



# Teräsbetonisiltojen tuotantomenetelmät Pohjoismaissa

Eemil Haapajoki

OPINNÄYTETYÖ  
Tammikuu 2019

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

HAAPAJOKI, EEMIL:  
Teräsbetonsiltojen tuotantomenetelmät Pohjoismaissa

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 1 sivu  
Tammikuu 2019

---

Sillanrakentamisen tuotantomenetelmät ovat Suomessa olleet pitkälti samanlaisia viimeiset 20 vuotta. Tämä opinnäytetyö on NCC Suomi Oy:n tilaama työ, jonka on tarkoituksena selvittää, miten Suomessa voidaan hyödyntää yrityksen sisäistä laajaa tietotaitoa muissa Pohjoismaissa. Työ keskittyy Suomen ja Ruotsin tuotantomenetelmien vertailuun tilaajayrityksen resurssien käyttömahdollisuuksien vuoksi.

Työn aikana saatiin selville, että tuotantomenetelmät ovat pääasiassa samanlaiset molemmissa maissa muutamaa selkeää eroavaisuutta lukuun ottamatta. Ruotsissa paikallavaletujen siltojen valumuottien telineet rakennetaan aina teräskalustosta, kun taas Suomessa ne rakennetaan pääasiassa puutavarasta työmaalla. Ruotsissa on myös jokaisella siltapaikalla käytössä kiinteä pieni tavaranoستوری. Suomessa nostotöissä käytetään tarvittaessa paikalle tilattavaa ajoneuvonosturia.

Menetelmien eroavaisuudet helpottavat työnjohdon työtä siirtämällä työn yksityiskohtien hallitsemisen aliorakoitsijoille, ja vapauttavat resursseja suuremman urakan kokonaisuuden johtamiseen. Kustannuksiin tai yleisaikatauluihin ei juurikaan tule muutosta menetelmien eroavaisuuksista.

Liite 1 Kustannusvertailua tarkoilla arvoilla ei julkaista julkisessa versiossa liikesalaisuuden perusteella.

## ABSTRACT

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

EEMIL HAAPAJOKI:

The production methods of reinforced concrete bridges in the Nordic countries

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 1 page  
January 2019

---

The production methods in bridge construction have been mostly the same in Finland for the last 20 years. This thesis was commissioned by NCC Suomi Oy with the goal of making use of the extensive know-how inside the company and across national borders. This thesis focuses on the differences in construction methods between Finland and Sweden.

During the writing of this thesis it became apparent that there are not so many differences in the methods used in these countries apart from a few exceptions. The scaffolding of an on-site cast concrete bridge is assembled with a steel equipment frame in Sweden, whereas in Finland the scaffolding is usually wooden and fabricated in situ. Swedish bridge construction also uses small cranes at every bridge. Mobile cranes are the norm in Finland.

The differences in construction methods mainly ease the work of the project management and releases resources for other work. Costs and general timelines of the work are not largely affected.

Appendix 1. Cost comparison with accurate values, is confidential information.

---

Key words: bridges, cast on site, production, costs, timetable

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	Suomen sillasto .....	7
2.1	Sillanrakentamisen historia.....	7
2.2	Siltatyypit.....	9
2.2.1	Teräsbetonisillat.....	10
2.2.2	Puusillat.....	11
2.2.3	Liittopalkkisillat.....	12
2.2.4	Terässillat .....	13
3	Betonisiltojen rakentamis- ja tuotantomenetelmät Suomessa .....	14
3.1	Paikallavalurakenteet .....	14
3.1.1	Perustukset .....	14
3.1.2	Telineet.....	16
3.1.3	Muotit.....	18
3.2	Betonielementtirakenteet.....	19
3.3	Teräsrakenteet.....	20
4	Sillanrakentaminen Pohjoismaissa .....	24
4.1	Pysyvät rakenteet .....	24
4.1.1	Paikallavalu .....	24
4.1.2	Elementit .....	25
4.2	Työnaikaiset rakenteet.....	27
4.2.1	Työtelineet.....	27
4.2.2	Valumuotit.....	29
4.2.3	Muut ratkaisut.....	30
5	Keskeisimpien tuotantomenetelmien vertailu.....	32
5.1	Kustannusvertailu.....	32
5.1.1	Nosturi.....	32
5.1.2	Teline .....	33
5.2	Aikatauluvertailu.....	33
5.3	Tuotantovertilu .....	34
6	Yhteenveto ja pohdinta .....	35
	LÄHTEET .....	36
	LIITTEET.....	38
	Liite 1. Kustannusvertailun laskentataulukko tarkoilla arvoilla ( <b>salattu</b> ).....	38

**ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)**

Alikulkukäytävä	Silta, joka johtaa kevyen-, traktori- yms. lähiliikenteen tai karjan tien alitse.
Autonosturi	Kuorma-auto ja siihen asennettu nosturi.
Jännemitta	Sillan tukien välinen vapaa aukko.
Larssen	Teräksinen ponttilevy.
Niska	Sillan valutelineen yläpään päälle vaakasuoraan asennettava palkki.
Pelkka	Sillan valutelineen alle vaakasuoraan maata vasten asennettava palkki.
Pukkiristikko	Valmiiksi sillan kannen alapinnan muotoon kasattu ristikkorakenne (vertaa omakotitalon kattoristikko).
Putkisilta	Yli 2,00 metriä halkaisijaltaan oleva vesistöissä ja väylän alitukseen käytettävä putkirakenne, joka yleensä on valmistettu aallotetusta teräslevystä, teräsnauhasta tai betonista.
Risteyssilta	Silta, jonka yli ja ali kulkee tie.
ST urakka	Suunnittele ja toteuta urakka; työn tekevä yritys vastaa rakenteiden suunnittelusta ja toteutuksesta.
Tavaranosturi	Nosturi, jolla on tarkoitus nostaa vain tavaroita, ei ihmisiä.
Tunkkaus	Rakenteen kokonaisuena paikalleen siirto raiteita pitkin.
Vanerilevyformu	Vanerilevystä erityisesti betonivaluihin valmistettu muottitavara.
Varsinainen silta	Silta, joka ei ole putkisilta.

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tarkastelee sillanrakentamisen tuotantomenetelmien eroavaisuuksia Pohjoismaissa. Tilaajaorganisaation käytettävien resurssien vuoksi työn pääpaino on kuitenkin Suomessa ja Ruotsissa käytettävien menetelmien eroavaisuuksissa.

NCC Suomi Oy on ruotsalaisen NCC AB:n tytäryhtiö, joka on laajentanut toimintalaansa sillanrakentamiseen Suomessa 2017. Konsernilla on vakinaista toimintaa Ruotsissa, Norjassa, Tanskassa ja Suomessa, sekä pienempää projektiluontoista toimintaa muualla Manner-Euroopassa. Konsernilla on paljon kokemusta ja tietotaitoa sillanrakentamisen alalta muissa pohjoismaissa ja tätä halutaan käyttää hyväksi Suomen toiminnan parantamiseen ja mahdollisten kilpailuvalttien käyttöönotossa.

Opinnäytetyö käy lyhyesti läpi suomalaisen sillanrakentamisen historiaa sekä nykypäivänä rakennettavia siltoja Suomessa ja Ruotsissa. Syvempi katsaus tehdään nykyään käytettäviin tuotantomenetelmiin paikallavalettavien teräsbetonisiltojen osalta Suomessa ja Ruotsissa.

Työn toteutuksessa käytettiin vahvasti asiantuntijahaastatteluja, joita suoritettiin Ruotsissa ja Norjassa kesällä 2018 ja Suomessa loppuvuodesta 2018. Näiden lisäksi työssä on käytetty alan yritysten ja yhdistysten julkaisuja koskien siltoja ja betonirakentamista, ja kohdemaiden virastojen ohjeita ja julkaisuja, jotka ohjaavat siltojen rakentamista.

Työ rajataan paikallavaluna rakennettavien teräsbetonisiltojen tuotantomenetelmien vertailuun.

## 2 Suomen sillasto

### 2.1 Sillanrakentamisen historia

Suomessa tientekevölliset rakensivat siltoja puusta merkittävälle reiteille ruotsin kruunun määräyksestä. Puun lyhyen käyttöiän takia siltoja jouduttiin korjaamaan noin 20 vuoden välein. Siltapaikat säilyivät vakiintuneina kuitenkin hyvinkin pitkään. Esimerkiksi Lempäälässä Kuokkalankosken ylittävä silta mainitaan asiakirjoissa ensimmäisen kerran 1455.

Suomessa kirvesmiehillä on ollut korkeatasoista tietotaitoa talon- ja etenkin kirkonrakentamisesta. Tämä oli suureksi eduksi rakennelaskentataidon vielä ollessa huono. Hyvällä perimätiedolla ja kokemuksella kirvesmiehet osasivat valita oikeanlaiset materiaalit ja rakenteiden suojaustekniikat varmistaakseen siltojen mahdollisimman pitkän käyttöiän. Merkittävämmissä silloissa alettiin käyttää 1600 -luvulla laivanrakennuksessa tutuksi tullutta tervaa suojaamaan alusrakenteita ja kantta.

Rakennelaskentataidon kehittyminen mahdollisti eri tekniikoiden kehittämisen. Siltojen jännemittoja saatiin kasvatettua 1800 -luvulla vaarnapalkki- ja ansarakenteilla. 1900 -luvun loppupuoli näki useita kehitysaskelia puusiltojen rakentamisessa. Suolakyllästetyjä osia alettiin käyttää 1952, jonka jälkeen tekniikka yleistyi hyvin nopeasti. Liimapuupalkkien ja kreosoottikyllästeiden käyttö yleistyi 70 -luvulla. Liimapuupalkeista rakennettiin aluksi kevyen liikenteen siltoja, mutta pian kehitettiin ajoneuvoliikenteelle tarkoitettujen siltojen tyyppiratkaisut.

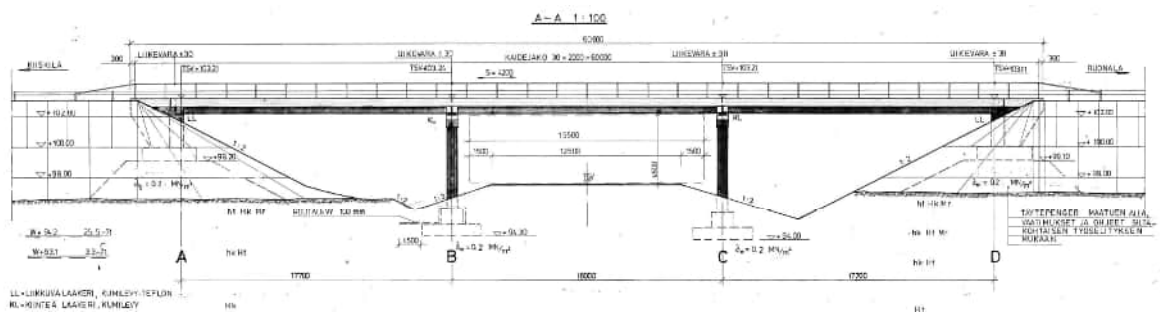
Kivisiltojen rakentamistekniikat tunnettiin hyvin jo 1700 -luvun loppupuolella, mutta niiden rakentaminen yleistyi vasta autonomian aikana 1800 -luvun lopulla. Sillanrakentaminen Ruotsin kruunun aikana rahoitettiin paikallisten pitäjien ja tienpitovelvollisten puolesta. Valtio osallistui sillanrakentamisen kustannuksiin ensimmäistä kertaa Suomen sodan jälkeiseen jälleenrakentamisen yhteydessä. Tämän jälkeen valtion rahoitus vakiintui ja verrattain kalliita kivisiltoja oli mahdollista rakentaa enemmän. Vielä vuonna 1885 Suomessa oli 1445 kivisiltaa, mutta jo itsenäisyyden alussa 1917 kokonaislukumäärä oli kasvanut 4000:n kivisiltaan.

Rautatieliikenne ajoi suomalaista sillanrakentamista eteenpäin, etenkin teräsrakenteiden osalta, 1800 -luvun lopulta alkaen. Tuolloin suomen rautatieverkosto kasvoi ja sen mukana suurta painoa kestävien siltojen kehittäminen edistyi. Aluksi suurin osa silloista rakennettiin puusta. Pian huomattiin, että puun edullisuudesta rakennusmateriaalina huolimatta, sen ylläpitokustannukset olivat suuret. Teräsrakenteiset sillat todettiin kokonaistaloudellisesti edullisemmiksi. (Siltojemme historia 2004, 39)

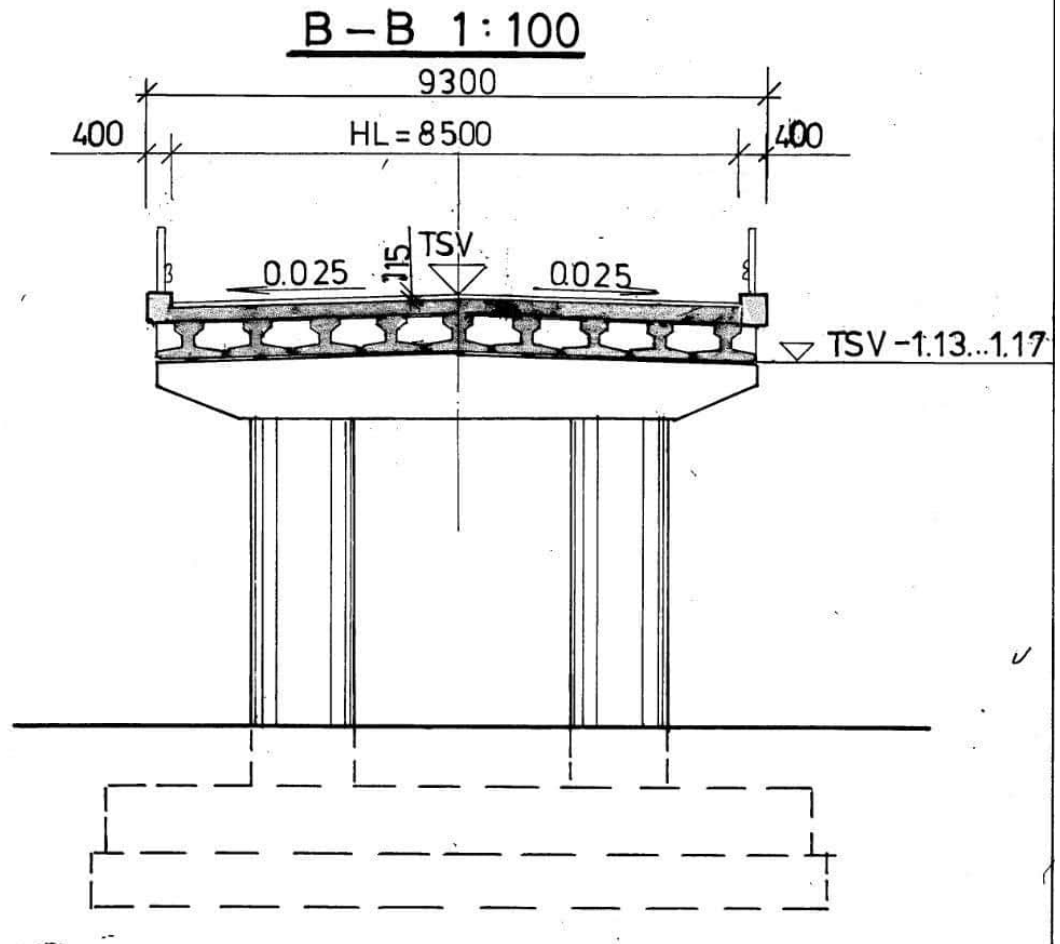
Terässiltojen rakentamisen alkuaikoina rakenteet tuotiin useasti ulkomailta ja asennettiin puluttaamalla elementteinä paikalleen. Vähitellen suomalainen tietotaito ja teräksen valmistaminen kehittyi.

Betonisia siltoja on rakennettu Suomessa 1800-1900 -lukujen taitteesta alkaen. Tiedettävästi ensimmäinen betonisilta oli betoniholvisilta, joka rakennettiin 1894 Helsingin Mannerheimintielle ylittämään satamaradan. Silta on raudoittamaton ja sen rakentamisessa käytettiin runsaasti säästökiviä sementin kustannusten vuoksi. (Siltojemme historia 2004, 288)

1970-luvulla teräsbetonelementtien käyttö lisääntyi entisestään, kun elementtiteknikka alkoi yleistyä myös talonrakentamisessa. Jännitetyille elementtisilloille kehitettiin tuolloin tyyppiinirustussarjat Jbe I-V. Siltojen elementtirakentamisen osuus alkoi tasaantua 1980-luvulla. Tästä lähtien elementtisiltojen osuus uusista silloista on laskenut huomattavasti. (Lampikoski 2014)



KUVA 1 JBE I tyyppiinirustuksen pituusleikkaus (Käytöstä poistettuja tyyppiinirustuksia)



KUVA 2 JBE I tyyppiin rakenteen poikkileikkaus (Käytöstä poistettuja tyyppiin rakenteita)

Nykyään elementtisillat ovat harvinaisia uudisrakentamisessa. Syitä suosion laskemiseen on monia. Elementtirakenteet eivät, siltojen osalta, saavuttaneet koskaan haluttua kustannustehokkuutta ja ne ovat koettu ulkonäöltään kömpelöiksi. Paikallavalutekniikan kehityksessä sen kilpailukyky parani ja näin valtasi elementtirakenteiden markkinaosuutta. (Lampikoski 2014)

## 2.2 Siltatyypit

Nykyään Suomessa rakennettavat ovat rakennusmateriaaleiltaan teräsbetonisia, puisia, teräksisiä ja teräsbetoni- ja teräsrakenteita yhdistäviä liittorakenteisia siltoja. Varsinaisista silloista yleisimpiä ovat teräsbetonirakenteiset sillat. Lukumäärällisesti teräksisiä putkisilloja rakennetaan enemmän. (Liikenneviraston sillat 1.1.2018. 25, 30.) Useimmat

putkisillat ovat joko suuria ojarumpuja tai kevyen liikenteen tarpeisiin rakennettuja siltoja. Niiden kokonaispinta-ala jää piestä koostaan johtuen alhaisemmaksi, kuin teräsbetonisilloissa.

### **2.2.1 Teräsbetonisillat**

Teräsbetonirakenteiset sillat ovat suomessa yleisimpiä ja ne ovat useimmiten toteutettu paikallavaluna. Pääasiassa rakenteeltaan teräsbetonisillat ovat laattasiltoja, kehäsiltoja tai jännitettyjä laattapalkkisilloja (Humalajoki 2018). Jännitettyjä siltoja käytetään pitkien jännevälien tai suurien kuormien kantamiseksi, kun taas laattasillat ovat suosittuja niiden matalan profiilin vuoksi, silloin kun niiden käyttäminen on mahdollista rasiusten kannalta. Kehäsillat ovat suurimmassa käytössä lyhyissä silloissa, kuten kevyen liikenteen alikulkukäytävissä.

Teräsbetonirakentaminen paikallavaluna on kehittynyt Suomessa hallitsevaksi menetelmäksi. Siltoja suunniteltaessa halutaan usein jättää niin sanotusti oma kädenjälki näkyväksi, jolloin miltei jokainen silta poikkeaa toisistaan esimerkiksi muodoltaan. Paikallavalettu rakenne on helppo sopeuttaa tällaiseen muokattavuuteen, koska valumuotit rakennetaan joka tapauksessa erikseen aina yhtä siltaa varten. Alan ammattilaiset ovat tottuneet tämän tyyppiseen rakentamiseen, joka vahvistaa paikallavalun aseman pysyvyyttä.

Teräsbetonielementtien käyttäminen sillanrakentamisessa yleistyi Suomessa 60-luvulla, mutta hiipui vähitellen 80-luvulta alkaen. Nykyään betonielementtien käyttö on harvinaista. Syitä tähän näyttää olevan useita; haastatteluissa tuli esille elementtien saumakoh-tien vuotoherkkyys, tyyppihyväksytyjen ratkaisujen puute, tottumukset alalla ja kustannukset. (Humalajoki 2018, Niemi, 2018, Vellamo 2018.)



KUVA 3 Elementtirakenteisissa silloissa on haasteena saumakohtien vuotoherkkyys

### 2.2.2 Puusillat

Puusiltojen rakentaminen on kasvanut Suomessa viime vuosina. Puun valitsemiseen sillan rakennusmateriaaliksi vaikuttaa sen esteettisyys ja taloudellisuus. Taloudellisesti puusillat ovat parhaimmillaan 4 – 20 m jännevälillä ajoneuvoliikenteen silloilla ja 3 – 30 m kevyen liikenteen silloilla. Puu on hyvin perinteinen rakennusmateriaali ja se koetaan ulkonäöltään hyväksi.

Versowood on kehittänyt ajoneuvo- ja kevyelle liikenteelle tyyppihyväksytyjä rakenneratkaisuja. Nykyään vanhat ja huonokuntoiset puusillat korvataan usein juurikin näillä tyyppihyväksytyillä silloilla.



KUVA 4 Versowoodin tyyppihyväksytty ajoneuvoliikenteen poikittaiskiristetty laattasilta (Versowood Oy n.d.)

### 2.2.3 Liittopalkkisillat

Suomen Suurimmat sillat ovat rakenteeltaan liittopalkkisilloja. Esimerkiksi Suomen pisin silta, vuonna 1997 rakennettu Raippaluodon silta, Mustasaarella on vinoköysikannatteinen liittopalkkisilta teräsbetonikannella. Suomen viidestä pisimmästä sillasta neljä on liittopalkkirakenteisia. Nämä sillat ovat pituusjärjestyksessä Raippaluodon silta Mustasaarella, Tähtiniemen silta Heinolassa, Kärkisten silta Jyväskylässä ja Puumalansalmen silta Puumalassa

Suomessa tarve suurille ylityksille on vähäinen ja rakennettavat sillat ovat pääasiassa lyhyitä ja matalia (Holopainen 2018). Kohteita, joissa perinteiset liittopalkkisillat ovat järkeviä ratkaisuja, on vähän. Uutena kehityksen askeleena on Ruukin kehittämä lyhyen jännevälän liittopalkkisilta, Ruukki Easy Bridge®. Easy Bridge Classic -sillalla saavutetaan 11 m – 29 m jännemitat 4,5 m ja 6,5 m hyötyleveydellä, ja Ruukki Easy Bridge Premium -sillalla 15 m – 35 m jännemitat 6,5 m, 8,5 m ja 10,5 hyötyleveydellä. (Rautaruukki Oy n.d.)

#### 2.2.4 Terässillat

Nykyään teräsrakenteiset sillat näyttelevät suhteellisen pientä osaa uudisrakentamisessa; vuonna 2018 Suomessa rakennettiin maanteille neljä, ja rataverkolle yksi terässilta. Suomen varsinaisista silloista 8 % on teräsrakenteisia, joista 82 % luokitellaan palkkisilloiksi. Tieverkolla suurin osa näistä on teräsbetonikantaisia liittopalkkisilloja. (Liikenneviraston sillat 1.1.2018, 25, 30, 56, 59.)

Teräs on parhaimmillaan erittäin pitkissä silloissa, kuten suurissa vesistöylityksissä. Suomessa rakennettavat sillat ovat enimmäkseen lyhyitä ja matalia (Holopainen 2018). Tämä vaikuttaa paljolti teräksen epäsuosioon rakennusmateriaalina silloissa.

Varsinaisten siltojen ulkopuolella, putkisilloissa, teräs on ehdottomasti yleisin rakennusmateriaali; Suomen putkisilloista 99 % on teräksisiä. Putkisillat ovat Suomen siltojen uudisrakentamisessa, etenkin kevyen liikenteen väylillä, suosittuja. Vuonna 2017 rakennetuista 77:stä sillasta 44 oli teräspankkitiltoja. (Liikenneviraston sillat 1.1.2018, 30)

### **3 Betonisiltojen rakentamis- ja tuotantomenetelmät Suomessa**

#### **3.1 Paikallavalurakenteet**

Suurin osa Suomen silloista rakennetaan nykyään teräsbetonista paikallavaluna. Teräsbetonielementtirakenteiden käyttäminen oli suurinta 1960-1980 -luvulla. Vuosina 2006-2009 teräsbetonielementtisilloja rakennettiin vain viisi kappaletta. (Lampikoski 2014) Vuonna 2017, 33:sta valmistuneesta varsinaisesta sillasta, 28 oli paikallavalettuja teräsbetonisia siltoja. Nykyään paikallavaluna rakennettavat sillat ovat yleisimmin jännittämättömiä laatta- ja laattakehäsiltoja ja jännitettyjä laattapalkkisilloja.

##### **3.1.1 Perustukset**

Kantavalle maalle rakennettavan sillan valumuotin perustukset tehdään yleisimmin murskepatjan päälle asennettavana pelkoituksena puusta. Puupelkkojen alla käytetään tarvittaessa teräksisiä Larssen -ponttilevyjä maanvastaisen pinta-alan suurentamiseksi.



KUVA 5 Paikalla valettavan sillan valumuottitelineen perustukset. Murskepatjan päälle asennetut pelkat joiden päälle rakennettu teline.

Vesistösiltoja rakentaessa työnaikaisten rakenteiden perustaminen on erityisen tärkeää. Perustamistapoja on useita. Kohteen luonteesta riippuen valitaan sopivin vaihtoehto. Usein paras ratkaisu on puu- tai teräspaalujen lyöminen vesistön pohjaan. Paalujen päälle rakennetaan työtaso Teräspalkeista ja puusta.



KUVA 6 Hämeensillan korjaus marraskuussa 2018.



KUVA 7 Työtaso on perustettu kosken pohjaan lyödyille paaluille.

### 3.1.2 Telineet

Paikallavalussa käytetään pääasiassa puutavarasta rakennettua telineettä (Niemi 2018). Puun hyvä saatavuus, edullisuus, työstettävyys ja hyvä ammattityövoima ovat vaikuttavia tekijöitä puun hyväksi telinemateriaalia valittaessa (Siltojen tukitelineet – 2007, 15.) Puista telinemateriaalia voidaan käyttää parhaimmillaan jopa 4 kertaa, jolloin puun kustannustehokkuus nousee entisestään. (Lehtonen 2018)



KUVA 8 Kyröskosken risteys sillan valumuottiteline rakennusvaiheessa.

Puutelineitä harvinaisempi ratkaisu on teräksinen kalustotavarasta rakennettu teline. Terästeline saattaa osoittautua hyväksi ratkaisuksi, jos rakennettavassa kohteessa on paljon samoja tai toistettavia muotoja. Esimerkiksi Hämeenlinnan alikulkutunnelin rakentamisessa käytettiin siirrettävää terästelinettä (Vellamo 2018.)

Kalustotelineen valitsemiseen vaikuttavat myös muutkin tekijät. Kalustotelineen kokoamiseen voi käyttää useampaa menetelmää. Se voidaan kasata paikalleen asennettaviksi osiksi asennuspaikan läheisyydessä, jos työskentely asennuspaikalla on haastavaa. Työturvallisuutta voidaan kasvattaa kokoamalla teline vaakatasoon kaadettuna ja nostamalla osissa ylös. Ahtaat tilat esimerkiksi junaraiteiden välissä, ovat vaikeita perinteisen puutelineen rakentamiseen, mutta kalustotelineen voi rakentaa valmiiksi elementeiksi radan sivussa ja asentaa paikalleen lyhyen liikennekatkon aikana. Myös käytettävät resurssit vaikuttavat telineratkaisuun; Metsämäentien siltaa rakennettaessa Helsingissä oli timplereista pulaa, joten se päätettiin toteuttaa kalustotelineellä. (Humalajoki 2018.)

Kalustotelineen tehokas käyttö vaatii enemmän esivalmistelua, kuin puuteline. Se ole myöskään niin helposti muokattavissa yksilöllisiin muotoihin. Esimerkiksi telinepohjan

tulee olla koko matkalta tasainen, kun taas puutelineen pystyy rakentamaan osaksi pengerryksen rinteeseen päälle.

### 3.1.3 Muotit

Valumuotit rakennetaan pääasiassa raakaponttilaudasta. Syitä puutavaran käytölle on useita. Silloissa on usein kaarevia muotoja, jotka ovat helppoja toteuttaa lautamateriaalista tehdyllä muotilla. Puutavaran käyttö on hyvin perinteistä; siihen on totuttu niin rakentamisen, kuin esteettisyyden näkökulmasta. Suomessa on korkea tietotaito puutelineiden suunnittelulle ja toteutukselle. (Vellamo 2018)

Siltojen valupinnat luokitellaan Betoninormien By 40 mukaan luokkaan AA. By 40 luokkaa AA voidaan nimittää arkkitehtoniseksi luokaksi ja sillä on korkeimmat esteettiset laatuvaatimukset kaikista luokista. (Korpela & Palolahti 2014, 2). Tämä luokitus ohjaa suuresti muotin materiaalin valintaa. Suurmuotteja, jotka ovat yleistyneet talonrakentamisessa, käytetään sillanrakentamisessa hyvin harvoin.



KUVA 9 Siltojen valumuotit rakennetaan miltei poikkeuksetta lautatavarasta.

### 3.2 Betonielementtirakenteet

Yleistyi 1960-luvulla, kun taajama-alueilla parannettiin liikenneturvallisuutta rakentamalla useita alikulkukäytäviä. Täysin elementtirakenteinen TOBI-alikulkukäytävä kehitettiin ja yleistyi 1960-luvulla, mutta poistui vähitellen käytöstä rakenteen monimutkaisuuden ja vaatimattoman estetiikan takia. (Lampikoski 2014)



KUVA 10 12-tien alittava TOBI-silta Tampereella

Liikenteellisesti tärkeissä kohteissa voidaan käyttää sivusta tunkattavaa rakennetta. Tällaisissa tapauksissa voi olla edullista valmistaa rakenteet elementteinä työmaalla tai kokonaisena rakenteena lopullisen paikan vieressä ja asentaa paikalleen tunkkaamalla. Tunkkausta käytetään Suomessa pääasiassa rautateiden alituksissa. Myös joidenkin pääväylien alitukset on suoritettu tunkkaamalla.

### 3.3 Teräsrakenteet

Betonisilloissa esiintyy teräsrakenteita pääasiassa teräsbetonin raudoituksina ja liittorakenteisien siltojen teräsosina. Teräsbetonin raudoituksen osalta selkeästi yleisin tuotantomenetelmä on leikata ja taivuttaa harjateräkset suunnitelmien mukaiseen mittaan ja muotoon tehdasolosuhteissa. Työmaalla teräkset sidotaan yhtenäiseksi raudoitteeksi suoraan valumuottiin.



KUVA 11 Sillan poikittaisten pääterästen ja reunapalkkien raudoitteiden asennus

Harvinaisempi menetelmä, mutta kuitenkin joissain tapauksissa parempi ratkaisu on tehdä raudoitteet valmiiksi häkeiksi ja asentaa kokonaisina valumuotteihin. Tämä menetelmä toimii hyvin elementtien valmistuksessa. Esimerkiksi Parkanossa rakennettiin Vt 3:n alittava alikulkukäytävä, jonka kansirakenne tehtiin työmaalla valmistetuista teräsbetonielementeistä.

Tiettyjen rakenneosien raudoitukset pyritään valmistamaan tehtaalla asennusvalmiiksi raudoitteiksi. Valmiiksi sidottuja raudoitehäkkejä käytetään esimerkiksi reunapalkeissa,

pilareissa ja teräsputkipaaluissa. Teräkset sidotaan tehdasolosuhteissa suunnitelmien mukaisiksi kokonaisuuksiksi, ja toimitetaan työmaalle. Reunapalkkien ja laattapalkkisiltojen palkkien haoituksessa voidaan käyttää valmiiksi hitsattuja hakakoreja. (Lehtonen 2018)



KUVA 12 Sillan välitukipilarin raudoitukset.

Suomessa on kokeiltu BAMTEC<sup>®</sup> -mattoraudoitetta muutamassa siltakohteessa. BAMTEC<sup>®</sup> -mattoraudoite on Saksassa kehitetty menetelmä, jossa raudat ovat kiinnitetty vähän energiaa käyttäen vastuspistehitsausmenetelmällä teräsvanteeseen ja pakattu rullalle. Mattoraudoite räätälöidään aina kohteen mukaan, jolloin teräkset voidaan optimoida jännitelaskelmien mukaisesti. Raudoitettavan rakenteen muodot ja ominaisuudet otetaan huomioon jo tehtaalla, jolloin työmaalla tehtävän työn teho saadaan maksimoitua. (Mattoraudoitteella aikataulut ja... 2009)

Mattoraidoitteen käytössä Suomessa on ollut haasteita liikenneviraston kanssa. Betoninormien (B4) mukaan hitsaaminen vähentää terästen väsymislujuutta 60 %. Tästä syystä hitsaamista ei olla käytetty sillanrakentamisessa. Celsa Steel Service Oy:n käyttämä pistehitsausmenetelmä kuitenkin vähentää teräksen väsymislujuutta enintään 20 %. (Mattoraidoitteella aikataulut ja... 2009) Liikenneviraston mukaan sillan pääteräksissä ei kuitenkaan tule käyttää hitsattua terästä. (Lehtonen 2018)



KUVA 13 BAMTEC®-mattoraidoitetta levitetään sillan poikittaissuuntaisiksi raidoitusiksi. (Celsa Steel Service 2012)

Liittopalkkisillat rakennetaan valmistamalla osio kerrallaan. siltojen teräksiset palkkirakenteet valmistetaan tehdasolosuhteissa osiksi, jotka voidaan kuljettaa rakennuspaikalle. Osat hitsataan työmaalla suunnitelmien mukaiseksi rakenteeksi paikalleen. Palkkirakenteen päälle rakennetaan kannen valumuotti. Usein muotin telineet ovat valmiista ristikkoelementeistä. Muotti rakennetaan valmiiksi penkalla ja tunkataan eteenpäin palkin päälle. Myös raidoitteet pyritään asentamaan muottiin penkalla. Jotkin teräksiset kuitenkin joudutaan asentamaan vasta muotin tunkkaamisen jälkeen tunkkauskaluston kapasiteetin takia. Muotti pultataan paikalleen palkkiin kiinni valun ajaksi. Valun jälkeen muotin purku aiheuttaa usein haasteita rakennuspaikkojen luonteen johdosta. Usein liittopalkkisilltojen rakennuspaikat ovat pitkiä ja korkeita, tavallisesti vesistöjen, ylityksiä. Muotti tulisi saada kokonaisuudessaan purettua ja jätteet lajiteltua, eikä vesistöihin saada päästää purkujätettä.

Ruukin tyyppisilta koostuu maatukien päälle asennettavasta teräspalkistosta ja betonisesta kansilaatasta. Päätyrakenteet voidaan valmistaa joko teräksestä tai betonista, kohteen mukaan. Betoninen kansilaatta voidaan rakentaa paikallavaluna tai työmaalle valmiiksi tehdasolosuhteissa valmistetuista elementeistä. Muut osat Ruukki toimittaa esivalmistettuina elementteinä työmaalle.

Ennen Ruukin toimitusta työmaalla tulee olla tukirakenteet, kuten paalut, joille teräspalkit asennetaan, valmiina paikallaan, ja nostopeti rakennettuna osien asennusta varten. Rakentelementit toimitetaan työmaalle 3–4 kuljetuksella riippuen sillan koosta. Rakenteet asennetaan paikalleen yhdessä päivässä, kun resursseina on yksi nosturi ja kaksi asentajaa. Tämän jälkeen tehdään kansielementtien saumojen tiivistys ja kannen jälkivalut. (Rautakoski 2018)



KUVA 14 Ruukki Easy Bridge® runkorakenne elementtirakenteisella kannella. (Rautaruukki Oyj n.d.)

## 4 Sillanrakentaminen Pohjoismaissa

### 4.1 Pysyvät rakenteet

Ruotsissa sillanrakentaminen on hyvin laajaa; ajoneuvoliikenteen pääväylillä ei suosita nykyään liittymiä, jolloin pienetkin risteävät maataloustiet ja muut vastaavat ohjataan joko ali- tai ylikululla. Yleisimmät siltatyypit ovat teräsputki ja -kaarisiltoja, teräsbetonisia laatta-, laattapalkki- ja kehäsiltoja, liittopalkkisiltoja ja terässiltoja. Viimeisenä mainittuja käytetään vain, kun tarvitaan hyvin pitkiä jännevälejä, kuten suurissa vesistöylyksissä.

Norjassa modernissa sillanrakentamisessa on vahvat perinteet. Maantieteellisistä syistä pääpaino on vesistösilloissa. Teräsbetoniset kotelopalkkisillat ovat hallinneet keskipitkien jänneiden siltoja viimeisen 50 vuoden ajan (Vegvesen n.d.). Vuonna 2014 Norjassa oli valtion ylläpitämiä siltoja 18 199 kappaletta.

Puusillat ovat yleistyneet NPRA:n, eli norjalaisen liikenneviraston, uusien säädösten myötä viimeisen kymmenen vuoden aikana. Useimmat uusista puusilloista ovat kaari- ja ansarakenteisia. Puiset sillan kannet ovat melkein poikkeuksetta poikkijännitettyjä palkkirakenteita. (Vegvesen n.d.)

#### 4.1.1 Paikallavalu

Ruotsissa paikallavalu on yleisin rakentamismenetelmä tieverkon silloissa. Useimmat Teräsbetoniset sillat ovat laattakehä- ja laattasiltoja. Paikallavalurakenteissa tyyppiratkaisut ja niiden pohjalta suunnitellut sillat ovat yleisiä. (Trafikverket 2013.)

Paikallavalua käytetään myös usein liittorakenteisien siltojen teräsbetonikansien valmistamisessa; joissain erikoistapauksissa on käytetty kansielementtejä (Axen 2018.)

#### 4.1.2 Elementit

Elementtirakenteet ovat Keski-Euroopassa Suomeen verrattuna yleisiä. Tähän ilmeisenä syynä on liikennehäiriöihin suhtautuminen vakavasti. Sama ajattelumalli näkyy Ruotsissa. Rakentamisesta liikenteelle aiheutuvat häiriöt pyritään minimoimaan, vaikka siitä aiheutuisikin ylimääräisiä kustannuksia.

Elementtiratkaisuilla saadaan vähennettyä liikenneväylälle kohdistuvaa häiriötä. Yleisin käytössä oleva tekniikka on sillan valmiiksi rakentaminen sijoituspaikan vieressä ja yhdellä liikennekatkolla paikalle asentaminen tunkkaamalla. Keväällä 2018 tiellä E22 Ruotsissa Lundin kohdalla uuden risteyssillan rakentamisessa käytettiin juuri tätä menetelmää. Työhön kuului vanhan sillan purkaminen ja uuden rakentaminen samalle paikalle. Työ saatiin suoritettua 12 vuorokauden liikennekatkon aikana. Suurin osa projekteista, joissa käytetään sillan tunkkausmenetelmää, ovat rautateihin liittyviä. (Axen 2018.)

Yleisiä elementtirakenteisia siltoja ovat suurehkot, silloiksi lueteltavat teräsputki- ja kaarisillat. Teräskaarirakenteita on miltei mahdoton valmistaa työmaalla, joten ne hankitaan tehtaalla valmistettuina elementteinä. Pienikokoisimmat siltarakenteet voidaan toimittaa ja asentaa paikalleen kokonaisina, mutta suuremmat kokonaisuudet valmistetaan yhteen asennettavista osista (Högvall 2018.) Osat asennetaan työmaalla tehdyille asennusalustalle, joko betonisten anturaclementtien varaan tai putkisillan tapauksessa suoraan murskeen päälle.



KUVA 15 Murskepohjalle elementtisista rakennettu teräspalkisilta

Liittopalkkisillat yhdistävät paikallavalu- ja elementtirakentamista, ja ovat yleisiä suurilla silloilla esimerkiksi vesistöjen ylityksissä. Siltojen kantavat teräspalkit valmistetaan tehtaalla valmiiksi osiksi, jotka liitetään toisiinsa työmaalla. Työmaan luonteesta riippuen sillan kansi joko valetaan paikalleen muottiin teräspalkkien päälle tai valmistetaan työmaalla etukäteen paikalleen asennettaviksi elementeiksi. Työmaalla elementtien valmistaminen on kuitenkin harvinaisempaa. Elementtien paikalleen asentaminen tuottaa lisää kustannuksia. (Axen 2018)

Norjassa elementtirakentaminen on verrattain yleistä suhteessa muihin pohjoismaihin. Merkittävä osa silloista on rannikkoalueilla sijaitsevia vesistösiltoja. Siltojen sijainnista johtuen elementtirakentamista on suosittu; rakennusmateriaaleja on helpompi toimittaa

vesiteitse, kuin maata pitkin. Tästä johtuen valmiiden elementtien toimittaminen työmaalle ei tuota niin suuria vaikeuksia, kuin muualla. (Åberg 2018)

## **4.2 Työnaikaiset rakenteet**

Tämä kappale käsittelee Ruotsissa käytettäviä tuotantomenetelmiä, ellei erikseen toisin mainita.

### **4.2.1 Työtelineet**

Valumuottien telineet rakennetaan pääasiassa vuokrattavasta teräskalustosta. Kalustoteline perustetaan tasaiselle murskepatjalle. Murskeen päälle telineen tolppien alle laitetaan jalkalevyt pienentämään telineen aiheuttamaa pintapainetta jalkojen kohdassa. Telineen yläpäähän asennetaan HE-palkit, niskoiksi tasaamaan ja stabiloimaan telinettä ja sen yläpuolista muotoa. HE-palkkien päälle tehdään sillan kannen pohjan muodon mukainen muottiristikko puusta. Usein tämä ristikko toteutetaan tehdasvalmistetuilla pukkiristikoilla.



KUVA 16 sillan valumuottiteline teräskalustosta rakennettuna Ruotsissa



KUVA 17 Teräksiset niskat asennetaan telineille nosturin avulla.

Ruotsissa ST urakat ovat yleisiä. Urakoitsija pystyy tällaisessa urakkamuodossa antamaan näkemyksensä jo siltojen suunnitteluvaiheessa, ja pystyy täten keskustelemaan suunnittelijan kanssa ja optimoimaan siltoja tuotannon näkökulmasta. Urakassa, jossa on useampia siltoja, voidaan esimerkiksi suunnitella sillat mahdollisimman saman muotoiseksi, jolloin pukkiristikkoja voidaan uusiokäyttää useammassa sillassa.

#### **4.2.2 Valumuotit**

Muotit rakennetaan nykyään yleisimmin vanerilevyformusta. Vielä 2000-luvun alussa kaikki muotit rakennettiin laudasta. Noin 20 vuotta sitten, arkkitehtonisista syistä, myös formujen käyttö sallittiin silloissa. Formujen käyttö muottipinnassa on yleistynyt viimeisen 10 - 15 vuoden aikana. (Svensson 2018)

Lautaa käytetään nykyään arkkitehdin näkemyksen mukaisesti. Kohteesta riippuen valmiin betonipinnan ulkonäkö on määrätty urakka-asiakirjoissa.

Vaneriformua käyttäessä on ilmennyt sekä hyötyjä, että haasteita. Vakioratkaisuissa, isoissa ja toistettavissa muodoissa käyttö on helppoa ja tehokasta. Suurimpana haasteena ilmenee muottielementtien väliset saumakohdat. Puumuotti antaa pienet työvirheet anteeksi helpommin, kuin vaneri. Laudan jättämästä pinnasta epätäydelliset muottitavaran saumat ja muotissa olleet epäpuhtaudet eivät erotu niin selkeästi, kuin vanerin jättämästä täysin tasaisesta pinnasta. Tästä syystä esimerkiksi huolellinen betonin tiivistys valun aikana on erityisen tärkeää. Vanerimuottitavaran voi uusiokäyttää näkymättömiin jäävien betonipintojen muotteina. (Axen 2018; Svensson 2018)



KUVA 18 Huolellisesti tehtyä betonipintaa vanerimuoteista. Kuva on Malmön Neptuni-gatan kadunrakennustyömaalta kesällä 2018.

Uusin innovaatio muottitekniikassa on vanerin pintaan asennettavat muoviset grafiikkamuotit (Axen 2018.) Grafiikkamuottien avulla voidaan saada esimerkiksi lautamuottia muistuttava pinta käyttäen vanerimuottia. Tästä tekniikasta ei vielä ole ollut suuresti kokemusta, mutta haastateltujen asiantuntijoiden mielipide on, että idea vaikuttaa pääpiirteittäin lupaavalta ja kehityskelpoiselta.

#### 4.2.3 Muut ratkaisut

Jokaiselle sillanrakennuspaikalle rakennetaan pieni kauko-ohjattava tavarano- sturi. Nosturi asennetaan siltapaikan välittömän läheisyyteen heti pohjatöiden jälkeen. Tästä joh- tuen HIAB ja muut vastaavat autonosturit ovat vähällä käytöllä. Koska nostotarpeita ei kuitenkaan ole jatkuvasti, nosturia käyttää pääsääntöisesti yksi rakennusryhmän jäsen muun työn ohessa siten, että, kun nostotarpeita ei ole, osallistuu hän telineen ja muotin rakentamiseen, muiden työntekijöiden tavoin.



KUVA 19 Kauko-ohjattava tavaranoستuri Potain IGO 50 (ETS TTC Ltd., 2017)

## 5 Keskeisimpien tuotantomenetelmien vertailu

Suomessa käytettävät tuotantomenetelmät ovat hyvin suurelta osalta vastaavia Ruotsissa käytettäviin menetelmiin. Selkeästi toisistaan eroavat ratkaisut ovat kauko-ohjattavan tavaranostrin käyttö ja teräksisen kalustotelineen ja pukkiristikoiden suosiminen. Suomessa käytetään miltei poikkeuksetta HIAB -mallista autonosturia tarvittaviin nostoihin. Valutelineet rakennetaan pääasiassa normaaliolosuhteissa pitkistä puutavarasta työmaalla.

Vertailuissa käytetään case -menetelmää. Ruotsin tuotantomenetelmien esimerkkikohte on 2018 käynnissä ollut Väg 26/47 Jönköping-Mullsjö projekti, jossa rakennettiin 17 km uutta maantietä ja yhteensä 17 uutta siltaa. Suomen menetelmien vertailukohteena käytetään: Vt 3 parantaminen Kyröskosken kohdassa. Projekti on osa Hämeenkyrön ohitus-tiehanketta ja siihen kuuluu 2,8 km maantien parantamista, kolmen uuden teräskaarisillan rakentaminen ja yhden teräsbetonisen laattasillan rakentaminen risteysillaksi.

### 5.1 Kustannusvertailu

Tässä kustannusten vertailun koonnissa käytetyt euromäärät ovat suuruusluokkaa kuvaavia, eivät tarkkoja arvoja.

#### 5.1.1 Nosturi

Jönköping-Mullsjö projektin siltojen rakentamisessa käytettiin Potain IGO 50 nosturia. Nosturin asennus ja purku maksoi 3000 € ja vuokraus kustansi 150 €/päivä. Nosturia ohjanneen asentajan tuntiveloitus on normaaliveloituksen lisäksi 7 € tunnilta. Projektilla nosturin hinnaksi kokonaisuudessaan tuli 16 000 €/silta. Hinnat ovat muunnettu Ruotsin kruunusta Euroiksi 31.12.2018 päivän kurssilla (kaava 1).

$$1 \text{ SEK} = 0,098 \text{ Euro} \quad (1)$$

Kyröskosken risteyssillan rakentamisessa käytettiin autonosturia tavarano- sturia yhteensä 150 tuntia. Nosturien veloitus- hinta on vuonna 2018 alalla yleisesti 90 € tunnilta, jolloin sillan rakentamisessa tarvittavien nostojen yhteishinnaksi tuli 14 000 €.

### 5.1.2 Teline

Vertailuun käytetään Jönköping-Mullsjö projektin yhtä mahdollisimman todenmukaisesti yleisesti edustavaa siltaa. Vertailusillan teline oli kooltaan 225 kansi m<sup>2</sup> ja keskimäärin 7 m korkea murskepatjan yläpinnasta muotin alapintaan. Telineen vuokra oli 53,50 € päivältä ja asennus- ja purkutyö kokonaisuudessaan 5900 €. Sillan telinekustannukset olivat kokonaisuudessaan 11 000 €, jolloin neliökohtaiseksi kustannukseksi tuli 47,90 €/kansi m<sup>2</sup>. Hinnat ovat muunnettu Ruotsin kruunusta Euroiksi 31.12.2018 päivän kurssilla (kaava 1).

Kyröskosken risteyssillan teline oli kooltaan 780 kansi m<sup>2</sup> ja korkeus samaa luokkaa, kuin Ruotsin vertailusillassa. Kokonaisuudessaan telineen materiaalit ja rakentaminen maksoivat 38 000 €. Vertailukelpoiseksi neliökohtaiseksi hinnaksi risteyssillalle tuli 48,10 €/kansi m<sup>2</sup>.

Kustannusvertailu ei ole täysin todenmukainen, koska kun telineet rakennetaan puusta, ainoastaan muottilauta on kertakäyttöistä. 47/100 kokoinen lankku voidaan käyttää keskimäärin kaksi kertaa, niskat ja tolpat voidaan käyttää kolmesta neljään kertaa ja pelkat jopa viidesti. Tolppatavaran uusiokäyttömahdollisuuksiin vaikuttaa seuraavien kohteiden telineiden korkeudet; tolppaa on vaikea jatkaa pidemmäksi tarvittavalla lujuudella, joten pääasiassa tolppaa voidaan uusiokäyttää vain matalampiin telineisiin.

## 5.2 Aikatauluvertailu

Nostotöihin käytettävä ratkaisu ei normaalitilanteessa juurikaan vaikuta aikatauluihin. Mainittakoon, että ajoneuvonosturin käyttö aiheuttaa epävarmuutta saatavuuden ja tarpeen tasapainottamisessa, kun taas paikalla oleva tavarano- sturi on aina käytettävissä, ja tällöin aikataulujen suhteen hyvin joustava työvaihe.

Högvallin mukaan (2018) Teräksisen kalustotelineen asentaminen alusta loppuun kestää kolme kuukautta. Puutavarasta rakennettaessa päästään samanlaiseen, tai hieman nopeampaan aikatauluun, kohteen koosta ja haastavuudesta riippuen (Lehtonen 2018.)

### **5.3 Tuotantoverailu**

Ruotsissa käytettävien ratkaisujen selvä etu on niiden itsenäisyys. Telineet ja suunnitelmat saadaan yhdeltä yritykseltä kokonaisuutena. Asennusryhmä on myös mahdollista saada telineen vuokraajan aliurakoitsijana, jolloin työnjohto voi keskittää omat resurssinsa kokonaisuuden hallintaan työn yksityiskohtien sijaan.

Jatkuvasti käyttövalmis nosturi myös edustaa työnjohdon resurssien vapauttamisen ajatusta. Kun nosturi on koko ajan käytettävissä, sitä ei tarvitse ottaa huomioon aikataulujen ja työvaiheiden suunnittelussa niin suuresti määräävänä tekijänä, kuten ajoneuvonosturia, jonka käyttöresurssit ovat usein rajalliset. Jos ajoneuvonosturille halutaan yhtä joustava käytettävyys, sen kustannukset nousevat helposti liian korkeiksi.

## 6 Yhteenveto ja pohdinta

Suomessa ja Ruotsissa käytettävissä tuotantomenetelmissä tavattiin vähäisiä selkeitä eroavaisuuksia ja joitain pienempiä. Pääasiassa sillanrakentaminen toteutetaan molemmissa maissa hyvin saman tyyppisillä menetelmillä. Selkeimmät eroavaisuudet ovat paikallavalettujen siltojen telineiden materiaaleissa ja nostotöihin tarvittavan työvälineen jatkuvasti käytettävissä oleminen.

Suurin hyöty menetelmien eroavaisuuksista saadaan työnjohdon resurssien vapauttamisesta niin sanottujen pienten asioiden piiristä, kuten nosturiauton tuntiaikataulujen ja puutavaran tilausten optimoimisesta, projektin laajemman kokonaisuuden hallintaan. Eroavaisuudet vaikuttavat kustannuksiin ja kokonaisaikatauluihin hyvin vähäisesti.

Merkittävin tuotantomenetelmien valintaan vaikuttava eroavaisuus kuitenkin tulee yleisestä urakkamuodosta. Ruotsissa siltojen rakentaminen toteutetaan usein osana suurempia kokonaisuuksia, joissa rakennetaan enemmän kunnallistekniikkaa, katu- tai tielinjausta ja useampia siltoja. Suunnittele ja toteuta urakka (ST) on nähty tämänlaiseen urakkaan sopivaksi ratkaisuksi. Suomessa urakat toteutetaan miltei poikkeuksetta kokonaisuutena pääurakkana (KU), jolloin suunnitelmat ovat jo tarjousvaiheessa valmiiksi tehtyjä erillisen suunnittelijan puolesta.

Molemmissa urakkamuodoissa on omat hyvät ja huonot puolensa. Kokonaishintainen pääurakka on tarkemmin määritelty ja usein pienempi laajuudeltaan ja mahdollistaa laajemman tarjouskilpailun. Suunnittele ja toteuta urakka mahdollistaa avoimemman keskusteluyhteyden urakoitsijan ja suunnittelijan välillä. Työn toteutuksessa kokenut urakoitsija pystyy tuomaan suunnittelijalle näkemyksensä esille ja vaikuttamaan ratkaisujen suunnitteluun alusta asti. Uusien työmaalähtöisten innovaatioiden kehittäminen on yksinkertaisempaa, kun suunnittelija voi luottaa tietyn urakoitsijan ammattitaitoon ja laatutaloon.

## LÄHTEET

Axen, Å. työpäällikkö. 2018. Haastattelu 12.6.2018. Haastattelija Haapajoki, E. Malmö, Ruotsi.

Holopainen, V. johtava konsultti. 2018. Haastattelu 26.11.2018. Haastattelija Haapajoki, E. Tampere.

Humalajoki, J. työpäällikkö. 2018. Haastattelu 22.11.2018. Haastattelija Haapajoki, E. Tampere.

Högvall, S. projektipäällikkö. 2018. Haastattelu 13.6.2018. Haastattelija Haapajoki, E. Bankeryd, Ruotsi.

Korpela, J. & Palolahti, T. 2014. Puhdasvaluohje. Helsinki: Betoniteollisuus ry.

Lehtonen, V. tuotantopäällikkö. 2018. Haastattelu 21.11.2018. Haastattelija Haapajoki, E. Tampere.

Liikennevirasto. N.d. Siltojen suunnittelua ohjaavia julkaisuja, Käytöstä poistettuja tyyppitirustuksia. Tulostettu 22.12.2018. <https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/suunit4.htm>

Liikenneviraston sillat 1.1.2018. Liikenneviraston tilastoja 7/2018. Helsinki.

Niemi, J. rakennesuunnittelija. 2018. Haastattelu 6.11.2018. Haastattelija Haapajoki, E. Tampere.

Puuinfo Oy. N.d. Puusiltatyyppejä on monenlaisia. Tulostettu 22.12.2018. <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puusillat/puusiltatyyppej%C3%A4-monelaisia>

Rautakoski, H. Myyntipäällikkö. 2018. Easy Bridge työn kulku. Sähköpostiviesti. [hannu.rautakoski@ruukki.fi](mailto:hannu.rautakoski@ruukki.fi). Luettu 19.12.2018.

Rautaruukki Oy. N.d. Ruukki Easy Bridge. Tulostettu 22.12.2018 <https://www.ruukki.com/fin/b2b/tuotteet/rungot/easy-bridge#siltatuotteet>

Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry. 2004. Siltojemme historia. Keuruu: Otava.

Svensson, M. projektipäällikkö. 2018. Haastattelu 12.6.2018. Haastattelija Haapajoki, E. Malmö, Ruotsi.

Tiehallinto. 2008. Siltojen tukirakenteet – 2007. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Helsinki: Tiehallinto.

Travikverket. 2013. PIA – Produktivites- och Innovationsutveckling i Anläggningsbranschen. Tukholma: Trafikverket.

Vegvesen. N.d. Bridges. Tulostettu 22.12.2018. <https://www.vegvesen.no/en/roads/Roads+and+bridges/Bridges>

Vellamo, M. rakennuttajainsinööri. 2018. Haastattelu 9.11.2018. Haastattelija Haapajoki, E. Tampere.

Versowood Oy. N.d. Tyypimpihväksytyt sillat. Tulostettu 22.12.2018. <https://www.versowood.fi/fi/tuotteet/maa-ja-tierakentamisen-tuotteet/tyypimpihvakset-sillat>

Åberg, E. rakennustyönjohtaja. 2018. Haastattelu 14.6.2018. Haastattelija Haapajoki, E. Eikefjord, Norja.

Ålander, C. 2009. Mattoraudoitteella aikataulut ja kustannukset kuriin. Betoni-lehti 2/2009, 56 – 61.