

# PUUSILTOJEN LAADUNVARMISTUS

Laadunvarmistusmanuaalin luominen Versowood Oy:lle

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Insinööri (AMK)  
Puutekniikka  
Syksy 2018  
Marko Korhonen

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Korhonen, Marko	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 39	Valmistumisaika Syksy 2018
Työn nimi <b>Puusiltojen laadunvarmistus</b> Laadunvarmistusmanuaalin luominen Versowood Oy:lle		
Tutkinto Insinööri (AMK)		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Versowoodin siltarakentamisen laadunhallintaa. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda laadunvarmistusmanuaali Versowoodin toteuttamaan siltarakentamiseen henkilökunnan ja asiakkaiden käyttöön. Laadunvarmistusmanuaaliin tuli sisällyttää siltarakentamisen vaiheet ja laadunvarmistuksen määräykset.</p> <p>Opinnäytetyö oli toiminnallinen. Kirjallinen osuus perustuu teoksiin, joissa käsitellään siltarakentamisen laatuvaatimuksia, eurokoodeihin ja niiden kansallisiin liitteisiin ja liikenneviraston ohjeisiin. Siltarakentamisen työvaiheet perustuvat omaan työkokemukseeni, koska työvaiheita ei ole määritelty kirjallisuudessa.</p> <p>Laadunvarmistusmanuaali sisältää siltarakentamisen materiaali- ja laatuvaatimukset. Lisäksi luotiin laadunvarmistuskortti, joka luovutettaisiin sillan tilaajalle sillan valmistamisen jälkeisen luovuttamisen yhteydessä.</p> <p>Laadunhallinta on onnistuneen siltarakentamisen kulmakivi. Valvomalla laadunhallintaa saadaan aikaiseksi pitkäikäinen ja turvallinen siltarakenne.</p>		
Asiasanat siltarakentaminen, laadunvarmistus, laatu poikkeama, laatuvaatimus, raja-arvo, sallittu poikkeama, sillan rakennussuunnitelma, toleranssi		

## Abstract

Author(s) Korhonen, Marko	Type of publication Bachelor's thesis	Published Autumn 2018
	Number of pages 39 pages	
Title of publication <b>Quality assurance of wood bridges</b> Creating a quality assurance manual for Versowood Oy		
Name of Degree Bachelor's Degree in Process and Materials Engineering		
Abstract <p>The aim of the thesis was to create a quality assurance tutorial on Versowood's bridge construction for the staff and customers. The quality assurance manual was to include the steps of bridge construction and the quality assurance provisions.</p> <p>The purpose of the thesis was to develop the quality management of Versowood's bridge construction.</p> <p>The thesis was functional. The written part is based on literature dealing with the quality requirements for bridge construction, Eurocodes and their national annexes, and the Finnish Transport Agency's guidelines. No work stages are defined in the literature, so the work steps of the bridge construction are based on the writer's own work experience.</p> <p>The quality assurance manual includes the material and quality requirements for bridge construction. In addition, a quality assurance card has been created, which will be handed over to the customer when the bridge is completed.</p> <p>Quality management is the cornerstone of successful bridge construction. By controlling quality management, a long-lasting and safe bridge structure is created.</p>		
Keywords bridge construction, quality assurance, quality deviation, quality requirement, limit value, tolerance, bridge construction plan		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITE.....	2
3	VERSOWOOD.....	3
4	SILTARAKENTAMINEN .....	5
4.1	Siltarakentamisen tarve .....	5
4.2	Puusiltarakentamisen esittely .....	5
4.3	Siltarakentaminen pohjoismaissa.....	9
4.4	Betoni- ja puusiltojen vertailu .....	11
5	LAATU JA SEN ERI KÄSITTEET .....	15
5.1	Laatu .....	15
5.2	Sertifikaatit ja määräykset.....	15
5.3	Laadunhallinta .....	15
5.4	Laadunvarmistus .....	16
6	SILTARAKENTAMISEN LAADUNVARMISTUS.....	18
6.1	Yleistä.....	18
6.2	Suunnitelma.....	18
6.3	Siltarakentamisen työvaiheet .....	19
6.4	Materiaalit .....	27
6.5	Mittaukset .....	32
6.6	Käsittely .....	34
6.7	Liitokset .....	34
6.8	Sillan asennus .....	35
6.9	Työturvallisuus.....	35
7	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN .....	36
7.1	Toiminnallinen opinnäytetyö .....	36
7.2	Tiedonhaku.....	37
7.3	Projektin eteneminen ja tuotoksen kuvailua .....	37
8	YHTEENVETO .....	38
8.1	Opinnäytetyön luotettavuus .....	38
8.2	Pohdintaa tuotoksesta ja oppimiskokemuksesta .....	38
	LÄHTEET .....	40

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Versowood, jolta saatiin aiheeksi laatia yrityksen siltarakentamiseen laadunvarmistusmanuaali. Työ sisältää kirjallisuusosion, joka on Lahden ammattikorkeakoululle laadittava raportti, sekä kokeellisen osan, joka sisältää Versowoodille luovutettavan laadunvarmistusmanuaalin sekä laadunvarmistuskortin. Manuaalissa käydään läpi siltarakentamisen työvaiheet ja huomioon otettavia asioita eri työvaiheiden aikana. Ohjeet ja vaatimukset on kerätty standardeista ja siltarakentamisessa käytetyistä laadunvarmistus- ja suunnitteluohjeista. Opinnäytetyössä ei juurikaan ole paneuduttu liimapuupalkkien valmistukseen, koska yrityksellä on siitä jo laadunvarmistusmanuaali laadittuna aiemmin. Laadunvarmistusmanuaalin lisäksi yritykselle laadittiin laadunvarmistuskortti, jonka siltarakentamisen työnjohtaja täyttää jokaisesta sillasta. Kortti luovutetaan sillan tilaajalle sillan valmistuttua.

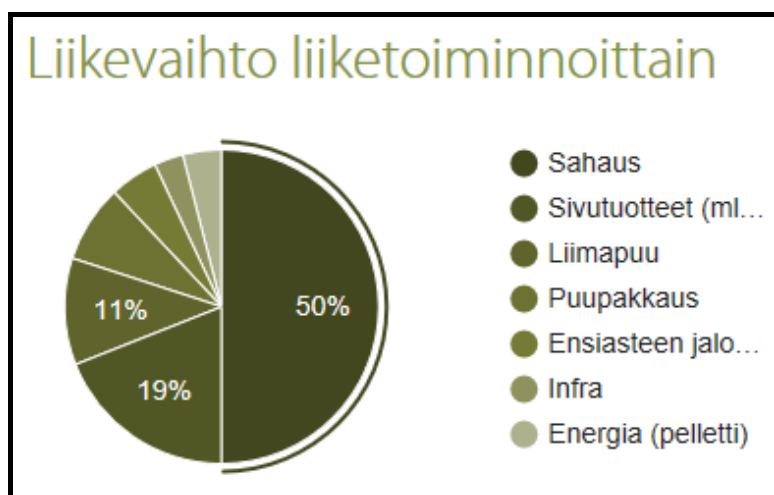
## 2 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITE

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää Versowoodin siltarakentamisen laadunhallintaa. Tarkoituksena on myös yhtenäistää laadunhallintaan liittyviä käytäntöjä liimapalkkituotannon ja siltarakentamisen välillä.

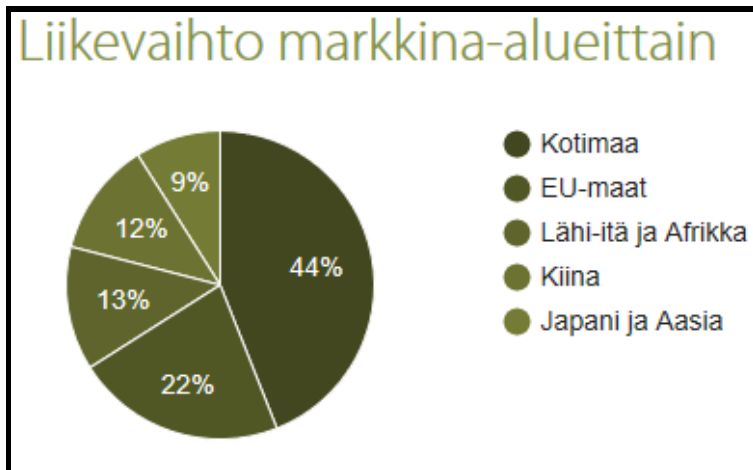
Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda laadunvarmistusmanuaali Versowoodin toteuttamaan siltarakentamiseen henkilökunnan ja asiakkaiden käyttöön. Laadunvarmistusmanuaali sisältää siltarakentamisen vaiheet ja laadunvarmistuksen määräykset.

### 3 VERSOWOOD

Versowood on vuonna 1946 perustettu rakennuspuusepäntuotteita valmistava yritys. Se on myös Suomen suurin yksityinen sahatavaran tuottaja sekä jalostaja. Yrityksellä on toimintaa 11 toimipisteessä Suomessa sekä Virossa yhdessä toimipisteessä. Suomessa toimintaa on Riihimäellä, Otavassa, Hankasalmella, Heinolassa, Hartolassa, Haukiputaalla, Rovaniemellä, Porissa, Valkeakoskella, Muurlassa sekä Vierumäellä, jossa sijaitsee myös pääkonttori. Versowood työllistää noin 750 henkilöä näillä toimipisteillä. Versowood toimii viidellä liiketoiminta-alueella, jotka ovat sahatavara, liimapuu, puupakkaukset, maa- ja tie-rakentaminen sekä energia, kuten kuviosta 1 selviää. Liikevaihto yrityksellä on noin 360 miljoonaa euroa, ja siitä noin puolet tulee sahauksesta. Kuviosta 2 nähdään, että kotimaa on tärkein markkina-alue, sieltä tulee yli 40 % liikevaihdosta. Muita tärkeitä markkina-alueita ovat EU-maat, Lähi-itä ja Afrikka, Kiina sekä Japani ja Aasia. (Versowood 2017a.)



Kuvio 1. Liiketoiminta-alueet (Versowood 2017a)



Kuvio 2. Markkina-alueet (Versowood 2017a)

Versowoodin liiketoiminta perustuu vastuullisuuteen, josta takeena ovat sertifiointit. Puukauppaa tehdään PEFC-sertifioiduista metsistä, jolloin taataan metsien monimuotoisuus sekä kasvun ja terveyden turvaaminen. Tällöin puuraaka-aineen alkuperän seuranta on mahdollista. Sahatavaran puolesta alkuperä voidaan taata myös FSC-standardin mukaisesti. Myös Versowoodin liimatulle sahatavarakkeelle ja liimapuulle on myönnetty EN-14080 standardin mukainen CE-sertifikaatti sekä Japanin JAS-standardin liimapuuserifikaatti. Lisäksi yrityksen valmistavat kuormalavat ovat ISPM-15 sertifioituja. (Versowood 2017b.)



## 4 SILTARAKENTAMINEN

### 4.1 Siltarakentamisen tarve

Liikkumisen tarve pakotti ihmiset keksimään keinot ylittää luonnon muokkaamat esteet ja hidasteet. Tien ja siihen kuuluvan sillan tehtävänä on mahdollistaa ihmisten ja tavaroiden kulku. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2004, 21.)

Yleensä sillan rakentaminen on osa väyläprojektia, jonka tilaajana on useimmiten väylän omistaja, joko liikennevirasto, tienpitöviranomais, kunta, yksityistien hoitokunta tai teollisuuslaitos. Syitä sillan rakentamiseen ovat useimmiten kokonaan uuden väylän rakentaminen, maankäyttöä palveleva rakentaminen kaavoituksen tai aluerakentamisen takia, valmiina olevan väylän parantaminen esimerkiksi väylän linjausta siirtämällä tai siltaa leventämällä, väylän ylläpitökustannusten laskemiseksi muun muassa korvaamalla lossiyhteys sillalla, vanhan sillan uusiminen tai liikenneturvallisuuden parantaminen. Monesti uuden sillan rakentamiseen vaikuttaa useampi edellä mainituista syistä. (RIL 179 – 2018, 2018, 65.)

### 4.2 Puusiltarakentamisen esittely

Suomessa on siltoja tehty ihmisen toimesta siitä lähtien, kun asutusta on ollut olemassa. Luonto rakensi siltoja jo ennen ihmistä, sillä kaatunut puun runko tai vesistön kuljettama ajopuu muokkasi sillan esteen yli. Ihmisten ensimmäiset siltarakennelmat ovatkin pitkälti luonnon tekeleistä matkittuja. Ensimmäisissä puusilloissa runko toimi kulutuspinna ja oksat toimivat kaiteina. Myöhemmin alettiin asettamaan useampia runkoja vierekkäin ja oksat poistettiin. Juhtien ja pyörällisten kulkuneuvojen turvallinen kuljettaminen esteen yli mahdollistettiin veistämällä yläpinta tasaiseksi. Melko varhain keksittiin rakentaa sillalle erillinen kansi, ja se tehtiin jo varhain poikittaisesta puutavarasta. 1600- ja 1700-luvuilla rakennettiin lauttasiltoja, jotka oli valmistettu virran suuntaan asetetuista tukeista. Sillat saatiin helposti vedettyä talveksi vedestä maihin, mutta ne vettyivät nopeasti ja ne jouduttiinkin muutaman vuoden välein uusimaan kantokyvyn heiketessä liikaa. 1800-luvun alkupuolella suunniteltiin jo ponttoonisiltoja, joihin oli haettu mallia Pietarissa rakennetuista silloista. Eniten käytetty rakennustapa tie- ja katusilloissa 1800-luvulla ja aina 1900-luvun alkuun oli kivisten tukien päälle rakennettu puusilta, josta esimerkki kuvassa 1. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2004, 89.)



Kuva 1. Halikon silta vuodelta 1866 (Elinkeino, liikenne ja ympäristökeskus 2018)

Puun lahoamisen myötä siltoja jouduttiin rakentamaan välillä parinkin vuoden välein uudestaan. Jo 1600- luvulla alettiin isoimmissa kohteissa käyttämään tervaa kemiallisena puunsuojana ja vielä 1940- luvulla rakennettujen Lapin puusiltojen kunnossapito hoidettiin tervaamalla. Suolakyllästys rantautui Suomeen 1950- luvulla, ja siitä tulikin itsestään selvä vaatimus siltarakentamisessa, kun ymmärrettiin menetelmän tehokkuus. Kreosootikyllästys alkoi Suomessa jo 1900- luvun alussa, mutta siltarakentamiseen se otettiin käyttöön vasta 1970- luvun puolivälissä. Tämän jälkeen rakennetuista silloista yli puolet on kyllästetty kreosootilla. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2004, 94.)

Tänä päivänä Suomessa puusiltoja rakentaa Versowood Oy – niminen yritys, jonka pääkonttori sekä sillanrakennusyksikkö sijaitsevat Vierumäellä. Yritys on valmistanut siltoja lähes 30 vuoden ajan, ja ne rakennetaan tehdasympäristössä ja kuljetetaan asennettavaksi työmaalle, jossa sillanrakentajat asentavat sillan yleensä aliurakoitsijan tekemien perustusten päälle. Yleisimmin nykyään rakennettava siltatyyppi on palkkisilta, jossa kantava rakenne koostuu pituussuuntaisista liimapuupalkeista ja kanteen poikittain asetettavasta sahatavarasta, (kuva 2). Silta voidaan rakentaa myös kaarevana ja se soveltuu sekä kevyen liikenteen että ajoneuvoliikenteen käyttöön. Sillat käyvät jänneväleille 3 – 30 metriä, riippuen onko kyseessä kevyen vai ajoneuvoliikenteen silta tai onko sillassa kaarevuutta. (Versowood 2017c.)



Kuva 2. Palkkisilta (Versowood 2017c)

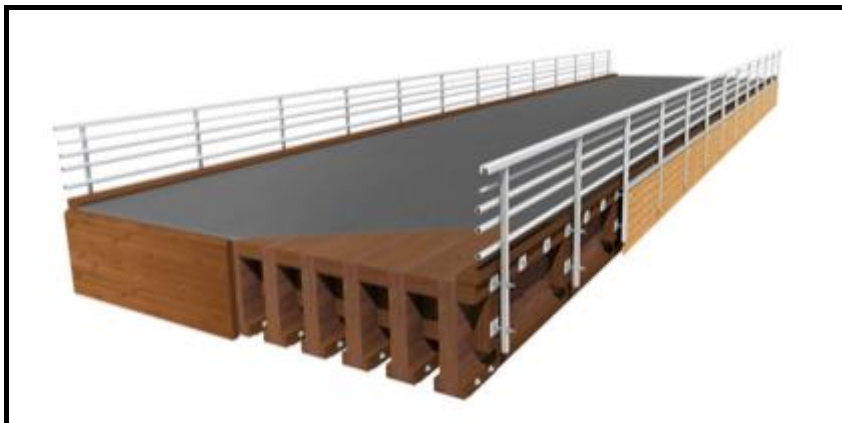
Ansassisilloja käytettiin ennen liimapuun tuloa paljonkin, mutta nykyään ne ovat käytössä lähinnä erikoiskohteissa. Kaarisilta on yleisesti käytetty siltatyyppeä, jossa kaaren muotoon liimatut liimapalkit muodostavat kantavan rungon, (kuva 3). Silloissa kaari voi olla kannen alla, kannen yläpuolella tai se voi leikata kansilinjan mistä tahansa sillan kohtaa. Kaarisilta sopii niin ajoneuvoliikenteelle kuin myös kevyenliikenteen sillaksi, ja jännemitta voi olla jopa 100 metriä. (Versowood 2017c.)



Kuva 3. Kaarisilta.

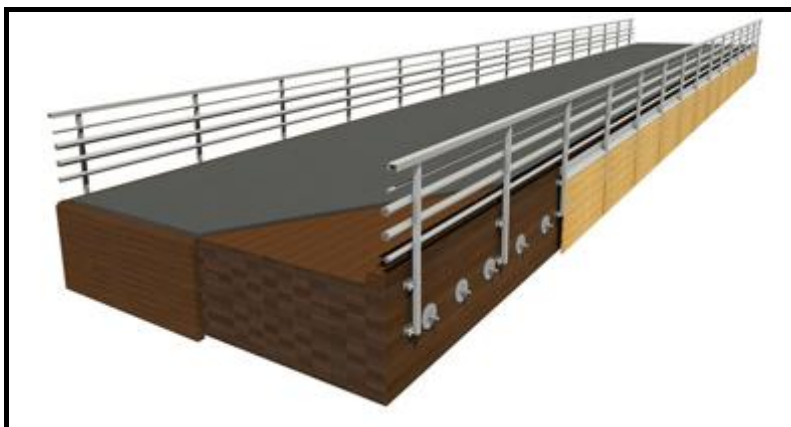
Vaativiin kohteisiin sekä suurille kantavuuksille ratkaisu löytyy liittorakennesilloista, joissa sillan rakenne koostuu puupalkeista ja betonikannesta. Ne edustavat puusiltojen uutta tekniikkaa ja soveltuvat yli 40 metriä pitkille jänneväleille. Katettuja siltoja käytetään yleensä kevyen liikenteen tarpeisiin ja niiden rakenteena toimii ristikkorakenne, jolloin sekä kulu- tuspinta että katto ovat paarteitten varassa. Versowoodin poikittaisjännitetyt sillat ovat

saaneet tyyppihyväksynnän, ja ne on suunniteltu eurokoodien mukaisesti. (Versowood 2017c.)



Kuva 4. Ajoneuvoliikenteen palkkisilta (Versowood 2017d)

Ajoneuvoliikenteen palkkisilta on käyttöluokassa 2, (kuva 4). Sillan hyötyleveys on 4,0 – 9,0 m ja vakioleveydet ovat 4 m ja 6,5 m. Jännemitta on 6 – 32 ja kuormitus LM1, LM2 ja LM1 (Y). Kaide on H2 teräskaide ja päällyste 30 mm asfaltti tai puu. (Versowood 2017d.)



Kuva 5. Ajoneuvoliikenteen laattasilta (Versowood 2017d)

Ajoneuvoliikenteen laattasilta on käyttöluokille 2 ja 3, (kuva 5). Hyötyleveys on  $\geq 3,0$  m ja jännemitat 6,0 – 30 m. Kuormitus on LM1 ja LM3. Kaiteet ovat H2 terästä ja päällysteenä on 30 mm kumibitumivaluasfaltti, 35 mm asfalttibetoni tai puu. (Versowood 2017d.)



Kuva 6. Kevyen liikenteen silta (Versowood 2017d)

Kevyenliikenteen silta on käyttöluokkiin 2 ja 3, (kuva 6). Hyötyleveys on 3,0 – 5,0 m ja jännemitat ovat 6,0 – 38 m. Kuormitus on KL ja kaiteet ovat puuta. Päälysteenä on 30mm kumibitumivaluasfaltti tai puu. (Versowood 2017d.)

Versowoodin tyyppihyväksytyillä silloilla on käyttö lupa yleisillä sekä valtionapua saavilla yksityisillä teillä. Tyyppisillan etuina voidaan pitää nopeaa asennusta, jolloin tietä ei jouduta katkaisemaan pitkäksi aikaa sekä siitä seuraavaa kilpailukykyä. Ne ovat myös arkkitehtonisesti kauniita sekä ekologisia vaihtoehtoja betonin rinnalla. (Laukkanen 2018a.)

#### 4.3 Siltarakentaminen pohjoismaissa

Keski-Euroopassa voidaan tavata satoja vuosia vanhoja puusiltoja, ja siellä onkin pitkät perinteet puusiltarakentamisessa. Puusiltojen osuus uusista silloista onkin edelleen kasvamassa muun muassa ympäristötekijöiden, rakentamisen nopeuden ja kilpailukyvyn ansiosta. Pohjoismaista Ruotsi ja Norja ovat Keski-Euroopan tasolla puusiltojen rakentamisessa. (Palokallio 2018.)

Norjan noin 150:stä vuosittain rakennettavasta uudesta sillasta noin 10 % on puurakenteisia. Ruotsissa vastaava luku on vieläkin korkeampi, ja siellä uusista silloista jopa 20 % on puusta rakennettuja. (Laukkanen 2018b.)

Norjassa puusiltarakentamista on saatu lisättyä entisestään puurakentamisen edistämishjelmalla, jonka valtio on luonut. Valtio rahoittaa puusiltarakentamisen tutkimus- ja kehitystyötä, joka toteutetaan yhteistyönä valtion tieviraston, siltoja rakentavan yrityksen sekä teknillisen tutkimuslaitoksen kanssa. Suurin osa Norjassa rakennettavista puusilloista on kevyen liikenteen siltoja, mutta kehitystyön ansiosta ne ovat nykyään todellinen vaihtoehto



myös raskaan liikenteen silloiksi, (kuva 7). Norjassa julkinen sektori onkin valmis lisäämään puun käyttöä rakentamisessa muun muassa sen ekologisuuden ansiosta. (Laukkanen 2018b.) Norja on puumaa, ja puun käytöllä on merkittävä taloudellinen merkitys niin aluetalouteen kuin työllisyyteenkin. Valtiota kiinnostaa myös vienti ja se toivoo puusiltatarjontaa Ruotsista ja Suomesta, koska tarjontaa ja kilpailua kaivataan siltarakentamisessa. Norjassa pienet puusillat ovat yleensä tyyppisilloja ja niiden kilpailukyky taloudellisesti verrattuna teräs- betonisiltoihin on hyvä, minkä ansiosta ne ovat pärjänneet hyvin hankekilpailuissa. Puusiltojen kestävyys on hyvä, ja niihin ollaan yleisesti erittäin tyytyväisiä. (Viljakainen 2015.)



Kuva 7. Tangen (Viljakainen 2015)

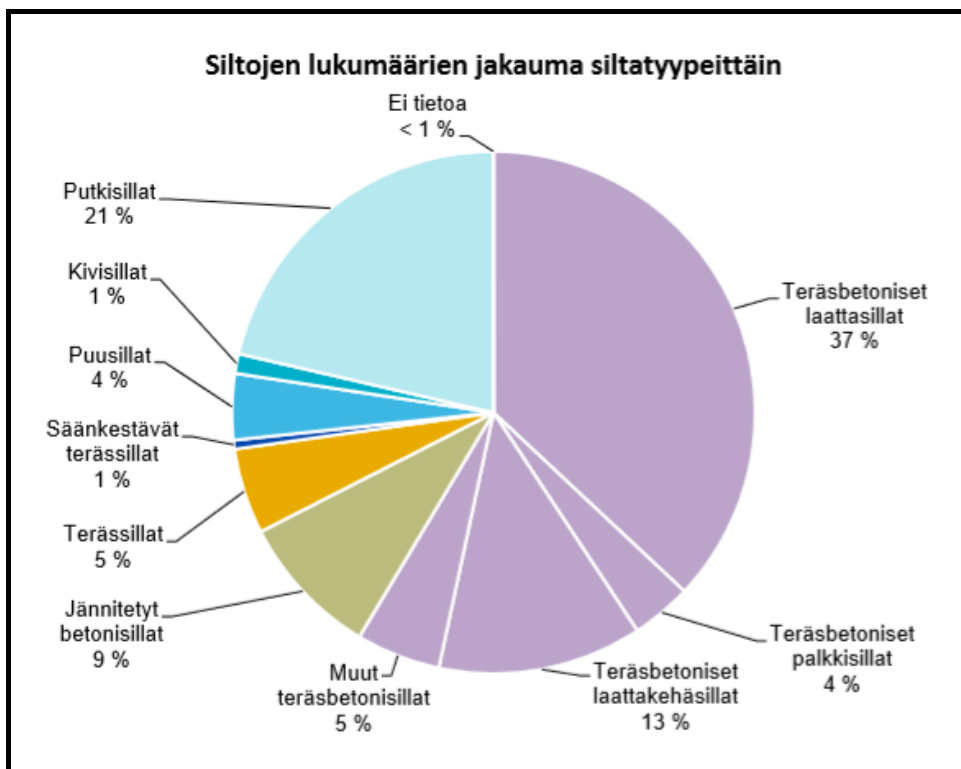
Ruotsin siltamarkkinoilla puusiltojen osuus on noussut 20 prosenttiin, ja kehitys on seurausta markkinoinnista, tyyppisiltatarjonnasta sekä vahvoista teollisista toimijoista. Alkuisäys puusiltojen rakentamiselle oli pohjoismainen tutkimushanke. Sillat valmistetaan pääsääntöisesti liimapuusta, jolloin sillat voidaan hyvin pitkälle rakentaa valmiiksi tehdastoissa ja asentaminen työmaalla on nopeaa, eikä vaadi järeää nostokalustoa. Liimapuiset sillat ovat noin 20 - 30 % edullisempia kuin vastaavanlaiset betonisillat, kun taas muun muassa huoltokustannukset ovat alhaisemmat. (Puuinfo 2018.)

Suomessa puusiltarakentaminen on huomattavasti vähäisempää. Vuosina 2010 - 2014 rakennetuista 584 sillasta vain 17 oli puurakenteisia. Kaikista Suomen 20 000 sillasta vain noin 900 on puurakenteisia, eli vain noin neljä prosenttia. Suomessa voitaisiin kymmenkertaistaa puusiltojen rakentaminen, mutta se vaatisi asennemuutoksia. (Puuinfo 2018.)

Yksi suurimmista syistä puurakenteisten siltojen rakentamisen vähyyteen on liikenneviraston hankintamenettely. Kun siltojen suunnittelu ja toteutus on urakoitsijan vastuulla, jää puusillat jo tarjouskilpailussa pois, sillä kuvat ovat valmiina jo betonisilloille. Ennakkoluulot ja suunnittelun osaamattomuus johtavat siihen, ettei tarjouskilpailu ole avoin kaikille materiaaleille. Ongelmia tuottaa myös puusiltoja rakentavien yritysten vähäinen määrä. Liikenneviraston mukaan puurakenteisten siltojen kilpailutus on mahdotonta, mikä toisaalta pitää paikkansa, mutta Suomen pienille puusiltamarkkinoille ei toisaalta montaa yritystä mahdukaan. Puusiltoja rakentavalla Versowoodilla on Suomessa tyyppihyväksytty, eurokoodien mukainen poikkijännitetty liimapuupalkkisilta. Näillä silloilla on käyttö lupa yleisille teille sekä yksityisteille, jotka saavat valtionapua. Yritys on ottamassa myös käyttöönsä huoltopakettin, jolloin otetaan vastuuta sillan hoidosta ja ylläpidosta. Tiehallinnolle tyyppihyväksyntä ei kelpaa, vaikka tyyppitys on liikenneviraston hyväksymä. Jotta puusiltarakentaminen saataisiin kasvuun Suomessakin, täytyisi kilpailutuksessa puntaroida myös elinkaarilaskentaa sekä ylläpitokustannuksia. Myös poliittista ohjausta tarvitaan, jotta saadaan kaikki materiaalit tarjouskilpailuihin samalle viivalle. (Laukkanen 2018a.)

#### 4.4 Betoni- ja puusiltojen vertailu

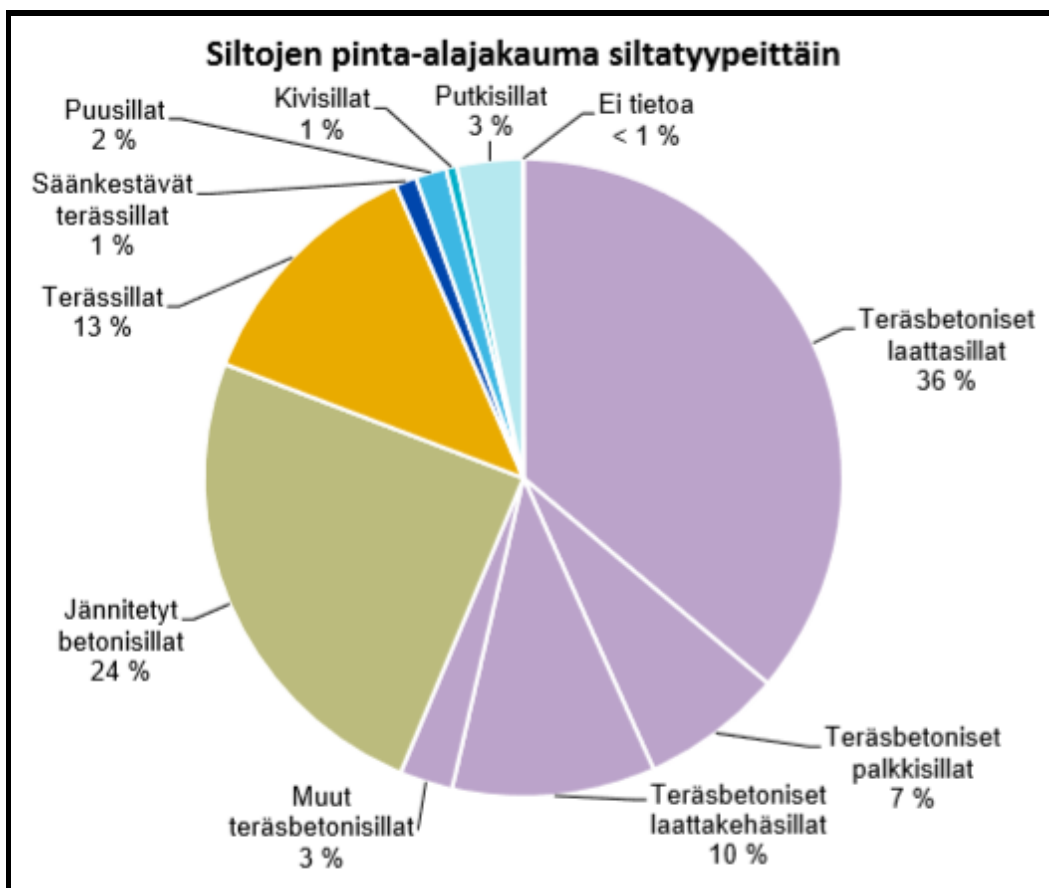
Puurakentaminen on nosteessa niin Pohjois-Amerikassa kuin Keski-Euroopassakin. Tämä perustuu puun hyvään kilpailukykyyn verrattaessa betonia ja puuta keskenään. Puurakentaminen on nopeampaa, tehokkaampaa ja edullisempaa. Edellä mainittujen lisäksi puurakentamisen etuja ovat alhaisemmat hiilidioksidipäästöt sekä elinkaarikustannukset. Puurakentamiseen verrattuna betonirakentaminen on varsinainen energiasyöppö. (Martonen 2015.)



Kuvio 3. Siltojen lukumäärä siltatyypeittäin (Liikennevirasto 2017, 30)

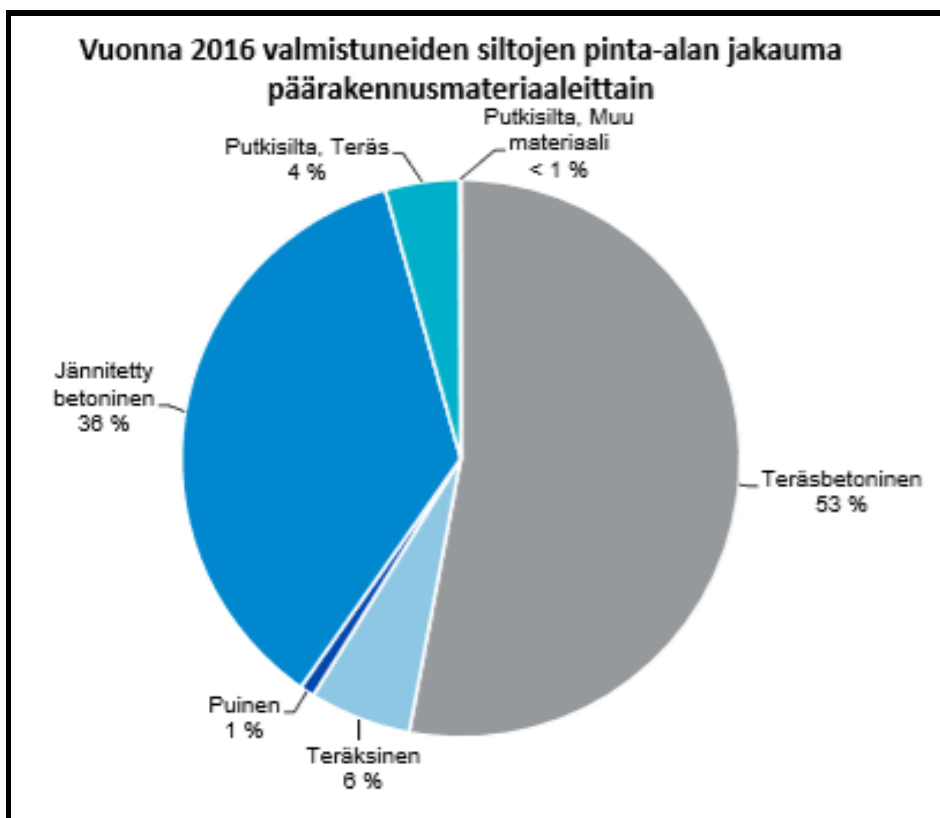
Liikenneviraston hallinnassa oli vuoden 2017 alussa yhteensä 15160 tiesiltaa, joista lähes 70 prosenttia oli betonirakenteisia siltoja. Puusiltojen osuus kaikista tiesilloista oli vain noin 4 prosenttia, kuten kuviosta 3 nähdään. Siltojen pinta-aloja vertaamalla betonisiljat kattavat liikenneviraston tiesilloista lähes 80 prosenttia, kun puusiltojen osuus kaikkien tiesiltojen pinta-alasta on vain noin 2 prosenttia, mikä selviää kuviosta 4. (Liikennevirasto 2017, 30.)





Kuvio 4. Siltojen pinta-alajakauma siltatyypeittäin (Liikennevirasto 2017, 30)

Vuonna 2016 valmistuneista silloista lähes 90 prosenttia oli päärakennusmateriaaleiltaan betonia, joista 53 prosenttia oli teräsbetonia ja 36 prosenttia jännitettyjä betonisilloja. Siltoja, joissa päärakennusmateriaalina oli puu, oli vain noin 1 prosentti, (kuvio 5). Ottaen puurakentamisen edut huomioon, puusiltojen määrää voitaisiin rakentamisessa lisätä huomattavasti, mutta siihen tarvittaisiin poliittista ohjausta, että saataisiin kaikki materiaalit samalle viivalle kilpailutuksessa (Laukkanen 2018a.)



Kuvio 5. Vuonna 2016 valmistuneiden siltojen pinta-alajakauma rakennusmateriaaleittain (Liikennevirasto 2017, 34)

## 5 LAATU JA SEN ERI KÄSITTEET

### 5.1 Laatu

Valmiin sillan ja sen osien on oltava sijainnin ja mittojen osalta sekä muilta ominaisuuksiltaan suunnitelmien mukaiset ja niille laadittujen laatuvaatimusten tulee täytyä. Suunnitelmat on laadittu käyttäen tiehallinnon julkaisemia suunnitteluohjeita. (InfraRYL 2006, 2008, 74.) Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset InfraRYL 2006-kirjassa on kuvaus yleisistä laatuvaatimuksista. Kirja perustuu viranomaisvaatimukseen, yleisiin laatuvaatimukseen, työselostuksiin ja standardeihin. Teoksen tavoite on määrittää työn laatu rakennusteknisesti, joten siitä löytyy sekä työlle että tarvikkeille yleiset laatuvaatimukset ja toleranssit. (InfraRYL 2006, 2008, 9.)

### 5.2 Sertifikaatit ja määräykset

Liikenneviraston alaisissa siltakohteissa puusiltojen suunnittelussa käytettävien määräysten ja ohjeiden pätevyysjärjestys on seuraava:

- Liikenteen turvallisuusviraston antamat lait ja asetukset
- Liikenneviraston hankekohtaiset suunnitteluperusteet
- eurokoodit ja niiden kansalliset liitteet
- Liikenneviraston soveltamisohjeet eurokoodeille (NCCI- sarja)
- muut liikenneviraston ohjeet.

Puusiltarakentamisessa käytetään Eurokoodin EN 1995 rinnalla EN 1991 eurokoodia, joka sisältää rakenteiden kuormia koskevia määräyksiä sekä EN 1990:2002, joka sisältää rakenteiden suunnitteluperusteet. Eurokoodien lisäksi huomioon on otettava liikenne- ja viestintäministeriön sekä ympäristöministeriön täydennykset ja lisävaatimukset, jotka ilmoitetaan kansallisessa liitteessä. Suunnittelussa voidaan käyttää myös Liikenneviraston soveltamisohjeita apuna, joista NCCI 5 käsittelee puurakenteiden suunnittelua. Suunnittelussa käytetään InfraRYL2006:n laatuvaatimuksia, joita voidaan korvata ja täydentää suunnittelussa laadittavilla hankekohtaisilla laatuvaatimuksilla. (Liikennevirasto 2013, 10.)

### 5.3 Laadunhallinta

Laadunhallinta muodostaa kokonaisuuden, joka pitää sisällään laatujohtamisen sekä laadunvarmistuksen. Laatujohtamiseen kuuluu muun muassa organisaation suunnittelu, re-

surssit ja niiden hallinnointi sekä toimintatapojen kehitystyö- ja ylläpito laadunvarmistuksessa. Siltarakentamiseen osallistuvilla urakoitsijoilla tulee olla kolmannen osapuolen todentama näyttö siitä, että he ovat päteviä osallistumaan urakkaan. Tämä kolmas osapuoli, josta tiehallinto pystyy tarkistamaan urakoitsijan pätevyyden, voi olla Rakentamisen Laatu RALA ry, Inspecta Sertifiointi Oy tai joidenkin muiden vastaavien sertifiointielinten palveluista. Tiehallinto tekee myös pistokoetarkastuksia sekä hankeauditoiteja, joilla se varmistaa urakoitsijan laadunhallinnan. Jos urakoitsijan toiminnassa ilmenee vakavia puutteita, voi tilaaja antaa siitä kirjallisen huomautuksen siltaurakoitsijalle. Jos puutteet ovat toistuvia tai jollei huomautettavia puutteita korjata, tilaaja ilmoittaa siitä toimitelmalle, joka pätevyyden on urakoitsijalle myöntänyt. Henkilöstön tulee olla ammattitaitoista niin työjohtossa kuin teknisesti vaativissa töissäkin. Tämä koskee myös aliuurakoitsijoita, joiden laadunvarmistusmenettelyjen tulee olla tilaajan ohjeiden mukainen. Tilaaja hyväksyy urakoitsijan esittämät aliuurakoitsijat ja varmistaa soveltuvuuden tarvittaessa pistokokeilla. Työkoneet ja laitteet tulee olla työturvallisuus- ja ympäristömääräysten mukaiset ja mittaus- ja testausvälineet tulee olla valmistajien edellyttämällä tavalla huollettuja ja kalibroituja. Välineiden merkinnät ja numeroinnit sekä kalibroitidokumentit tulee olla ajan tasalla. Tietokoneiden ja niiden käyttöjärjestelmien on sovellettava laadunvarmistusohjelmiston käyttöön ja siirrettäessä tietoja tilaajalle, on esimerkiksi virustorjunnat oltava kattavat. (InfraRYL 2006 2008, 76 – 77.)

#### 5.4 Laadunvarmistus

Siltarakentamisen laadunvarmistuskeinoja ovat yksityiskohtaiset rakenteiden suunnitelmat, selkeät tuotantosuunnitelmat, laadun ohjaus, laaduntarkastus työvaiheiden jälkeen sekä laaturaportointi. Laatu- ja tuotantosuunnitelmat laaditaan InfraRYL 2006:sen, sekä muiden sopimusasiakirjoissa olevien vaatimuksien mukaisesti ja toimitetaan tilaajalle sopimusasiakirjoissa olevien aikataulujen puitteissa. Suunnitelmien jatkuvassa päivittämisessä, suunnitelmat toimitetaan työvaiheiden edistymisen mukaan, mutta tämä on mahdollista vain perustelluissa tapauksissa. Mikäli suunnitelmat jostain syystä muuttuvat, täytyy tilaajalta hankkia hyväksyntä muutokseen ennen töiden aloitusta. Suunnitelmien lisäksi laaditaan tarkastus-, testaus- ja mittauspöytäkirjat sekä raportit työn laadusta ja poikkeamista. (InfraRYL 2006 2008, 78.)

Laatusuunnitelma laaditaan ennen töiden aloitusta, ja siihen kirjataan kaikki sopimusasiakirjojen työt. Laatusuunnitelmaan kirjataan muun muassa työjohto- ja laaduntarkastusorganisaatio, laadunvarmistusohjelmisto, työvaiheiden aikataulut, erikoiskalusto rakentamisessa ja laadunvarmistuksessa, riskeihin- ja poikkeustilanteisiin varautuminen, oma laa-

dunvarmistus, alihankkijoiden laadunvarmistus, laatupoikkeamat- ja niiden käsittely, viestintälaitteet sekä yhteistyö sillan rakentamisen muiden osapuolien kanssa. Laatusuunnitelma annetaan tilaajalle aloituskokouksessa. Työvaiheen laatusuunnitelma laaditaan kaikista rakentamisen työvaiheista, jolloin voidaan esittää yksi tai useampi työvaihe ja sen laadunvarmistus. Työvaiheen laatusuunnitelmasta tulee ilmetä yleiskuvaus työvaiheen toteuttamisesta, työnaikaiset tarkastukset, mittaukset sekä muu laadunvarmistus, rakenteiden toleranssit sekä vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen dokumentein. Vaatimustenmukaisuuskokeet ja tulokset esitetään siten, että tilaajalla on mahdollisuus toista tarkastus tai mittaus. Kokeen ajankohta ilmoitetaan tilaajalle vähintään kaksi päivää ennen kokeita. Vaatimustenmukaisuuskokeen pöytäkirjaan merkitään, täyttääkö rakenne tai rakennusaine sille vaadittavat laatuvaatimukset. Pöytäkirjasta tulee löytyä tilaajan tiedot, rakennettava kohde, rakentaja, rakennusaineiden ja varusteiden toimittajat, mitat ja toleranssit tai raja-arvot, tarkastusten tulokset, toleranssien ylitykset ja sijainnit, poikkeamaraportit, tarkastuksen/ mittauksen tekijä sekä päiväys ja allekirjoitukset. Pöytäkirjojen pohjalta laaditaan toteutumapiirroksia ja siltakohtaiset yhteenvetoraportit. Työvaiheiden laatusuunnitelma tulee toimittaa tilaajalle viimeistään viikkoa ennen kyseisten töiden aloitusta. Tekninen työsuunnitelma laaditaan sillan maa- ja pohjarakennustöistä, yli 2 metriä syvistä kaivu- ja louhintatöistä, yli 600 mm paksuista maanvaraisten siltaperustusten alle tulevista täytöistä, paalutustöistä, betoni- ja raudoitustöistä sekä sillan teräsrakenteista. Siihen liitetään myös terveydelle vaarallisten aineiden käyttöohjeet, tuoteselosteet ja käyttöturvallisuustiedotteet. Jokaisesta sillasta laaditaan myös laaturaportti. Siinä esitetään muun muassa sillan sijainti, hyötyleveys, jännemitat, vapaa-aukot, kulkuaukon vapaa korkeus, kulkukorkeus ja rakenteiden kaltevuudet. Raportista tulee ilmetä myös tiedot käytetyistä materiaaleista ja varusteista, täyttääkö silta sille asetetut vaatimukset, poikkeavuudet ja arvio sillan rakennussuunnitelman laadusta urakoitsijan silmin. Laaturaporttiin liitetään myös urakoitsijan tuotantosuunnitelmat, vaatimustenmukaisuuskokeiden pöytäkirjat, yhteenvetoraportit, toteutumapiirroksia, muistiot mahdollisista suunnitelmamuutoksista sekä raportit poikkeamista ja korjaussuunnitelma. Laaturaportti luovutetaan tilaajalle. (InfraRYL 2006 2008, 79 – 80.)

## 6 SILTARAKENTAMISEN LAADUNVARMISTUS

### 6.1 Yleistä

Sillanrakentamisessa rakenteen luotettavuus edellyttää, että se on valmistettu ohjeiden ja standardien mukaisesti, jolloin rakenne täyttää vaatimukset, jotka sille on asetettu. Laadunhallinnalla pyritään välttämään mitoitus- ja toteutusvirheitä. Laadunhallintaan kuuluu laatuvaatimusten määrittely sekä laadun valvonta suunnittelu-, rakentamis- ja käyttövaiheessa. Valvontatoimet ovat laadukkaan rakenteen onnistumisen kannalta elinehto. (RIL 179 – 2018, 2018, 110.)

### 6.2 Suunnitelma

Sillan suunnittelijalla tulee olla tarvittava koulutus- ja kokemusta vastaavanlaisista sillanrakennushankkeista. Ammattitaitoisen ja kokeneen suunnittelijan käyttö varmistaa siltahankkeen onnistumisen niin turvallisuuden, kustannusten sekä muiden vaatimusten mukaisesti. Suunnittelusopimus on aiheellista tehdä aina kirjallisena. (Hämäläinen 2010, 95.)

Alustava suunnittelu aloitetaan selvittämällä paikka, jonne silta tulee, sekä löytämällä taloudelliset, tekniset ja ympäristöön sopeutumisen vaatimukset täyttävä siltatyypin ja rakenne. Suunnittelun lähtötietoina ovat sillan paikkatiedot, jotka saadaan mittauksin ja maaperää tutkimalla. Luonnospiirustuksia ja kustannusvertailuja käytetään hyödyksi valittaessa siltatyypin, sillan jännemittoja sekä sillan pituutta. Kun siltatyypin saadaan valittua, piirretään siitä alustava yleispiirustus ja laaditaan kustannusarvio ja perustellaan ratkaisu suunnitelmaselostuksessa. (Hämäläinen 2010, 96.)

Rakentamista varten tarvitaan rakennussuunnitelma, joka laaditaan niin, että sillalle saadaan tarvittava kantokyky, pitkäikäisyys ja esteettisyys. Sitä varten täytyy tehdä tarvittavat pohjatutkimukset sekä hankkia perustamistapalausunto. Rakennussuunnitelmaan kuuluvat yleispiirustus, rakennepiirustukset, suunnitelman muut piirustukset, arvio kustannuksista ja sillan työselitys sekä tarvittaessa laatuvaatimukset. Kustannusarviota tehdessä hyödynnetään Tiehallinnon ohjeita Siltojen määräluettelo ja Sillan kustannusarvio, joista saadaan ainemenekit ja vastaavat yksikköhinnat. Suunnitelmat tehdään InfraRYL 2006 osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat- julkaisun vaatimusten mukaisesti, jonka jälkeen päivättyt ja allekirjoitetut asiakirjat kootaan yhteen kansioon odottamaan viranomaiskäsittelyä. (Hämäläinen 2010, 96.)

### 6.3 Siltarakentamisen työvaiheet

InfraRYL, eikä mikään muukaan julkaisu määrittele missä järjestyksessä siltarakentamisen työvaiheet täytyy tehdä. Tässä esimerkissä on otettu mallia kesällä rakennetusta sillasta, joka toteutettiin Versowood- nimisessä yrityksessä. Palkit on valmistettu Versowoodin liimapalkkitehtaalla, ja niiden valmistusta ei tässä käydä läpi.



Kuva 8. Pedin vaaitus.

Ennen palkkien asennusta vaaitaan niille peti tasolaseria apuna käyttäen. Huonosti tehty peti vaikuttaa koko sillan lopputulokseen, eli siinä on syytä olla tarkkana. Peti vaaitaan taiseksi tai haluttuun vinouteen esimerkiksi kiiloja sekä vanerilevyjä käyttäen. Tukia on hyvä käyttää vähintään metrin välein, jottei peti painu siltarakenteen painosta.



Kuva 9. Palkkien asennus.

Palkit asennetaan siten, että molemmat reunat ovat tasassa kaikkien palkkien kesken. Ensimmäiseen palkkiin kiinnitetään siltakaiteiden tolppia varten tulevat ylemmät tolppateräksiset. Ensimmäistä palkkia asennettaessa täytyy vatupassilla tarkastaa, että palkki tulee pystysuoraan pedin päälle. Palkkien reunojen tasaisuuden voi katsoa linjalankaa apuna käyttäen. Palkkien reunojen ollessa tasan, pitäisi myös vetoteräksille tarkoitetut reiät olla toistensa kohdalla. Palkkeja siirretään trukkia apuna käyttäen.





Kuva 10. Vetoteräkset paikallaan.

Kun kaikki palkit on asetettu, työnnetään työpiirustusten mukaiset vetoteräkset palkissa oleviin reikiin. Palkin toiseen reunaan asennetaan teräksen päähän aluslevy ja mutteri. Terästä jätetään mutterin verran ylimääräistä kyseiseen reunaan. Kun kaikki teräkset on asetettu, otetaan ristimitta ja tehdään ensimmäinen vetoterästen kiristys noin 100 bar:n paineeseen. Kiristyksistä pidetään pöytäkirjaa ja kiristysten väleissä tarkkaillaan ristimittaa. Jos ristimitta alkaa heittämään, tulee siltaa löysätä ja palkkeja siirtää siten, että ristimitta saadaan kuntoon. Tässä sillassa kiristyksiä tehtiin kuusi kertaa ja painetta lisättiin kiristysten välissä noin 100 baaria kerrallaan, riippuen siitä, minkä verran painetta oli kiristysten välissä kadonnut. Teräkset venyvät kiristysten välissä ja paine laskee hiukan. Viimeisissä kiristyksissä ei paine juurikaan nouse ja niissä onkin tarkoitus todeta, ettei paine enää laske.



Kuva 11. Kaidetolppien asennus.

Ennen kaidetolppien asennusta, täytyy alemmat teräkset katkaista oikeaan mittaansa. Katkaisun jälkeen täytyy terästen päät suojata sinkkimaalilla, etteivät ne ala ruostumaan. Myös kaidetolppiin täytyy porata reiät piirustusten mukaisesti kohtiin. Teräkset työnnetään palkeissa valmiina oleviin reikiin, jonka jälkeen ne lukitaan aluslevyllä ja mutterilla paikalleen. Tämän jälkeen voidaan kaidetolpat työntää kaideteräksiin. Kaiteiden leveyssuuntaiset kallistukset tehdään aluslevyjä ja muttereita käyttäen. Kun tolpat on saatu oikeaan kulmaan, ne kiinnitetään paikalleen aluslevyjen ja muttereiden avulla. Ennen tolppien kiristystä katsotaan vatupassin avulla, että ne ovat pystysuorassa myös pituussuunnassa.



Kuva 12. Aurasjohde.

Ennen aurasjohteen asennusta on uloimmaisen palkin reunaan levitetty piirustusten mukaisesti vedeneristemassa. Kun massa on kuivunut, päästään aurasjohde asentamaan. Aurasjohde kiinnitetään kaidetolppia vasten ja kiinnitetään ruuvaamalla palkin kanteen. Aurasjohteita on lyhennetty siten, että jatkot tulevat aina kaidetolpan kohdalle. Tällöin saumasta tulee siisti, eikä se ala myöhemminkään vääntyilemään. Aurasjohteita lyhennettäessä täytyy muistaa sahattu pää aina käsitellä, jolloin puun muodonmuutoksia ei pääse niin helposti syntymään. Aurasjohteisiin on sahattu aukot, jotta tulevat sadevedet pääsevät valumaan sillan päältä pois eivätkä jää sillalle lainehtimaan.





Kuva 13. Johteiden asennus.

Välijohteet ja käsijohde asennetaan seuraavana. Järjestyksellä ei ole merkitystä, mutta tässä tapauksessa niitä alettiin kiinnittää ylhäältä alaspäin, jolloin käsijohteet asennettiin ensimmäisenä. Johteita kiinnittäessä on hyvä vielä tarkistaa, että tolppien väli on työpiirustusten mukainen. Johteet katkaistaan siten, että johteen päät ovat keskellä kaidetolppaa. Kaikki johteet ruuvataan kaidetolppiin kiinni, jonka jälkeen voidaan tarkistaa sillan kaapeimmalta kohdalta sillalle määrätty hyödyllinen leveys.



Kuva 14. Pystypinnojen asennus.

Pystypinnojen asennuksen avuksi on tehty kaksi sapluunaa, joihin on merkitty pintojen välit piirustusten mukaisesti. Toinen sapluuna naulataan tolpan yläpäähän ja toinen alapäähän. Näiden merkkien mukaisesti ruuvataan pystypinnat kiinni välijohteisiin sekä au-  
rausjohteeseen.



Kuva 15. Viimeinen kiristys ja terästen katkaisu.

Jännitysterästen paine tarkistetaan vielä ennen sillan valmistumista. Kun paine on rakennuspiirustusten mukainen, eikä ole laskenut, voidaan jännitysteräokset katkaista. Teräokset katkaistaan siten, että aluslevyn ja mutterin jälkeen ylimääräistä terästä jää vielä mutterin verran. Tällöin ne voidaan myöhemmin vielä kiristää mahdollisten huoltojen yhteydessä. Terästen päät täytyy katkaisun jälkeen käsitellä vielä sinkkimaalilla. Kiristyksen jälkeen otetaan sillasta pituus, leveys- ja ristimitat, jotka kirjataan sillan kiristyspöytäkirjaan. Tämä toimii dokumenttina siitä, että kiristyksset on tehty asianmukaisesti ja sillan päämitat ovat kuvan mukaiset.





Kuva 16. Valmis silta.

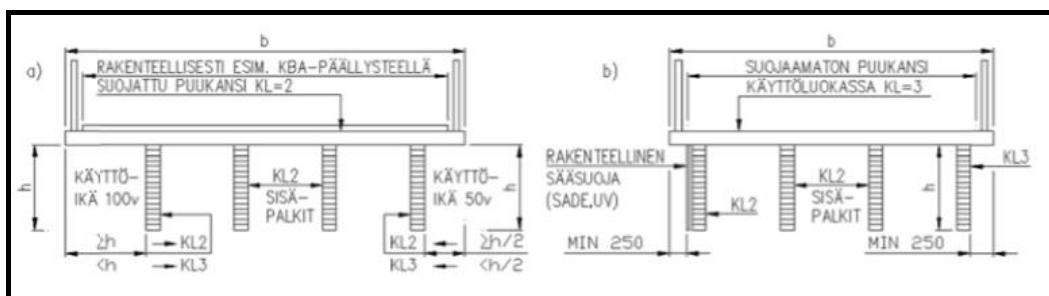
Viimeiseksi silta tarkastetaan ja mahdolliset viat ja halkeamat korjataan ja paikkamaalataan. Tämän jälkeen silta suojataan kuljetuksen varalle. Sillan kulutuspinnaaksi tulee kumi-bitumivaluasfaltti, joka valetaan työmaalla tilaajan toimesta. Tilaaja jatkaa myös sillan kaiderakennetta maalle työmaalla, joten sillan päälle nostetaan valmiiksi tarvittavat kaidetolpat ja johteet, joilla tilaaja pääsee työn tekemään. Versowood hankkii sillalle kuljetuksen ja asentaa sen paikalleen tilaajan kanssa sopimana ajankohtana.

#### 6.4 Materiaalit

Siltarakentamisessa puulla ja puusta rakennettavilla tuotteilla tulee olla riittävä kestävyys biologisia rasiuksia vastaan, jotka on ilmoitettu standardissa SFS-EN 335. Puusilloissa käytetään A- kyllästysluokan vaatimukset täyttävää standardin SFS-EN 351 mukaista kylästettyä puuta ja kyllästysaineita, jotka ovat standardin SFS-EN 599 mukaisia. Vielä tois- taiseksi kreosootti on sallittua, mutta sen käyttöä ollaan vähentämässä muun muassa sen biologisten haittavaikutusten takia, josta syystä sen käyttöä onkin vältettävä pohjavesialueella. Kyllästysaineen vaikutus myös metalliosien ja liittimien säilyvyyteen sekä puun lujuus- ja jäykkyysominaisuuksiin on huomioitava. (Liikennevirasto 2013, 26.)

Biologisia riskitekijöitä kuten sadetta ja aurinkoa voidaan ehkäistä myös rakenneratkaisuilla, joissa on mahdollisimman vähän vettä kerääviä kynnyksiä, koloja ja rakoja, johtamalla pintavesi pois sillalta kallistuksin ja muilla vedenpoistolaitteilla, estämällä kapillaarisen kosteuden pääseminen rakenteisiin, suojaamalla rakenteet esimerkiksi kattamalla tai pintarakenteilla, rakenteiden tuuletuksella, huolehtimalla, että sillan rakenteilla on riittävä suojaetäisyys maahan tai muihin kosteuden lähteisiin, materiaalivalinnoilla sekä maaleilla ja puunsuoja-aineilla. (Liikennevirasto 2013, 26.)

Standardin SFS-EN 335-1 käyttöluokkiin 2 ja 3 kuuluvat suolakyllästetyt puurakenteet tapauskohtaisesti. Käyttöluokkaan 2 lasketaan puurakenteet, jotka ovat tuulettuvassa tilassa ja jotka ovat rakenteellisesti kastumiselta suojattu. Puusilloissa tällaisia rakenteita ovat yleensä siltakannen alapuoliset rakenteet sekä kannet, jotka on päällystetty kumibitumiasfaltilla. Vaatimuksena kuitenkin on, että reunimaisia palkkeja suojaava kansiuloke on pidempi kuin puolet suojattavan palkin korkeudesta sekä, etteivät rakenteet joudu alttiiksi roiskevedelle vesistöisilloissa. Jotta päästään sadan vuoden suunnittelukäyttöikään käyttöluokalla 2, täytyy kansiulokkeen olla pidempi kuin suojattavan palkin korkeus tai palkki täytyy suojata rakenteellisesti muulla tavoin esimerkiksi liimapuulevyllä. Jos sillan rakenteet joutuvat säälle ja vedelle alttiiksi tai kantta ei ole suojattu, kuuluvat ne käyttöluokkaan kolme, kuvan 17 mukaisesti. (Liikennevirasto 2013,14.)



Kuva 17. Liimapuupalkkisilta puukannella. (Liikennevirasto 2013, 15)

Puutavaran on silloissa oltava painekyllästettyä mäntyä ja se on oltava valmistettu ympäristöministeriön hyväksymän laadunvalvonnan alaisena. Puutavaran kyllästys on tehtävä standardin SFS-EN 351 kyllästysluokan A vaatimukset täyttäen ja ympäristöministeriön hyväksymän laadunvalvonnan alaisena. Liimapuun valmistuksessa tulee liimojen olla säänkestäviä ja niiden tulee täyttää standardin SFS-EN 301 asettamat vaatimukset ja liimapuukannattimien pintojen tulee olla höylyttäjä. (InfraRYL2006, 2008, 176.)



Teräksisten liittimien ja liitososien tulee olla korroosionkestäviä tai ne täytyy suojakäsittellä korroosiota vastaan. Kuumasinkityksen Z-pinnoitteet on määritelty standardissa EN 10346 ja puikkoliittimien sinkkipinnoitteen kerrospaksuudet standardissa ISO 1461, (taulukko 1). Käyttöluokassa 3 tulee kaikkien henkilöturvallisuuteen liittyvien rakenteiden kyllästetyissä puutavaran liitoksissa käyttää ruostumattomasta teräksestä valmistettuja liittimiä, ellei kyseiselle kyllästysaineelle ole annettu erillistä ohjetta liittimien suhteen. (Liikennevirasto 2013, 20.)

Taulukko 1. Vähimmäisvaatimukset liittimien korroosiosuojaukselle (Liikennevirasto 2013, 20)

Liitin	Käyttöluokka <sup>1)</sup>		
	1	2	3
Naulat ja ruuvit, joiden $d \leq 4$ mm	Ei mitään	Fe/Zn 12c, 39 $\mu\text{m}$	Fe/Zn 12c, 49 $\mu\text{m}$
Pultit, naulat ja ruuvit, joiden $d > 4$ mm	Ei mitään	Ei mitään	Fe/Zn 12c, 49 $\mu\text{m}$
Teräslevyt, joiden paksuus $\leq 3$ mm	Fe/Zn 12c, Z275	Fe/Zn 12c, Z275	Ruostumaton teräs
Teräslevyt, joiden paksuus on 3...5 mm	Ei mitään	Fe/Zn 12c, Z275	Fe/Zn 25c, Z350
Teräslevyt, joiden paksuus $> 5$ mm	Ei mitään	Ei mitään	Fe/Zn 25c, Z350

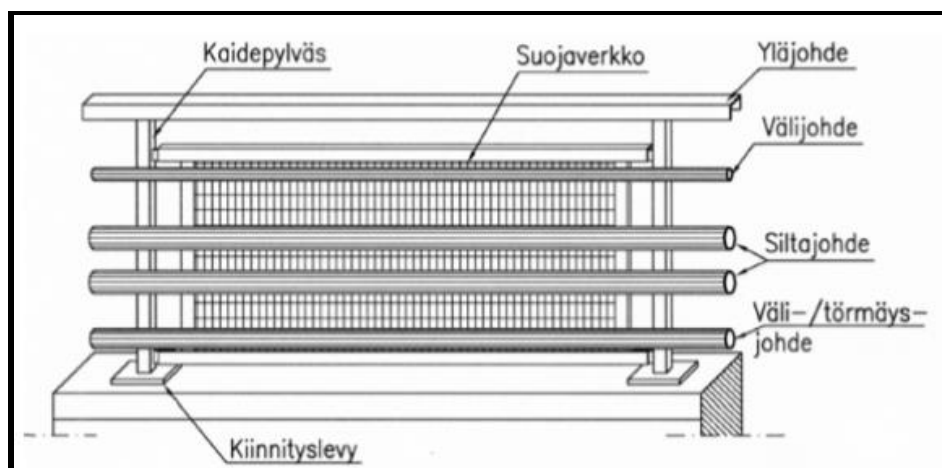
<sup>1)</sup> Erityisen syövyttäviin olosuhteisiin on syytä harkita paksumpaa kuumasinkitystä tai ruostumatonta terästä.

Standardi SFS 4683 määrää taulukon 2 mukaisesti, minkälaista aluslevyä pulttien kantojen ja mutterien alla on käytettävä. Pultteja kiristettäessä tulee aluslevyn upota puun sisään hieman, mutta enintään kuitenkin yhden millimetrin verran. Pultit on jälkikiristettävä viimeistään yhden vuoden päästä sillan valmistumisesta. (InfraRYL2006, 2008, 179.)

Taulukko 2. Standardin SFS 4683 aluslevyt (InfraRYL2006, 2008, 179)

Aluslevy	Pultin halkaisija
50 x 50 x 5 mm	12 mm
60 x 60 x 7 mm	16 mm
80 x 80 x 8 mm	20 mm

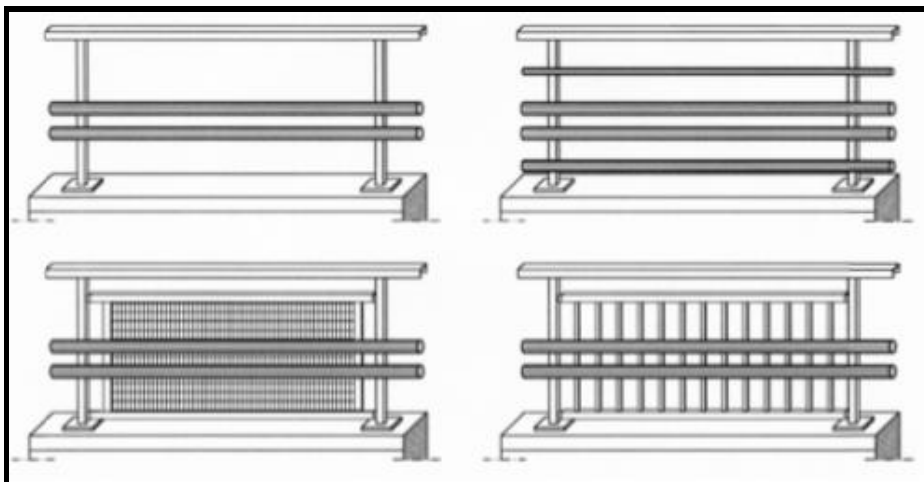
Kaikissa silloissa on oltava siltakaiteet, (kuva 18), jotta sillan ylittäminen on turvallista. Laatuvaatimukset kaiteiden valmistamiseen on määritelty standardissa SFS-EN 1317-1, -2 ja -5 sekä InfraRYL:issä. Asentamisessa käytetään InfraRYL:in vaatimuksia. (Liikennevirasto 2012, 6.)



Kuva 18. Kaiteen rakenneosat (Liikennevirasto 2012, 6)

Uusissa ajoneuvoliikenteen silloissa käytetään pääsääntöisesti kuumasinkittyjä teräskaiteita ja rakenneosien mitoitusta tehdessä käytetään eurokoodia, sen kansallista liitettä sekä eurokoodin soveltamisohjeita, jotka Liikennevirasto on hyväksynyt. Kevyen liikenteen silloille ei ole olemassa kaiteiden osalta Eurooppalaista tuotestandardia. (Liikennevirasto 2012, 8.)

Siltakaidetyyppejä ovat harva kaide, jota käytetään teillä, joilla kevyt liikenne on estetty liikennemerkein. Kaiteen rakenne muodostuu kaidepylväistä, yläjohteesta sekä vähintään yhdestä siltajohteesta. Tiheässä kaiteessa on useampi siltajohde, joka mahdollistaa myös kevyen liikenteen sillalla. Verkkokaide estää muun muassa aurauslumien putoamisen sillan reunalta ja sitä käytetäänkin paikoissa, joissa kevyen liikenteen väylä kulkee sillan alla. Sälekaidetta käytetään kevyen liikenteen silloilla. Kaidetyypit esitetty kuvassa 19. (Liikennevirasto 2012, 10.)



Kuva 19. Kaidetyypit (Liikennevirasto 2012, 10)

Kaiteille on tehtävä törmäyskokeet, (taulukko 3) standardien SFS-EN 1317-1 ja SFS-EN 1317-2 mukaisesti, jotka ovat vahvistettu Suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi. (Liikennevirasto 2012, 8.)

Taulukko 3. Törmäyskestävyysluokat (Liikennevirasto 2012, 8)

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

## 6.5 Mittaukset

Siltarakentamisen aikana joudutaan tekemään mittauksia jo ennen sillan kasauksen aloittamista sekä siltaa rakennettaessa. Runkomittaukseen kuuluu rakenteiden pysty- ja vaakasuoruuden mittaukset. Sillasta mitataan leveyksiä, pituuksia ja ristimittaa. Sillan kiristämisen edetessä tulee ristimittaa seurata ja tarvittaessa palkkeja joudutaan siirtämään, jotta ristimitta saadaan pysymään oikeana.

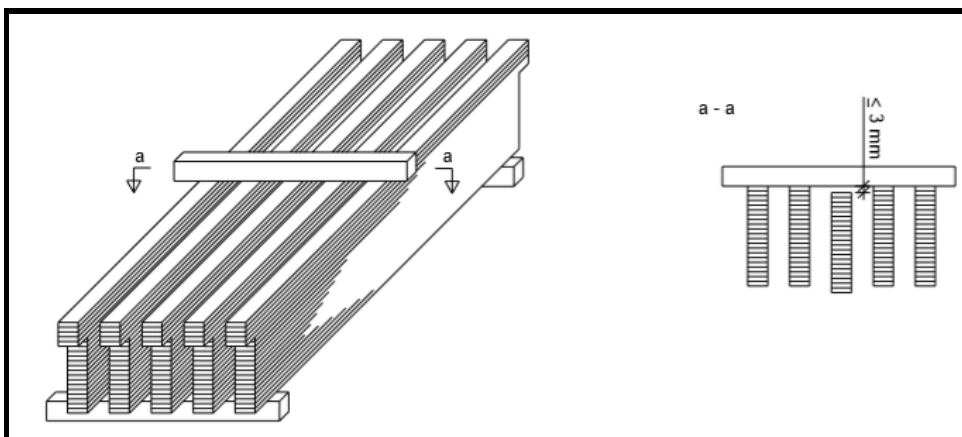
InfraRYL määrää siltarakentamisen mittatoleranssit. Yleisesti käytettävät siltojen päämittojen toleranssit ovat seuraavat: sijainti vaaka- ja pystytasossa  $\pm 20$  mm, hyötyleveys -30 mm / +60 mm, pystytason muodonpoikkeama  $L/1000 - L/1500$ , josta L on jännemitta, jännemitan ja vapaa-aukon poikkeama  $-L/2000 / +L/1000$ , alikulkukorkeus -25 mm / + 50 mm sekä rakenneosien kaltevuus  $\pm 0,5$  %. (RIL 179 – 2018, 2018, 313.)

Puusilloissa käytettäville liimapuupalkeille on annettu sallitut mittapoikkeamat, jotka esitetään taulukossa 4.

Taulukko 4. Liimapuupalkkien sallitut mittapoikkeamat (InfraRYL 2006, 2008, 177)

Liimapuupalkkien mittojen sallitut poikkeamat	
Pituus	$\pm 10$ mm
Korkeus	$\pm 1$ %
Leveys	$\pm 2$ %
Sivukäyryys koko pituudella	$\pm 0,15$ %
Pystykäyryyden poikkeama esikorotusmuodosta, mittauspituus $\leq 2$ m	$\pm 0,15$ %

Palkkien yhdenmuotoisuudella vaaditaan, että palkkien yläpintojen korkeusero saa olla enintään 3 mm koko palkiston pituudella, (kuva 20). Korkeuseroja on mahdollista pienentää palkkien järjestystä tai suuntaa vaihtamalla. Jos tämä ei auta, joudutaan palkkien muotoerot korjaamaan höyläämällä. (InfraRYL 2006, 2008, 177.)



Kuva 20. Palkkien yläpintojen samanmuotoisuus (InfraRYL2006, 2008, 177)

Liimapuista kansilaattaelementtiä käytettäessä on elementtien saumoissa käytettävä esipuristettua ja paisuvaa saumanauhaa. Kiinnityspulttien kolot tulee täyttää Tiehallinnon hyväksymällä polymeeribitumipohjaisella plastisella saumasmassalla ohjeiden mukaisesti. Myös liimapuisten kansilaattaelementtien on annettu mittatoleranssit, jotka on esitetty taulukossa 5. (InfraRYL 2006, 2008, 179.)

Taulukko 5. Kansilaattaelementtien mittatoleranssit. (InfraRYL 2006, 2008, 177)

<b>Liimapuisten kansilaattaelementtien mittojen sallitut poikkeamat</b>	
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

## 6.6 Käsittely

Puutavaraa tulee käsitellä niin, ettei se kolhiinnu siirtojen tai muun liikuttelun yhteydessä sekä se on maassa ollessaan asetettava ja tuettava suoralle alustalle siten, ettei siihen aiheuteta muodonmuutoksia. Liimapuupalkit on varastoitava 0,3 metriä korkealla alustalla. Puu täytyy suojata hyvin sateelta ja maakosteudelta, mutta sen täytyy päästä tuuletumaan. Kreosoottikyllästettyä puutavaraa ei tarvitse erikseen suojata säältä peittämällä. (InfraRYL2006, 2008, 178.)

## 6.7 Liitokset

Liitoksissa liimaa käytettäessä on liimanvalmistajan ohjeita noudatettava raaka-aineen kosteuden, soveltuvuuden, sekoittamisen, levittämisen ja kovettumisen kannalta. Jos suunnittelu asettaa liimaliitokselle lujuusvaatimuksia, täytyy ilmoitetun laaduntarkastuslaitoksen alaisen laadunvalvonnan hyväksyä liitoksen luotettavuus ja laatu. (RIL 205-1-2009, 2009, 165.)

Mekaanisin liittimin tehtävissä liitoksissa tulee varmistua, etteivät oksat ja mahdolliset muut viat aiheuta liitokseen kestävyysalennusta. Naulat lyödään kohtisuoraan syitä vastaan, elleivät suunnitelmat ohjeista toisin. Mikäli naulalle porataan esireikä, saa reiän halkaisija olla maksimissaan 0,8 kertaa naulan paksuus. Naulan kanta lyödään tasan puupinnan kanssa. (RIL 205-1-2009, 2009, 166.)

Pultteja käytettäessä pultinreiän halkaisija saa olla maksimissaan 1 mm pultin halkaisijaa suurempi. Aluslevyissä olevien reikien halkaisija saa olla enintään 2 mm suurempi kuin pultin halkaisija. Pultteja ja kansiruuveja kiristettäessä tulee kiristettävien pintojen sopia toisiinsa tiukasti ja kiinnikkeet tulee tarvittaessa kiristää uudelleen, jotta rakenteen kestävyys ei pääse alenemaan. (RIL 205-1-2009, 2009, 167.)

Kansiruuveille tulee porata esireiät, mikäli ruuvien halkaisija on suurempi kuin 6 mm. Puun tiheyden ollessa yli 500 kg/m<sup>3</sup>, tulee esireiän halkaisija määrittää kokeellisesti. (RIL 205-1-2009 2009, 167.) Mikäli rakennesuunnitelmassa ei ole määrätty arvoja kiinnikkeille porattaville esirei'ille tulee käyttää taulukon 6 vaatimuksia (RIL-205-1-2009, 2009, 166).

Taulukko 6. Liittimille porattavien esireikien kokoja. (RIL 205-1-2009, 2009, 166)

Liitin	Porattava materiaali	Suositus $D$	Sallittu $D$	$L_p$
Naula, ruuvi	metalli	$d + 1$ mm	$d + 0,2...1,0$ mm	läpi
Esiporattava naula <sup>1)</sup>	puu	$0,7d$	$0,5...0,8d$	$L - 0...5$ mm
Esiporattava puuruuvi <sup>2)</sup>	puu	$0,7d$	$0,5...0,7d \leq d_i$	$L - 0...d$ mm
Kansiruuvi	sileä varsi puussa	$d$	$d + 0...1$ mm <sup>3)</sup>	$0,4L \pm 5$ mm <sup>5)</sup>
	kierreosa puussa	$0,7d$	$0,60...0,75d$ <sup>4)</sup>	$L - 0...d$
Tappivaarna <sup>6)</sup>	puu	$d$	$0,95...1,00d$	$L + 0...5$ mm
Tappivaarna <sup>6)</sup>	metalli	$d + 1$ mm	$d + 0,5...1,0$ mm	läpi
		$\leq 1,1d$	$\leq 1,1d$	
Pultti, kierretanko	puu	$d + 1$ mm	$d + 0...1$ mm	läpi
Pultti	metalli	$d + 1$ mm	$d + 0,5...2,0$ mm	läpi
		$\leq 1,1d$	$\leq 1,1d$	
Liimattu terästanko	puu	$1,2d$	$1,15...1,25d$	$L + 0...5$ mm
Liimattu kansiruuvi (= liimaruuvi)	sileä varsi, puu	$d + 1$ mm	$d + 0,5...1,0$ mm	$L_s \pm 5$ mm <sup>7)</sup>
	kierreosa, puu	$0,85d$	$0,8...0,9d$	$L - 0...d$

1) Esitetty suunnitelmassa esiporattavaksi.  
2) Esitetty suunnitelmassa esiporattavaksi; puutavaralla aina jos porakärjetön puuruuvi, jonka  $d > 8$  mm tai sileän varren halkaisija  $> 6$  mm.  
3) Vältä reikä sallitaan ainoastaan kantaosan puussa, kun liitososat porataan erikseen.  
4) Koskee havupuutavaraa ja puulevyjä, kun  $d > 6$  mm (ks. kohta 10.4.5). Lehtipuutavaralla (D-lujuusluokat) sallittu  $D = 0,7...0,85d$ .  
5) Osakierteiset ISO 1891-25.1 mukaiset kansiruuvit, joiden kierteisen osan pituus on  $0,6L$ .  
6) Jos reikä porataan samalla kertaa puuhun ja metalliin, sallittu  $D = d \pm 0,0$  mm.  
7)  $L_s$  on ruuvien sileän varren pituus.

## 6.8 Sillan asennus

Sillan asennuksesta tehdään nostotyö- ja laatusuunnitelma, josta ilmenee sillan tilaaja, valmistaja sekä kohteen tiedot. Suunnitelmassa esitetään myös sillan tekniset- ja laatutiedot. Asennuksen kulku, työsuojelu sekä ympäristöasiat ilmenevät myös suunnitelmasta. Asennustyömaalla toimitaan tilaajan edellyttämien ohjeiden mukaisesti ja tilaaja voi antaa asentajille perehdytyskoulutuksen kohteeseen ennen työn aloittamista. (Versowood 2018.)

## 6.9 Työturvallisuus

Siltarakentaminen tapahtuu pääosin ulkotiloissa, jonka johdosta olosuhteet muuttuvat ja työtatapaturmien mahdollisuudet kasvavat. Työntekijän tulee noudattaa työnantajan ohjeistusta työturvallisuudesta, sekä henkisuojainten, että työnsuorittamisen puitteissa. Työntekijän velvollisuus on myös huolehtia, ettei omasta työstä aiheudu vaaraa muille työntekijöille sekä ilmoittaa työnantajalle mahdollisista turvallisuuspuutteista. Työnantajan tulee valvoa, että työntekijät noudattavat annettuja työturvallisuusohjeita. Työturvallisuuden tulee olla yrityksen yhteinen asia, jonka eteen kaikkien pitää tehdä töitä. (Rakennusala 2018.)

## 7 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN

### 7.1 Toiminnallinen opinnäytetyö

Toiminnallisella opinnäytetyöllä tavoitellaan ohjeistamista, opastamista, järjestämistä tai järjeistämistä käytännön toiminnassa. Toiminnallinen opinnäytetyö voi olla esimerkiksi käytäntöön tarkoitettu opas, työturvallisuusohjeistus tai vaikka tapahtuman toteuttaminen. Toteutustapa valitaan kohderyhmän mukaan, esimerkiksi kansio, opas, kotisivut tai järjestetty tapahtuma. Toiminnallisen osuuden lisäksi opinnäytetyössä tarvitsee olla kirjallinen raportti. (Vilka & Airaksinen 2003, 9.)

Opinnäytetyön tekeminen aloitetaan aiheen ideoinnista. Aiheen täytyy olla tekijälleen motivoiva. Kuitenkin on hyvä harkita aihetta oman työllistymisen ja urakehityksen kannalta. (Vilka & Airaksinen 2003, 23.) On suositeltavaa, että opinnäytetyöllä on toimeksiantaja. Opinnäytetyön avulla voi näyttää omaa osaamistaan ja samalla syventää omia tietoja ja taitoja. Tarkoituksena on myös luoda yhteyksiä työelämään tai ylläpitää aiempia. Toimeksiantajalla opinnäytetyöllä lisätään vastuuntuntoa ja opetetaan projektihallintaan. (Vilka & Airaksinen 2003, 16 – 17.)

Opinnäytetyön aihetta pyysin jo hakiessani kesätöihin Versowoodille. Sain aika nopeasti ehdotuksen opinnäytetyölle, joka tulisi olemaan toiminnallinen. Opinnäytetyön tekemistä helpotti, että työskentelin koko kesän siltarakentamisen parissa. Pystyin hyödyntämään kokemusta opinnäytetyössä. Samankaltaista kokemusta olin saanut myös opintojen aikana projektityöskentelystä, toiminnallisena oleva opinnäytetyö tuntui hyvältä vaihtoehdolta.

Opinnäytetyön raportti on osittain myös kertomus. Se sisältää kerrontaa aiheen valinnasta sekä projektin etenemisestä. (Vilka & Airaksinen 2003, 82.) Opinnäytetyön raportti sisältää kuvauksen projektin etenemisen eri vaiheista sekä lopuksi pohdinnan oppimisesta ja työn tuomista haasteista.

Helpottamaan omaa arviointia työstään voi kerätä palautteen kohderyhmältä. Palautetta voi kerätä oppaan toimivuudesta ja käytettävyydestä. (Vilka & Airaksinen 2003, 157.) Arviointi tehdään yhdessä Versowoodin edustajan kanssa. Alustavasti toimeksiantajan puolelta on annettu aihiot, minkälaiseksi laadunvarmistusmanuaali tulee muodostaa. Pyydän palautteen työstä ennen opinnäytetyön palauttamista.



## 7.2 Tiedonhaku

Tiedonhaku alkoi asiasanojen määrittelemisellä, joita olivat muun muassa siltarakentaminen, laadunvarmistus, laatupoikkeama, laatuvaatimus, raja-arvo, sallittu poikkeama, sillan rakennussuunnitelma ja toleranssi.

Tietolähteinä käytettiin siltarakentamisessa käytettäviä laadunvarmistus- ja suunnitteluohjeita. Ohjeiden tiedot on kerätty standardeista, jotka ovat kansainvälisesti käytössä siltarakentamisessa. Materiaalia on lainattu kirjastoista sekä etsitty internetistä. Suurin osa lähteistä on tuoreita, korkeintaan viisi vuotta vanhoja.

## 7.3 Projektin eteneminen ja tuotoksen kuvailua

Opinnäytetyön aiheen sain työskennellessäni kesällä 2018 Versowoodin alaisuudessa siltarakentamisessa. Aloituspalaveri pidettiin yhdessä puutekniikan lehtori Ilkka Tarvaisen ja Versowoodin edustajan kanssa kesäkuussa. Aloituspalaverissa sain jo hyviä vinkkejä teoriapohjan luomiseen.

Ensimmäiseksi loin hahmotelman sisällysluettelosta, minkä taustalla oli lyhyt perehtyminen aiheen teoriaan. Päätin jakaa opinnäytetyön aiheen useampiin isoihin käsitteisiin. Opinnäytetyön tuotos itsessään tulisi olemaan mahdollisesti salattu, tai ainakin liitetiedostona varsinaisessa kirjallisessa työssäni. Laadunvarmistusmanuaaliin valituille asioille löytyisi perustelut kirjallisesta työstäni. Sisällysluettelo hyväksyttiin Versowoodin puolesta sekä myös ohjaavan opettajan puolesta. Tämän jälkeen aloin hahmottelemaan laajemmin opinnäytetyön sisältöä.

Kesän 2018 aikana keräsin aineistoa siltarakentamisesta, valokuvasin omaa työtäni siltarakentamisen parissa sekä tein muistiinpanoja ja huomioita tuotosta varten. Aineiston kerääminen oli haastavaa, tietoa löytyi useasta eri kirjalähteestä. Hiljalleen sain kuitenkin aineiston kerättyä.

Alkusyksyn aikana olen keskittynyt tekemään kirjallista työtä sekä laadunvarmistusmanuaalia. Tämän jälkeen laadunvarmistusmanuaali tarkastutetaan toimeksiantajalla. Julkaisuseminaari on tarkoitus pitää tämän syksyn aikana ja opinnäytetyö julkaista loppuvuodesta 2018.

## 8 YHTEENVETO

### 8.1 Opinnäytetyön luotettavuus

Opinnäytetyössä esitetyt silloille laaditut laatuvaatimukset ovat peräisin yleisesti käytössä olevista siltarakentamisessa käytettävistä ohjeista ja standardeista. Ne perustuvat eri tahojen kokoamiin yleisiin laatuvaatimuksiin, työselosteisiin ja standardeihin, joista koostuu alan yhteinen käsitys hyvästä rakennustavasta. InfraRYL:in laatuvaatimukset on käyty läpi rakennusalan toimikunnissa ja työryhmissä. Tämän lisäksi rakennuttajat, urakoitsijat, suunnittelijat, viranomaiset, järjestöt ja yksittäiset asiantuntijat ovat antaneet lausuntoja kirjan luvuista, joten niiden totuudenmukaisuutta ei ole syytä epäillä. RYL:in tavoitteena on määrittää lopputuotteen rakennustekninen laatu ja siinä ei viitata työturvallisuuteen.

Hyvän tieteellisen käytännön lähtökohtia ovat rehellisyys, huolellisuus ja tarkkuus. Tutkimus toteutetaan avoimesti ja vastuullisesti. Toisen tekemää työtä kunnioitetaan ja viitataan siihen asianmukaisella tavalla. (Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa 2012, 6.) Tämä opinnäytetyö on toteutettu hyvää tieteellistä käytäntöä noudattaen, sillä tieto on valittu huolellisesti ja arvioitu lähteiden luotettavuutta. Lähteisiin on viitattu asianmukaisesti.

### 8.2 Pohdintaa tuotoksesta ja oppimiskokemuksesta

Siltarakentamisen ohjeissa ja säännöksissä on paljon erilaisia toleransseja ja laatuohjeita. InfraRYL 2006 on hyvä kirja siltarakentamisen laadunhallintaan. Siinä ei kuitenkaan käydä läpi jokaista siltarakentamisen osa-aluetta, jolloin tietoa täytyy myös hakea muualta. Eurokoodit ja niiden kansalliset liitteet sekä liikenneviraston ohjeet ovat apuna siltarakentamisen laadunvarmistuksessa ja niitä on syytä noudattaa, jotta päästään siltarakentamisessa yhtenäiseen laadukkaaseen lopputulokseen.

Siltaosa on ollut ja on edelleen laajan päivitystyön alla, jolloin ohjeet päivittyvät joiltain osin. Uudet päivitykset ilmestyvät ensi vuoden alussa, jolloin saattaa tulla mahdollisia muutoksia nykyisiin ohjeisiin. InfraRYL Netistä löytyy viimeisin päivitetty tieto ja ne onkin syytä tarkastaa, jotta ei tapahdu rakentamista vanhoilla tiedoilla.

Opinnäytetyön tekeminen oli kaiken kaikkiaan haastava, mutta antoisa kokemus. Työn jokin käynnistyttyä, oli tarjolla toinen opiskelija jakamaan tämän työn tekemistä, mutta opettajan suosituksesta jatkoin kuitenkin opinnäytetyön tekemistä yksin. Tämä antoi tietyllä tavalla vapauksia, työtä tuli tehtyä, kun se itselleen parhaiten sopi. Mutta taas toisaalta yksin tekeminen tuotti haasteita, kun joutui pohtimaan asioita yksinään. Työn tekeminen kesätyönä

ohessa sujui joustavasti. Pystyin hyvin hyödyntämään kesätyössäni oppimaa tietoa opin-  
näytetyön tekemisessä. Sain myös rakennettua työhön luotettavasti osion siltarakentami-  
sen vaiheista, alueesta jota ei ole kirjallisuudessa tarkkaan määritelty.

Olen edennyt työn tekemisessä tekemäni aikataulun mukaisesti. Työn edetessä ei ole tul-  
lut vastaan voittamattomia haasteita, vaan mielestäni työ on edennyt tasaisesti koko ajan.  
Olen tyytyväinen luomaani laadunvarmistusmanuaaliin. Koen sen olevan hyvin luotettava,  
koska se on luotu samanaikaisesti puusillan rakentamisen ja valmistumisen kanssa. Suu-  
rin haaste on ollut koostaa kirjallinen raportti johdonmukaiseksi ja luettavaksi työksi. Koen  
kuitenkin onnistuneeni siinäkin hyvin.

## LÄHTEET

### Painetut lähteet

Hämäläinen, E. 2010. Yksityistien parantaminen. Kerava: Painojussit Oy.

InfraRYL 2006, 2008. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat. Rakennustieto Oy. Helsinki: Karisto Oy.

RIL 179 – 2018, 2018. Sillat – suunnittelu, toteutus ja ylläpito. Suomen rakennusinsinööriliitto. Helsinki: Kirjakaari Oy.

RIL 205-1-2009. 2009. Puurakenteiden suunnitteluohje. Suomen rakennusinsinööriliitto RIL Oy. Helsinki: Hansaprint Oy.

Suomen rakennusinsinööriliitto 2004. Siltojemme historia. History of Finnish bridges. Helsinki: Otavan kirjapaino Oy.

Versowood 2018. Nostotyö- ja laatusuunnitelma.

Vilkka, H. & Airaksinen, T. 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Tammi.

### Elektroniset lähteet

Elinkeino, liikenne ja ympäristökeskus 2018. Ely-keskus. [viitattu 6.9.2018]. Saatavissa: [http://www.ely-keskus.fi/web/ely/halikon-vanha-silta?p\\_p\\_id=122\\_INSTANCE\\_aluevalinta&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_r\\_p\\_564233524\\_reset-Cur=true&p\\_r\\_p\\_564233524\\_categoryId=14253](http://www.ely-keskus.fi/web/ely/halikon-vanha-silta?p_p_id=122_INSTANCE_aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_reset-Cur=true&p_r_p_564233524_categoryId=14253)

Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. 2012. Tutkimuseettinen neuvottelukunta [viitattu 15.10.2018]. Saatavissa: [http://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK\\_ohje\\_2012.pdf](http://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf)

Laukkanen, M. 2018a. Suomessa puusiltojen esteenä asenteet ja betonia suosiva hankintamenettely. Puuinfo [Viitattu 5.9.2018]. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/tiedote/suomessa-puusiltojen-esteena-asenteet-ja-betonia-suosiva-hankintamenettely>

Laukkanen, M. 2018b. Norjassa hallitus tukee ja edistää puusiltojen rakentamista. Puuinfo [Viitattu 5.9.2018] Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/tiedote/norjassa-hallitus-tukee-ja-edistaa-puusiltojen-rakentamista>

- Liikennevirasto. 2012. Siltojen kaiteet. Liikenneviraston ohjeita 25/2012. Liikennevirasto [Viitattu 15.10.2018]. Saatavissa: [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2012-25\\_siltojen\\_kaiteet\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2012-25_siltojen_kaiteet_web.pdf)
- Liikennevirasto 2013. Eurokoodin soveltamisohje. Puurakenteiden suunnittelu NCCI5. Liikenneviraston ohjeita 25/2013. [Viitattu 3.10.2018]. Saatavissa: [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo\\_2013-25\\_ncci5\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lo_2013-25_ncci5_web.pdf)
- Liikennevirasto. 2017. Liikenneviraston tilastoja 8/2017. Liikennevirasto [Viitattu 18.9.2018]. Saatavissa: [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lti\\_2017-08\\_liikenneviraston\\_sillat\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lti_2017-08_liikenneviraston_sillat_web.pdf)
- Martonen, A. 2015. Puu lyö betonin rakennusmateriaalina 6-0. Talouselämä – verkkosivut [Viitattu 18.9.2018]. Saatavissa: <https://www.talouselama.fi/uutiset/puu-lyo-betonin-rakennusmateriaalina-6-0/6bf608f8-dbf5-3ed6-86b4-79a1f0f4e46a>
- Palokallio, J. 2018. Euroopassa suositaan puisia siltoja – Suomessa rakentaminen hiipunut. Maaseudun tulevaisuus - verkkosivut [Viitattu 5.9.2018]. Saatavissa: <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/rakentaminen/artikkeli-1.228364>
- Puuinfo. 2018. Puusillat [Viitattu 5.9.2018]. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/puu-tieto/puusillat>
- Rakennusala. 2018. Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu [Viitattu 8.10.2018]. Saatavissa: <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/rakennusala>
- Versowood. 2017a. Tunnusluvut. Versowood Oy:n verkkosivut [Viitattu 4.9.2018]. Saatavissa: <https://www.versowood.fi/fi/konserni/tunnusluvut>
- Versowood. 2017b. Sertifiointit. Versowood Oy:n verkkosivut [Viitattu 4.9.2018]. Saatavissa: <https://www.versowood.fi/fi/konserni/vastuullisuus/sertifiointit>
- Versowood. 2017c. Puusillat. Versowood Oy:n verkkosivut [Viitattu 6.9.2018]. Saatavissa: <https://www.versowood.fi/fi/tuotteet/maa-ja-tierakentamisen-tuotteet/puusillat>
- Versowood. 2017d. Tyyppihyväksytyt sillat. Versowood Oy:n verkkosivut [Viitattu 8.10.2018]. Saatavissa: <https://www.versowood.fi/fi/tuotteet/maa-ja-tierakentamisen-tuotteet/tyyppihyvaksytyt-sillat>
- Viljakainen, M. 2015. Puusiltarakentamisen mahdollisuudet – esimerkkejä pohjoismaista. Puuinfo [viitattu 5.9.2018]. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Pohjoismaista%20puusiltarakentamista%20web.pdf>