. Kannen naulaus (Levy Jaani)

Ennen naulausta on tarkistettava pääkannattajien poikittaissuuntainen kallistus. Mikäli epätasaisuuksia ilmenee, pitää kannattajien päälle naulata muotopuut. Silloin saadaan vaadittava rakennesuunnittelijan määrittämä kaltevuus, joka on 1,5-3%. Kynnysparrut asennetaan ennen kannennaulauksen aloittamista, koska ensimmäinen lankku naulataan kiinni kynnysparruun. Kynnysparrut asennetaan samaan korkotasoon kuin tuleva kansi. Oikeaan tasoon pääsemiseksi kynnysparrujen alla voidaan käyttää muotopuita. Koska kynnysparrut pitää saada samaan harjakallistukseen kuin kappaletavara kansi, on kynnysparruun tehtävä moottorisahalla parrun alapintaan viilto, jotta saadaan parru taivutettua oikeaan muotoon.

Lankut naulataan pääkannattajien päälle poikittain ja syrjälle, jolloin kannen korkeudeksi tulee 150 mm. Naulaus tehdään piirustuksen mukaisesti, eli noin 9 kuumasinkittyä naulaa per metri. Esimerkki naulauskaaviosta (kuva 6) liikenneviraston tyyppiipiirustuksesta. Naulauksen edetessä tai naulauksen jälkeen harjalle tulevat pykälät höylätään (kuva 6) mukaisesti. Viimeinen lankku kavennetaan, jotta saadaan kynnysparru asettumaan oikeaan kohtaan. Kynnysparru asennetaan samoin kuin aloituspäässä.



KUVA 6. Tyyppiipiirustus, Elementtikansi. Plp/c-10 (Liikennevirasto 2005)

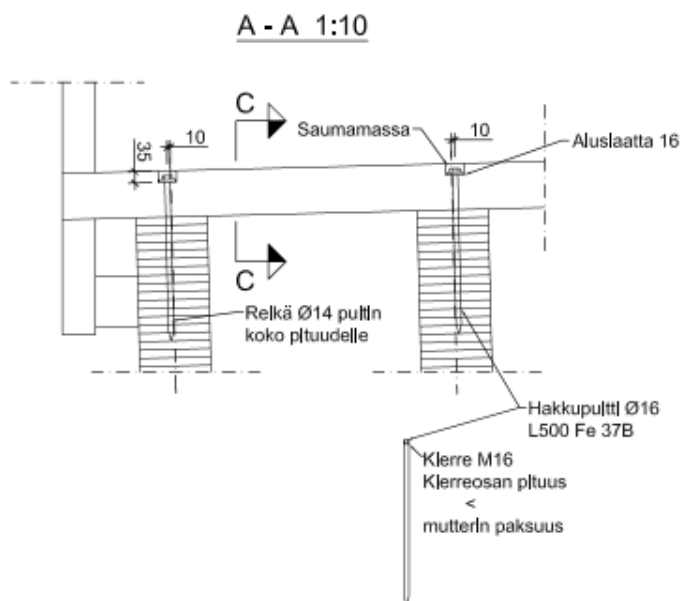
2.4.2 Elementtikannen menetelmäkuvaus

Ensimmäisenä elementtien saapuessa työmaalle on tarkistettava, että mittojen poikkeamat ovat sallituissa rajoissa (taulukko 2). Liimapuisia kansielementtejä on käsiteltävä varoen, etteivät ne kolhiinnu ja niitä saa nostaa vain kunnollisia nostovöitä käyttäen. (InfraRYL 2006 Osa 3, 179)

Taulukko 2. Liimapuisten kansilaattaelementtien mittojen sallitut poikkeamat. (InfraRYL 2006 Osa 3 sillat ja rakennustekniset osat, 177)

Liimapuisten kansilaattaelementtien mittojen sallitut poikkeamat	
Pituus	± 10 mm
Leveys	± 5 mm
Koko sillan elementtien leveyksien summa	± 20 mm
Paksuus	+ 5 mm / -2 mm
Vierekkäisten elementtien välinen paksuusero	≤ 3 mm
Elementtien pituussuuntainen (syyn suuntainen)	
• pystykäyryyden poikkeamamittauspituudella ≤ 2 m	± 0,15 %
• sivukäyryys	± 3 mm
Lamellien puskujatkoksen tiiviys; lamellien päiden välinen rako yläpinnassa	≤ 3 mm

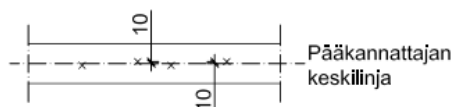
Vanhaa kantta purettaessa on otettava huomioon suunnittelijan antama maksimi purkuetäisyys, jos siitä on mainittu suunnitelmassa tai piirustuksissa. Purkuetäisyyden kasvaessa arinavaikutus (kannen kyky tasata kuormia pääkannattajien kesken) heikkenee. Myös poikittaisjäykistys vaakavoimia ja kiepahdus ilmiöitä vastaan heikkenee. Vanhan kannen purkuvaiheen jälkeen alkaa elementtien asennus. Ennen asennusta on tarkistettava pääkannattajien poikittaissuuntainen kallistus. Mikäli epätasaisuuksia ilmenee, täytyy kannattajien päälle naulata muotopuut. Silloin saadaan vaadittava rakennesuunnittelijan määrittämä kaltevuus, joka on 1,5-3%. Ensimmäinen elementti nostetaan paikalleen ja kiinnitetään pääkannattajiin. Kiinnitys suoritetaan hakkupultilla (kuva 7), eli kuumasinkityllä kierretangolla (Ø16, L 500) mm, josta toinen pää on terävä ja toiseen päähän on hitsattu kuusiomutteri. Ensimmäiseksi elementin kiinnitys kohtaan porataan Ø 65 mm syvennykselo, jotta kuusiomutteri sekä sen alla oleva aluslevy saadaan upotettua elementin sisään. Hakkupultille porataan sen jälkeen syvennykseen Ø14 mm esireikä elementin läpi pääkannattajiin koko tangon pituudelta.



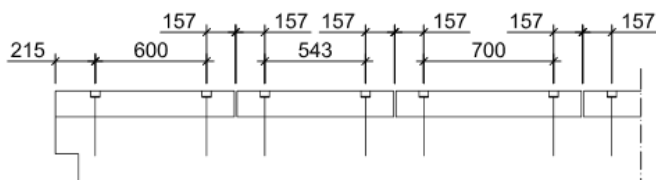
KUVA 7. Tyyppiirustus, Elementtikansi. Plp/c-11 (liikennevirasto.fi)

Yleensä kansielementit kiinnitetään ainakin kahdella hakkupultilla jokaiseen pääkannattajaan. Hakkupultin etäisyys elementin reunasta on 157 mm ja ne lyödään vuorotellen pääkannattajan keskilinjaa molemmin puolin porrastaen (kuva 8).

**HAKKUPULTIN
PORRASTUS 1:20**



**KANSIELEMENTTIEN KIINNITYS
PÄÄKANNATTIMIIN 1:20**



KUVA 8. Tyyppiirustus, Elementtikansi. Plp/c-11 (Liikennevirasto.fi)



KUVA 9. Elementtien asennus (Härmä Jarmo)

Kynnysparrujen asennuksen voi aloittaa, kun ensimmäinen elementin sijainti ja muoto on kohdillaan. Kynnysparut asennetaan elementtien kylkeen samoilla hakkupulteilla kuin elementit, riippuen myös vanhasta kiinnitys tavasta. Parrut asennetaan samaan korkotasoon kuin kansielementit. Oikeaan tasoon saavuttamiseksi kynnysparrujen alla voidaan käyttää muotopuita. Koska kynnysparut pitää saada samaan harjakallistukseen kuin elementit, on kynnysparruun tehtävä moottorisahalla parrun alapintaan viilto, jotta saadaan parru taivutettua oikeaan muotoon. Sen jälkeen, kun kynnysparru on laitettu, aloitetaan muiden elementtien asennus samalla kaavalla kuin ensimmäinen.

Viimeinen elementti mitataan tarkasti oikean levyiseksi ja sahataan. Elementtien kiinnitysten jälkeen (kuva 10.) asennetaan kynnysparut samalla tavalla kuin sillan aloituspäässä. Viimeisenä vaiheena hakkupulttien kolot ja elementtien saumat saumataan Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymällä polymeeribitumipohjaisella plastisella saumaussmassalla.



KUVA 10. Elementtikansi asennuksen jälkeen (Voutilainen Juhani)

3 TYÖN TOTEUTUS JA SEN KUVAUS

Luottamuksellinen

3.1 Syrjälankkukansien laskelmat

Luottamuksellinen

3.2 Elementtikansien laskelmat

Luottamuksellinen

3.3 Kustannusten vertailu

Luottamuksellinen

3.3.1 Materiaalikustannukset

Luottamuksellinen

3.3.2 Työkustannukset

Luottamuksellinen

3.3.3 Kansien kustannukset yhteensä

Luottamuksellinen

3.4 Aikataulu vertailut

Luottamuksellinen

3.5 Saman kokoisten kansien vertailu sekä työmaan käyttö ja yhteiskustannusten vaikutus

Luottamuksellinen

3.6 Kiertotien vaikutus

Luottamuksellinen

3.6.1 Liikennehaittakustannukset

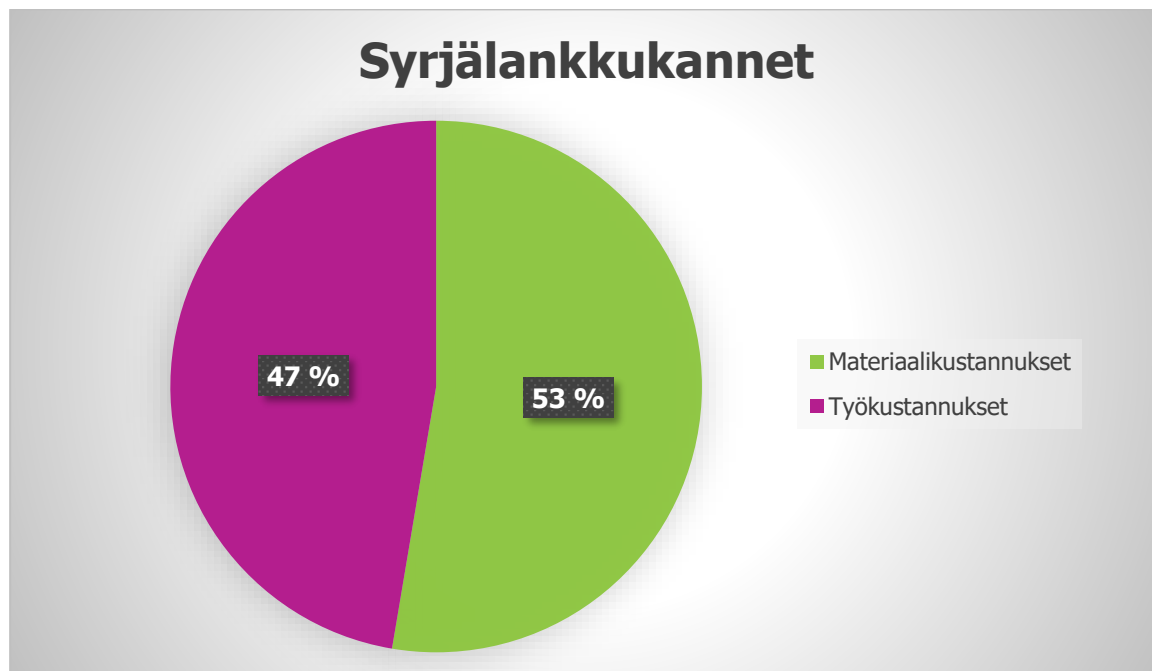
Luottamuksellinen

4 YHTEENVETO

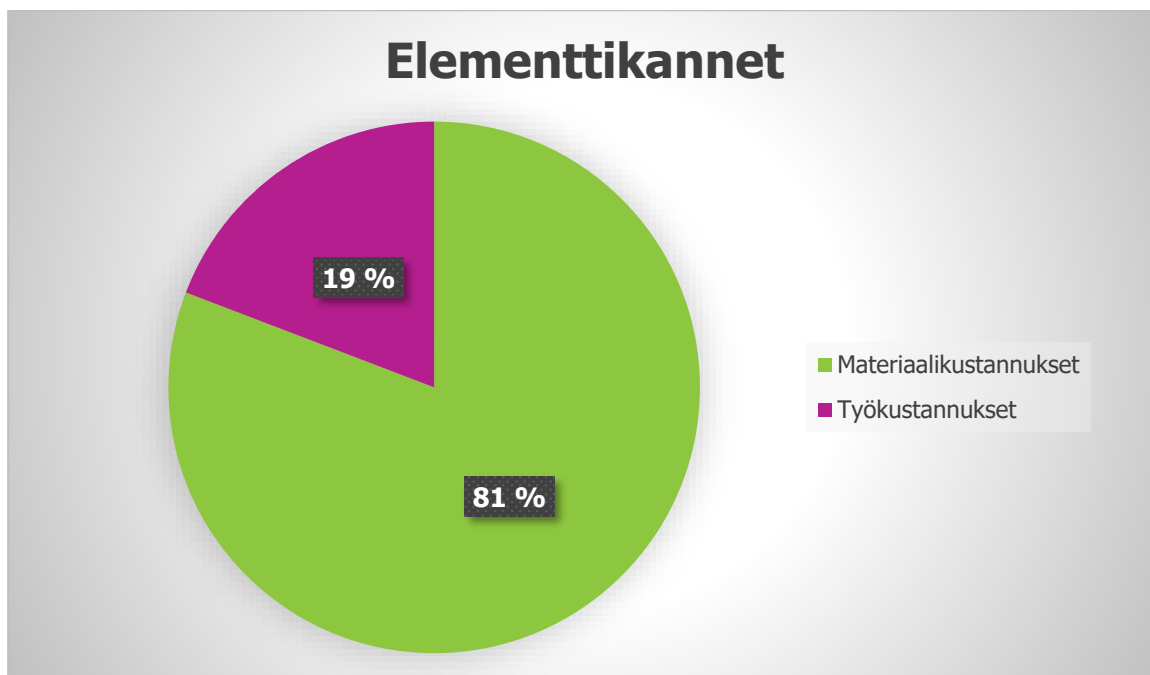
Tässä osiossa käydään läpi materiaalikustannuksia, työkustannuksia ja työsaavutuksia prosentuaalisesti. Oikeita arvoja ei voida julkaista verkkojulkaisussa, koska ne ovat yrityksen salaista tietoa. Arvot on laskettu useiden toteutuneiden kohteiden keskiarvosta.

Sijainnista aiheutuvia kustannuksia ei otettu tässä opinnäytetyössä huomioon, vaikka ne aiheuttavat hieman kustannuseroja. Sillan sijainnilla on jonkin verran merkitystä sillan kustannuksiin, etenkin jos kohde on pieni, kaukana asutuksesta, eikä lähellä ole samaan urakkaan kuuluvia korjattavia siltoja. Tämä vaikuttaa huomattavasti materiaalien ja kaluston kuljetusmatkoihin. Kuljetusmatkat aiheuttavat hivenen kustannuseroja yksikköhintaan. Kuljetushinnat ovat kiinteitä riippumatta siitä, onko kyymässä iso vai pieni kuorma. Tästä johtuen pienen sillan yksikkökustannukset nousevat korkeammaksi verrattuna isompaan siltaan. Jos uusittavia puukantaisia siltoja on useampia lähekkäin, saa tällä tavoin sijainnista aiheutuvia kustannuksia laskettua.

Yhteenvedossa voidaan todeta, että kannen kustannuseroihin vaikuttaa jonkin verran materiaalikustannuksista- ja työmenetelmistä aiheutuvat erot. Syrjälankkukannen kustannuksista 53 % menee materiaalikustannuksiin ja 47 % menee työkustannuksiin (kuvio 6). Elementtikannessa kustannuksista 81 % menee materiaalikustannuksiin ja 19 % työkustannuksiin (kuvio 7).

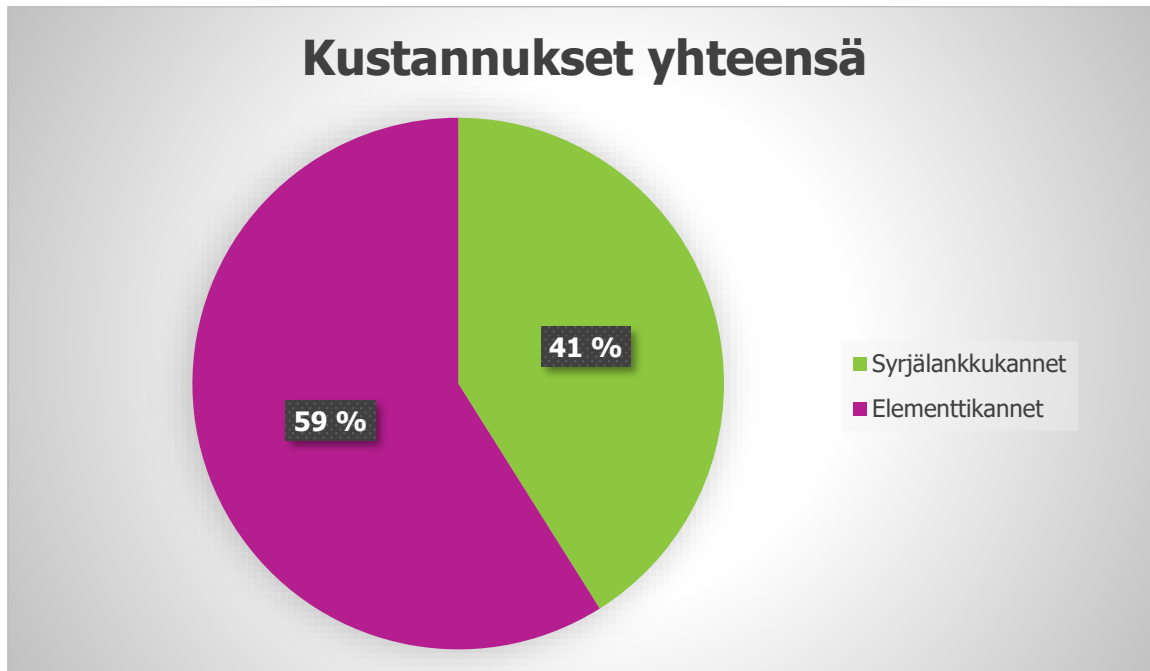


KUVIO 6. Syrjälankkukansien kustannukset (Levy Jaani)



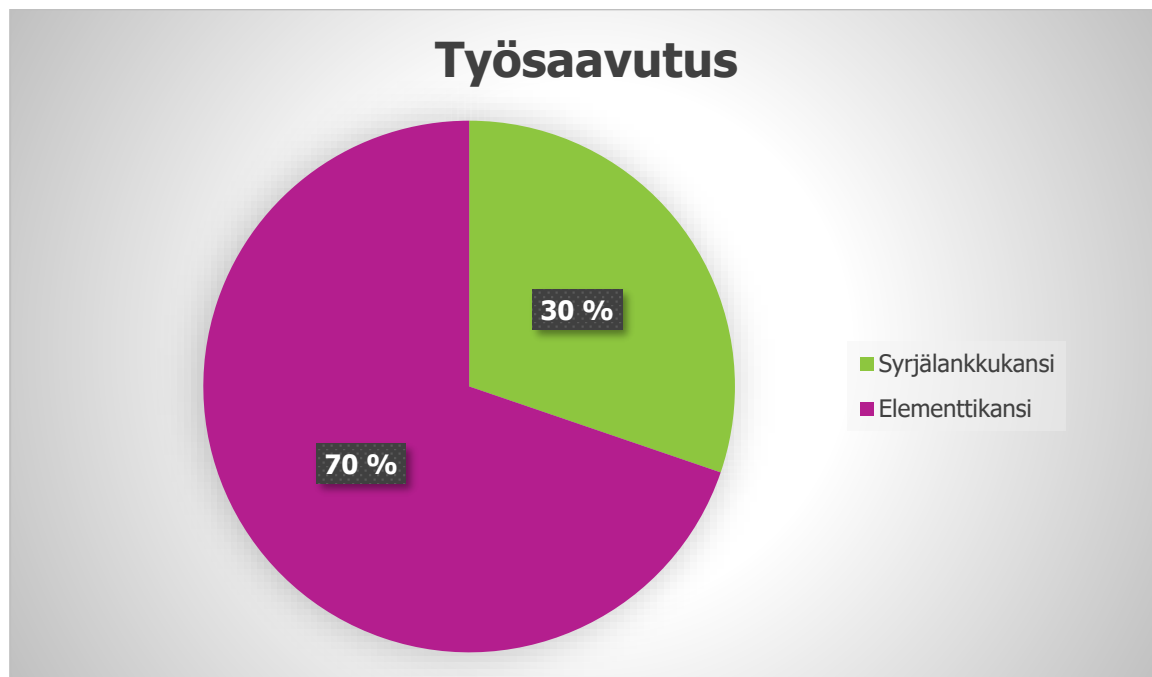
KUVIO 7. Elementtikansien kustannukset (Levy Jaani)

Kun lasketaan syrjälankkukannesta ja elementtikannesta materiaali- ja työkustannukset yhteen ja vertaillaan näitä keskenään, niin elementtikansi tulee noin 18 % kalliimmaksi toteuttaa kuin syrjälankkukansi (kuvio 8).



KUVIO 8. Syrjälankkukansien ja elementtikansien kustannuksien yhteenlaskettu vertailu (Levy Jaani)

Aikataulullisesti elementtikansi on nopeampi toteuttaa. Elementtikannella aiheutetaan liikenteelle vähemmän häiriötä, näin ollen liikenne saadaan kulkemaan sillan päältä nopeammin (kuvio 9). Toinen etu mitä elementtikannella saavutetaan, on sen antama hyvä suoja pääkannattajille, koska elementtikansi on vesitiiviimpi kuin syrjälankkukansi. Syrjälankkukannella puolestaan on se hyöty, että siinä on yleensä enemmän kulutuskerrosta kuin elementtikannessa.



KUVIO 9. Syrjälankkukansien ja elementtikansien työsaavutukset (Levy Jaani)

4.1 Työn arviointi

Vaativinta tässä työssä oli löytää sopivia kohteita vertailuun. Syrjälankkukansikohteita löytyi helpommin mitä elementtikohteita, koska elementtikohteita valmistetaan vähemmän. Elementtikohteiden löytämisen haasteena oli etsiä sopivia siltoja, joissa elementtien hinnat olisivat helposti löydettävissä ja hyvin eritelty. Haasteita toi myös löytää lähivuosina rakennettuja elementtikohteita, jotta hinta tiedot olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia nykyiseen hintatasoon.

Tämä opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja opettavainen. Sain laajemman käsityksen puukantisen sillan uusimiseen käytettävistä työmenetelmistä, kustannuksista sekä valintaan vaikuttavista tekijöistä. Opinnäytetyötä tehdessä minun täytyi perehtyä puukannen laatuvaatimuksiin, työohjeisiin sekä työsaavutuksiin. Näihin perehtyminen parantaa valmiuttani työelämään, puukantisten siltojen johtamisen osalta.

Omasta mielestäni sain hyvän vertailun molemmista kansityypeistä, vaikka kohteiden löytäminen olikin haastavaa. Teoria tietoa löysin myös melko kattavasti, nykyaikaisen kirjallisuuden puuttumisesta huolimatta.

4.2 Jatkotutkimusaiheita

Vertailua voisi tehdä kokonaisuudessaan kannen vaihdosta ja niistä aiheutuneista kustannuksista. Puukansia vaihdettaessa jätteestä aiheutuu lisäkustannuksia. Ongelmajätteeksi luokiteltavan kyllästetyn puun hävittäminen on kallista. Sillan sijainnista aiheutuneet kustannukset otettaisiin myös vertailuun mukaan. Esimerkiksi siltapaikalta kaatopaikalle voi olla pitkäkin matka, joka aiheuttaa lisäkustannuksia.

Myös yksi jatkotutkimus aihe, joka ilmaantui opinnäytetyötä tehdessä olisi, että vertailua tehtäisiin molempien kansien elinkaarista ja niistä aiheutuvista kustannuksista. Elementtikansi antaa paremman suojan pääkannattajille, koska se on lähes saumaton. Syrjälankkukannessa taas yleensä on parempi kulutuskerros. Samalla tutkittaisiin pääkannattajien kuntoa kannen vaihdon yhteydessä molemmissa kansityypeissä. Vertailua tehtäisiin myös kannen kuluneisuudesta. Tämä edellyttää sitä, että liikennemäärät ja maasto-olosuhteet olisivat lähes samat.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Destia.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2017-12-18] Saatavissa: (<https://www.destia.fi/yritys.html>) Polku: destia.fi yritys

Destia.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2017-12-18] Saatavissa: (<https://www.destia.fi/yritys/historia.html>) Polku: destia.fi yritys. historia

HÄRMÄ Jarmo, 2011. Elementtien asennus [valokuva].

InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat. Helsinki: Rakennustieto oy

LEVY Jaani, 2017. Palkkien jäykistäminen [valokuva]. Sijainti: Parikkala: Tekijän sähköiset kokoelmat

LEVY Jaani, 2017. Ylikulkukäytävän eristäminen kumibitumimastiksilla [valokuva]. Sijainti: Parikkala: Tekijän sähköiset kokoelmat

liikennevirasto.fi Tyyppiirustus, Elementtikansi. Plp/c-10 [valokuva] Saatavissa: (<https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/tyyppiirustukset/plp2009/plp.pdf>)

liikennevirasto.fi, Tyyppiirustus, Elementtikansi. Plp/c-11 [valokuva] Saatavissa: (<https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/tyyppiirustukset/plp2009/plp.pdf>)

liikennevirasto.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2018-01-15] (<https://www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/sillat/siltarekisteri>)

liikennevirasto.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2018-02-21] Saatavissa: (https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lti_2017-08_liikenneviraston_sillat_web.pdf)

liikennevirasto.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2018-03-16] Saatavissa: (https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/julkaisut/sillan_peruskorjauksen_nopeuttaminen_2008.pdf)

MIKKONEN Matti 2018-01-12. Suunnittelija [Haastattelu.] Kuopio: Destia Oy

puuinfo.fi [verkkoaineisto] [viitattu 2017-12-20] Saatavissa: (<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Puusiltaesite.pdf>)

RIL 120-2004 Puurakenteiden suunnitteluohjeet. 2004. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

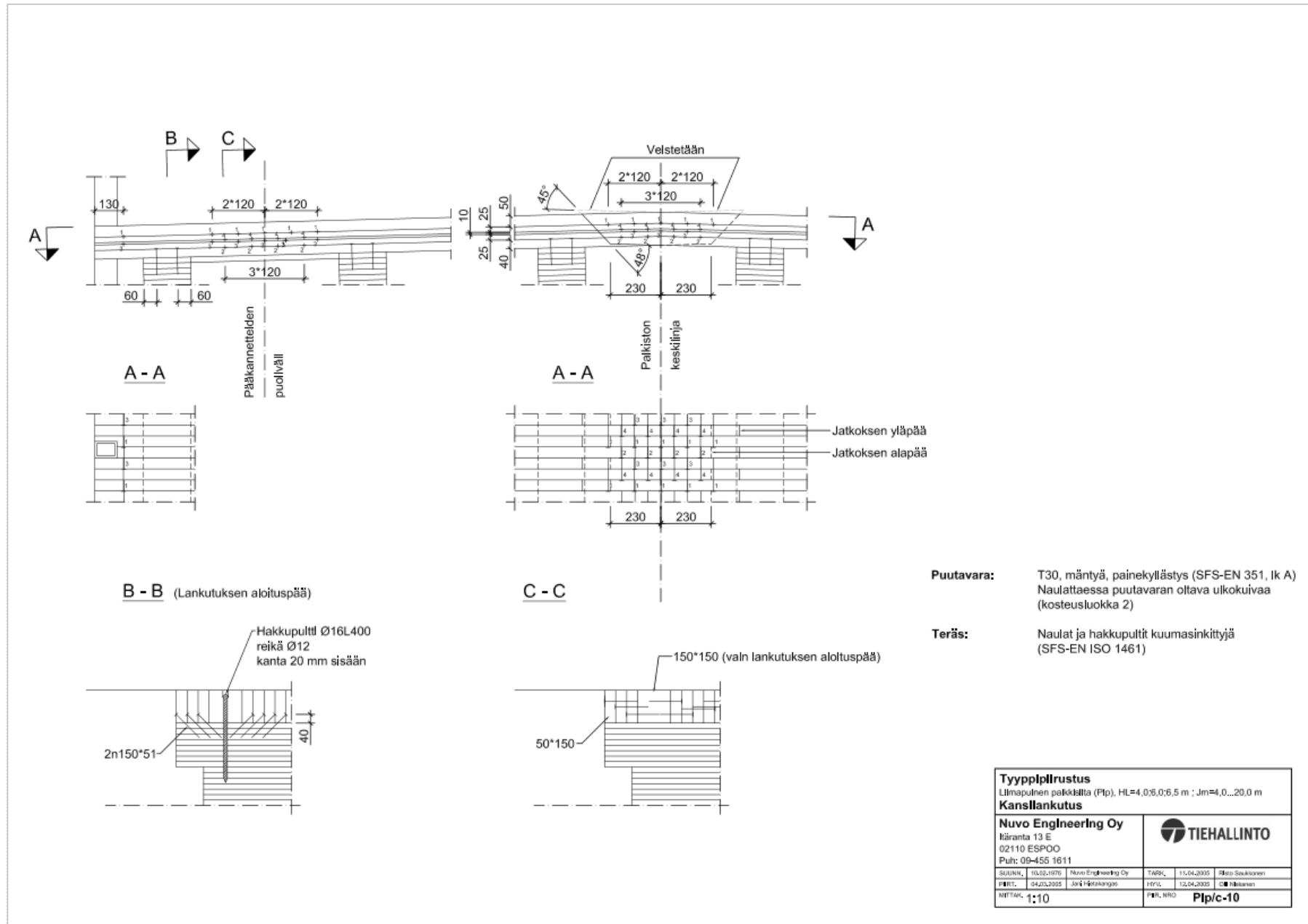
RIL 179-1989 Sillat. 1989. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

VOUTILAINEN Juhani, 2010 Elementtikansi asennettuna [Valokuva]

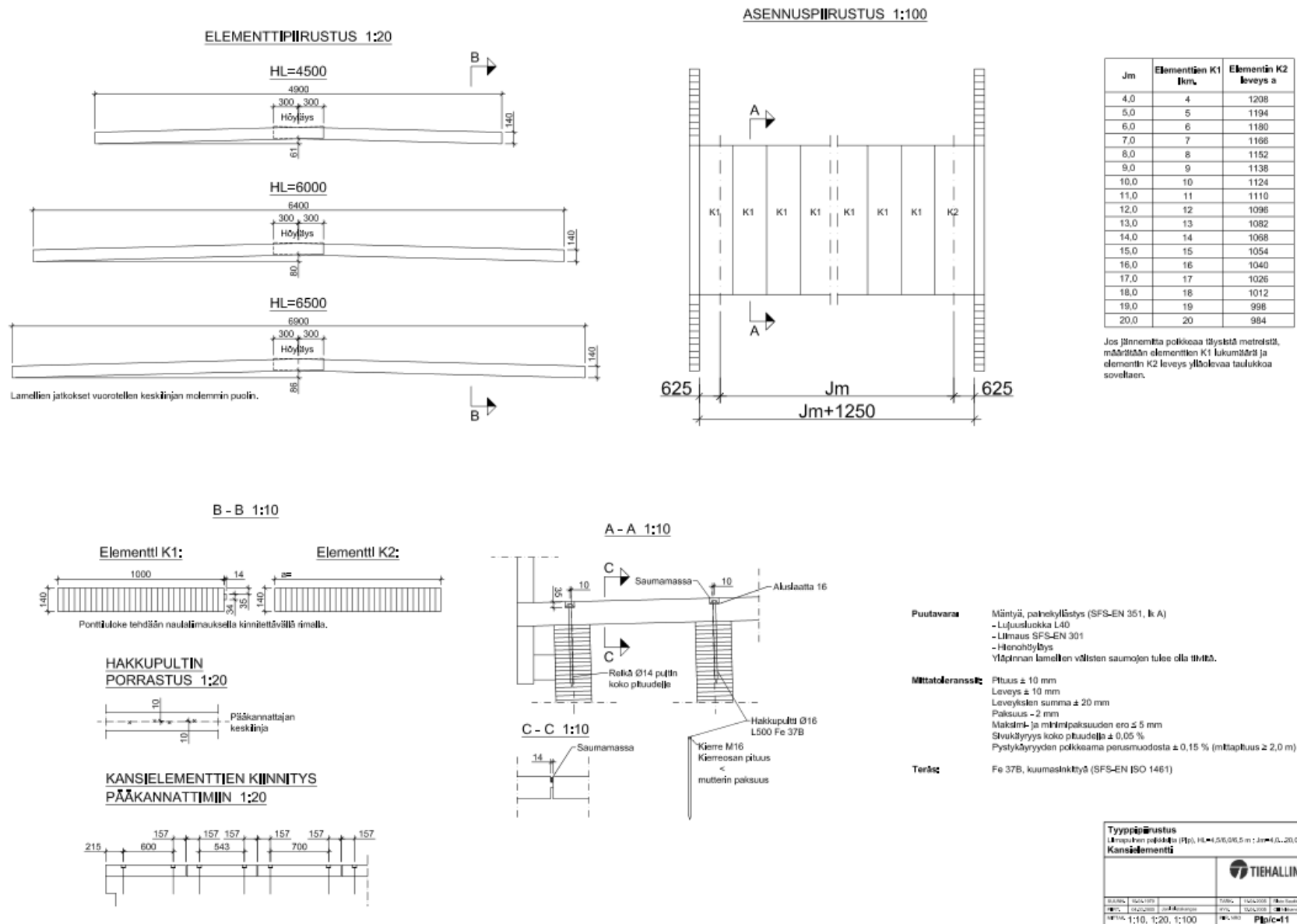
LIITE 1: SILTOJEN KUNTOLUOKITUS

Kuvaus kunnosta	Luokittelukriteerit		
	Varsinaiset sillat	Putkisillat	Rautatiesillat
5 ERITTÄIN HYVÄ Uusi tai lähes uuden veroinen silta.	LYK = 0,00–0,50 ja YKA = 0	LYK = 0,00–0,50 ja YKA = 0	LYK = 0,00–0,50 ja YKA = 0
4 HYVÄ Hyväkuntoinen silta, jossa on normaalia kulumista ja ikäänymistä. Sillan yleiskunto voi olla hyvä, vaikka jonkin päärakenneosan kuntoarvio on tyydyttävä tai huono.	LYK = 0,51–1,25 tai YKA = 1 eikä kumpikaan huonompi	LYK = 0,51–1,25 tai YKA = 1 eikä kumpikaan huonompi	LYK = 0,51–1,25 tai YKA = 1 eikä kumpikaan huonompi
3 TYYDYTTÄVÄ On jo puutteita ja vaurioita, kuten rapautumista tai ruostumista, mutta korjaamista voidaan vielä siirtää. Yleiskunto voi olla tyydyttävä, vaikka jonkin päärakenneosan kuntoarvio olisikin huono tai erittäin huono.	LYK = 1,26–2,00 tai YKA = 2 eikä kumpikaan huonompi	LYK = 1,26–2,00 tai YKA = 2 tai jompikumpi on huonompi, mutta teräsputkessa ei ole vaurioluokan 4 korroosiovauriota	LYK = 1,26–2,00 tai YKA = 2 eikä kumpikaan huonompi
2 HUONO Useita selvästi havaittavia korjausta vaativia vaurioita tai jokin yksittäinen vakava vaurio. Erikoistarkastuksen ja peruskorjauksen tarve on ilmeinen.	LYK = 2,01–2,75 tai YKA = 3 eikä kumpikaan huonompi tai kansilaatan-vesivuotovaurio vaurioluokassa 4 tiellä, jota ei suolata	LYK = 2,01–3,25 tai YKA = 3 eikä kumpikaan huonompi ja teräsputkessa on vaurioluokan 4 korroosiovaurio	LYK = 2,01–2,75 tai YKA = 3 eikä kumpikaan huonompi tai - kansilaatan vesivuotovaurio vaurioluokassa 4 tai - pelkoissa lahoamista tai halkeilua vaurioluokassa 4 tai - reunapalkit liian matalat, siirtyneet tai sortuneet vaurioluokassa 4
1 ERITTÄIN HUONO Silta on täydellisen peruskorjauksen tai jopa uusimisen tarpeessa. Kunto ei ole hyväksyttävissä. Vaurioita on niin paljon, että pelkästään niiden kirjaaminen on työlästä.	LYK = 2,76–4,00 tai YKA = 4 tai kansilaatan vesivuotovaurio vaurioluokassa 4 suolatulla tiellä (hoitoluokat: Isk, Is ja I)	LYK = 3,26–4,00 tai YKA = 4	LYK = 2,76–4,00 tai YKA = 4 tai - terässillan kriittisissä osissa ¹⁾ ruostuminen tai väsymisvaurio ²⁾ vaurioluokassa 4.

LIITE 2: TYYPIPIIRUSTUS SYRJÄLANKKUKANSI



LIITE 3: TYYPIPIIRUSTUS ELEMENTTIKANSI



LIITE 4. LIIKENNEHAITTAKUSTANNUSTEN LASKUKAAVAT

Työmaan nopeusrajoituksen aiheuttama aikakustannus	Knop
– tien sallittu nopeus (km/h)	V
– rajoitettu nopeus (km/h)	Vn
– nopeusrajoitusalueen pituus (km)	Ln
– nopeusrajoituksen kesto aika päivittäin (h/vrk)	tn
– nopeusrajoituksen kokonaiskesto aika (vrk)	Tn
– kevyiden ajoneuvojen määrä (KVL – raskaat) (ajoneuvoa/vrk)	Qk
– raskaiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)	Qr
– kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)	Ak
– raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)	Ar

$$\mathbf{Knop} = (Ln/Vn - Ln/V) \times tn/24 \times (Qk \times Ak + Qr \times Ar) \times Tn$$

Valo-ohjauksen aiheuttama aikakustannus	Kvalo
– tien sallittu nopeus (km/h)	V
– valo-ohjatulla alueella rajoitettu nopeus (km/h)	Vv
– odotusaika (h)	to
– valo-ohjatun alueen pituus (km)	Lv
– valo-ohjauksen kesto aika päivittäin (h/vrk)	tv
– valo-ohjauksen kokonaiskesto aika (vrk)	Tv
– kevyiden ajoneuvojen määrä (KVL – raskaat) (ajoneuvoa/vrk)	Qk
– raskaiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)	Qr
– kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)	Ak
– raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)	Ar

$$\mathbf{Kvalo} = \{ (Lv/Vv - Lv/V) + to \} \times tv/24 \times (Qk \times Ak + Qr \times Ar) \times Tv$$

Kiertotien aiheuttamat aika- ja matkakustannukset	Kkier
– tien sallittu nopeus (km/h)	V
– kiertotien sallittu nopeus (km/h)	Vk
– kiertotien pituus (km)	Lk
– kiertotien kokonaiskesto aika (vrk)	Tk
– kevyiden ajoneuvojen määrä (KVL – raskaat) (ajoneuvoa/vrk)	Qk
– raskaiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)	Qr
– kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)	Ak
– raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)	Ar
– kevyiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus (€/km)	Ck
– raskaiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus (€/km)	Cr

$$\mathbf{Kkier} = \{ (Lk/Vk - Lk/V) \times (Qk \times Ak + Qr \times Ar) + Lk \times (Qk \times Ck + Qr \times Cr) \} \times Tk$$

Yksikkökustannuksille Ak, Ar, Ck ja Cr käytetään vakiohintoja, joita voidaan tarkistaa aika ajoin. Toistaiseksi käytettäväksi päätetyt yksikköhinnat ilmenevät seuraavasta laskentataulukosta, joka on vertailulaskentoja varten laadittu Excel taulukoksi.

Liikennehaittakustannusten laskentataulukko

<i>Vakioidut yksikköhinnat</i>	
Keuyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus Ak (€/h)	20
Raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus Ar (€/h)	60
Keuyiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus Ck (€/km)	0,10
Raskaiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus Cr (€/km)	0,40

<i>Tiekohtaiset tiedot</i>	
Keuyiden ajoneuvojen määrä Qk (ajoneuvoa/vrk)	2700
Raskaiden ajoneuvojen määrä Qr (ajoneuvoa/vrk)	300
Tien sallittu nopeus V (km/h)	100

<i>Vaihtoehtoiset liikenteenohjaustavat</i>					
Nopeusrajoitus		Valo-ohjaus		Kiertotie	
Ln	0,5	Lv	0,5	Lk	1,0
Vn	30	Vv	30	Vk	50
tn	8	tv	8		
		to	3		
Tn	22	Tv	22	Tk	22
Knop (€/vrk)	280	Kvalo (€/vrk)	1480	Kkier (€/vrk)	1110
€	6160	€	32560	€	24420

Ln, Lv, Lk = rajoitusalueen tai kiertotien pituus (km)

Vn, Vv, Vk = rajoitusalueen tai kiertotien rajoitettu nopeus (km/h)

tn, tv = rajoituksen kesto aika päivittäin (h/vrk)

to = valo-ohjauksen odotusaika (min)

Tn, Tv, Tk = rajoituksen tai kiertotien kokonaiskesto aika (vrk)

Ajoneuvokustannusten määrittämistä on käsitelty mm. seuraavissa Tiehallinnon julkaisuissa:

- Tieliikenteen ajokustannusten laskenta. TIEH 2100038-05.
- Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2005. TIEH 2100039-05.
- Kaistanvuokrauksen soveltamisohje tienpidon hankintoihin. Ohjeluonnos 2005.
- Kaistanvuokrauksen kehittäminen tienpidon hankinnoissa. Taustaraportti. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 14/2005. TIEH 4000453-v.