

### YLEISOHJEEN SISÄLTÖ



Kuva 1. Pyöröpuinen palkkisilta.



Kuva 2. Liimapuinen palkkisilta.



Kuva 3. Uusittu sillan liimapuuelementtikansi.

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 1. YLEISTÄ.....                                        | 5  |
| 2. PUUSILTATYYPIT .....                                | 10 |
| 3. MATERIAALIT JA LIITOKSET .....                      | 12 |
| 4. LAHONTORJUNTA JA PINTAKÄSITTELY .                   | 13 |
| 5. TYYPILLISET VAURIOT JA VIRHEET.....                 | 15 |
| 6. PUUSILTOJEN HOITO.....                              | 18 |
| 7. TUTKIMUKSET JA KORJAUKSEN<br>PERIAATERATKAISU ..... | 18 |
| 8. KORJAUKSEN SUUNNITTELU .....                        | 24 |
| 9. PURKUTYÖT JA TYÖNAIKAISET<br>TUENNAT .....          | 29 |
| 10. KORJAUSTYÖT .....                                  | 32 |
| 11. TYÖTURVALLISUUS .....                              | 41 |
| 12. LAADUNVARMISTUS JA<br>LAADUNOHJAUS .....           | 43 |
| 13. RINNAKKAISET OHJEET.....                           | 49 |
| LIITE 1: Termit ja määritelmät                         |    |

## SISÄLLYSLUETTELO

|                                                |    |                                               |    |
|------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------|----|
| 1 YLEISTÄ.....                                 | 5  | 7 TUTKIMUKSET JA KORJAUKSEN                   |    |
| 1.1 Ohjeen soveltamisala.....                  | 5  | PERIAATERATKAISU .....                        | 18 |
| 1.2 Puusiltojen historia Suomessa.....         | 6  | 7.1 Tarkastukset ja tutkimukset.....          | 18 |
| 1.2.1 Puusiltatyypien aikakaudet .....         | 6  | 7.1.1 Siltojen tarkastukset.....              | 18 |
| 1.2.2 Siltojen suunnittelukuormien             |    | 7.1.2 Visuaalinen tarkastus.....              | 19 |
| historia.....                                  | 7  | 7.1.3 Mikroporatutkimus.....                  | 20 |
| 1.3 Puurakenteiden korjaukseen liittyvät       |    | 7.1.4 Kasvukairatutkimus.....                 | 20 |
| käsitteet.....                                 | 8  | 7.1.5 Monitorointi ja koekuormitus .....      | 20 |
| 1.3.1 Puurakenteiden korjaustyön               |    | 7.2 Korjauksen periaateratkaisu.....          | 20 |
| vaiheet.....                                   | 8  | 7.2.1 Sillan yleiskunnon ja käyttöiän         |    |
| 1.3.2 Termit ja määritelmät .....              | 9  | arviointi .....                               | 21 |
| 1.3.3 Merkinnät .....                          | 9  | 7.2.2 Sillan vaurioiden arviointi .....       | 21 |
| 1.3.4 Rakenne- ja toteutusluokat .....         | 9  | 7.2.3 Sillan kantavuuslaskenta ja             |    |
|                                                |    | -selvitykset.....                             | 21 |
| 2 PUUSILTATYYPIT .....                         | 10 | 7.2.4 Sillan jäljellä olevan käyttöiän        |    |
| 2.1 Pienet pyöröpuiset sillat .....            | 10 | määrittäminen puurakenteiden                  |    |
| 2.2 Liimapuiset palkkisillat.....              | 10 | vaurioiden perusteella .....                  | 22 |
| 2.3 Puinen kaarisilta.....                     | 11 | 7.2.5 Paikalliset olosuhteet .....            | 22 |
| 2.4 Puinen riippuansassilta .....              | 11 | 7.2.6 Työturvallisuus, liikenneturvallisuus   |    |
| 2.5 Puinen tukiansassilta .....                | 11 | ja ympäristönsuojelu .....                    | 22 |
| 2.6 Teräksinen palkkisilta, puukantinen .....  | 11 | 7.2.7 Kustannukset .....                      | 23 |
| 3 MATERIAALIT JA LIITOKSET .....               | 12 | 8 KORJAUKSEN SUUNNITTELU.....                 | 24 |
| 3.1 Materiaalit.....                           | 12 | 8.1 Korjaustyön rakennussuunnitelmat .....    | 24 |
| 3.1.1 Sahatavara.....                          | 12 | 8.1.1 Korjausmenetelmän valinta.....          | 24 |
| 3.1.2 Liimapuu.....                            | 12 | 8.1.2 Korjaussuunnitelman sisältö .....       | 24 |
| 3.2 Liitokset .....                            | 12 | 8.1.2.1 Rakennelaskelmat.....                 | 25 |
| 3.2.1 Metalliliittimet.....                    | 12 | 8.1.2.2 Yleis- ja rakennepiirustukset .....   | 25 |
| 4 LAHONTORJUNTA JA PINTAKÄSITTELY13            |    | 8.1.2.3 Purkutapaehdotus .....                | 26 |
| 4.1 Puurakenteiden käyttöluokat.....           | 13 | 8.1.2.4 Työselostus ja laatuvaatimukset ..... | 26 |
| 4.2 Lahontorjunta .....                        | 13 | 8.1.2.5 Kustannusarvio ja määräluettelo ..... | 26 |
| 4.2.1 Puurakenteen verhoilu ja                 |    | 8.2 Urakoitsijan suunnitelmat.....            | 26 |
| kosteudelta suojaaminen .....                  | 13 | 8.2.1 Tekniset työsuunnitelmat .....          | 27 |
| 4.2.2 Painekehyksitys .....                    | 13 | 8.2.2 Laatusuunnitelma.....                   | 27 |
| 4.3 Pintakäsittely .....                       | 13 | 8.2.2.1 Urakan laatusuunnitelma .....         | 27 |
| 4.3.1 Puutavara.....                           | 13 | 8.2.2.2 Työvaiheen laatusuunnitelma ....      | 27 |
| 4.3.2 Metalliset liittimet ja liitososat ..... | 13 | 8.2.2.3 Työturvallisuussuunnitelma.....       | 28 |
| 5 TYYPILLISET VAURIOT JA VIRHEET .....         | 15 | 8.2.3 Laakeri- ja liikuntasaumalaite-         |    |
| 5.1 Lahovauriot .....                          | 15 | piirustukset .....                            | 28 |
| 5.2 Puun halkeilu.....                         | 15 | 9 PURKUTYÖT JA TYÖNAIKAISET                   |    |
| 5.3 Törmäysvauriot .....                       | 15 | TUENNAT .....                                 | 29 |
| 5.4 Ylikuormitusvauriot.....                   | 16 | 9.1 Purkutöiden työturvallisuus .....         | 29 |
| 5.5 Kulumisvauriot.....                        | 16 | 9.2 Rakenteiden kestävyys korjaustyön         |    |
| 5.6 Rakentamisvirheet .....                    | 16 | aikana.....                                   | 29 |
| 5.7 Suunnitteluvirheet .....                   | 17 | 9.2.1 Liikenteen rajoittaminen .....          | 29 |
| 5.8 Puutteellinen kunnossapito .....           | 17 | 9.2.2 Työnaikaiset tuennat.....               | 30 |
| 6 PUUSILTOJEN HOITO .....                      | 18 | 9.3 Purkamismenetelmät .....                  | 31 |

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 10 KORJAUSTYÖT .....                                                                            | 32 |
| 10.1 Korjaustöiden laatuvaatimukset .....                                                       | 32 |
| 10.1.1 Valmistusta ja korjaustyötä koskevat yleiset laatuvaatimukset .....                      | 32 |
| 10.1.1.1 Laadunhallinta .....                                                                   | 32 |
| 10.1.1.2 Henkilöstön pätevyys .....                                                             | 32 |
| 10.1.1.3 Työtilat ja -välineet .....                                                            | 32 |
| 10.1.2 Materiaalit ja tarvikkeet .....                                                          | 32 |
| 10.1.3 Rakenneosien valmistaminen .....                                                         | 33 |
| 10.1.4 Korjaustöiden toteutus .....                                                             | 33 |
| 10.1.5 Lahonsuojaus ja pintakäsittely .....                                                     | 34 |
| 10.1.6 Telineet, suojaus ja jätteen talteenotto .....                                           | 34 |
| 10.2 Tukien korjaaminen .....                                                                   | 34 |
| 10.2.1 Päätytukien korjaaminen .....                                                            | 34 |
| 10.2.1.1 Takapaalut ja seinäpuut .....                                                          | 34 |
| 10.2.1.2 Tukipaalut .....                                                                       | 35 |
| 10.2.2 Välitukien korjaaminen .....                                                             | 35 |
| 10.2.2.1 Paalujen vahventaminen teräsmanttelilla .....                                          | 35 |
| 10.2.2.2 Välituen uusiminen teräspaalu-rakenteiseksi .....                                      | 35 |
| 10.3 Kansilankutuksen korjaaminen .....                                                         | 36 |
| 10.3.1 Puukannen vahventaminen teräslevyllä .....                                               | 36 |
| 10.3.2 Kulutuslankkujen uusiminen .....                                                         | 36 |
| 10.3.3 Syrjälankkukannen uusiminen .....                                                        | 36 |
| 10.4 Pääkannattajien korjaaminen .....                                                          | 37 |
| 10.4.1 Liimapuupalkit .....                                                                     | 37 |
| 10.4.2 Pyöröpuiset puupalkit .....                                                              | 37 |
| 10.4.3 Ansa- ja kaarisillat sekä muut erikoisrakenteet .....                                    | 37 |
| 10.5 Puukannen vedeneristys ja päällystäminen .....                                             | 38 |
| 10.6 Kaiteiden uusiminen sillan korjauksen yhteydessä .....                                     | 38 |
| 10.6.1 Kaidetolpan kiinnityspeeriaate liimapuisella palkkisillalla .....                        | 38 |
| 10.6.2 Kaidetolpan kiinnityspeeriaate pyöröpuisella sillalla .....                              | 40 |
| 10.6.3 Kaidetolpan kiinnityspeeriaate puukantisella teräspalkkisillalla .....                   | 40 |
| 10.6.4 Puukaiteen kaidetolpan kiinnityspeeriaate puukantisella kevyen liikenteen sillalla ..... | 40 |
| 10.7 Varusteiden ja laitteiden uusiminen .....                                                  | 40 |
| 10.8 Vahvistamistyöt .....                                                                      | 40 |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 11 TYÖTURVALLISUUS .....                                                    | 41 |
| 12 LAADUNVARMISTUS JA LAADUNOHJAUS .....                                    | 43 |
| 12.1 Tilaajan laadunvarmistus .....                                         | 43 |
| 12.1.1 Korjaustyön suunnittelu .....                                        | 43 |
| 12.1.2 Urakointimenettely .....                                             | 43 |
| 12.1.3 Laatujärjestelmän toimivuuden seuranta .....                         | 44 |
| 12.1.3.1 Laatujärjestelmän toimivuuden hankeauditointi .....                | 44 |
| 12.1.3.2 Työ- ja laatusuunnitelman tarkastus .....                          | 44 |
| 12.1.3.3 Työnaikaiset tarkastukset .....                                    | 44 |
| 12.1.3.4 Työn laadun arviointi .....                                        | 44 |
| 12.2 Urakoitsijan laadunvarmistus .....                                     | 45 |
| 12.2.1 Henkilöstön pätevyys .....                                           | 45 |
| 12.2.2 Työ- ja mittausvälineet .....                                        | 45 |
| 12.2.3 Työnopastus ja mallityöt .....                                       | 45 |
| 12.2.4 Laadunohjaus ja laadun-tarkastukset .....                            | 45 |
| 12.3 Työnaikaiset tarkastukset ja mittaukset .....                          | 46 |
| 12.3.1 Materiaalien ja esivalmistettujen osien tarkastus .....              | 47 |
| 12.3.2 Korjaustyön tarkastus .....                                          | 47 |
| 12.3.3 Lahonsuojauksen ja pinta-käsittelyn tarkastus .....                  | 47 |
| 12.4 Vaatimustenmukaisuuskokeet .....                                       | 47 |
| 12.4.1 Materiaalien koostumus, lujuus ja muut mekaaniset ominaisuudet ..... | 47 |
| 12.4.2 Rakenneosien ja rakenteiden mittatarkkuus .....                      | 48 |
| 12.4.3 Silmämääräiset tarkastukset .....                                    | 48 |
| 12.4.4 Liitosten tarkastukset .....                                         | 48 |
| 12.4.5 Lahontorjunnan ja pintakäsittelyn tarkastukset .....                 | 48 |
| 12.5 Sillan laaturaportti ja korjaustyön laatuaineiston taltiointi .....    | 48 |
| 13 RINNAKKAISET OHJEET .....                                                | 49 |
| 13.1 Muut ohjeet (viiteluettelo) .....                                      | 49 |
| 13.2 Standardit .....                                                       | 50 |

#### LIITE 1 Termit ja määritelmät

**Liikennevirasto, Taitorakenneyksikkö 2018**

SILKO-projektin yleistyöryhmä:

Insinööri Ilkka Kuulas, pj.

Diplomi-insinööri Markku Äijälä

Diplomi-insinööri Ari Savolainen, sihteeri

Rakennusmestari Timo Repo

Insinööri (AMK) Matti Airaksinen

Insinööri (AMK) Henry Niemi

Rakennusmestari Jarmo Silvander

Insinööri (AMK) Jaakko Huotari

Diplomi-insinööri Kari Kuusela

Liikennevirasto, Taitorakenneyksikkö

Liikennevirasto, Taitorakenneyksikkö

Sito Oy

Uudenmaan ELY-keskus

Ramboll Finland Oy

Siltainsinöörit TH

Destia Oy

Versowood

Insinööritoimisto Ponvia Oy

Konsultti      Insinööritoimisto Ponvia Oy

Piirrokset      Kuva 4, 5, 17, 18, 19, 20, 21, 22: Kari Kuusela, Insinööritoimisto Ponvia Oy

Valokuvat      Kuva 1: Joni Penttilä  
Kuva 2: 3, 12, 13, 14, 15, 16, Henry Niemi, Siltainsinöörit TH  
Kuva 6: Joni Penttilä  
Kuva 7: Timo Lauri, Taitorakennerekisteri  
Kuva 8: Taitorakennerekisteri  
Kuva 9: Ponvia Oy  
Kuva 10: Taitorakennerekisteri  
Kuva 11: Janne Korhonen, Taitorakennerekisteri

Taulukot      Taulukot 1, 2, 3, Kari Kuusela, Insinööritoimisto Ponvia Oy

Taitto      Liikennevirasto

# 1 YLEISTÄ

## 1.1 Ohjeen soveltamisala

Tämä ohje on laadittu siltojen korjausohjejärjestelmän eli SILKO-ohjeiston osana. Ohjetta käytetään vanhoja siltoja ja uudisrakentamisen virheitä korjattaessa.

Ohje on yleisohje, jota täydentävät *SILKO 2.421 Puukannen vahventaminen teräslevyllä /6/*, *SILKO 2.431 Liimapuupalkin halkeaman injektointi /7/* ja *SILKO 2.815 Puukannen päällystäminen /8/*. Ohjeessa käsitellään puurakenteiden rakenteellisia korjauksia sisältäen ohjeet teräsosien uusimiseksi tai korjaamiseksi.

Ohje täydentää soveltamisohjetta *Puurakenteiden suunnittelu - NCCI 5 /1/*. Soveltamisohje antaa suunnittelijalle pelkistettyjä ohjeita eurokoodien tulkintaan ja esittää menetelmiä, joilla eurokoodien vaatimustaso täytetään. Ohjeessa ei kaikkia eurokoodin esittämiä asioita ole käsitelty, joten ohjetta tulee käyttää rinnakkain standardien SFS-EN 1995-1-1 ja SFS-EN 1995-2, niihin liittyvien siltoja koskevien kansallisten liitteiden ja viitestandardien kanssa.

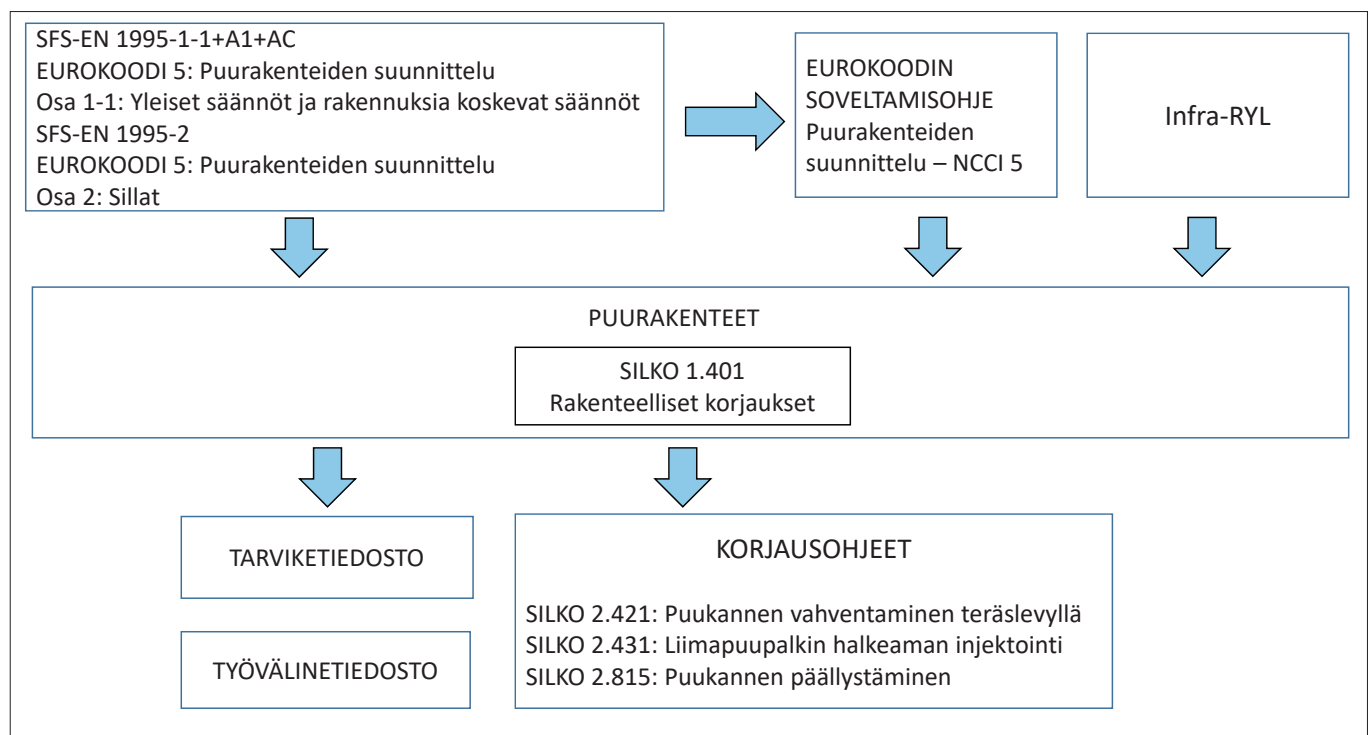
Ohjeen tarkoituksena on esitellä puurakenteiden korjausmenetelmiä yleisimmissä silta- ja rakennetyypeissä. Ohjetta voidaan käyttää soveltuvin osin myös muissa taitorakenteissa ja uudisrakentamisessa. Ohjeessa esitetään keskitetysti korjaustöihin liittyviä työsuojelu- ja ympäristönsuojeluohjeita.

Ohjeessa on esitetty puun materiaaliominaisuudet ja puun lahontorjunta sekä pintakäsittely. Puurakenteiden tyypillisimmät liitokset ja siltakaiteiden uusiminen on myös ohjeessa esitetty.

Ohje liittyy eurooppalaisiin standardeihin ja muihin ohjeisiin kuvan 4 mukaisesti.

Täydentäviä tietoja on saatavissa myös muista alan julkaisuista.

Ohjeen käyttäjän tulee ottaa huomioon viitteissä mahdollisesti tapahtuneet muutokset.



Kuva 4. Ohjeen liittyminen muihin ohjeisiin ja standardeihin.



## 1.2 Puusiltojen historia Suomessa

### 1.2.1 Puusiltatyypien aikakaudet

Maamme ensimmäiset sillat ovat olleet pyöreästä puutavarasta rakennettuja yksiaukkoisia palkkisilloja. Sahateollisuuden käynnistyttyä 1500-luvulla alettiin sillanrakennuksessa käyttää sahattua puutavaraa. Puusiltojen rakentamista maassamme mahdollisti myös perimätiedon ja kokemuksen antama taito valita puumateriaali ja rakenteellinen suojaus siten, että saavutettiin sillan pitkä käyttöikä.

Seuraavassa on yhteenveto Suomessa käytetyistä tavallisimmista puusiltatyypeistä.

#### *Pukkisilta*

Perinteiset pukkisillat olivat mittavimpia pyöreän puun käyttökohteita. Järjestelmä koostui pukkimaaisesta pilarista, palkeista ja vinositeistä. Pukit olivat pysty- ja vinopaalujen muodostamia paaluryhmiä, jotka oli liitetty toisiinsa vinositein joka suunnasta. Pukkien päihin tukeutuivat ajorataa kannattavat puupalkit, jotka saattoivat koostua useammasta parrusta.

Rautateiden alkuaikoina valtaosa Suomen rautatiesilloista rakennettiin pukkisilltoina. TVH rakensi vielä 1970-luvulla useita kymmeniä pukkisilloja vuosittain. Tuolloin näitä siltoja nimitettiin palkkisilloiksi.

#### *Palkkisilta*

Palkkisilloissa päällysrakenteen kannatinrakenne muodostui useammasta päällekkäisestä pyöröpuusta, jotka saatiin yhdessä toimiviksi vaarnarakenteita käyttäen. Alkuun vaarnoina toimivat puukapulat ja 1920-luvulta lähtien tuli käyttöön patentoidut teräksiset sidelevyt ja pultit.

Puupalkkisiltanimike määräytyy vain kansirakenteen perusteella eikä siihen vaikuta alusrakennetarkaisu.

#### *Ansassilta*

Jännevälivaatimuksen kasvaessa tuki- ja riippuansarakenne tuli taloudellisesti kannattavaksi. Rakenteet vaativat hyviä kirvesmiestaitoja, joita Suomessa oli riittävästi tarjolla. Ensimmäiseksi tuli käyttöön tukiansassillat, joissa välitukien kohdilla oleva satulapuu ja sen päädyistä välitukeen ulottuvat vinotuet jäykistivät päällysrakenteen puurakennetta niin, että jännemittaa voitiin kasvattaa merkittävästi puupalkkisiltojen jännemitoista.

Suomen matalapiirteisessä maastossa, jossa sillan alle jää matala alikulkukorkeus, toimivaksi ratkaisuksi muodostui riippuansarakenne. Ansarakenne sijaitsee päällysrakenteen yläpuolella ja ansaan kärkeen tukeutuva vetotanko siirtää siltäjänteen puoliväliin sijoitetun poikkipalkin kuormat ansarakenteelle. 1900-luvun alkupuolella tämä siltatyyppi oli varsin yleinen enintään 20 metrin jännemitan silloilla. Merkittävin riippuansassilta on vuonna 1999 valmistunut Vihantasalmen silta. Silta on kolmiaukkoinen riippuansassilta, jonka tukivälit ovat 42,0 + 42,0 + 42,0 metriä ja hyödyllinen leveys on 11,75 metriä.

#### *Kaarisilta*

Vanhimmat kaarisillat on Suomessa rakennettu 1800-luvun lopulla, joista merkittävin on Oulussa sijainnut Tuiran silta. Sillan jännemitat olivat 38,1 + 45,7 + 38,1 metriä. 1990-luvulta lähtien liimapuurakenteisia kaarisilloja on rakennettu lähinnä kevyen liikenteen väylille.

#### *Lautakannatinsilta*

Lautakannatinsiltojen pääpalkkeina toimivat puurakenteiset I-palkit, joiden uuma muodostui joko ristikkäin tai laskevaan suuntaan sijoitetuista lautakerroksista. Lautakannatinsilloja rakennettiin Lapissa useita kymmeniä sodassa tuhottujen siltojen korvaamiseksi uusilla silloilla. Lautakannatinsillat osoittautuivat pitkäikäisiksi tervauksen, suuren sydänpuupitoisuuden ja Lapin ilmasto-olosuhteiden vuoksi.

#### *Liimapuupalkkisilta*

Liimapuupalkki yleistyi siltojen pääkannattajina 1970-luvulla. Tie- ja vesirakennushallitus julkaisi vuonna 1976 ohjeen ”Ohje liimapuisen palkkisillan  $j_m=4\ldots 20$  m tyyppiirustussarjan käyttämisestä (TVH 722050)”. Näissä tyyppisilloissa on poikittainen naulattu syrjälankkukansi tai liimapuuelementtikansi. Lisäksi on rakennettu yksilöllisiä jatkuvia liimapuupalkkisilloja.

Liikenneviraston www-sivuilla on julkaistu vuonna 2015 tyyppiirustussarja ”Poikittain jännitetyt liimapuiset palkkisillat” ajoneuvoliikenteen kuormille. Tyyppisillan jännemitat ovat 6–32 m ja hyödyllinen leveys 4,5 / 6,5 m.

Puusiltojen historiaa on selvitetty tarkemmin teoksessa *Siltojemme historia* /22/.

### 1.2.2 Siltojen suunnittelukuormien historia

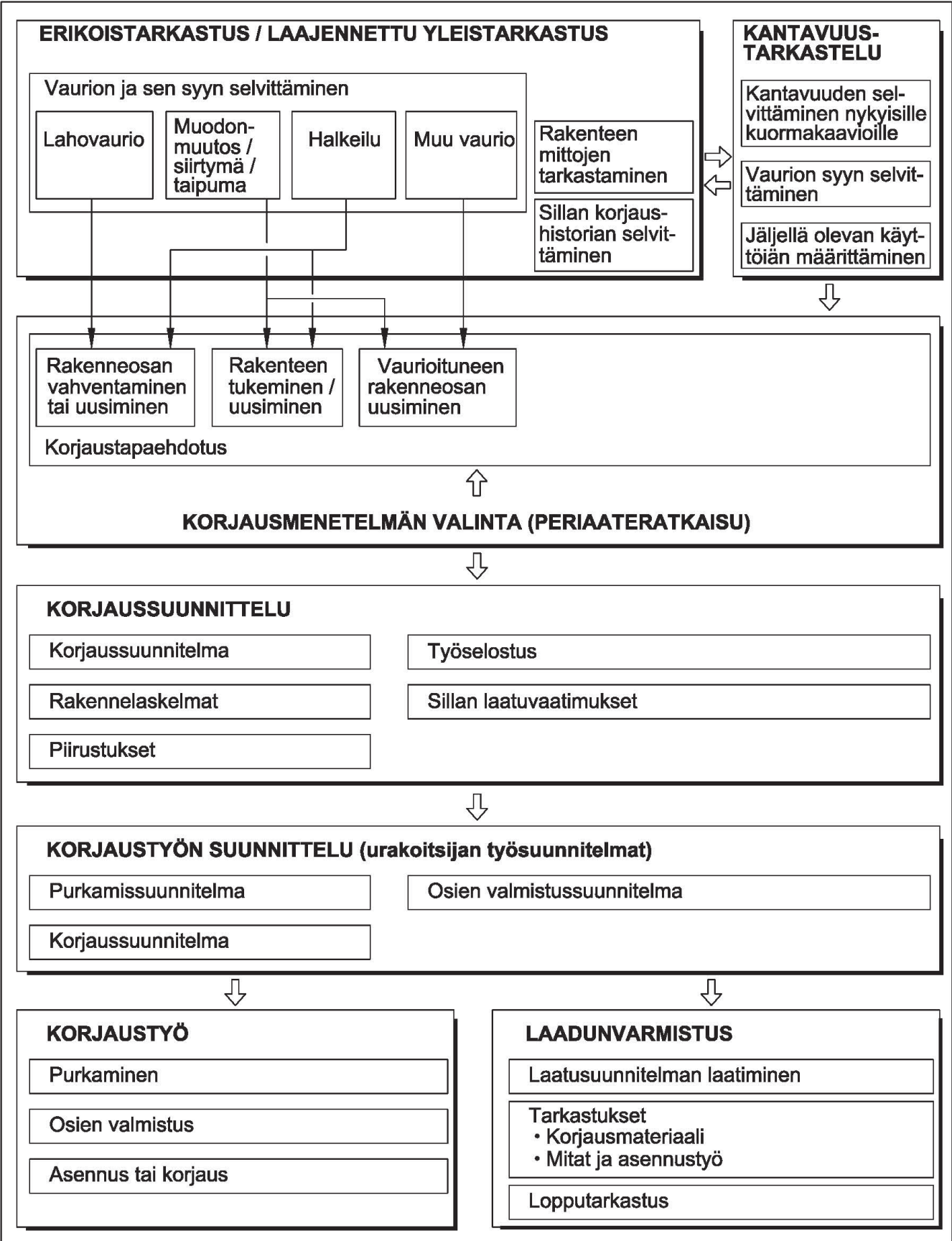
Sillan rakenteellisten korjaustöiden tekeminen edellyttää aina rakennussuunnitelmien laatimista ennen korjaustöihin ryhtymistä. Rakennussuunnitelmien laatimisen alkuvaiheessa selvitetään korjattavan sillan alkuperäiset suunnittelukuormat. Yleensä suunnittelukuormat selviävät sillan piirustuksista tai muista sillan rakentamisaikaisista asiakirjoista. Myös taitorakennerekisteristä saa tietoa sillan suunnittelukuormista. Taitorakennerekisteristä saatavia kuormitustietoja tulee verrata rakentamisaikaisissa asiakirjoissa ilmoitettuihin kuormiin, koska taitorakennerekisterin kuormitustiedoissa on havaittu olevan virheitä.

Ensimmäinen tiesiltojen suunnittelua koskeva ohje on annettu kiertokirjeellä vuonna 1891. Ensimmäiset siltojen suunnittelua ohjaavat teknilliset määräykset ovat vuodelta 1921. Nykyiset Euro-normeihin pohjautuvat suunnittelukuormat otettiin suunnittelussa käyttöön 1.6.2010. Suunnittelukuormia päivitettiin 6.12.2017. Tällä hetkellä voimassa olevat kuormat on selvitetty tarkemmin Liikenneviraston julkaisussa *Eurokoodin soveltamisohje, Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet - NCCI 1 /10/*. Tie- ja rautatiesiltojen suunnittelukuormien kehitystä on selvitetty tarkemmin *Taitorakenteiden tarkastusohjeen /23/* liitteissä 6 ja 7.

Suunnittelukuormien kehityksestä on kattava kuvaus myös julkaisussa *Siltojemme historia /22/*.

1.3 Puurakenteiden korjaukseen liittyvät käsitteet

1.3.1 Puurakenteiden korjaustyön vaiheet



Kuva 5. Puurakenteen korjaustyön vaiheet sillankorjaushankkeessa.



### 1.3.2 Termit ja määritelmät

Käytettävät termit ja määritelmät on esitetty standardeissa SFS-EN 1995-1-1 ja SFS-EN 1995-2 kappaleessa 1.5.

Metalleja kuvaava käsitejärjestelmä on esitetty SILKO-ohjeen 1.301 *Metallit sillankorjausmateriaalina* liitteessä 1. Rauta- ja terästuotteiden lämpökäsittelysanasto on esitetty standardissa SFS-EN 10052.

Siltojen eri rakenneosien termit on esitetty *Sillan tarkastuskäsikirjan* /24/ liitteessä 2 ja *Taitorakenteiden tarkastusohjeen* /23/ kohdassa 2.2.6.

Terästen pintakäsittelyä koskevat termit on esitetty SILKO-ohjeen 1.351 *Pintakäsittely* liitteessä 1.

### 1.3.3 Merkinnät

Ellei toisin ole mainittu, tässä ohjeessa noudatetaan standardien SFS-EN 1995-1-1 ja SFS-EN 1995-2 kohdan 1.6 mukaisia merkintöjä.

Teräksen ja alumiinin merkintää piirustukseen ja tilaukseen on käsitelty SILKO-ohjeen 1.301 *Metallit sillankorjausmateriaalina* kohdassa 1.4.3. Samassa kohdassa on esitetty myös eri metallien ohjeteksteissä esiintyvät kemialliset lyhenteet.

Terästen pintakäsittelyä koskevat merkinnät on esitetty SILKO-ohjeen 1.351 *Pintakäsittely* kohdassa 1.6.3.

### 1.3.4 Rakenne- ja toteutusluokat

Puun materiaaliominaisuudet on esitetty käyttö- ja aikaluokittain soveltamisohjeessa *"Puurakenteiden suunnittelu-NCCI 5, LO25/2013"* /1/. Tässä soveltamisohjeessa on esitetty myös määritelmät käyttö- ja aikaluokille. InfraRYL kohdassa "42050 Sillan ja taitorakenteiden puurakenteet" on esitetty materiaali vaatimukset, home- ja kosteussuoja vaatimukset, mittatarkkuusvaatimukset ja laadunvarmistustoimenpiteet sillanrakennustöissä.

Puusiltojen korjauksessa käytetään myös teräsoasia ja -varusteita. Teräsrakenteiden toteutusluokan valitsee suunnittelija ja hyväksyytään sen tilaajalla.

Puurakenteisten ajoneuvosiltojen ja vaativien kevyen liikenteen siltojen kantavuuden kannalta keskeiset teräsrakenneosat toteutetaan toteutusluokassa EXC 3. Muilla kuin pääkannattimien kantavilla rakenneosilla toteutusluokka on EXC2. Toteutusluokkaa EXC 2 käytetään normaaleille kevyen liikenteen silloille. Toteutusluokkaa EXC 1 ei käytetä lainkaan silloissa. Toteutusluokka tulee aina esittää yksiselitteisesti suunnitelmissa. Toteutusluokka voi vaihdella rakenneosittain.

Sillat kuuluvat seuraamusluokkiin CC2 ja CC3. Karkeasti luokiteltuna vain erittäin suuret ja vaativat sillat kuuluvat seuraamusluokkaan CC3 ja muut sillat seuraamusluokkaan CC2.

## 2 PUUSILTATYYPIT

### 2.1 Pienet pyöröpuiset sillat

Siltatyyppi on 1-aukkoinen tai jatkuva kolmi-aukkoinen puinen palkkisilta. Tyypillisin jännemitta on 3,0...8,0 metriä. Siltatyyppiä on myös jopa 10-aukkoisena. Lukumääräisesti eniten on 1-aukkoisia puusilloja. Sillan poikkileikkauksessa pääkannattimet ovat noin 0,5 metrin jaolla. Pääsääntöisesti pääpalkit muodostuvat päällekkäin asetetuista kahdesta pyöreästä puusta (latva Ø280 mm), joissa tasaisen sahapinnan sahauskorkeus (parrun korkeus) on 240...260 mm. Väli-tiluilla on lisäksi kolmantena puuna noin 2,5 metrin pituinen satulapuu, jonka avulla ylemmät puut on jatkettu teräspulteilla yhteen. Sillan kansilaattana on poikittainen syrjälankkukansi (50x125... 150). Monessa sillassa kansilaatta on uusimisen yhteydessä muutettu liimapuiseksi.

Silta on perustettu puupaalujen (latva Ø180 ja tyvi Ø250) varaan. Tukilinjassa yhdessä rivissä olevat pystypaalut ovat noin 0,9...1,0 metrin jaolla pääty- ja väli-tiluilla. Väli-tiluella ovat reunoilla lisäksi vino-paalut (4:1) sillan poikkisuunnassa. Päätytuen taustalla on lisäksi pystysuorat takapaalut, jotka tukeutuvat yläpäästään kansipalkkeihin. Takapaaluihin tukeutuvat vaakasuorat seinäpuut muodostavat seinän penkereen maanpainetta vastaan.

Tukipaalujen yläpäähän on asennettu niskapuu, jonka sahausväli on noin 220 mm ja sen päällä on muotoon sahattu aluspuu. Pääpalkit on asennettu aluspuun päälle.

Sillat on pääosin rakennettu vuosien 1965–1973 aikana. Suunnittelukuormana silloilla on ollut aluksi kuormaluokka A1, mutta vuoden 1969 jälkeen suunnittelukuormana on ollut kuormaluokka Akl, Ek2.

Pyöröpuisia siltoja on Suomessa yli 200 kappaletta.



Kuva 6. Niskakosken silta, Kuusamo.

### 2.2 Liimapuiset palkkisillat

Liimapuupalkkisilta muodostuu liimapuurakenteisista pääpalkeista ja puu- tai betonirakenteisesta kansilaatasta. Puurakenteinen kansilaatta on nauhattu syrjälankkukansi tai liimapuuelementeistä rakennettu kansi. Betonirakenteisia kansilaattoja on liimapuupalkkisilloissa maassamme hyvin vähän.

Vuonna 2015 julkaistun tyyppipiirustussarjan mukaisella liimapuisella palkkisillalla liimapuupalkit on jännitetty yhteen sillan poikkisuunnassa.

Liimapuupalkkisiltojen maksimijännemitta on ajoneuvoliikenteen silloilla noin 20 metriä ja kevyen liikenteen silloilla noin 30 metriä. Vuonna 2015 julkaistun tyyppipiirustussarjan mukaisella poikittain jännitetyllä liimapuisella ajoneuvoliikenteen palkkisillalla maksimijännemitta on 32,0 m.

Tukirakenteina silloilla on käytetty betoniperustuksia, mutta puupaaluperustuksia on myös jonkin verran rakennettu.

Liimapuupalkkisiltojen rakentaminen aloitettiin Suomessa 1970-luvun loppupuolella.

Liimapuisia palkkisilloja on Suomessa yli 300 kappaletta.



Kuva 7. Punkasalmen ylikulkukäytävä, Savonlinna.



### 2.3 Puinen kaarisilta

Suomessa on muutama puinen kaarisilta. Kaaren rakenne on liimapuuta. Sillan kansirakenne tukeutuu kaareen vetotankojen avulla tai osin kaarien poikkipalkkien välityksellä.

Perustukset ovat yleensä betonirakenteisia.

*Kuva 8. Ternujoen raittisilta, Rovaniemi.*



### 2.4 Puinen riippuansassilta

Puisen riippuansassillan varsinainen ansarakenne on isommilla silloilla liimapuuta ja pienemmillä silloilla sahatavaraa. Sillan kansirakenne tukeutuu ansarakenteeseen vetotankojen avulla.

Perustukset ovat yleensä betonirakenteisia.

Suomessa puisia riippuansassiltoja on alle 10 kappaletta.

*Kuva 9. Vihantasalmen silta, Mäntyharju.*



### 2.5 Puinen tukiansassilta

Suomessa on muutama tukiansassilta. Sillan rakenteet ovat sahapuuta. Perustukset ovat kivi- tai betonirakenteisia.

*Kuva 10. Etelänkylän isosilta, Pyhäjoki.*



### 2.6 Teräksinen palkkisilta, puukantinen

Puukantisessa teräspalkkisillassa pääkannattajat ovat valssattuja I-profiilin teräspalkkeja. Poikkikannattajina ovat puuparrut, joiden päällä on pitkittäinen syrjälankkukansi. Osassa silloista syrjälankkukansi on sijoitettu suoraan teräspalkkien varaan.

Sillan tuet ovat maan tai paalujen varaan perustettuja betonirakenteisia tukia.

*Kuva 11. Möhkön kanavasilta, Ilomantsi.*



### 3 MATERIAALIT JA LIITOKSET

---

#### 3.1 Materiaalit

---

##### 3.1.1 Sahatavara

Kantavissa ja jäykistävässä rakenteissa lujuusluokka on vähintään C30 ja muissa osissa C24. Rengaskulumiselle alttiissa rakenneosissa lujuusluokka on vähintään C24.

Seuraavassa on yhteenveto sahatavaran lujuusluokista eri rakenneosissa:

Pääkannattajat: C30

Sekundääriset pääkannattajat: C30

Jäykisteet: C30

Puukaiteet: C30/C24, kts. kohta 10.6

Syrjälankkukansi (toimiessaan sillan poikittaisena jäykisteenä): C30

Syrjälankkukansi: C24

Kansirakenteen kulutuslankut: C24

Verhoilurakenteet: C24

Sahatavara on vähintään laatuluokkaa VI ja näkyviin jäävän rungon osalta vähintään laatuluokka V.

##### 3.1.2 Liimapuu

Liimapuun lujuusluokka on vähintään GL30c ja laatuluokka vähintään H.

---

#### 3.2 Liitokset

---

##### 3.2.1 Metalliliittimet

Metallisten puikkoliittimien vaatimukset ovat standardin SFS-EN 14592 sekä vaarnojen ja naula-levyjen vaatimukset standardin SFS-EN 14545 mukaiset.

Standardissa SFS-EN 14592 on määritetty kantavissa puurakenteissa käytettävien teräksisten naulojen, hakasten, ruuvien, tappivaarnojen ja pulttien materiaalia, mittoja, lujuutta, jäykkyyttä sekä pitkäaikaiskestävyyttä (kuten korroosiosuojausta) koskevat vaatimukset ja testausmenetelmät. Standardissa SFS-EN 14545 on määritetty em. vaatimukset ja testausmenetelmät teräksisille lautasvaarnoille, rengasvaarnoille, hammasvaarnoille, naulalevyille ja naulauslevyille.

Puusilloissa käytettävillä metalliliittimillä tulee olla viranomaisen tai virallisen tutkimuslaitoksen antama todistus, sertifikaatti, hyväksyntä tai CE-merkintä.

## 4 LAHONTORJUNTA JA PINTAKÄSITTELY

### 4.1 Puurakenteiden käyttöluokat

Standardin SFS-EN 335 mukaisten käyttöluokkien kuvaukset ovat:

#### *Käyttöluokka 1*

Olosuhde, jossa puurakenne on suojattu katteella säätä ja kastumista vastaan.

#### *Käyttöluokka 2*

Olosuhde, jossa puurakenne on suojattu katteella säätä vastaan, mutta ympäröivän ilman kosteus on korkea ja voi johtaa rakenteen ajoittaiseen, mutta ei jatkuvaan kastumiseen.

#### *Käyttöluokka 3*

Olosuhde, jossa puurakennetta ei ole suojattu katteella, mutta rakenne ei ole kosketuksissa maahan. Rakenne on jatkuvasti säälle alttiina tai on suojattu säästä vastaan, mutta kastuu ajoittain.

#### *Käyttöluokka 4*

Olosuhde, jossa puurakenne on kosketuksissa maahan tai makeaan veteen ja siten on pysyvästi altistettu kastumiselle.

#### *Käyttöluokka 5*

Olosuhde, jossa puurakenne on pysyvästi altistettu suolaiselle vedelle.

### 4.2 Lahontorjunta

#### 4.2.1 Puurakenteen verhoilu ja kosteudelta suojaaminen

Sillan puurakenteet voidaan suojata kosteudelta kansirakenne vesieristämällä ja päällystämällä sekä reunimmaisella palkit riittävän pitkää kansiluketta käyttäen (NCCI 5, kohta 2.3.1.3) tai verhoilemalla palkkien uloimmat kyljet. Kosteudelta suojatut sillan puurakenteet kuuluvat käyttöluokkaan 2. Kosteudelta suojaamattomat sillan puurakenteet kuuluvat käyttöluokkaan 3.

#### 4.2.2 Paineekyllästys

Käyttöluokkaan 2 kuuluvan puutavaran kyllästysluokka on AB (suolakyllästys) ja käyttöluokkaan 3 kuuluvan puutavaran kyllästysluokka on A (suolakyllästys). Paineekyllästys tehdään standardin SFS-EN 351-1 mukaan.

Maanvastaisissa puurakenteissa käyttöluokissa 4 ja 5 voidaan käyttää kreosoottikyllästettyä puutavaraa. Pohjavesialueilla ja suoraan veteen kosketuksissa olevissa rakenteissa kreosoottikyllästystä ei saa käyttää.

### 4.3 Pintakäsittely

#### 4.3.1 Puutavara

Kyllästetty puutavara voidaan pintakäsittää vesi- tai liuoteohenteisella puusuojalla tai ulkopuolisten puupintojen pintakäsittelyyn tarkoitetuilla maaleilla. Ennen pintakäsittelyn aloitusta on varmistettava, että kyllästetty puutavara on riittävän kuivaa. Pintakäsittelyaineesta riippuen puun kosteusasteen tulee yleensä olla enintään 18 %.

#### 4.3.2 Metalliset liittimet ja liitososat

Käyttöluokan 3 mukaisissa olosuhteissa liittimet ja liitososat on valmistettava ruostumattomasta teräksestä vähintään laadusta EN 1.4301. Suolarasituksen alaisissa rakenteissa (tien suolaus, meriolosuhteet) liittimet ja liitososat on valmistettava haponkestävästä teräksestä, vähintään laadusta EN 1.4401. Kansilankutuksen liittimien korroosiosuojauksena voidaan käyttää kuuma-sinkitystä suolattomissa olosuhteissa, liittimien sinkkipinnoitteen vähimmäispaksuus on oltava 50 µm.



Käyttöluokan 2 mukaisissa olosuhteissa liittimien ja liitososien tulee olla valmistettu joko ruostumattomasta, vähintään laadusta EN 1.4301, tai haponkestävästä teräksestä. Tilaajan kanssa erikseen sopien voidaan liittimien ja liitososien korroosiosuojauksena käyttää kuumasinkitystä. Sinkkipinnoitteen vähimmäispaksuus liitososilla on 90 µm NCCI T taulukon 4 mukaisesti ja liittimillä 50 µm.

Isoissa erikoiskohteissa voidaan teräsosien (t ≥ 6 mm) korroosiosuojauksena käyttää kuumasinkitystä ja maalausta käyttöluokissa 2 ja 3. Teräsosien sinkkipinnoitteen vähimmäispaksuus on 90 µm NCCI T taulukon 4 mukaisesti ja sinkkipinnoitteen päälle tehtävän maalauksen järjestelmä on LIVI C.2 (EPPUR 160/3 – FeZn-SaS).

Käyttöluokan 2 ja 3 mukaisissa olosuhteissa poikittain jännitetyn liimapuisen palkkisillan jännitettyjen tankojen ja niihin liittyvien kiinnitysosien korroosiosuojauksena käytetään kuumasinkitystä. Sinkkipinnoitteen vähimmäispaksuus on 110 µm.

Taulukko 1. Liittimien ja liitososien materiaalit ja pintakäsittely.

| Käyttöluokka ja ympäristöolosuhteet                                                                                         | Teräksen sinkkipinnoitteen paksuus ≥ 50 µm | Teräksen sinkkipinnoitteen paksuus ≥ 90 µm | Teräksen sinkkipinnoitteen paksuus ≥ 110 µm | Ruostumaton teräs EN 1.4301 | Hapon kestävä teräs EN 1.4401 | Teräksen sinkkipinnoite 90 µm + LIVI C.2 (EPPUR 160/3 - FeZnSaS) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Käyttöluokka 2                                                                                                              |                                            |                                            |                                             | X                           |                               |                                                                  |
| Käyttöluokka 2<br>Tilaajan kanssa erikseen sopien<br>-Liittimet                                                             | X                                          |                                            |                                             |                             |                               |                                                                  |
| Käyttöluokka 2<br>Tilaajan kanssa erikseen sopien<br>-Liitososat                                                            |                                            | X                                          |                                             |                             |                               |                                                                  |
| Käyttöluokka 3<br>Suolattomat olosuhteet                                                                                    |                                            |                                            |                                             | X                           |                               |                                                                  |
| Käyttöluokka 3<br>Suolarasitus                                                                                              |                                            |                                            |                                             |                             | X                             |                                                                  |
| Käyttöluokka 3<br>Suolattomat olosuhteet<br>-Kansilankutuksen liittimet                                                     | X                                          |                                            |                                             |                             |                               |                                                                  |
| Käyttöluokat 2 ja 3<br>Isot erikoiskohteet, teräsosat                                                                       |                                            |                                            |                                             |                             |                               | X                                                                |
| Käyttöluokat 2 ja 3<br>Poikittain jännitetty liimapuinen palkkisilta<br>Jännitetyt tangot ja niihin liittyvät kiinnitysosat |                                            |                                            | X                                           |                             |                               |                                                                  |

## 5 TYYPILLISET VAURIOT JA VIRHEET

Sillan puurakenteiden vaurioiden vaurioluokitus ja ohjeelliset korjaustoimenpiteet sekä ohjeelliset kiireellisyysluokat on esitetty *Sillantarkastuskäsikirjan* /24/ taulukossa 11. Puukannen osalta vastaavat asiat on esitetty *Sillantarkastuskäsikirjan* /24/ taulukossa 12.

### 5.1 Lahovauriot

Lahovaurio on yleisin vaurion aiheuttaja puusilloissa. Laho etenee nopeimmin jatkuvasti kosteana olevissa rakenneosissa. Tällaisia rakenneosia ovat maanvastaiset ja vedenvaihtelualueella olevat rakenneosat sekä vuotavan kannen alla olevat kannattimet. Tarkastuksissa on myös huomioitava, että lahoa voi olla myös rakenneosan sisäosissa pintaosan ollessa tervettä puuta.



Kuva 12. Puisen pääkannattajan lahovaurio syrjä-lankkukannen alla

### 5.2 Puun halkeilu

Puun halkeilu on puun luonnollinen ominaisuus puun kuivuesssa kuivumiskutistumisen ollessa estetty. Puun halkeilulla ei ole rakenteellista merkitystä, jos halkeilu on vähäistä ja halkeamat eivät ole syviä. Liimapuurakenteissa halkeilua voi ilmetä myös lamellien liimauksen pettäessä. Siltarakenteissa halkeilusta johtuvaa kantavuuden alenemista tapahtuu vain liimapuurakenteissa halkeamien ollessa suuria ja sijaitessa tuen läheisyydessä. InfraRYL kohdassa 42050.1.2 on esitetty liimapuun halkeamien suurimmat sallitut mitat ja mittarajat halkeamille, jotka on korjattava SILKO 2.431 mukaisesti.

### 5.3 Törmäysvauriot

Törmäysvaurioita esiintyy puurakenteisten ylikulkukäytävä- ja risteyssiltojen päällysrakenteen pääkannattajissa ylikorkeiden ajoneuvojen törmätessä siltaan. Puurakenteisten pääkannattajien törmäysvauriot ovat yleensä kantavuuden kannalta vakavia vaurioita.

Törmäysvaurioita esiintyy myös törmäyksistä puusiltojen kaiteisiin ja reunasuisteparruihin. Nämä vauriot ulottuvat usein myös kaiteen kiinnitysrakenteiden kautta puurakenteisen päällysrakenteen vaurioihin.

## 5.4 Ylikuormitusvauriot

Ajoneuvot ovat suurentuneet ja niiden aiheuttamat ajoneuvokuormat ovat kasvaneet vuosien saatossa. Tiesilloilla suurimmat sallitut ajoneuvopainot ovat kaksinkertaistuneet 50 vuodessa ja raskaan liikenteen osuus on moninkertaistunut. Silloille, joiden kantavuus ei enää riitä nykyisille ajoneuvoasetuksen mukaisille kuormille, asetetaan painorajoitus liikennemerkein. Painorajoitus ei kuitenkaan poista kaikkien ylipainoisten ajoneuvojen liikennöimistä silloilla.

Ylikuormat voivat aiheuttaa puusilloilla liitoselimien löystymistä, mikä heikentää rakenteen kantavuutta ja suurentaa taipumia. Puupaaluperustaisilla silloilla ylikuormat voivat aiheuttaa paalujen painumista, koska paalut eivät välttämättä ole lyöty riittävän syvälle maapohjaan. Paalujen painuminen aiheuttaa suuret taivutusjännitykset niskapalkkeihin. Lisäksi välyksen syntyminen pääkannattajan ja niskapalkin väliin aiheuttaa liikenteen iskuvaikutuksen syntymistä paaluun suuretaen näin välystä entisestään.

## 5.5 Kulumisvauriot

Kulumisvaurioita syntyy puusilloissa lähinnä kansilankutukseen ajoneuvoliikenteen ja kunnossapitokaluston vaikutuksesta. Kulumista voi aiheuttaa myös liikkuva jää alusrakenteiden puupaaluihin.



Kuva 13. Kulunut ja osin lahonnut syrjälankkukansi.

## 5.6 Rakentamisvirheet

Yleisimpiä rakentamisvirheitä ovat puupaalujen paalutustyön huono laatu, jolloin paalut ovat jääneet liian ylös johtaen paalujen painumiin liikennekuorman vaikutuksesta. Liitoselimien puutteellinen kiristäminen johtaa rakenteiden puutteelliseen toimintaan ja liitosten löystymiseen entisestään. Kansirakenteen puutteellinen vesitiiveys johtaa pääkannattimien kostumiseen ja nopeuttaa pääkannattimien yläosan lahoamista.



Kuva 14. Päällystämättömän syrjälankkukannen rakoilu aiheuttaa vesivuotoa, mikä johtaa pääkannattajien kostumiseen

## 5.7 Suunnitteluvirheet

Yleisimpiä suunnitteluvirheitä on liitosten ja detailjien puutteellinen suunnittelu. Puurakenteiden suunnittelussa on erityistä huomiota kiinnitettävä puurakenteiden kuivana pysymiseen sekä rakennedetailjien laatimiseen siten, että kosteuseläminen pääsee vapaasti tapahtumaan estäen puun halkeilun. Liitosdetailjit on laadittava siten, että vetojännityksiä syitä vastaan kohtisuorassa suunnassa ei pääse syntymään.



Kuva 15. Syrjälankkukannen harjan kohdalla ei ole pääkannattajaa, mikä on johtanut syrjälankkukannen vaurioitumiseen päällysraakenteen päädyssä

## 5.8 Puutteellinen kunnossapito

Kunnossapidossa on erityistä huomiota kiinnitettävä kansirakenteen vesitiiveydestä huolehtimiseen, koska vesitiiveydellä on oleellinen merkitys pääkannattajien käyttöikään.

Siltarakenteiden ja kaiteiden liitosten kireys on määrävälein tarkistettava, koska välys johtaa rakenteiden puutteelliseen toimintaan ja välyksen kasvamiseen entisestään. Puukantisissa teräs-silloissa kansirakenteen löystyneet kiinnitykset mahdollistavat puuosien liikkumisen liikennekuormasta. Liikkuvat puuosat vaurioittavat alapuolisen teräspalkin ylälaipan yläpinnan pinnoitetta, joka aiheuttaa ennenaikaisia korroosio- ja syöpymisvaurioita ylälaipassa.



## 6 PUUSILTOJEN HOITO

Puusiltojen hoitotoimenpiteillä varmistetaan sekä liikenneturvallisuus että siltarakenteiden ja silta ympäristön kunnossapysyminen.

Siltojen hoitotoimenpiteet on esitetty ohjeessa ”Siltojen hoito”, Liikenneviraston ohjeita 29/2014 sekä ohjeessa ”Siltojen vuositarkastusohje”, TIEH 2200020-09. Siltojen vuositarkastus sisältyy siltojen hoitoon.

Erityistä huomiota on puusiltojen hoidossa kiinnitettävä pulttiliitosten kireyden tarkistamiseen. Löystyneet pulttiliitokset on kiristettävä. Poikittain jännitettyjen puusiltojen poikittaisten pulttien riittävä kireys varmistaa sillan suunnitelman mukaisen rakenneteknisen toimivuuden.

## 7 TUTKIMUKSET JA KORJAUKSEN PERIAATERATKAISU

### 7.1 Tarkastukset ja tutkimukset

#### 7.1.1 Siltojen tarkastukset

Siltojen osalta käytönaikaiset tarkastustyytit jaotellaan seuraavasti:

- vastaanottotarkastus (VOT)
- vuositarkastus (VT)
- yleistarkastus (YT)
- laajennettu yleistarkastus (LYT)
- erikoistarkastus (ET)
- tehostettu tarkkailu (TT)
- monitorointi, koekuormitus

Vastaanottotarkastus käynnistää sillan tarkastustoiminnan. Vastaanottotarkastuksessa kerätään tarkastustoiminnan lähtöasiakirjat. Niiden perusteella sillan perustiedot päivitetään Taitorakennerekisteriin ja määrätään ensimmäisen yleistarkastuksen ajankohta. Urakoitsija toimittaa tilaajalle tarkepiirustukset viimeistään vastaanottotarkastuksessa.

Vuositarkastus on sillalle vuosittain tehtävä silmämääräinen tarkastustoimenpide, jonka tarkoituksena on havaita liikenneturvallisuutta vaarantavat tai liikenteen sujuvuutta tai rakenteiden käyttöturvallisuutta haittaavat tekijät ja sillan kunnossapitoon liittyvät puutteet. Vuositarkastus tehdään tiesilloille ohjeen *Siltojen vuositarkastusohje /25/* mukaisesti. Vuositarkastuksessa tehdään havainnot rakenneosien kunnosta ja tarkastetaan hoidon taso. Vuositarkastuksessa havaitut vauriot saatetaan tilaajan tietoon tiesiltojen osalta *Sillan vuositarkastuslomakkeella*.

Yleistarkastus on sillalle tehtävä ”pää tarkastus”, jolla seurataan sillan kunnan kehittymistä koko sillan käyttöajan ajan. Yleistarkastus on vuositarkastusta tarkempi, pääsääntöisesti silmämääräinen tarkastus, joka tehdään yleensä 3–8 vuoden välein. Yleistarkastus on pohjana seuraavalle tarkastukselle ja toimenpiteiden ohjelmoinnille. Yleistarkastuksessa havaittujen vakavien vaurioiden perusteella rakenne voidaan asettaa tehostettuun tarkkailuun tai sille suositellaan erikoistarkastusta.

Puusilloille tehdään laajennettu yleistarkastus erikseen sovittuina ajankohtina yleistarkastuksen sijaan. Laajennettu yleistarkastus sisältää normaalin yleistarkastuksen lisäksi näytteidenottoa ym. tarkastusta tukevia toimenpiteitä, jotka on katsottu tarpeelliseksi riittävän kattavan tiedon saamiseksi sillan kunnosta. Puusiltojen laajennettu yleistarkastus tehdään erillisen tutkimusohjelman mukaan.

Siltojen yleistarkastuksien ja laajennettujen yleistarkastuksien laatuvaatimukset on esitetty ohjeessa *Siltojen yleistarkastusten laatuvaatimukset*. Pienten pyöröpuisten siltojen laajennettu yleistarkastus suoritetaan ohjeen *Puusillan laajennettun yleistarkastuksen ohje /2/* mukaisesti. Ohjetta voidaan soveltuvin osin käyttää myös muiden puusilatyypin tarkastukseen.

Erikoistarkastuksen tarkoituksena on saada yleistarkastusta tarkempaa tietoa sillan kunnosta korjaussuunnittelun ja/tai muiden toimenpidepäätösten lähtötiedoksi. Erikoistarkastus tehdään, kun yleistarkastuksen perusteella on syytä selvittää rakenteessa näkyvien vaurioiden syntymekanismeja tarkemmin, selvittää rakenteen vaurioitumista syvemmältä, tarkentaa rakenteen kuntoarviota tai kun vaurioita on niin paljon, että sillan

peruskorjaus alkaa olla ajankohtainen. Erikoistarkastuksessa käytetään silmämääräisien tarkastuksen lisäksi tarkempia tutkimusmenetelmiä, joiden avulla rakenteiden kuntoa voidaan arvioida pintaa syvemmillä. Siltojen erikoistarkastuksien laatuvaatimukset on esitetty ohjeessa *Siltojen erikoistarkastusten laatuvaatimukset. Puusillan laajennetun yleistarkastuksen ohje /2/* on kattavuudeltaan erikoistarkastuksen luokkaa, joten sitä voidaan käyttää sellaisenaan tai soveltuvin osin puusiltojen erikoistarkastuksissa.

Tehostettua tarkkailua käytetään esimerkiksi, kun vauriot vaikuttavat rakenteen kantavuuteen tai rakenteen kunto huonontuu kriittiseksi. Tehostettua tarkkailua voidaan käyttää seurattaessa tietäntyyppisen vaurion etenemistä ja sen varmistamista, että vaurio ei kehity niin pitkälle, että liikenne- tai käyttöturvallisuus vaarantuisi. Tällöin tehostetun tarkkailun tavoitteena on määrittää rakenteen kunnon muutos aikayksikköä kohti. Tarkastuksessa kiinnitetään päähuomio kantavuuteen vaikuttaviin seikkoihin ja erityisesti tarkkailuun johtaneeseen syyhyn. Näin ollen tarkastus keskittyy yleensä muodonmuutosten, halkeamien, murtumien ja lahovaurioiden tarkkailuun.

Tehostettua tarkkailua käytetään myös niissä tapauksissa, jolloin rakenne tai sen osa kulutetaan loppuun. Tehostetun tarkkailun tarkoituksena on mahdollistaa sillan tai sen osan laskennallisen kantavuuden ylittäminen. Tällöin rakenteen käyttöikä lyhenee, mutta hyötykuorman lisäyksen kautta voidaan saavuttaa paras mahdollinen kansantaloudellinen hyöty. Silta asetetaan tehostettuun tarkkailuun esimerkiksi silloin, jos painorajoitus poistetaan vahventamatta rakennetta.

Tehostettua tarkkailua voidaan suorittaa myös monitoroimalla rakennetta, jolloin rakenteeseen asennetaan kiinteät mittalaitteet ja anturit. Laitteet mittaavat määritettyjä ominaisuuksia (jännitys, siirtymä, värähtely) tietyn ajanjakson välein ja ilmoittavat tarvittaessa kriittisen raja-arvon ylittäviä mittaustuloksista automaattisesti. Monitorointiin yhdistetään usein myös koekuormitus. Monitorointia ja koekuormitusta on käsitelty tarkemmin tämän ohjeen kohdassa 7.1.5.

Siltojen tarkastusjärjestelmää on käsitelty tarkemmin *Taitorakenteiden tarkastusohjeessa /23/*. Ohjeita tarkastuksien suorittamiseen on annettu *Sil-lantarkastuskäsikirjassa /24/*.

### 7.1.2 Visuaalinen tarkastus

Taitorakenteiden tarkastaminen ja vaurioiden ja vi-kojen havainnointi tehdään pääsääntöisesti silmämääräisiin havaintoihin perustuen. Tarkemmilla tutkimusmenetelmillä voidaan havainnoida asioita mitä ei nähdä, mutta tarve tarkempien tutkimusten tekemiseen selviää näköhavaintojen perusteella. Tarkempia tutkimusmenetelmiä ei pääsääntöisesti ole syytä käyttää, jos ei silmämääräisen tarkastuksen perusteella ole aihetta epäillä rakenteessa olevan vaurioita. Poikkeuksena tästä on lahovauriot, jotka voivat sijaita rakenneosan sisässä täysin terveen puupinnan sisäpuolella.

Taitorakenteen silmämääräinen tarkastaminen perustuu koko rakenteen tarkastelemiseen, rakenneosien tarkastelemiseen sekä yksittäisten vaurioiden tarkastelemiseen. Tarkastelemalla koko rakennetta voidaan havaita normaalista poikkeavat muodonmuutokset ja siirtymät koko rakenteessa. Rakenneosakohtaisessa tarkastelussa voidaan myös muodonmuutosten ja siirtymien perusteella arvioida vaurioita. Rakenneosakohtaisessa tarkastelussa myös yksittäisten vauriomekanismien aiheuttamat vauriot rakenneosakokonaisuudelle tulevat esiin. Yksittäisen vaurion tarkastelu antaa tarkastajalle mahdollisesti jo tarkempaa informaatiota vaurion vakavuudesta, sen seurauksista ja mahdollisesti syntyvästä.

Visuaalisen tarkastuksen yhteydessä tulee tarkastella myös sitä, miten sillan rakenteet toimivat kuormituksen alaisena. Usein vialliset liitokset, liian suuret taipumat ja muodonmuutokset sekä liian suuret värähtelyt paljastuvat vain, kun siltaa kuormitetaan liikkuvalla kuormalla.

Näköhavaintoja voidaan puurakenteiden mittauksen lisäksi täydentää myös puukkoa, talttaa ja vasaraa tutkimusvälineenä käyttäen. Visuaalisella tarkastuksella ja em. tutkimusvälineitä käyttäen on myös mahdollista rajata alueita tarkempaa tutkimusta varten.

Sillan ja rakenneosien mitat tarkistetaan pistokoe-luontoisesti ja varmistetaan, että mitat vastaavat sillan rakennussuunnitelmissa esitettyjä mittoja.

Kiinnityspulttien ja esijännitystankojen kunto ja kireys on tarkastettava. Pulttien ja tankojen riittävä kireys varmistaa liitoksen oikean toiminnan ja rakenneosan kantavuuden.

### 7.1.3 Mikroporatutkimus

Mikroporan avulla voidaan puurakenteen ominaisuuksia tutkia rakenteessa pintaa syvemmältä. Rakenteen poraamisen yhteydessä mitataan porausvastusta ja poran etenemisnopeutta, minkä perusteella puun ominaisuuksia voidaan arvioida. Laitteeseen on saatavissa ohjelmistoja, jotka analysoivat mm. puun lahoamista poran antaman vastuksen perusteella. Tulokset on saatavissa graafisina kuvina.

Laitteen käyttäjän tulee olla hyvin perehtynyt laitteen ominaisuuksiin ja laitteen kalibrointiin puulajille ja kosteusolosuhteille. Mikroporan etuna on, että sillä saadaan nopeasti tutkimustulokset ja käytettävä poranterä (d 3 mm) vaurioittaa merkityksettömän vähän puurakennetta.

### 7.1.4 Kasvukairatutkimus

Kasvukairanäytteiden avulla voidaan selvittää puun sisäisiä lahovaurioita ja kyllästysaineen tunkeutumista. Puusiltojen laajennetussa yleis-tarkastuksessa otetaan kasvukairanäytteitä 2 kpl kannesta ja 2 kpl paaluista eli yhteensä neljä kasvukairanäytettä siltaa kohti. Kasvukairanäytteet valitaan varmentamaan mikroporan tulostamaa lahovauriota.

### 7.1.5 Monitorointi ja koekuormitus

Monitorointi on rakenteen tai sen rakenneosan kertaluontoista, jatkuvaa tai jaksottaista mittaamista ja mitatun tiedon analysointia. Monitoroinnin kesto voi vaihdella yhdestä päivästä useaan vuoteen. Mittaaminen tapahtuu automaattisesti käyttäen erityyppisiä mittalaitteita sekä antureita, joista mitattu tieto voidaan siirtää ja tallentaa automaattisesti tai manuaalisesti tiettyyn tietorekisteriin (palvelin, tietokanta).

Monitorointi voi olla osa rakenteen kunnon hallintaa, jolloin tarkoituksena on kerätä tietoa rakenteen kuntoon vaikuttavista parametreista kuten esim. halkeilusta, lahosta ja muodonmuutoksesta. Monitoroinnilla voidaan myös seurata rakenteen käyttäytymistä, esim. taipumaa, venymiä, jännityksiä, värähtelyitä, siirtymiä ja tukivoimia sekä kohteen turvallisuutta ja turvallista käyttöä.

Monitoroinnista saadaan paras hyöty, kun siihen yhdistetään koekuormitus sekä lujuus- ja turmeltumismalli, jolloin mitattu tieto voidaan siirtää laskentamalliin ja näin arvioida koko sillan käyttäytymistä. Koekuormituksia ja siihen liittyvää monitorointia käytetään, kun laskennallinen kantavuus ei riitä tai sillan rakennemallin todellinen toiminta on epäselvä.

---

## 7.2 Korjauksen periaateratkaisu

---

Korjaushankkeen tärkein vaihe on periaateratkaisun laatiminen, jossa työlle määritetään sellaiset toteuttamiskorjaukset, työmenetelmät ja materiaalit, joilla voidaan saavuttaa paras mahdollinen teknis-taloudellinen lopputulos.

Periaateratkaisulla tarkoitetaan puusillan korjaustoimenpiteen valintaa seuraavista vaihtoehdoista:

- Ei tehdä toistaiseksi mitään. Riskit on selvitetty.
- Arvioidaan sillan kantavuus ja asetetaan sen perusteella sillalle painorajoitus tai asetetaan silta tehostettuun tarkkailuun.
- Vain kriittisimmät rakenneosat korjataan tai uusitaan. Riskit on tällöin selvitettävä.
- Alusrakenne uusitaan
- Päällusrakenne vahvistetaan.
- Päällusrakenne uusitaan.
- Koko silta uusitaan.

Edellä esitettyä periaateratkaisua varten selvitetään:

- Sillan yleiskunto ja käyttöikä (kohta 7.2.1)
- Sillan vauriot ja käyttöikä (kohta 7.2.2)
- Sillan kantavuus (kohta 7.2.3)
- Jäljellä olevan käyttöiän määrittäminen lahovaurioiden perusteella (kohta 7.2.4)
- Paikalliset olosuhteet (kohta 7.2.5)
- Ympäristönsuojelu, työturvallisuus ja liikenneturvallisuus (kohta 7.2.6).
- Kustannukset (kohta 7.2.7)

Suunnittelija selvittää kussakin tapauksessa vaihtoehtoiset ratkaisut ja esittelee ne tilaajalle. Tilaaja tekee päätöksen jatkotoimista.

### 7.2.1 Sillan yleiskunnon ja käyttöiän arviointi

Korjattavan sillan jäljellä oleva käyttöikä määritetään ennen periaateratkaisun selvittämistä. Käyttöiän määrittämisessä lahovaurioiden laajuus ja sijainti ovat avainasemassa (kohta 7.2.4). Rakenteellisten korjaustöiden pitää olla oikeassa suhteessa sillan jäljellä olevaan käyttöikään. Suomessa siltojen rakenteellisissa korjauksissa pyritään yleensä yli 30 vuoden käyttöikään, mutta puusiltojen korjauksen käyttöikä on selvitettävä tapauskohtaisesti erikseen.

Lähtötiedot kuntoselvitystä varten saadaan Liikenneviraston taitorakennerekisteristä. Kunnon arvioimisessa käytetään apuna sillan yleistarkastuksen ja mahdollisesti tehdyn erikoistarkastuksen tai puusillan laajennetun yleistarkastuksen tuloksia. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota sillan liikenteenvälityskyvyn ja kantavuuden riittävyyteen. Kantavuuden riittävyyden määrittämisessä käytetään apuna kantavuuslaskentaa (kohta 7.2.3).

### 7.2.2 Sillan vaurioiden arviointi

Sillan vaurioiden luotettava arviointi voidaan tehdä vain erikoistarkastuksen tai laajennetun yleistarkastuksen tulosten perusteella. Erityistä huomiota on kiinnitettävä lahovaurioiden sijaintiin ja laajuuteen rasitetuimmissa rakenneosissa. Tukien painumat ja siirtymät kuvaavat osaltaan siltarakenteiden vaurioiden vakavuutta ja sillan virheellistä rakenneteknistä toimintaa.

### 7.2.3 Sillan kantavuuslaskenta ja -selvitykset

Puusillan kantavan rakenneosan uusimisen yhteydessä on aina alustavasti määritettävä uusittavan rakenneosan ja koko siltarakenteen kantavuus. Alustavan kantavuustarkastelun perusteella määritetään sillan kantavuuden tavoitetaso, minkä mukaan sillan lopulliset kantavuus- ja rakennelaskelmat sekä korjaussuunnitelma laaditaan.

Korjattavan sillan kantavuus selvitetään yleensä kantavuuslaskennan avulla. Olemassa olevien siltojen kantavuuslaskennassa käytetään ohjetta *Siltojen kantavuuslaskentaohje /26/*. Ohjetta käytetään olemassa olevien siltojen kantavuuden laskennallisessa määrittämisessä tavanomaiselle liikenteelle tai erikoiskuljetuksille. Ohjetta ei voi käyttää uusien tai uusittavien siltojen mitoituksessa. Ohjeen tarkastelut ja luotettavuustaso poikkeavat suurelta osin uudissiltojen suunnittelun mukaisista.

Kantavuuslaskelmien laadinnassa tarkastelun vastaavalla henkilöllä tulee olla FISEn vaativuusluokan poikkeuksellisen vaativa tai vaativuusluokan AA mukainen puurakenteiden suunnittelijapätevyys Liikenneviraston ohjekirjeen *Sillansuunnittelijan pätevyys* [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/ohje\\_2015\\_sillansuunnittelijan\\_patevyys\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/ohje_2015_sillansuunnittelijan_patevyys_web.pdf) mukaisesti. Tilaaja hyväksyy sillan kantavuuslaskennan. Suunnittelijan laadunvarmistuksesta tulee tehdä Liikenneviraston julkaisun *Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohjeen /27/* liitteen 1 mukainen dokumentti. Tarvittaessa tilaaja voi käyttää ulkoista tarkastusta.

*Siltojen kantavuuslaskentaohjeessa /26/* esitetyt laskentaperiaatteet koskevat pääasiassa siltoja, joissa ei ole kantavuuteen vaikuttavia vaurioita. Siltarakenteiden mahdollisten vaurioiden vaikutus poikkileikkausarvoihin ja kantavuuslaskentaan arvioidaan tapauskohtaisesti erikoistarkastusraportin tietojen perusteella. Ohjeessa määritellään siltojen kantavuuslaskennan rajatilatarkastelun laajuus, voimasuureiden laskeminen, kuormien yhdistely sekä rajatilatarkastelujen periaatteet.

Tilaaja määrittää sillan kantavuuslaskennan laajuuden ja käytettävät liikennekuormat kohdekohtaisesti. Laskennan laajuus on jaettu kahteen eri tarkastelutasoon, jotka on esitetty *Siltojen kantavuuslaskentaohjeessa /26/*.

Luotettavuusanalyysiä voidaan käyttää vaihtoehtoisena tarkastelumenetelmänä siltojen kantavuuslaskennassa. Siltojen kantavuuksia voidaan selvittää myös koekuormituksia apuna käyttäen.

Maantiesiltojen kantavuuslaskennassa käytettävät kuormakaaviot perustuvat Suomessa yleisesti maantie- ja katusilloilla kulkevaan raskaaseen kalustoon. Silloilla voi ilman erikoislupaa ajaa ajoneuvoasetuksen mukaisilla ajoneuvoilla. Painorajoitus määritetään silloille, jotka eivät kantavuuslaskennan perusteella kestä ajoneuvoasetuksen mukaista kuormaa.

Sillan kantavuusselvityksen ja/tai koekuormituksen suorittamiseksi on sillalle aina tehtävä erikoistarkastus tai puusiltojen laajennettu yleistarkastus sillan kunnon selvittämiseksi ennen selvityksiä ja koekuormituksia.



#### 7.2.4 Sillan jäljellä olevan käyttöiän määrittäminen puurakenteiden vaurioiden perusteella

Jäljellä olevan käyttöiän määrittäminen tehdään yleensä kantavuuslaskennan tai korjaussuunnittelun yhteydessä.

Lahovaurioiden sijainti ja laajuus rasitetuimissa rakenneosissa sekä rakenteiden painumat sekä siirtymät ovat tärkeimmät huomioitavat asiat jäljellä olevan käyttöiän määrittämisessä.

Suuri osa Suomen puusilloista on yli 40 vuotta vanhoja, joten sillan loppuun käyttäminen tehostetussa tarkkailussa on jäljellä olevan käyttöiän määrittämisessä huomioitava lähtökohta.

#### 7.2.5 Paikalliset olosuhteet

Periaateratkaisun tekemistä varten on selvitettävä liikenne- ja ympäristöolosuhteet.

Liikenne- ja tiestötiedot saadaan Liikenneviraston tietokannoista. Siltapaikalla on tarkistettava näkemäolosuhteiden, liittymien yms. vaikutus liikenteenohjaukseen ja nopeuden rajoittamiseen. Jos sillan ali kulkee vesiliikennettä, selvitetään sen vaatimukset kulkuaukon suhteen ja mahdollisen säännöllisen liikenteen kulkuajat.

Siltapaikalla on tarkistettava korjattavien rakenteiden luoksepäästävyys, telineiden rakentamista ja nostureiden käyttöä rajoittavat tekijät sekä jätteen talteenottomahdollisuudet. Telineiden ja sillan varusteiden suunnittelussa on otettava huomioon myös purkujätteen talteenottoa varten tarvittavat rakenteet.

Liikennevirastolla on varasiltakalusto, jota urakoitsijat voivat vuokrata käyttöönsä. Varasiltakaluston käyttömahdollisuus on selvitettävä tapauskohtaisesti. Varasiltojen käyttöä ja tyyppejä on selvitetty tarkemmin ohjeessa ”*Varasiltakaluston hoito- ja varastointiohje*”.

#### 7.2.6 Työturvallisuus, liikenneturvallisuus ja ympäristönsuojelu

Periaateratkaisun tekemistä varten on selvitettävä

- liikenneturvallisuusvaatimukset
- työturvallisuusvaatimukset
- siltapaikan ympäristöluokka
- ympäristönsuojeluvaatimukset

Työmaasta aiheutuvat riskitekijät liikenteelle tulee myös huomioida periaateratkaisua tehtäessä. Liikenneturvallisuusvaatimukset toteutetaan selvittämällä liikenneturvallisuutta vaarantavat tekijät sillalla ja siltapaikalla. Korjaustyöt vaikeuttavat yleensä liikennettä ja liikenne on puolestaan vaara työntekijöille. Työnaikaiset liikennejärjestelyt ja liikenteenohjaus toteutetaan niitä koskevien ohjeiden *Liikenne tietyömaalla /14/* mukaisesti.

Työturvallisuutta on käsitelty kohdassa 11. Tärkeätä on työntekijöiden opastus ja motivointi työsuojeluun. Periaateratkaisua tehtäessä turvallisuusasioista tulee ottaa huomioon ajoneuvo-liikenteen aiheuttamat riskitekijät työturvallisuudelle sekä putoamisen ja hukkumisen estämisen toteutustapa. Pintakäsittelytöiden yhteydessä työturvallisuusvaatimukset määräytyvät pääosin käytettävien kemikaalien käyttöturvallisuustietojen perusteella. Periaateratkaisua tehtäessä turvallisuusasioista tulee ottaa huomioon myös vanhan pinnoitteen, kyllästysaineiden tai vesieristeen mahdolliset sisältämät terveydelle haitalliset aineosat mm. PAH-yhdisteet.

Lisäksi voidaan asettaa mm. pesua, melua, liikennettä, työaikaa ja jätteenkäsittelyä koskevia vaatimuksia.

Siltapaikan ympäristöluokka määritetään ohjeen *Sillansuunnittelun lähtötiedot* mukaisesti.

Ympäristölle ja liikenteelle aiheutuvat haitat on otettava huomioon korjaustyötapaa suunniteltaessa. Korjaustyöllä saavutettava käyttöiän jatkumisen suuruus on usein merkittävä valintaperuste. Valinnassa merkittäviä asioita ovat myös rakenneosien irrotettavuus ja vaihdettavuus, jotka helpottavat rakenteen myöhempiä korjaus- ja huolto-toimenpiteitä.

### 7.2.7 Kustannukset

Merkittävimpiä korjaustyön kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat:

- purkukalusto
- työnaikaiset liikennejärjestelyt, varasillat ja kiertotiet
- telineet
- nosto-, tunkkaus- ja siirtokalusto
- työvoimakustannukset

Rakenteellisissa korjaustöissä materiaalikustannukset eivät ole yleensä merkittäviä edellä mainituihin kustannuksiin verrattuna.

Korjauskustannuksia tulee verrata aina sillan jäljellä olevaan käyttöikään ja sillan uusimiskustannuksiin suhteutettuna. Usein lopullisella sijoi-  
tuspäikällä tehty korjaustyö tulee monin verroin kalliimmaksi kuin samantyyppisen rakenteen tekeminen tehtaalla. Korjatun rakenteen kestoikä vaikuttaa ratkaisevasti korjaustyön taloudellisuuteen. Valittaessa korjausmenetelmää on otettava huomioon korjatun rakenteen mahdolliset huoltokustannukset kokonaisuudessaan oletetun kestoiän aikana. Tällöin lähtökustannuksiltaan kalliimpi korjaustyö voi tulla lopulta edullisemmaksi.

Työnaikaiset liikennejärjestelyt vilkkaasti liikennöidyllä väylillä aiheuttavat merkittäviä kustannuksia korjaustyöhön. Vesistösiltojen korjaustöiden yhteydessä varasiltojen ja kiertoteiden rakentamisesta ja käytöstä aiheutuu myös merkittäviä lisäkustannuksia korjaustyölle. Työnaikaiset liikennejärjestelyt, varasiltojen käyttö ja kiertotiet aiheuttavat lisäkustannuksia myös tienkäyttäjille pidentyneen matka-ajan takia.

Siltapaikalla suoritettavissa korjaustöissä merkittäviä lisäkustannuksia syntyy telinetöistä ja sääsuojista. Teline- ja sääsuojaratkaisuja harkittaessa tulee ottaa huomioon myös jätteen talteenotto. Ympäristömääräysten ja -lakien vaikutuksesta myös syntyneen jätteen määrä ja laatu vaikuttaa kokonaiskustannuksiin. Purkujätteet tulee aina kuljettaa ympäristöviranomaisen ohjeiden mukaisesti kyseisille jätteille tarkoitettuun paikkaan. Kiinteitä telineitä käytettäessä laatukustannukset ovat usein alemmat verrattaessa siirrettäviin telineratkaisuihin. Korjaustyössä mahdollisesti tarvittavan nosto-, tunkkaus- tai siirtokaluston käytöstä voi aiheutua merkittäviä lisäkustannuksia korjaustyön kokonaiskustannuksiin.

Paikanpäällä tehtävissä korjaustöissä työvoimakustannusten osuus kaikista kustannuksista voi olla suurempi kuin vastaavan uuden rakenteen toteuttaminen esimerkiksi tehdastyönä. Paikanpäällä tehtäessä rakenneosia joudutaan mahdollisesti sovittamaan ja työstämään. Työt ovat käsityövaltaisia ja kaikkia tehokkaampia työtapoja ja koneita, joita käytetään tehdasolosuhteissa, ei voida käyttää työmaaolosuhteissa. Työmaalla tehtävien töiden osuutta voidaan merkittävästi vähentää huolellisella korjaustyön suunnittelulla ja ottamalla tarkat mitat ja muodot sillasta vaihdettavista osista ennen valmistusta.

## 8 KORJAUKSEN SUUNNITTELU

### 8.1 Korjaustyön rakennussuunnitelmat

#### 8.1.1 Korjausmenetelmän valinta

Puurakenteiden korjaamisessa tulee tapauskohtaisesti kysymykseen seuraavat korjaustavat:

- Maatuen vaurioituneen tai lahonneen kynnysparrun uusiminen
- Maatuen vaurioituneiden ja lahonneiden seinäpuiden uusiminen sekä taustatäytön uudelleen rakentaminen
- Vaurioituneiden kulutuslankkujen uusiminen
- Puukannen vahventaminen teräslevyllä. Ylläpitokaluston teräslevyihin ja niiden kiinnitysosiin aiheuttamien vaurioiden vuoksi tätä korjausmenetelmää käytetään vain poikkeustapauksissa.
- Syrjälankkukannen uusiminen
- Syrjälankkukannen uusiminen liimapuu-elementtirakenteiseksi
- Teräspalkkisillan puukannen uusiminen
- Vaurioituneen puupaalun vahventaminen teräsmanttelilla
- Vaurioituneen ja lahonneen puupaaluperustuksen uusiminen
- Siltakaiteiden uusiminen H2-kaiteeksi, nopeusrajoitus sillalla ≤ 50 km/h
- Siltakaiteiden uusiminen H2-kaiteeksi, nopeusrajoitus sillalla > 50 km/h
- Liimapuupalkin halkeamien injektointi
- Vaurioituneen päällysrakenteen uusiminen

Korjaustavan valinnassa on otettava huomioon se, että korjauksen laajuus ja korjauskustannukset ovat oikeassa suhteessa koko sillan jäljellä olevaan käyttöikään ja sillan mahdollisen uusimisen kustannuksiin. Korjaamisen ja uusimisen liikennehaitan kustannukset on huomioitava korjaussuunnittelussa.

Suunnittelija valitsee korjausmenetelmän kohdassa 7 selostetun periaateratkaisun pohjalta. Tilaaja hyväksyy valitun korjausmenetelmän.

#### 8.1.2 Korjaussuunnitelman sisältö

Poikkeuksellisen vaativien kohteiden korjaussuunnitelmien laadinnassa suunnittelun vastavalla henkilöllä tulee olla FISEn vaativuusluokan poikkeuksellisen vaativa tai vaatimusluokan AA mukainen puurakenteiden suunnittelijapätevyys Liikenneviraston ohjekirjeen *Sillansuunnittelijan pätevyys* [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/ohje\\_2015\\_sillansuunnittelijan\\_patevyys\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/ohje_2015_sillansuunnittelijan_patevyys_web.pdf) mukaisesti. Tällöin tilaaja hyväksyy sillan

korjaussuunnitelmat. Suunnittelijan laadunvarmistuksesta tulee tehdä Liikenneviraston julkaisun *Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohjeen* /27/ liitteen 1 mukainen dokumentti. Tarvittaessa tilaaja voi käyttää suunnitelmien tarkastamisessa ulkoista tarkastusta.

Korjauskohde katsotaan poikkeuksellisen vaativaksi ja korjaussuunnitelmat toimitetaan Liikennevirastoon hyväksyttäväksi silloin, kun

- korjaukseen sisältyy sellaisia kantaviin rakenteisiin kohdistuvia rakenteellisia muutoksia tai vahvistamisia, jotka vaativat lujuuslaskelmiin perustuvat suunnitelmat
- korjaus saattaa vaikuttaa rakenteen lopulliseen tai työnaikaiseen kantavuuteen
- siltä uusitaan
- kyseessä on museosilta
- kyseessä on vesiväyliin liittyvä taitorakenne.

Suunnittelija laatii yleistarkastuksien, laajennetun yleistarkastuksen, erikoistarkastuksen, vaurioselvityksen, kantavuuslaskelmien, vanhojen suunnitelmien ja tehdyn periaateratkaisun perusteella korjaussuunnitelman, johon kuuluvat siltakohtaiset laatuvaatimukset, korjaustyöselitys, kustannusarvio ja tarvittavat piirustukset. Tarvittaessa laaditaan asennustapaehdotus sisältäen tuenta- sekä tunkkaustapaehdotuksen ja purkutapaehdotuksen.

Korjaussuunnitelman lähtötiedoiksi yleistarkastusten, laajennetun yleistarkastuksen ja erikoistarkastuksen lisäksi selvitetään tarvittaessa myös

- rakenteen mittojen tarkastus ja tarkistetaan, että rakenne on vanhojen suunnitelmien mukainen
- taipumien ja siirtymien mittaaminen ja mahdollisesti koekuormitus sekä monitorointi.

Korjaustyön suunnitteluvaiheessa selvitetään ja päätetään, mitä materiaalia korjauksessa käytetään. Jos vaurio normaalikäytössä on syntynyt aikaisemmin kuin alkuperäisten kestävyys-suunnitelmien mukaan olisi ollut odotettavaa, korjausmateriaaliksi valitaan yleensä lujempi materiaali tai lisätään poikkileikkausta tai rakennepaksuutta. Materiaalin valintaan vaikuttaa myös korjaustapa. Materiaalin valinnassa täytyy ottaa huomioon myös paikalliset olosuhteet.

Korjaussuunnitelmaa laadittaessa on otettava huomioon seuraavat korjauksessa ja asennuksessa mahdollisesti esiintyvät erityispiirteet:

- Kaluston painot voivat olla suuria.
- Tuenta- ja apurakenteiden sijoittaminen on vaikeaa.
- Rakenteen jännityksetön tila korjauskohteessa on vaikea saavuttaa.
- Vanhoja lahonsuoja-aineita voi olla vaikea tunnistaa.
- Vanhoissa piirustuksissa esitetyt rakenteen mitat poikkeavat toteutetusta rakenteesta ja uusia esivalmistettuja osia joudutaan sovittamaan ja työstämään paikan päällä asennustyön yhteydessä.
- Joidenkin materiaalien hankinta voi kestää normaalia kauemmin.
- Rakenteen vakavuus voi vaarantua työn aikana.
- Liikenteenjärjestely voi olla vaikeaa työn aikana.

Kantavien puurakenteiden korjaussuunnitelmas-  
sa esitetään ainakin seuraavat asiat, jotka eivät  
aina kaikki esiinny korjauksissa:

- Tiedot korjattavasta rakenteesta; vaurioituneiden osien nimeäminen ja sijainti rakenteessa (kaavio).
- Tiedot korjattavan rakenteen materiaaleista ja korjauksessa käytettävät materiaalit, aineet ja tarvikkeet sekä niiden soveltuvuus korjauksiin.
- Uusittavien osien piirustukset ja yksityiskohdat.
- Laatuvaatimukset.

### 8.1.2.1 Rakennelaskelmat

Puusillan kantavan rakenneosan uusimisen yhteydessä on aina laadittava yksityiskohtaiset kantavuus- ja rakennelaskelmat uusittavalle rakenneosalle ja koko siltarakenteelle (Ks. myös kohta 7.2.3).

Korjaustyön rakennelaskelmat laaditaan ohjeen *Siltojen rakennelaskelmat /28/* mukaisesti. Korjaustyön rakennelaskelmat ja kantavuuslaskelmat liittyvät tiiviisti toisiinsa.

Rakennelaskelmien tarkoituksena on osoittaa, että rakenteet on suunniteltu ohjeiden ja määräysten mukaisesti riittävän pätevien henkilöiden toimesta, jolloin rakenteiden voidaan olettaa olevan turvallisissa käyttää ja niiden pitkäaikaiskestävyyttä vaativat vaatimukset.

### 8.1.2.2 Yleis- ja rakennepiirustukset

Korjauksen yleispiirustus on sillan korjauksen rakennussuunnitelmaan kuuluva piirustus ja sen tarkoituksena on antaa yleiskäsitys ja koottua tietoa korjattavasta sillasta. Jos siltä suunnitellaan vaiheittain korjattavaksi, lopullinen yleispiirustus laaditaan siitä vaiheesta, jonka korjaaminen on kysymyksessä. Muut vaiheet voidaan esittää kaavamaisesti ääriviivoilla.

Yleispiirustuksessa selvitetään mm. korjattavat rakenteet, sillan ulkonäkö korjauksen jälkeen, sijainti ja geometria, päämitat, perustaminen ja rakenteelliset pääperiaatteet. Korjauksen yleispiirustuksessa ei tarvitse esittää kaikkia samoja asioita kuin uuden sillan yleispiirustuksessa.

Yleis- ja rakennepiirustuksissa käytetään ohjeen *Siltojen suunnitelmat /30/* mukaisia mittakaavoja.

Rakennepiirustuksissa esitetään rakenteiden rakennusaineet, lahontorjunta, muoto, mitat, työstö, liitokset, osien kokoonpano, pintakäsittely, mahdolliset verhoukset sekä tarvittavat työtapaa ja työjärjestystä koskevat ohjeet.

Laajoissa korjaustoissa voidaan vaatia laadittavaksi ensin alustavaan rakennussuunnitelmaan kuuluvat alustavat rakennepiirustukset. Niiden laajuus ja sisältö määritellään tarkemmin toimeksiannossa. Niissä esitetään sillan korjaus- ja rakennuskorjauksen sillan tarkkuudella, että voidaan arvioida korjaustyön tekninen toteuttamiskelpoisuus ja taloudellisuus korjaus- ja ylläpitokustannusten osalta. Laakereista ja liikuntasaumalaitteista esitetään periaatepiirustukset tai selvitykset.

Mallinnusta voidaan myös käyttää korjaussuunnittelussa. Yleensä riittää pelkän korjattavan detaljin mallintaminen, eikä koko rakennetta tai siltaa ole tarpeen mallintaa. Mallinnuksessa noudatetaan soveltuvilta osin Liikenneviraston ohjetta *Siltojen tietomalliohje /29/*.

Mikäli sillan laakerit uusitaan korjaustyön yhteydessä, suunnittelija laatii laakerointipiirustuksen. Laakerointipiirustuksella tarkoitetaan piirustusta, jossa esitetään sillan laakeroinnin periaatteet, laakereilta vaadittavat ominaisuudet ja laakereiden suunnittelussa tarvittavat lähtöarvot. Uusien laakereiden sopivuus niille varattuun tilaan tarkistetaan myös laakerointipiirustuksen teon yhteydessä. Usein korkeussuunta on rajoittava tekijä.



Mikäli sillan liikuntasaumalaitteet uusitaan korjaustyön yhteydessä, suunnittelija laatii liikuntasaumapiirustuksen. Liikuntasaumapiirustuksessa esitetään liikuntasaumalaitteilta vaadittavat ominaisuudet ja laitteiden suunnittelussa tarvittavat lähtötiedot.

### 8.1.2.3 Purkutapaehdotus

Tarvittaessa laaditaan purkutapaehdotus, jossa esitetään rakenteen purkaminen yhdellä toteutuskelpoisella tavalla. Ehdotus esitetään selostuksin työselostuksessa ja periaatepiirroksin. Purkutapaehdotusta koskevat laskelmat sisällytetään rakennelaskelmiin. Lopullinen työsuunnitelma laaditaan rakentajan toimesta.

### 8.1.2.4 Työselostus ja laatuvaatimukset

Suunnittelija laatii korjattavasta kohteesta työselityksen ja laatuvaatimukset. Työselitys ja laatuvaatimukset voidaan esittää myös samassa asiakirjassa.

Puurakenteiden, liittimien, liitostarvikkeiden ja lahosuojauksen, pintakäsittelyn ja verhoustavaran osalta Infra-RYL kohdassa "42050 Sillan ja taitorakenteiden puurakenteet" on esitetty materiaaleja ja valmista rakennetta koskevat yleiset laatuvaatimukset sekä laadunvalvontaa ja kelpoisuuden osoittamista koskevia määräyksiä ja ohjeita. Teräsrakenteiden osalta vastaavat asiat on esitetty soveltamisohjeessa NCCI T ja standardissa SFS-EN 1090-2.

Muiden siltarakenteiden osalta vastaavat asiat on esitetty InfraRYL osassa 3 "*Sillat ja rakennustekniset osat*" /3/.

## 8.2 Urakoitsijan suunnitelmat

Urakoitsija laatii ennen korjaustyön aloittamista korjaussuunnitelman perusteella työkohtaiset tekniset työsuunnitelmat, valmistus- ja asennussuunnitelmat sekä korjaustyöhön liittyvät laatusuunnitelmat. Näiden suunnitelmien liitteeksi laaditaan tarvittaessa yksityiskohtaisia teknisiä työsuunnitelmia tärkeimmistä työvaiheista.

Valmistusta koskevat suunnitelmat on jaettu kahteen osaan:

- 1) tekniset työsuunnitelmat
- 2) laatusuunnitelmat.

Tekniset työsuunnitelmat sisältävät työnsuorituksen liittyvät suunnitelmat ja niiden tehtävä on varmistaa, että a) toteutus tapahtuu suunnitellus-

Suunnittelija laatii korjattavaa siltaa koskevat silta-kohtaiset laatuvaatimukset, jotka täydentävät ohjeissa InfraRYL, NCCI T ja standardissa SFS-EN 1090-2 esitettyjä yleisiä laatuvaatimuksia. Silta-kohtaisten laatuvaatimusten tarkoituksena on täydentää rakenteen laatuvaatimukset ja laadunvalvontaa ja kelpoisuuden osoittamista koskevat määräykset sekä täydentää yksityiskohdissa silta-piirustuksia.

Laatuvaatimuksissa käsiteltävät asiat esitetään Infra-RYL:in mukaista numerointia noudattaen. Tekstissä ei toisteta tarpeettomasti InfraRYLissä, NCCI T:ssä, standardissa SFS-EN 1090-2 tai piirustuksissa esitettyjä asioita.

Teräsrakenteen toteutuseritelmä laaditaan soveltamisohjeen NCCI T kohdan 2.1 ja sen liitteen 1 mallidokumentin mukaisesti.

### 8.1.2.5 Kustannusarvio ja määräluettelo

Kustannusarvio laaditaan ohjetta *Sillan kustannusarvio* /31/ soveltaen. Kustannusarvio laaditaan määräluettelosta saatavien aine- ja työmäärien sekä arvioitujen yksikköhintojen perusteella. Laadittavan kustannusarvion yksikköhinnoissa tulee huomioida, että korjaustoissa yksikköhinnat ovat yleensä selvästi suurempia kuin ohjeessa esitetyt uudisrakentamisen yksikköhinnat. Korjausrakentamisessa määrät ovat pieniä ja työaikamenekki yksikköä kohden on selvästi suurempi kuin uudisrakentamisessa. Kustannusarvion laatimista varten laaditaan myös määräluettelo ohjetta *Sillan määräluettelo* /32/ soveltaen. Määräluettelossa esitetään piirustusten perusteella lasketut työmäärät ja ainemenekit.

ti aikajärjestyksessä, b) käytettävät menetelmät ovat soveltuvia, c) toteuttajalla on riittävä ammatillinen pätevyys työn toteuttamiseen, d) toteutuksen lopputuloksena saadaan laadukas, suunnitelmien mukainen ja pitkäikäinen rakenne ja e) toteutus suoritetaan turvallisesti.

Laatusuunnitelmien avulla asetetaan laadunmittarit, joilla rakenteiden laatua seurataan toteutuksen eri vaiheissa.

Urakoitsijan on huomautettava korjaussuunnitelmassa havaitsemistaan virheistä ja puutteista sekä sellaisista rakenneratkaisuista, joita on mahdollista toteuttaa siten, että vaadittu laatutaso voidaan saavuttaa ja tarkastuksin todeta.

### 8.2.1 Tekniset työsuunnitelmat

Valittu urakoitsija laatii ennen työn aloittamista tekniset työsuunnitelmat.

Sillan korjaussuunnitelmassa ja InfraRYLin jakson 42000 materiaaliakohtaisissa luvuissa on lueteltu ne työt, joista laaditaan erillinen tekninen työsuunnitelma.

Tekniset työsuunnitelmat on jätettävä tilaajan edustajalle tarkastettavaksi vähintään viikkoa ennen työn tai työvaiheen aloittamista.

Jos työsuunnitelmassa poiketaan sillan korjaussuunnitelmasta, suunnitelma toimitetaan tilaajalle hyväksyttäväksi kaksi viikkoa ennen kyseisen työn aloittamista. Suunnitelmassa tulee esittää, miltä osin poiketaan korjaussuunnitelman vaatimuksista.

Mikäli korjaustyöhön sisältyy purkutöitä, laaditaan erillinen purkus suunnitelma. Mikäli urakoitsija poikkeaa suunnittelijan laatimasta purkutapaehdotuksesta, tulee urakoitsijan tarkistaa rakenteiden purkutyön aikainen kestävyys.

Rakenteiden purkujärjestys on suunniteltava niin, ettei työstä aiheudu sortumisvaaraa. Purkus suunnitelmassa tulee esittää vähintään purkutyön laajuus, purkumenetelmät, purkujärjestys ja -vaiheet, purkujätteen sijoitus, työnaikaiset tuennat sekä purkutyön turvallisuuteen ja rakenteiden kantavuuteen vaikuttavat seikat. Telineiden kestävyys purkujätteille ja purkutyössä käytettäville koneille tarkistetaan. Purkus suunnitelmaan sisällytetään myös purkutyöselostus.

Korjaustyöhön liittyvistä nosto-, tuenta- ja pintakäsittelyistä on laadittava tekninen työsuunnitelma.

Tekniseen työsuunnitelmaan liitetään mm. terveydelle vaarallisten aineiden suomenkieliset käyttöohjeet, pintakäsittelyaineiden tuoteselosteet ja käyttöturvallisuustiedotteet.

Myös työturvallisuutta ja ympäristönsuojelua koskevat toimenpiteet esitetään teknisessä työsuunnitelmassa, ellei niistä ole tehty erillisiä suunnitelmia.

### 8.2.2 Laatusuunnitelma

Urakoitsija laatii aina siltojen korjaustöistä laatusuunnitelman. Laatusuunnitelma laaditaan InfraRYLin kohdissa 42001.4.2...4 esitetyllä tavalla.

Laatusuunnitelman perusteella laaditaan lopulliset laatuasiakirjat.

Laatusuunnitelma koostuu kolmesta osa-alueesta:

- Urakan laatusuunnitelma
- Työvaiheen laatusuunnitelma
- Työturvallisuussuunnitelma

Laatusuunnitelmat on jätettävä tilaajan edustajalle tarkastettavaksi vähintään viikkoa ennen työn tai työvaiheen aloittamista.

Urakoitsija laatii korjaustyön aikana tai lopussa tarkepiirustukset. Urakan aikana tehdyt muutokset päivitetään tarkepiirustuksiin ja tarkepiirustuksissa esitetään rakenteet sellaisina kuin ne on toteutettu.

#### 8.2.2.1 Urakan laatusuunnitelma

Urakan laatusuunnitelmassa esitetään kuinka laadunvarmistustoimenpiteet kohteessa toteutetaan. Urakan laatusuunnitelmassa esitetään mm. työhenkilöstö- ja laaduntarkastusorganisaatio, henkilöstön pätevyystiedot ja laadunvarmistuksen apuneuvot. Urakan laatusuunnitelmassa esitetään myös luettelo laadittavista työvaiheen laatusuunnitelmista ja teknisistä työsuunnitelmista. Urakan laatusuunnitelman sisältöä on esitelty tarkemmin InfraRYLin kohdassa 42001.4.2. Pienissä kohteissa voidaan tehdä viittaukset yrityksen laatujärjestelmään, mutta yleensä on suositeltavaa tehdä projektikohtainen urakan laatusuunnitelma.

#### 8.2.2.2 Työvaiheen laatusuunnitelma

Työvaiheen laatusuunnitelmassa esitetään työvaiheen varsinaiset laadunvarmistustoimenpiteet ja vaatimustenmukaisuus.

Työvaiheen laatusuunnitelma voi olla yksi, koko valmistuksen kattava suunnitelma tai siihen voi kuulua myös useampia erillisiä suunnitelmia (esim. materiaalien, liitosten, ja rakenneosien mittojen laadunvarmistus).

Työvaiheen laatusuunnitelmassa esitetään InfraRYL kohdan 42001.4.3.3 mukaiset asiat.

Työvaiheen laatusuunnitelma tai kopio laatujärjestelmään kuuluvista vastaavista asiakirjoista toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään viikkoa ennen kyseiseen suunnitelmaan sisältyvien töiden aloittamista.

### 8.2.2.3 Työturvallisuussuunnitelma

Päätoteuttaja laatii ennen korjaustyön aloittamista työmaan turvallisuussuunnitelman. Tie- ja vesiliikenteen sekä työmaan sisäisen liikenteen järjestelyistä laaditaan erilliset suunnitelmat. Työmaan sisäisen liikenteen järjestelyt esitetään yleensä työmaa-alueen käyttösuunnitelmassa. Työturvallisuudesta projektin eri vaiheissa on aina laadittava oma suunnitelma. Työvaihekohtainen turvallisuussuunnitelma laaditaan kaikista työvaiheista, joihin liittyy työturvallisuusriskejä. Tämän ohjeen luvussa 11 on esitetty tarkemmin työturvallisuussuunnitelmassa huomioon otettavia asioita.

Korjaustyön toteutuksen osalta työturvallisuudessa noudatetaan InfraRYLin kohtaa 42001.8.3 ja SILKO-ohjetta 1.111 *Työturvallisuus /16/*.

### 8.2.3 Laakeri- ja liikuntasaumalaittepiirustukset

Urakoitsijan toimeksiannosta laakereiden toimittaja laatii yksityiskohtaiset laakeripiirustukset, joiden perusteella laakerit valmistetaan. Laakeripiirustuksissa esitetään laakerin valmistamiseksi tarvittavat mitta- ja laatutiedot, liikevarat, kuormat, materiaalit, kiinnittäminen rakenteeseen sekä asentamisohjeet. Laakeripiirustus liitetään suunnitelmaan rakentamisen yhteydessä.

Urakoitsijan toimeksiannosta liikuntasaumalaitteiden toimittaja laatii yksityiskohtaiset liikuntasaumalaittepiirustukset, joiden perusteella liikuntasaumalaitteet valmistetaan. Liikuntasaumalaittepiirustuksissa esitetään laitteen valmistamiseksi tarvittavat mitta- ja laatutiedot, liikevarat, materiaalit, kiinnittäminen rakenteeseen sekä asentamisohjeet. Ne liitetään suunnitelmaan rakentamisen yhteydessä.

## 9 PURKUTYÖT JA TYÖNAIKAISET TUENNA

### 9.1 Purkutöiden työturvallisuus

Rakenteiden purkujärjestys on suunniteltava niin, ettei työstä aiheudu sortumisvaaraa. Rakenteita purettaessa tulee huomioida, että rakenteissa voi olla pakkovoimia. Rakenteita purettaessa puisten rakenneosien kutistumisesta ja kaikkien materiaalien lämpöliikkeistä aiheutuvia pakkovoimia voi purkautua rakenneosasta ja voivat aiheuttaa purettavan rakenteen äkillisiä siirtymiä. Purkutyömaa on eristettävä tarpeellisissa kohdissa muista alueista. Tällöin estetään asiattomien pääsy työmaalle. Purkutöissä on yleensä käytettävä suojatelineitä tai -verkkoa estämään purkujätteiden, työkalujen, tarvikkeiden yms. putoaminen vesistöön tai alikulkevan liikenteen päälle sekä niiden kulkeutuminen ympäristöön. Kaiteita ei yleensä saa poistaa ennen kuin ryhdytään purkamaan

rakenteita, joihin kaiteet on kiinnitetty. Työntekijöiden putoaminen on estettävä turvaaljailla, ellei käytetä työturvallisuusmääräykset täyttäviä työtelineitä tai kulkuteitä. Purkutyössä voidaan käyttää myös henkilönostinta. Purettavaa osaa ei saa kuitenkaan koskaan laskea henkilönostimen varaan, eikä yleensä myöskään työtelineiden varaan, ellei telineitä ole erityisesti mitoitettu kestäämään purkujätteiden kuormaa.

Painekyllästettyjen puurakenteiden purkamisessa on huomioitava purettavan rakenteen terveydelle haitalliset yhdisteet. Erityisesti kreosoottijälyn sisältämille PAH-yhdisteille altistumista on vältettävä ja purkujäte on kuljetettava kyseisille jätteelle tarkoitettuun paikkaan.

Työturvallisuutta on käsitelty myös kohdassa 11.

### 9.2 Rakenteiden kestävyys korjaustyön aikana

Rakenteen kestävyys korjaustyön aikana on varmistettava aina etukäteen ennen korjaustyöhön ryhtymistä. Rakenteen kestävyys on varmistettava kaikissa eri purku- ja korjaustöiden vaiheissa. Suunnittelijan tehtävänä on varmistaa sillan kantavuus kaikissa purkutapa- ja korjaustapaehdotuksen mukaisissa työvaiheissa. Mikäli urakoitsija poikkeaa suunnittelijan laatimasta purkutapa- ja korjaustapaehdotuksesta, urakoitsija laatii uudet purku- ja korjaussuunnitelmat sekä varmistaa sillan kantavuuden.

Mikäli rakenteen kestävyys ei ole riittävä korjaustöiden aikana, voidaan rakenteen kestävyyttä kompensoida

- liikennettä rajoittamalla
- työnaikaisilla tuennoilla.

#### 9.2.1 Liikenteen rajoittaminen

Yleisin ja tehokkain tapa varmistaa rakenteen kestävyys korjaustöiden aikana on liikenteen rajoittaminen. Liikennettä sillalla voidaan rajoittaa

- siirtämällä liikenne sillan toiselle puolelle
- asettamalla korjaustöiden aikainen painorajoitus
- asettamalla korjaustöiden aikainen nopeusrajoitus ja käyttämällä nopeuden alentimia
- katkaisemalla liikenne lyhytaikaisesti
- siirtämällä liikenne varasillalle tai
- siirtämällä liikenne kiertotielle kriittisten työvaiheiden ajaksi.

Ajoneuvoliikenteelle varattavan yhden ajokaistan leveys sillan korjaustöiden aikana on oltava yleensä vähintään 3,0 m.

Liikennejärjestelyiden muutoksesta on laadittava Liikenteenohjaussuunnitelma. Liikenteenohjaussuunnitelma laaditaan päätoteuttajan toimesta. Liikenteenohjaussuunnitelma on tiealueella tapahtuvaan työskentelyyn tarvittavan työluopakemukseen liitettävä selostus ja kaavio liikennejärjestelyistä hakemuksen kohteena olevasta paikasta. Suunnitelmassa esitetään kaikki liikennemerkkit ja sulk- ja varoituslaitteet sijaintitietoineen sekä mahdolliset työturvallisuuden vaatimat kaideratkaisut. Ohjeita liikenteenohjaussuunnitelman laatimiseen on annettu Liikenneviraston julkaisusarjassa ”*Liikenne tietyömaalla*”. Myös ELY-keskuksilla on ohjeita liikenteenohjaussuunnitelman laatimiseen.

Töiden aloittamista koskeva hakemus on tehtävä kirjallisesti ja se on jätettävä hyvissä ajoin lupaviranomaisen käsiteltäväksi. Lupia koskevassa hakemuksessa tulee tuoda esille kaikki hankkeeseen liittyvät tiedot, kuten työn laatu ja työmenetelmä, toteuttamisajankohta ja hankkeen tarkka sijainti ja työn kesto sekä lupahakemuksessa ilmoitetun hakijan yhteystiedot. Hakemuskavake on saatavissa ELY-keskuksen internetsivuilta.



Työluvalla annetaan työturvallisuutta ja liikennejärjestelyjä koskevat ohjeet työskentelyyn tiealueella tai tiealueen kautta. Tavallisimmin edellytetään hakijalta ehdotusta liikenteenohjaussuunnitel-maksi. Työlupa koskee työskentelyn aloittamis-ajankohtaa, tiedottamista, tiealueella työskentelyn ehtoja sekä työn suorittamisen valvontaa ja loppu-katselmuksen pitämistä.

Maantiellä tehtävistä töistä tulee ilmoittaa en-nakkoon Liikenneviraston tieliikennekeskukseen. Ilmoitus tehdään ensisijaisesti kirjallisesti Liiken-neviraston tieliikennekeskukseen käyttäen Liiken-neviraston sivuilta löytyvää lomaketta *Ilmoitus lii-kennettä haittaavasta työstä* ([www.liikennevirasto.fi/lomakkeet](http://www.liikennevirasto.fi/lomakkeet)). Ilmoitukseen kirjataan perustietoja työkohteesta sekä työn alkamis- ja päättymisajat. Lisäksi ilmoituksessa määritellään työn vaikutuk-set liikenteelle.

Jos tie joudutaan sulkemaan liikenteeltä yli 15 minuutiksi, tulee ilmoitus työstä tehdä myös pe-lastuslaitokselle 1 viikkoa ennen työvaiheen aloi-tusta. Toistuvista 15 minuuttia lyhemmistä tien sulkemisista sekä pidempiaikaisista liikennettä haittaavista töistä ilmoitetaan myös pelastuslai-tokselle, jotta he voivat suunnitella pelastusreitit tarvittaessa uudelleen. Tien sulkemisesta on ker-rottu tarkemmin Liikenneviraston ohjeessa *Liiken-ne työmaalla - Kunnossapitotyöt, Liikenneviraston ohjeita 3/2015 /13/ kohdassa 7*.

Kaikista aikataulu- yms. muutoksista, jotka vaikut-tavat liikenteen ohjaamiseen, on ilmoitettava tielii-kennekeskukseen.



Kuva 16. Liimapuuelementtikannen uusimisen toteutus kahdessa vaiheessa puoli siltaa kerrallaan.

### 9.2.2 Työnaikaiset tuennat

Työnaikainen tukeminen on tehtävä aina kohde-kohtaisten tuentasuunnitelmien mukaisesti.

Mikäli työnaikainen tukeminen tehdään maahan perustamalla, maaperän kantokyky on aina selvi-tettävä etukäteen. Selvityksen perusteella laadi-taan mahdolliset maapohjan vahvistamistoimen-piteet.

Maasta tukemiselle usein parempi vaihtoehto on tukea rakennetta sillan olemassa olevista maa- ja välituista tai muista kiinteistä rakenteista. Tällöin olemassa olevien tukien kestävyys ja stabiliteetti on tarkistettava laskelmin työnaikaiselle kuormi-tustilanteelle. Kun työnaikainen tuenta tehdään olemassa olevan peruslaatan varaan, tarkistetaan pohjapaineet ja paalurasitukset sekä varmuus kaatumista ja liukumista vastaan. Mikäli työnai-kaisia kannattimia tuetaan esimerkiksi maatuen laakeritasolle, käytetään tukemisessa kumilevy-laakereita, jotta kannattajan kulman muutos ei ai-heuttaisi laakeritasoon epätasaisia jännityksiä.

Työnaikaisissa tuennoissa tulee huomioida myös riittävä vaakatuenta ja tukirakenteen stabiliteetti. Tukitolppien nurjahtaminen puristusvoimasta on estettävä vähintään kahdessa toisiaan risteäväs-sä vaakasuunnassa, ellei tukitolppa ole itsessään riittävän vahva nurjahdusta vastaan. Mikäli saman rakenteen tuennassa käytetään useampia tolppia, on kuorman jakautumisesta tasaisesti eri tukitolpil-le huolehdittava. Kuorman jakautumista tukitolpil-le voidaan tasata kiertämällä korkeussäädettävillä tukijaloilla ja säätöpäillä tai käyttämällä kiilausta tai täytelevyjä tukitolpan ja rakenteen välissä.

Erilaisia tukirakenteita on käsitelty myös ohjeessa *Siltojen tukitelineet-2007 /33/*.

---

### 9.3 Purkamismenetelmät

---

Ennen purkutyöhön ryhtymistä on laadittava purkusuunnitelma. Purkusuunnitelmaa on käsitelty kohdassa 8.1.2.3.

Puusiltojen rakenneosien purkaminen suoritetaan käsityökaluja käyttäen silloin, kun vain osa puurakenteista uusitaan. Purkaminen voidaan suorittaa myös kokonaisina rakenneosina. Esimerkiksi pienten siltojen päällysrakenne voidaan poistaa kokonaisena nosturilla nostamalla. Säilytettäviä puurakenneosia ei saa vaurioittaa purkutyön yhteydessä.

Nostotyöt on suunniteltava aina tapauskohtaisesti. Nostettavan rakenteen paino on aina määritettävä laskelmin ennen nostotöihin ryhtymistä. Vanhoissa suunnitelmissa esitetyt rakenteen teoreettiset painot eivät aina pidä paikkaansa. Nostotyölle joudutaan yleensä varaamaan muita purkutöitä suurempi työalue. Suurempien nostojen yhteydessä voidaan nosturille joutua rakentamaan nostokenttä, jotta nosturi voidaan sijoittaa riittävän lähelle nostettavaa rakenneosaa. Nostokentän maaperäolosuhteet on selvitettävä aina nostosuunnitelman lähtötiedoiksi.

Puusilta uusittaessa vanhan puusillan purkutyöt voidaan suorittaa tarvittaessa järeääkin kalustoa, esimerkiksi kaivinkonetta, käyttäen.

## 10 KORJAUSTYÖT

### 10.1 Korjaustöiden laatuvaatimukset

Rakenteellisten korjausten käyttöikätaavoite määritellään korjaussuunnitelmissa.

Teräsrakenteiden pintakäsittelyn takuu-aika ja käyttöikätaavoitteet on määritetty SILKO-ohjeen 1.351 *Teräsrakenteet, Pintakäsittely /34/* kohdassa 2.1

#### 10.1.1 Valmistusta ja korjaustyötä koskevat yleiset laatuvaatimukset

##### 10.1.1.1 Laadunhallinta

Laadunhallinnan keinoja ovat

- laadun-suunnittelu
- laadunohjaus
- laadunvarmistus
- laadun parantaminen
- olosuhteiden varmistaminen sellaisiksi, että ne täyttävät vaatimukset
- oikea korjaussuunnittelu

Pääurakoitsijalla ja tärkeimmillä aliurakoitsijoilla, kuten liimapuuelementtien sekä kaiteiden valmistajalla ja asentajalla on oltava toimiva laadunhallintajärjestelmä.

Uusittavien teräsosien valmistajan toiminnan laadunvalvonta on oltava *sovellusohjeen NCCI T /9/* kohdan 3.1 mukainen.

Laadunhallintaan liittyvät asiat on esitetty myös InfraRYLin kohdassa 42001.3.

##### 10.1.1.2 Henkilöstön pätevyys

Urakoitsijalla pitää olla käytettävissään ammattitaitoinen ja laadunhallintajärjestelmän mukaisesti koulutettu henkilökunta, jonka pätevyys voidaan osoittaa kirjallisesti.

Puusiltojen korjaamista johtavalla työnjohtajalla on oltava riittävä kokemus vaativien puurakenteiden rakentamisesta. Tilaa- ja hyväksyy vastaavaksi työnjohtajaksi vaativien puurakenteiden rakentamisesta riittävän pitkän kokemuksen omaavan henkilön.

Korjaustyön johtajan on koulutus- ja kokemuksen perusteella ymmärrettävä korjattavan rakenteen käyttäytyminen eri työvaiheissa sekä hallittava työmenetelmät perusteellisesti.

Työvoiman on oltava joko koulutuksen tai työkokemuksen perusteella ammattitaitoista. Koneiden ja laitteiden käyttäjien on saatava niiden valmistajan tai maahantuoja- ja järjestämä ohjaus, ellei opetus sisälly ammattikoulutukseen tai valmistaja itse järjestä pätevää työnohjausta.

Teräsrakenteiden pintakäsittelytöitä johtavalla työnjohtajalla ja pintakäsittelytöitä tekevillä työntekijöillä on oltava sovellusohjeen NCCI T kohdan 3.1 vaatimusten mukainen koulutus ja kokemus.

##### 10.1.1.3 Työtilat ja -välineet

Urakoitsijalla tulee olla asianmukaiset työtilat ja kunnossa olevat työvälineet ja koneet. Siltapaikalla työskentelyolosuhteet on tarvittaessa tarkoituksenmukaisia suojia käyttäen saatettava sellaisiksi, että vaadittu laatu- ja tasoa voidaan saavuttaa.

#### 10.1.2 Materiaalit ja tarvikkeet

Pysyviin rakenteisiin ei saa käyttää aineita eikä tarvikkeita, joiden laatu- ja vaatimustenmukaisuutta ei ole etukäteen todettu.

Tuotteiden valmistuksen on oltava hyväksyttävän laadunvalvonnan alais- ja laadunvalvontakokien tulosten tulee olla saatavissa.

Materiaalien ja tarvikkeiden laatuvaatimukset esitetään korjaussuunnitelmassa.

Sahatavaran toimitusvaatimukset on esitetty InfraRYL kohdassa 42050.1.1.2. Kukin lujuuslajiteltu sahatavarakappale tai -nippu on tulee olla merkitty standardin SFS-EN 14081-1 mukaisella CE-merkillä. Mikäli sahatavara jatkokäsittellään (esim. painekyllästetään tai katkaistaan määramittoihin), tulee jokaiseen puutavarakappaleeseen olla merkitty jatkokäsittelijän nimi tai tunnusmerkki sekä jatkokäsittelyn identifioivat merkinnät.

Liimapuutuotteen toimitusvaatimukset on esitetty InfraRYL kohdassa 42050.1.2.2. Liimapuutuotteen merkinnöissä tulee olla mm. CE-merkintä, valmistajan nimi, lujuusluokka, liimauksen laatu ja puulaji.

Sahatavaran ja liimapuutuotteen painekyllästykseen tiedot tulee olla ilmoitettu InfraRYL kohdan 42050.1.5.2 mukaisesti.

Liittimien ja liitososien kelpoisuus osoitetaan ensisijaisesti CE-merkinnällä. Teräsosien valmistuksen on noudatettava standardia SFS-EN 1090-2 ja Liikenneviraston em. standardin soveltamisohjetta ”28/2014 Teräsrakenteiden toteutus – NCCI T”.

### 10.1.3 Rakenneosien valmistaminen

Puusiltojen korjauksissa uusittavia, esivalmistettuja, rakenneosia ovat liimapuupalkit ja kansilaattaelementit, jotka valmistetaan siltakohtaisten rakennussuunnitelmien mukaisesti.

Liimapuurakenteiden tulee olla käyttöluokan mukaisesti painekyllästettyjä mäntyä ja valmistettu standardin SFS-EN 14080 mukaisesti. Pintaluokka on H. Liimapuun sallitut mittapoikkeamat ovat InfraRYL kohdan 42050.1.2.1 taulukon 42050:T11 mukaiset.

Sillan teräsosat valmistetaan siltakohtaisten rakennussuunnitelmien mukaisesti. Valmistus ja laatuvaatimukset standardin SFS-EN 1090-2 ja Liikenneviraston em. standardin soveltamisohjeen ”28/2014 Teräsrakenteiden toteutus – NCCI T” mukaisesti.

Esivalmistettuja siltojen osia ovat myös teräsrakenteiset siltakaiteet. Teräsrakenteiset siltakaiteet ovat törmäysluokan H2 mukaisia kaiteita, jotka valmistetaan kaidetoimittajan suunnitelmien mukaisesti. Kaiteiden kelpoisuus osoitetaan CE-merkinnällä.

### 10.1.4 Korjaustöiden toteutus

Puurakenteiden asennustyön vaatimukset ja on esitetty InfraRYL kohdassa 42050.4.

Rakenneosien asentaminen/rakentaminen siltakohteessa tehdään korjaussuunnitelmaan sisältyvän asennus-/korjaustapaehdotuksen ja/tai korjausurakoitsijan toimesta laaditun asennussuunnitelman mukaan.

Siltojen korjaustyöhön liittyvät asennus-/korjaustyön vaiheet ovat pääkohdittain lueteltuna

- rakenteen väliaikaiset tuennat
- purkutyöt
- asennettavien osien kuljetukset, siirrot ja nostot
- asennusliitosten tekeminen
- viimeistelytyöt
- pintakäsittelyt.

Asennusosien kuljetuksissa, nostoissa ja siirroissa kiinnitetään huomiota tuenta- ja nostokohtiin, jotka suojataan siten, että vaurioita kuten taipumia, kolhuja ja naarmuja ei pääse syntymään eikä tarvikkeiden laatu ja lujuusominaisuudet heikenny.

Osien paikoilleen asemoinnin ja väliaikaisen tuennan jälkeen varmistetaan mittauksin, että osien asema ja osakokonaisuuksien muoto sekä pystyettä vaakatasossa on vaatimusten mukainen.

Asennusliitokset tehdään urakoitsijan laatimien teknisten työsuunnitelmien mukaan.

Liitokset tehdään siten, että liitettävien kappaleiden välille ei jää toleranssin ylittävää väljyyttä ja valmiille rakenteelle asetetut vaatimukset täyttyvät. Pultit on kiristettävä niin, että aluslevyt painuvat hiukan puun sisään, mutta ei yli 1 mm. Pulttiliitokset on jälkikiristettävä 6...12 kk:n kuluttua sillan valmistumisesta.

Liimapuupalkkien asennustarkkuudet on esitetty InfraRYL kohdassa 42050.5.1 taulukossa 42050:T31.

Syrjälankkukannen vaatimukset on esitetty InfraRYL kohdassa 42050.5.2.1. Erityistä huomiota on kiinnitettävä siihen, että puutavaran kosteus rakennustyön aikana saa olla korkeintaan käyttöluokan 2 mukainen ja vierekkäisissä lankuissa on sama vuosirenkaiden suunta. Näillä toimenpiteillä saadaan varmistettua, että kansilankkujen välille ei synny liian suuria rakoja. Lankun jatkaminen on aina sijoitettava pääkannattajan kohdalle ja lankun vähimmäispituus on 2,0 m sekä sen on tukeuduttava vähintään kolmelle pääkannattajalle. Vierekkäisiä kansilankkuja ei saa jatkaa samalla kohdalla ja vierekkäisten jatkosten välissä on oltava vähintään kaksi jatkamatonta lankkua.

Liimapuisten kansilaattaelementtien sallitut mittapoikkeamat on esitetty InfraRYL kohdassa 42050.5.2.2 taulukossa 42050:T32. Elementtien välisissä saumoissa on käytettävä puurakenteeseen soveltuvia elastisia saumamassoja (SILKO 3.731). Kiinnityspulttien kolot on täytettävä SILKO 3.731 mukaisilla polymeerimodifioidulla bitumisaumaussmassalla.

Puurakenteiden liitosten asennustarkkuudet on esitetty InfraRYL kohdassa 42050.5.3 taulukossa 42050:T33.

10.1.5 Lahonsuojaus ja pintakäsittely

Siltojen puutavaran lahonsuojaus suoritetaan aina painekyllästämällä puutavara InfraRYL kohdan 42050.4.2 taulukon 42050:T29 mukaisesti.

Painekyllästettyä puutavaraa työstettäessä painekyllästyksen jälkeen työstetyt kohdat ja katkaisupinnat käsitellään siveltävällä puunsuoja-aineella puutavaran kosteussuojauksen valmistajan ohjeiden mukaan.

10.1.6 Telineet, suojaus ja jätteen talteenotto

Korjattavan kohteen ja käsiteltävän pinnan luoksepäästävyys on tärkeää. Siksi korjaustoissa olisi yleensä suositeltavaa käyttää telineitä. Telineiden muoto ja tyyppi valitaan työkohteen mukaan. Siltojen korjaus- ja maalaustöihin sopivia telinetyyppejä on esitelty SILKO-ohjeen 1.351 *Pintakäsittely /34/* kohdassa 6.2.

Tarvittaessa vesistöosilloissa telineet rakennetaan lautan tai ponttonin varaan niin, että työskentely voi jokaisessa korjattavassa kohdassa tapahtua riittävän läheltä.

Telineet on tarkastettava ennen käyttöönottoa ja tarkastuksia tehdään myös käytön aikana. Telineistä laaditaan telinekortti, joista käy ilmi telineen sallitut kuormat ja siihen merkitään telineen tarkastukset.

Purkujätteiden leviäminen ympäristöön ja ajoneuvojen päälle voidaan estää telineisiin kiinnitettävillä suojilla. Korjaustyössä syntyneet kaikki jätteet kerätään talteen ja kuljetetaan kyseisille jätteille tarkoitettuun paikkaan.

10.2 Tukien korjaaminen

Tässä kohdassa esitetyt tukien korjaamistoimenpiteet koskevat puurakenteisten, puupaalujen varaan rakennettujen, tukien korjaamista.

Kaikista korjaustoimenpiteistä tulee laatia siltakohtainen suunnitelma. Ennen korjaussuunnittelua sillalle on tehtävä erikoistarkastus tai laajennettu yleistarkastus ohjeen LO 36/2017, *Puusillan laajennetun yleistarkastuksen ohje /2/* mukaisesti.

Mikäli paalurakenteita korjataan tai uusitaan, tulee tukien kohdilta suorittaa pohjatutkimukset ohjeen LO10/2015, *Geotekniset tutkimukset ja mittaukset* mukaisesti.

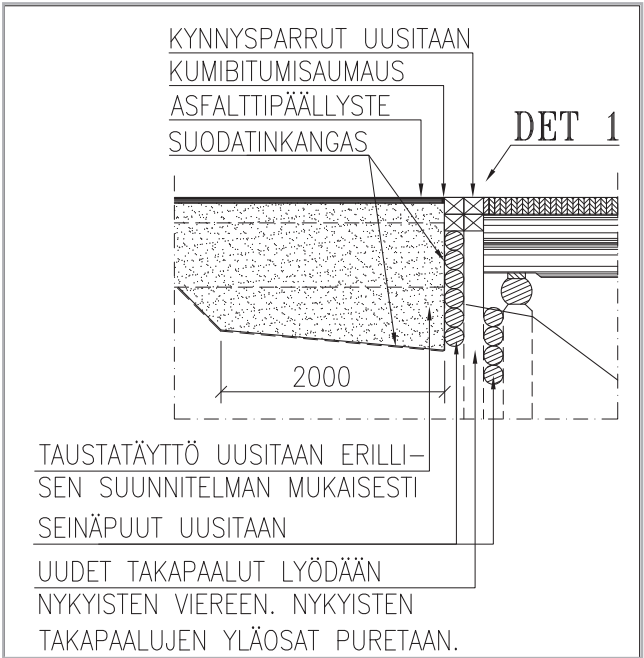
Paalujen kantavuus määritetään piirustusten, pohjatutkimusten ja mahdollisten rakennustyön aikaisen paalutuspöytäkirjatietojen perusteella ohjetta LO36/2015 *Siltojen kantavuuslaskentaohje /26/* noudattaen.

10.2.1 Päätytukien korjaaminen

10.2.1.1 Takapaalut ja seinäpuut

Takapaalujen, seinäpuiden sekä takapaalujen ja tukipaalujen välissä olevien seinäpuiden korjaaminen suoritetaan nämä rakenneosat uusimalla. Tuen taustatäyttö uusittavien rakenteiden korkeudelta rakennetaan uudelleen samassa yhteydessä.

Uusittavat rakenteet puretaan alimpien uusittavien seinäpuiden tasolle. Uudet takapaalut lyödään nykyisten takapaalujen viereen. Kuvassa 17 on esitetty periaatepiirros korjauksesta.



Kuva 17. Takapaalujen ja seinäpuiden korjaaminen.



10.2.1.2 Tukipaalut

Päätytukien vaurioituneiden tukipaalujen korjaaminen on suoritettava paalut uusimalla, mikä johtaa yleensä varsin suuriin rakennuskustannuksiin. Tukipaalujen uusiminen suoritetaan huolellisten selvitysten jälkeen vain poikkeustapauksissa.

10.2.2 Välitukien korjaaminen

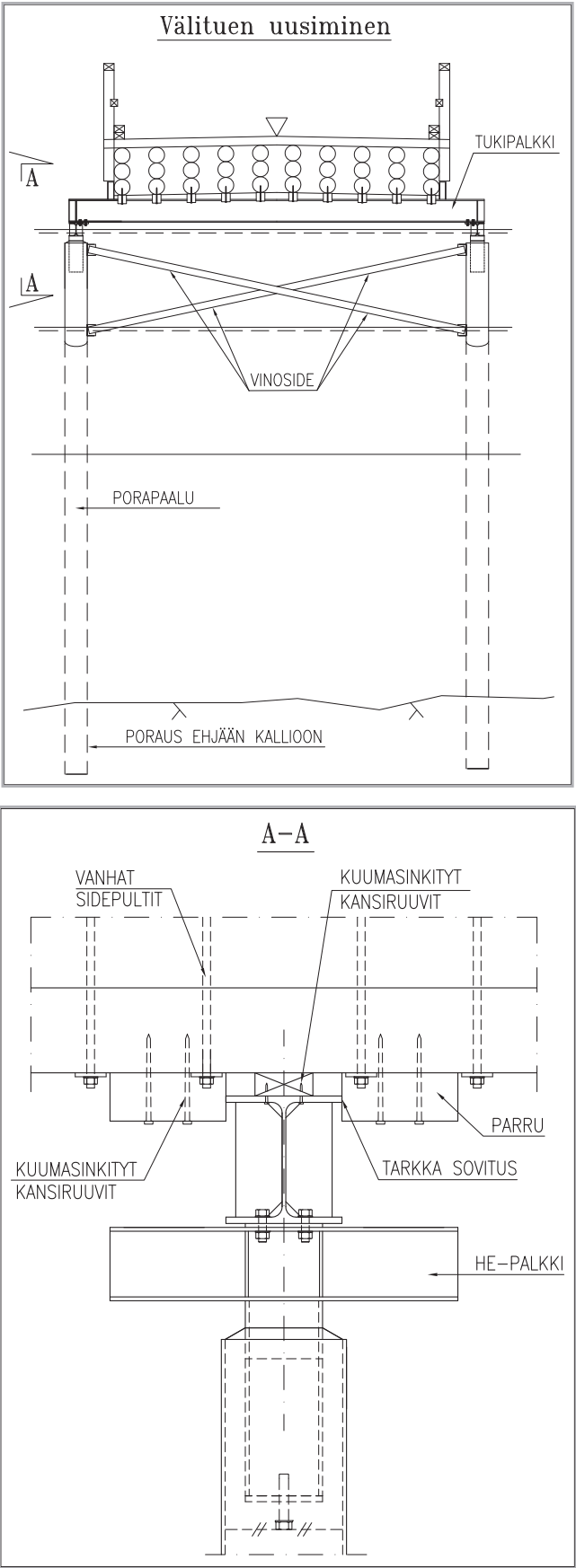
Välitukien korjaamistarpeet syntyvät pääsääntöisesti tuki- ja/tai vinopaalujen lahovaurioista, painumista ja siirtymistä johtuen. Paalujen vauriot johtavat myös niskan ja aluspuun vaurioihin. Paalujen korjaamisen yhteydessä on aina tarkistettava niskan ja aluspuun korjaus- tai uusimistarve.

10.2.2.1 Paalujen vahventaminen teräsmanttelilla

Paalujen korjaaminen teräsmanttelilla on perusteltua, kun paalujen geotekninen kantavuus on riittävä ja paalujen vauriot ovat pieniä sekä paikallisia. Lahovaurioiden korjaamiseen manttelivahvistusta ei tule tehdä. Manttelivahvistus tehdään huolellisten selvitysten jälkeen vain poikkeustapauksissa.

10.2.2.2 Välituen uusiminen teräspaalurakenteiseksi

Mikäli sillan erikoistarkastuksen tai laajennetun yleistarkastuksen mukaan puusillan päätytuet ja päällysrakenne ovat hyvässä kunnossa välitukien kunnan ollessa huono, on perusteltua uusia välituet teräspalkki- ja teräspaalurakenteisiksi. Kuvassa 18 on esitetty periaateratkaisu välituen uusimisesta teräspalkki- ja porapaalurakenteiseksi käyttäen rakennustyön aikana vain lyhytaikaisia liikennekatkoja. Välituen uusimisesta on laadittava aina siltakohtainen rakennussuunnitelma.



Kuva 18. Periaatepiirroksat välituen uusimisesta.

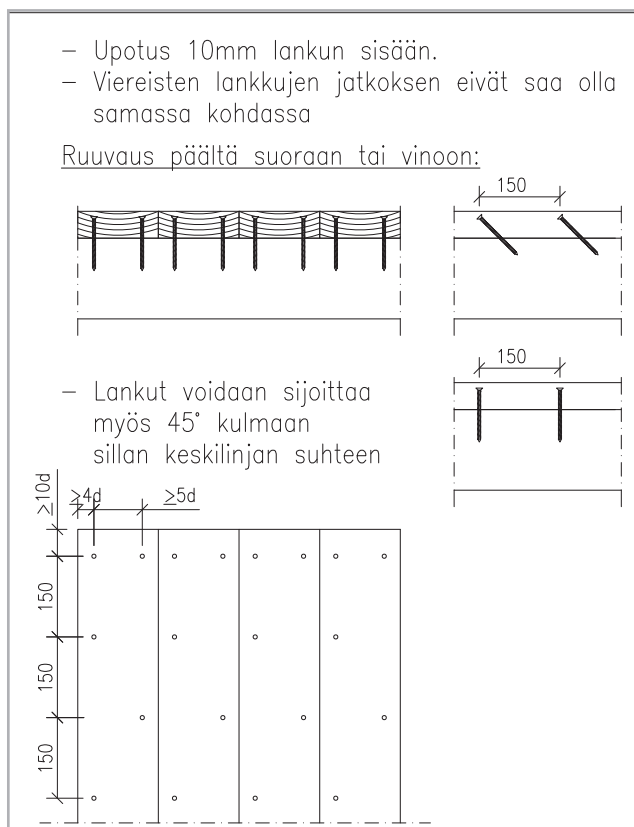
## 10.3 Kansilankutuksen korjaaminen

### 10.3.1 Puukannen vahventaminen teräslevyllä

Puukannen vahventaminen teräslevyllä suoritetaan SILKO-ohjeen 2.421 mukaisesti. Ohjeessa on esitetty vauriorajat ja vuorokausiliikennemäärän yläraja, jolloin teräslevyvahvennusta voidaan käyttää. Ylläpitokaluston teräslevyihin ja niiden kiinnitysosiin aiheuttamien vaurioiden todennäköisyys on suuri, minkä vuoksi tätä korjausmenetelmää käytetään vain poikkeustapauksissa.

### 10.3.2 Kulutuslankkujen uusiminen

Puukannen kulutuslankut on uusittava, kun kulutuslankuissa on pintalahoa, kulumaa tai muita vaurioita 5–20 mm:n syvyydeltä. Uuden kulutuslankun paksuus on 38–50 mm. Lankut asetetaan sydänpuu ylöspäin. Lankut kiinnitetään ruuvikiinnityksellä. Kuvassa 19 on esitetty kulutuslankkujen sijoitus-/kiinnityisperiaatteet.



Kuva 19. Kulutuslankkujen kiinnitys.

Kulutuslankuissa käytettävien materiaalien vähimmäisvaatimukset:

- Puutavara:
  - o Lujuus C24
  - o Laatuluokka V, hienosahattu
  - o Paineekyllästys: SFS-EN 351-1, luokka A, suolakyllästys
- Kiinnitysruuvit: Haponkestävä teräs, vähintään laatu EN 1.4401. Silloissa, joissa ei käytetä tie-suolausta, kiinnityksessä käytetään kuumasinkittyjä ruuveja, joiden sinkkipinnoitteen vähimmäispaksuus on 50 µm

### 10.3.3 Syrjälankkukannen uusiminen

Syrjälankkukansi on uusittava, kun kannen lankuissa on pintalahoa, kulumaa tai muita vaurioita 10–20 mm:n syvyydeltä tai lankuissa on sydänpuulahoa.

Syrjälankkukannen uusiminen edellyttää aina puusillan laajennetun yleistarkastuksen toteuttamista ohjeen ”*Puusiltojen laajennettu yleistarkastus, Liikenneviraston ohjeita 36/2017*” mukaisesti. Tarkastukseen pohjautuva korjaussuunnitelma on aina siltakohtaisesti laadittava, jotta saadaan varmistettua sillan perustusten ja pääkannattajien riittävän hyvä kunto ja kantavuus, mikä on kansilankutuksen uusimisen edellytys. Erityistä huomiota on kiinnitettävä tukipaalujen ja pääkannattajien lahon määrän selvittämiseen.

Mikäli sillassa on kaksipuoleinen sivukallistus ja lankutuksen harjan kohdalla ei ole pääkannattajaa, ovat korjausvaihtoehdot seuraavat:

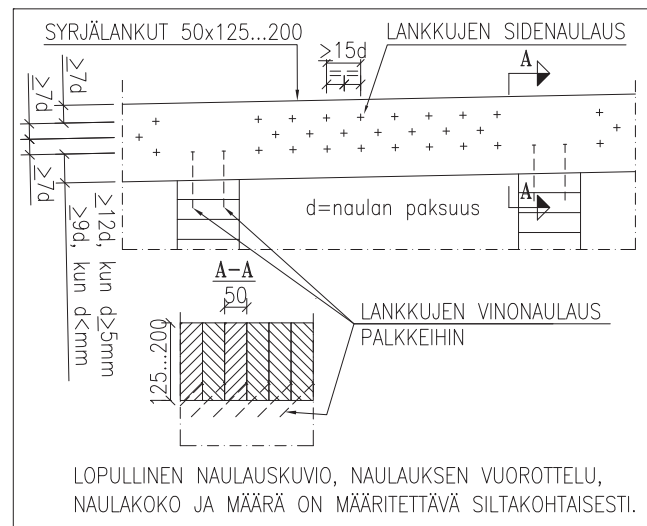
- Mahdollisuuksien mukaan silta muutetaan yhteen suuntaan sivukaltevaksi rakentamalla pääkannattajien alle sovitepuut.
- Kansilankutuksessa käytetään muotoon sahatuja syrjälankkuja tai liimapuuelementtejä.
- Rakentamalla kansilankutuksen alle harjan kohdalle pääkannattajien väliin sekundäärinen pituuskannattaja.

Em. korjausratkaisuista on aina laadittava siltakohtaiset rakennussuunnitelmat.

Syrjälankkukannen uusimisessa käytettävien materiaalien vähimmäisvaatimukset:

- Puutavara:
  - o Sahatavaran lujuusluokka C30/C24 (perusteet: ks. kohta 3.1.1)
  - o Liimapuun lujuusluokka GL 30c
  - o Sahatavaran laatuluokka VI, sahattu
  - o Liimapuun laatuluokka H
  - o Paineekyllästys: SFS-EN 351-1, luokka A, suolakyllästys
- Naulat ja kiinnitysruuvit: Suolattomissa olosuhteissa kuumasinkitys 50 µm. Suolatuilla teillä ja meriolosuhteissa haponkestävä teräs vähintään laadusta EN 1.4401.

Kuvassa 20 on esitetty periaate syryälankkukan-  
nen rakenteesta.



Kuva 20. Syryälankkukansi 50x125...200.

## 10.4 Pääkannattajien korjaaminen

Sillan korjauksen laajuus selvitetään aina siltakohtaisesti erikseen erikoistarkastuksen kuntotietojen perusteella. Puiset pääkannattajat korjataan vain, kun niiden vauriot ja erityisesti lahovauriot ovat erikoistarkastuksen mukaan vähäisiä. Korjaustapana tällöin voi olla esimerkiksi reunimmaisten puisten pääpalkkien ja kansilankutuksen uusiminen. Muussa tapauksessa koko päällysrakenne tai koko silta uusitaan.

### 10.4.1 Liimapuupalkit

Liimapuupalkkien halkeamien injektointi suoritetaan SILKO-ohjeen 2.431 mukaisesti. Ohjeessa on esitetty halkeamien sijainnit, jotka on injektoidulla korjattava.

Liimapuupalkkien törmäysvaurioiden korjaaminen on suoritettava aina siltakohtaisesti laaditun korjaussuunnitelman mukaisesti.

Sillan korjauksen yhteydessä suositellaan uloimpien liimapuupalkkien suojaamista kosteudelta ja auringon UV-säteilyltä pakkien ulkopinnat verhoilemalla. Verhoilu voidaan suorittaa käyttäen pystykoolausta ja verhoilurimoja, verhoilulautoja tai teräslevyä. Liimapuupalkin pinnat voidaan suojata myös maalauksella maalitoimittajan ohjeiden mukaisesti. Verhoilusta tai maalauksesta on laadittava siltakohtainen rakennussuunnitelma.

Verhoilussa käytettävien materiaalien vähimmäisvaatimukset:

- Puutavara:
  - o Lujuus C24
  - o Laatuluokka V, hienosahattu
  - o Paineekyllästys: SFS-EN 351-1, luokka AB, suolakyllästys
- Kiinnitysruuvit: Ruostumaton teräs, vähintään laatu EN 1.4301

### 10.4.2 Pyöröpuiset puupalkit

Pyöröpuisten palkkien ainoa toteutettavissa oleva korjaustoimenpide on pyöröpuita yhteen liittävien kiinnityspulttien uusiminen syryälankkukannen uusimisen yhteydessä. Pääkannattajien tulee olla ehjiä tai vaurioiden vähäisiä. Uusittavat kiinnityspultit ovat läpimitaltaan alkuperäisen suunnitelman mukaisia ja niiden materiaali tulee olla ruostumatonta terästä vähintään laatuluokka EN 1.4301 tai haponkestävää terästä. Tilaajan kanssa erikseen sopien voidaan liittimien ja liitososien korroosiosuojauksena käyttää kuumasinkitystä, sinkkipinnoitteen vähimmäispaksuus on liitososilla 90 µm NCCI T taulukon 4 mukaisesti ja liittimillä 50 µm. Uusittavista kiinnityspulteista on laadittava siltakohtainen rakennussuunnitelma.

### 10.4.3 Ansas- ja kaarisillat sekä muut erikoisrakenteet

Ansas- ja kaarisilltojen sekä muiden erikoisrakenteiden puusilltojen korjaustyöt suoritetaan aina siltakohtaisen korjaussuunnitelman mukaisesti.

## 10.5 Puukannen vedeneristys ja päällystäminen

Puukantisen sillan vedeneristys ja päällystäminen on selvitettävä aina siltakohtaisesti. Vedeneristuksen ja päällystämisen suunnittelussa on varmistettava vedeneristyrakenteen ehjänä pysyminen ja vedeneristuksen alapuolella olevien puurakenteiden kuivumisen mahdollistaminen mahdollisen vesivuodon varalta. Vedeneristuksen ehjänäpysymiseen vaikuttavat sillan liikennemäärä ja siltarakenteiden liikkeet liikennekuorman vaikutuksesta. Vedeneristys säilyy luotettavammin ehjänä jäykällä siltarakenteella, kuten esimerkiksi poikittain jännitetyllä liimapuupalkkirakenteisella päällysrakenteella, jolla kannen liikennekuormasta johtuvat liikkeet ovat rajoitetumpia kuin syrjä-lankkukantisella sillalla.

Poikittain jännitettyyn liimapuiseen palkkisilltaan on aina rakennettava vedeneristys ja päällyste, jotta kosteuden muutoksesta johtuva rakenteen muodonmuutos saadaan minimoiduksi. Päällystämättömän poikittain jännitetyn liimapuisen palkkisillan kosteuden muutoksesta johtuva muodonmuutos aiheuttaa poikittaisiin tankoihin suuren vetovoiman muutoksen, mistä johtuen tankojen ankkurointilevyjen pintapaine voi ylittää puun puristuslujuuden.

Puukannen pintarakenteet tehdään Liikenneviraston ohjeen *Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun /35/* kuvan 25 mukaisesti kumibitumivalu-asfaltilla KBVA 16 (40 mm), jonka alle puukanta vasten rakennetaan eristemastiksi 15 mm. Päällysteen pintaan rakennetaan karkeutus. Alustan vaatimukset ovat InfraRYL kohdan 42310.2.3 mukaisesti.

## 10.6 Kaiteiden uusiminen sillan korjauksen yhteydessä

Ajoneuvoliikenteen puusillan kaiteet uusitaan aina törmäysluokan H2 mukaisiksi kaiteiksi sillan peruskorjauksen eli kannen uusimisen yhteydessä. Uusittavan kaiteen pituus ja yläjohteen ankkurointi suunnitellaan ohjeen *Siltojen kaiteet, Liikenneviraston ohjeita 25/2012 /37/* mukaisesti.

Siltakaiteiden ja niiden kiinnityksen suunnittelu on aina suoritettava siltakohtaisesti erikseen. Kaiteiden uusimisen suunnittelussa on huomioitava siltapaikan tiegeometria, koska esimerkiksi sillan sijainti tien kaarteiden kohdalla lisää siltakaiteeseen kohdistuvan törmäyksen todennäköisyyttä ja törmäyskuormaa. Tässä ohjeessa esitetyt siltakaiteiden suunnitteluohjeita voi käyttää vain puusilltojen korjauksen suunnittelussa.

Korjattavien puusilltojen kaiteiden törmäystestejä ei voida kohteiden monimuotoisuuden ja suurten kustannusten vuoksi suorittaa. Suunniteltavissa kaidekiinnityksissä on kuitenkin pyrittävä mahdollisimman samankaltaiseen ratkaisuun kuin reuna-palkillisella törmäystestatulla H2-kaiteella. Tämän vuoksi kaidekiinnitys sijoitetaan korkeussuunnassa mahdollisimman lähelle siltakannen yläpinnan tasoa. Lisäksi kaidetolpan kiinnityksen tulee olla kaidetolpan lujuutta suurempi, jotta törmäystilanteissa kaide myötää kiinnitysosan kiinnittämiseen pysyessä ehjänä varmistaen täten varsinaisen siltarakenteen ehjänä pysymisen törmäystilanteissa.

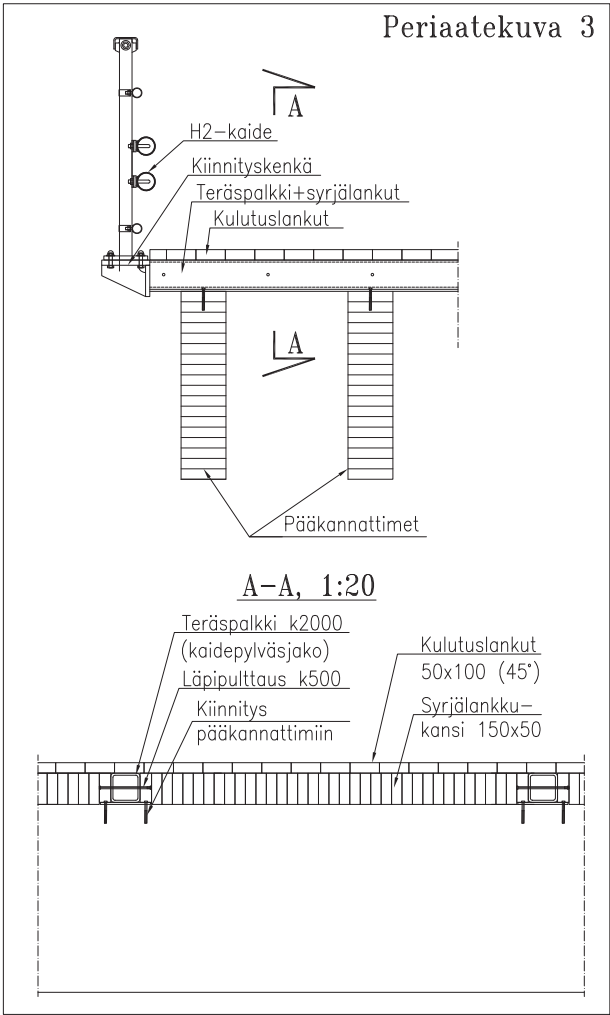
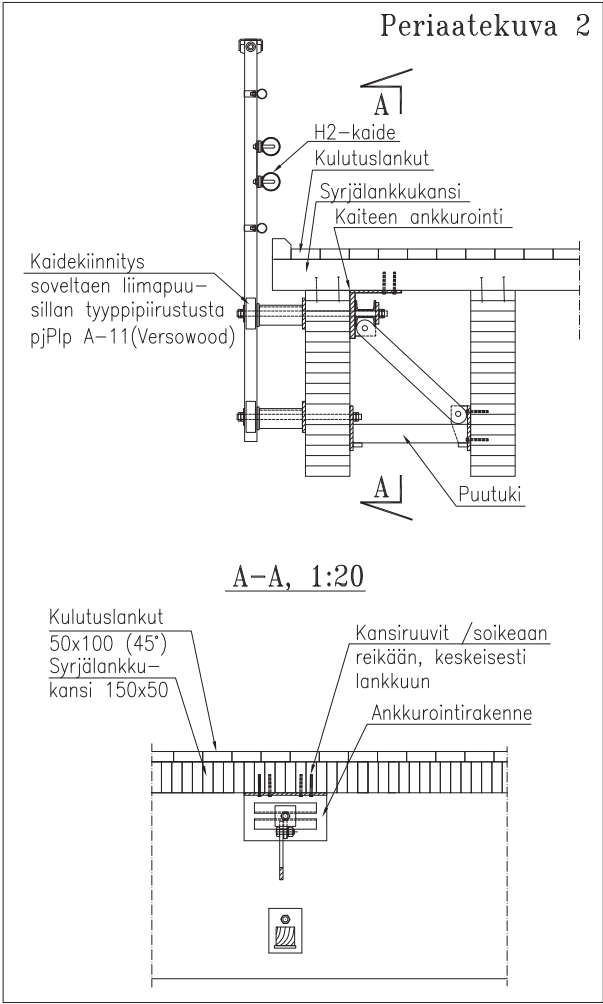
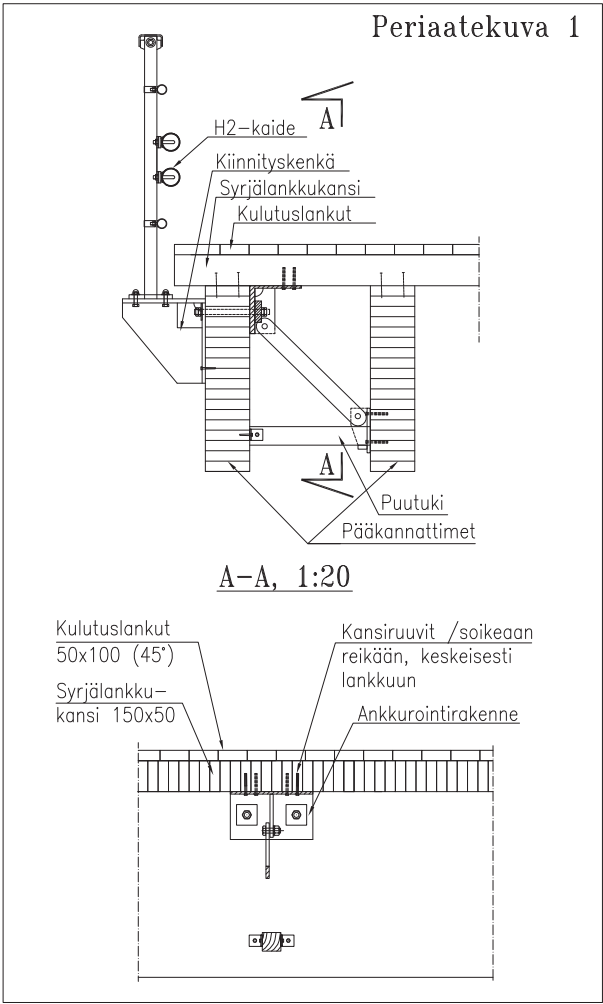
Kaidetolpan kiinnitys siltaan mitoitetaan NCCI 1 kohdan F.4 mukaisille kuormille, kun nopeusrajoitus sillalla on  $> 50$  km/h. Mitoitusperusteen edellytyksenä on kuitenkin se, että siltapaikalla nopeusrajoitus on enintään 80 km/h.

Kun nopeusrajoitus sillalla on  $\leq 50$  km/h, suoritetaan kaidetolpan kiinnityksen mitoitus Liikenneviraston ohjeen *Siltojen kaiteet, Liikenneviraston ohjeita 25/2012 /37/* kohdan 2.12 mukaisille kuormille.

Kevyen liikenteen siltojen kaiteet ja niiden kiinnitykset suunnitellaan siltakohtaisesti aina erikseen. Puukaiteen kaidetolppina on halkeilun välttämiseksi käytettävä liimapuurakennetta, jonka lujuusluokka on oltava vähintään GL30c ja laatuluokka vähintään H. Puukaiteen yläjohteen lujuuden vähimmäisvaatimus on C30 ja laatuluokka vähintään V. Muiden kaiteiden puuosien lujuuden vähimmäisvaatimus on C24 ja laatuluokka vähintään V.

### 10.6.1 Kaidetolpan kiinnitysperiaate liimapuisella palkkisillalla

Kaidetolpan kiinnitys siltaan on suunniteltava aina siltakohtaisesti erikseen. Kuvassa 21 on esitetty kolme periaatepiirrosta kaiteen kiinnityksestä liimapuupalkkisillalla.



Kuva 21. H2 kaiteen kaidetolpan kiinnityisperiaatteet liimapuupalkkisiltaan. Kaiteiden kiinnitys liitososineen ja liittimiseen on mitoittava ja suunniteltava siltakohtaisesti. Kiinnityksen mitoituskuormat kohdan 10.6 mukaisesti. Kaiteen kiinnityksestä on laadittava yksityiskohtainen suunnitelma.



### 10.6.2 Kaidetolpan kiinnityspeiraate pyöröpui-sella sillalla

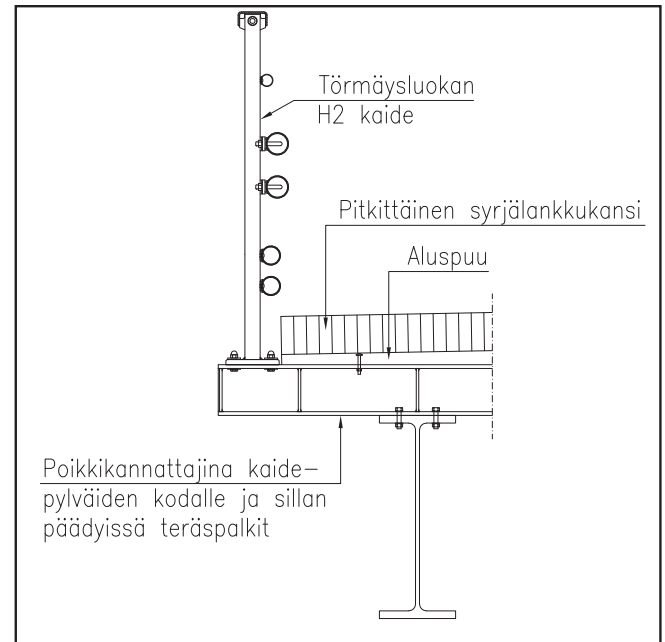
Kaidetolpan kiinnityksessä pyöröpuisella sillalla voidaan soveltaa liimapuupalkkisillan kaiteen kiinnityspeiraatetta.

### 10.6.3 Kaidetolpan kiinnityspeiraate puukanti-sella teräspalkkisillalla

Kaidetolpan kiinnitys siltaan on suunniteltava aina siltakohtaisesti erikseen. Kuvassa 22 on esitetty periaatepiirros kaiteen kiinnityksestä puukantisella teräspalkkisillalla.

### 10.6.4 Puukaiteen kaidetolpan kiinnityspeiraate puukantisella kevyen liikenteen sillalla

Puukaiteen kiinnityksen suunnittelukuormien määrittäminen ja suunnittelu on toteutettava aina siltakohtaisesti.



Kuva 22. H2 kaiteen kaidetolpan kiinnityspeiraate puukantisella teräspalkkisillalla

## 10.7 Varusteiden ja laitteiden uusiminen

Liikuntasäilymälitteiden ja laakereiden uusiminen sekä kaapelihyllyn ja valaisinpylvään lisääminen siltaan suunnitellaan aina kohdekohtaisesti erikseen.

## 10.8 Vahvistamistyöt

Puusillan rakenteita voidaan vahvistaa, mikäli sillan kantavuutta on tarvetta lisätä. Syitä kantavuuden tarpeen lisääntymiseen voivat olla

- lisääntyneet liikennekuormat sillalla
- lisääntyneet erikoiskuljetuskuormat sillalla
- sillan leventäminen ja ajokaistojen lisääminen
- uudet suunnittelunormit
- sillan alimitoitus
- rakentamisvirheet

Puusillan rakenteita voidaan vahventaa pääkannattimia lisäämällä ja kansilankutus uusimalla vahvemmalla puutavaralla. Vahventaminen voidaan suorittaa vain, mikäli alusrakenteiden kantavuus on riittävä myös uusille suunnittelukuormille. Alusrakenteiden kantavuus on määritettävä pohjatutkimuksiin perustuvien geoteknisiin laskelmin vaaditun pätevyyden omaavan geoteknikon toimesta.

Vahventamistyö on aina suunniteltava pätevän rakennesuunnittelijan toimesta ennen korjaustöihin ryhtymistä. Suunnitelmien sisältöä ja suunnittelijan pätevyyttä on käsitelty tarkemmin tämän ohjeen kohdassa 8. Ennen vahvistamistyön suunnittelua sillalle tehdään yleensä kantavuuslaskenta. Ennen kantavuuslaskentaa tehdään yleensä myös sillan erikoistarkastus tai laajennettu yleis-tarkastus.

Tässä ohjeessa ei käsitellä tarkemmin vahvistamistyitä, koska ne on aina toteutettava ja suunniteltava kohdekohtaisesti.

## 11 TYÖTURVALLISUUS

---

Sillankorjaustyömaiden työturvallisuutta koskevis-  
sa asioissa on toimittava työturvallisuuslainsäädännön ja Liikenneviraston ohjeiden mukaisesti.

Yleensä sillankorjaustyömaalla on yksi työmaan kokonaisuutta hallitseva pääurakoitsija ja työmaalla toimii useampi kuin yksi työnantaja tai toimija. Tällöin on noudatettava työturvallisuuslainsäädännön mukaisia yhteisen työpaikan velvoitteita.

Sillankorjaustyömaiden työturvallisuutta käsittelevät asiat on esitetty pääosin *SILKO-ohjeessa 1.111 Työturvallisuus /16/*. Seuraavassa toistetaan ne asiat, joita halutaan korostaa sekä erityisesti puusiltojen korjaustöissä esiintyvät täydentävät ohjeet. Työturvallisuusasioiden organisointi on esitetty *SILKO-ohjeen 1.111 Työturvallisuus /16/* luvussa 2 seuraavasti:

1. Rakennushankkeessa on oltava rakennuttajan nimeämä turvallisuuskoordinaattori (*VNa 205/2009 /45/ 2 §*).
2. Suunnittelutoimeksiannossa rakennuttaja antaa suunnittelijalle työturvallisuuteen liittyvät lähtötiedot ja suunnittelua ohjaavat työturvallisuusvaatimukset, jotta suunnittelija voi suunnittelun yhteydessä ottaa huomioon sekä rakentamisen että käytön aikaisen turvallisuuden (*VNa 205/2009 /45/ 7 §*).

3. Sillan korjaamista valmistellessaan rakennuttajan on laadittava työn suunnittelua ja valmistelua varten turvallisuusasiakirja (*VNa 205/2009 /45/ 8 §*).
4. Pää toteuttajan on ennen rakennustyön aloitamista laadittava koko työmaata koskeva turvallisuussuunnitelma. Eri työt, työvaiheet ja niiden ajoitus on suunniteltava siten, että ne voidaan toteuttaa turvallisesti ja aiheuttamatta vaaraa työmaalla työskenteleville tai muille työn vaikutuspiirissä oleville (*VNa 205/2009 /45/ 10 §*).

Taulukossa 2 on esitetty yhteenveto puusiltojen korjaustöissä työntekijöille aiheutuvista tyypillisimmistä riskitekijöistä ja kyseisissä töissä käytettävistä henkilösuojaimista. Turvallisuus on varmistettava aina kohdekohtaisesti.

**Taulukko 2.** Puurakenteiden korjaustöiden aiheuttamat vaarat työntekijöille ja kyseisissä töissä käytettävät henkilönsuojaimet.

| VAARAN<br>AIHEUTTAJA                         | VAARA                                                         | HENKILÖNSUOJAIN    |                         |                     |                      |                                    |                       |        |                   |                  |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------|--------|-------------------|------------------|
|                                              |                                                               | Kuulon-<br>suojoin | Hengityksen-<br>suojoin | Silmien-<br>suojoin | Kasvojen-<br>suojoin | Suoja-<br>vaatetus ja<br>-käsineet | Varoitus-<br>vaatetus | Kypärä | Turva-<br>valjaat | Turva-<br>kengät |
| Liikenne ja muu työmaatoiminta               |                                                               |                    |                         |                     |                      |                                    |                       |        |                   |                  |
| Liikenne                                     | Törmäys                                                       |                    |                         |                     |                      |                                    | x                     | x      |                   |                  |
|                                              | Ajoneuvoista ja junista sinkoutuvat lumi- ja jääpaakut        |                    |                         | x                   |                      |                                    |                       | x      |                   | x                |
| Nostot                                       | Nostettavan taa-<br>kan tipahtaminen                          |                    |                         |                     |                      |                                    | x                     | x      |                   | x                |
| Työmaatoiminta                               | Terävään esi-<br>neeseen astumi-<br>nen ja liukastu-<br>minen |                    |                         |                     |                      |                                    |                       |        |                   | x                |
| Korkealla<br>työskentely                     | Työntekijän pu-<br>toaminen                                   |                    |                         |                     |                      |                                    |                       | x      | x                 |                  |
| Purkutytöt                                   | Pöly                                                          | x                  | x                       | x                   | x                    | x                                  |                       |        |                   |                  |
|                                              | Melu                                                          |                    |                         |                     |                      |                                    |                       |        |                   |                  |
|                                              | Tärinä                                                        |                    |                         |                     |                      | x                                  |                       |        |                   |                  |
|                                              | Putoavat ja kaa-<br>tuvat esineet                             |                    |                         |                     |                      |                                    | x                     | x      |                   | x                |
|                                              | Sinkovat pienet<br>materiaalipalat                            |                    |                         | x                   | x                    | x                                  |                       |        |                   |                  |
| Puun työstö                                  |                                                               |                    |                         |                     |                      |                                    |                       |        |                   |                  |
| Sahaus, hionta<br>ja muu puun<br>työstäminen | Pöly                                                          | x                  | x                       | x                   | x                    | x                                  |                       |        |                   |                  |
|                                              | Työstä aiheutuva<br>melu                                      |                    |                         |                     |                      |                                    |                       |        |                   |                  |
|                                              | Sälöt silmiin ja<br>iholle                                    |                    |                         | x                   | x                    | x                                  |                       |        |                   |                  |
| Teräksen työstö                              |                                                               |                    |                         |                     |                      |                                    |                       |        |                   |                  |
| Laikkaleikkaus<br>ja -hionta                 | Hiontapöly                                                    | x                  | x                       | x                   | x                    | x                                  |                       |        |                   |                  |
|                                              | Työstä aiheutuva<br>melu                                      |                    |                         |                     |                      |                                    |                       |        |                   |                  |
|                                              | Kipinät ja rois-<br>keet silmiin ja<br>iholle                 |                    |                         | x                   | x                    | x                                  |                       |        |                   |                  |
| Termiset leik-<br>kaustavat                  | Höyryjen ja huu-<br>rujen hengittä-<br>minen                  |                    | x                       |                     |                      |                                    |                       |        |                   |                  |
|                                              | Kipinät ja rois-<br>keet silmiin ja<br>iholle                 |                    |                         | x                   | x                    | x                                  |                       |        |                   |                  |
| Hitsaus                                      | Höyryjen ja huu-<br>rujen hengittä-<br>minen                  |                    | x                       |                     |                      | x                                  |                       |        |                   |                  |
|                                              | Valokaari                                                     |                    |                         | x                   |                      |                                    |                       |        |                   |                  |
|                                              | Kipinät ja rois-<br>keet silmiin ja<br>iholle                 |                    |                         | x                   | x                    | x                                  |                       |        |                   |                  |
| Poraus                                       | Melu                                                          | x                  |                         |                     |                      |                                    |                       |        |                   |                  |
|                                              | Sinkoilevat lastut                                            |                    |                         | x                   |                      | x                                  |                       |        |                   |                  |
|                                              | Tärinä                                                        |                    |                         |                     |                      | x                                  |                       |        |                   |                  |

## 12 LAADUNVARMISTUS JA LAADUNOHJAUS

Laadunvarmistus ja laadunohjaus ovat osa laadunhallintaa. Laadunvarmistuksella tarkoitetaan kaikkia niitä ennalta suunniteltuja ja järjestelmällisiä laadunvarmistus- ja laadunohjaustoimia, joilla pyritään saamaan aikaan asetetut vaatimukset täyttävä lopputulos.

Valvonta- ja tarkastustoimenpiteiden pitää olla virheitä ennaltaehkäiseviä. Korjaustyön tarkastuksista, mittauksista ja työn laadusta vastaa ensisijaisesti urakoitsija, joka tekee työn. Tilaaja voi tehdä lisäksi tarpeellisiksi katsomiaan tarkastuksia.

Puusiltojen korjausrakentamisessa rakenteiden valmistuksen ja asennuksen laadunvarmistuksen tavoitteena on osien, osakokonaisuuksien ja liitosten sekä lahosuojauksen virheetön toteuttaminen.

Laadunvarmistuksen tavoitteisiin pyritään ensisijaisesti suunnittelun, työnopastuksen ja työnaikaisten tarkastusten ja kokeiden avulla. Materiaalitiedot, testaustulokset ja tarkastuspöytäkirjat taltioidaan laaturaportin yhteyteen kohdan 12.5 mukaisesti.

Laadunvarmistus suoritetaan ”InfraRYL kohdan 42050 Sillan ja taitorakenteiden puurakenteet” /3/ mukaisesti. Teräsosien laadunvarmistuksen osalta noudatetaan standardia SFS-EN 1090-2 ja sen soveltamisohjetta *NCCI T /9/*.

### 12.1 Tilaajan laadunvarmistus

Tilaaja varmistaa laadun muun muassa

- ylläpitämällä ohjeita laatuvaatimuksista
- ylläpitämällä korjausohjeita (SILKO-ohjeet)
- hyväksymällä korjauksissa käytetyt tuotteet (SILKO-hyväksyntä)
- tarkastamalla korjaustöiden työkohtaista suunnittelua
- tarkastamalla urakoitsijoiden laatujärjestelmien toimivuutta ja tekemällä pistokoeluonteisia tarkastuksia työkohteissa
- järjestämällä koulutusta.

Tilaajan tärkein vaikuttamisvaihe on periaateratkaisun teko, jossa työlle määritetään sellaiset toteuttamiskäytännöt, työmenetelmät ja materiaalit, joilla voidaan saavuttaa paras mahdollinen lopputulos. Lisäksi työlle laaditaan toteuttamiskelpoinen aikataulu sijoittamalla työ sellaiseen ajankohtaan, jolloin korjaus- ja pintakäsittelytyöt onnistuvat parhaiten. Työssä saa käyttää vain etukäteen hyväksyttyjä materiaaleja ja pintakäsittelyaineita.

Tilaajalla on oikeus toteuttaa laaduntarkastusta korjaustyön aikana. Tilaajan valvojalla voi olla apunaan joko omaan organisaatioon kuuluva tai ulkopuolinen asiantuntija. Valvojalla on oltava riittävä perustietous puurakenteiden rakentamisesta ja korjaamisesta.

Tilaajan laadunvarmistus edellyttää ainakin seuraavien asioiden selvittämistä ja varmistamista ennen töiden aloittamista:

- ulkopuolisten asiantuntijoiden ja muiden mahdollisten resurssien käyttö
- valvojan perehdyttäminen työhön ja tarvittava lisäkoulutus

- työhön liittyvät erityisvaatimukset ja riskit
- tilaajan valvontaresurssit ja tarvittavat tarkastusvälineet

#### 12.1.1 Korjaustyön suunnittelu

Ennen korjaustyön suunnittelua tilaaja on yleensä teettänyt kohteeseen erikoistarkastuksen sekä mahdollisesti kantavuustarkastelun ja koekuormituksen, joihin perustuen laaditaan sillan korjaussuunnitelmat.

Korjaussuunnitelmien laatimista varten tilaaja selvittää tarvittaessa myös nykyiset ja tulevat liikennemäärät, raskaanliikenteen määrät sekä erikoiskuljetustarpeet.

Ennen korjaustyön suunnittelua tilaaja selvittää myös korjattavan sillan mahdolliset levittämistarpeet ja kantavuuden lisäämisen tarpeen.

Korjaussuunnitelmien tulee sisältää myös kantavuus- ja rakennelaskelmat uusittavalle rakennosalle ja koko siltarakenteelle (ks. myös kohta 7.2.3 ja 8.1.2.1).

Korjaussuunnitelmat tulee tarkastaa ja hyväksyttää ohjeen *Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastaminen* /27/ mukaisesti.

#### 12.1.2 Urakointimenettely

Tilaaja teettää työt urakoitsijoilla. Urakkatarjoukset pyydetään vain sellaisilta urakoitsijoilta, joilla on ulkoisen virallisen tarkastuselimen antama hyväksyntä (esim. FI-merkintä tai vastaava) ja yritys kuuluu tämän kyseisen tarkastuselimen säännöllisen vuosittaisen tarkastustoiminnan piiriin. Työhön valitulta urakoitsijalta vaaditaan ennen työn

aloittamista työ- ja laatusuunnitelmat, joissa esitetään, miten työ teknisesti toteutetaan, miten eri työvaiheiden laatu varmistetaan ja miten kelpoisuus osoitetaan. Alihankittavista töistä urakoitsijan tulee varmistaa vastaavat laadunvarmistusmenettelyt.

Tarjouspyyntöasiakirjat laaditaan Liikennevirastosta sähköisessä muodossa saatavan urakkaohjelman mukaan käyttäen apuna korjaustyön asiantuntijaa.

Ennen sopimuksen allekirjoittamista pidetään valitun urakoitsijan kanssa sopimuskatselmus, jossa käydään läpi tilaajan asettamat laatuvaatimukset, muut urakkaa koskevat ehdot ja urakoitsijan tarjous. Näin varmistetaan, että molemmat osapuolet ovat ymmärtäneet työn laadun ja laajuuden samalla tavalla. Sopimuskatselmuksesta laaditaan pöytäkirja.

### **12.1.3 Laaturjärjestelmän toimivuuden seuranta**

Urakoitsijan työtä valvotaan

- laaturjärjestelmän toimivuutta arvioimalla
- työ- ja laatusuunnitelmien tarkastamisella
- pistokokein tehtävällä valvonnalla ja tarkastuksilla työn aikana.

#### **12.1.3.1 Laaturjärjestelmän toimivuuden hankeauditointi**

Urakoitsijan laaturjärjestelmän toimivuuden hankeauditointia työkohteissa tekee ulkoinen virallinen tarkastuselin, jonka tarkastustoiminnan piiriin urakoitsija kuuluu.

Lisäksi Liikennevirasto tekee urakoitsijoiden laaturjärjestelmien toimivuuden hankeauditointeja pistokokein harkitsemassaan laajuudessa. Hankeauditointien tulosten perusteella määritetään urakoitsijan laadunvarmistuksen taso ja sovitaan mahdollisesti tarvittavista korjaavista toimenpiteistä tietyn määräajan kuluessa. Hankeauditoinista laaditaan pöytäkirja.

Korjaustyön laadussa tai laaturjärjestelmän toimivuudessa havaittuihin poikkeamiin on puututtava heti ja vaadittava urakoitsijalta asiasta selvitys ja poikkeamaraportti, joka sisältää muun muassa poikkeaman syyn, korjauksen ja toimenpiteet poikkeaman toistumisen estämiseksi. Jos urakoitsijan laaturjärjestelmän toimivuudessa ilmenee vakavia tai toistuvia puutteita, tehdään siitä urakoitsijalle kirjallinen huomautus.

#### **12.1.3.2 Työ- ja laatusuunnitelmien tarkastus**

Valvoja tarkastaa urakoitsijan laatimat suunnitelmat, joita ovat tämän ohjeen kohdan 8.2.2 mukainen laatusuunnitelma ja kohdan 8.2.1 mukaiset tekniset työsuunnitelmat. Suunnitelmien pitää liittyä kiinteästi urakoitsijan laaturjärjestelmään. Suunnitelmat voidaan koota myös yhtenäiseksi laadunvarmistussuunnitelmaksi. Suunnitelmat on luovutettava rakennuttajalle tarkastettavaksi viimeistään viikkoa ennen töiden aloittamista.

Suunnitelmat tarkastetaan ennen töiden aloittamista, viimeistään aloituskokouksessa. Suunnitelmien tarkastuksessa kiinnitetään erityistä huomiota laadunvarmistustoimiin ja siihen, miten urakoitsija varmistuu materiaalintoimittajien ja mahdollisten alihankkijoiden toimitusten laadusta. Urakoitsijan on korjattava suunnitelmissa havaitut puutteet ennen töiden aloittamista.

#### **12.1.3.3 Työnaikaiset tarkastukset**

Valvojan tehtäviä ovat korjaustyön lopputulokseen vaikuttavien työvaiheiden pistokoeluonteinen valvonta ja tarkastukset sekä raportointi sovitussa laajuudessa. Valvojan tulee seurata myös korjausmääriä korjaustyön aikana. Valvojan pitää tuntea työssä käytettävät materiaalit, aineet, työvälineet ja työmenetelmät. Lisäksi hänen pitää hallita valvonta- ja mittausmenetelmät sekä niihin liittyvien välineiden käyttö. Valvojan on kyettävä arvostelemaan työtä vallitsevien olosuhteiden perusteella.

Valvoja ja urakoitsijan vastuuhenkilö käyvät läpi tekniset urakka-asiakirjat, jotta ei syntyisi tulkintaerimielisyyksiä. Valvoja harkitsee työn vaativuuden ja laajuuden perusteella, missä määrin hän osallistuu eri työvaiheiden tarkastuksiin. Valvojan pitää olla selvillä työn etenemisestä ja tärkeiden työvaiheiden suoritusajoista. Pistokoetarkastukset tehdään yleensä valmiille työvaiheille tai koko työlle sen jälkeen, kun urakoitsija on tehnyt omat laatumittauksensa.

#### **12.1.3.4 Työn laadun arviointi**

Valvoja arvioi korjaustyön laatutasoa työn aikana sekä työn valmistuttua omien havaintojensa ja urakoitsijan tekemien kelpoisuusmittausten ja -tarkastusten perusteella vertaamalla saatuja tarkastustuloksia sekä keskenään että suunnitelmien mukaisiin laatuvaatimuksiin. Kohdekohtaiset laatuvaatimukset on esitetty suunnitelmissa. Muilta osin noudatetaan yleisiä laatuvaatimuksia, jotka ovat esitetty Infra RYL kohdassa "42050 Sillan ja taitorakenteiden puurakenteet" ja teräsrakenteiden osalta Liikenneviraston sovellusohjeessa



NCCI T /9/ sekä standardissa SFS-EN 1090-2.

Riitatapauksessa käytetään molempien osapuolten hyväksymää puolueetonta asiantuntijaa.

## 12.2 Urakoitsijan laadunvarmistus

Urakoitsija noudattaa laadunvarmistuksessaan laadunhallintajärjestelmänsä ja Liikenneviraston ohjeita.

Urakoitsija käynnistää työkohteen laadunvarmistuksen suunnittelemalla työt työkohtaisesti vaiheittain tilaajan asettamien laatuvaatimusten mukaisesti soveltaen suunnittelussa yrityksen laatujärjestelmää. Suunnitelmiin kuuluvat työ- ja työvaihekohtaiset laatusuunnitelmat sekä tekniset työsuunnitelmat mm. asennussuunnitelma. Ne voidaan yhdistää yhdeksi suunnitelmaksi.

Urakoitsijan pitää huolehtia lisäksi

- työssä käytettävien aineiden ja tarvikkeiden laadun varmistamisesta
- työn tekemisestä suunnitelman ja laatujärjestelmän ohjeiden mukaisesti
- työnaikaisesta laaduntarkastuksesta ja laadunohjauksesta
- kelpoisuuden osoittamisesta.

Työn aikana ja valmiista rakenteesta tehdyistä tarkastuksista ja mittauksista laaditaan pöytäkirjat kelpoisuuden osoittamista varten. Kaikki työn aikana kertyneet poikkeamaraportit liitetään pöytäkirjoihin. Kelpoisuusaineisto kootaan työn valmistuttua sillan laaturaportiksi kansioon sisällysluettelolla ja välilehdillä varustettuna.

### 12.2.1 Henkilöstön pätevyys

Urakoitsijalla pitää olla käytettävissään ammattitaitoinen ja laatujärjestelmän mukaisesti koulutettu korjaustyötä tekevä henkilökunta, jonka pätevyys voidaan osoittaa kirjallisesti.

### 12.2.2 Työ- ja mittausvälineet

Urakoitsijalla pitää olla asianmukaiset ja kunnossa olevat työvälineet ja koneet sekä kalibroidut, laaduntarkastukseen ja kelpoisuusmittauksiin soveltuvat mittalaitteet.

### 12.2.3 Työnohjaus ja mallityöt

Työvälineiden, koneiden ja laitteiden käyttöä varten on annettava tarpeellinen määrä työnohjausta. Tarvittaessa tehdään ennakkokokeita korjaustyötä vastaavissa olosuhteissa. Näin työntekijöille muodostuu havainnollinen käsitys työssä huomioitavista seikoista. Samalla työntekijät motivoituvat tekemään työn oikein ja vastuuntuntoisesti.

### 12.2.4 Laadunohjaus ja laaduntarkastukset

Urakoitsijan pitää toteuttaa laadunohjaus, laaduntarkastus ja laatumittaukset hyväksytyjen työvaihekohtaisten laatusuunnitelmien mukaan ja niissä esitettyssä laajuudessa.

Urakoitsijan laadunohjaukseen ja -tarkastuksiin kuuluu

- työntekijöiden perehdyttäminen tilaajan asettamiin laatuvaatimuksiin, työ- ja laatusuunnitelmien sisältöön sekä työn laaturiskeihin
- materiaalien vastaanotto ja tarkastus
- olosuhteiden seuranta työvaiheiden aikana
- laaduntarkastus työn aikana työvaiheittain
- laaduntarkastukset ja mittaukset työvaiheittain ennen seuraavan työvaiheen aloittamista (muun muassa silmämääräiset tarkastukset, NDT-tarkastukset ja mittatarkastukset)
- laatu poikkeamien raportointi, virheiden korjaaminen ja tarvittavat toimenpiteet virheiden toistumisen estämiseksi
- vaatimustenmukaisuuden osoittaminen tarkastusten ja mittausten perusteella
- laadun raportointi tilaajalle.

Työnaikana tehtäviä tarkastuksia ja mittauksia on käsitelty tarkemmin kohdassa 12.3.

Vaatimustenmukaisuuden osoittamista on käsitelty tarkemmin kohdassa 12.4.

Laadun raportointia tilaajalle on käsitelty tarkemmin kohdassa 12.5.

### 12.3 Työnaikaiset tarkastukset ja mittaukset

Korjaustyön aikana ja työn valmistuttua pitää tehdä laadun toteamiseksi vähintään taulukossa 3 esitetyt tarkastukset ja mittaukset. Taulukossa on esitetty myös hyväksymisperusteet ja korjaustoimenpiteet.

Teräsrakenteiden pintakäsittelytyön aikana ja sen valmistuttua pintakäsittelyn laadun toteamiseksi tehtävät tarkastukset on esitetty SILKO-ohjeen 1.351 *Pintakäsittely /36/* kohdassa 9.3.

Urakoitsijalla pitää olla asianmukaiset ja kunnossa olevat sekä kalibroidut, laaduntarkastukseen ja vaatimustenmukaisuusmittauksiin soveltuvat mittalaitteet. Hitsiliitosten tarkastajalla on oltava standardin SFS-EN ISO 9712 tason 2 mukainen tai sitä vastaava pätevyys NDT-tarkastuksiin.

**Taulukko 3. Puurakenteiden korjaustöissä vaadittavat tarkastus-, testaus- ja korjaustoimenpiteet.**

| TARKASTUSKOHDTE                                                                                                                                                                                     | MENETELMÄ                                                                                                                                                                                     | LAAJUUS                                                   | HYVÄKSYMISPERUSTEET                                                                                                                   | KORJAUSTOIMENPITEET                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1. Pyöreä ja sahattu puutavara<br>-lujuusluokka<br>-laatuoluokka                                                                                                                                    | Suoritusosoilmoitus<br>- valmistajan nimi<br>- puulaji<br>- lujuusluokka<br>- laatuoluokka<br>- merkintä suoja-ainekäsittelystä<br>Silmämääräinen tarkastelu<br>Mittaus                       | Kaikki toimitettu puutavara                               | Vaadittu lujuus- ja laatuoluokka on esitetty korjaussuunnitelmissa                                                                    | Viallisen puutavara-erän vaihtaminen   |
| 2. Liimapuu<br>- lujuusluokka<br>- pintaluokka                                                                                                                                                      | Suoritusosoilmoitus<br>- valmistajan nimi<br>- puulaji<br>- lujuusluokka<br>- pintaluokka<br>- liimausten laatu<br>Silmämääräinen tarkastelu<br>Mittaus                                       | Kaikki toimitettu liimapuu                                | Vaadittu lujuus- ja pintaluokka sekä liimausten laatu on esitetty korjaussuunnitelmissa                                               | Viallisen liimapuuerän vaihtaminen     |
| 3. Home- ja kosteus-suojaus                                                                                                                                                                         | Suoritusosoilmoitus<br>- kyllästyslaitoksen nimi<br>- kyllästysainetyyppi tai nimi<br>- kyllästeen tunkeumaluokka<br>- kyllästysluokka<br>- kuorman numero/vuosi<br>Silmämääräinen tarkastelu | Kaikki toimitettu sahatavara ja liimapuu                  | Vaadittu home- ja kosteussuojamenetelmä on esitetty korjaussuunnitelmassa                                                             | Viallisen erän vaihtaminen             |
| 4. Liitostarvikkeet<br>- naulat<br>- ruuvit<br>- pultit, mutterit, aluslevyt<br>- tappivaarnat<br>- naulauslevyt<br>- muotolevykiinnikkeet<br>- vaarnalevyt<br>- naulauslevyt<br>- korroosiosuojaus | CE-merkintä<br>Silmämääräinen tarkastelu                                                                                                                                                      | Kaikki toimitetut liitostarvikkeet                        | Liitostarvikkeita ja niiden korroosiosuojauksia koskevat standardit. Korjaussuunnitelmassa on esitetty vaatimukset liitostarvikkeille | Viallisen liitostarvikkeen vaihtaminen |
| 5. Teräsosat<br>-tuoteosa<br>-teräslaatu<br>-korroosiosuojaus                                                                                                                                       | CE-merkintä<br>Ainestodistukset<br>Silmämääräinen tarkastelu                                                                                                                                  | Kaikki toimitetut teräs- ja tuoteosat                     | Korjaussuunnitelmassa on esitetty vaatimukset teräs- ja tuoteosille sekä niiden korroosiosuojaukselle.                                | Viallisen teräsosan vaihtaminen        |
| 6. Valmiin rakenteen mitat ja muoto<br>- pilarit ja palkit<br>- syrjäkannat<br>- liimapuinen elementtikansi<br>- liitokset                                                                          | Mittaus<br>Silmämääräinen tarkastelu                                                                                                                                                          | Korjaussuunnitelman ja InfraRYL kohdan 42050.6 mukaisesti | Korjaussuunnitelman ja InfraRYL 42050.5 mukaisesti                                                                                    | Rakenteen korjaus tai arvonalennus     |

### 12.3.1 Materiaalien ja esivalmistettujen osien tarkastus

Pyöreän ja sahatun puutavaran lujuusluokka ja laatuluokka tarkastetaan suoritustasoilmoituksesta. Puutavaran laatu tarkastetaan myös silmämääräisesti ja mitat sekä muoto tarkastetaan pistokoeluoontoisesti.

Liimapuun lujuus- ja pintaluokka sekä puulaji ja liimauksen laatu tarkastetaan suoritustasoilmoituksesta. Liimapuun laatu tarkastetaan myös silmämääräisesti ja mitat sekä muoto tarkastetaan pistokoeluoontoisesti.

Puutavaran vastaanottotarkastuksesta vastaa sillan korjaustyön pää toteuttaja.

Liitostarvikkeiden kelpoisuus osoitetaan ensisijaisesti CE-merkinnällä.

Puusiltojen korjauksessa tarvittavat teräsosat käsittävät pääsääntöisesti H2-kaiteet, joiden kelpoisuus osoitetaan CE-merkinnällä. Muista kantaviin rakenneosiin tulevista rakenneteräksistä vaaditaan teräksen toimittajalta standardin SFS-EN 10204 mukainen aine todistus. Aine todistustyyppi määritetään tilauksessa; yleensä se on todistus 3.1.

Ennen työn aloittamista on varmistettava, että korjaamisessa käytetään vain sellaisia materiaaleja ja tarvikkeita, jotka korjauskohteeseen on valittu ja joiden vaatimusten mukaisuus on etukäteen luotettavasti todettu.

Aines- ja tarviketodistukset on tarkastettava ennen valmistuksen aloittamista ja todettava, että

- materiaalit ovat aine todistusten mukaisia
- materiaalien laatu, lujuus ja mitat ovat suunnitelmassa asetettujen vaatimusten mukaiset. Tarkastuksista tehdään pöytäkirjat.

---

## 12.4 Vaatimusten mukaisuuskokeet

Vaatimusten mukaisuuskokeilla tarkoitetaan materiaaleista ja tarvikkeista tehtyjä

- testejä, analyyskejä ja tarkastuksia
- valmiiden rakenneosien ja asennettujen rakenteiden mitta- ja silmämääräisiä tarkastuksia
- liitoksille tehtyjä tarkastuksia ja testejä
- työnaikaisia olosuhdemittauksia.

Vaatimusten mukaisuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat materiaaliominaisuudet, rakenneosien ja valmiin rakenteen sijainti, muoto ja mittatarkkuus sekä liitosten ominaisuudet.

### 12.3.2 Korjaustyön tarkastus

Ennen töiden aloittamista todetaan perustusten, puutavaran, liimapuun ja tarvikkeiden vaatimuksen mukaisuus sekä työn edellyttämät kosteus- ja lämpötilaolosuhteet.

Rakennustyön aikana valvotaan jatkuvasti asennusolojen sopivuutta, peittyvien työsuoritusten laatua, tarvikkeiden asianmukaista käyttöä, tarvittavia liike- ja asennusvaroja, väliaikaista tuentaa ja suojausta sekä kiinnitysten laatua. Tarkastuksista laaditaan pöytäkirjat.

Tarkastuspöytäkirjat, koestustodistukset yms. liitetään työmaalla ajan tasalla pidettävään kelpoisuus- tai laadunvarmistusasiakirjaan, joka luovutetaan tilaajalle rakenteen tai sen osan vastaanottotarkastuksessa.

### 12.3.3 Lahonsuojauksen ja pintakäsittelyn tarkastus

Puutavaran ja liimapuun kyllästykseen liittyvät tiedot on tarkastettavissa suoritustasoilmoituksesta. Kyllästyksen laatu tarkastetaan myös silmämääräisesti.

Puusiltojen kosteusolosuhteet sillan käyttöiän aikana ovat hyvin vaativat, minkä vuoksi puurakenteille ei suositella erillistä maalaus käsittelyä. Maalauksessa käytettäessä on maalaus käsittely ja sen laadunvarmistus suunniteltava tapauskohtaisesti. Teräsrakenteiden pintakäsittelyn tarkastuksissa noudatetaan SILKO-ohjeen 1.351 *Pintakäsittely /34/* ohjeita.

---

### 12.4.1 Materiaalien koostumus, lujuus ja muut mekaaniset ominaisuudet

Materiaalien lujuus ja muut mekaaniset ominaisuudet todetaan toimittajan tekemien testien ja analyysien tulosten perusteella. Valmistus- ja/tai toimituseriin kuuluvat materiaalitodistukset koetaan ja tarvittaessa kohdistetaan siltaan asennettuihin rakenneosiin suunnitelmassa esitetyllä tavalla. Materiaalien tarkastuksesta laaditaan pöytäkirja.

### 12.4.2 Rakenneosien ja rakenteiden mittatarkkuus

Valmiille rakenneosille ja valmiille siltarakenteelle tehdään valmistussuunnitelman mukaiset mittatarkastukset, joista laaditaan pöytäkirjat. Mittauksissa todetaan rakenteiden pää- ja poikkileikkausmitat sekä muoto, sijainti ja asema vanhaan rakenteeseen nähden.

### 12.4.3 Silmämääräiset tarkastukset

Valmiille rakenneosille, valmiille siltarakenteelle ja niiden varusteluosille tehdään kattava silmämääräinen tarkastus, jossa todetaan mm. rakenteiden ja osien viimeistelyn taso, ulkonäkö, sopiminen vanhoihin rakenteisiin ja liitosten laatu. Tarkastuksista tehdään pöytäkirjat.

### 12.4.4 Liitosten tarkastukset

Liitokset tarkastetaan korjaussuunnitelmassa ja InfraRYL kohdan 42050 mukaisesti silmämääräisesti ja mittaa käyttäen. Pulttiliitosten kireys tarkistetaan pistokoeluontoisesti. Tarkastuksista laaditaan pöytäkirjat.

### 12.4.5 Lahontorjunnan ja pintakäsittelyn tarkastukset

Home- ja kosteussuojaus sekä pintakäsittely tarkastetaan silmämääräisesti vaiheittain työn etenemisen mukaisesti korjaussuunnitelmassa kuvatulla tavalla. Teräsrakenteiden pintakäsittelyn tarkastukset ja niiden dokumentointi tehdään SILKO-ohjeen 1.351 *Pintakäsittely* /34/ mukaisesti. Tarkastuksista laaditaan pöytäkirjat.

## 12.5 Sillan laaturaportti ja korjaustyön laatuaineiston taltiointi

Urakoitsijan velvollisuus on osoittaa tilaajalle tekemänsä sillan korjaustyön vaatimustenmukaisuus. Urakoitsija laatii korjaustyön valmistuttua tekemistään tarkastuksista ja laatumittauksista korjaustyön laaturaportin, joka on yhteenveto korjaustyön laadusta. Laaturaportti on kaksiosainen sillan laaturaportti, joka laaditaan julkaisun *Sillan laaturaportti, Laatimisohe* /20/ mukaan. Laaturaportti luovutetaan tilaajan valvojalle tarkastettavaksi viimeistään kaksi viikkoa ennen urakan vastaanototarkastusta. Urakoitsijan laatiman laaturaportin tuloksia verrataan asetettuihin laatuvaatimuksiin kelpoisuuden toteamiseksi.

Laaduntarkastus- ja mittaustulosten tulee olla jäljitettävissä korjattuun rakenteeseen yksikäsitteisesti.

Laaturaportin osassa 1 esitetään yleistiedot korjattavasta sillasta ja korjaustyöstä, yhteenveto korjaustyön kokonaislaadusta, poikkeamaraporttiluettelo, poikkeamaraportit ja poikkeamien korjaussuunnitelmat, työmaapäiväkirjat, luettelo käytetyistä materiaaleista ja tarvikkeista, tärkeimmät materiaalitodistukset, laboratoriotutkimus- ja mittaustulokset, olosuhderaportit, työvaihekohtaiset laatu-yhteenvedot, työn aikana otetut digitaaliset valokuvat sekä tarvittaessa toteutumapiirustukset ja sillan päämittojen ja sijainnin mittauspöytäkirjat. Pienissä ja yksinkertaisissa töissä työvaiheen laatu-yhteenveto toimii myös silmämääräisen tarkastuksen pöytäkirjana.

Työvaihekohtaisessa laatu-yhteenvedossa ja siinä liitteinä olevissa dokumenteissa esitettävistä asioista ovat

- pääurakoitsija sekä liimapuuosien valmistaja ja asentaja
- luettelo kaikista käytetyistä materiaaleista ja tarvikkeista
- materiaalien ainesodistukset ja tuoteselosteet
- liitostarvikkeiden ainesodistukset
- valmistuksessa ja asennuksessa tehtyjen liitosten tarkastuspöytäkirjat
- asennetun rakenteen päämittojen ja silmämääräisen tarkastuksen tarkastuspöytäkirjat (mm. rakenteen tarkemittauspöytäkirjat)
- home- ja kosteussuojauksen tarkastuspöytäkirjat
- pintakäsittelyn tarkastuspöytäkirjat
- liimapuurakenteiden mittapöytäkirjat ja silmämääräisen tarkastuksen pöytäkirjat
- todennus rakenteen vastaavan suunnitelmia.

Laaturaportin osassa 2 esitetään korjaustyön laadunvarmistussuunnitelma, työvaiheiden laatusuunnitelmat ja tekniset työsuunnitelmat tai niiden yhdistelmät (valmistussuunnitelmat, asennussuunnitelmat, purkusuunnitelmat jne.) sekä materiaalien ja tuoteosien edellä mainitsemattomat mittaus- ja tarkastusraportit.

Laatuaineiston tarkastuksen ja mahdollisten täydennysten ja korjausten jälkeen ne taltioidaan Ely-keskuksen silta-arkistoon.

Laaturaporttia voidaan hyödyntää suunniteltaessa muita vastaavia kohteen korjausprojekteja. Laaturaporttia tarvitaan aina silloin, kun kyseisen sillan korjaus tai huoltokorjaus on taas ajankohtainen.

## 13 RINNAKKAISET OHJEET

### 13.1 Muut ohjeet (viiteluettelo)

- /1/ Eurokoodin soveltamisohje, Puurakenteiden suunnittelu – NCCI 5. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 25/2013. ISBN 978-952-255-312-6.
- /2/ Puusillan laajennetun yleistarkastuksen ohje – Pienet pyöröpuiset sillat. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 36/2017. 17 s + 2 liitettä. ISBN 978-952-317-252-4.
- /3/ InfraRYL 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 3: Sillat ja rakennustekniset osat. 278 s. ISBN 978-951-682-882-7.
- /4/ Puurakenteiden suunnitteluohje RIL 205-1-2017. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto ry. ISBN 978-951-758-604-7.
- /5/ Puurakenteiden laadunvarmistus RIL 240-2006. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto ry. ISBN 951-758-468-7.
- /6/ Kuivatuslaitteet. Puukannen vahventaminen teräslevyllä. Helsinki: Tiehallinto 2006. 6 s (SILKO 2.421). TIEH 2230096.
- /7/ Puurakenteet. Liimapuupalkin halkeaman injektointi. Helsinki: Tiehallinto 2005. 6 s (SILKO 2.431). TIEH 2230096
- /8/ Kannen pintarakenteet. Puukannen päällystäminen. Helsinki: Tiehallinto 2009. 6 s (SILKO 2.815). TIEH 2230096
- /9/ Standardin SFS-EN 1090-2 soveltamisohje, Teräsrakenteiden toteutus – NCCI T. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 28/2014. 119 s.+ 2 liitettä. ISBN 978-952-255-494-9.
- /10/ Eurokoodin soveltamisohje, Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – NCCI 1. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 24/2017. 75 s.+ 1 liite. ISBN 978-952-255-483-3.
- /11/ Eurokoodin soveltamisohje, Teräs- ja liittorakenteiden suunnittelu – NCCI 4. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 27/2016. ISBN 978-952-317-306-4.
- /12/ Liikenne tietyömaalla – Pätevyysvaatimukset ja työturvallisuuden perusteet. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 1/2011. 23 s. ISBN 978-952-255-612-7.
- /13/ Liikenne tietyömaalla – kunnossapitotyöt. Liikennejärjestelyt ja työturvallisuus teiden kunnossapitotoissa. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 3/2015. 23 s + 11 liitettä. ISBN 978-952-317-045-2.
- /14/ Liikenne tietyömaalla, Tienrakennustyömaat. Helsinki: Tiehallinto 2009. 31 s. ISBN 978-952-221-155-2. TIEH 2200053-09.
- /15/ Yleisohjeet. Ympäristönsuojelu. Helsinki: Liikennevirasto 2011. 19 s. LIVI 2230095 – SILKO 1.112.
- /16/ Yleisohjeet. Työturvallisuus. Helsinki: Liikennevirasto 2012. 39 s + 6 liitettä (SILKO 1.111). LIVI 2230095 – 1.111.
- /17/ Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (VNa 205/2009).
- /18/ Valtioneuvoston asetukset työvälineiden turvallisuudesta käytöstä ja tarkastamisesta nk. Käyttöasetus (VNa 403/2008 ja muutos VNa 1101/2010).
- /19/ Siltojen tukitelineet - 2007. Helsinki: Tiehallinto 2008. ISBN 978-952-221-025-8, TIEH 2000023-v-08.
- /20/ Sillan laaturaportti, Laatimisohje. Helsinki: Tiehallinto 2006. ISBN 951-803-656-X, TIEH 2200044-v-06.
- /21/ Työtelineet ja suojarakenteet RIL 142-2010. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto ry. ISBN 978-951-758-519-4.
- /22/ Siltojemme historia. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry. 525 s. ISBN 951-758-446-6.
- /23/ Taitorakenteiden tarkastusohje. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 17/2013. 125 s + 8 liitettä. ISBN 978-952-255-275-4.
- /24/ Sillantarkastuskäsikirja. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 26/2013. 90 s + 10 liitettä. ISBN 978-952-255-318-8.
- /25/ Siltojen vuositarkastusohje. Helsinki: Tiehallinto 2009. 42 s + 3 liitettä. ISBN 978-952-221-240-5.
- /26/ Siltojen kantavuuslataohje. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 36/2015. ISBN 978-952-317-196-1.
- /27/ Taitorakenteiden rakennussuunnitelmien tarkastusohje. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 30/2014. ISBN 978-952-255-500-7.
- /28/ Siltojen rakennelaskelmat. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 20/2012. 29 s. ISBN 978-952-255-146-7.



- /29/ Siltojen tietomalliohje. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 6/2014. 57 s. ISBN 978-952-255-414-7.
- /30/ Siltojen suunnitelmat. Tiehallinto, Siltayksikkö, Helsinki 2000. 30 s. ISBN 951-726-615-7.
- /31/ Sillan kustannusarvio. Helsinki: Tiehallinto 2008. ISBN 978-951-803-393-4, TIEH 2100012-v-08.
- /32/ Sillan määräluettelo. Helsinki: Tiehallinto 2008. ISBN 978-951-803-392-7, TIEH 2100052-v-07.
- /33/ Siltojen tukitelineet-2007. Helsinki: Tiehallinto 2008. ISBN 978-952-221-025-8, TIEH 2000023-v-08.
- /34/ Teräsrakenteet. Pintakäsittely. Helsinki: Liikennevirasto 2015. 89 s. LIVI 2230095 – SILKO 1.351.
- 35/ Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 25/2017. 62 s + 2 liitettä. ISBN 978-952-317-487-0.
- /36/ Teräsrakenteet, Pintakäsittely. Helsinki: Liikennevirasto 2015. 53 s. LIVI 2230095 – SILKO 1.351.
- /37/ Siltojen kaiteet. Helsinki: Liikenneviraston ohjeita 25/2012. 31 s. ISBN 978-952-255-229-7.

---

### 13.2 Standardit

---

Standardien voimassaolo tarkistettu 2.5.2017.

- SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt
- SFS-EN 1995-2 Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 2: Sillat
- SFS-EN 335 Durability of wood and wood-based products. Use classes: definitions, application to solid wood and wood-based products
- SFS-EN 338 Structural timber. Strength classes
- SFS-EN 14080 Puurakenteet. Liimapuu ja liimattu sahatavara. Vaatimukset
- SFS-EN 14081-1 Timber structures. Strength graded structural timber with rectangular cross section. Part 1: General requirements
- SFS-EN 351-1 Durability of wood and wood-based products. Preservative-treated solid wood. Part 1: Classification of preservative penetration and retention
- SFS-EN 14545 Puurakenteet. Puurakenteiden liittimet. Vaatimukset
- SFS-EN 14592 Puurakenteet. Puikkoliittimet. Vaatimukset
- SFS-EN 1993-1-1 Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt
- SFS-EN 1993-1-4 Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-4: Yleiset säännöt. Ruostumattomia teräksiä koskevat lisäsäännöt
- SFS-EN ISO 1461 Valurauta- ja teräskappaleiden kuumasinkkipinnoitteet. Spesifikaatiot ja testausmenetelmät
- SFS-EN 1090-2 Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset.

## TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

Termit, määritelmät ja selitteet on esitetty ns. termi-tietueina. Termit on esitetty aakkosjärjestyksessä.

### Kosteus(pitoisuus)

Puussa olevan veden massa ilmaistuna osuutena uunikuivasta puun massasta.

### Kyllästys

Puutavaran suojaus paine- tai tyhjömenetelmällä. Pinnan suojaus ei ole kyllästystä.

### Kyllästymispiste

Kosteuspitoisuus, jossa puun solut ovat täysin veden kyllästämiä.

### Laadunhallinta

Laatupolitiikan ja -tavoitteiden sekä laatuun liittyvien vastuiden määrittäminen ja niiden toteuttaminen laadun suunnittelun, laadunohjauksen, laadunvarmistuksen ja laadun parantamisen avulla.

### Laadunohjaus

Niiden tekniikoiden ja toimintojen joukko, joita käytetään laatuvaatimusten täyttämiseksi.

### Laadunsuunnittelu

Toimintosarja, jossa asetetaan laatutavoitteet ja laatuvaatimukset sekä laatujärjestelmän eri osien soveltamista koskevat tavoitteet ja vaatimukset.

**Laaduntarkastus;** ei: laaduntarkkailu; laadunvalvonta Toiminta, jolla selvitetään ja todetaan, täyttääkö tarkoite sille asetetut laatuvaatimukset.

Tarkoite voi olla esimerkiksi tuote tai prosessi.

### Laadunvarmistus

Niiden suunniteltujen ja järjestelmällisten laatu-järjestelmän toimintojen joukko, joilla saavutetaan riittävä luottamus siihen, että laatuvaatimukset täyttyvät.

### Laatu-järjestelmä

Laadunhallinnassa tarvittavien organisaatorakenteiden, menettelyjen, prosessien ja resurssien muodostama järjestelmä.

Liikennevirasto edellyttää, että taitorakenteiden korjaustöitä tekevillä urakoitsijoilla on toimiva ja dokumentoitu laatu-järjestelmä.

**Laaturaportti;** ei: kelpoisuusraportti tai kelpoisuuskirja Todistusaineisto siitä, missä määrin suunnitelmassa asetetut laatuvaatimukset ovat täyttyneet.

### Laatuvaatimukset

Laadun määrittämisen perusteeksi valituille ominaisuuksille asetetut määrälliset tai laadulliset vaatimukset, jotka ovat toteutettavissa ja tarkastettavissa.

### Painekyllästys

Puutavaran suojaus painemenetelmällä. Kyllästysaine ei tunkeudu sydänpuuhun.

### Pinnan suojaus

Puutavaran pinnan suojaus sinistymistä, homehtumista ja lahoa ehkäisevillä aineilla. Pinnan suojaus voidaan suorittaa esim. sivelemällä, ruiskuttamalla, kastamalla tai liuottamalla.

### Pintakäsittely

Puun pinnan käsittely kuullotteella, maalilla tai lakalla. Pintakäsittely voi pienentää puun kosteudenvaihteluja ja vähentää sen halkeilua ja homehtumista.

### Pintapuu

Puun rungon poikkileikkauksessa uloimpana oleva renkaanmuotoinen osa. Pintapuuosa on melkein poikkeuksetta helposti lahoavaa. Vrt. sydänpuu.

### Sydänpuu

Puun rungon poikkileikkauksessa keskellä oleva osa. Männy sydänpuu on pintapuuta tummempaa ja luonnostaan pintapuuta kestävämpää lahoa vastaan.

### Tasapainokosteus

Puun kosteuspitoisuus, jossa ympäröivän ilman kosteutta ei tule puuhun, eikä poistu siitä, kun ilman suhteellinen kosteus (RH) ja lämpötila pysyvät vakiona.

### Tunkeuma

Kyllästyneen osan prosentuaalinen osuus näytteen pintapuun koko paksuudesta.

### Tyhjökyllestys

Puutavaran suojaus tyhjömenetelmällä.

### Täyskyllestys

Lahonalttiin puun tai sen lahonalttiin osan (esim. männyllä pintapuun) suojaus kokonaisuudessaan kyllästä-mällä.

### Vajaakyllestys

Kyllästyvästä puusta, esim. männyllä pintapuusta, on vain osa kyllästynyt.

### Valmistuskosteus

Rakennusvaiheen aikana tai sitä ennen rakennusai-neisiin tuleva tasapainokosteuden ylittävä kosteus, jonka tulee voida poistua rakenteesta.