

Jari Satomaa

## **TERÄSBETONISILLAN RAKENTAMISPROSESSI**

# TERÄSBETONISILLAN RAKENTAMISPROSESSI

Jari Satomaa

Opinnäytetyö

Kevät 2019

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka, talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Jari Satomaa  
Opinnäytetyön nimi: Teräsbetonisillan rakentamisprosessi  
Opinnäytetyön nimi: Construction Process of Reinforced Concrete Bridge  
Työn ohjaaja: Jarmo Erho  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019  
Sivumäärä: 92 + 5 liitettä

---

Suomessa teräsbetoni on ylivoimaisesti käytetyin rakennusaine siltoja rakennettaessa. Suomessa sillat valetaan paikoilleen eikä elementtejä juuri käytetä. Isojen teräsbetonisiltojen rakentaminen on erikoistyötä ja vaatii pätevyksiä sekä erikoisosaamista.

Tämän työn tavoite oli koota tietopaketti teräsbetonisten ulokelaattasiltojen rakentamisesta. Työn kohderyhmänä olivat sillan rakennuksen parissa aloittelevat työnjohtajat ja työmaainsinöörit sekä muut sillanrakentamisesta kiinnostuneet.

Työssä perehdyttiin sillan rakentamisen prosesseihin sekä dokumentoitiin useamman vuoden aikana sillan rakennustyömaalla opittua eli sillan rakentamisen vaiheita, työturvallisuutta sekä laatua. Dokumenttiin sisällytettiin runsaasti vuosien aikana kertyneitä valokuvia.

Työn tuloksena syntyi tietopaketti paikalla valettavien siltojen rakentamisesta, rakentamisen laadusta ja rakennustyön turvallisuudesta. Työtä voidaan hyödyntää myös opetusaineistona Oulun ammattikorkeakoulun sillan rakennuksen kursseilla.

---

Asiasanat: rakentamisen prosessit, sillanrakennus, ulokelaattasilta, ulokepalkkisilta, työturvallisuus, laatu

## **ABSTRACT**

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Civil Engineering, Option of House Building Engineering

---

Author: Jari Satomaa

Title of thesis: Construction Process of Reinforced Concrete Bridge

Supervisor: Jarmo Erho

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2019

Pages: 92 + 5 appendices

---

This final year project is about building bridges. Most of the bridges are built out of concrete in Finland and the way to do it, is to cast them in place. This thesis opens the process of doing the mold work, reinforcement and casting.

The target group for the work are people who are starting to work on bridge construction site. The building of bridges is handled via examples. Construction safety and construction quality have to be considered when building. Also processes related to construction site are explored.

---

Keywords: building of bridges, construction safety, construction quality, processes related building bridges

## ALKULAUSE

Kiitos perheelleni saamastani tuesta, kannustuksesta ja avusta.

Erityiskiitos yhteistyöstä opinnäytetyön ohjaajille, lehtori Jarmo Erholle ja lehtori Soili Fabritiukselle, työkaverilleni Pekka Välipirtille ja telinesuunnittelija Janne Iholle.

Kiitos myös koko Oulun ammattikorkeakoulun Rakentamistekniikan osastolle, unohtamatta rakennuslaboratoriota ja sen henkilökuntaa Heikki Isohookanaa, Pertti Uhlbäckä ja Esa Perälää. Teidän kanssanne on ollut ilo tehdä yhteistyötä ja siirtyä ICT-alalta infrarakentamisen osaajaksi. Kiitokset myös Väylävirastolle ja Oulun kaupungille sekä Destia osakeyhtiölle, jotka sallivat minun käyttää hankkeidensa materiaalia työssäni.

Kiitokset myös nykyisille ja entisille työkavereille, teillä on ollut keskeinen rooli kasvussani sillanrakentajaksi.

11.5.2019 Jari Satomaa

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	12
2 SILTA – YLI ESTEEN	13
2.1 Sillat suomessa	13
2.2 Sillan päärakennneosat	15
2.2.1 Päällysrakenne	15
2.2.2 Alusrakenne	16
2.2.3 Varusteet ja laitteet	16
2.2.4 Siltapaikan rakenteet	16
3 SILLAN SUUNNITTELUSTA SILLAN RAKENTAMISEEN	17
3.1 Sillan valikoitumisprosessi pähkinän kuoressa	18
3.2 Rakentamisen valmisteluvaihe	19
3.3 Urakoitsijan laaduntuottokyvyn varmistaminen hankinnassa	20
3.4 Hankintailmoitus, hankintapäätös ja urakkasopimus	21
4 URAKAN VALMISTELUT JA TYÖMAAN PERUSTAMINEN	22
4.1 Luvat ja ilmoitukset	22
4.2 Työmaan turvallisuus	23
4.3 Työskentelemisen edellytykset rakennustyömaalla	26
4.3.1 Tilaajavastuutiedot	26
4.3.2 Henkilökortti ja pätevyudet	26
4.3.3 Kulkuluvat ja kulunvalvonta	27
4.4 Työmaan laadunhallinta	27
5 TYÖMAALLE SAAPUMINEN	28
5.1 Verkkoperehdytykset ja ePerehdytys	28
5.2 Työmaaperehdytys ja työvaihekohtainen perehdytys	29
6 TERÄSBETONISEN ULOKESILLAN RAKENTAMINEN	30
6.1 Siltakohte ja siihen perehdyttäminen	30
6.1.1 Siltakohteen logistiikka	31

6.1.2 Sillan suunnitelmat	31
6.1.3 Sillan laatuvaatimukset	33
6.1.4 Urakoitsijan suunnitelmat	34
6.2 Rakentamisen vaiheet	36
6.2.1 Maanrakennustyöt	36
6.2.2 Perustaminen ja alusrakenteet	38
6.2.3 Päälysrakenne ja raudoitus sekä betonityöt	39
6.2.4 Pintarakennetyöt	44
6.3 Esimerkkejä ulokesiltojen rakentamista	45
6.3.1 Kartanonpolun AKK	45
6.3.2 Kiviniemen risteyssilta	54
6.3.3 Kiviniemen RS:n alusrakenteet sekä telineet ja muotit	55
6.3.4 Kiviniemen RS:n raudoitus ja jännittämisen valmistelut	66
6.3.5 Kiviniemen RS:n varusteet sekä laitteet ja betonointi	72
7 TURVALLISUUS TERÄSBETONISILLAN RAKENTAMISESSA	76
7.1 Turvallisuus asenne- ja resurssikysymys	77
7.2 Työmaan rajaaminen ja tilanpuute	79
7.3 Vastuu ulkopuolisista	79
7.4 Liikennejärjestelyt ja logistiikka	80
7.5 Maanrakennustyöt ja tukiseinät sekä paalutukset	81
7.6 Putoamissuojaus ja litistymisen	81
7.7 Telineen palkkiaukko ja turvallisuus töttä-telineessä	85
8 SILTATYÖN LAADUN RAPORTOINTI	87
9 POHDINTA	89
LÄHTEET	91
LIITTEET	
Liite 1 Tarina paalutuksesta, joka ei alkanut hyvin	
Liite 2 Rakennusteollisuuden ePerehdytyksen sisältö	
Liite 3 Kiviniemen risteyssillan yleispiirustus	
Liite 4 Kiviniemen risteyssillan teline- ja muottipiirustus	
Liite 5 Paalulaatan mittapiirustus	

## SANASTO

AKK	Sillan nimimäärite: alikulkukäytävä
Infra RYL	Rakennustiedon julkaisemat rakentamisen yleiset laatuvaatimukset Infra:n (yhdyskuntatekniikan ja taitorakenteiden) rakentamiseen
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
Jassikka	Ylhäältä avonainen metallinen roskannostoastia
Kontaktitappi	Sillan raudoitukseen hitsaamalla kiinnitettävä osa, joka mahdollistaa sillan raudoituksen sähkönjohtokyvyn mittauksen ja tätä kautta raudoituksen kunnan arvioimisen
Koolinki	Naulauspuu. Tyypillisesti lankku, johon esimerkiksi muottilaudoitusta voidaan kiinnittää naulaamalla
Känikkä	Sillan reunapalkin sisäpinnan muottilaudoituksen paikalleen asentamiseen käytettävä reunapalkin yläpuolinen tukirakenne
Laadunvarmistussuunnitelma	Yleensä taulukkomuotoinen suunnitelma, jossa urakoitsija esittää, miten tilaajan asettamat toiminnalliset ja laadulliset vaatimukset tullaan saavuttamaan
Lankku	Rakentamisessa käytettävä laattaa vahvempi puutavara. Poikkileikkausmitat ovat tyypillisesti 47*100, 48*98 tai 48*148.



LVR	Laatuvastuurakentaminen. LVR-menetelmässä rakennushankkeen osapuolilla on oltava toimiva ja dokumentoitu laatujärjestelmä. Toimittaessa LVR-periaatteen mukaisesti, urakoitsija varmistaa työnsä laadun toimimalla laatujärjestelmänsä ohjeiden mukaisesti, osoittaen rakenteiden ja materiaalien kelpoisuuden rakennuttajalle.
Lukkopuut	Kaksi rinnakkaista lankkua, joiden välistä surritanko kulkee ja joita vasten muottiside kiristetään muottilukoilla
Muotopuu	Puutavarasta (esimerkiksi 48*148) sahattu muotille muodon antava osa
Muottiside	Muottilukoista, surritangosta ja lukkopuista muodostuva muotin sidontaan käytettävä kokonaisuus. Muottisiteen toinen pää voidaan myös kiinnittää vaijerilukolla harjateräkseen ja tällä tavoin sitoa muotti, jossa on vain yksi pinta.
Murskearina	Vähintään 300 mm vahva tiivistetty asennusalusta, joka tehdään tiivistämiskelpoisesta murskeesta (CE-hyväksytty), jonka rakeisuus on 0/32 tai jonka suurin rakekoko enintään 2/3 kerroksen paksuudesta
MVR-mittaus	MVR-mittaus on maa- ja vesirakennusalan työmailla käytettävä turvallisuuden arviointimenetelmä.
Niska	Sillan puutelineen yläosassa, tolppien varassa, vaakatasossa tai lähes vaakatasossa oleva parru, jonka varaan muotti rakennetaan. Poikkileikkausmitat ovat tyypillisesti 125*125 tai 150*150.
Nurjahdustuki	Sillan puutelineen vaakaside, joka estää telineen tolppia nurjahtamasta. Poikkileikkausmitta on tyypillisesti 32*100.

PDA-mittaus	Teräsputkipaalun tai teräsbetonipaalun dynaaminen koe-kuormitus, jolla saadaan määritettyä paalun kantavuus ja tietoa paalun ehjyydestä
Pelkka	Sillan telineen pohjapuuna käytettävä massiivinen puutavara, tyypillisesti 200*150. Pelkka voi olla sahattu myös ainoastaan vastakkaisilta sivuilta.
Pintavesiputki	Sillan päällysrakenteen osa, joka johtaa hulevedet pois sillan kannelta. Tyypillisesti vedet johdetaan pintavesiputkien ja syöksytorvien kautta sillan alapuoliseen kuivatusjärjestelmään.
Pukki	Sillan muotin osa, joka asennetaan niskojen päälle ja joka antaa sillan muotille muodon
Pulttiryhmä	Sillan reunapalkkiin asennettava, tyypillisesti neljän pultin ryhmä, johon sillan kaiteet kiinnitetään
Purse	Muottilaudoituksen raon johdosta syntynyt betonipinnan epätasaisuus
Raakapontti	Pontattua lautaa, jonka käyttölaite on sahapintainen, sanotaan raakapontiksi. Usein laudan karkeahöylätty taustapuoli on vajaasärmäinen.
RALA	Rakentamisen Laatu RALA ry on kiinteistö- ja rakennusalan järjestöjen perustama toimija.
Raudoite	Harjateräksestä katkaistu ja taivutettu, esivalmistettu raudoituksen osa
Reeva	Sillan puutelineen vinoside, joka estää sillan tolppien kallistumisen, tyypillisesti puutavara 32*100 tai 50*100. Katso myös tönäri.
RS	Sillan nimimäärite: risteysilta

SILKO	Siltojen korjausohjeet
ST	Urakkamuoto: suunnittele ja toteuta
Surritanko	Sillanrakennuksessa muotin sitomiseen käytettävä Ø10 mm alumiinitanko, jolla tuplattu muotti sidotaan läpi
Tarkkailutappi	Sillanpäällysrakenteeseen kiinnitettävä mittapiste, josta voidaan tarkkailla sillan muotoa
TB	Teräsbetoni
Tippuputki	Johtaa sillan päällystekerroksien läpi suotautuneen veden pois sillan vesieristeen pinnalta
Tönäri	Teräksinen, mitaltaan säädettävä, esimerkiksi pilarimuotien tai kerrostalon seinäelementtien tukemiseen käytettävä vinotuki
Töttä	Sillan telineen puista tolppaa kutsutaan tötäksi. Töttä on tyypillisesti 100*100 tai 125*125 parru. Teliukoissa käytetään myös 150*150 parrua.
Työvaiheen työ- ja laatusuunnitelma	Työvaiheen työ- ja laatusuunnitelmassa urakoitsija esittää tilaajalle, kuinka työ tullaan teknisesti ja turvallisesti suorittamaan, jotta tilaajan asettamat kriteerit saavutetaan.
Vemo	Vemo eli valuankkuri on muottiin kiinnitettävä ja valun sisään jäävä kierrehylsy. Vemo kiinnitetään ruostumattomien ruuvein. Valun jälkeen kierrettä suojaava kansi poistetaan
YKK	Sillan nimimääräite: ylikulkukäytävä

# 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään työelämälähtöisesti sillan rakennusurakkaa ja teräsbetonisillan rakentamista. Työssä pyritään tuomaan esiin erityisesti rakennustyömaalla ja sillan rakentamisessa vastaan tulleita ja opittuja asioita. Työ on suunnattu sillanrakentamisesta kiinnostuneille ja siltarakennustyömaalla aloitteleville työjohtajille ja työmaainsinööreille sekä muille sillan rakentamisesta kiinnostuneille.

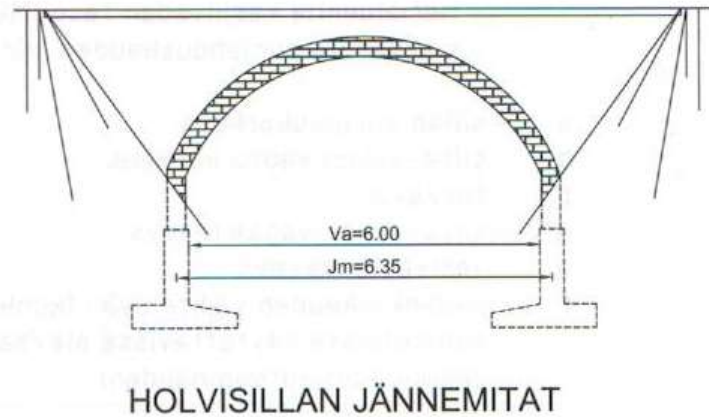
Työn teoriaosassa kerrotaan silloista Suomessa ja käydään läpi sillan rakenneosat sekä päällysrakenteen rakenneosat. Teoriaosassa myös käsitellään hie-man siltatyypin valikoitumisesta kohteeseen. Lisäksi kuvataan lyhyesti, miten suunnitteluvaiheissa tehdyistä suunnitelmista siirrytään rakentamisvaiheeseen ja suunnitelmien toteuttamiseen.

Soveltavassa osassa käydään ensin läpi urakan valmisteluja, työmaan perustamista sekä työmaan keskeisiä prosesseja. Alkuun nostetaan esiin työmaan ja sillan rakentamisen valmistelussa huomioitavia seikkoja, työturvallisuutta ja laatua unohtamatta. Sillanrakentamisessa laatu on aina keskiössä, tuleehan rakennettavan sillan kestää ja palvella käyttäjiään turvallisesti seuraavat 100 vuotta.

Varsinaisessa sillan rakentamisesta kertovassa luvussa kerrotaan ensin sillanrakentamisesta ja suunnitelmista yleisellä tasolla. Tämän jälkeen käsitellään lyhyesti paikalla valettavan sillan rakentamisen vaiheita. Ulokesiltojen rakentamiseen perehdytään kahden esimerkin ja valokuvien kautta. Sillanrakentamisen turvallisuus sekä laatu ja laaturaportointi koostetaan omana lukunaan, ennen varsinaista yhteenvettoa.

## 2 SILTA – YLI ESTEEN

Silta on rakenne, joka johtaa liikenteen esteen yli. Liikenne voi olla ajoneuvo-, juna-, henkilö- tai muuta liikennettä. Rakenteen vapaan aukon ollessa kaksi metriä tai enemmän katsotaan rakenne sillaksi (kuva 1). (1, s. 39.)



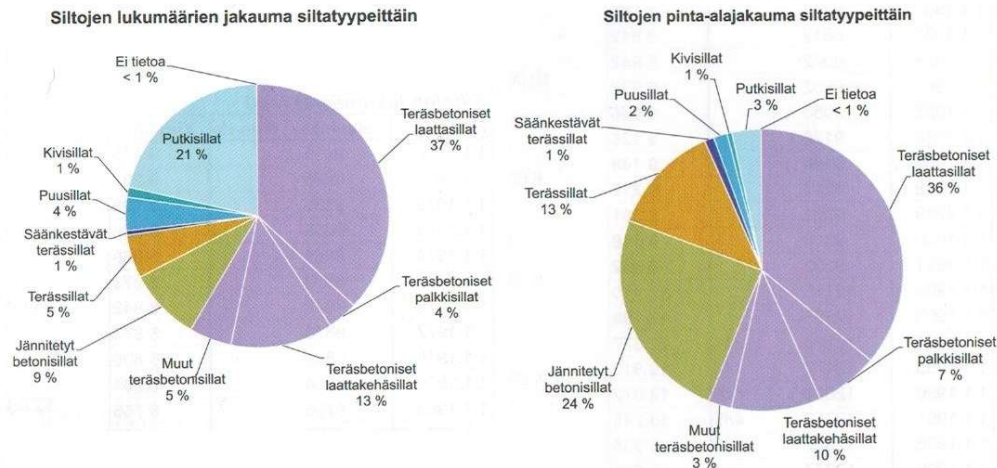
*KUVA 1. Holvisillan vapaa-aukko 6 metriä (1, s. 41)*

Täten betonirummut ja teräsputket, joiden halkaisija on kaksi metriä tai enemmän luetaan Väyläviraston (ennen Liikennevirasto) luokituksessa putkisilloiksi.

### 2.1 Sillat suomessa

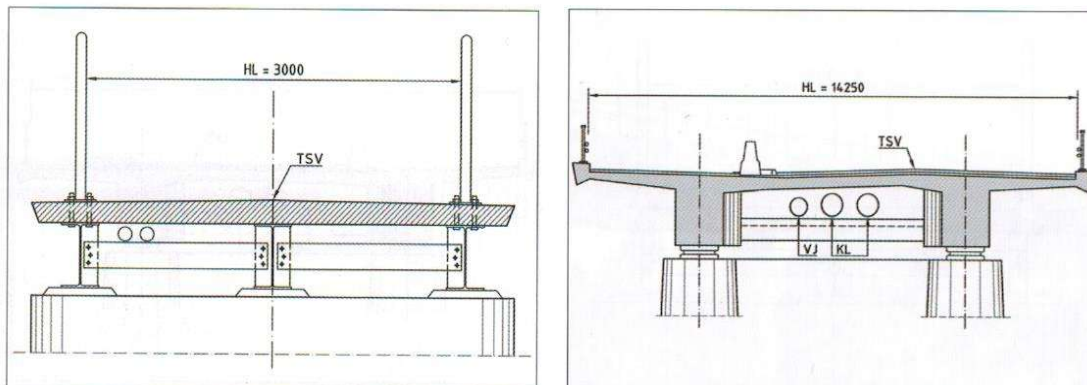
Vuonna 2017 suomessa oli 20 677 siltaa Liikenneviraston ja kuntien hallinnassa. Silloista kuntien omistuksessa on noin 15 %, noin 3 100 kappaletta. Liikennevirasto hallinnoi noin 2 400 rautatiesiltaa ja noin 15 150 tiesiltaa. Siltoja on Suomessa myös yksityisten tiehoitokuntien ja yksityisten yritysten omistuksessa. Eniten siltoja on Uudellamaalla liikennemäärien ja yhdyskuntarakenteen vuoksi. Pohjois-Pohjanmaalla ja Pohjois-Savossa on paljon siltoja puolestaan vesistöjen vuoksi. (1, s. 22.)

Suomen tiesiltojen lukumäärää tarkasteltaessa on teräsbetonsiltojen osuus niistä 68 %. Otettaessa huomioon tiesiltojen pinta-ala on teräsbetonsiltojen osuus jopa 80 %. Laattasilta on Suomen yleisin tiesiltatyyppe ja tyypillinen risteysilta. Teräsiltojen osuus Suomen tiesilloista on 6 %, kun pinta-alat otetaan huomioon, on niiden osuus 14 %. (1, s. 24-25; kuva 2.)



KUVA 2. Tiesiltojen siltatyypit (1, s. 24)

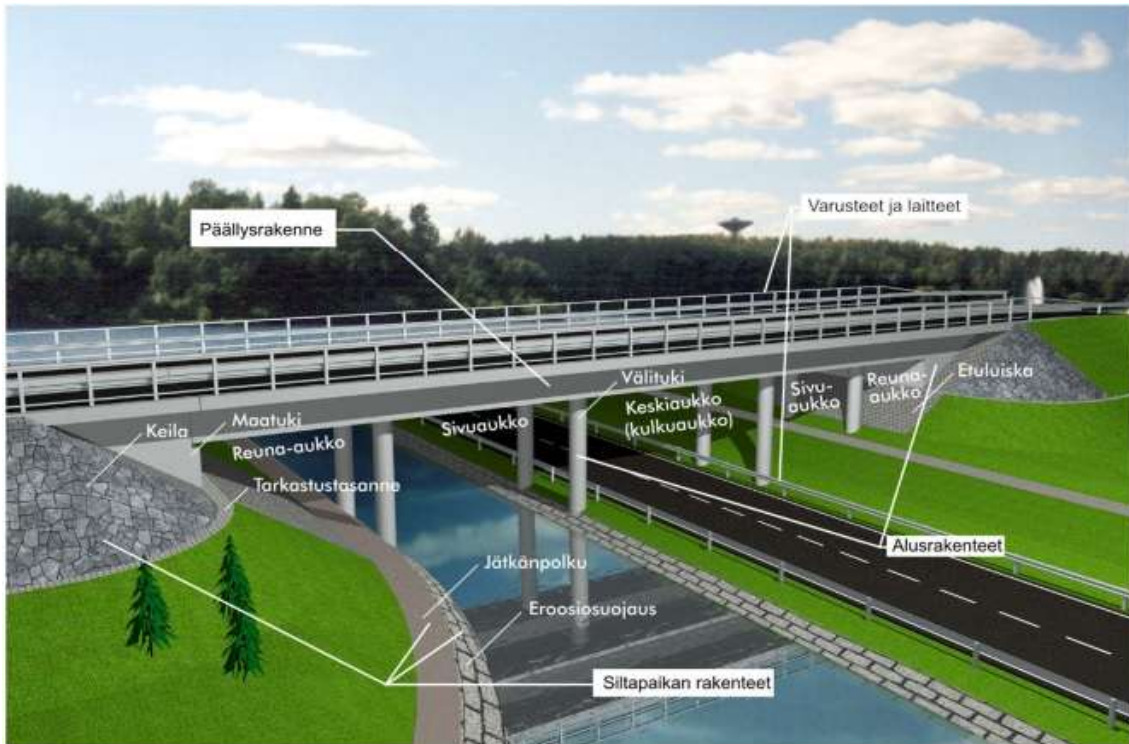
Tarkemmat tiedot siltatyypeistä ovat käytettävissä ainoastaan Väyläviraston hallinnoimista ja Taitorakennerekisteristä (ennen Siltarekisteri) löytyvistä silloista. Kaikki kunnat eivät käytä taitorakennerekisteriä, minkä vuoksi tiedot kuntien silloista ovat epätarkkoja. Kuntien hallinnoimat sillat ovat tyypillisesti pienempiä kuin Väyläviraston hallinnoimat sillat. Luokittelussa huomattavaa on myös, että luokitus (jakauma) on tehty pääkannattajan materiaalin perusteella ja lähes kaikkien suuripinta-alaisten siltojen (myös teräksiset liittopalkkisilat) päällysrakenteessa materiaalina on käytetty teräsbetonia (kuva 3).



KUVA 3. Oikealla kevyen liikenteen silta: pääkannattajana teräspalkit ja puukansi; vasemmalla vesistösilta: pääkannattajana jännitetty teräsbetonipalkki, päällysrakenteen alaosa myös teräsbetonia (1, s. 51-52)

## 2.2 Sillan päärakenneosat

Silta jaetaan rakenneosiin sillan osien toiminnan perusteella. Sillan rakenneosia ovat päällysrakenne, alusrakenne, varusteet ja laitteet sekä siltapaikan rakenteet (kuva 4).

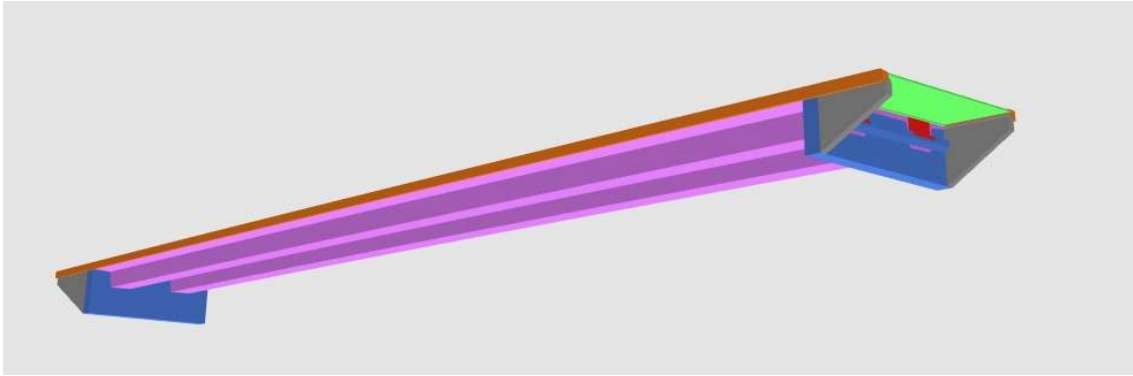


KUVA 4. Sillan päärakenneosat (1, s. 45)

### 2.2.1 Päällysrakenne

Erilaisia sillan päällysrakenteita on esitetty kuvissa 3, 4 ja 5. Päällysrakenne on rakenneosa, joka mahdollistaa esteen ylittämisen. Päällysrakenne siirtää kuormat alusrakenteelle. Päällysrakenteen kuormia ovat liikennekuormat sekä rakenteen omapaino. Päällysrakenne muodostuu pääkannattajasta ja päällysrakenteesta. (1, s. 44.) Tiesiltojen päällysrakenteen yläosan muodostavat pintarakenteet vesieristys ja asfaltti.

**Ulokepalkkisillan päällysrakenne** voidaan edelleen jakaa rakenneosiin: pääkannatin eli pääpalkki, päätypalkki, reunapalkki, siipimuuri ja kansilaatta. Kuvassa 5 pääpalkki ja kansilaatta on esitetty violetilla, päätypalkit sinisellä, reunapalkki oranssilla ja siipimuurit harmaalla. (Kuva 5.)



*KUVA 5. Ulokepalkkisillan päällysrakenne (2)*

### **2.2.2 Alusrakenne**

Alusrakenne ottaa vastaan päällysrakenteelta tulevat kuormat ja siirtää ne kallioon tai kantaviin maakerrokseen. Näkyviä alusrakenteita ovat sillan maatuet ja pilarit. Alusrakenteeseen luetaan kuuluviksi sillan perustuksien paalut sekä tukiseinät ja muurit. Myös siirtymälaatat kuuluvat alusrakenteeseen. (1, s. 44-45.)

### **2.2.3 Varusteet ja laitteet**

Sillan turvallisuuden, toiminnan ja käyttöiän vuoksi sillassa tarvitaan varusteita ja laitteita. Sillan turvallisuutta käyttäjille lisätään mm. kaitein ja valaistuksella. Toimiakseen silta voi vaatia päällysrakenteen ja alusrakenteen saumakohtaan laakerit ja päällysrakenteen päihin liikuntasaumalaitteet. Sillan ylläpidon ja käyttöiän vuoksi silta voidaan varustaa päällysrakenteen alapuolella olevalla hoitosillalla. (1, s. 45.)

### **2.2.4 Siltapaikan rakenteet**

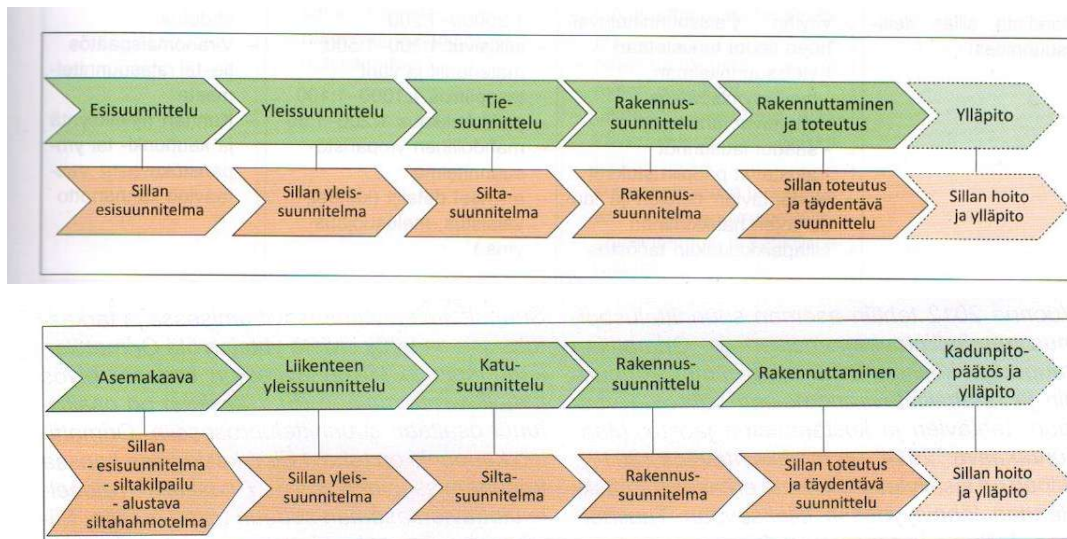
Siltapaikan rakenteet ovat pääosin sillan ulkopuolella. Ne ovat kuitenkin välttämättömiä turvallisuuden ja sillan käyttöiän vuoksi. Käyttöiän kannalta olennaisia ovat esimerkiksi siltapaikan kuivatusrakenteet: mahdolliset salaojat, kaivot sekä sadevesikourut. Turvallisuutta lisätään loivilla luiskilla, pengerkaittein ja portaita. (1, s. 45.) Luiskat verhoillaan luiskien pysyvyyden sekä osaksi myös esteettisyyden vuoksi.



### 3 SILLAN SUUNNITTELUSTA SILLAN RAKENTAMISEEN

Luvussa 3 keskitytään rakennuttamisen ja toteutuksen valmisteluvaiheeseen. Keskiössä tässä vaiheessa on tilaaja eli taho, jolla on hankkeelle rahoitus, lainvoimaiset suunnitelmat sekä luvat. Tilaaja tekee päätöksen rakennushankkeen rakennuttamisvaiheen aloittamisesta. Ennen toteutuksen valmisteluvaihetta ja rakentamista luvussa taustoitetaan hieman siltatyypin valikoitumista.

Sillan rakentaminen liittyy usein väylä- tai katuhankkeeseen, jotka prosesseina etenevät hyvin samankaltaisesti (kuva 6; 1, s. 67, 78).



KUVA 6. Sillan toteuttaminen osana tie- ja katuhanketta(1, s. 67, 78)

Yksityisiä siltoja Suomessa rakennetaan hyvin vähän. Yleensä tilaajana väylä-/siltahankkeessa toimii Väylävirasto, ELY-keskus tai kunta. (1, s. 65.) Ratahanketta ja yksityisiä siltahankkeita ei tässä työssä käsitellä. Kuten kuvasta 6 voi havaita, suunnittelu on tarkentuva prosessi, jossa sekä väylän, että sillan suunnitelmat tarkentuvat prosessin edetessä. Yksi keskeinen asia suunnittelu-prosessissa on myös rakentamiseen liittyvien lupien kuntoon saattaminen. (1, s. 68-69.)

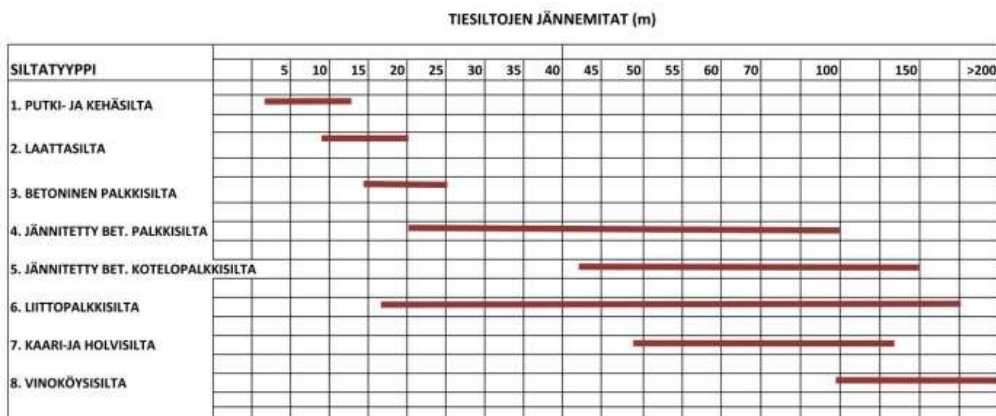
### 3.1 Sillan valikoitumisprosessi pähkinän kuoressa

Väylähankkeessa sillan rakentamisen osuus on merkittävä hankkeen kokonaiskustannuksia ajatellen (1, s. 65). Siltapaikan ja siltatyypin valinta perustuukin kokonaiskustannusten optimointiin. Optimointi tapahtuu vertailemalla eri toteutusvaihtoehtoja keskenään. Suunnitteluprosessin alkuvaiheessa väylän linjauksilla voidaan vaikuttaa tulevaan siltapaikkaan. Perustamisolosuhteet, siltapaikan vaatima poikkeuksellinen geometria, rakennustyönaikaisen liikenteen tuomat haasteet vaikuttavat rakennuskustannuksiin. (1, s. 46.)

Siltapaikan valikoiduttua vertaillaan erilaisten ratkaisujen rakenteellista tehokkuutta ja niiden vaikutusta kokonaiskustannuksiin. Vertailussa otetaan huomioon myös turvallisuus, ylläpitokustannukset sekä sillan ulkonäkö. Laakerittomilla ja liikuntasaumattomilla rakenneratkaisuilla saavutetaan parempi huoltovapaus ja vähennetään merkittävästi käytön aikaisia ylläpitokustannuksia. (1, s. 46.)

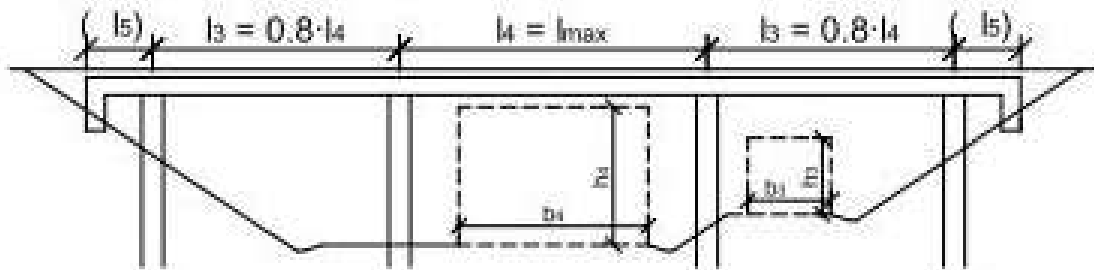
Toisinaan siltatyypin valintakriteerit voivat olla myös esteettisiä ja ulkonäöllisiä, kuten ympäristöön sopeutuva silta tai kaupunkikuvallisesti merkittävä silta. Siltakilpailulla voidaan hakea uusia ratkaisuja ja ideoita näiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Sirot ja hoikat rakenteet vaikuttavat merkittävästi rakennuskustannuksiin. (1, s. 46.)

Pääjängteen vaadittu jännemitta on yksi merkittävimmistä asioista siltatyypin valinnassa (kuva 7).



KUVA 7. Tyypilliset jännemitta-alueet eri siltatyypeille (1, s. 47)

Monesti silloissa on useampia aukkoja. Esimerkiksi kolmiaukkoisessa sillassa optimaalinen jännemittojen suhteen arvioidaan olevan noin 0,8:1,0:0,8. Tällöin staattinen ratkaisu on lähtökohtaisesti tasapainoinen. Ulokkeen pituus nykyisillä on enintään 2,5 metriä. (Kuva 8; 1, s. 138.)



KUVA 8. Kolmiaukkoisen sillan jännemittojen suhde (1, s. 138)

### 3.2 Rakentamisen valmisteluvaihe

Rakentaminen on säänneltyä toimintaa. Rakentamisesta ja sen turvallisuudesta sekä hankinnoista on säädetty asetuksissa ja laissa. Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL) 132/1999 määrää rakentamista koskevia edellytyksiä, olennaisia teknisiä vaatimuksia sekä määrittää rakentamisen lupamenettelyjä ja viranomaisvalvonta. Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta VNa 205/2009 määrittää rakennustyön turvallisuusvelvoitteita ja rakentamisen turvallisuutta. Julkisia hankintoja säädellään Laissa julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 137/2016. (1, s. 100.)

Silta-, väylä- ja katuhankkeiden arvo ylittää yleensä hankinnan kynnysarvot ja ne on toteutettava EU-lainsäädäntöä ja julkisista hankintoja koskevan lain mukaan. Tällöin urakoitsijan valinta suoritetaan avoimen julkisen tarjouskilpailun avulla. Rakennustehtävien kilpailutus hoidetaan Työ- ja elinkeinoministeriön ylläpitämän sähköisen ilmoituskanavan HILMAN avulla. (3.)

Rakentamisen valmisteluvaihe alkaa suunnitteluvaiheiden jälkeen tai suunnitelmien ollessa lähes valmiita ja lupien lainvoimaisia. Rakentamisen valmistelussa tilaaja tai hänen edustajansa: organisoii rakentamisen, kilpailuttaa rakentamistehtävät, käy sopimusneuvottelut ja tekee urakka- sekä hankintasopimukset. (1, s.103; kuva 9.)



*KUVA 9. Rakentamisen kilpailuttaminen (1, s. 103)*

Usein tilaaja hankkii rakennuttamisen valmistelun ja rakennuttamisen tehtävät rakennuspalvelukonsultilta. Hankkeeseen voidaan myös nimetä valvoja tai valvoja eri osa-alueille, kuten siltoihin, väyliin ja liikennejärjestelyihin. Tärkeä asia on myös nimetä hankkeen turvallisuuskoordinaattori. Mikäli tilaaja ei nimeä rakennuttajaa ja/tai turvallisuuskoordinaattoria, hän vastaa rakentamisenvelvoitteista yksin. (5.)

”Rakennuttaja organisaation tavoitteena on saada aikaan vaatimukset täyttävä lopputuote suunnitellussa aikataulussa kustannuksia ylittämättä, työ- ja liikenneturvallisuutta vaarantamatta ja ympäristönäkökohdat huomioon ottaen” (1, s. 101). Rakennuttamisen valmistelussa keskeinen osa on urakoitsijan valinta. Urakoitsijan valitsemiseksi on kerättävä ja valmistettava tarjouspyyntöaineisto sekä julkaistava hankintailmoitus, joka sisältää mainitun aineiston (3; kuva 9). Tarjouspyyntöaineisto muodostuu kaupallisista ja teknisistä asiakirjoista.

Taloudellisiin asiakirjoihin kirjataan taloudellisten asioiden lisäksi esimerkiksi osapuolten oikeudet, vastuut ja velvollisuudet sekä mahdolliset sanktiot ja kannustimet. Tekniset asiakirjat sisältävät urakkasuorituksen teknisiä yksityiskohtia, pääosin suunnitelmapiirustuksien, työ- ja laatuvaatimusten ja erilaisten muiden teknisien dokumenttien muodossa. (1, s. 103.)

### **3.3 Urakoitsijan laaduntuottokyvyn varmistaminen hankinnassa**

Tavoiteltaessa 100 vuoden käyttöikää laatu on keskeinen osa lopputuotteen vaatimuksia. Tilaaja pyrkiikin varmistamaan siltaurakoitsijoiden laaduntuottokyvyn mm. vaatimalla urakoitsijoilta toiminnan- ja laadunohjausjärjestelmää, joka on ulkopuolisen tahon todentama. Urakoitsijalta vaaditaankin usein ulkopuolisen tahon myöntämää sillanrakentamisen ja/tai korjaamisen pätevyyttä. Pääurakoitsijoiden lisäksi tilaajat voivat asettaa erityisvaatimuksia myös erikoistöitä tekevil-

le aliurakoisijoille, kuten jännittämistyöurakoisijalle, valmisbetonitoimittajalle ja eristystyöurakoitsijalle. (1, s. 311.)

Suomessa urakoitsijoita ja heidän toimintaansa auditoi mm. Rakentamisen Laatu ry (RALA). RALA ry myös pitää yllä listaa sertifikaatin omaavista urakoitsijoista (<https://www.rala.fi/yrityshaku17/siltaurakoitsijat/>). Siltojen rakentamiseen on kolme eri vaatavuusryhmää ja siltojen korjaamiseen kaksi eri vaatavuusryhmää. (1, s. 311.)

Työmaaorganisaatiolle, joka on nimettävä jo tarjousvaiheessa, voidaan asettaa myös kokemus- ja pätevyysvaatimuksia. Tällaisia nimettäviä henkilöitä voivat olla työpäällikkö, työmaapäällikkö (vastaava mestari), liikennejärjestelyistä vastaava, betonityönjohtaja, teräsrakenteiden asennustöistä vastaava ja vedeneristystyön työnjohto. (1, s. 312.)

### **3.4 Hankintailmoitus, hankintapäätös ja urakkasopimus**

Valmisteltuaan urakan hankintamateriaalin rakennuttaja julkaisee hankintailmoituksen (3; kuva 9). Hankintailmoituksen havaittuaan urakasta kiinnostuneet urakoitsijat tutustuvat hankkeen tarjouspyyntöön ja urakkalaskenta-aineistoon ja aloittavat hankkeen laskennan sekä urakkatarjouksen valmistelun. Urakoitsijat voivat myös muodostaa työyhteisöliittymiä urakan tarjoamiseksi, mikäli omat resurssit tai pätevyydet eivät riitä urakan tarjoamiseen. Urakkalaskennan aineisto ja muu vaadittu aineisto kootaan urakkatarjouspyynnön mukaiseksi urakkatarjoukseksi, joka on toimitettava määräpäivään mennessä.

Rakennuttaja ja tilaaja tutustuvat tarjouksiin. Tarjouspyynnön vastaiset ja puutteelliset tarjoukset hylätään. Jäljelle jäävistä tarjouksista valitaan hankintamennettelyn mukaisesti paras tarjous (kuva 9). Tarjouskilpailun parhaan tarjouksen tehnyt urakoitsija kutsutaan urakkaneuvotteluun. Hankinnasta tehdään hankintapäätös, joka toimitetaan kaikille tarjouksen jättäneille. Tarjouskilpailun voittaneen urakoitsijan kanssa käydään urakkaneuvottelut. Urakkasopimus valitun pääurakoitsijan kanssa voidaan solmia valitusajan päätyttyä, edellyttäen, ettei kukaan ole hankinnasta valittanut. (1, s. 103.) Urakkasopimus astuu voimaan, kun sopimus on allekirjoitettu.

## 4 URAKAN VALMISTELUT JA TYÖMAAN PERUSTAMINEN

Työmaan ja töiden aloitusta on syytä ryhtyä valmistelemaan heti urakkaneuvotteluun kutsumisen jälkeen. Tässä vaiheessa on mahdollista varmistaa töiden hallittu käynnistyminen. Riskinä on, että töiden käynnistäminen viivästyy eikä tilanne ole täysin kontrollissa. Tarvittavat ilmoitukset ja luvat, kuten rakennustyön ennakoilmoitus ja melulupa, on syytä hoitaa viipymättä. Myös töiden aloittamisen kannalta tarpeelliset aloituskokoukset on sovittava. Töiden aloittamisen edellytyksenä voivat olla myös esimerkiksi kiinteistökatselemukset. (1, s. 311-312.)

Työmaan toimisto- ja sosiaalitulat on syytä varmistaa ja varata sekä tilata niille tarvittavat sähkö-, vesi- ja viemäri liittymät. Myös yksittäisten siltakohteiden sähköliittymät kannattaa varmistaa. (1, s. 311.) Ensimmäisten työmaan työvaiheiden työ- ja laatusuunnitelmat on syytä laatia ja lähettää rakennuttajaorganisaatiolle. Tässä vaiheessa on myös mahdollista tarkistaa ja mahdollisesti uudelleen kilpailuttaa merkittävimmät hankinnat ja aliurakat. Urakkalaskennan aikana tehdyn hankinta-aikataulun mukaiset hankinnat on syytä käynnistää. Työmaa katsotaan alkaneeksi, kun aloitusedellytykset täyttyvät ja ensimmäiset työt työmaalla aloitetaan. Tästä hetkestä aloitetaan myös työmaapäiväkirjan pitäminen.

### 4.1 Luvat ja ilmoitukset

Ennen varsinaisiin rakennustöihin ryhtymistä on hoidettava luvat ja ilmoitukset kuntoon. Ilmoituksia ja lupia on monenmoisia rakennushankkeesta riippuen. (1, s. 311.)

*RIL 179-2018 mukaan tyypillisesti tarvitaan*

- *rakennustyön ennakoilmoitus Aluehallintovirastolle*
- *ilmoitukset melua, pölyä tai tärinää aiheuttavista töistä*
- *kuntakohtaiset katu- ja kaivuluvat*
- *ilmoitukset pelastus- ja poliisiviranomaisille*
- *ilmoitus tieliikennekeskukseen (1, s. 311).*

## 4.2 Työmaan turvallisuus

Rakennustyön turvallisuutta säätelevä tärkein määräys on VNa 205/2009 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (1, s. 100).

Rakennusteollisuuden ePerehdytysmateriaalin mukaan työturvallisuudesta säädetään myös

- Työturvallisuuslaissa 738/2002
- laissa työsuojelun valvonnasta ja työpaikan työsuojeluyhteistöiminnasta 44/2006
- valtioneuvoston asetuksessa työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008 (4).

Rakennustyömaan työturvallisuustoimintaa johtaa rakennuttaja. Usein rakennuttaja nimeää työturvallisuuskoordinaattorin toteuttamaan (ja valvomaan) työturvallisuusvelvoitteita. Työmaan vastaavatyönjohtaja vastaa työmaan työsuojelusta. (4; 5.)

Lupien ja ilmoitusten lisäksi töiden aloittamisen edellytyksenä on turvallisuuden aloituskokous. Kokouksessa käydään läpi hankkeen osapuolten kanssa hankkeen turvallisuusriskit keskeiset urakan turvallisuuteen liittyvät asiat sekä turvallisuusasioiden menettelytavat (1, s. 311).

*Päätoteuttajan on huolehdittava perehdyttämällä ja opastamalla siitä, että kaikilla yhteisen rakennustyömaan työntekijöillä on riittävät tiedot turvallisesta työskentelystä ja että he tuntevat kyseessä olevan rakennustyömaan vaara- ja häirtatekijät sekä niiden poistamiseen tarvittavat toimenpiteet (5, §3).*

Päätoteuttaja vastaa suunnittelemalla, perehdyttämällä, opastamalla ja ohjaamalla sekä tarvittaessa puuttumalla sekä korjaamalla työmaan työturvallisuudesta ja turvallisista työnsuorituksista. Työturvallisuuden tulee olla suunnitelmallista, ennakoitua ja valvottua toimintaa (taulukko 1; 4; 5; 6).

TAULUKKO 1. Pää toteuttajan turvallisuuden suunnittelu ja dokumentointi (4; 5; 6)

Suunnitelma	Lisätietoa
Työmaan järjestelyt – Perehdytysopas	Koko työmaa mm.: kulunvalvonta, yhteystiedot, kartta, logistiikka, ensiapu, jätehuolto ja lajittelu, kemikaalien säilytys, kiinteä tulityöpaikka sekä kokoon-tumispaikka; ennen työmaan alkua
Aluesuunnitelmat (alueen käyttö ja logistiikka)	Jokaiselle kohteelle, kohteen aloituksen lähestyessä
Työn turvallisuussuunnitelma (TTS), Työvaiheen työ- ja laatusuunnitelma tms.	Mitä, miten (turvallisuus), laatu kriteerit; ennen työvaiheen aloitusta
Liikenteenohjaussuunnitelmat	Ulkopuolisen liikenteen ohjaus, hyväksyttävä tilaajalla etukäteen
Työmaan putoamissuojauksuunnitelma	Koko työmaa yleisesti, tarvittaessa jokaiselle kohteelle erikseen
Työmaan kaivantosuunnitelma, tuentasuunnitelmat	Koko työmaa yleisesti, luiskien jyrkkyydet, kaivantojen suojaukset; mikäli ei rakennussuunnitelmissa
Työmaan pölyntorjuntasuunnitelma	Tarvittaessa
Purkusuunnitelmat	Tarvittaessa
Räjätystyön suunnitelmat	Tarvittaessa
Nostosuunnitelmat	Tarvittaessa, vaativista nostoista
Sähköistysuunnitelma	Osana aluesuunnitelmaa
Elementtien asennussuunnitelma	mm. betoniset melukaiteet
Tulityösuunnitelma	Kiinteä tulityöpaikka, tulityöluva käytännöt, kuka myöntää tulityöluvat?
Jätehuoltosuunnitelma	Osana työmaan järjestelyjä ja aluesuunnitelmia
Kemikaaliluettelo	Työmaan kemikaalit ja näiden käyttö-turvallisuustiedotteet
Pelastamis- ja pelastautumissuunnitelma	Työskenneltäessä syvällä, suljetussa tilassa tai korkealla



Pelkät suunnitelmat ja luettelot eivät riitä. Turvallisuutta on valvottava jatkuvasti ja valvonta on dokumentoitava (taulukko 2; 4; 5; 6).

*TAULUKKO 2. Työmaan tarkastukset (4; 5; 6)*

Tarkastus	Ajankohta
Viikoittainen kunnossapito-/ työturvallisuustarkistus - MVR-mittaus	Viikoittain
Käyttöönototarkastukset koneet	Kun kone tai laite tulee työmaalle.
Käyttöönototarkastukset laitteet	
Käyttöönototarkastukset telineet + telinekortti	Ennen telineen käyttöönottoa, viikoittain
Käyttöönototarkastukset henkilönostin	Ennen käyttöönottoa. Huom! Käyttäjäläistä
Pystytys ja käyttöönototarkastus ajoneuvonosturi	Ennen noston aloitusta
Pystytys ja käyttöönototarkastus betonipumppu	Ennen betonoinnin aloitusta
Nostoapuvälineen käyttöönototarkastus	Ennen joka noston aloitusta (käyttäjä)

Monet asiat rakennustyömaalla ovat myös luvanvaraisia. Pääurakoitsija vastaa näiden lupien antamisesta ja valvonnasta (taulukko 3; 4; 5; 6).

*TAULUKKO 3. Työmaan luvat (4; 5; 6)*

Lupa	Luvan antaja
Tulityölupa	Tulityösuunnitelmassa mainitut henkilöt
Henkilönostimen käyttö lupa	Työnjohto/ työnantaja
Trukin käyttö lupa	Työnjohto/ työnantaja
Traktorin käyttö lupa	Työnjohto/ työnantaja
Pyöräkuormaajan käyttö lupa	Työnjohto/ työnantaja

Vaikka dokumentteja on paljon, turvallisuuden kannalta oleellisia asioita ovat teot eli perehdyttäminen, valvonta ja ohjaaminen sekä ennakkosuunnitelmat. Rakennuttajan toimesta turvallisuutta ohjataan viime kädessä sanktioin, jotka on määritetty urakkasopimuksessa. Valvonnan ja ohjaamisen suhteen koko rakennuslalla olisi ehkä aika ottaa seuraava askel. Seuraava askel voisi olla esimerkiksi palkitseminen, kaikilla rakentamisen tasoilla. Voisiko palkinto olla jotain muuta kuin rahaa?

### **4.3 Työskentelemisen edellytykset rakennustyömaalla**

Luvussa 4.3 käsitellään edellytyksiä, jotka on täytettävä, jotta yritys ja sen työntekijät voivat työskennellä rakennustyömaalla. Lukujen 4.3.1 – 4.3.3 tiedot pohjautuvat Suomen lakiin, VNA 205/2009 asetukseen ja aluehallintoviraston sekä verottajan ohjeisiin sekä useamman infrarakennustyömaan käytäntöihin.

#### **4.3.1 Tilaajavastuutiedot**

Päätoteuttaja vastaa omien työntekijöidensä lisäksi alihankintaketjustaan ja siinä olevien yritysten yhteiskuntakelpoisuudesta. Pääurakoitsijan on dokumentoitava alihankintaketjunsä hierarkia eli pidettävä selvillä tieto, kuka on kenenkin alihankkija. Ennen kulku- ja työskentelyluvan myöntämistä alihankkijan työntekijälle on työnantajan tilaajavastuutiedot tarkistettava ja tallennettava. Mikäli työnantaja kuuluu tilaajavastuurekisteriin, tehtävä on suoraviivainen. Tilaajavastuutietojen tarkistuksen yhteydessä on varmistuttava mm. työnantajan verovelvoitteiden, lakisääteisten vakuutusten ja työterveyshuollon järjestämisestä. Alihankkijalta on saatava erilliset todistukset em. asioiden hoitamisesta, mikäli työnantaja ei kuulu tilaajavastuurekisteriin tai rekisterin mukaan jonkin velvoitteen hoitamisessa on puutteita.

#### **4.3.2 Henkilökortti ja pätevyudet**

Työmaalla työskenteleviltä henkilöiltä vaaditaan kuvallinen henkilökortti, josta käyvät ilmi työntekijän nimi, veronumero ja työnantajan y-tunnus. Henkilökorttia on pidettävä esillä aina työmaalla työskenneltäessä. Mikäli työntekijä on EU:n ulkopuolisesta maasta, on vielä varmistettava työntekijän työlupa.

Työntekijöiden pätevyudet tarkistetaan perehdyttämisen yhteydessä. Tavallisimmat sillanrakennustyömaalla vaadittavat pätevyudet ovat Tieturva 1 -pätevyys ja tulityöpätevyys. Tulityökortti on edellytys tulityöluvalle, joka on taas edellytys mahdolliselle vakuutuskorvaukselle vahingon sattuessa. Yleensä yrityksen toiminnan ohjausjärjestelmässä siis edellytetään tulityökorttia ja tulityöluvia, jos tulitöitä tehdään. Tieturvakorttia vaaditaan yleensä tilaajan toimesta, toisinaan tilaaja vaatii myös työturvallisuuskorttia.

Rakennustyömaalla tulisi aina olla myös ensiapuvalmius. Ensiapuvalmius tulisi löytyä kustakin työvuorosta ja vähintään 5 %:lla henkilöstövahvuudesta. Ensiapuvalmiuden tulisi olla vähintään EA1-kurssin tasoista. (7.) Ensiapuvalmiutensa voi todentaa ensiapu 1- tai hätäensiapukortin tai vastaavan esittämällä.

Erytistöissä, kuten rakenteeseen jäävissä hitsauksissa, työntekijältä edellytetään hitsausluokkia kyseiselle hitsausmenetelmälle. Sillan vedeneristystöissä työryhmän jäseneltä vaaditaan henkilösertifikaattia vedeneristystöihin ja työmaan työnjohdolta vedeneristyksen valvonnan pätevyyttä.

### **4.3.3 Kulkuluvat ja kulunvalvonta**

Pääurakoitsijan on pidettävä kirjaa työmaalla työskentelevistä henkilöistä: Työtä suorittaneet työntekijät on myös raportoitava verottajalle. Tarkastuksessaan Aluehallintoviraston (AVI) työsuojelutarkastaja on myös kiinnostunut työmaalle kulkuluvan omaavista ja työmaalla työskentelevistä henkilöistä. Kulkulupa työmaalle myönnetään perehdytyksen päätteeksi. Kirjautuminen työmaalle ja pois työmaalta voi tapahtua järjestelmästä riippuen matkapuhelimella, Valttikortilla tai muulla tunnisteella. Yleensä järjestelmä on kuitenkin sähköinen.

### **4.4 Työmaan laadunhallinta**

Työmaalla tehdään laadunvarmistussuunnitelman mukaiset tekniset työsuunnitelmat ja työvaiheen työ- ja laatusuunnitelmat, joissa määritetään, mitä mitataan ja tarkastetaan sekä miten se raportoidaan. Tärkeää on jatkuva raportointi, jossa materiaalia rakennuttajalle toimitetaan omaehtoisesti. Keskeistä on myös, että urakoitsija raportoi poikkeamista viipymättä, olivatpa ne sitten laadullisia, toiminnallisia tai turvallisuuteen liittyviä. (1, s. 360.)

## 5 TYÖMAALLE SAAPUMINEN

Luvuissa 5.1 ja 5.2 käsitellään työntekijän perehdyttämistä. Lukujen 5.1 ja 5.2 tiedot pohjautuvat VNA 205/2009 asetukseen ja aluehallintoviraston ohjeisiin ja lomakkeisiin sekä useamman infrarakennustyömaan käytäntöihin.

Työn aloittaminen edellyttää työn tilaajalta (usein pääurakoitsija) valmiita suunnitelmia ja sitä, että työn aloitusedellytykset ovat kunnossa. Kun vielä urakoitsijan ja työntekijöiden työskentelemisen edellytykset ovat kunnossa (luku 4.3), työ-/aliurakkasuorituksen aloittaminen työmaalle saapumisen jälkeen on suora- viivaista. Liitteestä 1 voit lukea tarinan, kuinka työt voivat pysähtyä heti alkuunsa epäselvyyksiin työskentelyn edellytyksissä.

### 5.1 Verkkoperehdytykset ja ePerehdytys

Useilla yrityksillä on käytössään erilaisia verkkoperehdytyksiä, jotka on mahdollista suorittaa ennen työmaalle saapumista esimerkiksi älypuhelimien tai verkkoselaimen avulla. Rakennusteollisuuden ePerehdytys on vuoden kerrallaan voimassa (4). Verkkoperehdytykset, kuten myös ePerehdytys ovat yleensä yleisperehdytyksiä - ei työmaaperehdytyksiä eikä varsinkaan työvaihekohtaisia perehdytyksiä. Ne antavat kuitenkin hyvät ja tasapuoliset lähtötiedot työmaalle saapuille.

Vaikka ePerehdytys onkin yleisperehdytys, sen eittämätön etu on kielivalikoima. Perehdytyksen voi suorittaa suomeksi, ruotsiksi, viroksi, venäjäksi, latviaksi, liettuaksi, puolaksi ja englanniksi (4). Sisältö ePerehdytyksessä on seuraava: rakennustyömaa yhteisenä työpaikkana; rakennustyömaalle saapuminen; työmaan työsuojeluorganisaatio; työmaan turvallisuussuunnitelmat; työmaan viikoittainen kunnossapitotarkastus; oman turvallisuuden varmistaminen; henkilökohtaiset suojaimet; kaivannot; työmaaliikenne; putoamissuojaus, työtelineet, tasot, tikkaat; nostot; koneet, laitteet ja työvälineet; vaaralliset aineet; sähköturvallisuus; tulityöt; työmaan siisteys, järjestys ja jätehuolto (liite 2). Yleisperehdytyksen saaminen verkkoperehdytyksenä ja omalla kielellä tasaa työntekijöiden tietouden mainituista aiheista. Nythän perehdyttäminen on voinut olla hyvinkin monimuotoista ja lisäksi kielihaasteet ovat sitä vielä vaikeuttaneet.

## 5.2 Työmaaperehdytys ja työvaihekohtainen perehdytys

Työmaaperehdytys pitää tosiaan sisällään muutakin kuin työmaahan perehtymisen ja kulkuluvan myöntämisen. Kun luvussa 4.3 mainitut perusedellytykset ja työmaan yleisperehdytys (ePerehdytys tai vastaava) ovat kunnossa, työmaaperehdytys voi alkaa.

Työmaaperehdytys on hyvä hoitaa työmaan käyttösuunnitelman ja liikenteenohjaussuunnitelman avulla. Näissä on mainittuna keskeiset tukitoimet, joita työmaalta töiden turvalliseksi tekemiseksi löytyy: työmaatoimisto, sosiaalitytöt; ensiapuvälineet, sammuttimet ja kokoontumispaikka hätätilanteessa; jätehuolto: jäteastiat ja puutavaran sekä metallin keräilypisteet; varastopaikat ja varastotilat, yleisen liikenteen järjestelyt jne. Pienen työmaan tapauksessa myös työkohteeseen perehdytyksen voi hoitaa samalla kertaa. Tällöin käsitellään myös työkohteen aluesuunnitelma.

Perehdytyksen jälkeen henkilö lisätään työmaan kuluvalvonta- ja raportointijärjestelmään ja hänelle myönnetään kulkulupa työmaalle. Valistuneet sopimus-kumppanit toimittavat tiedot työntekijöistään ja heidän pätevyyksistään etukäteen, jolloin lisääminen voidaan tehdä ennalta ja tässä vaiheessa riittää pätevyysien toteaminen ja kulkuluvan myöntäminen. Työmaaperehdytyksen yhteydessä henkilölle opastetaan työmaan kulunvalvontajärjestelmän käyttö. Kirjautuminen on välttämätöntä, jotta reaaliaikainen työntekijäluettelo on ajantasainen ja työntekijäraportointi verottajan suuntaan toimii oikein.

Siltakohtaisen aluesuunnitelman, työnaikaisen liikenteenohjaussuunnitelman ja tuntuasuunnitelman avulla perehdytään sitten varsinaiseen sillanrakennuspaikkaan: kulkureitit, nostopaikat, sähköistys, varastoalueet ja varastokontti, ulkopuolinen liikenne. Työvaihekohtaisen työ- ja laatusuunnitelman, joka sisältää myös turvallisuussuunnittelun, avulla perehdytään varsinaiseen työsuoritukseen ja työnsuorituksen laatuvaatimuksiin.

## 6 TERÄSBETONISEN ULOKESILLAN RAKENTAMINEN

Paikalla valettavan teräsbetonisillan rakentamisessa väliaikaisten rakenteiden rakentamisen osuus koko hankkeen kustannuksista voi olla hyvin merkittävä (1, s. 321). Luvussa 6.1 käsitellään ensin siltakohtetta yleisellä tasolla, perehdytään sillan suunnitelmiin ja laatuvaatimuksiin sekä urakoitsijan suunnitelmiin. Luvussa 6.2 **käsitellään sillan rakentamisen vaiheita yleisellä tasolla**. Luvuissa 6.3 ja 6.4 **syvennyttään sillan rakentamisen vaiheisiin** käsittelemällä kahden yksittäisen betonisen paikalla valettavan sillan rakentamista.

### 6.1 Siltakohte ja siihen perehdyttäminen

Jokaiselle siltakohteelle on syytä laatia oma aluesuunnitelmansa. Aluesuunnitelman, liikenteenohjaussuunnitelman ja mahdollisen tuentasuunnitelman on syytä olla nähtävillä kohteessa. Siltakaivannon suojaamista aidoin on syytä pohtia, mikäli luiskat eivät ole hyvin loivia. On tiedostettava, että työmaan johto on vastuussa myös työmaa-alueella iltaisin ja öisin liikkuvista sivullisista, jotka esimerkiksi oikaisevat kotiin tai ulkoiluttavat koiraansa.

Pääurakoitsija vastaa töiden yhteensovittamisesta siltakohteella, näin ollen perehdytys siltakohteeseen kuuluu loogisesti pääurakoitsijan tehtäviin. Mikäli työkohte on pieni, ei erillistä työmaa- ja työkohdeperehdytystä ole, vaan kaikki hoiduu työmaaperehdytyksen ja kulkuluvan myöntämisen yhteydessä. Pääurakoitsija myöntää siltakohteessa tarvittavat tulityöluvat työntekijöille kohteen tulityösuunnitelman mukaisesti, tarkistettuaan heidän tulityökorttiansa voimassaolon.

Työvaiheen perehdytyksen hoitaa aliurakoitsijan työnjohto tai pääurakoitsijan työnjohto. Työvaiheen perehdytyksessä on kiinnitettävä erityistä huomiota muihin mahdollisesti osittain päällekkäisiin tai työn vaikutuspiirissä oleviin työvaiheisiin. Myös mahdollisesta ohikulkijoille aiheutuvasta vaarasta on syytä keskustella. Usein työntekijät ovat kokeneita konkareita, joten heitä ja heidän esiin tuomiaan asioita kannattaa kuunnella herkällä korvalla. Kannattaa kuitenkin muistaa, että vaikka jokin työvaihe on aina tehty jollain tavalla, työmenetelmässä, työkoneissa ja turvallisuudessa voi olla jotain kehitettävää.

### 6.1.1 Siltakohteen logistiikka

Logistiikka ja materiaalin varastointi sekä siirtäminen kohteeseen ja kohteessa ovat keskeisessä roolissa sillan rakennuskohteella. Oikeastaan lähes kaiken materiaalin siirtelemiseen kohteelle tarvitaan kalustoa: ajoneuvonosturia, lava-autoa Hiab-nostimella, pyöräkuormaajaa trukkipiikein tai pyöräalustaista kaivinkonetta trukkipiikein ja kouralla varustettuna.

Haasteita logistiikalle aiheuttaa se, että sillanrakentamisessa joudutaan kaivamaan ”kuoppa” tai ”kuoppia”, joita edelleen työn edetessä joudutaan täyttämään. Täyttöjen aikana kaikki kaivannossa oleva materiaali, yleensä puu ja raudat, on saatava pois tieltä. Logistiikkaa onkin hyvä miettiä jo etukäteen. On pohdittava voiko

- kaivumassoja hyödyntää varastoalueiden ja nostopaikkojen sekä betonipumppaus paikkojen tekemiseen siltakaivannon ympärille
- materiaalit purkaa kuljetuksista siten, että niiden siirto kohteeseen nosturilla hoituu siirtämättä materiaaleja ensin lava-autolla.

Esimerkiksi isoissa valuissa betonipyörintäsäiliöauton vaihto aika on merkittävä. Jos betonia menee kannen valuun  $450 \text{ m}^3$  ja se toimitetaan  $8 \text{ m}^3$  kuormissa, niin kuormia tulee yli 50 kappaletta. Tällöin minuutin ylimääräinen odotus betoniauton vaihdossa venyttää valua noin tunnilla. Valu kestää muutoinkin kellon ympäri ja betoniauton vaihdon viive aiheuttaa tähän merkittävän lisäyksen. Betonin pumppauspaikalla siis tulee olla tilaa betonipumppuautolle ja sen perän takana tilaa kahdelle pyörintäsäiliöautolle: toiselle purkaa kuorma sekä poistua nopeasti sivuun pesulle ja toiselle odottaa sen edessä paikalla, josta on helppo ja nopea peruuttaa purkamaan kuormaa.

### 6.1.2 Sillan suunnitelmat

Kokonaisurakassa (KU) pääurakoitsija saa urakkalaskennan aikana laskettavakseen valmiin suunnitelmapaketin, jonka pohjalta voisi jo tilata sillan raudoittamisessa tarvittavat raudoitteet. Useimmissa tapauksissa suunnitelmapaketti sisältää myös määräluettelon, johon tilaaja on mahdollisesti sitoutunut. Tällöin tilaaja vastaa suunnitelmista ja mahdollisten muutosten aiheuttamista kuluista.

Suunnittele ja toteuta urakassa (ST) sillan tarkempien rakennussuunnitelmien laatiminen jätetään urakoitsijan tehtäväksi. Tässä urakatyypissä tilaaja toimittaa sillan laskenta-aineistona yleiskuvan, reunaehdot toteutukselle, pohjatutkimustiedot sekä tuote- ja laatuvaatimukset. Näiden pohjalta kukin urakoitsija tarkentaa lähtötietoja, laatii tarvittavat rakennussuunnitelmat sekä hinnoittelee rakennustyön edellisten pohjalta ja tekee urakkatarjouksensa. Koska opinnäytetyön aiheena on sillanrakentamien, oletetaan, että käytössä ovat sillan rakennussuunnitelmat.

## Siltasuunnitelmien sisältö

Siltasuunnitelmien sisältöä havainnollistetaan esimerkin avulla. Taulukon 4 ensimmäinen piirustusluettelo on betonisen ulokelaattasillan (AKK) suunnitelmista ja toinen jännitetyn betonisen jatkuvan ulokepalkkisillan (YKK) suunnitelmista. (Taulukko 4.)

**TAULUKKO 4. Kartanonpolun AKK ja Kontinkankaan YKK piirustusluettelot (8, 9)**

PIIRUSTUSLUETTELO	
N:o	NIMI
S5	a-1 YLEISPIIRUSTUS
	b-1 ALUSRAKENTEIDEN MITTA- JA RAUDOITUSPIIRUSTUS
	c-1 PÄÄLLYSRAKENTEEN MITTAPIIRUSTUS
	c-2 PÄÄLLYSRAKENTEEN RAUDOITUSPIIRUSTUS 1
	c-3 PÄÄLLYSRAKENTEEN RAUDOITUSPIIRUSTUS 2
	d-1 VALAISTUS
RL1...3	BETONITERÄSLUETTELOT 1...3
	RAKENNUSSUUNNITELMASELOSTUS
	SILTAKOHTAISET LAATUVAATIMUKSET
	MÄÄRÄLUETTELO
	TIELAITOKSEN TYYPPIPIIRUSTUKSET
R15/DS 1	PINTAVESIPUTKI
R15/DT 1	TIPPUPUTKI
R15/DL 2	SIIRTYMÄLÄÄTTÄ 5 m, PAIKALLAVALURAKENNE
R15/DV 4	KAAPELIPUTKET SILLAN PÄÄDYSSÄ
R15/DS 3	PINTAVESIEN VIEMÄRÖINTI, MUOVIKAIVO
R15/DM 4-4	UUOSILAATTA
	GEOTEKNISET PIIRUSTUKSET
G-51	POHJATUTKIMUSKARTTA
G-52	LEIKKAUS A-A
G-53	LEIKKAUS B-B
	PERUSTUSTAPALOUSUNTO

PIIRUSTUSLUETTELO	
YLEISPIIRUSTUS	VIII-875-1
ALUSRAKENTEEN MITTAPIIRUSTUS	VIII-875-2
ALUSRAKENTEEN RAUDOITUSPIIRUSTUS	VIII-875-3
KANNEN MITTAPIIRUSTUS 1	VIII-875-4
KANNEN MITTAPIIRUSTUS 2	VIII-875-5
PÄÄLLYSRAKENTEEN RAUDOITUSPIIRUSTUS 1	VIII-875-6
PÄÄLLYSRAKENTEEN RAUDOITUSPIIRUSTUS 2	VIII-875-7
JÄNNEPIIRUSTUS	VIII-875-8
TYYPPIPIIRUSTUKSET:	
PINTAVESIPUTKI Ø200	R15/DS1
KANNEN PUTKISALAOJA	R15/DS4
KOLHAISSUOJA	R15/DM6
VALAISINPYLVÄÄN KIINNITYSLAITE	R15/DV3
TIPPUPUTKI	R15/DT1
PINTAVESIEN VIEMÄRÖINTI, BETONIKAIVO	R15/DS2
SIIRTYMÄLÄÄTTÄ 3,0 m	R15/DL 1
H2 SILLANKAIDE, 2-PUTKIJOHDE HARVA KAIDE	R15/DK H2-1
YLÄJOHTEEN RUUVILIITOSJATKOS I	R15/DK H2-2
PUTKIJOHTEEN RUUVILIITOSJATKOS I	R15/DK H2-4
KORKEA SUOJAVERKKO	R15/DK H2-7
SILLANKAITEEN PÄÄTTÄMINEN	R15/DK H2-8
SILTA- JA TIEJOHTEEN LIITOS	R15/DK H2-10
PULTTIKIINNITYS KORKEAAN REUNAPALKKIIN	R15/DK H2-11
KAAPELIPUTKET SILLAN PÄÄDYSSÄ	R15/DV4
KAAPELIHYLLYN ASENNUS TERÄSBETONISILTAAN	TY11/531
GEOTEKNISET PIIRUSTUKSET:	
SILTAPAIKAN KARTTA	R15/VIII-875 G-1
SILTAPAIKAN PITUUSLEIKKAUS	R15/VIII-875 G-2
LEIKKAUKSET TUKILINJOILTA T1, T2 JA T3	R15/VIII-875 G-3
VALAISTUSSUUNNITELMA	R11/VIII-875



Tarkastellaan aluksi piirustusluetteloiden yhtäläisyyksiä. Molempien piirustusluetteloiden (taulukossa 4) ensimmäinen piirustus on yleispiirustus. Piirustusluettelot onkin kopioitu kyseessä olevien siltojen yleispiirustuksista ja niistä molemmista löytyvät alaotsakkeet tyyppi- ja geotekniset piirustukset.

Ylimpänä piirustusluetteloissa ovat sillan yleispiirustuksen jälkeen sillan rakennussuunnitelmapiirroksien luettelot. Luettelon alaosassa on tieto geoteknisistä tutkimuksista ja suunnitelmista. Luettelon keskiosassa on käsitelty sillan varusteita ja laitteita sekä viitattu niiden tyyppi- ja geoteknisiin piirustuksiin, jotka löytyvät muun muassa Väyläviraston internet-sivuilta osoitteesta <https://julkaisut.vayla.fi/sillat/tyyppi- ja-geotekniset-piirustukset/sillanosat/sillanosat.htm>.

Piirustusluettelo on hyvä tulostaa työmaatoimiston seinälle. Myös sillan yleispiiroksen (liite 3) ja telinesuunnitelman (liite 4) tulostamista kannattaa harkita. Piirustusluettelo on käyttökelpoinen A4:lle tulostettuna. Yleispiirros ja telinesuunnitelma A3:lle tulostettuna ovat liian pienikokoisia. Huomionarvoinen seikka on myös se, että YKK:n (taulukko 4 sivu 32) piirustusten nimeämisessä on käytetty vanhempaa menetelmää. AKK:n piirustukset on nimetty uuden menetelmän mukaisesti. Uudessa menetelmässä a tarkoittaa yleispiirustusta, b alusrakenteen piirustusta, c päällysrakenteen piirustusta, g geoteknistä suunnitelmaa, e telinesuunnitelmaa ja RL tarkoittaa raudoiteluetteloita.

### **6.1.3 Sillan laatuvaatimukset**

Toisinaan, keskeiset sillan laatuvaatimukset on kerätty omaksi dokumentiksi Siltakohtaiset laatuvaatimukset (taulukko 4 sivu 32). Mikäli työ on tehty järkevästi painottaen haluttuja asioita, tämä on sekä rakennusurakoitsijan että rakennuttajan kannalta toimivin tapa. Laadukkailla laatuvaatimuksilla tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että ne on tehty ja toteutettu nimenomaiseen kohteeseen, eikä sinne ole kopioitu koko Infra RYL:in sillat ja rakennustekniset osat - sillat osiota (12). Toisinaan sillan laatuvaatimukset on yhdistetty sillan rakennussuunnitelmaselostukseen.

Joskus sillan rakennussuunnitelmaselostuksissa ja/tai sillan piirustuksissa viitataan vain pelkästään yleiseen ohjeistukseen. Yleisiä sillanrakentamisen laatuohjeita ovat

- Rakennustiedon julkaisemat infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Infra RYL ja erityisesti sen osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat
- Suomen rakennusinsinöörien liiton paalutusohjeeseen, RIL 254-2016 Paalutusohje PO-2016
- Suomen betoniyhdistyksen ohjeet, mm. by 65 betoninormit ja by 41 betonirakenteiden korjausohjeet
- Väyläviraston (ennen Liikennevirasto) ohjeet, mm. siltojen korjausohjeet SILKO-ohjeet.

Tämä menettely on sillan rakennusurakoitsijan ja rakennuttajan kannalta haastava, sillä kaikkien yleisissä laatuohjeissa mainittujen asioiden mittaaminen ei ole taloudellisesti järkevää eikä mielekästä. Lisäksi ohjeet voivat olla keskenään ristiriitaisia. Tällöin asiaa sujuvoittaa kokemus sillanrakentamisesta ja se, että urakoitsija ja siltatöiden valvoja ovat työskennelleet aiemmin ”yhteisten” siltahankkeiden parissa.

Rakennusmateriaalien osalta vaaditaan materiaalitodistukset ja mahdollisesti erilaisia hyväksyntöjä. Helppoimpia rakennusmateriaaleista ovat CE-hyväksytyt tuotteet, kuten sähköputket. Joskus CE-hyväksyntä ei ole riittävä vaan vaaditaan SILKO-hyväksyntä, joka on Väyläviraston oma sillan korjaushyväksyntä. Betonimassan osalta vaaditaan ennakkokokeita, työmaamittauksia betonoinnin yhteydessä ja koekappaleita, joiden puristuslujuus mitataan 28 vuorokauden iässä (1, s. 326).

#### **6.1.4 Urakoitsijan suunnitelmat**

Urakoitsijan suunnitelmat voidaan jakaa karkeasti kahteen tai kolmeen kategoriaan, mikäli työturvallisuuden osuus halutaan erotella (taulukko 1 sivulla 24). Kategoriat ovat tekniset suunnitelmat ja työvaiheen työ- ja laatusuunnitelmat. Merkittävin ero kahden edellisen välillä on se, että teknisen työsuunnitelman tekee yleensä asiaan perehtynyt ja pätevyitynyt suunnittelija. Työvaiheen työ- ja laatusuunnitelman taas tekee työmaan edustaja eli työmaapäällikkö, työnjohtaja, työmaainsinööri, laatuinsinööri tai -päällikkö.

## Tekniset suunnitelmat

Tilaaajan suunnitelmat ja laatuvaatimukset eivät yksinään riitä rakentamiseen, mutta maankaivuun niillä voi ehkä aloittaa. Urakoitsijalta vaaditaan erilaisia teknisiä työsuunnitelmia, joissa esitetään seuraavat tekniset suunnitelmat sillanrakennussuunnitelmien toteuttamiseen:

- mittaus suunnitelma (1, s. 312)
- teline- ja muottisuunnitelmat (1, s. 321)
- raudoitustyösuunnitelmat sekä betonointisuunnitelmat (1, s. 326)
- jännittämistöiden suunnitelmat
- eristystyön suunnitelmat (1, s. 357)
- pinnoitussuunnitelma : impregnointi ja antigraffitisuojaus
- kaideasennussuunnitelma
- elementtiasennussuunnitelma, mikäli kaiteet betonielementtejä (6)
- liikenteenohjaussuunnitelma
- kaivantosuunnitelma (mm. luiskan kaltevuudet) ja suunnitelma kaivannon kuivana pidosta sekä mahdollisesti kaivannon tuentasuunnitelmat (1, s. 314 - 315)
- suunnitelma maanrakennustöistä: mm. tiivistäminen ja mittaukset
- pohjaveden alennussuunnitelma ja mahdollisesti pohjaveden työnaikainen tarkkailusuunnitelma.
- räjäytys- ja louhintatyösuunnitelmat tai paalutustyösuunnitelma ja näihin liittyvä tärinän tarkkailusuunnitelma (6)
- suunnitelma mahdollisista kiinteistökatselmuksista
- sukellustyösuunnitelma, työsiltasuunnitelma, suunnitelmat vedenalaisista muoteista (kasuunit) (1, s. 351-354).

Yllä luetellaan teknisiä suunnitelmia, joita urakoitsija voi joutua siltakohteelle sillan rakentamiseksi teetättämään tai tekemään. Lista ei ole kaiken kattava, vaan suuntaa antava. Kaikkia suunnitelmia ei kuitenkaan kaikissa kohteissa tarvita. Peruslähtökohtana on, että mitä haastavampi kohde on, sen enempi urakoitsijan suunnitelmia joudutaan laatimaan. Kaikkia teknisiä suunnitelmia ei tarvita heti alkuun, vaan ne voidaan tehdä ja toimittaa työn edetessä. Esimerkiksi betonointisuunnitelmia tehdään työn edetessä useita. On huomioitavaa, että jotkin suunnitelmat voivat olla laajempia ja koko työmaan kattavia. Esimerkiksi maanrakennussuunnitelmaa voidaan hyödyntää koko työmaalla. Tietysti siltoihin liittyvät asiat on silloin käsiteltävä siellä erikseen ja selkeästi. Suunnitelmien

yhdistäminen on myös mahdollista. Maanrakennussuunnitelma voi sisältää esimerkiksi suunnitelman kuivatuksien rakentamisesta.

### **Työvaiheen työ- ja laatusuunnitelmat**

Rakennussuunnitelmat, laatuvaatimukset ja tekniset suunnitelmatkaan eivät vielä riitä, vaan tarvitaan työsuunnitelmia. Työsuunnitelmissa kerrotaan, miten työn on ajateltu etenevän, miten se tehdään turvallisesti ja mitkä ovat lopputuloksen laatuvaatimukset ja miten niitä mitataan. Työvaiheen työ- ja laatusuunnitelmat esitetään tilaajalle etukäteen ja ne käydään myös läpi työryhmän kanssa. Kun sillalle on olemassa erilliset laadukkaat laatuvaatimukset, on laatuvaatimusten siirtäminen työvaiheen työ- ja laatusuunnitelmiin suoraviivaista.

Suunnitelmat on saatettava hyvissä ajoin rakennuttajan tietoon. Mikäli suunnitelma on myöhässä, ei töitä voida aloittaa. Asia on nostettava esille ja yritettävä tehdä suunnitelma vaikkapa yhteistyössä valvojan kanssa. Kohteen eteneminen ja valmistuminen on kaikkien etu. Pahin vaihtoehto, johon ajaututaan ilman toimenpiteitä, on unohtaa koko suunnitelma. Tällainen toiminta on vastoin LVR-rakentamisen periaatteita ja vakava toiminnallinen poikkeama. Asia tulee myös vääjäämättä ilmi viimeistään laadunvarmistussuunnitelmaa täytettäessä, itselle luovutuksessa ja tilaajalle luovutuksessa.

## **6.2 Rakentamisen vaiheet**

Ennen varsinaisiin sillanrakennuksen esimerkkeihin siirtymistä käsitellään vielä sillan rakentamista ja sen vaiheita yleisellä tasolla (luvut 6.2.1 – 6.2.4).

### **6.2.1 Maanrakennustyöt**

Sillan rakentaminen alkaa yleensä maanrakennustöillä. Maanrakennustöitä tehdään myös rakentamisen muiden vaiheiden välissä, mm. telinepohjat alusrakenteiden rakentamisen jälkeen. Oikeastaan silta tehdään maanrakennustöiden välissä, koska maanrakennustyöt ovat keskeisessä roolissa myös siltapaikan viimeistelyssä ja siltapaikan rakenteiden kuten luiskien verhouksien asentamisessa.

Maanrakennustöihin kuuluvat maan kaivaminen ja erilaisten kerrosrakenteiden tekeminen. Laajasti ajateltuna myös kuivatusten ja putkilinjojen rakentaminen voidaan katsoa osaksi maanrakennustöitä ja jopa sisällyttää maanrakennuksen työvaiheen työ- ja laatusuunnitelmaan. Työturvallisuuden kannalta maanrakennuksessa oleellista on luiskakaltevuuksien pitäminen tarpeeksi loivina kulloinkin kyseessä olevalle maalajille ja sääolosuhteille (6). Tarvittaessa on käytettävä tukiseiniä tai erilaisia putkilinjan asennukseen tarkoitettuja tukiseinäratkaisuja. Huomioitavaa on, että kaukolämpötöissä hitsari on menehtynyt hyvin matalaan (noin 1,5 m syvään) kaivantoon kaivannon reunojen sorruttua (10).

### **Tukiseinät**

Mikäli siltakaivantoa ei voida järkevästi tehdä tarpeeksi loivin luiskin tai kaivannon läheisyydessä on tie, toinen silta tai esimerkiksi betoninen viettoviemäri, on kaivanto tehtävä tuettuna. Tukiseiniä voi olla tarpeen seurata päivittäin ja on olemassa menetelmiä, joilla tukiseinien seuranta voi tapahtua reaaliajassa. (1, s. 315.)

### **Kaivannon suojaaminen**

Kaivannon suojaamisella tarkoitetaan kaivannon aitaamista. Aitaamisella estetään, ettei kukaan epähuomiossa kävele kaivantoon. Kaivanto voidaan myös suojata lippusiimalla.

### **Maanrakennustöiden laatu**

Maanrakennustöiden laadussa puhutaan materiaalien, kuten suodatinkankaiden ja kiviainesten, asianmukaisuuksista eli CE-merkinnöistä. Toteutettaville kerrosrakenteille asetetaan tiiveys- ja kantavuusvaatimuksia, joita mitataan asianmukaisilla mittalaitteilla. Usein käytetään työtapatarkkailua, jossa tutkitaan, montako kertaa jokin materiaali on ajettava tiivistyslaitteella yli, jotta vaadittu tiiveys saavutetaan. Tämän jälkeen, työn aikana, tiiveyttä mitataan pistokoeluonteisesti tai epäiltäessä esimerkiksi pohjaolosuhteiden vaikuttavan tiivistykseen.

## **6.2.2 Perustaminen ja alusrakenteet**

Sillan perustamistapa vaihtelee tilanteen, muun muassa pohjaolosuhteiden mukaisesti. Perustamistapa, lähinnä paalutus, voidaan myös valita jollain muulla perusteella. Perustaminen voi olla ST-mallissa se merkittävä asia, jolla urakka voitetaan. Massanvaihdon varaan perustettavan sillan korvaaminen lyöntipaalu- tai porapaalutuilla perustetulla sillalla ja sillan rakentaminen ylimenevän liikenteen käyttöön ennen alittavan väylän rakennustöitä mahdollistaa merkittävän liikennehaitan lyhentämisen sillanrakentamisessa.

Radanrakentamisen puolella on yleisesti käytössä tunkkaustekniikka, jossa raiteen liikenteellä ollessa paalutetaan tulevan sillan tuet. Sillan päällysrakenne rakennetaan liikenteellä olevan raiteen sivussa. Päällysrakenne tunkataan lyhyessä liikennekatkossa tukien varaan. Tekniikkaa voidaan käyttää myös väylän rakennuksessa. Vaikka teräsbetonisilta rakennettaisiin tunkkaamalla, ei teline ja muottitöitä voida välttyä (11).

### **Paaluperustukset**

Kun kuormat ovat suuret ja maapohjan kantavuus heikko, paaluperustus voi olla ainoa järkevä tapa perustaa silta. Suunnitelmien mukaisesti käytetään lyötäviä teräsbetonipaaluja tai teräspuikipaaluja, porapaaluja tai kaivinpaaluja. (1, s. 318.) Paaluja käytetään yleisesti myös ratarakentamisessa, jossa sillan kansi tunkataan sivusta. Mikäli silta perustetaan massiivisten teräspaalujen varaan, teräspaalut raudoitetaan ja betonoidaan. Laadun näkökulmasta paaluperustuksilta edellytetään sijainti- ja tunkeumatietojen lisäksi kantavuus ja ehjyys mitauksia (PDA-mittaus). (1, s. 318.)

### **Kalliovarainen ja maavarainen perustaminen**

Betonianturan rakentamien kallion varaan on nopea ja edullinen sillan perustamistapa. Kallion varaan perustaminen onnistuu yleensä ongelmitta, ellei kallio ole poikkeuksellisen heikkoa tai syvällä. (1, s. 317.)

Maavaraisessa perustamisessa sillan peruslaatat tai anturat perustetaan murskearinan varaan. Maavarainen perustaminen onnistuu, mikäli maapohjan kantavuus on riittävä. Maapohjan kantavuutta voidaan parantaa tekemällä sillan pe-

rustusten alle massanvaihto. (1, s. 317.) Maavaraisille perustuksille annetaan yleensä kantavuus- ja/ tai tiiveysvaatimus.

### **Alusrakenteet**

Alusrakenteet ovat niitä sillan rakenteita, jotka siirtävät päällysrakenteelta tulevat kuormat maapohjalle tai kallioon. Maatuet ja välituet ovat näkyviä alusrakenteita. Nämä ottavat päällysrakenteelta tulevat kuormat vastaan ja siirtävät ne alapuolisille perustuksille, joita käsiteltiin yllä. Alusrakenteiden materiaalina tukien osalta on yleensä teräsbetoni. Vaikka teräsputkipaalut hitsattaisiin suoraan sillan pääkannattajiin tällöinkin teräsputkipaalut raudoitetaan ja betonoidaan. (1, s. 320.)

#### **6.2.3 Päällysrakenne ja raudoitus sekä betonityöt**

Luvussa 6.2.3 käsitellään paikalla valettavan teräsbetonisillan telineen ja muotin rakentamista puutavarasta ja aukkojen toteuttamista teräspalkkien avulla. Teline ja muotti toteutetaan telinesuunnitelman mukaisesti (1, s. 321, 324). Suurille telineille telinetarkastuksen suorittaa suunnittelija. Tarkastus dokumentoidaan ja liitetään sillan laatuaineistoon.

Sillan teline ja muotti ovat väliaikaisia rakenteita, jotka puretaan pois betonimassan sitouduttua ja kovetuttua (1, s. 321). Usein muottia pidetään paikoillaan pidempään, ettei betonipinnan jälkihoitotoimenpiteitä tarvitsisi tehdä muottipinnoille. Betonirakenteiden toleranssi betonisiltojen yhteydessä on  $\pm 20$  mm (12, s. 74).

Sillan telineen, aukkojen ja muotin toteuttamiseen sekä betonointiin liittyy turvallisuuden näkökulmasta merkittäviä haasteita. Luvussa 7 käydään läpi, miten voidaan rakentaa VNa 205/2009 mukaisesti eli turvallisesti ja aiheuttamatta vaaraa itselle ja työn vaikutuspiirissä oleville.

## Teline

Teline on rakenneosana, joka kannattelee muottia ja mahdollistaa muotin rakentamisen ja betonointitöiden suorittamisen. Telineen tehtävä on siirtää muotilta ja työtasoilta tulevat kuormat maapohjalle. Teräsbetonisiltojen päällysrakenteen teline rakennetaan Suomessa tyypillisesti kappaletavarasta (1, s. 325). Tötät eli tolpat ja niskat sekä niiden tuet naulataan naulaimella.

Telinetolppien alle asennetaan pelkat, jotka jakavat tolppien siirtämät kuormat isommalle pinta-alalle. Pelkkojen asennukseen voidaan käyttää kivituhkaa, hiekkaa tai #0-16 murskettä, jotta ne saadaan asentumaan tiiviisti telinepohjaa vasten. Telinepohjan on oltava vähintään 0,3 m paksu kantava murskekerros, joka on huolellisesti tasaiseksi tiivistetty. Telineessä on myös reevoja ja nurjahdustukia, jotka estävät tolppia liikkumasta ja kaatumasta ja sen töttiä nurjahtamasta. Ennen niskojen asennusta tolppien päälle tolpat katkaistaan korkoon mittamiehen antaman korkomerkin mukaisesti. (1, s. 321-323.) Niskojen päälle asennetaan koolingit tai muotopuut, joihin muotti naulataan. (Kuva 10.)



*KUVA 10. Ulokelaattasilan päällysrakenteen telinerakennus käynnissä (13)*



## Muotti

Muotti antaa sillalle (betonimassalle) muodon ja toimii raudoitteiden sekä varusteiden kiinnitysalustana. Muotin on kestettävä valun aiheuttama valupaine ja säilytettävä muotonsa muotin täytyessä betonimassasta. Kuvassa 10 sillan päädyissä näkyvät matalammat telineet, joiden päälle sillan päätypalkki ja siipimuurit rakennetaan. Laattasillan muotti rakennetaan tyypillisesti telineen niskojen päälle koolinkien ja muotopuiden varaan. Tyypillisesti muotopuut valmistetaan etukäteen sirkkelillä sopivasta lankusta. Isommassa palkkisillassa käytetään pukkeja, jotka voidaan myös esivalmistaa ja nostaa telineen päälle sekä kiinnittää paikoilleen. Pukit voidaan myös rakentaa paikalleen. Muotopuiden, koolinkien ja pukkien varaan naulataan varsinainen muottilaudoitus. Muotin materiaali on tyypillisesti raakapontti eli pontattu lauta 20\*95. (Kuva 11; 1, s. 325.)



*KUVA 11. Ulokelaattasillan muotti, raudoitus aloitettu (13)*

Päätypalkit, siipimuurit ja reunapalkit tuplataan raudoituksen ja varustelun jälkeen. Reunapalkit tuplataan käyttäen känköitä eli reunapalkin yläpuolisia pukkeja. Päätypalkeissa ja siipimuureissa käytetään lukkopuita ja alumiinitankoja sekä muottisiteitä muotin pysyvyyden varmistamiseen (1, s. 325). Muottiakin, esimerkiksi sillan siipiä tai pilareita, on tarpeen reevata. Reevauksessa käytetään yleensä betonipainoja ja elementtitukia, kuormaliinoja tai puutavaraa. Reevauksen tehtävä on estää muotin liikkuminen ja kallistuminen. Tuplaukseen palataan luvussa 6.3.1 sivulla 51.

## Aukot

Koska siltoja rakennetaan pääasiassa ympäristössä, jossa on liikennettä, telineessä tarvitaan aukkoja. Kevyen liikenteen kulkuaukko on mahdollista tietyissä tilanteissa toteuttaa asentamalla telineen tolpparivit vinoon. Tällöin aukonleveys jää kuitenkin kapeaksi eikä aukko mahdollista esimerkiksi koneellista talvikunnossapitoa. Useimmat aukot toteutetaan käyttämällä teräspalkkeja telineessä. Teräspalkit asennetaan aukon pielustolppien ja niiden varassa olevan Larssen pontin päälle. Larssen pontteja käytetään myös tyypillisesti aukkotolppien pelkkojen alla. Aukkojen yhteydessä väylää on yleensä tarpeen kaventaa. Kulkuaukkojen reunoilla on tärkeää käyttää asianmukaisia heijastin tauluja. (Kuva 12; 1, s. 324-325.)



*KUVA 12. Hintantien YKK:n – Ulokelaattasillan telinetyöt käynnissä 11.10.2018*

Isommissa telineissä ja suuremmissa jänneväleissä joudutaan turvautumaan aukkojen kohdalla teräspalkkien asemasta ristikkoratkaisuihin. Teräspalkit, jotka kävisivät liian massiivisiksi, korvataan esimerkiksi muottijärjestelmien ristikkoratkaisuille. Näitä ei kuitenkaan käsitellä tässä opinnäytetyössä. (1, s. 325; kuva 13.)



*KUVA 13. Laitaatsalmen jännitetyn betonisen palkkisillan teline ja veneilyaukko (14)*

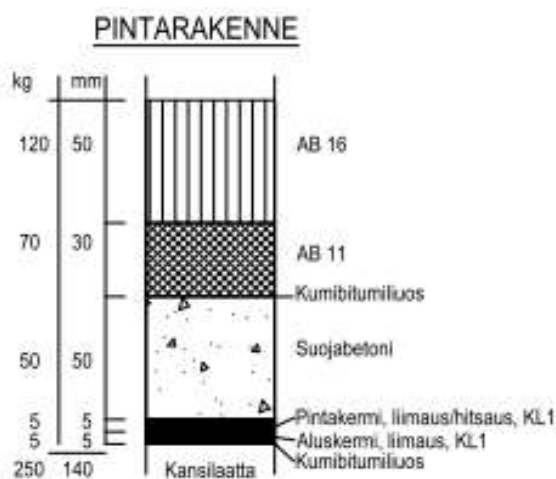
### **Raudoitus- ja betonityöt**

Sillanrakennuksen raudoitus- ja betonitöitä käsitellään tässä työssä hyvin suppeasti, lähinnä ainoastaan laadun ja dokumentoinnin näkökulmasta. Raudoitus on tarkastettava ennen betonointia. Suurille jännitettäville sillan kansille raudoitustarkastuksen suorittaa yleensä raudoituksen suunnittelija. Tarkastus dokumentoidaan ja liitetään sillan laatuaineistoon. (1, s. 326.) Raudoitustarkastuksen voi suorittaa myös osissa. Tuplattaville osille raudoitustarkastus kannattaa tehdä jo ennen tuplausta, kun raudoitus on vielä helposti nähtävillä ja mahdolliset korjaukset helposti tehtävissä.

Betonityöt ovat erikoistöitä, joiden työnjohtolta edellytetään erillinen pätevyys. Pätevyys saavutetaan koulutuksen, työnjohtokokemuksen ja varsinaisen betonityönjohtajan avustajana toimimalla. Betonityöt suunnitellaan aina etukäteen betonointisuunnitelmalla. Varsinaista betonointisuoritusta on hyvä seurata kirjallisesti. Dokumenttiin kirjataan muun muassa säätila, säätilan muutokset, betonin toimituksen häiriöt, pumpun häiriöt sekä muut häiriöt, vaikkapa sähkökatkot ja varavoimaan siirtyminen. Betonointisuorituksesta laaditaan betonointipöytäkirja. Betonin laatuvaatimuksia käsiteltiin aiemmin luvussa 6.1.3 Sillan laatuvaatimukset. Muotin purun jälkeen ja jälkihoidon päätyttyä betonipinnat puhdistetaan valupurseista. Betonipinnat tarkastetaan ja raudoituksen suojaetäisyydet mitataan ja dokumentoidaan osaksi laatuaineistoa. (1, s. 326-327.)

#### 6.2.4 Pintarakennetyöt

Teräsbetonisillan päällysrakenne muodostuu kansilaatasta ja pintarakenteesta. Pintarakenne jakautuu vedeneristykseen ja sen suojakerrokseen tai -kerroksiin sekä varsinaisiin päällystekerroksiin. Pääasiassa vedeneristykseenä käytetään kumibitumiliuosta ja bitumikermejä sekä suojabetonia (kuva 14) tai epoksieristystä ja kermejä, jotka suojataan suodatinkankaalla ja hiekkakerroksella. (1, s. 354-359; 12, s. 209-217.)



KUVA 14. Sillan pintarakenteet (10)

Sillan vedeneristys on erityispätevyyksiä vaativaa työtä. Pätevyyksiä vaaditaan niin pääurakoitsijan työnjohdolta kuin työtä suorittavilta henkilöiltäkin. Ennen vedeneristystöiden aloittamista on betonin oltava riittävän kuivaa (absoluuttinen kosteus pienempi kuin 5 %) ja eristysalustan on täytettävä laatuvaatimukset. Eristysalusta joudutaankin viimeistelemään sekä hiekkapuhaltamaan valun ja betonipinnan hierron jäljiltä eristettävään kuntoon. (12, s. 196-208.)

### **6.3 Esimerkkejä ulokesiltojen rakentamista**

Luvuissa 6.3.1 – 6.3.5 syvennytään sillan rakentamiseen käsittelemällä ulokesillan rakentamista kahden esimerkin avulla. Kartanonpolun alikulkukäytävä onkin jo tuttu valokuvien (kuvat 10 sekä 11 sivut 40 ja 41) sekä piirustusluettelon (taulukko 4 sivu 32) kautta. Nyt sillan rakentaminen käydään läpi vaiheittain tarkemmin valokuvien avulla kertoen ja pyrkien nostamaan esiin huomionarvoisia asioita. Kiviniemen risteyssillassa, joka on jännitetty teräsbetoninen jatkuva ulokepalkkisilta, keskitytään rakentamiseen haastavassa ympäristössä ja sillan jännittämisen yksityiskohtiin sekä ison sillan varusteisiin ja laitteisiin.

#### **6.3.1 Kartanonpolun AKK**

Kartanonpolun AKK rakennettiin ympäristöön, jossa ajoneuvoliikennettä ei silta- paikan välittömässä läheisyydessä vielä ollut. Kevyt liikenne voitiin ohjata silta- paikalta kiertotielle, pois työmaa-alueelta. Alueella risteili huomattava määrä polkuja ja näin ollen ihmisiä ja koirineen työmaalla riitti kulkuväylillä olevista aidoista ja kieltokylteistä huolimatta. Työmaan ympäriaitaaminen oli mahdotonta jo pelkästään työmaan pituuden (1,4 km) ja työmaan läpi kulkevan kevyen liikenteen väylän vuoksi. Katua hankkeessa, johon Kartanonpolun AKK kuului, rakennettiin noin 1,7 km. Kevyen liikenteen väylää noin 3 km ja siltoja kaikkiaan 7 kappaletta.

Kartanonpolun silta on tyypiltään teräsbetoninen ulokelaattasilta (BUI). Siltatyyppiä lienee valittu teräsbetoninen ulokelaattasilta jännevälillä pituus vaatimuksen vuoksi. Sillan alle tuli 3,5 m levyinen kevyen liikenteen väylä ja 3 m leveä latu- varaus. Sillan alikulkukorkeus on 2,8 m ja hyödyllinen leveys 9,5 m. (8.)

Ennen ympärystäyttöä ulokelaattasillan päädyt ja siivet roikkuivat ilmassa. Teline purettiin betonin saavutettua purkulujuuden. (Kuva 15.)



*KUVA 15. Teräsbetoninen ulokelaattasilta (13)*

### **Pohjarakentaminen**

Siltapaikalla oli suoritettava pohjaveden alennus, joka suoritettiin tyhjiömenetelmällä. Pohjaveden alennus suunniteltiin pääurakoitsijan ja aliorakoitsijan yhteistyönä. Massanvaihdon suorittamiseksi siltapaikan vieressä kulkeva viettoviemäri oli tuettava teräsponttiseinällä. Viettoviemäri oli siirretty edellisenä talvena. Viettoviemäriin tuenta jouduttiin suunnittelemaan, kun sen havaittiin jääneen liian lähelle siltakaivantoa. Massanvaihdon aikana kaivantoon suodatuvaa vettä pumpattiin pumppukaivosta uppopumpulla. Massanvaihto (1,8 m) jouduttiin suorittamaan siten, että kaivannon penkka tuettiin murskeella. Massanvaihtoa varten pois kaivettu maa korvattiin välittömästi suodatinkankaalla ja suunnitelman mukaisella kalliomurskeella, jottei kaivupenkka olisi sortunut kaivantoon. (Kuva 16.)



*KUVA 16. Viettoviemäri ja pohjavesi aiheutti haasteita massanvaihdon suorittamiselle (13)*

Silta perustettiin routimattomaan syvyyteen, joten routaeristeitä ei peruslaatan alle tarvinnut asentaa. Ennen peruslaattojen valua asennettiin siltakaivantoon kuivatuskaivot ja pumppaamo. Pumppaamo oli tilaajan toimittamaa materiaalia. Kuivatusputket ja kaivot kuuluivat rakennusurakkaan. Jostain syystä pumppaamon poistoputken lähdöt osoittivat väärään suuntaan. Aiheesta kirjoitettiin poikkeamaraportti. Asia korjattiin tekemällä paineputkeen sähköhitsauskulmien avulla 180 asteen mutkat. Väärään suuntaan olevien poistoputkien vuoksi poistoputket jouduttiin myös eristämään. Urakoitsija sai laskuttaa korjaavat toimenpiteet tilaajalta, koska ”poikkeama” oli tilaajan toimittamassa materiaalissa. (Kuva 17.)



*KUVA 17. Massanvaihto tehty, kuivatukset ja pumppaamo asennettu ja peruslaatat valettu (13)*

Ympärystäytöjen ja siltapaikan salaojien asentamisen jälkeen kaivannon kuivatus voitiin hoitaa uppopumpulla pumppaamalla. Hyvä paikka uppopumpulle löytyi pumppaamon sisältä. Pumppaamo, omilla pumpuillaan, voitiin ottaa käyttöön vasta sillan rakennustöiden valmistuttua. Sillan alusrakenteena toimivat peruslaatat ja neljä teräsbetonipilaria. (Kuva 18.)



*KUVA 18. Sillan alusrakenteet betonoitu ja ympärystäytöt tehty (13)*



Teräsbetonipilarien esivalmistetut muotit, työtaso ja portaat sekä esivalmistetut raudoitteet asennettiin nosturin avulla (kuva 19).



*KUVA 19. Pilarien esivalmistetut muotit ennen asennusta (13)*

Pilarit tuettiin elementtitiuin, jotta ne pysyvät paikoillaan ja asemassaan valun ajan. Pilarien raudoitteen asentamiseksi ja valamiseksi nostettiin pilarimuottien väliin kaiteelliset työtasot ja asennettiin portaat kulkutieksi työtasolle. (Kuva 20.)



*KUVA 20. Pilarien betonointi valmiina alkamaan 2.6.2015*

## Päällysrakenteen telinetyöt

Telinetyöt aloitettiin telinepohjien tekemisellä ja pelkkojen asentamisella. Pelkat asennettiin telinesuunnitelman mukaisiin paikkoihin. Pelkkojen asennukseen käytettiin #0-16 mursketta. (Kuva 21.)



*KUVA 21. Ulokelaattasillan telineen pohjat ja pelkotus (13)*

Pelkkojen päälle pystytettiin telinetolpat, jotka kiinnitettiin alapään lisäksi nurjahdustuin ja reevoin. Tolppien päälle asennettiin sillan pituussuuntaiset niskat (kuva 10 sivu 40). Niskojen päälle asennettiin koolingit ja muotopuut, joiden päälle naulattiin sillan muotti (kuva 11 sivu 41).

Raudoitustöiden jälkeen sillan muotti tuplattiin ja varusteltiin lopullisesti valukuntoon. Tuplauksessa muottiin rakennettiin 2-pinta. Päätypalkin ja siipien rauditus jäi 1-pinnan ja 2-pinnan väliin. Muotin pinnat sidottiin toisiinsa surritangoihin ja -lukoihin sekä lukkopuuihin. Surritankojen jakoväli oli määritetty telinesuunnitelmasa. Reunapalkit tuplattiin käniköiden avulla. (Kuva 22.)



*KUVA 22. Sillan päätypalkki ja siivet tuplattuna, reunapalkit tuplaamatta*

### **Raudoitustyöt**

Teräbetonisillan raudoitustyöt tehdään raudoitussuunnitelmien mukaisesti. Raudoitukseen käytetään tehtaalla esitaivutettuja raudotteita. Kartanonpolun AKK:n rauditus aloitettiin rauditusvälikkeiden ja työteräksien asentamisella sekä reunapalkkien raudoituksella (kuva 11 sivu 41). Seuraavaksi raudoitettiin siivet sekä päädyn ja kannen alapinta. Pilarien tartuntaraudoituksen kohdalle asennettiin leikkausraudoitus. Raudoituksen sisään tulevat putkitukset asennettiin ennen pintaverkon raudoitustöitä. Valaistusvaraukset asennettiin muottiin jo ennen alapinnan teräksiä. (Kuva 23.)



*KUVA 23. Raudoituksen alapinta ja leikkausraudoitus pilarien kohdalla (13)*

Kartanonpolun sillan kansi kaatoi 3 %:n kallistuksella kohti reunapalkkeja. Betonin sisään tulevat putkitukset ja varusteet asennettiin ennen raudoituksen yläpinnan pintaverkon asentamista. Pintaverkko tuettiin alapinnan raudoituksesta hitsattavin orsin raudoituksen tuentasuunnitelman mukaisesti. (Kuva 24.)



*KUVA 24. Yläpinnan raudoitusta ja varusteita (13)*

Raudoituksen valmistuttua suoritettiin muotti- ja raudoitustarkastus.

### **Varusteet ja laitteet**

Kartanonpolun alikulkusillan päällysrakenne varusteltiin neljällä sadevesikaivolla, tippuputkilla ja kontaktitapeilla. Koska kansi oli verrattain lyhyt ei tippuputkien välille tullut kannen salaojaa. Kontaktitapit asennettiin myös sillan pilareihin ennen betonointia. Päällysrakenteen varusteisiin kuului myös sillan alapuolisten väylien valaistus sekä sen putkitus ja sillan pituussuunnassa sen läpi kulkeva Ø110 mm sähköputki katuvalaistukselle (kuva 24). Päällysrakenteen sadevesikaivot varustettiin kannen alapuolella syöksytorvin, jotka kiinnitettiin sillan pilareihin. Betonisia melukaiteita varten asennettiin normaalia jykevämmät pulttiryhmät päällysrakenteen reunapalkkeihin. Sillan rakentaminen viimeisteltiin vuosilaatan asennuksella. (8.)

## Vesieristeet, siirtymälaatat ja pintakäsittely

Sillan maanvastaiset pinnat, siivet ja päätypalkin alaosa, eristettiin kaksinkertaisella kumibitumisivelyllä. Päälysrakenne liuostettiin kumibitumilla ja eristettiin kaksinkertaisella bitumikermillä (kuva 25).



*KUVA 25. Vesieristetty sillan pääty ja sillan kansi (13)*

Kannen vesieristys suojattiin suojabetonilla, joka sisälsi 50 kg/m<sup>3</sup> teräskuitua. Sillan päätyihin valettiin 5 m siirtymälaatat (kuva 26).



*KUVA 26. Siirtymälaatat valettu ja vesieristys suojattu suojabetonilla (13)*

Sillan reunapalkkien näkyviin jääviin pintoihin levitettiin impregnointiaine. Uhrautuvalla töhrynsuoja-aineella käsiteltiin ulokkeen näkyviin jäävät pinnat, pilarit ja päällysrakenteen alapinta pilarien sekä maatuen välittömästä läheisyydestä.

### **Siltapaikan rakenteet**

Sillan keiloihin ja väylien väliin asennettiin betonikiviverhous. Sillan alittava kevyen liikenteen väylä asfaltoitiin. Latuvaraus jätettiin hienolle murskepinnalle. Koska sillan alittava väylä on ympäristöänsä alempana, varustettiin alittava väylä kuivatuskaivoin. Kaivoista vesi johdetaan pumppaamoon ja edelleen pumpataan kaivoon, josta se päättyy läheiseen vesistöön (kuva 21; kuva 22).

### **6.3.2 Kiviniemen risteyssilta**

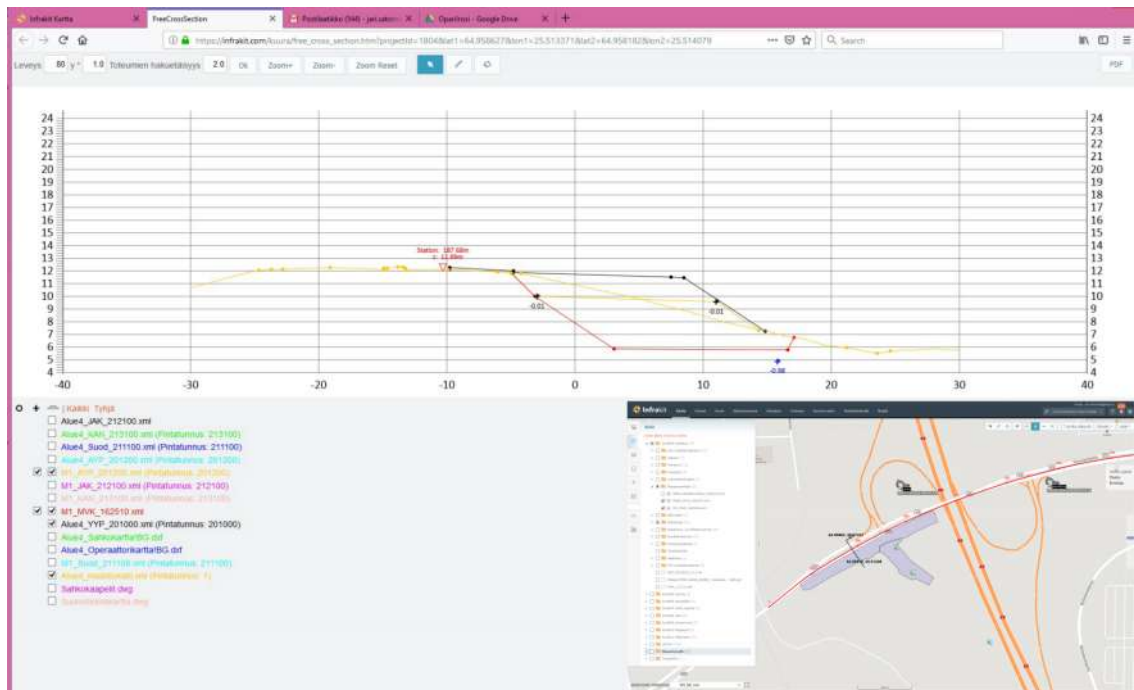
Yksinkertaisesta 1-aukkoisesta ulokelaattasillasta siirrytään nyt haastavampaan kaksiaukkoiseen moottoritien risteyssilltaan. Esimerkissä käsiteltävä silta on Oulun Kaakkuriin rakennettava Kiviniemen risteyssilta. Sillan rakennustyöt ajoittuvat vuoden 2018 loppukesän sekä vuoden 2019 alkupuoliskon välille. Rakentaminen on opinnäytetyön kirjoittamisen alkaessa päällysrakenteen muottityövaiheessa ja etenee esimerkissä aina päällysrakenteen betonointiin asti. Silta on tyypiltään 2-aukkoisen jännitetty betoninen ulokepalkkisilta. Sillassa ei ole liikuntasaumalaitteita eikä laakeita. Sillan yleispiirustus on liitteenä 3.

Siltapaikan pohjoispuolella moottoritien ylittää jo olemassa oleva risteyssilta. Uuden sillan myötä moottoritien ylittävien kaistojen määrä tuplaantuu. Viereisen risteyssillan keskivuorokausiliikenne (KVL) on noin 12 000 ajoneuvoa vuorokaudessa ja siltapaikan alittaa noin 37 500 ajoneuvoa, josta raskasta liikennettä on noin 6 % (15; 16). Työn ajaksi ajoneuvoliikenteen tilaa (kaistoja) voidaan kaventaa ja nopeusrajoitusta laskea, mutta liikenteen on kuljettava koko rakentamistyön ajan. Liikenteen pysäyttäminen on kiellettyä, joskin erillisillä poikkeusjärjestelyillä lyhyet, enimmillään 10 minuutin, liikennekatkot ovat mahdollisia.

### 6.3.3 Kiviniemen RS:n alusrakenteet sekä telineet ja muotit

#### Maaperäolosuhteet

Maaperäolosuhteet siltapaikalla ja sen ympäristössä olivat erittäin haastavat. Sillan länsipään tulopenkkaan tehtiin jo vuonna 2017 kesällä ja syksyllä laaja, miltei 300 m mittainen ja 20 m levyinen, massanvaihto. Loppuvuodesta 2017 valmistuivat väyliin liittyvät rakennustyöt: massanvaihto, pengerrys, työmaatiet sekä painopenkat. Sen jälkeen rakennustyöt Kaakkurissa laitettiin tauolle ja jäätettiin odottamaan maan painumista. Kuvan 31 yläosassa näkyy leikkauskuva väylärakenteesta. Kuva on otettu oikean alakulman kuvan osoittamasta paikasta (musta leikkausta osoittava viiva), nykyinen tie näkyy leikkauksessa vasemmalta. Leikkauksessa keltainen viiva kuvaa nykyistä maanpintaa, punainen massanvaihdon leikkauspintaa, oranssi alinta yhdistelmäpintaa ja musta ylintä yhdistelmäpintaa. Kuvassa 31 oikealla alhaalla näkyy massavaihdon laajuus. Myös etelään lähtevän rampin alkuosalle oli suoritettava massanvaihto. (Kuva 27; 17.)



KUVA 27. Massavaihdon yksityiskohtia (17)

Maaperäolosuhteiden vuoksi sillan molempiin päihin tuli paalulaatat. Paalulaattojen pituudet ovat noin 14 m ja ne varustettiin omalla 5 m siirtymälaatatalla. Lämpään paalulaatta valettiin suunnitelman mukaisesti 39 teräsbetonipaalun (liite 5) ja itäpään paalulaatta 34 teräsbetonipaalun varaan. Sillanrakentamisen mahdollistamiseksi viereinen silta ja tie jouduttiin tukemaan ponttiseinällä, jotta sillan rakentamisen vaatimat maanrakennustyöt voitiin aloittaa (kuva 28).



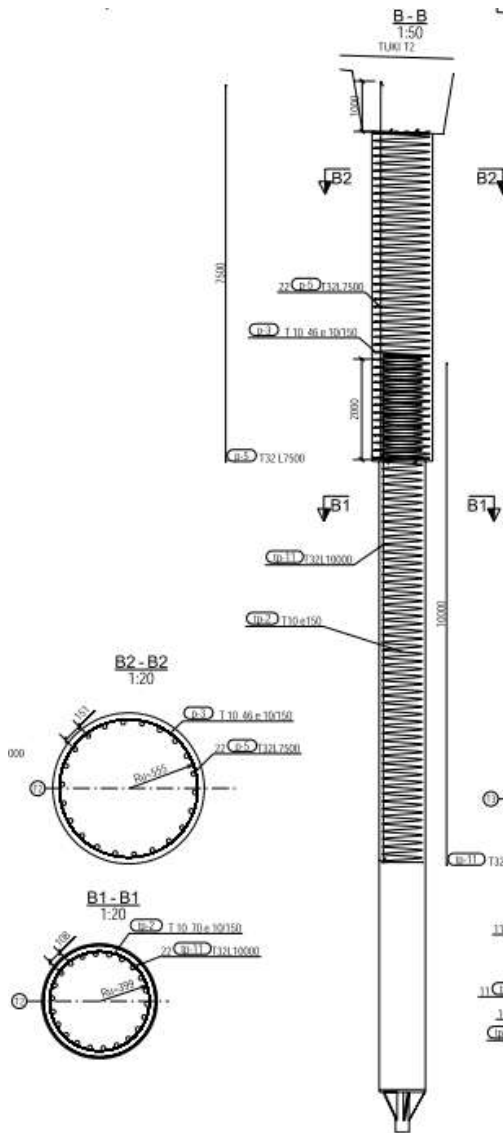
*KUVA 28. Ponttiseinä tukemassa olemassa olevia rakenteita 5.4.2019*

### **Alusrakenteet**

Silta perustettiin lyötävien teräspalkkipaalujen (neljä kappaletta Ø813 mm ja kaksi kappaletta Ø914 mm) varaan. Teräspalkkipaalut varustettiin kalliokärjin ja lyötiin kallioon asti. Paalun lyömisen ja katkaisemisen jälkeen paalun päät suojattiin. Suojauksella estettiin materiaalin, eläinten ja työntekijöiden tippuminen paaluun. Paaluille suoritettiin PDA-mittaus, jolla varmistettiin paalujen kantavuus.

Teräspalkkipaalut jatkuvat teräsbetonipilareina sillan kanteen ja ovat hieman teräspalkkipaaluja isompia. Teräspalkkipaalun raudoite nousee 2 m TB-pilarin raudoitteen sisäpuolelle. TB-pilari valettiin myös hieman teräspalkkipaalun päälle suunnitelman mukaisesti. Paalun ja pilarin liittymiskohta jäi maanpinnan alapuolelle. (Kuva 29; 2.)





KUVA 29. Sillan keskituen alusrakenne (10)

On huomattava, että paaluraudoite valmistetaan tyypillisesti vaakatasossa ergonomisesti sopivan korkuisen telineen päällä, jossa raudoitetta on mahdollista pyörittää. Raudoite valmistetaan hitsaamalla pääteräkset pyöreiden työrautojen ympärille. Tämän jälkeen pääteräksiä kiertävä spiraaliraudoite asennetaan päärautojen päälle siten, että spiraalin terästen etäisyys toisistaan on suunnitelman mukainen. Raudoitteeseen hitsataan keskittimet, jotka ohjaavat raudoitteen keskelle muottia. Pilarin tapauksessa keskittäminen voidaan hoitaa asennuksen yhteydessä myös esimerkiksi raudoitusvälikkein. Muussa tapauksessa tällöin on käytettävä kuumasinkittyjä tai ruostumattomia keskittämiä. (Kuva 30.)



*KUVA 30. Paaluraudoitteiden raudoitustarkastus käynnissä 28.4.2017*

Paaluraudoitteet laskettiin paaluun tai pilarin sisään nosturin avulla. Paalun yläpäässä olevat tartunnat jäivät paalun ulkopuolelle. Kiviniemen risteys sillan paalut betonoitiin itsetiivistyvällä betonimassalla.

On huomattava, että **betonoinnissa on käytettävä valuputkea tai valusukkaa**, jottei betonin pudotus matka ole liian suuri ja betonin ainesosat erotu tippuessaan. Betonoinnin aikana ja paalun täytyessä valuputkea vedetään hiljalleen ylöspäin.

Raudoitettujen ja betonoitujen putkipaalujen jatkoksi valettiin teräsbetonipilarit. Teräsbetonipilarien valamiseksi paalujen jatkoksi asennettiin esivalmistetut muotit (kuva 19 sivulla 49). Kuvasta 19 poiketen muotit oli eristetty vaipan ympärille asennetulla valupeitolla. Muotit mitattiin paikoilleen ja tuettiin elementti-tuin. Muottien yläosaan tehtiin työskentelytaso. Työskentelytasolta muotteihin laskettiin esivalmistetut raudoitteet (kuva 30).

Talvikauden vuoksi muotit ja työskentelytaso huputettiin pressulla ja säätilaa seurattiin valua suunniteltaessa erityisen tarkkaan. Otollisten valukelien (< -3 °C, ei tuulta) lähestyessä muotteihin sisälle ja muotin ulkopuolelle, huputuksen sisään, asennettiin lämmittimet. Lämmittimet poistettiin muoteista juuri ennen valua. (Kuva 31.)



*KUVA 31. Kuvan keskiosan pilarit huputettuna odottamassa valukeliä 4.2.2019*

Betonoinnin yhteydessä valun sisään asennettiin lämpötilamittaus, jolla seurattiin betonin lujuuden kehitystä. Valun jälkeen työskentelytason yläosa ja pilarit huputettiin jälleen huolellisesti. Lämmittämistä muottien ulkopuolella jatkettiin, kunnes pilarit olivat saavuttaneet noin 60 % betonin nimellislujuudesta. Tämän jälkeen telineet ja muotin alaosat purettiin. Pilareiden ympärille tehtiin täytöt, jotta telinetyöt voitiin aloittaa.

### **Teline ja muottityöt sekä muottityön suojaaminen**

Kaakkurin risteyssillan teline rakennettiin, suunnitelman mukaisesti, neljästä puurunkoisesta osasta sekä näiden varaan asennetuista aukkopalkkeista (liite 4). Telineen osien rakentamista tahditti omalta osaltaan talvi ja ennen kaikkea se, miten pilareita saatiin valettua (sääolosuhteet).

Ensimmäisenä päästiin aloittamaan telinetyöt tuen T1:n ympärillä, seuraavaksi T3:n ympärillä (kuva 31). Edellä mainittujen tukien ympärillä haasteen telinetoille aiheutti korkeusero ja maan tiivistäminen talviaikaan. Korkeusero tasattiin te-

kemällä telinepohjat portaittain. Tässä tapauksessa portaille asennettavien pelkkojen alle asennettiin vielä Larssen pontit jakamaan pelkoille tuleva kuormitus entistä laajemmalle alueelle. (Kuva 32.)



*KUVA 32. Telinepohjien tekeminen tuen T1 ympärillä 23.1.2019*

Kuvassa 31 rakennustyöt olivat edenneet vasemmalla tuen T1 ja oikealla tuen T3 ympärillä töiden katkaisuvaiheeseen telinepohjien rakentamisen jälkeen. Tuella T3 (oikealla) mittamies oli merkitsemässä katkaisukorkoja. Myös aukon reunojen vankempien tolppien asennukseen valmistauduttiin. Teline työt edistyivät yhtäaikaaisesti useammalla rintamalla. Kun tuen T1 ympärillä olevalla telineellä valmistauduttiin jo muottipukkien asennukseen sekä muottitöihin ja tuella T3 asennettiin niskoja, tuen T2 pilareita vasta betonoitiin. Betonipumppuauto oli sijoitettuna kavennettujen moottoritien kaistojen väliin (kuva 33).



*KUVA 33. Tuen T2 betonointi käynnissä 11.2.2019*

Hitsarit valmistelivat kulkuaukon 1, joka sijaitsee tuen T1 ja T2 välissä, palkkeja paikalleen nostettavaksi, vaikka teline tuen T2 ympärillä oli vielä aloittamatta (kuva 34).



*KUVA 34. Aukon 1 telipalkkien hitsaus käynnissä 11.2.2019*

## Telinetyön suojaaminen

Kiviniemen risteys sillan tapauksessa telineen liikenneaukkojen korkeuden kanssa oli merkittäviä haasteita. Yhtenä vaihtoehtona oli esillä tien tasauksen laskeminen kaivamalla ja päällystämällä tie uudestaan. Asia saatiin kuitenkin ratkaistua suunnittelemalla aukkojen palkkeline ja muotti hieman erityisellä tavalla. Aihetta käsitellään lisää tässä luvussa sivulta 65 alkaen ja liitteessä 4.

Riskianalyysin mukaan ennen aukkopalkkien paikalleen nostamista oli ylikorkeiden ajoneuvojen törmäminen aukkopalkkeihin ja sillantelineeseen estettävä. Liikenteenohjaussuunnitelman mukaisesti moottoritiele ja moottoritien rampeille asennettiin suurimmasta sallitusta korkeudesta kertovat merkit (4,4 m) ja kevyet mittaportit sekä moottoritiele raskaat suoja-portit.

On huomattava, että **4,4 m on suomen tieliikenteessä** ilman erikoislupaa liikkuvien ajoneuvojen **suurin sallittu korkeus**. Porttien alituskorkeus on hieman yli 4,5 m, suurimpaan sallittuun korkeuteen 4,4 m on lisättävä 10 cm kelivara.

Porttien asennustyöt oli suoritettava yötyönä. Yöllä toinen moottoritien kaistoista oli mahdollista sulkea törmäysauton avulla ja toinenkin tilapäisesti liikenteen ohjaajan toimesta. (Kuva 35.)



*KUVA 35. Raskaan suoja-portin asennus tehtiin yötyönä 20.2.2019*

Riskianalyysi mittaportteista ja suoja-porteista osui oikeaan. Mittaportin orret on ajettu korkeiden ajoneuvojen toimesta rikki useaan otteeseen ja suoja-portin raskas 300 mm korkea teräspalkki (HEB300 ~117 kg/m) on tippunut 2 kertaa. Lisäksi poliisi on käynyt useaan otteeseen sakottamassa ylikorkeita kuormia, jotka ovat hajonneet moottoritielelle niiden osuttua suoja-porttiin. (Kuva 36; kuva 35.)



*KUVA 36. Mittaportti ajettu rikki 21.2.2019*

Suoja-porttien asentamisen jälkeen aukkopalkit voitiin nostaa paikoilleen. Kaiken kaikkiaan aukkopalkkien ja raskaiden suoja-porttien asennuksiin meni kaksi yötä. (Kuva 37; kuva 35.)



*KUVA 37. Liikenneaukkojen teräspalkit asennettiin yötyönä*

## Aukkojen palkkiteline ja muottityöt

Kuten jo aiemmin mainittiin, sillan telineissä päädyttiin hieman poikkeukselliseen järjestelyyn, jossa sillan pääpalkit ja niiden muotti rakennettiin aukkopalkkien väliin eikä päälle. Pääpalkin pohjan muotopuut tulivat siis aukkopalkkien väliin. Tällä tavoin suurin sallittu korkeus siltatelineen kulkuaukoissa saatiin pidettyä 4,4 metrissä. Aukon palkistoon liittyi poikkeuksellisen paljon hitsattavia tuentoja. Sillan pääpalkkien alle tulevien teräspalkkien hitsaustyöt ja putoamissuojaus palkkien väliin totutettiin maassa etukäteen ennen nostoa. Loput kolme yksittäistä teräspalkkia nostettiin yksitellen. Teräspalkkien hitsaustyöt ja putoamissuojaukset palkkien väliin asennettiin nostotyön liikennejärjestelyiden yhteydessä. Olisi ollut ehdottoman **tärkeää asentaa aukkopalkkien ulkopuolelle ylimääräiset palkit**, joissa olisi ollut **kaiteet**. Tällä tavoin aukoilla olisi välttytty valjastyöskentelystä muottitöiden yhteydessä. (Kuva 38.)



*KUVA 38. 22.2.2019 Aukon1 palkit paikoillaan, muotopuut palkkien välissä*



22.2.2019 muottipukit oli asennettu tuen T1 pätyyn ja tuen T3 pätyyn. Aukon 1 palkit oli nostettu paikoilleen, mutta aukon 2 ja 3 palkit olivat vielä asentamatta. Puolitoista viikkoa myöhemmin oli kaikki aukkopalkit nostettu ja kaikki muottipukit asennettu sekä kulkuaukon reunojen muotin tukirakenteet rakennettu (kuva 39).



*KUVA 39. 4.3.2019 Muottityöt käynnissä sillan telineellä*

Muotti tolppa- ja palkkitelineen päälle rakennettiin käyttäen muottipukkeja. Aukkojen päälle teline rakennettiin paikoillaan kappaletavarasta (kuva 40).



*KUVA 40. Muottityöt käynnissä aukkojen 2 ja 3 päällä 5.3.2019*

Kulkuaukon 1 kolhaisuojat asennettiin 7.3.2019, jonka jälkeen muotin länsipää oli valmis raudoitustöiden aloittamiselle. Muotin 1-pinta valmistui seuraavan viikon aikana. Sillan teline tarkastettiin ja hyväksyttiin suunnittelijan toimesta 12.3.2019 muottitöiden ollessa vielä hieman kesken.

#### **6.3.4 Kiviniemen RS:n raudoitus ja jännittämisen valmistelut**

Muottitöiden ja raudoitustöitä edeltävien varusteluiden vielä ollessa kesken silta-telineen itäpäässä aloitettiin sillan raudoitustyöt 8.3.2019 sillan länsipäästä. Raudoitus aloitettiin sillan reunapalkeista. Tässä tapauksessa reunapalkkien raudoitusta vietiin sillan kannelle aukon 1 tietämille. Samaan aikaan toinen työpari aloitti sillan siipien ja päätypalkin raudoituksen. Reunapalkin, siipien ja päädyn raudoituksen aloittamisen jälkeen oli vuorossa pääpalkkien raudoituksen aloitus. On huolehdittava, että kolhaisuojat asennetaan paikoilleen ennen pääpalkin raudoitusta. (Kuva 41.)



*KUVA 41. 21.3.2019. Pääpalkin työteräksiä ja päähaat*

Ennen pääterästen ja jänneputkien orsien asentamista pääpalkkiin asennettiin palkin keskelle lisähaka. Tämän jälkeen asennettiin palkin suuntaiset pääteräkset palkin ala ja ulkopintaan, päähakasen sisäpuolelle. Pääterästen asennuksen jälkeen asennettiin jänneputken orret hitsaamalla mittamiehen osoittamaan korkeuteen. Korkeus merkittiin sinisen merkkilapun (kuva 41, viimeisen pääpalkin haan kohdalla oikealla). Jänneputken orsien asennuksen jälkeen näiden varaan asennettiin jänneputket. Jänneputket toimitettiin 6 m salkoina, joista ne paksumman putken ja teipin avulla kasattiin jatkuviksi sillan päästä päähän. (Kuva 42; 1, s. 327-328.)



*KUVA 42. Pääpalkin pääteräkset ja jänneputken orret sekä jänneputket*

Päätypalkissa jänneputket liitettiin valurautaisiin jänneankkureihin, jotka olivat kiinnitettynä päätypalkin tuplausosaan (kuva 43).



*KUVA 43. 28.3.2019 Jänneankkurit kiinnitettynä päätypalkin tuplausosaan*

Jänneputki kiinnitettiin ankkurikappaleeseen muovisen sovittimen avulla. Jänneputken kiinnittämisen yhteydessä myös jännityksen lisäraudoitteet asennettiin paikoilleen. Kuvassa 44 osa lisäteräksistä oli vielä asentamatta. (Kuva 44.)



*KUVA 44. Jänneputki kiinnittyy jänneankkuriin muovisen soviteosan avulla*

Palkkien raudoituksen ja jänneputkien asennuksen jälkeen asennettiin ensin palkin yläpinnan raudoitus. Tämän jälkeen oli vuorossa kannen alapinnan raudoitus, jota seurasi kannen yläpinnan raudoitus. Yläpinnan raudoitus tuettiin alapinnan raudoituksesta hitsaamalla sille kannatus orret. (Kuva 45.)



*KUVA 45. 3.4.2019 Risteyssillan raudoitus etenee*

Raudoituksen suunnittelijat tarkastivat sillan raudoituksen (raudoitustarkastus) 12.4.2019.

### **Jännittämisen valmistelutyöt ja päällysrakenteen jännittäminen**

Palkkien raudoituksen ja päätyjen tuplauksen aikana sillan päällysrakenteeseen asennettiin jänneankkurit ja sovitinosat sekä näiden välille jänneputket (kuvat 42 - 45). Kiviniemen risteyssillan molempiin pääpalkeihin asennettiin kuusi jänneputkea. Sillan betonoinnin jälkeiseksi jännittämiseksi kuhunkin jänneputkeen ammutaan 15 jännepunosta (kuva 46; 1, s. 327-328).



*KUVA 46. Ammutut jännepunoksen päät riippuvat kuvassa vapaana*

Jännepunokset ammuttiin (työnnettiin) jänneputkiin sillan toisesta päästä erityislaitteiston avulla (kuva 47; 1, s. 328).



*KUVA 47. Jännepunosten työntölaitteisto ja jännepunos syöttölaitteessa*

Sillan jännitys suoritetaan betonoinnin jälkeen, betonin saavutettua jännityslujuuden. Jännittäminen suoritetaan hydraulisilla tunkeilla vetäen siltaan asennettuja jännepunoksia (1, s. 328). Ennen jännitystä jännepunoksia betonoinnin aikana suojanneet putket poistetaan ja jännepunokset lukitsevat osat asennetaan.

Ankkurikappaleita vasten, jotka ovat siis betonoidussa sillan päätypalkissa, asennetaan limput eli ankkurointikappaleet. Jännepunokset työnnetään ensin läpi muovisesta ohjauskiekosta ja sitten limpussa olevista reistä. Limpun asennusvaiheessa limppu asennetaan miltei kiinni päätypalkissa olevaan ankkurikappaleeseen. Kuhunkin punokseen asennetaan lukko, joka työnnetään putkella limppua vasten. (2.)

Tämän jälkeen riippuen sillan pituudesta ja suunnitelmista jännepunokset jännitetään joko toisesta päästä tai molemmista päistä yhtaikaa. Tunkki, jolla jännitys suoritetaan, vetää jännepunoksia ja kun haluttu voima on saavutettu, lukitsee punokset (lukot). Voimaa mitataan kalibroidulla painemittarilla ja mittaamalla punoksen venymää metrimittalla. Jänteiden säilyvyyden parantamiseksi jänneputket täytetään eli injektoidaan jännittämisen jälkeen betonilla. Jotta ilma pääsee pois jänneputkista injektoinnin aikana, jänneputkien korkeimpiin kohtiin asennettiin ilmaputket ennen betonointia (kuva 48; 1, s. 328; 2).



*KUVA 48. Ilmaputket asennettiin jänneputken korkeimpiin kohtiin*

### **6.3.5 Kiviniemen RS:n varusteet sekä laitteet ja betonointi**

Helpoimmin havaittavia sillan varusteita ja laitteita ovat kaiteet, mahdolliset valaisinpylväät ja kolhaisusuoja. Näin tulee olemaan myös Kiviniemen risteyssillan tapauksessa, kun se loppukesästä 2019 avataan liikenteelle. Sillan varustetaan myös kaapelihyllyllä, joka kulkee sillan keskellä pääpalkkien välissä. Myös laakerit ja liikuntasaumalaitteet ovat varusteita, mutta Kiviniemen risteyssillassa niitä ei ole. Tämä on merkittävä etu ajatellen tulevia ylläpitokustannuksia. Kaikki edellä luetellut varusteet ja laitteet ovat näkyviä. Sillan pitää sisällään kuitenkin muutakin. (1, s. 271.)

#### **Pilarien varusteet**

Sillan keskimmäisen tuen pilari varustettiin sähköputkella ja kaapelilla, jonka kautta sillan alapuolisen osan valaistus hoidetaan. Pilareihin tulivat myös kontaktitapit. Sillan kannelta tulevien sadevesien hallitsemiseksi pilareihin kiinnitetään syöksytorvet myöhemmin. (2.)

#### **Päällysrakenteen varusteet ja laitteet**

Kuten jo luvun 6.3.5 johdannosta kävi ilmi, tulevat Kiviniemen risteyssillan kaiteet ja valaisinpylväs. Kaiteiden asentamiseksi sillan reunapalkki varustettiin ennen betonointia kahden metrin välein pulttiryhmillä. Pulttiryhmällä tarkoitetaan neljän pultin ryhmää, jossa M16-pultit ovat 160 mm jaolla. (2.)

Myös valaisinpylväälle asennettiin pulttiryhmä. Valaisinpylvään pulttiryhmän keskelle tuotiin kaksi Ø50 mm muoviputkea, joiden läpi sillan ylittävän tien katuvalaistus kaapeloidaan. Sillan aukkojen valaistus ja sillan valaistus kaapeloidaan ja kytketään moottoritien valaistuksen yhteyteen. Sillan keskelle eteläpuolella tulee valaisin, joka valaisee sillan edustaa ja pilaria. Sillan aukkoihin, kaapelihyllyn pohjaan, asennetaan sillan aukkojen valaisimet, joita tulee yhteensä neljä kappaletta. (2.)

Kaapelihyllyn asentamiseksi sillankansi varustettiin kahden metrin välein asennettavien vemojen avulla. Betonoinnin ja muotin puron jälkeen vemoihin kiinnitetään M16-kierretangot, joihin kaapelihyllyn kiinnike ja kaapelihylly taas kiinnittyvät.



Kaapelihyllylle asennetaan kuusi kappaletta Ø110 mm putkia. Putket viedään läpi sillan päätypalkeista, jotka siis varustettiin Ø160 mm läpivientiputkillla. Sillan molempiin päihin asennetaan kaapelikaivot, joihin hyllyllä olevat putket yhdistetään. Putkista kaksi on varattu sähkökaapeleille ja neljä kappaletta liikenteen telematiikalle. (2.)

Siltaan tullaan asentamaan kamera ja kamerapylväs liikenteen telematiikkaa varten. Kamerapylvästä varten kannen valuun tulee neljä kappaletta M27-pulttia ja kaksi kappaletta M16 pultteja. Lisäksi sillan reunapalkkiin, kamerapylvään kohdalle, tuotiin kaksi kappaletta Ø50 mm muoviputkia, jotka jäivät valun sisään. Toinen muoviputkista on kameran sähköistämiseksi ja toinen on reaaliaikaiselle videokuvalle. (2.)

Kuten sillan pilarit, myös sillan kansi, varustettiin kontaktitapein. Siltaan asennetaan aikanaan myös tarkkailutapit. Sillan päällysrakenne on suunniteltu yksipuoleisella 3 % kallistuksella. Alemman (eteläpuoli) reunapalkin laita varustetaan 30 cm leveällä vastakaadolla. Vastakaadon jiiriin asennetaan 3 sadevesikaivoa. Päällysteen läpi suotautuvat vedet otetaan vastaan kahdella sillan päästä päähän kulkevalla salaojalla ja 20 tippuputkella, joihin salaojat vetensä kuljettavat. (Kuva 49; 2.)



*KUVA 49. Pulttiryhmä, sadevesikaivo ja pintavesiputkia*

## Muut varusteet

Osa sillan betonipinnoista käsitellään impregnointiaineella ja osaan tulee myös töhrynsuoja-aine-käsittely. Impregnointi suojaa sillan teräksiä suolan vaikutukselta estämällä suolaveden imeytymistä betoniin. Töhrynsuoja-aine taas helpottaa mahdollisten graffitien ja muiden töhryjen poistamista. (1, s. 359-360) Silta viimeistellään asentamalla siltaan sen valmistumisvuoden kertova vuosilaatta. (2.)

## Betonointi

Sillan päällysrakenteen betonointi aloitettiin 16.4.2019 klo 07.00 ja betonin pumppaus päättyi 17.4. noin klo 02.30. 566 m<sup>3</sup> betonia pumpattiin sillan päällysrakenteeseen noin 19,5 tunnissa. Joutuisimminkin työ olisi voinut edetä, mutta pullonkaulaksi muodostui betoniaseman kapasiteetti. Yhden aikaan päivällä valu eteni kahden betonipumppuauton avulla. Näistä toinen valoi pintoja sekä reunapalkkeja ja toinen täytti palkkeja sekä muottia kannen raudoituksen alapintaan (kuva 50). (18.)



*KUVA 50. 16.4.2019 Kiviniemen risteyssillan päällysrakenteen betonointi*

Betonin pinta hierrettiin pinnan kovetuttua, kun se kantoi betonityöntekijän. Pinnan hierto päästiin aloittamaan noin 17.4. noin klo 14.00 ja se päättyi seuraavana aamuna noin kello 06.00. Betonipinnat hoidettiin jälkihoitoaineella, joka ruiskutettiin betonin pintaan hierron jälkeen. Koska jälkihoitoaineen ruiskuttajilla ei ole erityisjalkineita, kuten hierontajäljellä, jälkihoitoaineen ruiskutus oli valmis noin klo 10.00. Tämän jälkeen betonipinnat peitettiin valusuojaiteilla ja presuilla. Jälkihoitoaineen ruiskutus toistettiin kolmen päivän kuluttua. (Kuva 51; 18.)



*KUVA 51. Sillan kannen hierto ja betonoinnin jälkityöt käynnissä*

Betonoinnista laadittiin hyvissä ajoin ennen betonointia betonointisuunnitelma, jonka valvoja kommentoi ja hyväksyi. Päällysrakenteen betonointia valvoi koko ajan betonityönjohtaja tai hänen sijaisensa. Betonoinnin jälkeen betonoinnista tehtiin betonointipöytäkirja, jonka liitteeksi laitettiin betonilaborantin työilmoitus/mittauspöytäkirja, pumppausilmoitukset ja pyörintäsäiliöautojen kuormakirjat. Dokumentit liitetään osaksi sillan laatuaineistoa. (18.)

## 7 TURVALLISUUS TERÄSBETONISILLAN RAKENTAMISESSA

Rakennustyömaan turvallisuus on kaikkien yhteinen asia ja kaikkien oikeus. Turvallisuus on keskeinen osa koko rakennusprosessia. Turvallisuus voidaan romuttaa jo suunnitteluvaiheessa. Turvallisuushaasteet voivat lähteä myös projektin johdosta: liian vähäisistä työjohtoresursseista tai muutoin epärealistisista tavoitteista tai urakoitsijan/ aliurakoitsijan valinnasta. Turvallisuuden johtaminen on avainasia. (4; 5.)

Sillanrakennustyömaalla on huomattava määrä suunnitelmia. Työmaalle saapuva työntekijä ei ole näistä tietoinen vaan on sen tiedon varassa, mitä hänelle kerrotaan. Mahdollisesti työntekijä tietää, mitä hän on tulossa tekemään (aiemmat kokemukset) ja on tehnyt havaintoja työmaasta jo perehdytykseen saapuessaan. Pääasiassa tieto työmaasta ja käynnissä olevasta kokonaisuudesta sekä varsinaisesta työkohteesta on siirrettävä perehdyttämällä. Työkohteensa lisäksi työntekijän on siis oltava tietoinen siitä, mitä työkohteen ympärillä ja hänen työnsä vaikutusalueella tapahtuu ja on tapahtumassa. Perehdyttämistä onkin käsitelty jo luvuissa 4.2 Työmaan turvallisuus, 5 Työmaalle saapuminen ja 6.1 Siltakohde yleensä ja siihen perehdyttäminen. (4; 5; 6.)

Työmaan pitää olla turvallinen työntekijöille ja ulkopuoliselle liikenteelle, niin autoille kuin kevyen liikenteen kulkijoillekin (4; 5). Ulkopuolisen liikenteen asennukset ja esimerkiksi nopeudet työmailla on saatava kuriin liikennejärjestelyin (kaistojen erotukset, kanavoinnit, hidastemutkat) ja valvonnalla (poliisi). Oletettavasti myös ylikorkeat kuormat johtuvat valvonnan puutteesta. Tavallisiksi rekoiksi naamioituja erikoiskuljetusajoneuvoja ja kuljettajan tietoisesti lastaamia ylikorkeita kuormia (puutavara-autot ja turveautot) liikkuu Suomen tieverkostolla huomattavia määriä.

## 7.1 Turvallisuus asenne- ja resurssikysymys

Monesti syyllistetään työntekijöitä riskinottajiksi ja heidän asenteensa perään kysellään. Onko työntekijän syy, jos hän ei ole työturvallisuuslainsäädännön asiantuntija? Toisaalta onhan joukossa selkeitä riskinottajia, mutta onko oikein syyllistää kaikkia? Jos työnsuorittaja on piittaamaton ja välinpitämätön omasta turvallisuudestaan, kuinka hän kykenee: *”huolehtimaan osaltaan siitä ettei työskentelemisestä ja työstä aiheudu vaaraa muille työmaalla työskenteleville eikä muille työn vaikutuspiirissä oleville henkilöille (5, §3)”*. Tarvitaan siis sekä valvontaa että opastusta.

Voitaisiinko työmaan- ja työnjohdossa paremmalla suunnittelulla ja asioiden mahdollistamisella (aloitusedellytykset) saada parempia tuloksia yleisen turvallisuuden saralla aikaan? Perekhyttämisen, ohjeistamisen, valvonnan ja ohjaamisen tarve on ilmeinen. Osa asioista on työmaanjohtossa helppoja, kuten esimerkiksi jassikan hommaaminen puutavaralle ja metallille työkohteeseen. Yksittäisen työntekijän on jassikan saadakseen tuotava esille puute työmaan järjestyksessä. Asenne: ”Ehkäpä puun tai raudan pätkät on tarkoitus jättää maahan”, on tietyllä tapaa houkutteleva ja ymmärrettävä. Onko asennevamma siis sittenkin työnjohdossa tai sen resurssoinnissa, kun tällaisia asioita ei laiteta ennen töiden aloitusta kuntoon? Miten päästäisiin eroon vastakkainasettelusta raha ja/tai aika vs. turvallinen työn suorittaminen? Tuo asenne olisi korvattava ajattelemalla että, jos työn voi tehdä turvallisesti, se tehdään turvallisesti.

Korkeiden kuljetusten (pääasiassa puutavara-autot ja turveautot) osuminen työmaan rakenteisiin eli mittaportteihin, suoja-portteihin ja siltatelineisiin on arkipäivää. Nykyisen työmaan aikana sillan telineet ovat tippuneet kahteen otteeseen. Toisessa tapauksessa työntekijöille aiheutuneet henkilövahingot olivat todella lähellä työntekijän tiputtua siltatelineen päältä noin 4 metristä maahan putoamissuojauksesta huolimatta ja toisen jäätyä telineelle, joka onneksi pysyi pystyssä. Toisessa tapauksessa sillan levitys oli jo betonoitu, minkä vuoksi vaaraa työmaan henkilöstölle aiheutunut, vaikka työkonetta lavetilla kuljettanut ajoneuvo tiputti palkit alas. Entäpä jos tilanteissa olisi ollut osallisena toinen (sivullinen) henkilöauto toisella kaistalla? Myös sillan telineen suoja-portin palkki on ajettu

alas kahteen otteeseen. Mittaportti on ajettu rikki lähes kymmenen kertaa. (Kuva 52; kuvat 35 ja 36 sivuilla 63 ja 64; 18.)



*KUVA 52. Sillan telineellä työskennellyt henkilö selvisi, tiputtuaan maahan tästä törmäyksestä, lievin ruhjein.*

27.9.2018 tapahtunut törmäys (kuva 52) johti kuitenkin työmaan käytäntöjen muutokseen. Moottoritiellä oli jo aiemmin kokeiltu erilaisia mittaporttiratkaisuja: roikkuvia putken pätkiä ja niin edelleen. Tästä huolimatta ylikorkeat kuormat osuivat siltatelineisiin. Kevyt mittaportti osoittautui katuverkolla toimivaksi, mutta moottoritiellä se sen sijaan ei toiminut, mikä olikin jo aiemmin kesän aikana havaittu. Moottoritiellä tarvittiin raskaat suojaportit. (Kuva 53; kuvat 35 ja 36 sivuilla 63 ja 64.)



*KUVA 53. Mittaportti – orsi 3,5 m*

## 7.2 Työmaan rajaaminen ja tilanpuute

Työmaan rajaaminen kerrostalotyömaalla on selkeää. Aidataan alue ja asetetaan työmaasta kertovat kieltotaulut. Sen jälkeen tehdään aitaan portti tavaraliikenteelle ja kulkuaukko henkilöliikenteelle sekä suoritetaan mahdolliset liikennejärjestelyt työmaan ulkopuolisella katuverkolla. Infrakohteella työmaan tai edes sillanrakennuskohteen ympäröiminen ei useinkaan ole mahdollista. (4.)

Sillanrakennuskohteella ulkopuolinen liikenne ja kevyt liikenne ovat usein läsnä koko rakennustyön ajan. Infrarakennuskohteella liikenteen on usein kuljettava työmaan ohi joko kiertotietä tai siltatelineen läpi/ ali koko rakennustyön ajan. Työmaa voi olla hyvinkin laaja, mutta yksittäisen siltakohteen kannalta tila, jossa rakennustyö on suoritettava, voi olla hyvin rajallinen. (1, s. 313.)

Tilanpuutteen vuoksi työmaaliikenteen ohjaaminen yhdestä pisteestä (portti) on usein mahdotonta ja esimerkiksi **kaivutöitä tai nostotöitä** on pakko suorittaa ajoradalta, mikä taas aiheuttaa riskin ja liikennehaittaa. Tiedetyt työvaiheet on pakko suorittaa liikenteen pysäytyksien aikana. Liikenteen pysäytykset taas ovat usein tilaajan toimesta rajattu jollain tapaa, vaikkapa ainoastaan yöaikaan sallituksi. Tällaisia työvaiheita olisi varmasti enemmänkin, mutta urakkasopimus ja rakennuttaja tavallaan pakottavat ottamaan ja hallitsemaan liikenteen seassa työskentelyyn liittyviä riskejä.

## 7.3 Vastuu ulkopuolisista

Työmaa ja sen työntekijät ovat vastuussa työturvallisuudesta ja turvallisuudesta myös työn vaikutusalueella. Siltakohteen käyttö- eli aluesuunnitelmassa ja liikenteenohjaussuunnitelmassa tämä on otettava huomioon. Se on myös huomioitava työmaan riskienhallintasuunnitelmassa. (5.)

Ihmisten kulkuväylille on mahdollista asettaa opastinlaitteita ja kieltotauluja työmaasta (5). Usein kuitenkin uteliaisuus voittaa ja työmaalta on ohjatta sivullisia pois työaikana. Paljonkohan heitä liikkuu siellä työajan ulkopuolella ja pimeässä? Työmaan vastaa vamestari vastaa myös työajan ulkopuolella työmaalla sivullisille aiheutuneista vahingoista. Onnettomuuden sattuessa pohditaan, oliko

mahdollisesti jokin portti auki tai merkki kaatunut, jokin kaivanto suojaamatta tai jokin harjateräs ojassa, jonne sivullinen sattui kaatumaan.

## **7.4 Liikennejärjestelyt ja logistiikka**

### **Työmaaliikenteen järjestelyt**

Talonrakennustyömaalla pyritään jalankulku ja ajoneuvoliikenne saamaan erillisille väylille (4.). Infrarakennustyömaalla tämä ei kaikilta osin ole mahdollista. Infrarakennustyömaalla rakas työkone ja sitä seuraava jalkamies ovat tavallinen työpari.

Edes työmaaliikenteen erottaminen yleisestä liikenteestä ei aina onnistu. Tällaisissa tapauksissa on tarpeen käyttää liikenteen ohjaajaa varoittamaan liikenteen seassa peruuttavasta kuorma-autosta tai mahdollistamaan kaivinkoneen työskentely. (5.)

### **Kulkuväylät**

Siltakohteen yhteydessä kulkuväylät kohteen ja sosiaalitulojen välillä kannattaa kuitenkin miettiä etukäteen ja rakentaa kunnolla. Näin voidaan estää ammattihenkilöiden joutuminen sairaslomalle turhien kompastumisten, jotka ovat yleisiä, takia. Myös kulkuväylien hiekoitukseen liukkaana aikana kannattaa kiinnittää huomiota. (4.)

### **Logistiikka**

Maavarainen perustaminen tai perustaminen kalliolle alkaa kaivu- sekä maanrakennustöillä ja peruslaattojen tai anturoiden muottitöillä. Timpureiden perässä tulevat raudoittajat ja edelleen valumiehet. Yleensä anturoiden muotit puretaan jo seuraavana päivänä. Aikaa on kulunut vajaa viikko, jolloin monttuun on viety kaivoja, putkia, mursketta, puutavaraa, terästä sekä betonia ja nyt kaikki pitää saada montusta pois peruslaattojen ympärystäytöjen tekemiseksi. Tällöin testataan, toimiiko logistiikka vai syntyykö kaaos ja tätä myötä riskejä? (1, s. 313-314)



## **Yleisen liikenteen järjestelyt työmaalla ja riskit**

Liikenteenohjaussuunnitelmissa ja työmaan riskienhallintasuunnitelmassa on pohdittava, miten estetään

- yleisen liikenteen törmäilijän päätyminen kaivantoon
- ajoneuvon törmääminen työmaan henkilöön
- ajoneuvon törmääminen työmaan ajoneuvoon
- sokean ihmisen päätyminen työmaalle avoimesta portista
- törmäykset telineisiin ja telineen aukkopalkkeihin.

### **7.5 Maanrakennustyöt ja tukiseinät sekä paalutukset**

Sillanrakentaminen aloitetaan usein maanrakennustöillä. Siltakaivannon tekemiseen on voinut liittyä pohjaveden alennusta ja kaivannon tuentaa. Lisäksi tulee varmistaa, onko kulku kaivantoon järjestetty asianmukaisesti, tarvitseeko kaivanto tuentaa tai suojauksia vai onko sen luiskat loivia ja turvallisia ja onko sortumavaaraa, jos vaikka tulee rankkasade. (6.)

Tarvittaessa on käytettävä tukiseiniä tai erilaisia putkilinjan asennukseen tarkoitettuja tukiseinäratkaisuja (4). Saatetaan joutua pohtimaan, kuinka mahdolliset tukiseinätyöt ja paalutukset saadaan tehtyä liikenteen seassa? Huomioitavaa on, että kaukolämpötöissä hitsari on menehtynyt hyvin matalaan (noin 1,5 m syvään) kaivantoon, kaivannon reunojen sorruttua (10). Turvallisesti kaivannossa -opas ottaa kantaa tässä esitettyihin kysymyksiin (19.). Huomattavaa kuitenkin on että riskienhallintasuunnitelmassa, turvallisuuden suunnittelussa sekä työväiheen työ- ja laatusuunnitelmissa nämä asiat on aina käsiteltävä erikseen (18).

### **7.6 Putoamissuojaus ja litistyminen**

#### **Alusrakenteet alaspäin**

Sillanrakennus alkaa tyypillisesti joko paalutustöillä tai anturan muottitöillä. Mikäli silta paalutetaan ja kyseessä ovat isot teräsputkipaalut, on paalut raudoitettava ja betonoitava. Tuossa välissä on estettävä, ettei naapurin kissa eikä mikään muukaan pääse tippumaan paaluun. Paalut ovat hyvin painavia ja koneet isoja. Paalun ”lataaminen” paalutuskoneeseen sekä paalun jatkaminen ovat eri-

tyisen riskialttiita työvaiheita varsinkin jalkamiehille ja mahdollisesti yleiselle liikenteelle. Myös raudoitteen asentaminen paaluun nostamalla ja sen jatkaminen raudoitteen alaosan ollessa jo paalussa on riskialtista. (5.)

Mikäli kyseessä ovat teräsbetonipaalut, on paalut paaluttamisen jälkeen katkaistava. Paalut ovat hyvin painavia ja koneet isoja. Paalun ”lataaminen” paalutuskoneeseen sekä paalun jatkaminen ovat erityisen riskialttiita työvaiheita. Paalun katkaisussa, mikäli se tehdään katkaisemalla pääteräkset timanttisahalla, on varottava paalun katkaistun osan alle jäämistä, mikäli heikennetty paalunpää yllättäen kaatuu. (5.) Suositeltavaa on pitää paaluista kiinni niitä katkaistaessa kaivinkoneen kouralla ja kaataa ne välittömästi hallitusti.

### **Henkilökohtainen putoamissuojaus ja valjaat**

Henkilökohtaisen putoamissuojauksen ja valjaiden käyttöön sillanrakentamisessa liittyy merkittäviä haasteita. On haastavaa määrittää valjaille järkevä ja toimiva kiinnityspiste, joka mahdollistaa työskentelyn vaatiman liikkumisen. Destian työmaalla yritettiin löytää ratkaisu putoamissuojaus haasteeseen telineitä yms. järjestelmiä vuokraavan yrityksen kanssa. Asian ratkaisussa ei alkuun tuntunut olevan mitään pulmaa, niinpä käytiin tutustumassa työmaalla useampaan siltakohteeseen. Kierroksella tuli esiin vaijeriratkaisu, johon valjaat kiinnitettäisiin. Edelleenkin ko. telinealan ammattilaiset eivät ole kuitenkaan kyenneet toimitamaan tietoa, mihin tuo putoamisen estävä vaijeri kiinnitettäisiin ja miten valjaat tarvittaessa taas tuohon vaijeriin kiinnitettäisiin.

### **Alusrakenteet ylöspäin**

Täyttö- tai arinatöiden jälkeen alkavat peruslaatan betonityöt muottitöillä tai pilarien tekemisellä. Siltatimpurin saapuessa siltakohteelle aloitusedellytysten työlle tulee olla kunnossa. Tässä yhteydessä tarkoitetaan varsinaista työkohdetta: maanrakennustöitä, kaivantojen suojaamista, yleisen ja työmaaliikenteen järjestelyjä, nostojen ja betonin pumppaamista, kulkuteitä, sähköistystä, työkalujen varastointia ja rakennusmateriaaleja jne. Myös työskentelystä syntyvän muovin, puunpätkien ja rautaromun logistiikan pitää olla kunnossa ja mietittynä, jotta työkohteella on edellytykset pysyä siistinä. Edellä kuvattiin kattavasti, mitä siltakohteen aluesuunnitelmasta täytyisi pystyä lukemaan. (4.)

Jo pilarien tekemisen yhteydessä alkavat alhaalta ylös rakentamisen haasteet. Esivalmistetut pilarimuotit nostetaan paikoilleen nosturilla. Tällöin on varmistettava, ovatko nostopaikka, nosturi ja nostoapuvälineet kunnossa (5.)? Seuraavaksi pilarimuotit on reevattava pystyyn (elementtituin), jotta ne saadaan oiottua oikeaan asemaansa myöhemmin. Tönärit on luonnollisesti kiinnitettävä pilamuotin yläosaan kahdelle sivulle. Henkilökohtaiselle putoamissuojaukselle ei näissä työvaiheissa ole pilarissa eikä sitä ympäröivissä rakenteissa kiinnityspistettä ja onhan valjaiden käyttöä muutoinkin vältettävä, jos putoamissuojaus vain voidaan teknisesti toteuttaa (4.). Pilarimuotin yläpäähän on rakennettava työtaso, jolta pilariraudoitteen laskeminen ja betonointi myöhemmin tapahtuu. Työtasoa tarvitaan myös ennen ao. toimenpiteitä pilarien paikalleen mittaukseen ja säätämiseen (elementtituilla).

On pohdittava, että voisiko

- elementtitukien kiinnityksen ja työtason sekä kaiteiden rakentamisen hoitaa alumiinisen telinetornin avulla
- kiinnityksen tehdä nostokorista.

Pilarimuotin ympärille lienee rakennettava puutavarasta työteline. Ensimmäinen taso rakennetaan alle kahden metrin korkeuteen ja sille kulkutie sekä kaiteet ja edelleen seuraava taso edellisestä alle kahden metrin korkeuteen sekä kaiteet ja kulkutie. 2 m on VNA 205/2009 pykälässä 28 määritetty raja, milloin on käytettävä erityistä putoamissuojausta eli valjaita. Kuinka monta tällaista tasoa on rakennettava, jotta pilarin yläpää saavutetaan ja paikalleen mittaus, raudoituksen asennus ja betonointi voidaan hoitaa? (1, s. 323-324.)

Pohdittava olisi, voisiko perinteistä rakennusjärjestystä jollain tapaa mahdollisesti muuttaa ja rakentaa sillan telineet pilarimuotin ympärille ja työtason sen yhteyteen? Tällöin pilarimuotin täytyisi kestää telinepohjien tekeminen ja ympäristäytöt (maanpaine) ennen betonointia ja telineen purun jälkeen nuo ”maanalaiset” muotit tulisi tietysti purkaa.

## **Telinetyöt**

Päällysrakenteen telineen rakentaminen alkaa perinteisesti telinepohjien hienosäädöllä ja pelkkojen asentamisella. Tämän jälkeen aletaan pystyttää töttiä. Jossain vaiheessa pitäisi nousta ylöspäin aina tolpan katkaisukoron merkitsemis- ja katkaisutasolle asti. (luku 6.3; 1, s. 322-323) Nostokoria, alumii-nitelinettä tai saksinostinta ei voi hyödyntää, eikä edelleenkään ole kunnon kiinnityspistettä henkilökohtaiselle putoamissuojaukselle. Telinetyöt myös vaativat liikkuvuutta, mikä valjailla on töttien keskellä hankalaa toteuttaa.

Ainoaksi vaihtoehdoksi jäänee rakentaa työtasot alle kahden metrin korkeuteen töttien väliin sekä kulkutiet niille sekä kaiteet ja toistaa tätä, kunnes saavutetaan taso, jolta katkaisukoron merkkaus, katkaisu ja niskan kiinnitys onnistuvat. Parhaassa tapauksessa ylin taso on katkaisukorosta yli 110 cm alempana, jolloin kaiteiden naulauskaan ulommaisiin töttiin ei ole ongelma. Ennen töttien katkaisua on huolehdittava, että tulevalle niskojenkiinnitystasolle rakennetaan asian mukaiset kaiteet, jotka odottavat siellä niskojen asennusta ja muottitöitä. Töttiä katkaistaessa on erityistä huomiota kiinnitettävä mahdollisessa telineaukossa liikkuviin ajoneuvoihin ja henkilöihin sekä siihen, ettei tolpan pätkät vain tipahda tai joudu ajoradalle tai telineen alla työskentelevien päälle. (5, §3 ja §28)

Niskat sekä niskojen kanssa ristikkäissuuntainen sidepuu on turvallista asentaa, kun kaiteet on huolehdittu tasolle, joka niskojen asennuksesta muodostuu. Tästä jatketaan edelleen koolinkien, muotopuiden ja telinepukkien asennukseen sekä muotin naulaukseen.

## **Muottityöt**

Muottitöissä on myös huolehdittava putoamissuojauksesta, jos yli 2 m putoaminen miltä tahansa telineen sivulta on mahdollista, on telineellä käytettävä valjaita (5, §28). Työjärjestyksen on oltava kokoajan, ensin putoamissuojaus, sitten varsinainen muotti, koska valjaiden kiinnityshaaste ei ole edelleenkään poistunut. Kun muottia toteutetaan aukon päälle, vääränlainen valjaiden kiinnitysratkaisu voisi myös johtaa työntekijän tippumiseen ja riippumaan jäämiseen liikenteen käyttämään aukkoon.

## **Paikalla valettavan sillan telineen ja muotin kustannukset**

On pohdittava, paljonko turvallisuudesta ollaan valmiita maksamaan (Kuva 13 sivu 43)? Sillan telineen ja muotin rakennus ja purkukustannukset ovat merkittävä kuluerä rakennettaessa paikalla valettavia siltoja (1, s. 321). Telinesuunnitelmissa viitataan ainoastaan VNA 205/2009 asetukseen, työtelineiden, työtasojen ja kulkuteiden osalta. Telinesuunnitelmat ovat tyypillisesti urakoitsijan suunnitelmia. Hankkeen turvallisuuskoordinaattorit, rakennuttajat ja tilaajat hyväksyvät tämän käytännön.

On pohdittava,

- pitäisikö KU-urakoissa kokeilla käytäntöä, jossa telinesuunnitelmat tulisi tilaajalta ja sisältäisivät telineen rakentamiseen tarvittavat työtasot ja työtelineet
- nouseeko töttätelineen ja paikalle valettavan sillan kustannukset liikaa, jos telinesuunnitelma olisikin tilaajan suunnitelma.

Pitäisikö miettiä muita vaihtoehtoja, kuten

- esimerkiksi liittopalkkisiltoja, joissa muotti tehdään maassa
- elementtisiltoja?

Tämä ei ole yksin pääurakoitsijoiden, aliurakoitsijoiden ja suunnittelijoiden asia vaan kyseessä on mitä suurimmassa määrin tilaajan ja suunnitteluttajien asia, sillä rakennuttajallakin on oma roolinsa työmaan turvallisuudessa ja sen edellytyksissä.

### **7.7 Telineen palkkiaukko ja turvallisuus töttä-telineessä**

Telineen palkkiaukon pieluksia rakennettaessa ollaankin sitten jo aivan ulkopuolisen liikenteen tuntumassa. Yksi tapa hoitaa asia turvallisesti on asentaa aukon tolpat elementtinä ja katkaista ne mittaansa liikenteen ollessa pysäytettynä. Liikenteen pysäyttäminen on kuitenkin tarpeen viimeistään, kun Larssen ponttia nostetaan paikoilleen ja kiinnitetään hitsaamalla tolppiin lyötyihin tartuntoihin. Edellä mainittujen hitsausten jälkeen on Larssen pontin päälle vielä hitsattava keskityslista, jonka päälle varsinaiset aukkopalkit tulevat. (2.)

Työtä helpottaa, mikäli aukon pielustolppia lähin tolpparivi ei ole liian kaukana ja työ pystytään tekemään niskojen asennusta varten tehdyiltä työtasolta ilman kaiteiden purkua ja valjaita. Mikäli kaiteet joudutaan purkamaan, on käytettävä valjaita ja valjaisiin liittyvä problematiikkahan on jo noussut esiin useita kertoja ja tiivistetty edellisessä luvussa 7.6 kohdassa Henkilökohtainen putoamissuojaus ja valjaat. Toinen vaihtoehto on tietysti tehdä aukon pielusten yläosan rakennustyö tieltä ja saksinostimesta käsin. Tietysti puominostinkin tai kori on vaihtoehto, mutta tällöin tarvitaan jälleen valjaita. (5.)

### **Aukkopalkkien asentaminen**

Jotta aukkopalkkien asennus voidaan tehdä turvallisesti, olisi aukkopalkit nostettava yhdellä nostolla, siten että aukkopalkkien väliin tuleva putoamissuojaus ja ympärille tulevat kaiteet nousivat kaikki yhdellä kertaa. Toinen vaihtoehto on nostaa aukkopalkit lohkoissa siten, että putoamissuojaus ja kaiteet ovat nostettavan lohkon ympärillä valmiina. Jälkimmäisessä tapauksessa tien yläpuolella asennetaan sitten aukkosuojaus lohkojen väliin ja muokataan kaiteet uuden tilanteen mukaiseksi. Tällöin valjaat on pakko kiinnittää vieressä olevaan palkkiin tai työ on tehtävä sillan alapuolisesta aukosta saksinostimella.

Erytisen tärkeää on, että kaiteet menevät paikoilleen palkkien noston mukana. Noston aikana liikenne on pakko pysäyttää. On huomioitava, että tippuminen aukkopalkkien päältä johtaa ajoneuvon kuljettajan kannalta ennakoitua odottamattomaan tilanteeseen, mikäli liikennettä ei ole pysäytetty.

## 8 SILTATYÖN LAADUN RAPORTOINTI

Rakentamisen taustalla on urakoitsijan oma toiminta- ja laatujärjestelmä. Sillanrakentamien tapahtuu laatuvarmistusrakentamisen (LVR) periaatteita noudattaen. Siltatyömaan laadunraportoinnin lähtökohtana on siis tilaajalle urakkatarjousvaiheessa toimitettu laadunvarmistussuunnitelma (1, s. 361). Suunnitelmassa listataan työmaan työvaiheita Infra RYL:in mukaisella tunnuksella sekä kerrotaan, mm. mitä dokumentteja ja mittauksia rakennuttaja kyseessä olevasta työvaiheesta voi odottaa. Laadunvarmennussuunnitelmasta ilmenee, tuleeko työvaiheesta teknisiä työsuunnitelmia, työvaiheen työ- ja laatusuunnitelmia, mittauspöytäkirjoja, katselmuksia tai materiaalidokumentteja.

Urakan alussa kannattaa pitää rakennuttajan edustajan, yleensä siltatyön valvojan, kanssa palaveri. Palaverissa käydään läpi, miten valvoja tahtoo siltojen laadun raportoitavan. Tämän pohjalta kannattaa päivittää urakan laadunvarmistussuunnitelma, millä voidaan ehkä välttyä erillisen valvojan tarkistuslistan käyttämiseltä ja täyttämiseltä. Palaverin yhteydessä on hyvä sopia sekä urakkaa koskevien dokumenttien että sähköpostien nimeämiskäytännöistä. Myös urakan aikana on hyvä pitää laatupalavereja, joissa laaturaportoinnin tilaa käydään läpi.

Työmaan aikana pidetään työmaapäiväkirjaa, jonne kirjataan merkittävät laatua koskevat seikat, mm. erilaiset tarkistukset ja laadunvarmistustoimenpiteet. Laadunvarmistussuunnitelman mukaiset suunnitelmat, mittaustulokset ja pöytäkirjat toimitetaan rakennuttajalle ja laadunvarmistussuunnitelmaan kirjataan toimituspäivämäärät. Mittaamisen kannalta oleellista on myös huolehtia mittalaitteiden kalibroinneista (kalibrointitodistukset) ja varmistua, että mittalaitteita käytetään oikein (koulutus).

Mikäli työn suorituksessa tai laadussa tapahtuu poikkeama, tämä raportoidaan rakennuttajalle viipymättä. Kohteen valmistuessa suoritetaan kohteelle niin sanottu itselleluovutus. Itseluovutuksessa käydään läpi rakennussuunnitelmat ja muut suunnitelmat sekä tarkistetaan, että kaikki työt on tehty ja kaikki dokumentaatio toimitettu. Puutteet työn suorituksessa ja raportoinnissa kirjataan pöytäkirjaan. Hyväksytyin Itselleluovutuksen jälkeen voidaan pyytää tilaajalta vastaanottoa. Tilaaja voi hyväksyä kohteen myös pienillä puutteilla, jos näiden korjaami-

sesta sovitaan. Tällöin tilaaja todennäköisesti vaatii urakkasummasta pidätettäväksi puutteita vastaavan summan.



## 9 POHDINTA

Työssä käsiteltiin työelämälähtöisesti rakennusurakkaa ja teräsbetonisillan rakentamista. Työssä pyrittiin tuomaan esiin erityisesti rakennustyömaalla ja sillan rakentamisessa vastaan tulleita ja opittuja asioita. Työ on suunnattu sillan rakentamisesta kiinnostuneille ja sillanrakennustyömaalla aloitteleville työjohtajille ja työmaainsinööreille sekä muille sillan rakentamisesta kiinnostuneille.

Sillan rakentamiseen liittyy paljon suunnitelmia ja dokumentaatiota, lisäksi huomattava määrä suunnitelmia jää urakoitsijan hankittaviksi. Rakentamisessa tulee vastaan harvoin samanlaisia päiviä. Isommista paikalle valettavista silloista löytyy toistuvia työketjuja, kuten telinepohjat, pelkat, tolpat, vaaka- ja vinositeet, niskat sekä muottityöt ja tietysti betonoinnin jälkeen on vuorossa väliaikaisten rakenteiden muotin ja telineen purku. Päälysrakenteen pintarakennetyöt ovat erikoistöitä, joita suorittavat näihin erikoistuneet urakoitsijat. Ennen vedeneristystyötä ja vedeneristystyössä säälläkin on vaikutuksensa, sääsuojasta huolimatta.

Paikalla valettujen laatta- ja palkkisiltojen rakentamisen työturvallisuus ja etenkin putoamissuojaus on haastavaa. Työturvallisuuden lähtökohtahan oli, että jos työn voi tehdä turvallisesti, se on tehtävä turvallisesti. Rakenteellinen putoamissuojaus on siis ehdottomasti asetettava tavoitteeksi kaikissa työvaiheissa. Valjaiden käytöstä seuraa uusia haasteita - yksi suurimmista on valjaiden järkevä, tarkoituksenmukainen ja tippumistilanteessa toimiva kiinnittäminen.

Eryteisesti raskaalta liikenteeltä ja ammattiautoilijoilta pitäisi voida odottaa enemmän. Tietääkö kaivinkonetta lavetilla kuljettava kuljettaja lastinsa korkeutta? On törkeää piittaamattomuutta, että osa isojen ajoneuvojen kuljettajista ei ole tietoisia ajoneuvojensa tai lastiensa korkeudesta ja että osa rekoista on sisällyttänyt siltojen kelivaran rakenteisiinsa eli ajavat tieverkostollamme yli 4,4 metriä korkeilla ajoneuvoilla ilman erikoiskuljetuslupaa ja rapauttavat matalien siltojemme kuntoa.

Sillan rakentamisen työturvallisuus oli päivänpolttava aihe työmaalla ja tässä työssä sitä jalostettiin eteenpäin. Työ toiminee siltä osin myös hyvänä keskustelunavauksena myös telinesuunnittelijan suuntaan.

## LÄHTEET

1. RIL 179-2018 Sillat – suunnittelu, toteutus ja ylläpito. 2018. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
2. Tausta-aineisto: Kiviniemen risteyssillan suunnitelma-aineisto. 2018. Väylävirasto.
3. Hankintojen ilmoitusmenettely. Työ- ja elinkeinoministeriö. HILMA. Saatavissa: <https://www.hankintailmoitukset.fi/fi/docs/ilmoitusmenettely/>. Hakupäivä 23.3.2019.
4. ePerehdytys. Rakennusteollisuus. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Tyoturvallisuus/eperehdytys/>. Hakupäivä 25.3.2019.
5. VNa 205/2009 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. 2009. Valtioneuvosto.
6. Tausta-aineisto: Rakennushankkeiden 2015 tarkastuslista MVR. 2015. Aluehallintovirasto, työsuojelun vastuualue.
7. Ensiapuvalmius työpaikoilla. 2013. Aluehallintovirasto, työsuojeluhallinto.
8. Tausta-aineisto: Kartanonpolun alikulkusilta suunnitelma-aineisto. 2014. Oulun kaupunki.
9. Tausta-aineisto: Kontinkankaan ylikulkusilta suunnitelma-aineisto. 2013. Väylävirasto.
10. Kaukolämpöputken hitsaaja jäi sortuneen maamassan alle TOT-raportti 17 / 06. 2006. TOT-raportit. Saatavissa: <https://slideplayer.fi/slide/11425861/>. Hakupäivä 28.3.2019.
11. Valtatie 3 alikulkukäytävä Parkanossa paikoilleen tunkkaamalla (Pirkanmaa). 2016.ELY-keskus. Saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/-/valtatie-3-alikulkukaytava-parkanossa-paikoilleen-tunkkaamalla-pirkanmaa->. Hakupäivä 28.3.2019.

12. Infra RYL, Osa 3 Sillat ja rakennustekniset osat. 2006. Rakennustieto.
13. T554703 Sillanrakennus, opintojakson kurssimateriaali. 2019. Lehtori Jar-  
mo Erho, Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
14. Iho, Janne, 2019. Tausta-aineisto: Laitaatsalmen siltateline. Destia Oy
15. Liikennemääräkartat koko maa vuosilta 2012-2018. 2019. Väylävirasto.  
Saatavissa:  
[https://vayla.fi/tilastot/tietilastot/liikennemaaarakartat1#.XLD0xNhS\\_mE](https://vayla.fi/tilastot/tietilastot/liikennemaaarakartat1#.XLD0xNhS_mE). Ha-  
kupaivä 12.4.2019.
16. Raskaan liikenteen liikennemääräkartta 2013, Pohjois-Pohjanmaa ja Kai-  
nuu. 2013. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Saatavissa:  
[http://www.infotripla.fi/oulunliikenne/julkaisut/Teemakartat/TCM\\_ELY12\\_Ras  
kasLiikenne\\_netiti.pdf](http://www.infotripla.fi/oulunliikenne/julkaisut/Teemakartat/TCM_ELY12_Ras<br/>kasLiikenne_netiti.pdf). Hakupaivä 13.4.2019.
17. Tausta-aineisto: VT4 Kempele-Kello tienrakennussuunnitelmat. 2015. Väy-  
lävirasto.
18. Tausta-aineisto: VT4 Oulun kohta laatuaineisto. 2019. Destia Oy
19. Vaara vaanii kaivannossa. 2013. Liikennevirasto. Saatavissa:  
[https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts\\_2013-09\\_vaara\\_vaanii\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lts_2013-09_vaara_vaanii_web.pdf). Hakupaivä  
5.5.2019.