



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

TELINEMENETELMÄVERTAILU BETONISIL- TOJEN REUNAPALKKIEEN KORJAUSTÖISSÄ

Sampo Eskola

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

ESKOLA, SAMPO:

Telinemenetelmävertailu betonisiltojen reunapalkkien korjaustöissä

Opinnäytetyö 63 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Huhtikuu 2018

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin useita erilaisia telinemenetelmiä sillankorjaustöissä. Työssä pyrittiin käymään kattavasti läpi perinteiset puutelinemenetelmät ja kertomaan ulokkeen varaan ripustettavan telineen rakentamisen, asentamisen ja käytön pääperiaatteet. Fast Beam -uloketelinemenetelmästä selvitettiin taustaa ja kaluston asentamisen, käytön, huoltamisen ja varastoinnin pääperiaatteet. Työn tarkoituksena oli tehdä riskianalyysi kahdesta telinemenetelmästä ja riskianalyysiin pohjautuen toteuttaa telinemenetelmävertailu Fast Beam -uloketelinejärjestelmän ja ulokkeen varaan ripustettavan telineen välillä. Työn johdannossa avattiin reunapalkkien korjaustöihin liittyviä syitä ja teoriaosuudessa käytiin läpi tilastoihin perustuen Suomen siltoja, niiden lukumääriä ja yleisimpiä siltatyyppisiä maanteilla ja rautateilla.

Reunapalkkien korjaustelineissä materiaali- ja työkustannukset muodostavat suurimman osan koko telinekustannuksista. Tästä johtuen telineiden asennuksen, käytön ja purkamisen helppous ja nopeus korostuvat. Telineiden kuvaukset, asentaminen ja käyttö on pyritty tekemään niin, että työnjohtaja tai työntekijä ymmärtää telinemenetelmien perusteet ja suurimmat eroavaisuudet. Lisäksi telinetyöskentelyssä on pohdittu työturvallisuusriskejä. Telinemenetelmävertailun pohjalta voidaan sanoa, että ulokkeen varaan ripustettava teline on kustannuksiltaan halvempi ja yhtä turvallinen kuin Fast Beam -telinejärjestelmä. Ulokkeen varaan ripustettava teline on työläämpi rakentaa, mistä johtuen Fast Beam -telinejärjestelmä tulee edullisemmaksi pidemmällä silloilla.

Jokainen sillankorjaustyömaa on monella eri tavalla yksilöllinen. Tästä johtuen käytettävän telinemenetelmän valintaan tulee käyttää aikaa, jotta jokaiseen kohteeseen saadaan valittua turvallisinta ja edullisinta mahdollista telinemenetelmää. Telinemenetelmän valinnassa tulee huomioida muitakin asioita kuin pelkkä telinekustannus, koska ympärillä olevia muuttujia on paljon. Mitä paremmin valittu telinemenetelmä sopii siltakohteeseen, sitä paremmin kaikki muut reunapalkin korjaustyöt saadaan toteutettua.

Haastatteluiden vastaukset pidettiin luottamuksellisena aineistona, eivätkä ne sisälly julkiseen raporttiin.

Asiasanat: sillankorjaus, reunapalkki, telineet, riskianalyysi

ABSTRACT

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

ESKOLA, SAMPO:
Scaffolding Technique Comparison in Concrete Bridges Edge Beam Renewal

Bachelor's thesis 63 pages, appendices 6 pages
April 2018

The purpose of this thesis was to study different types of scaffolding techniques for bridge repairs. The aim of the thesis was to comprehensively review the traditional wooden scaffoldings and to discuss the main principles of construction, installation and usage of the wooden scaffolding. The same things were told about the Fast Beam-scaffolding system with the exception of discussing the storage of said system. The purpose of the thesis was to carry out a risk analysis of the two different scaffolding methods and to carry out a scaffolding comparison between the Fast Beam-system and traditional wooden scaffolding based on the risk analysis. The introduction to the thesis opened the causes related to the repairs of edge beams and the theoretical part was surveyed based on statistics about Finnish road and railway bridges.

Most of the costs for edge beam repairing scaffolds comes from material and labor costs. As a result of this, the ease and speed to install, use and dismantle the scaffolding is emphasized. The descriptions, installation and usage of the scaffolds were made the way that the site manager or employees can understand the basics and the main differences between the scaffolding techniques. In addition, work safety risks have been included in the descriptions. Based on the scaffolding comparison it can be said that the traditional wooden scaffolds are cheaper to build and are as safe to install and use as the Fast Beam-system. The traditional scaffolds are more laborious to build, which makes the Fast Beam-system cheaper to use on long bridges.

Each bridge repair site is unique in many different ways. Because of this, you should take your time when choosing the scaffolding technique. This ensures the safest and most cost effective scaffolding system for each project. While choosing the scaffolding system you should take in consideration other things as well as cost effectiveness because there are so many variables around the subject. The better the chosen scaffolding system fits the bridge, the better all other edge beam repair work can be accomplished.

The interview answers are confidential material and thus were not included in the public report.

Key words: bridge repair, edge beam, scaffolding, risk analysis

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Tausta.....	6
1.2	Tavoitteet	8
2	YLEISIMMÄT SILTATYYPIT SUOMESSA	9
2.1	Yleistä	9
2.2	Yleisimmät maantiesillat	9
2.2.1	Teräsbetoniset sillat.....	10
2.2.2	Jännitetyt betoniset sillat	11
2.3	Yleisimmät ratasillat	13
2.3.1	Teräsbetoniset sillat.....	14
2.3.2	Jännitetyt betoniset sillat	15
2.4	Esimerkit yleisimmistä silloista	16
2.4.1	Laattasilta	16
2.4.2	Palkkisilta.....	17
3	PUUTAVARATELINE JA REUNAPALKIN MUOTTI.....	18
3.1	Yleistä	18
3.1.1	Käytettävä sahatavara, työkalut ja tarvikkeet.....	19
3.2	Kaiteen varaan asennettava muottielementti	20
3.3	Kansilaattaan ankkuroitava muotti	22
3.4	Tippuputkien läpi ripustettava muotti.....	23
3.5	Ulokkeen varaan ripustettava muottiteline	24
3.5.1	Yleistä	24
3.5.2	Telineen rakentaminen	26
3.5.3	Työskentely puutelineillä	29
4	FAST BEAM -TELINE JA REUNAPALKIN MUOTTI.....	31
4.1	Yleistä	31
4.2	Järjestelmän osat, työkalut ja tarvikkeet	32
4.3	Kaluston asentaminen	34
4.4	Kaluston huolto ja varastointi	35
4.5	Työskentely uloketelineellä	36
5	RISKIANALYYSI TELINEMENETELMISTÄ	39
5.1	Riskianalyysin toteutus	39
5.2	Aikataulu.....	40
5.2.1	Ulokkeen varaan ripustettava muottiteline.....	40
5.2.2	Fast Beam –uloketelinejärjestelmä	41
5.3	Asennustöiden turvallisuus	42

5.3.1	Ulokkeen varaan ripustettava muottiteline.....	42
5.3.2	Fast Beam –uloketelinejärjestelmä	43
5.4	Telinetöiden kustannukset	45
5.4.1	Ulokkeen varaan ripustettava muottiteline.....	45
5.4.2	Fast Beam –uloketelinejärjestelmä	46
5.5	Vaikutukset liikenteelle	48
5.5.1	Ulokkeen varaan ripustettava muottiteline.....	48
5.5.2	Fast Beam –uloketelinejärjestelmä	50
6	VERTAILU RISKIANALYYSIIN PERUSTUEN.....	51
6.1	Työmäärävertailu	51
6.2	Telinetyöskentelyn turvallisuus	52
6.3	Kustannukset.....	53
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	55
	LÄHTEET.....	56
	LIITTEET	58
	Liite 1. Haastattelukysymykset Fast Beam Oy	58
	Liite 2. Haastattelukysymykset telinesuunnittelijalle.....	59
	Liite 3. Haastattelukysymykset riskienhallinta- ja turvallisuuspäällikölle.....	60
	Liite 4. Haastattelukysymykset työmaapäällikölle.....	61
	Liite 5. Telinekustannusvertailu Fast Beam Oy	62
	Liite 6. Työaikavertailu Fast Beam Oy	63

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Päätiestokoston liikennemäärät ovat kasvaneet Suomessa vuosittain tasaisesti. Liikennemäärät kasvavat jatkossakin ajoneuvojen lukumäärän lisääntyessä. Kasvavat liikennemäärät ovat lisänneet infran korjausvelkaa, mistä johtuen myös siltojen korjaustöitä tehdään enemmän kuin aiempina vuosina.

Siltojen ylläpidolla ja korjaamisella varmistetaan niiden turvallinen käyttäminen ja säilyvyys. Liikenneviraston arvion mukaan suomen silloista peruskorjausikään on tulossa noin 7000 siltaa vuoteen 2020 mennessä. Liikennevirasto on panostanut siltojen peruskorjauksiin, mutta huonokuntoisten siltojen määrä on hitaasti kasvanut. Suomen maanteillä on noin 15 160 siltaa. Näistä silloista arviolta viisi prosenttia on huonokuntoisia. (Liikennevirasto 2017, Teiden kunnossapito.) Lähes puolet suomen maanteiden silloista on siis tulossa peruskorjausikään lähivuosina. Tämä tietää suurta työmäärää sillankorjausurakoitsijoille ja siltasuunnittelijoille.

Raskaiden tavarankuljetusajoneuvojen ja ajoneuvoyhdistelmien suurimpia sallittuja mittoja ja massoja nostettiin uudella ajoneuvoasetuksella 01.10.2013 (Elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskus 2017, Sillat). Tämän ajoneuvoasetuksen muutoksen johdosta huonokuntoisille silloille on jouduttu asettamaan pysyviä painorajoituksia. Myös tästä johtuen joudutaan sillankorjaustöitä tekemään enemmän, jotta asetetuista painorajoituksista päästäisiin eroon.

Vuonna 2016 yhdeksi hallituksen kärkitavoitteista nostettiin korjausvelan vähentäminen. Vuonna 2016 hallitus myönsikin 600 miljoonan euron lisärahoituksen korjausvelan vähentämiseen ja lisärahoitus jaettiin käytettäväksi vuosille 2016-2018. (Dahl 2017, Yle-uutinen.) Lisärahoituksen myötä rakennuslalla on eletty korjausbuumia väylärakentamisessa ja myös siltojen korjaustöissä viimeisen vuoden ajan.

Myönnetyistä korjausvelan lisärahoituksesta vuosille 2016-2018 taitorakennekorjauksiin merkittiin käytettäväksi 120 miljoonaa euroa. 80 prosenttia tästä lisärahoituksesta käytetään vuosina 2017 ja 2018, koska lisärahoituksen myöntämisen jälkeen on pääasiassa

tehty taustatutkimuksia ja korjaussuunnittelua. (Tompuri 2017, Rakennuslehti.) Varsinaiseen rakentamiseen ei lisärahoitusta päästy vielä hyödyntämään vuonna 2016.

Liikenneviraston taitorakenneyksikön päällikkö Minna Torkkelin mukaan suunnittelutöitä hidasti pula suunnitteluresursseista. Torkkeli on varauksellisen ilahtunut saadusta lisärahoituksesta, vaikka hän näkee tärkeämpänä perusrahoituksen pitkäjänteisen korottamisen. (Tompuri 2017, Rakennuslehti.)

Yksi yleisimpiä sillan peruskorjaustöitä vesieristeen uusimisen ohella on reunapalkkien uusiminen. Reunapalkkien uusimisen pääsyyinä on, että suuri osa maantiesilloista joutuu ankaran kloridirasituksen alaiseksi. Tämä kloridirasitus heikentää rakenteita. Ensimmäisenä näistä rakenteista vaihtokuntoon ajautuvat siltojen reunapalkit. (Tompuri 2017, Rakennuslehti.) Reunapalkkien korjaustyöt toteutetaan yleensä uusimalla koko reunapalkki. Kloridirasitus aiheuttaa betoniterästen korroosiota ja betonin rapautumista. Näiden kahden hättäkijän yhteisvaikutuksesta siltojen reunapalkkien kunto heikkenee nopeasti.

Jani Meriläisen mukaan reunapalkkien korjausteknologia on kehittynyt huomattavasti. Aiemmin on tyydytty pienempiin pintakorjauksiin, kun taas nykyään on tavallisempaa, että reunapalkit uusitaan sillasta koko matkalta. Tämän kehityksen myötä on tullut tarve erityisille muottien ripustusrakenteille eli uloketelineille. Näitä uusia telinemenetelmiä urakoitsijat ovat kehittäneet teollisuuden kanssa yhteistyössä. (Tompuri 2017, Rakennuslehti.)

Reunapalkkien korjaamiseen on perinteisesti käytetty puusta tehtyjä telineitä tai erilaisia valmiita kalustotelineitä. Yhtenä telinemenetelmänä markkinoille on tullut Fast Beam Oy:n kehittämä uloketelinejärjestelmä. Tämän uloketelinemenetelmän ideana on nopeuttaa ja tehostaa reunapalkkien korjaustöitä perinteisiin telinemenetelmiin verrattuna, vähentämällä samalla liikennehaittoja ja keventämällä työnaikaisia liikennejärjestelyitä.

1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tilaajana toimi Graniittirakennus Kallio Oy, joka käytti kesällä 2017 Fast Beam Oy:n uloketelineitä Kehä I parantaminen välillä Espoon raja – Hämeenlinnanväylä työmaalla siltojen korjauksissa. Telinemenetelmää käytettiin työmaalla yhteensä kolmella eri sillalla reunapalkkien korjaustöissä, kun taas puutelineitä ei käytetty korjaustöissä lainkaan.

Opinnäytetyön tavoitteena on vertailla Fast Beam Oy:n uloketelinemenetelmää perinteisempiin puutelineisiin. Vertailu tehdään erityisesti ulokkeen varaan ripustettavan muottitelineen ja Fast Beam Oy:n uloketelinejärjestelmän välillä. Vertailu toteutetaan riskianalyysinä, jossa käsitellään työaikataulu, asennustöiden turvallisuus, telinetöiden kustannukset ja vaikutukset liikenteelle. Lisäksi telinemenetelmien hyvistä ja huonoista puolista tehdään lopuksi vertailu saatuihin kokemuksiin perustuen.

Kustannusarvio annetaan karkeasti €/m perusteisesti, koska kaikki korjaustyöt ovat aina yksilöllisiä ja kustannukset voivat muuttua sillan muodon, korjaustyön laajuuden, liikennemäärien, sijainnin ja tilankäytön mukaan. Riskianalyysin ja kuluvertailun pohjalta tehdään arvio, milloin vertailtuja telinemenetelmiä kannattaa käyttää.

Opinnäytetyön tulokset tulevat Graniittirakennus Kallio Oy:n käyttöön tulevia urakkalaskentoja ja työmaiden toteutuksia varten. Työ on rajattu siten, että opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan teräsbetonisia ja jännitettyjä betonisia siltoja maanteilla ja rautateilla.

2 YLEISIMMÄT SILTATYYPIT SUOMESSA

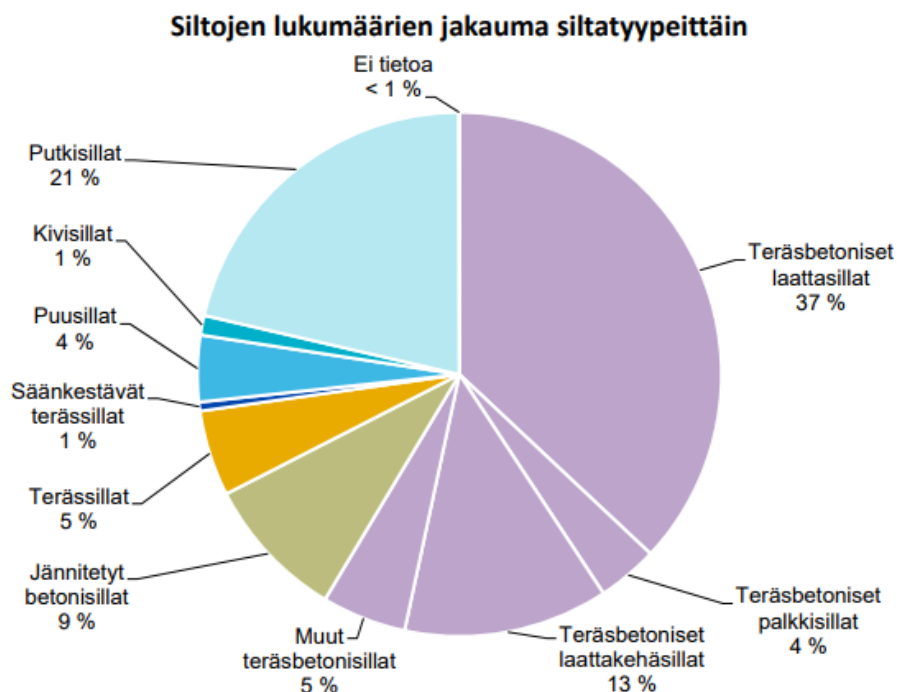
2.1 Yleistä

Reunapalkkien korjausmenetelmistä on tullut tärkeä puheenaihe, koska korjattavia betonisiltoja on lukumäärällisesti todella paljon. Korjaustöiden määrään ja haasteellisuuteen pyritään vaikuttamaan ennalta muun muassa telineitä ja työtekniikoita kehittämällä. Tällä ennakkoinnilla saadaan korjaustyöt suoritettua sujuvammin.

Myös hallituksen myöntämä lisärahoitus korjausvelan paikkaamiseksi on mahdollistanut työtekniikoiden kehittämisen. Tässä hyötynä on se, että samalla kasvaneella rahamäärällä pystytään tekemään enemmän näitä tärkeitä korjaustöitä.

2.2 Yleisimmät maantiesillat

Liikenneviraston sillat 1.1.2017 julkaisusta löytyy kattavat tiedot Suomen silloista, eri siltatyypeistä, rakennusvuosista ja siltojen pinta-aloista. Kun opinnäytetyön rajausta noudattaen tutkitaan siltojen määriä Suomessa, nousee ylivoimaisesti yleisimmäksi siltatyypiksi laattasilta ja sen eri variaatiot (kuvio 1). Toiseksi yleisin siltatyyppi on palkkisilta eri variaatioillaan, mikä tulee tilastoissa esille erityisesti jännitettyjä betonisia siltoja tarkasteltaessa (taulukko 2).



KUVIO 1. Siltojen lukumäärien jakauma siltatyypeittäin maantiesilloissa (Liikenneviraston sillat 1.1.2017, 30)

2.2.1 Teräsbetoniset sillat

Liikenneviraston sillat 1.1.2017 julkaisun perusteella Suomessa on teräsbetonisia maantiesilloja kaikkiaan 8880 kappaletta (taulukko 1). Tästä kappalemäärästä tavanomaisia laattasiltoja on 3405 kappaletta ja laattakehäsiltoja 1390 kappaletta. Nämä kaksi siltatyyppiä muodostavat yhdessä 54,5 prosenttia (kaava 1) Suomen maanteiden teräsbetonisista silloista.

KAAVA 1. Laatta- ja laattakehäsiltojen prosentuaalinen osuus teräsbetonisista silloista.

$$\frac{3405 + 1390}{8880} \cdot 100 = 54,488 \dots \approx 54,5\%$$

Kun edellä laskettuun 54,5 prosenttiin lisätään vielä laattasilan ja laattakehäsilan eri variaatiot, nousee tämä prosenttilukema vielä suuremaksi. Kun lasketaan yhteen kaikki laattasilat ja laattakehäsilat eri variaatioineen, saadaan 7522 siltaa. Teräsbetonisista maantiesilloista peräti 84,7 prosenttia (kaava 2.) on siis laattasiltoja tai sen variaatioita ja muun tyyppisiä siltoja on vain 15,3 prosenttia.

KAAVA 2. Kaikkien laattasiltojen prosentuaalinen osuus teräsbetonisista silloista.

$$\frac{7522}{8800} \cdot 100 = 84,707 \dots \approx 84,7\%$$

TAULUKKO 1. Teräsbetonisten siltojen lukumäärät siltatyypeittäin maantiesilloissa (Liikenneviraston sillat 1.1.2017, 26)

Siltojen lukumäärä 1.1.2017 (taulukko 1/2)

Siltatyyppi	UUD	VAR	KAS	PIR	POS	KES	EPO	POP	LAP	LIVi	Yhteensä
Teräsbetoninen	1959	974	508	590	1209	562	756	1403	842	77	8880
laattasilta	361	443	146	229	548	319	376	598	376	9	3 405
laattakehäsilta	622	94	80	81	146	52	85	131	91	8	1 390
jatkuva laattasilta	325	103	68	76	162	60	64	152	107	12	1 129
holvisilta	96	86	27	47	100	34	63	177	70	2	702
ulokelaattasilta	141	54	40	24	75	38	45	88	45	3	553
vinojalkainen laattakehäsilta	109	51	69	67	45	11	31	77	39	5	504
jatkuva ulokelaattasilta	122	58	25	14	31	5	25	27	10	7	324
jatkuva palkkisilta	64	14	11	18	18	15	6	18	18	10	192
palkkisilta	15	18	5	4	16	7	11	38	23	4	141
jatkuva ontelolaattasilta	39	3	3	5	7	6	5	13	8		89
jatkuva kotelopalkkisilta	15	4	2	6	11	1		20	6		65
kotelopalkkisilta	6	6	1	2	8	5	11	19	6		64
ontelolaattasilta	5	5	5	2	5	3	6	16	13		60
jatkuva ulokepalkkisilta	14	7	8	4	4		1		3	1	42
ulokeontelolaattasilta	4	4			4	4	5	6	5	4	36
rengasholvisilta	2				8		15	1	6		32
ulokepalkkisilta	2	6	3	3	7	1	1	4	3		30
rengaskehäsilta	5	4	4		4		2	2			21
jatkuva laattakehäsilta		3	1	1	1			7		7	20
palkkikehäsilta	2	1	1	1			1	6		2	14
voimalaitospatosilta									13		13
jatkuva ulokeontelolaattasilta	1	4			3		1	3			12
kaarisilta		3	2	3	3						11
jatkuva ontelopalkkisilta	3		1	1	1					2	8
jatkuva holvisilta	3		3								6
vinojalkainen palkkikehäsilta	1			1	1	1					4
ulokekotelopalkkisilta					1		2				3
seinämäkaarisilta	1	2									3
Langer-palkkisilta	1		1								2
nivelpalkkisilta			2								2
ontelopalkkisilta										1	1
ponttonisilta		1									1
vinoköysisilta				1							1

2.2.2 Jännitetyt betoniset sillat

Liikenneviraston sillat julkaisun mukaan Suomessa on jännitettyjä betonisia maantiesilloja kaikkiaan 1348 kappaletta (taulukko 2). Toisin kuin teräsbetonisissa silloissa, jännitettyjen betonisten siltojen yleisin siltatyyppi on palkkisilta ja sen eri variaatiot. Tavanomaisia palkkisilloja on 515 kappaletta ja jatkuvia palkkisilloja 426 kappaletta. Nämä kaksi siltatyyppiä yhdessä muodostavat 69,8% jännitetyistä betonisista silloista (kaava 3).

KAAVA 3. Palkki- ja jatkuvien palkkisiltojen prosentuaalinen osuus jännitetyistä betonisista silloista.

$$\frac{515 + 426}{1348} \cdot 100 = 69,807 \dots \approx 69,8\%$$

Kun edellä laskettuun 69,8 prosenttiin lisätään vielä palkkisillan eri variaatiot, saadaan prosenttiosuudeksi 94,9 prosenttia kaikista jännitetyistä betonisista silloista (kaava 4). Jännitetyistä betonisista silloista ainoastaan 5,1 prosenttia on siis muun tyyppisiä siltoja. Osasyypalkkisiltojen yleisyydelle on se, että erityyppiset palkkisillat ovat helpompia jälkijännittää muihin siltoihin verrattuna. Palkkisiltojen palkkien rakennevahvuus on suurempi kuin esimerkiksi laattasiltojen kantavien rakenteiden.

KAAVA 4. Kaikkien palkkisiltojen prosentuaalinen osuus jännitetyistä betonisista silloista.

$$\frac{1279}{1348} \cdot 100 = 94,881 \dots \approx 94,9\%$$

TAULUKKO 2. Jännitettyjen betonisten siltojen lukumäärät siltatyypeittäin maantiesilloissa (Liikenneviraston sillat 1.1.2017, 26)

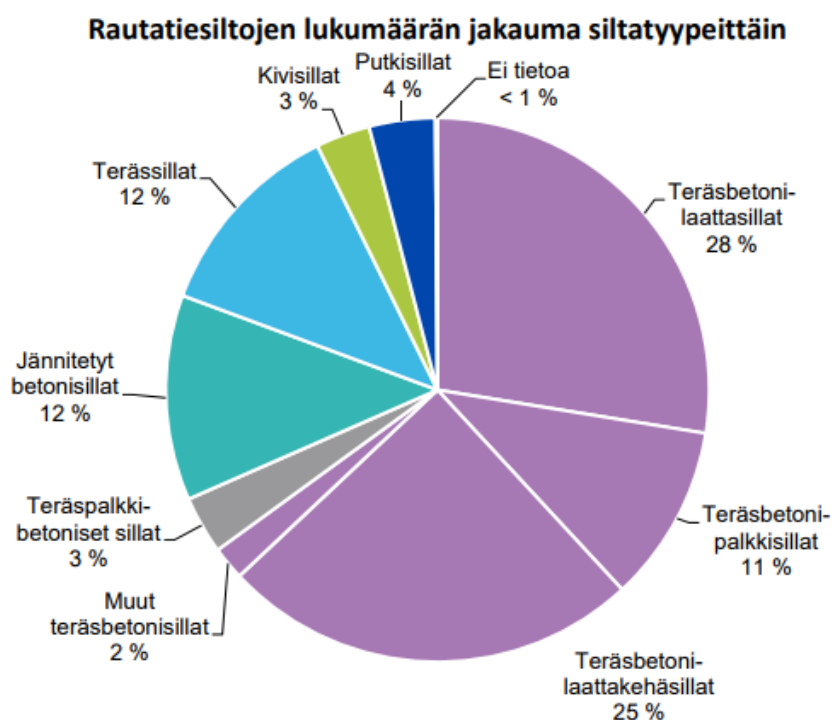
Jännitetty betoninen	352	188	111	132	134	72	107	107	112	33	1 348
palkkisilta	80	59	37	37	57	36	58	66	69	16	515
jatkuva palkkisilta	166	63	36	58	33	6	21	13	22	8	426
jatkuva ulokepalkkisilta	45	18	13	13	9	3	7	8	3	3	122
ulokepalkkisilta	27	7	13	13	9	11	5	7	6	3	101
jatkuva kotelopalkkisilta	8	6	5	5	10	9	4	5	5		57
jatkuva laattasilta	8	5	3	2	2	3		1	2		26
jatkuva ontelopalkkisilta	3	10	1			3					17
kotelopalkkisilta	1	1	2	2	4		2	2	2		16
ulokelaattasilta	2	1		1	1	1	4	3			13
ulokekotelopalkkisilta	2	1			3		1	1	2		10
jatkuva ulokeontelopalkkisilta		10									10
jatkuva ulokelaattasilta	1	1	1		1			1	1	3	9
laattasilta	3				2		2				7
jatkuva ontelolaattasilta	2	3		1	1						7
ontelolaattasilta	2						1				3
jatkuva ulokekotelopalkkisilta	1	1									2
kaarisilta		1			1						2
palkkikehäsilta	1						1				2
laattakehäsilta							1				1
jatkuva ulokeontelolaattasilta		1									1
vinojalkainen palkkikehäsilta					1						1

2.3 Yleisimmät ratasillat

Ratasiltoja tarkasteltaessa käytetään samoja rajoituksia, kuin maantiesilloissakin. Tarkastelemme ainoastaan teräsbetonisia ja jännitetyjä betonisia siltoja. Ratasiltoja tarkasteltaessa on jälleen yleisimpänä siltatyypinä laattasilta ja sen eri variaatiot (kuvio 2).

Ratasilloissa toiseksi yleisin siltatyyppi on palkkisilta eri variaatioillaan (kuvio 2). Kuten maantiesilloissa myös ratasilloissa palkkisilta on huomattavasti yleisempi jännitetyissä betonisissa silloissa kuin teräsbetonisissa silloissa. Palkkisilloissa on rautateillä vielä lisänä oma erikoisuutensa, kaukalopalkkisilta, joita ei maanteillä ole.

Erityyppiset kaukalopalkkisillat ovatkin hyvin tyypillisiä rautateillä, koska kaukalopalkkisillalla saadaan tavallisen palkkisillan kantavuuksia laattasillan rakennevahvuuksilla. Lisäksi kaukalo-korotukset toimivat usein sekä reunapalkkina että meluesteenä. Tällöin erillistä melusuojausta ei aina tarvitse rakentaa ja saavutetaan rakentamisen aikaisia säästöjä.



KUVIO 2. Siltojen lukumäärien jakauma siltatyypeittäin rautatiesilloissa (Liikenneviraston sillat 1.1.2017, 68)

2.3.1 Teräsbetoniset sillat

Liikenneviraston sillat 1.1.2017 julkaisun perusteella Suomessa on teräsbetonisia ratasiltoja kaikkiaan 1571 kappaletta, mikä on huomattavasti vähemmän kuin vastaava lukumäärä maanteilla (taulukko 3). Tästä kappalemäärästä laattasiltoja ja sen eri variaatioita on yhteensä 1268 kappaletta. Suomen rautateilla olevista teräsbetonisista silloista siis 80,7 prosenttia on laattasiltoja tai sen eri variaatioita (kaava 5).

KAAVA 5. Laattasiltojen ja sen eri variaatioiden prosentuaalinen osuus teräsbetonisista ratasilloista.

$$\frac{1268}{1571} \cdot 100 = 80,712 \dots \approx 80,7\%$$

Muun tyyppisten teräsbetonisten siltojen osuus Suomen rautateilla on siis ainoastaan 19,3 prosenttia. Laattasiltojen yleisyys rautateilla johtuu osittain siitä, että laattasillalla saadaan melko yksinkertaisesti toteutettua radalle alikulku ilman, että sillan pituus kasvaisi tarpeettoman suureksi. Laattasillan yleisyyttä tukee myös se, että laattasilta on erittäin kustannustehokas rakentaa verrattuna esimerkiksi palkkisillan.

TAULUKKO 3. Teräsbetonisten siltojen lukumäärät siltatyypeittäin ratasiltojen osalta (Liikenneviraston sillat 1.1.2017, 67)

4.1.3 Sillat siltatyypeittäin ja KP-alueittain

Rautatiesillat siltatyypeittäin ja KP-alueittain; lukumäärä (taulukko 1/2)

Siltatyyppi	KP-alue												Yhteensä
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Teräsbetoninen	274	114	176	164	74	125	192	112	63	32	80	165	1 571
laattakehäsilta	129	27	65	64	10	38	69	50	17	3	10	35	517
laattasilta	23	19	25	30	33	25	58	18	8	12	17	52	320
jatkuva laattasilta	43	15	20	19	4	23	15	9	9	1	10	14	182
palkkisilta	7	7	3	2	5	5	8	8	5	7	14	23	94
jatkuva ulokelaattasilta	22	6	10	4	5	6	4	4			7	3	80
ulokelaattasilta	12	12	16	10	2	1		2	4		3	7	69
vinojalkainen laattakehäsilta	5	4	15	15	2	4	11	5	3		1		65
jatkuva palkkisilta	9	3	3	3	1	6	5	2	1		8	3	44
kaukalopalkki	2	4	3	2	3	2	7	5	1		4	5	38
jatkuva kaukalopalkki	3	6	6	4	2	4	7		2		1	3	38
holvisilta	3	2	1	3		4		3		8	5	9	38
ulokeontelolaattasilta	1	1	1	2	1	4	1	2	1				14
ulokekaukalopalkki		1		3	1			3	2			1	11
jatkuva laattakehäsilta	5	1	1	1		1					1	1	11
nivellaattakehä	1	1	1	1		1			2			2	9
rengaskehäsilta	3	1	1		4								9
jatkuva ulokekaukalopalkki		3					1		1		1	1	7
jatkuva ulokepalkkisilta	3	1								1	1		6
jatkuva ontelopalkkisilta				1			4						5
ontelopalkkisilta			2		1								3
ulokepalkkisilta	2					1							3
kotelopalkkisilta			1					1					2
jatkuva kotelopalkkisilta	1		1										2
jatkuva ulokeontelolaattasilta			1										1
nivelpalkkisilta											1		1
palkkikehäsilta							1						1
rengasholvisilta							1						1

2.3.2 Jännitetyt betoniset sillat

Liikenneviraston sillat julkaisun mukaan Suomessa on jännitettyjä betonisia ratasiltoja kaikkiaan 295 kappaletta (taulukko 4). Jännitettyjen betonisten ratasiltojen yleisin siltatyyppi on palkkisilta ja sen eri variaatiot. Eri palkkisilloista erityisesti kaukalopalkkisilta ja sen eri muunnelmien ovat hyvinkin yleisiä. Pelkästään kaukalopalkkisilta ja sen eri variaatioita on 93 kappaletta.

Kaiken kaikkiaan jännitetyistä betonisista ratasilloista palkkisilta ja sen eri variaatioita on yhteensä 172 kappaletta. Prosentuaalisesti palkkisilta osuus jännitetyistä betonisista ratasilloista on 58,3 prosenttia (kaava 6).

KAAVA 6. Palkkisilta ja sen eri variaatioiden prosentuaalinen osuus jännitetyistä betonisista ratasilloista.

$$\frac{172}{295} \cdot 100 = 58,305 \dots \approx 58,3\%$$

Lopuille siltatyypeille jännitettyjen betonisten ratasiltojen osalta jää siis 41,7 prosenttia. Tehdyistä vertailuista pienin prosentuaalinen ero on siis jännitetyissä betonisissa ratasilloissa. Tähän osasyynä on se, että usein jännitetyt betoniset ratasillat ovat todella pitkiä ja sijainnit rataverkolla haastavia. Tämän seurauksena yksi siltatyyppi ei nouse ylivoimaisesti yleisimmäksi sillaksi, vaan kaikki suuremmat sillat suunnitellaan rataverkolle yksilöllisesti aina siltatyyppin valinnasta alkaen.

TAULUKKO 4. Jännitettyjen betonisten siltien lukumäärät siltatyypeittäin ratasiltojen osalta (Liikenneviraston sillat 1.1.2017, 67)

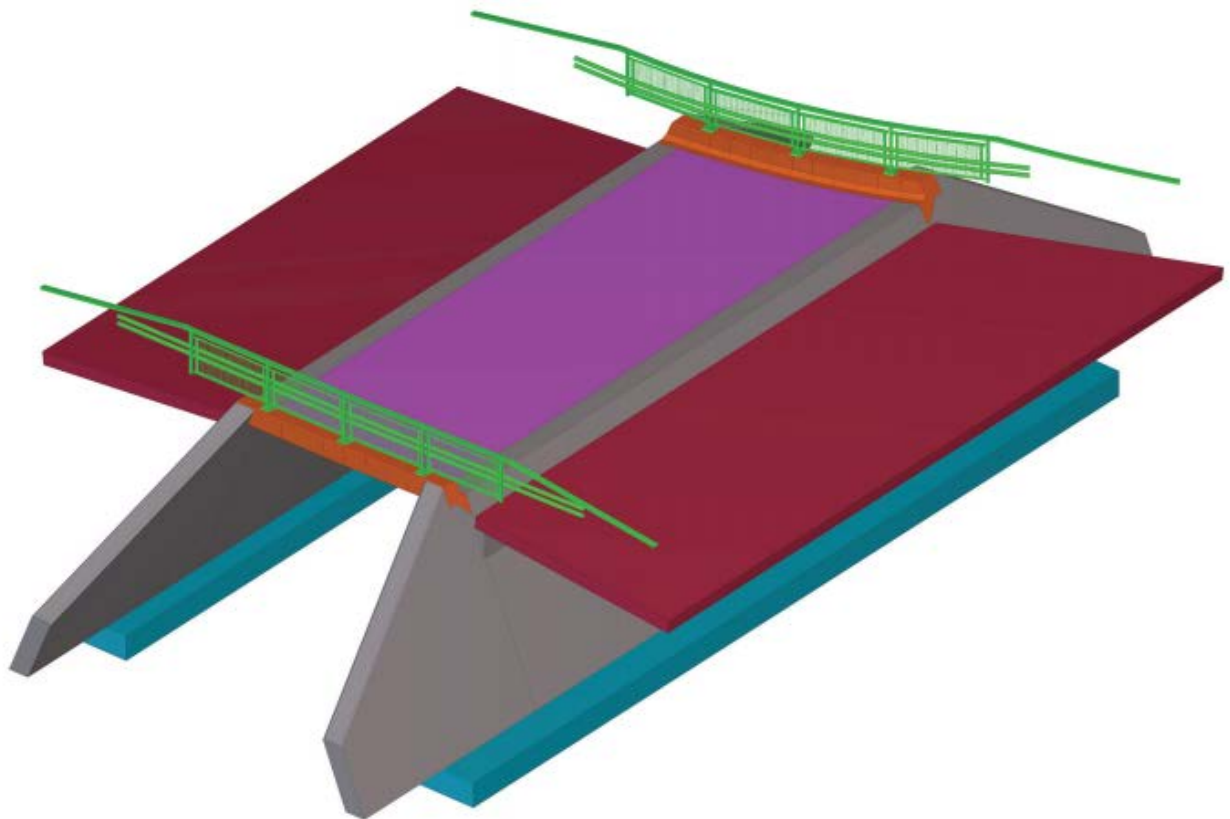
Jännitetty betoninen	52	33	63	29	4	25	21	9	47	0	3	9	295
ulokelaattasilta	14	5	30	3	1	9	5		10			1	78
ulokekaukalopalkki		8	1	3		2	5	2	30			1	52
jatkuva palkkisilta	15	2	2	1		3		2	1		1		27
palkkisilta	3	3	3	3		2	4	2	1		1	3	25
jatkuva kaukalopalkki	3	3	4	4		3	2	1	1				21
kaukalopalkki	1	2	3	6			2		1				15
jatkuva ulokeontelolaattasilta	5		5	2		1							13
laattasilta	3	3	2		1		1	1					11
jatkuva laattasilta	1	3	1	1				1				3	10
ulokepalkkisilta	1	2	2	2	1	1	1						10
jatkuva ulokelaattasilta	4	1	3			1						1	10
jatkuva kotelopalkkisilta	1	1	1	3	1	1					1		9
jatkuva ulokekaukalopalkki			2	1					2				5
kotelopalkkisilta			3			2							5
jatkuva ulokepalkkisilta	1								1				2
laattakehäsilta			1										1
palkkikehäsilta							1						1

2.4 Esimerkit yleisimmistä silloista

2.4.1 Laattasilta

Teräsbetonisista silloista yleisin Suomessa käytetty siltatyyppe on siis laattasilta. Laattasilta on yleisin sekä maanteillä että rautateillä. Yksinkertaisimmillaan laattasilta on molemmilta puolilta maatuilla tuettu ja kantavana rakenteena on laakereiden varaan tukeutuva teräsbetoni-laatta (kuva 1).

Jos sillan koko kasvaa, voidaan välille rakentaa useampia välitukia tarpeen mukaan. Laattasiltoja käytetään eniten lyhyillä jänneväleillä päällysrakenteen kantavan osan ollessa suhteellisen ohut. Jos laakerit jätetään sillasta pois ja liitokset tehdään toisiinsa jäykästi, puhutaan silloin kehäsilloista tai laattakehäsilloista. (Grönroos 2018, Sillat.)

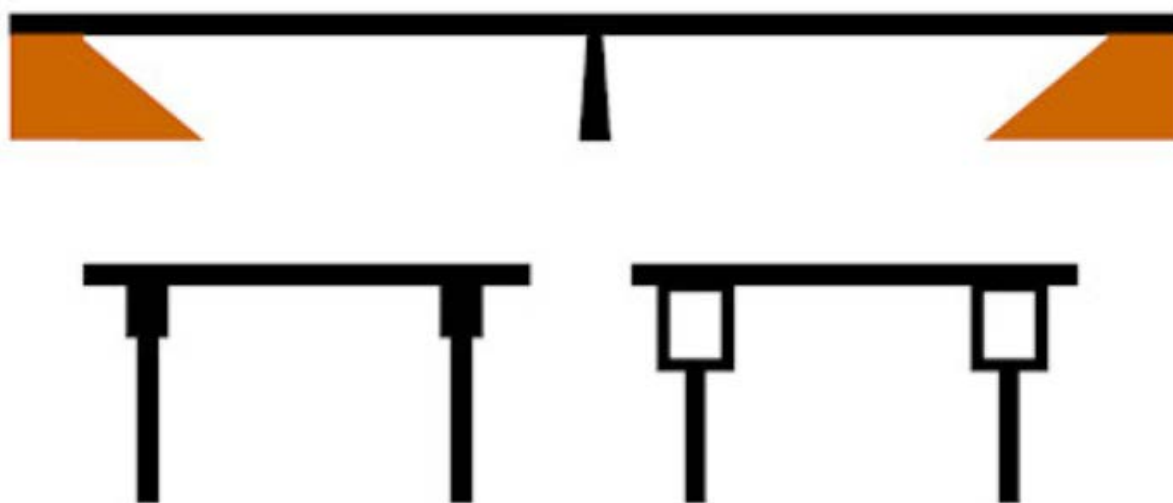


KUVA 1. Teräsbetoninen laattakehäsilta (Liikennevirasto 2017, Teräsbetoninen laattakehäsilta (Blk II), Kansilehti)

2.4.2 Palkkisilta

Palkkisilta, erityisesti jännitettynä betonisena siltana, on Suomen toiseksi yleisin silta-tyyppi sekä maanteillä että rautateillä. Palkkisilta voi vaikuttaa ulkoisesti hyvinkin samalta kuin laattasilta, mutta palkkisillan kantava rakenne muodostuu pitkittäisistä kantavista palkeista. Muut siltarakenteet, kuten kansi, rakentuvat näiden kantavien palkkien varaan. Palkit ovat useimmiten terästä tai teräsbetonia. Ne voivat olla umpinaisia, mutta pitkät sillat tehdään useimmiten kotelopalkkisilltoina. (Grönroos 2018, Sillat.)

Kotelopalkkien (onttojen palkkien) käyttö on perusteltua siksi, että siltarakenteen omapaino saadaan pienemmäksi. Kun palkit tehdään kotelopalkkeina, siltarakenteen taivutus- ja vääntökestävyys ei ole yhtä suuri kuin umpinaisilla palkeilla, mutta omapaino on huomattavasti pienempi verrattuna umpinaisiin palkkeihin. (Grönroos 2018, Sillat.) Tällä omapainon vähennyksellä pystytään tekemään pidempiä siltoja jännitettynä betonisina siltoina, mikäli palkkeina ei käytetä teräspalkkeja, vaan silta halutaan tehdä betonista.



KUVA 2. Palkkisilta ja kotelopalkkisilta sivusta ja päädyistä yksinkertaisesti kuvattuna (Grönroos 2018, Sillat)

Nykyisin käytetään myös liittopalkkisiltoja. Liittopalkkisillan päällysrakenne koostuu teräspalkeista ja teräsbetonisesta kansilaatasta, jotka yhdessä toimivat liittorakenteena hyötykuormalle ja pintarakenteelle. Sillan kansilaatta voidaan tehdä elementeistä koottuna tai paikallavaluna. Mikäli kansilaatta tehdään paikallavaluna, muotteina voidaan käyttää tavallisia puumuotteja.

3 PUUTAVARATELINE JA REUNAPALKIN MUOTTI

3.1 Yleistä

Reunapalkkeja puutavaratelineillä uusittaessa on telineille ja reunapalkin muotille erilaisia vaihtoehtoja. Telineet ja muotti voidaan rakentaa joko kierrätettävistä muottielementeistä tai vaihtoehtoisesti muotti rakennetaan työmaalla sahatavarasta kertakäyttöiseksi. Neljä yleisintä teline- ja muottityyppiä ovat kaiteen varaan asennettava muottielementti, kansilaattaan ankkuroitava muotti, tippuputkien läpi ripustettava muotti ja ulokkeen varaan ripustettava teline ja reunapalkin muotti.

Jos teline ja muotti rakennetaan työmaalla jo purettua rakennetta vasten, ovat ne yleensä ainoastaan kyseistä kohdetta varten rakennetut muotit. Tällä tavoin rakennettuja muotteja ja telineitä ei pystytä käyttämään toisessa työkohteessa uudelleen, vaan muotit puretaan käytön jälkeen ja jätteet kuljetetaan kierrätettäväksi.

Mikäli telineet rakennetaan teline-elementteinä ja asennetaan vanhan reunapalkin purkamisen jälkeen, voidaan niitä käyttää muissakin työkohteissa, kunhan telineitä purettaessa ollaan riittävän varovaisia. Jos telineet puretaan varomattomasti, saattavat ne rikkoutua, eikä uudelleenkäyttö ole mahdollista.

Teline- ja muottimenetelmän valinnalla vaikutetaan siihen, voidaanko raudoitustyöt tehdä ennen muottitelineiden asentamista vai vasta raudoitustöiden jälkeen. Useimmiten raudoitustyöt tehdään vasta telineiden asentamisen jälkeen. Telineitä rakennettaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota muottien tiiviyyteen vanhaa rakennetta vasten, muottitukien kunnolliseen kiinnittämiseen ja muotissa olevien kulmien viisteisiin (Liikennevirasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 7).

Mikäli tehty muotti ei ole tiivis ja riittävän tukeva, voi betonoinnin aikana muotti hajota tai vibrattavaa betonia vuotaa muotin ulkopuolelle aiheuttaen tarpeetonta siivoamista ja mahdollisesti jopa liikennehaittaa betonin valuessa siltakohteelta tielle. Lisäksi ennen betonointia tulee muottien mitoitus ja kestävyys vielä varmistaa, jos käytettävä betoni on itsestivivistyvä (Liikennevirasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 7).

3.1.1 Käytettävä sahatavara, työkalut ja tarvikkeet

Käytettävä sahatavara:

Telineet ja muotit rakennetaan siltapaikalla C tai D luokan sahatavarasta (Liikennevirasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 7). Telinemateriaaleissa käytetyimmät sahatavarat ovat 50mm X 100mm lankku/soiro, 100mm X 100mm parru, 50mm X 200mm palkki, 25mm X 100mm lauta ja yleensä vähintään 20mm paksu vaneri. Näillä perusmateriaaleilla pystytään rakentamaan muottipukit, kulkutie/työskentelytaso ja suojakaide kustannustehokkaasti ja melko nopeasti. Yleisimpänä muottimateriaalina käytetään 20mm X 95mm raakaponttilautaa, muottivaneria tai karkeahöylättyä mitallistettua lautaa. Käytetyn sahatavaran tulee olla ulkokuivaa (kosteusaste keskimäärin 20%) mitä tahansa sahatavaraa käytettäessä (Liikennevirasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 7).

Muottimateriaalin valintaan vaikuttaa myös ulkonäköseikat. Muottitavara valitaan siten, että se on toimiva materiaali muotin rakentamiseen ja että se sopeutuu vanhaan siltaan ja sen rakenteeseen ulkonäköllisesti. Ulkonäköseikoista johtuen muottimateriaalina ei yleensä anneta käyttää muottivaneria. Muottivaneri eroaa lautamuotista ulkonäköllisesti niin paljon, että se ei sulaudu muun sillan ulkonäköön tasaisesti. Muottivaneria käytettäessä suositellaan käytettävän myös muottikangasta, joka vähentää pintahuokosia ja parantaa betonoidun pinnan pakkassuolakestävyyttä. (Liikennevirasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 7.) Muottikangasta käytetään myös lautamuoteissa, jolloin lautamuotin kuvio ei ole niin selkeästi näkyvissä, kuin ilman muottikangasta.

Muu rakennusmateriaali, työkalut ja tarvikkeet:

Sahatavaran lisäksi telinettä rakennettaessa voidaan tarvita myös teräspalkkeja, jos telineen konsolit täytyy tehdä kestävämmästä materiaalista. Jos konsolien pituudet ovat suuria, on todennäköistä, että puupalkkien käyttämisen sijasta on kannattavampaa käyttää teräspalkkeja.

Mikäli materiaaliksi valitaan teräspalkki, ei niitä tarvitse asentaa yhtä tiiviillä jaolla verrattuna puupalkkeihin. Vaikka teräs on materiaalina kalliimpaa, voi teräspalkin käyttö silti tulla halvemmaksi kuin puupalkin. Puista kannatinpalkkia käytettäessä ankkuritan-koja joudutaan poraamaan huomattavasti tiuhempaan, esimerkiksi K2000 jaolla. Vastaa-vasti metallista kannatinpalkkia käytettäessä voi tukien ankkurointiväli olla esimerkiksi K3000. Ankkurointi tarve on siis vähäisempi, mikä vähentää valmistelevia töitä. Lisäksi

metallisista kannatinpalkeista koostuvat telineet ovat useammin uudelleenkäytettävissä. Tästä syystä metallinen vaihtoehto on myös ekologisempi.

Telineen pystyy rakentamaan melko tavanomaisilla työkaluilla. Ulokkeen varaan ripustettavaa telinettä rakennettaessa käytetään edellä mainittujen palkkien lisäksi terästankoja, esimerkiksi M16 kierretankoa tai Dywidag-tankoa, telineen ripustamiseen ja alumiinisia muottisiteitä muotin jäykistämiseen. Muilta osin telinettä rakentaessa tavalliset naulat, ruuvit, pultit ja mutterit ovat riittävät. Muut telineen rakentamisessa tarvittavat työkalut ja tarvikkeet ovat alla listattuna (taulukko 5). Taulukon määrät ovat suuntaa-antavia ja määrät riippuvaisia korjattavan sillan pituudesta ja työryhmän koosta.

TAULUKKO 5. Telineen rakentamiseen tarvittavat työkalut (Eskola 2018)

Työkalut	Määrä (Kpl)
Sähköaggregaatti 5-8kW	1-2
Kulmahiomakone ja katkaisulaikkoja	1-2
Poravasara terineen ja varusteineen	2
Timanttipora terineen ja varusteineen	1
Pöytäsiirkeli	1
Moottorisaha	2
Impulssirunkonaulain (esim Paslode Im350+)	1-3
Akkuporkakone varusteineen	2
Massapuristin	1-2
Ankkurointimassa (esim Hilti Hit-Hy 200)	Erä
Kompressor ja ilmapilli	1
Iskevä mutterinväänin 1/2"	1
Voimahylsysarja	1
Räikkäväänin 1/2"	1
Säädettävä jatkovarsi räikkävääntimeen	1
Voimapihdit	1
Hakastaivutin	1
Lenkkiavainsarja	1
Turvavaljaat ja turvavaijeri	2
Hyväksytty henkilönostin	1
Nostoliinat ja kuormaliinat	2-4
Naulat, pultit, mutterit ym kiinnitystarvikkeet	Erä
Käsityökalut (Vasarat, mitat, puukot yms)	Erä
Suojalasit, Hanskat, Hengityssuojat	Erä

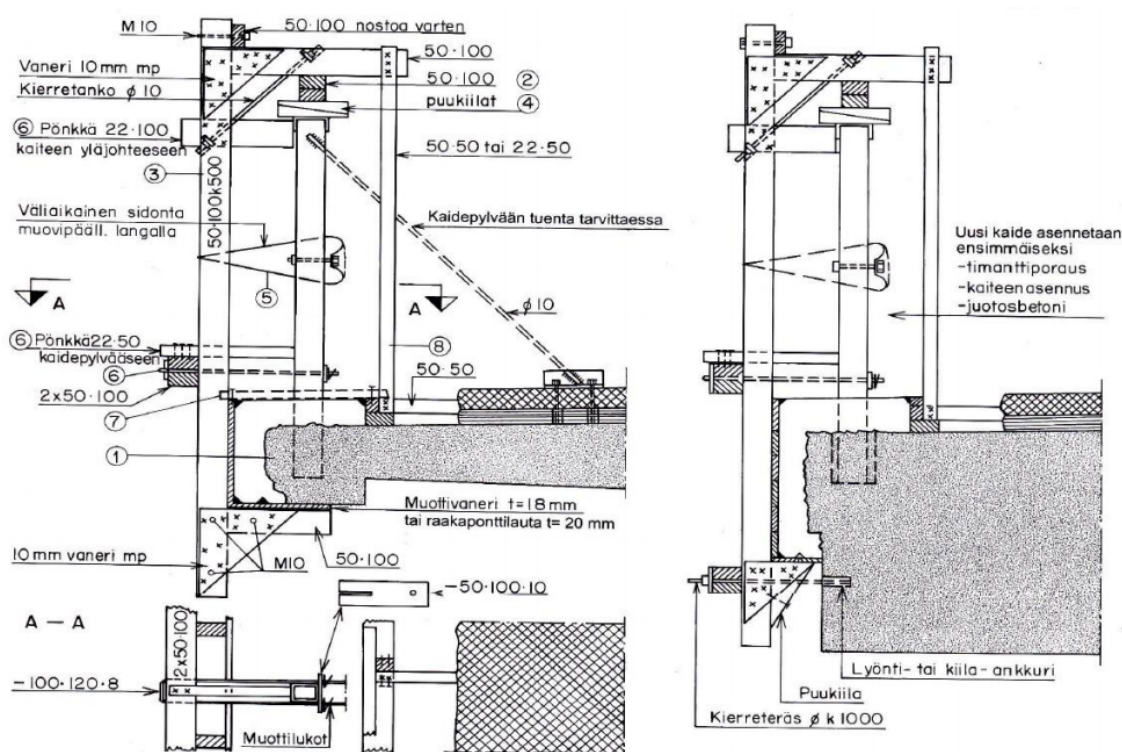
3.2 Kaiteen varaan asennettava muottielementti

Kaiteen varaan asennettava muottielementti valmistetaan sahatusta laatuluokan C tai D puutavarasta ja filmivanerista, kahdesta kolmeen metriin pitkinä osina. Uuden reunapalkin tartuntateräkset ja raudoitteet asennetaan yleensä vasta sitten, kun muottielementti on asennettu tiiviisti vanhaa siltarakennetta vasten. (Liikennevirasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 11.)

Kaiteen varaan asennettavassa muottielementissä ei varsinaista työtelinettä ole, vaan kaikki reunapalkin korjaukseen liittyvät työt tehdään sillan kannelta tai liikuteltavasta huoltokorista käsin. Esimerkiksi uuden reunapalkin betonointityöt tehdään sillan kannelta, jolloin muottielementti toimii ainoastaan muottina ja työntekijöiden putoamissuojauksena eli väliaikaisena kaiteena.

Koska kyseisessä muottielementissä ei ole erillistä työtelinettä, vie tämä menetelmä tien puolelta hieman enemmän kaistaleveyttä, jotta suljetulla työalueella on riittävästi tilaa esimerkiksi betonipumppaus-autolle betonoinnin aikana. Liikennejärjestelyitä ja työalueen kokoa voidaan toki muuttaa eri työvaiheiden mukaan.

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että muottielementtejä asennettaessa tiekaistaa kaventetaan liikenteeltä enemmän, jotta elementit saadaan asennettua turvallisesti. Elementtien asentamisen jälkeen raudoitusta tehtäessä kaistan kavennuksen ei tarvitse olla niin suuri, koska raudoitustyössä ei tarvita paljoa tilaa sillan kannelta.



KUVIO 3. Kaiteen varaan asennettavan muottielementin osat ja niiden asennusjärjestys (Liikennevirasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 11)

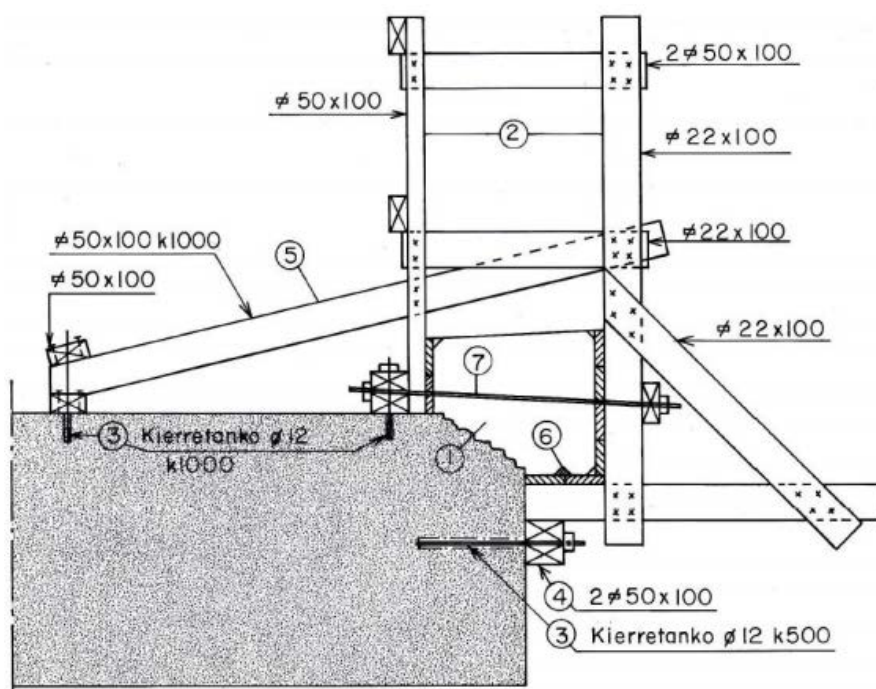
3.3 Kansilaattaan ankkuroitava muotti

Kansilaattaan ankkuroitava muotti valmistetaan myös C tai D luokan sahatavarasta ja muottielementit asennetaan nostokorista käsin. Yhden muottielementin pituus vaihtelee 2 – 4,5 metrin välillä. (Liikennevirasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 12.) Kuten muottimenetelmän nimikin kertoo, muottielementti ankkuroidaan sillan kanteen kiinni juotetuilla kierretangoilla.

Kansilaattaan ankkuroitavassa muottielementissä ei myöskään yleensä ole erillistä työtelineä. Tähän muottielementtiin työteline on kuitenkin mahdollista mitoittaa, jos työtelineelle on tarvetta. Tarve varsinaiselle työtelineelle voi tulla esimerkiksi pienillä vesistö-silloilla, joiden kansilla ei ole paljoa työskentelytilaa ja sillan viereen on vaikea varastoida rakennustarvikkeita. Tällaisissa tapauksissa käytetään normaalisti kuitenkin ulokkeen varaan ripustettavaa telineä

Tällä muottimenetelmällä eri reunapalkin korjaamisen työvaiheet pystytään toteuttamaan samoin kuin kaiteen varaan asennettavalla muottielementillä. Työnaikaisten liikennejärjestelyiden osalta menetelmä vaatii samat toimenpiteet kuin kaiteen varaan asennettava muottielementtikin. Tilantarve määräytyy siis eri työvaiheiden mukaan ja työmaan käyttöönottamaa tilaa muutetaan aina tarvittaessa.

Tämän menetelmän muottipukit valmistetaan ja laudoitetaan normaalisti kokonaan valmiiksi. Muotti voidaan kuitenkin rakentaa siten, että muottipukit valmistetaan ja asennetaan etukäteen ja laudoitus tehdään loppuun ja viimeistellään työkohteessa.



KUVIO 4. Kansilaattaan ankkuroitava muotti, sen osat ja asennusjärjestys (Liikennevirasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 12)

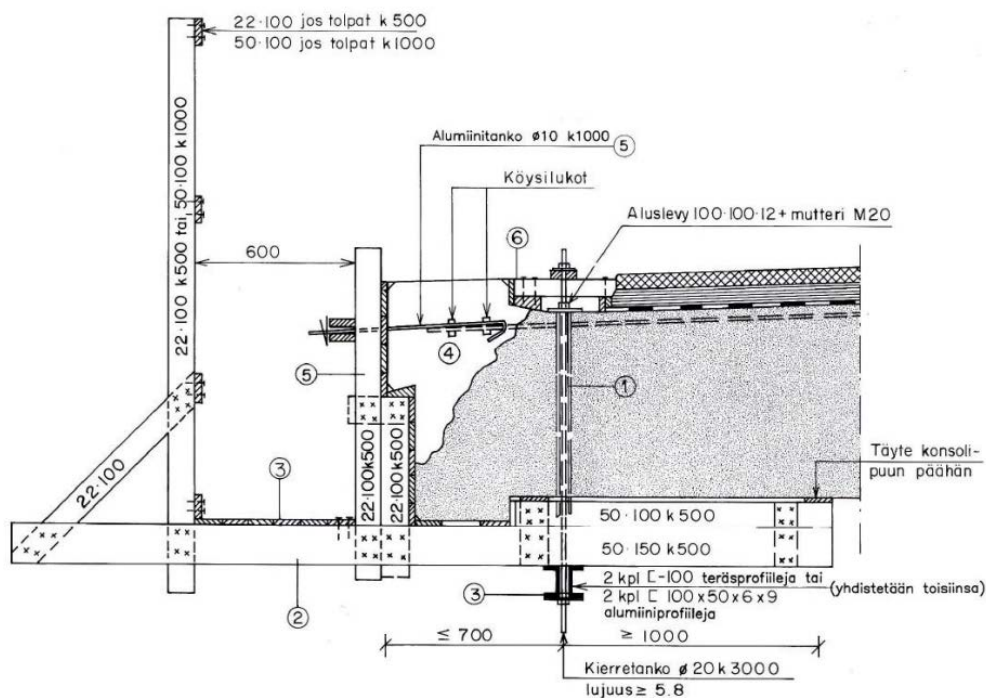
3.4 Tippuputkien läpi ripustettava muotti

Muottiteline asennetaan siltakohtaisesti kaidetta vasten ripustettavasta tai puomiin kiinnitettävästä hoitokorista käsin. Telineet rakennetaan yleensä sen verran pitkiksi, että sillan sivulle saadaan työnaikainen kulkutie. Tätä kulkutietä käytetään myös työtelineenä. (Liikennevirasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 13.) Kaikkia reunapalkin uusimisessa tehtäviä työvaiheita ei työtasolta pystytä yleensä tekemään, koska tässä teline menetelmässä työtaaso on yleensä todella kapea ja täten ahdas työskennellä. Työtelineeltä pystytään tekemään piikkaus- ja muottitöitä.

Normaalisti tippuputkien läpi ripustettavassa muotissa ei ole erillistä työtelinettä. Tähän muottitelineeseen työteline on kuitenkin mahdollista mitoittaa, jos työtelineelle on tarvetta. Ja yleensä työteline myös rakennetaan oman työskentelyn helpottamiseksi. Tätä teline- ja muottimenetelmää käytetään niin sanotusti hybridiversiona sillankorjauksissa. Yleensä tässä hybridiversiossa yhdistetään tippuputkien läpi ripustettavan muotin ja ulokkeen varaan ripustettavan telineen hyvät puolet. Ulokkeen varaan ripustettavaa muottia käytetään kuitenkin sellaisenaan huomattavasti enemmän, koska menetelmä ei ole niin

työläs ja työteline saadaan mitoitettua ja rakennettua vähemmällä vaivalla ja rahallisella panostuksella.

Kuten muilla muottimenetelmillä myös tippuputkien varaan ripustettavalla muotilla reu-
napalkin korjaamisen eri työvaiheet pystytään toteuttamaan melko kevyillä liikennejär-
jestelyillä. Työnaikaisten liikennejärjestelyiden osalta menetelmä vaatii samat toimenpi-
teet kuin jo esitellyt muottimenetelmät. Tilantarve määräytyy siis eri työvaiheiden mu-
kaan ja työmaan käyttöönottamaa tilaa muutetaan aina tarvittaessa.



KUVIO 5. Tippuputkien läpi ripustettava muotti, sen osat ja asennusjärjestys (Liikenne-
virasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 13)

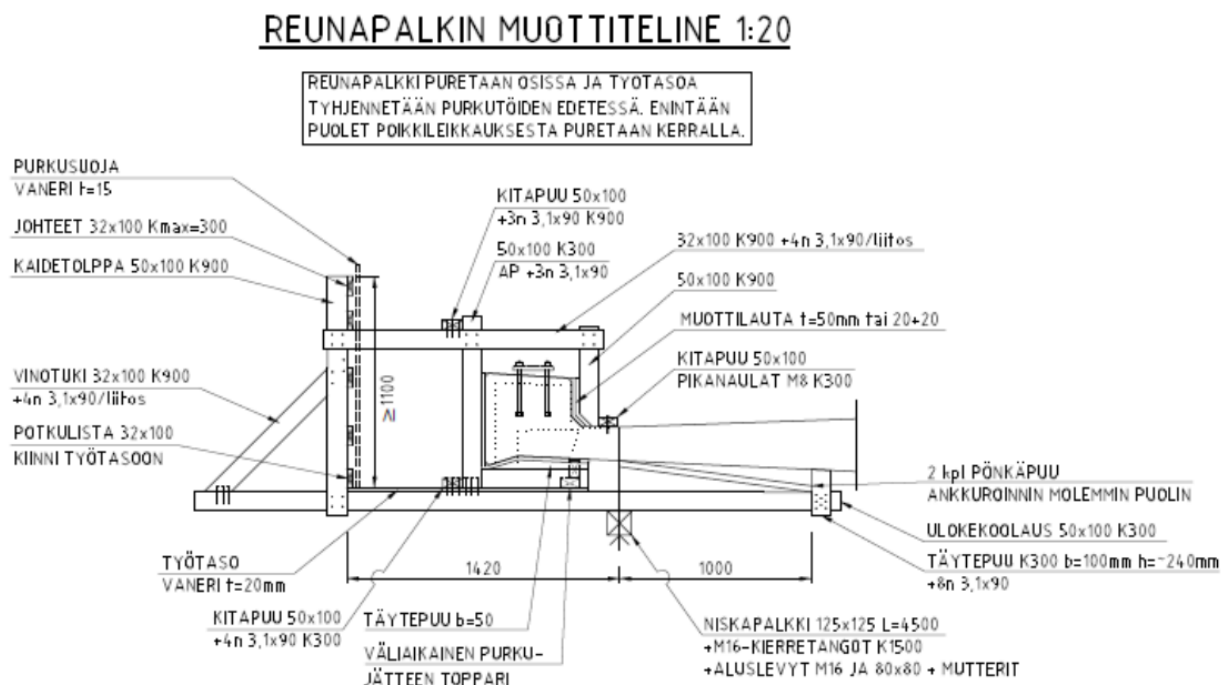
3.5 Ullokkeen varaan ripustettava muottiteline

3.5.1 Yleistä

Neljästä sahatavarasta rakennettavasta teline- ja muottimenetelmästä, joilla siltojen reu-
napalkkeja korjataan, ulokkeen varaan ripustettavassa muottitelineessä on aina selkeä
oma työtelineensä. Samaisesta telineestä puhutaan myös roikotettavana telineenä. Tehtä-
vissä vertailuissa ja riskianalyysissä vertaillaan ulokkeen varaan ripustettavaa telinettä

kovaa vauhtia yleistyneisiin uloketelineisiin. Tämän opinnäytetyön tapauksessa vertailu tapahtuu Fast Beam Oy:n kehittämään uloketelineeseen.

Ulokkeen varaan ripustettava teline mitoitetaan ja rakennetaan siltakohtaisesti, koska ulokemitat vaihtelevat. Telineen kantavana rakenteena käytetään teräskonsoleita tai puupalkkeja, jotka ripustetaan ja kiinnitetään ulokkeen alle. Vasta näiden konsoleiden varaan rakennetaan harvalankutus tai vaneritaso, jonka päällä voidaan työskennellä tai varastoida esimerkiksi piikkausjätettä ennen työkohteen siivoamista. Teline on mahdollista ja myös yleisintä rakentaa etukäteen teline-elementeiksi, jotka asennetaan paikoilleen siltakohteessa.



KUVIO 6. Ulokkeen varaan ripustettava teline, reunapalkin muotti ja käytettävä sahatavara (Sonck 2014, 34)

Ennen varsinaista työtelineen rakentamista, tehdään konsoleiden ja suojakaiteiden asennustyöt henkilönostimesta käsin, koska näin työskentely on turvallisinta (Liikennevirasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 13). Vasta kun työnaikainen suojakaide on asennettu, voidaan vanha kaide purkaa ja jatkaa telinetöitä turvallisesti ja liikennettä häiritsemättä.

Ulokkeen varaan ripustettavaa telinettä käytetään, kun uloketta levennetään reunapalkin uusimisen yhteydessä. Ulokkeen levenämisellä saadaan enemmän tilaa jalankululle ja

polkupyöräilylle tai nämä voidaan erottaa toisistaan omiksi kaistoikseksi, mikäli ulokkeelle tulee leveyttä riittävästi. Ulokkeen varaan ripustettavaa telinettä käytetään paljon myös tavallisissa sillankorjausrakokeissa, joissa uloketta ei levennetä. Tähän syynä on se, että muottitelineeseen on sisäänrakennettuna oma työtelineensä.

3.5.2 Telineen rakentaminen

Ulokkeen varaan ripustettavan telineen rakentaminen alkaa siitä, että työalue rajataan esimerkiksi mini- tai mass-guard aidalla (kuva 3) tai betonisilla raskassuojilla ja muut tarvittavat työnaikaiset liikennejärjestelyt tehdään tilaajan kanssa sovitulla tavalla. Kevyemmät aitajärjestelmät tulee kuitenkin ankkuroida, jotta ne toimivat suunnitellusti. Työalueen leveys pitää olla noin 3,5 metriä, ainakin purkutöiden ajan, sillä piikkausrobotti ja piikkausjätteen keräävä kaivinkone ja kuorma-auto vaativat vähintään tämän tilan (Pelkonen 2012, 11). Kun reunapalkki on saatu purettua, voidaan suoja-aidoilla rajattua aluetta kaventaa, jotta liikenne on sujuvampaa. Työtilan leveydeksi teline- ja muottitöissä riittää noin 2 metriä.

Työalueen pituudella ei ole niin suurta merkitystä, mutta reunapalkkien molempiin päihin olisi hyvä jättää vapaata työskentelytilaa 10-15 metriä, jotta tarvittavat rakennusmateriaalit ja koneet saadaan mahtumaan työalueelle. Mikäli mahdollista, tulisi toinen pää työalueesta venyttää pidemmäksi, jotta kaikki koneet ja kuorma-autot mahtuvat turvallisesti rajatun alueen sisäpuolelle (esimerkiksi betonipumppu ja betoniauto). (Pelkonen 2012, 11.)



KUVA 3. Mini-Guard aitaa Kehä I -työmaalla kesällä 2017 (Kuva: Sampo Eskola 2017)

Kun liikennejärjestelyt on saatu tehtyä, voidaan reunapalkin viereltä kuoria vanha päällyste pois ja esimerkiksi kaivinkoneella kaivaa reunapalkkien ulkoreunat ja päät kunnolla näkyviin. Mikäli reunapalkin uusimisen yhteydessä uusitaan myös sillan vesieriste, voidaan asfaltti poistaa leveämmältä alueelta, jolloin myös asfaltin jyrskintä on vaihtoehto kaivinkoneella kuorimiselle.

Asfaltin poiston jälkeen puretaan mahdollinen suojabetoni ja sen jälkeen sillan kanteen tai ulokkeeseen porataan reiät tartuntatapeille poravasarella oikeaan jakoväliin (Esimerkiksi K2000). Yleisimmin käytettyjä ankkuritankoja ovat Dywidag-ankkuritanko ja M16-kierretanko. Tartuntatapit ankkuroidaan kiinni reikiin esimerkiksi Hilti HIT-Hy 200 ankkurointimassalla.

Mikäli tartuntatapit porataan koko siltakannesta läpi, laitetaan kannen yläpinnan puolella tarvittavat aluslevyt ja mutterit paikoilleen, jotta kierretangot pysyvät paikoillaan ennen niskapalkkien asennusta. Ankkurimassan kovetuttua voidaan konsolit asentaa joko henkilönostimen korista tai esimerkiksi kurottajan nostokorista käsin. (Liikennevirasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 14.) Konsoleita asennettaessa täytyy nostokorissa olla kaksi rakennusammattimiestä ja heillä tulee olla turvavaljaat, jotka ovat kytketty kiinni nostokoriin.

Teline-elementti nostetaan nosturilla varustetulla kuorma-autolla (ns. Hiab-auto) paikoilleen ja kiinnitetään sekä kiristetään huolellisesti tartuntoihin niskapalkkien avulla. Niskapalkki ei ole välttämätön telinemitoituksen ja kestävyys kannalta, jos konsolit ovat terästä. Niskapalkkia käytetään useimmiten lisätukena ja jäykisteenä puupalkeista tehtyjä ulokekonsoleita käytettäessä. Kuvassa 4 asennetaan roikotettavaa telinettä.



KUVA 4. Roikotettavan telineen asennusta Heinolassa (Kuva: Ville Lonka 2018)

Mikäli telineitä ei ole rakennettu valmiiksi elementeiksi, vaan telineet rakennetaan paikan päällä, kiinnitetään konsolit ensin niskapalkkien avulla. Konsolien asentamisen jälkeen suojakaiteen puupylväät kiinnitetään konsoleiden päihin, joko konsoleissa oleviin holkkeihin tai puupalkin tapauksessa läpipulteilla, nauloilla tai ruuveilla läpi konsolipalkista. Pylväiden asentamisen jälkeen tehdään varsinainen työtaso vanerista tai harvalankutuksena ja samalla suojakaiteen pylväisiin asennetaan vinotuet, jotta pylväät ovat tukevasti kiinni konsoleissa. Vasta vinotukien asentamisen jälkeen voidaan asentaa käsijohteet, välijohteet, potkulistat, purkusuoijat ja purkujätteen toppari.

Purkujätteen topparia ja työtason päälle tulevia täytepuita ei välttämättä tarvita, jos konsolien ja työtason asennuskorkeus osuu riittävän tiiviisti sillan kannen alapintaan. Tämän jälkeen teline ja työtaso ovat valmiit, jolloin sillan vanha kaide voidaan purkaa, koska sitä ei enää tarvita väliaikaisena putoamissuojana. Vanhan kaiteen purun jälkeen teline vielä käydään läpi ja vahvistetaan tarvittaessa.

Telineen valmistumisen jälkeen reunapalkki piikataan joko piikkausrobotilla tai vesipiikkaamalla, kunnes rapautunut betoni on poistettu vaaditulta alueelta (Liikennevirasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 6.) Piikkaustyön aikana purkujäte kerätään työtelineelle

esimerkiksi pieneen jassikkaan tai tynnyreihin. Näitä jäteastioita on helppo tyhjentää esimerkiksi kaivinkonetta apuna käyttäen. Kun piikkaustyöt on saatu tehtyä, rakennetaan pohjamuotti ja se kiilataan oikeaan korkoon. Pohjamuotin valmistuttua suoristetaan säilytettävät raudat ja tehdään uuden reunapalkin raudoitus suunnitelmien mukaisesti.

Raudoitustöiden valmistuttua voidaan muottityöt tehdä loppuun. Jos pohjamuotti on tehty jo etukäteen, tarvitsee reunapalkin muotin kyljet enää viimeistellä, laittaa kulmarimat vaadittuihin kohtiin ja jäykistää muotti muottisiteiden tuki- ja kitapuiden avulla. Muotin korkeustaso varmistetaan, jonka jälkeen muotti on valmis. (Liikennevirasto: Siltojen korjausohjeet SILKO 2008, 14.)

Näillä työvaiheilla ulokkeen varaan ripustettava teline saadaan rakennettua sahatavarasta. Telineitä rakennettaessa voidaan osa tartuntatapeista työntää tippuputkien rei'istä läpi ja kiinnittää ne aluslevyjen ja muttereiden avulla. Tämä nopeuttaa työtä, koska kaikille tartuntatapeille ei tarvitse näin ollen porata reikiä sillan kanteen. Näin siis hyödynnetään myös tippuputkien varaan asennettavan muotin rakennustapaa.

3.5.3 Työskentely puutelineillä

Työskentely kuvion 6 mukaisella sahatavarasta rakennetulla telineellä on nykyään hyvin tavallista. Telineessä on työskentelytasolla leveyttä riittävästi, jotta rakennustyöntekijät mahtuvat työskentelemään vapaasti ilman esteitä. Työtasolle on hyvä varata reilusti tilaa, jotta kaikki reunapalkin korjaamisen eri työvaiheet pystyttäisiin tekemään uloketelineeltä. Tällöin vältetään siltä, että työntekijät joutuvat liikkumaan telineeltä sillan kannelle ja takaisin eri työvaiheita tehtäessä.

Teline ja työtaso mitoitetaan sahatavarasta rakennettaville konsoleille käytännössä aina siten, että työtason leveys on vähintään 600mm (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry, Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet 2010, 90 Taulukko). Tällä taataan riittävä vähimmäistila telineellä tehtäviä töitä varten. Työskentely on kuitenkin nopeampaa ja turvallisempaa, mitä enemmän resursseja urakoitsija käyttää telineiden rakentamiseen. Tällöin telineille saadaan huomattavasti enemmän työtilaa kuin 600mm.

Urakoitsijan kannattaa tarkastella, tehdäänkö niin kapea työtaso, että siltä juuri ja juuri saadaan kaikki työvaiheet tehtyä, mutta työskentely on hiukan hitaampaa tilanpuutteen vuoksi. Mikäli urakoitsija on valmis panostamaan telineisiin hieman enemmän, käytännössä kuluttamalla enemmän rakennusmateriaaleja ja työaikaa, saadaan työtasoille enemmän työskentely- ja säilytystilaa. Lisäksi leveämmälle telineelle mahtuu varastoimaan materiaaleja enemmän, kunhan telineiden mitoituskuormia ei ylitetä.

Kuvion 6 tyyppisen telineen suurimpana heikkoutena on K900 jakoon asennetut poikkituot, jotka kiinnittyvät suojakaiteen pystytolpista reunapalkin sisäreunan muottitukeen. K900 jakoon asennettuna nämä puut ovat sen verran tiheässä, että telineillä työskenneltäessä poikkitukia joutuu väistelemään. Lisäksi samaiset poikkituot hankaloittavat joitakin työvaiheita. Esimerkiksi juuri valetun reunapalkin betonipinnan hiertoa tehtäessä nämä poikkituot ovat tiellä, jolloin hierto joudutaan lopettamaan poikkituen kohdalle ja jatkamaan vasta poikkituen toiselta puolelta. Näihin kohtiin saattaa tämän vuoksi jäädä huonolaatuinen pinta, jota joudutaan mahdollisesti vielä käsittelemään jälkikäteen.

Muuten kuvion 6 telineellä ja saman tyyppisillä ulokkeen varaan ripustettavilla telineillä työskentely on hyvinkin vapaata ja telineillä on useimpia työvaiheita varten riittävästi tilaa. Telineet ovat turvalliset työskennellä, kunhan putoamissuojaus tehdään työturvallisuusvaatimusten mukaisesti. Telineillä työskentelyn turvallisuutta lisää myös se, että mikäli teline vaurioituu jostakin kohtaa tai esimerkiksi suojakaiteen käsijohde on irtoamassa, voidaan telinettä nopeasti korjata muun työn ohessa. Näin varmistutaan siitä, että telineet ovat turvalliset työskennellä koko työn ajan aina telineiden purkuun asti.

4 FAST BEAM -TELINE JA REUNAPALKIN MUOTTI

4.1 Yleistä

Fast Beam Oy:n uloketelinejärjestelmä on kehitetty reunapalkkien uusimista ja korjausta varten. Telinejärjestelmän lähtökohtana on, että järjestelmää käyttämällä reunapalkin korjaamisen eri työvaiheet nopeutuvat huomattavasti perinteisiin menetelmiin verrattuna. Fast Beam -telinejärjestelmä soveltuu hyvin erikokoisille ja eri mallisille silloille ja reunapalkeille. Järjestelmän suurin etu perinteisempiin menetelmiin verrattuna on sen asennusnopeus. Järjestelmä on nopeampi asentaa kuin perinteiset puutelineet tai esimerkiksi Moldtech Oy:n Bridgecare -järjestelmä. Fast Beam ei tarvitse tilaa sillan alta telineiden asennustyön aikana, joten telinejärjestelmän aiheuttamat liikennehaitat ovat vähäisemmät. Telinejärjestelmän asennusnopeus on jopa 12-15 metriä tunnissa (Hyvönen, 2018). Kyseistä järjestelmää on mahdollista asentaa jopa 100 juoksumetriä päivässä (Lukkari 2017, Kauppalehden uutinen).

Telinejärjestelmän pääosa on teräksestä valmistettu kannatin, joka ankkuroidaan korjattavan sillan kanteen. Tämän kannattimen varaan rakentuu ja tukeutuu järjestelmän muut osat eli työtasot ja putoamissuojaus/purkusuojaus kaiteet. Teräskannattimet ovat säädettäviä sekä pysty- että vaakasuunnassa, minkä ansiosta järjestelmällä on mahdollista korjata lähes kaikenlaisia reunapalkkeja. Lisäksi säädettävyyden ansiosta esimerkiksi reunapalkin muottia on mahdollista säätää haluttuun asentoon vielä muotin rakentamisen jälkeenkin.

Sillan kanteen ankkuroitavassa teräskannattimessa on korjaustöiden osalta yksi heikko puoli. Jos reunapalkin uusimisen lisäksi sillan vesieristys aiotaan uusida, tulee nämä teräskannattimet kannella vesieristystöiden tielle (Luuri 2016, 31). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kannattimet vievät siltakannelta hieman työtilaa ja vesieristystyöt joudutaan tekemään osissa tai vaihtoehtoisesti joudutaan odottamaan, että reunapalkki on uusittu ja telinejärjestelmä voidaan purkaa pois tieltä. Vasta tämän jälkeen vesieristystyöt voidaan toteuttaa kerralla valmiiksi. Jos vesieristys päätetään tehdä osissa, lisää se työ- kustannuksia ja työvaiheeseen käytettyä työaika.

Fast Beam on kuitenkin aikaa säästävä ratkaisu, vaikka teräskannattimet tulisivatkin vesieristystöiden tielle. Jos työnopeuden haluaa maksimoida, tarjoaa Fast Beam telineilleen myös asennuspalvelua. Tällöin Fast Beam Oy:n oma asennusryhmä asentaa ja purkaa telineet. (Luuri 2016, 37) Tämä on nopeampi ratkaisu, kuin lähteä harjoittelemaan järjestelmän asentamista, jos omilla työntekijöillä ei ole kokemusta tämän telinejärjestelmän asentamisesta.

4.2 Järjestelmän osat, työkalut ja tarvikkeet

Järjestelmän osat:

Fast Beam -telinejärjestelmä koostuu ainoastaan kolmesta pääkomponentista. Järjestelmän suurin osa ja myös koko telinejärjestelmän selkäranka on teräksinen kannatin. Tämä kannatin on ilmassa kelluva ja modulaarinen eli vapaasti säädettävissä oleva kannatin (Lukkari 2017, Kauppalehden uutinen).

Varsinainen telineosa järjestelmään rakentuu teräsprofiileista, joihin on kiinnitetty vanerilevyt. Nämä toimivat järjestelmän työtasoina, joihin suojakaiteet kiinnitetään ennen kuin työtasot lasketaan kannattimien varaan. Kun telinemuodulit on asennettu, on uloketeline tässä kohtaa jäykistetty ylimääräisiltä liikkeiltä. Kun vanha reunapalkki saadaan purettua ja uusi reunapalkki raudoitettua ja muotitettua, voidaan järjestelmä vielä säätää hydraulisesti tai käsityökaluin tarkasti haluttuun kohtaan. Telinejärjestelmää säätämällä saadaan työergonomia paremmaksi eri työvaiheissa ja uuden reunapalkin pohjamuotti tiiviisti vanhaa siltarakennetta vasten.

Viimeisenä osana järjestelmässä on reunapalkin kaksiosaiset valumuotit. Toisena osana toimii uudelleen käytettävä muottiteline ja toisena kertakäyttöinen vaahtomuovinen valumuotti. (Lukkari 2017, Kauppalehden uutinen.) Järjestelmään kuuluvia valumuotteja ei kuitenkaan kaikissa kohteissa ole mahdollista käyttää, jos esimerkiksi kaksi siltaa kulkee rinnakkain ja siltojen välisistä reunapalkeista toista korjataan. Lisäksi tämä Fast Beam Oy:n oman muottiratkaisun voi vuokrata tai ostaa vielä telineen kuukausivuokran lisäksi, eli muotit eivät sisälly itse telineiden vuokra- tai ostohintaan.

Tällaisissa tapauksissa reunapalkin muottityöt joudutaan tekemään kokonaisuudessaan työmaalla. Tämä nopeuttaa reunapalkin korjaustyötä, koska muotteja ei tarvitse alkaa paikan päällä rakentaa vaan ne voidaan asentaa suoraan oikeaan paikkaan. Lisäksi vaahtomuovista tehdyt muotit ovat erittäin kevyitä verrattuna puumuotteihin, joten muottien purkamiseen käytetty aika myös pienenee. Perinteisesti raakaponttilaudasta tehty muotti on kustannuksiltaan edullisempi, kuin Fast Beam Oy:n vuokrattava muottikalusto, mutta raakaponttilaudasta muotin rakentaminen kestää huomattavasti kauemmin.

Työkalut ja tarvikkeet:

Telinejärjestelmän asennustöissä tarvittavat työkalut ja muu kalusto ovat melko vakioita, vaikka kyseessä olisi pitkäkin korjattava silta. Työkalujen ja eri osien sekä tarvikkeiden määrä on aina sitä suurempi, mitä suurempi silta on korjattavana. Lähes kaikki asennustöissä tarvittavista työkaluista on tavanomaisia työkaluja, mitä sillankorjaustyömailla muutenkin käytetään. Kun telinetarve on ennalta tiedossa, vältetään asennustyön aikana suuremmilta yllätyksiltä, mikä itsessään myös nopeuttaa telineiden asentamista. Oheiseen taulukkoon (taulukko 6) on listattuna työkalut ja muut tarvikkeet, joiden avulla telinejärjestelmä saadaan asennettua ja purettua.

TAULUKKO 6. Fast Beam -telineen asentamiseen tarvittavat työkalut (Eskola 2018)

Työkalut	Määrä (Kpl)
Sähköaggregaatti 5-8kW	1-2
Kulmahiomakone ja katkaisulaikkoja	1-2
Poravasara terineen ja varusteineen	2
Moottori/Laikkaleikkuri ja katkaisulaikkoja	2-3
Hiab-auto nostotöihin	1
Kierretanko, vähintään M16	Erä
Mutterit ja aluslevyt vähintään M16	Erä
Kannattimen reikien poraussapluuna	1
Linjalanka ja suorakulma	1
Massapuristin	1-2
Ankkurointimassa (esim Hilti Hit-Hy 200)	Erä
Kompressori ja ilmapilli	1
Mutterinväännin 1/2"	2
Hylsysarja	2
Räikkäväännin 1/2"	2
Säädettävä jatkovarsi räikkävääntimeen	2
Lenkkiavainsarja	2-3
Nostoliinat ja kuormaliinat	2-4
Käsityökalut (Vasarat, mitat, puukot yms)	Erä
Suojalasit, Hanskat, Hengityssuojat	Erä

4.3 Kaluston asentaminen

Telinejärjestelmän asentaminen on aina siltakohtaista ja asennustyöt tehdään aina kohdetta varten laaditun asennus- ja purkutyösuunnitelman mukaisesti. Järjestelmän asennustyövaiheet ovat peruseriaatteiltaan aina samat, vaikka sillan muoto, reunapalkin koko ja muut tekijät muuttuvatkin. Telinejärjestelmän muunneltavuus ja modulaarisuus tuovat helpotusta asennustyöhön esimerkiksi sillan muodon ollessa hankala.

Kaluston asentaminen alkaa samoilla työvaiheilla kuin ulokkeen varaan ripustettavan muottitelineen rakentaminen. Ensimmäisenä siis rajataan tölle tarvittava työalue alue-suunnitelman mukaisesti, tehdään työnaikaiset liikennejärjestelyt, poistetaan kannelta vanha asfalttibetoni ja mahdollinen suojabetoni, sekä kaivetaan reunapalkin päät näkyviin.

Alustavien töiden jälkeen alkaa teräspukkien paikalleen mittaaminen. Pukkien asennuspaikkoihin vaikuttavat muun muassa olemassa olevat rakenteet kuten mahdolliset liikuntasaumat, valaisinpylväät ja pintavesikaivot. Kun pukkien kiinnityspaikat on paikalleen mitattu ja merkitty, voidaan pukkien kiinnitysreiät porata poraussapluunan avulla oikeisiin kohtiin. Kun reiät on porattu poravasarella, puhdistetaan reiät ja niihin laitetaan ankurointimassaa ja jo valmiiksi oikeaan pituuteen tehdyt kierretangot. Kierretankojen tulee olla kooltaan vähintään M16 kierretankoa. Itse teräskannatin nostetaan näihin kierretankoihin, kunhan ankkurointimassa on ensin saanut kovettua täyteen lujuuteensa ja kierretankoihin on passattu oikeaan korkoon mutterit ja aluslevyt. Asennuksen yhteydessä kannattimet säädetään lähelle haluttua asemaa niin tarkasti kuin mahdollista.

Telinejärjestelmän teräskannattimet asennetaan paikoilleen nosturilla varustetulla kuorma-autolla. Kuorma-auton lisäksi tässä asennusvaiheessa tarvitaan kaksi rakennusammattimiestä ohjaamaan kannattimet oikeisiin paikkoihin ja avustamaan kuorma-auton kuljettajaa nostotyössä. Kannatin nostetaan yleensä suoraa auton lavalta omalle paikalleen, jonka jälkeen kannatin säädetään oikeaan asentoon ja kiristetään kiinni sillan kanteen. Vasta kannattimen kiinnittämisen jälkeen voidaan nostoliinat irrottaa kannattimesta.

Vanhasta siltakaiteesta riippuen on kannattimet mahdollista asentaa kahdella eri tapaa. Joko koko vanha siltakaide puretaan ensin pois, minkä jälkeen aloitetaan telinejärjestelmän asennustyöt alkaen kannattimista. Toinen vaihtoehto on, että vanhoihin kaiteisiin

leikataan moottorileikkurilla (Esimerkiksi Stihl TS 800) tai polttoleikkaamalla aukot kannattimille. Polttoleikkaamista ei kuitenkaan suositella, koska sula metalli tippuu alas sillalta.

Jos kannattimille leikataan aukot vanhaan siltakaiteeseen, tulee tällöin asentaa myös telinejärjestelmän työtasot ja kaide-elementit ennen kuin vanha siltakaide voidaan purkaa loppuun. Näin toimittaessa ei rakentamisen aikana ole hetkeä, jolloin putoamissuojaus olisi puutteellinen. Kaiteeseen saatetaan joutua leikkaamaan aukot kannattimille, koska kaide ja lumisuoja yhdessä voivat olla liian korkeat ja näin ollen tulla kannattimien eteen.

Kun kannattimet on saatu asennettua paikoilleen, voidaan paikoilleen asentaa myös työtasot sekä suojakaide-elementit. Suojakaiteet kiinnitetään työtasoihin sillan kannella ennen kuin työtaso ja suojakaide yhdistelmä lasketaan paikoilleen kannattimien varaan. Tällöin ei ole hetkeä, jolloin putoamissuojaus puuttuisi kokonaan työkohteessa. Kun telinejärjestelmän osat on asennettu paikoilleen, voidaan telineen korkeusasema vielä säätää sopivaksi. Järjestelmä ei vaadi purkujätteen toppareita, mikäli työtasot nostetaan sillan kannen alapintaan kiinni. Mikäli telineitä ei kuitenkaan nosteta niin ylös, on suositeltavaa käyttää vielä työtason ja kannen välissä purkujätteen toppareita. Toppareiden tarkoituksena on varmistaa, että reunapalkkia purkaessa purkujätettä ei pääse putoamaan telineen ja kannen alapinnan välistä telineiden alapuolelle.

4.4 Kaluston huolto ja varastointi

Telinekaluston huolto ja korjaaminen ovat tärkeässä asemassa, koska kunnollisilla huoltotoimenpiteillä lisätään järjestelmän käyttöikää ja toimivuutta. Kalusto tulisi silmämääräisesti tarkastaa aina ennen käyttöä ja yhden käyttökerran jälkeen. Todellisuudessa huoltotoimia tehdään vasta, kun yksi kohde, eli sillan molemmat reunapalkit on uusittu. Fast Beam Oy:n kehittämässä telinejärjestelmässä on melko vähän huoltoa vaativia komponentteja, joten telineitä pystytään hyvin käyttämään vähintään yhden kohteen ajan ennen tarkastamista.

Yleisimpiä huoltotoimenpiteitä yhden kohteen valmistuttua on telinejärjestelmän huolellinen peseminen ja puhdistaminen esimerkiksi purkutöiden aikana syntyneestä pölystä ja betonoinnin aikana roiskuneesta betonimassasta. Lisäksi järjestelmän osat tulisi aina pois

purkaessa silmämääräisesti tarkistaa, jos esimerkiksi jokin R-sokka on vääntynyt kiertoon. Kun järjestelmä tarkastetaan silmämääräisesti purun yhteydessä, osataan ennen seuraavaa käyttökertaa telineitä varten hankkia lisää tarvikkeita.

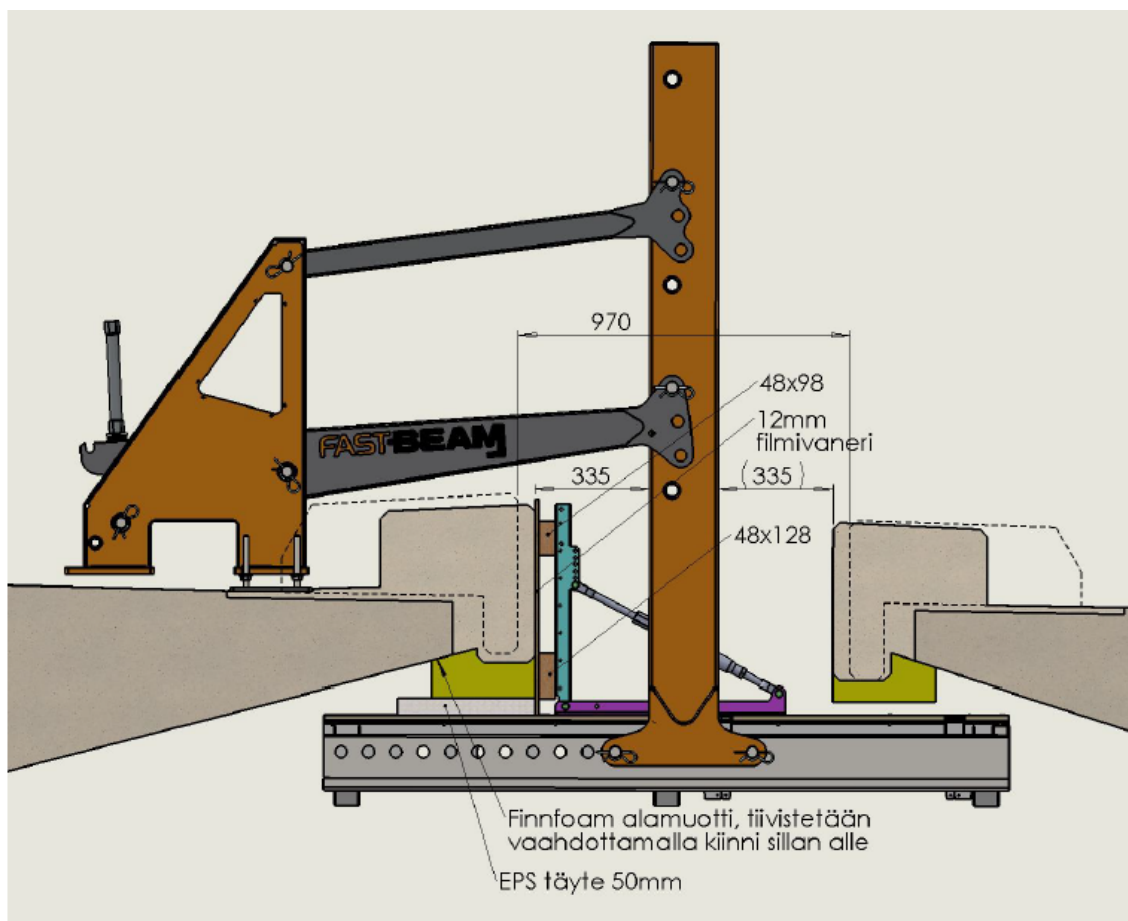
Kriittisimmin tarkasteltavia osia ovat kaikkien pulttien ja muttereiden kierteet. Jos kierreteet ovat lyöttäytyneet tai muuten pilalla, tulee ne uusia. Muussa tapauksessa järjestelmän turvallisuus kärsii, jos jokin kiertein osa ei kiristy kuten pitäisi.

Telinejärjestelmän varastointi on hyvin yksinkertaista. Paras tapa varastoida telinejärjestelmän eri osat ovat säilyttää osat katoksen alla säältä suojassa. Telinejärjestelmän osia ei tarvitse säilöä lämpimissä tiloissa, joten pelkkä katos riittää varastointina. Tärkein asia varastoinnissa on se, että kaikki osat ovat siistissä järjestyksessä. Esimerkiksi teräskannattimille on omat varastointitelineensä, joten kannattimet eivät pääse kaatumaan toisiaan vasten varastoinnin aikana. Lisäksi järjestelmän työtasot ja suojakaiteet voidaan pinota siistiin järjestykseen päällekkäin ja varastoida yhtenä nippuna.

4.5 Työskentely uloketelineellä

Fast Beam -uloketelineillä työskentely on erittäin turvallista, kunhan noudatetaan telineille annettua mitoitus- ja kuormitusrajoja. Fast Beam -telineet ovat heti asennuksen alkaessa suojakaiteella varustettuja. Kun kaksi ensimmäistä teräskannattinta on saatu asennettua paikoilleen, asennetaan kannattimien päälle työtaso ja suojakaideyhdistelmä. Suojakaide kiinnitetään työtasoon ennen kuin työtaso nostetaan teräskannattimien varaan. Näin toimittaessa teline on koko ajan suojakaiteella varustettu.

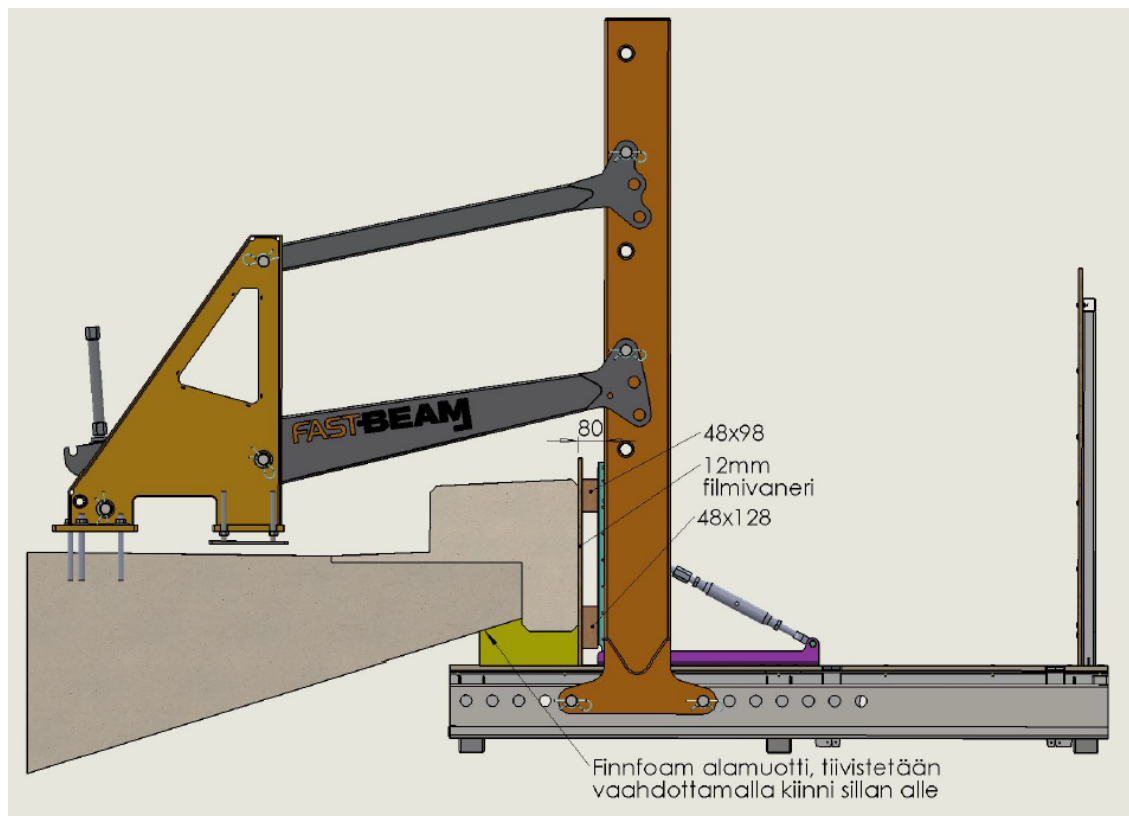
Työskentelytila, jota telineellä on käytettävissä, riippuu paljon korjattavasta siltakohteesta. Jos korjattava reunapalkki on toisen sillan välittömässä läheisyydessä, ei siltojen reunapalkkien välinen rako ole välttämättä kovin suuri (kuvio 7).



KUVIO 7. Telineratkaisu Reimarlan eteläisen ja pohjoisen sillan välissä Grk Oy:n Kehä I -työmaalla (Fast Beam Oy 2016)

Sain kokea tämän Kehä-I urakassa kesällä 2017, kun korjasimme vanhaa reunapalkkia siten, että korjattavan reunapalkin vieressä oli toinen silta. Tässä ratkaisussa työskentelytilaa uusittavan ja säilytettävän reunapalkin välillä oli ainoastaan 900 millimetriä. Telineillä työskentelytilaa oli siis todella vähän ja paikan haasteellisuuden vuoksi työtasolle ei mahtunut eikä kannattanut varastoida mitään materiaalia edes hetkellisesti. Jos työtasolla olisi varastoitu esimerkiksi harjateräksiä ennen raudoitustöitä, olisi työntekijöiden kompastumisriski kasvanut huomattavasti.

Samaisella työmaalla toisen sillan reunapalkkia korjattaessa oli telineen käyttökokemukset kuitenkin täysin erilaiset. Telineellä oli huomattavasti enemmän tilaa, koska sen työtasoa pystyttiin asentamaan ääriasentoonsa, jolloin työtasolle saadaan suurin mahdollinen määrä työskentelytilaa (kuvio 8). Tässä korjauskohteessa työtasolla oli työskentelytilaa 1500 millimetriä, joka helpotti erityisesti uuden reunapalkin raudoitustöitä.



KUVIO 8. Telineratkaisu Mätäjoen sillan reunapalkin korjaamiselle Grk Oy:n Kehä-I työmaalla (Fast Beam Oy 2016)

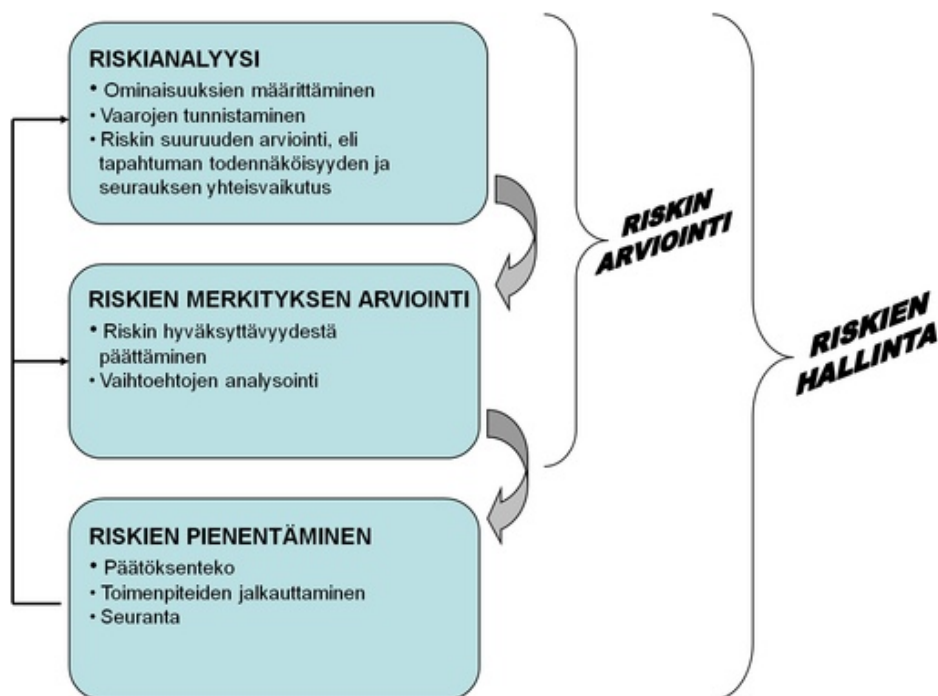
Fast Beam -telineiden suuri etu asennusnopeuden lisäksi perinteisempiin järjestelmiin verrattuna on teräskannattimet ja niiden K-jakoväli. Teräskannattimet asennetaan K5000 jakoon, joten kannattimia on harvakseltaan työntekijöiden tiellä. Tämä osaltaan myös nopeuttaa reunapalkin korjaustöitä, koska työntekijöiden ei tarvitse väistellä telinejärjestelmän kannattimia eivätkä kannattimet ole esimerkiksi raudoitustöiden tiellä niin paljon kuin perinteisissä telinemenetelmissä. Työskentely on siis todella turvallista ja sopivassa kohteessa myös melko vapaata, koska työtasolle pystytään saamaan vapaata työtilaa reilusti.

5 RISKIANALYYSI TELINEMENETELMISTÄ

5.1 Riskianalyysin toteutus

Riskianalyysiä varten on tehty kolme haastattelua Graniittirakennus Kallio Oy:n työntekijöille ja yksi Fast Beam Oy:n toimitusjohtajalle. Haastattelukysymyksien aiheina olivat kustannukset, asennus- ja purkunopeus, työturvallisuus ja telinesuunnittelu. Haastatteluihin vastasi yksi työmaapäällikkö, jolla on kokemusta sillankorjaus ja rakennusurakoista, Graniittirakennus Kallio Oy:n telinesuunnittelija/työmaapäällikkö sekä riskienhallinta- ja turvallisuuspäällikkö.

Haastatteluista kolme toteutettiin sähköpostitse ja yksi Klaukkalassa henkilökohtaisesti. Tein kolmeen eri aihepiiriin liittyen haastattelukysymykset ja lähetin kysymykset asianosaisille. Sain kysymyksien vastaukset takaisin samoille Word-tiedostoille kirjattuna. Haastattelujen vastauksiin ja omiin Kehä I parantaminen välillä Espoon raja - Hämeenlinnanväylä työmaan kokemuksiin perustuen tein riskianalyysin Fast Beam -uloketelinejärjestelmälle ja ulokkeen varaan ripustettavalle muottitelineelle. Riskianalyysissä on tuotu esille otsikkotason mukaiset suurimmat riskit, arvioitu suurimpien riskien merkitykset ja kerrottu riskien minimoimiseksi tehtäviä toimenpiteitä.



KUVIO 9. Riskianalyysin toteutuskaavio. (Ramentor Oy 2018, Riskianalyysi)

5.2 Aikataulu

5.2.1 Ullokkeen varaan ripustettava muottiteline

Ullokkeen varaan ripustettavaa telinettä käytettäessä työnkesto reunapalkkien korjaustöissä on pidempi kuin Fast Beam -telinejärjestelmällä. Hyvin suunniteltuja puuteline-elementtejä asentaa 6-10 metriä tunnissa, edellyttäen että ennakoitavissa olevat työvaiheet on jo tehty ja asennuksen aikana ei tule ongelmia.

Asennusnopeuteen tässä telinetyypissä vaikuttaa erityisesti se, onko esimerkiksi kannen alapintaan porattu ja ankkuroitu käytettävät Dywidag- tai kierretangot etukäteen. Mikäli ennakoivia työvaiheita tehdään ennen kuin telineitä aletaan asentaa, päästään kokeneella työryhmällä asennusnopeudessa noin kymmeneen metriin tunnissa. Jos asennusta tekevä työryhmä on kokematon tai edeltä tehtävät työt hidastavat teline-elementtien asennusta on asennusnopeus lähempänä kuutta metriä tunnissa.

Asennusnopeus on melko nopea, joten esimerkiksi 50 metriä pitkälle sillalle teline-elementit saadaan asennettua vähintään yhden työpäivän aikana tai jopa viidessä tunnissa. Edellä laskettuun aikaan tulee kuitenkin huomioida lisäksi se, että telineet täytyy rakentaa valmiiksi elementeiksi ennen kuin niitä päästään asentamaan. Kun tämä otetaan huomioon asennustyöhön, on työnkesto kokonaisuudessaan 3-4 työpäivää.

Aikataulullisesti sahatavarasta tehtävät telineet toimivat erittäin hyvin, kunhan teline-suunnitteluun on käytetty riittävästi aikaa. Mikäli telinesuunnittelussa ei ole huomioitu kaikkia tarpeita ja työn haittatekijöitä, saattaa teline-elementtien asentamisen aikana tulla suuriakin ongelmia. Nämä ongelmat hidastavat työtahtia erittäin paljon, mikä automaattisesti johtaa siihen, että työn aikataulu tulee suunnitella uusiksi, jollei aikahäviötä saada muissa työvaiheissa kurottua kiinni. On aikataulullisesti merkittävä riski, jos telineiden asennusaika esimerkiksi kaksinkertaistuu alkuperäisestä.

Aikatauluriskiä pystytään minimoimaan telineiden ja työvaiheiden huolellisella ennakkosuunnittelulla. Kun telineet suunnitellaan juuri korjattavaa kohdetta varten ja työjärjestys

suunnitellaan työnjohdon toimesta huolellisesti, sujuu teline-elementtien asennustyö hyvinkin nopeasti. Liitteessä 2 on haastattelukysymyksiä liittyen telinesuunnittelun kestoon ja kustannuksiin.

Maantiesiltaa korjattaessa ei ole niin suurta merkitystä, kestääkö telineiden asentamisessa 6 vai 10 tuntia, mutta ratasiltoja korjattaessa jännitekatkoilla, on jokainen säästetty tunti erittäin merkittävä. Tällöin töiden huolellinen ennakkosuunnittelu korostuu entisestään, jotta ratasilta saadaan korjattua lyhyessä määräajassa. Muussa tapauksessa urakoitsija voi saada suuriakin sakkoja maksettavakseen myöhästymisestä.

5.2.2 Fast Beam –uloketelinejärjestelmä

Fast Beam -uloketelinejärjestelmä on nopeampi asentaa kuin perinteisemmät sahatavarasta valmistetut ripustettavat teline-elementit. Fast Beam -telinettä asentaa paikoilleen noin 12-15 metriä tunnissa. Eli erittäin hyvin suunniteltu ja helposti asennettava puuteline on silti noin 30 prosenttia hitaampi asentaa kuin Fast Beam -telinejärjestelmä.

Työn kestoon vaikuttaa merkittävästi se, onko sillan vanha kaide purettu kokonaan tieltä pois, vai joudutaanko teräskannattimille sahaamaan vanhaan kaiteeseen kolot, jotta kannattimet pystytään asentamaan. Kaiteiden sahaaminen hidastaa muuten nopeaa asennustyötä jonkin verran.

Fast Beam -telineiden asennuksessa suurin aikatauluriski tulee siitä, onko kalustoa saatavana vuokralle juuri silloin, kun työ täytyisi tehdä. Pääsääntöisesti rakennusurakoitsijat eivät omista telineitä vaan vuokraavat ne Fast Beam Oy:ltä. Kaluston vuokraaminen tulee sopia hyvissä ajoin. Mikäli kaluston vuokraamisesta tehtävän sopimuksen allekirjoittaminen venyy, voi kalusto olla jo vuokrattuna muualle. Tässä tilanteessa koko työmaan aikataulu menee kokonaan uusiksi, koska työnjohto alkaa etsiä toista telinevaihtoehtoa, tai rakentaa sahatavarasta telineitä omaan käyttöön.

Tämä aikatauluriski on kuitenkin todella vähäinen, koska jos rakennusurakoitsija päättää Fast Beam -uloketelinejärjestelmää käyttää, tehdään sen käytöstä sopimus hyvissä ajoin ennen urakan alkua. Näin toimien varmistutaan siitä, että tarvittu määrä kalustoa on va-

rattuna riittävän pitkäksi ajaksi omalle työmaalle. Varsinaisia asennustyön aikaisia aikatauluriskejä ei käytännössä ole, ellei jotakin todella poikkeuksellista tapahdu. Tällainen poikkeustilanne voisi olla esimerkiksi se, että vuokratussa kalustossa olisi rikkinäisiä osia. Tällöin jouduttaisiin odottamaan, että rikkinäiset osat haetaan pois ja työmaalle tuodaan ehjät osat tilalle asennettavaksi.

5.3 Asennustöiden turvallisuus

Yleisesti telinetöissä suurin riski on putoaminen kaiteettomalta telineen osalta ja teline-asennuksessa nostoihin liittyvät turvallisuusriskit. Lisäksi yleisiä riskejä on kompastuminen ja muut työympäristön tuomat vaarat, kuten esimerkiksi liikenne. (Pinomäki 2018) Riskit ovat käytännössä aina samat, vaikka käytettäisiin erilaisia telinemenetelmiä. Mikäli työskentelyn aikana joudutaan poistamaan putoamisen estävä suojarakenne, on käytettävä korvaavia suojatoimia kuten turvavaljaita (VNa 2002, 27 §). Liitteessä 3 on haastattelukysymyksiä liittyen telinetyöskentelyn työturvallisuusriskeihin.

5.3.1 Ulokkeen varaan ripustettava muottiteline

Ulokkeen varaan ripustettavan muottitelineen asentamisturvallisuus on hyvä. Asennustyön mahdolliset työturvallisuusriskit saadaan minimoitua sillä, että työalue pidetään siistinä ja asennustyötä tekeväälle työryhmälle annetaan työskentelyrauha. Työrauhalla tarkoitetaan tässä sitä, että samanaikaisesti ei tehdä sillalla muita korjaustöitä tai esivalmisteluita, vaan ainoastaan teline-elementtien asennusta.

Suurin asennustöiden turvallisuutta heikentävä asia on putoamissuojauksen puute. Vanha siltakaide joudutaan ainakin osittain purkamaan teline-elementtien asennustöiden edestä pois. Tällöin putoamissuojaus voi olla puutteellinen. Lähes aina tämä ongelma ratkaistaan turvavaljailla ja niihin kiinni kytketyillä tarraimilla, jotka mahdollisen putoamisen tapahtuessa hidastavat ja pysäyttävät putoamisen (kuva 5). Lisäksi, jos korjattavan sillan alla voidaan käyttää henkilönostimia, voidaan osa teline-elementtien asennustyöstä tehdä henkilönostimen korista käsin, jolloin turvavaljaat ja tarrain ovat kytkettynä nostokoriin.



KUVA 5. Turvavaljaisiin kytkettävä kelautuva tarrain (Suojalaite Oy 2018, Falcon kelautuva tarrain)

Huomioon otettava turvallisuusriski on asennustyön aikana tapahtuva onnettomuus, esimerkiksi teline-elementti putoaa tai irtoaa nostoliinoista ennen kuin elementti on saatu asennettua ja kiristettyä paikoilleen. Pudotessaan teline-elementti voi rikkoa esimerkiksi alla kulkevan ajoneuvon tai sulkea kaistan ja aiheuttaa liikennehäiriön, kunnes elementti on käyty nostamassa pois tieltä.

Pudotessaan elementti olisi todella kohtalokas kevyelle liikenteelle, mikäli kevyenliikenteenväylä kulkee korjattavan sillan alla. Tämä riski minimoidaan kunnollisella nosto- ja asennustyösuunnitelmalla, nostoapuvälineiden tarkastamisella ja nosto- ja asennustöiden valvomisella. Kun työtä valvotaan paikan päällä, ei kenellekään tule mieleen laiminlyödä turvallisuusasioita ja työt tulee suoritettua turvallisesti.

5.3.2 Fast Beam –uloketelinejärjestelmä

Fast Beam -telinejärjestelmän asentamisessa riskit ovat muuten samanlaiset, mutta tätä telinejärjestelmää käytettäessä ei pääsääntöisesti ole tilannetta jossa putoamissuojaus olisi puutteellinen. Putoamissuojauksen puute on telinetöissä suurin riskitekijä, joka tulisi aina ottaa huomioon erittäin tarkasti ja miettiä, miten työt voitaisiin suorittaa turvallisesti ja putoamisvaara minimoiden.

Fast Beam -telinejärjestelmässä tämä ongelma on vältetty sillä, että vanhaan siltakaiteeseen sahataan aukot kannattimille ja kannattimien päälle asennettaviin työtasoihin kiinnitetään suojakaiteet jo valmiiksi sillan kannella ennen kuin työtaso nostetaan kannattimien varaan. Tällöin putoamissuojaus ei ole koskaan puutteellinen ja putoamisvaara on minimoitu (kuva 6). Näin toimittaessa vanha siltakaide puretaan lopullisesti pois vasta kun koko Fast Beam -telinejärjestelmä työtasoihin ja suojakaiteineen on saatu asennettua.



KUVA 6. Fast Beam -teline asennettuna ennen vanhan siltakaiteen lopullista purkamista (Kuva: Timo Laitinen 2016)

Fast Beam -telinejärjestelmän asentamisen aikaisena riskinä on mahdollinen asennustyö-onnettomuus. Yhtä lailla tämän järjestelmän työtaso tai suojakaide voi pudota tai irrota kesken nosto- ja asennustyön, mikäli töitä ei ole huolellisesti suunniteltu ja valvottu. Riskin minimoimiseksi sopivat hyvin samat toimenpiteet kuin ulokkeen varaan ripustettavan muottitelineen asennustöissä. Kun asennustyö suunnitellaan hyvin ja työ toteutetaan suunnitellusti oikeilla nostoapuvälineillä, on riski minimoitu niin hyvin kuin mahdollista.

Asennustyön aikana tapahtuvat onnettomuudet millä tahansa telinejärjestelmällä johtuvat yleensä välinpitämättömyydestä ja asenteista. Esimerkiksi nostoapuvälineitä ei välttämättä jakseta tarkistaa, koska ajattelutapana voi olla ”ovathan ne tähänkin asti toimineet hyvin”. Tällainen asenne saattaa johtaa asennustyön aikana tapahtuviin onnettomuuksiin, mutta jos koko työryhmällä ovat asenne ja työvälineet kunnossa, sujuvat työt hyvin ja turvallisesti.

5.4 Telineiden kustannukset

5.4.1 Ullokkeen varaan ripustettava muottiteline

Ullokkeen varaan ripustettavan muottitelineen hinta koostuu rakennusmateriaaleista, telineiden rakentamisesta, telineiden asentamisesta ja purkamisesta, sekä telineiden suunnittelusta ja mitoituksista. Ylivoimaisesti suurin osa telinekustannuksista kohdistuu telineiden rakentamiseen ja asentamiseen. Nämä ovat aikaa vievimmit työvaiheet, joissa käytetään paljon työvoimaa ja materiaaleja, jotta teline-elementtejä saadaan rakennettua tarvittava määrä nopeasti valmiiksi.

Teline-elementit pyritään, aina kun mahdollista, rakentamaan ennen varsinaista sillankorjaustyömaan aloitusta. Täten vältetään siltä, että työmaan läheisyydessä tarvittaisiin isoa työskentelyaluetta, jossa muottitelineet mahduttaisiin rakentamaan. Jos teline-elementit pystytään rakentamaan valmiiksi muualla ennen sillankorjaustöitä, elementit voidaan kuljettaa ja asentaa suoraan paikoilleen työmaalla.

Kun teline-elementtejä ei enää tarvita, voidaan ne kuljettaa pois ja varastoida seuraavaa käyttökertaa varten tai jos telineitä ei voi enää käyttää uudelleen, ne puretaan ja jätteet kuljetetaan kierrätettäväksi. Kuljetuksesta koituu hieman kustannuksia, mutta kuljettaminen on kannattavaa, jos telineitä pystytään käyttämään useammassa kohteessa.

Ullokkeen varaan ripustettavan muottitelineen suurin kustannusriski on, että telineet eivät sovi korjattavaan siltaan suunnitellusti. Tällöin niitä joudutaan muokkaamaan ja sen seurauksena työmaalle koituu tästä huomattavia lisäkustannuksia ja aikatauluviiveitä. Kustannuksia lisäävät teline-elementteihin käytetyt työtunnit ja lisämateriaalit. Kustannukset saattavat myös kertaantua jatkossa, mikäli työmaan eri työvaiheet viivästyvät paljon telineiden korjaamisen ja asentamisen kestäessä.

Keskimäärin ullokkeen varaan ripustettava muottiteline materiaaleineen ja työineen maksaa noin 120-150 €/m (Lonka 2018). Tästä hinnasta työn osuus on noin 50-60 €/m ja materiaalikustannuksia 90-100 €/m. Itse telineitä rakentaessa materiaalien osuus hinnasta on siis noin 60 prosenttia ja työn kustannus 40 prosenttia. Nämä määrät ovat tietysti aina yksilöllisiä siltakohteittain, koska joissain tapauksissa teline-elementtien metrihinta voi

olla jopa kaksinkertainen normaaliin verrattuna. Liitteessä 4 on telinekustannuksiin liittyen toteutettu haastattelu ja liitteessä 5 Fast Beam Oy:n tekemä telinekustannusvertailu.

Telineistöiden kustannusriskeihin pystytään parhaiten vaikuttamaan tarkalla telinesuunnittelulla. Kun telineet suunnitellaan huolella aina kohteen mukaan, vältetään suurilta yllätyksiltä ja telineiden muokkaamiselta kesken sillan korjaamisen. Tällöin telineiden muokkaamiseen ei kulu materiaaleja eikä aikaa, jolloin myös muut työvaiheet pysyvät suunnittelussa aikataulussa. Telinesuunnittelun kustannukset ovat perinteistä menetelmää käyttäessä noin 600-800 euroa (Mononen 2018). Suunnittelukustannuksissa ei ole juurikaan merkitystä korjattavan sillan pituudella, vaan kustannuksiin vaikuttaa enemmän sillan poikkileikkaus. Poikkileikkauksen haasteellisuus lisää suunnittelutarvetta, joten suunnittelukustannukset voivat hieman nousta.

5.4.2 Fast Beam –uloketelinejärjestelmä

Fast Beam Oy:n telinejärjestelmän kustannukset koostuvat hieman eri asioista kuin tavanomaisten telineiden kustannukset. Kuten perinteisiä telineitä käyttäessä, myös Fast Beam -telineiden käyttöä edeltää telineiden suunnittelu ja mitoitus, jotta varmistutaan telinemenetelmän sopivuudesta kohteeseen ja saadaan tietoon, kuinka paljon telineitä voidaan turvallisesti kuormittaa. Fast Beam -telinejärjestelmässä suurin kustannus on kaluston vuokra. Vuokrasumma vaihtelee vuokrattavasta kalustomäärästä ja vuokrausajasta riippuen välillä 1,3-4,3 €/m/vrk.

Telinekustannus yhdessä kohteessa voi siis olla jopa 200 €/m tai enemmän, jos työt kestävät esimerkiksi kaksi kuukautta (taulukko 7). Telineiden asentamisen ja purkamisen osuus metrihinnasta on ainoastaan 30 €/m. Liitteessä 5 on Fast Beam Oy:n tekemä kustannusvertailu puutelineiden ja heidän telinejärjestelmänsä välillä.

TAULUKKO 7. Teoreettinen hinta Fast Beam -telineelle kahdelle kuukaudelle (Eskola 2018)

Fast Beam-telinekustannus		
50m pitkä silta, molemmat puolet korjataan samanaikaisesti		
Vuokra-aika	60	vrk
Vuokrattu määrä	100	m
Vuokrahinta	3,5	€/m/vrk
Yhteensä:	210	€/m

Fast Beam -telinejärjestelmässä materiaalikuluja itse telineiden osalta tulee erittäin vähän. Telineiden asennus vaatii materiaaleina ainoastaan kierretankoa, ankkurointimassaa, aluslevyjä ja muttereita. Näiden menekki telineiden asentamisessa on hyvin vähäinen ja materiaalit ovat melko edullisia, joten ylivoimaisesti suurin osa telinekustannuksista muodostuu kaluston kuukausivuokrasta sekä asennus- ja purkutöistä. Telineiden asennus ja purkaminenkin ovat melko edullisia, koska Fast Beam -telinejärjestelmää asentaa parhaimmillaan 15 metriä tunnissa ja purkaa jopa 20 metriä tunnissa.

Tämän telinejärjestelmän suurimpana kustannusriskinä onkin siis työn aikataulu. Jos sil-
lan reunapalkkien korjaustyö kestää suunniteltua kauemmin, joudutaan telineistä maksa-
maan pidemmältä ajalta vuokraa. Mitä kauemmin vuokraa joutuu maksamaan sitä korke-
ammaksi telinekustannukset lopulta nousevat.

Vuokraamisesta koituvan haitan voi kuitenkin välttää, mikäli telinekaluston ostaa omak-
seen. Tällöin telinekustannus on noin 3000 €/m ja telineisiin sijoitettu raha saadaan takai-
sin tehtyjen töiden nopeutetun aikataulun ja tehtyjen työnaikaisten säästöjen avulla (liite
5). Kuinka nopeasti telineet saadaan maksettua takaisin, riippuu hyvin paljon siitä,
kuinka paljon reunapalkkien korjaustöitä tekee.

Vuokratusta kalustossa on myös se ongelma, että vuokrattava kalusto kuluu ja kolhiintuu
käyttäessä. Näistä voi mahdollisesti tulla lisäkustannuksia, jos vuokran lisäksi joutuu
maksamaan korjauskustannuksia telineiden vuokraajalle. Tämä yhdistettynä vuokraan,
voi aiheuttaa työmaakustannuksiin suunniteltua isomman kuluerän.

Tässä tapauksessa telinetöiden kustannusriskeihin pystytään parhaiten vaikuttamaan tarkalla työvaihesuunnittelulla. Fast Beam -telinejärjestelmän käyttöperustana tulee olla mahdollisimman nopea kiertoaika eli työt tulisi tehdä mahdollisimman nopeasti, jotta telinekalustosta ei muodostu turhia vuokratuloja. Nopea telinekierron avulla kalustoa voidaan käyttää useammassa kohteessa, jolloin telinekustannus esimerkiksi yhden kesän aikana tehtyihin reunapalkkien korjauksiin alenee.

Jotta nopeaan kiertoaikaan päästään, tulee kaikki sillan korjaamisen työvaiheet olla erittäin tarkasti suunniteltuna, materiaalihankinnat hyvissä ajoin tehtynä ja korjaustyötä tekemässä kokenut sillankorjaus-työryhmä. Näillä toimenpiteillä ja toimintatavoilla saadaan työn kesto minimoitua niiltä osin kun työnjohdolla on mahdollista. Erityisesti sillan korjaustöitä tekevien rakennusammattimiesten aikaisempi työkokemus on arvokasta, koska kokeneet työntekijät tietävät mitä odottaa ja osaavat toimia sen mukaan, ilman että työt seisahtuisivat pitkiksi ajoiksi.

5.5 Vaikutukset liikenteelle

Vaikutukset liikenteelle sillankorjaustöitä tehtäessä ovat aina tapauskohtaista. Jos korjattava kohde on esimerkiksi kaksikaistainen vesistösilta, joudutaan sillalta pahimmassa tapauksessa sulkemaan osa toisesta kaistasta liikennevaloin työn ajaksi. Tämä tarkoittaa sitä, että korjaustyö jouduttaisiin tekemään pienissä osissa ja etenemään toinen puoli valmiiksi asti, ennen kuin toisen puolen reunapalkkia päästään korjaamaan. Tästä koituu liikenteelle jatkuvaa häiriötä ja lisäriskinä tähän liittyy se, että työkohteet liikkuvat paloissa eteenpäin, joten tienkäyttäjät joutuvat koko ajan mukautumaan muuttuneisiin järjestelyihin.

5.5.1 Ullokkeen varaan ripustettava muottiteline

Ullokkeen varaan ripustettavaa muottitelinettä käytettäessä tarvitsee sillalta varata työalueeksi yleensä vähintään kaksi metriä leveää kaista. Tämä tarkoittaa sitä, että ohi kulkevan liikenteen kaistoista yksi kaista varataan työmaa-alueeksi. Pyrkimyksenä on kuitenkin aina se, että sillalla pääsisi liikennöimään vähintään yhdellä kaistalla molempiin suuntiin,

koska työmaa-aikaiset liikennevalot ruuhkauttavat liikennettä tarpeettomasti. Joskus kuitenkin liikennevaloja on pakko käyttää, kun tilaa molempiin suuntiin menevälle liikenteelle ei ole.

Lisähaittana tien käyttäjille koituu se, että työmaan kohdalle tulee aina alennettu nopeusrajoitus. Jos nopeusrajoituksen alentamisen lisäksi kaistoja joudutaan kaventamaan, hidastuu työmaan ohi kulkeva liikenne huomattavasti, mikä osaltaan voi lisätä ruuhkia.

Jos kyseessä on risteyssilta, ei tämä telinemenetelmä aiheuta sillan alapuoliselle liikenteelle kovin paljon liikennehaittaa. Alapuolisilta kaistoilta joudutaan hetkellisesti sulkemaan pieni työalue, jotta telineen tartunnat päästään poraamaan sekä ankkuroimaan ja telineet asentamaan kiinni. Liikennehaittaa kyllä aiheutuu, mutta se on lyhytkestoista. Usein suurilla liikennemäärillä kuormitettujen teiden telinetyöt pyritään ajoittamaan yöaikaan, jolloin liikennemäärät ovat huomattavasti pienempiä kuin päiväsaikaan ja liikennehaittaa sekä liikennejärjestelyiden tarvetta pystytään näin minimoimaan.

Tämän telinemenetelmän suurimmat riskit liikenteelle ovat jonkin esineen tai purkujätteen putoaminen sillan telineiltä alas risteävän liikenteen päälle ja koneiden työskentely pienellä rajatulla työalueella. Esineiden ja purkujätteen putoaminen on kuitenkin aina huomioitu telinesuunnitelmissa siten, että tavaroita ei pääsisi vahingossa putoamaan telineiltä alas. Tämä huomioidaan esimerkiksi siten, että telinekuviin on erikseen piirrettyä purkujätteen topparit ja niiden kiinnityspaikat.

Suuremman riskin aiheuttaa esimerkiksi kaivinkone ja kuorma-autot, jotka joutuvat toimimaan sillan kannella ahtaasti rajatulla työalueella. Nämä koneet joutuvat liikkumaan kapealla alueella ja liittymään työalueelta poistuessaan muun liikenteen sekaan. Erityisesti muuhun liikenteeseen liittyessä tulee koneiden kuljettajien olla tarkkana, jotta kolareilta vältyttäisiin.

Kyseiset riskit on mahdollista minimoida huolellisella työnsuunnittelulla. Kun eri työvaiheet on käyty läpi työryhmän kanssa ja kaikille koneenkuljettajille vielä erikseen tähdennetään muun liikenteen seassa toimimista, on tilanne hallinnassa. Vuodenajasta riippuen tulee huomioon ottaa myös kunnollinen valaistus ja työaikaisten liikennejärjestelyiden näkyvyys ja selkeys. Jos liikennejärjestelyt ovat selkeät, on suurimmat liikenteelle aiheutuvat riskit minimoitu.

5.5.2 Fast Beam –uloketelinejärjestelmä

Fast Beam -telinejärjestelmän vaikutukset liikenteelle ovat hyvin pitkälti samat kuin muilla perinteisemmilläkin telinemenetelmillä. Telineiden käyttö vaatii tietyn alueen sillan kannelta, joka pitää rajata ja suojata hyvin, jotta alueella on mahdollista työskennellä turvallisesti.

Työnaikaiset liikennejärjestelyt ovat aina paikkaan ja liikennemääriin sidonnaiset. Liikennejärjestelyiden osalta menetelmä eroaa ainoastaan yhdellä tavalla muista menetelmistä. Risteyssillalla telineitä asennettaessa ei tarvitse sillan alapuolella kulkevaa liikennettä häiritä lainkaan, koska kaikki telineen asennustyöt voidaan tehdä korjattavan sillan päältä. Liikennehaittaa aiheutuu ainoastaan korjattavan sillan molempiin kulkusuuntiin. Myös riskit ovat Fast Beam -telinejärjestelmää käyttäessä samat. Purkujätteen ja muiden esineiden telineiltä alas putoaminen on estetty umpinaisella suojakaiteella ja sillan kannen ja työtason välinen aukko tukitaan yleensä esimerkiksi finnfoam-soirolla. Näin estetään pientenkin esineiden putoaminen.

Koska riskit ovat samat, on niiden ehkäisykeinot myös samat: työnsuunnittelun huolellisuus, työvaiheiden läpikäynti ja koneenkuljettajille liikenneturvallisuudesta painottaminen. Näillä toimenpiteillä ehkäistään suurimmat liikenteelle aiheutettavat riskit ja työt pystytään suorittamaan turvallisesti.

6 VERTAILU RISKIANALYYSIIN PERUSTUEN

6.1 Työmäärävertailu

Perinteiset puusta rakennettavat telineet ovat työläämpiä ja hitaampia rakentaa ja käyttää, kuin Fast Beam -telinejärjestelmä. Itse telineiden asennusnopeudessa eroa on vähintään 4 metriä tunnissa, mutta asennusnopeuden ero voi olla vielä huomattavasti suurempi. Ennen kuin ulokkeen varaan ripustettavia muottitelineitä voidaan asentaa, tulee ne jonkun myös rakentaa.

Aikataulullisesti ulokkeen varaan ripustettava muottiteline vie siis enemmän aikaa, jos telineitä ei ole valmiiksi olemassa esimerkiksi edelliseltä työmaalta. Telineiden rakentamista varten tarvitsee varata ajan lisäksi myös paikka, missä ne on mahdollista tehdä valmiiksi. Kokonaisuudessaan Fast Beam -telinejärjestelmä on noin 30 prosenttia nopeampi asentaa ja purkaa kuin perinteiset puutelineet.

Fast Beam -telinejärjestelmällä koko reunapalkin korjaustyön kestossa saavutetaan jopa 50 prosentin aikataulusäästö perinteisiin menetelmiin verrattuna, koska teline on huomattavasti nopeampi asentaa ja purkaa ja koska telinettä pystytään säätämään aina eri työvaiheiden mukaan sopivaan asemaan. Liitteessä 6 on Fast Beam Oy:n tekemä työaikavertailu eri telinemenetelmille.

Työmäärää vähentää myös se, että telinejärjestelmää ei tarvitse itse rakentaa, joten kokonaistyönkesto telineiden asennukselle on vähäisempi. Säättömahdollisuuden avulla telineiden asentoa muutetaan, jotta korjaustyön eri vaiheet voidaan tehdä nopeinta mahdollista tahtia. Tällöin työstä muodostuva liikennehaitta ja alttius työtapaturmille on myöskin vähäisempi.

Hyvällä työryhmällä ja hyvin suunnitelluilla puutelineillä, ulokkeen varaan ripustettavaa muottitelinettä asentaa noin 8 metriä tunnissa. Lyhyissä silloissa, esimerkiksi 30-40 metriä, pelkkä telineiden asennusnopeus ei siis muodosta suurta eroa, koska kumpaakin menetelmää käyttämällä telineet saadaan asennettua vähintään yhdessä työpäivässä. Työn nopeuden ero Fast Beam -telineen eduksi muodostuu suoritettavan reunapalkin korjaustyön kokonaisuudesta, ei ainoastaan telineen asennusnopeudesta.

Telineiden purkamisen työmäärissä on myös eroja. Koska menetelmät ovat hyvin erilaiset, tapahtuu myös purkaminen eri tavalla. Fast Beam -telinettä purkaa myös perinteistä puutelinettä nopeammin, koska järjestelmä on kokonaisuudessaan hyvin yksinkertainen ja siinä on vähemmän purettavia/irrotettavia telineosia. Puutelineiden purkamisessa on enemmän työvaiheita ja enemmän irrotettavia osia, joten työsaavutus tunnissa on hitaampi. Kummankin telineen tapauksessa telineet puretaan yleensä suoraa kuorma-auton lavalle ja tästä ne kuljetetaan suoraa säilytykseen tai toiselle käyttökohteelle.

Mikäli ulokkeen varaan ripustettavia muottitelineitä ei voida enää käyttää uudelleen, ovat ne normaalia nopeammat purkaa. Purkunopeus kasvaa sen takia, että telineitä ei tarvitse enää käsitellä varovaisesti, telineet voidaan vain nostaa pois paikoiltaan ja rikkoa pienempiin palasiin esimerkiksi kaivinkoneessa lisävarusteena olevalla kouralla. Puutavarasta rakennettuja telineitä pystyy pääsääntöisesti kuitenkin käyttämään uudelleen noin kolme kertaa riippuen kohteiden samanlaisuudesta ja telineiden oikeanlaisesta käytöstä. Puutelineet ovat yhden käyttökerran jälkeen sen verran hyvässä kunnossa, että niitä voidaan käyttää uudelleen, joten yhden käyttökerran jälkeen telineitä ei vielä kannata purkaa ja hävittää.

6.2 Telinetyöskentelyn turvallisuus

Telinetyöskentelyn turvallisuudessa suurimmat erot muodostuvat telinemenetelmien rakenteellisista eroista. Fast Beam -telinejärjestelmässä kannatinväli K5000 on huomattavasti väljempi, kuin puutelineillä. Puutelineiden kannatinväli saadaan myös melko suureksi, mutta silloin myös telineeseen käytettävät materiaalit ovat kokoluokaltaan isompia ja myöskin kalliimpia ja tällöin itse rakennetun telineen metrihinta hieman kasvaa. Jos puutelineen konsoleina käytetään teräspalkkeja, saadaan kannatinväliä kuitenkin kasvatettua huomattavan paljon.

Tämä kannatinvälin K5000 väljyys tuo Fast Beam -telinetyöskentelylle sen edun, että telineellä on enemmän tilaa, jolloin työturvallisuus myös automaattisesti paranee. Työturvallisuuden parantuminen johtuu siitä, että telineillä on käytettävää tilaa enemmän, koska kannattimia ei ole niin paljon.

Suurimmat erot telinetyöskentelyn turvallisuudessa tulevat telineiden asennus- ja purkuvaiheissa. Fast Beamin asennus ja purku on turvallisempaa, mikäli työt tehdään ohjeistuksen mukaisesti. Tämän eron suurin tekijä on aiemmin mainittu Fast Beam:in putoamissuojaus, joka on olemassa koko telineiden asentamisen ajan. Puutelineiden mallista ja asennustavasta riippuen tämä on myös mahdollista.

Usein puutelineiden tapauksessa putoamissuojaus joudutaan toteuttamaan turvavaljaiden avulla, koska vanha kaide joudutaan purkamaan pois tieltä. Jos kyseessä on tavanomaisista silloista poikkeava kohde, voivat puutelineet olla jopa turvallisemmat asentaa ja käyttää, koska telineet suunnitellaan aina yksilöllisesti jokaiselle sillalle, kun taas Fast Beam -telineillä on tietyt rajat kaluston käytön suhteen, koska järjestelmän osat ovat vakio kokoisia.

Turvallisuuteen tuo oman lisänsä se, että Fast Beam tai vastaavia kalustotelineitä käytettäessä voi telineet ja työskentely näyttää ulkopuolisen silmissä ”turvallisemmalta” (Pinomäki 2018). Tähän syynä on se, että telineet ovat kuin koottava palapeli, kun taas puutelineet ovat aina tekijänsä näköiset ja huomattavasti sekavamman oloiset ulkopuolisen silmissä. Tämä on kuitenkin vain ulkoinen tekijä, joka ei vaikuta varsinaiseen työturvallisuuden millään tavoin.

Suuria eroja telinetyöskentelyn turvallisuudessa ei telinemenetelmien välillä ole. Telineet ovat sitä turvallisempia mitä enemmän työtasoilla on tilaa työskentelylle. Suurimman eron tuo asennusaikainen turvallisuus, mutta pääsääntöisesti telineet ovat yhtä turvallisia työskennellä.

6.3 Kustannukset

Kustannuseroja on vaikea vertailla suoraa menetelmien välillä, koska kustannuksien muodostuminen ja kustannuksien laskenta riippuu aina yrityksestä, organisaatiosta tai henkilöstä, kuka laskentatyön tekee. Lisäksi kustannuksiin tulee huomattavia eroja siitä, minkä kokoinen silta korjataan, missä silta sijaitsee maantieteellisesti ja ympäristöltään ja kuinka pitkä työn kesto on.

Nyrkkisääntönä voidaan kuitenkin sanoa, että yksittäiseen kohteeseen Fast Beam -telineiden vuokraaminen on kalliimpi ratkaisu verrattuna perinteisiin puutelineisiin. Puutelineiden halvempi hinta €/m ero lyhytaikaiseen Fast Beam -telineen vuokraan on merkittävä. Kustannustehokkain puuteline ratkaisu on tilata telineet ja reunapalkin pukit valmiiksi rakennettuina (Lonka 2018). Kun telineet rakennetaan kunnon tuotantotiloissa, saadaan €/m hinta halvemmaksi, koska tuotantotiloissa telineet rakennetaan huomattavasti nopeammin kuin työmaalla.

Telinemenetelmien asennustöissä sekä jätemaksuissa tulee huomattavia kustannuseroja. Näissä kustannuserissä Fast Beam -telineet ovat halvempia kuin perinteiset puutelineet, koska Fast Beam -telinettä asentaa huomattavasti nopeammin eikä itse telineistä tule jätteenä muuta kuin tartuntoina käytetyt M16 kierretangot.

Fast Beam -kalusto on halvempi ratkaisu vuokrattuna, jos telinekierto saadaan korkeaksi ja vuokrattavalle kalustolle on tiedossa töitä useammassa kohteessa. Mitä pidempi vuokra-aika ja mitä suurempi vuokrattava kalustomäärä on, sitä halvempi hinta telineille on mahdollista neuvotella. Jos kesäkaudelle on useita voitettuja sillankorjausurakoita, kannattaa telineiden vuokraamista ehdottomasti harkita, koska tällöin kaikkien tehtyjen kohteiden telinehintaa €/m saadaan halvemmaksi, kuin puutelineillä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Korjattavien siltojen määrä kasvaa vuosittain ja tälle korjausrakentamisen alalle on ollut tarvetta kehitykselle. Reunapalkkien korjausta varten kehitetty Fast Beam -telinejärjestelmä nopeuttaa reunapalkkien korjausrakentamista ja tuo modernin lähestymistavan reunapalkkien korjaustöihin. Perinteiset puutelinemenetelmät ovat myös erittäin toimivia ja hyvin suunniteltuina myös nopeita käyttää. Jokaisessa sillankorjausurakassa tulee kuitenkin aina erikseen tarkastella, mikä telinemenetelmä on järkevintä valita, koska työtä ympäröivät olosuhteet ja sillan poikkileikkaus ja muut mitat ovat aina tapauskohtaiset.

Graniittirakennus Kallio Oy toteutti kesällä 2017 kolmen sillan reunapalkkien korjaukset Fast Beam -telinejärjestelmällä. Korjattavien siltojen pituudet vaihtelivat välillä 60-90 metriä. Saadut käyttökokemukset telinemenetelmästä ovat positiivisia, koska telineet ovat erittäin nopeita ja helppoja asentaa ja pääsääntöisesti telineillä on paljon työskentelytilaa. Telinemenetelmän avulla kolmen sillan korjaustöitä saatiin nopeutettua hyvin tuloksin.

Tehdyn telinevertailun pohjalta voidaan todeta, että ulokkeen varaan ripustettava teline on pääsääntöisesti kustannuksiltaan halvempi ja oikein käytettäessä yhtä turvallinen työskennellä ja asentaa kuin Fast Beam -telineet. Suurin ero telineiden välille muodostui työmäärävertailussa, koska Fast Beam -telineet ovat huomattavasti nopeammat asentaa, purkaa ja säädettävyyden ansiosta myös nopeuttavat reunapalkin korjaustyövaiheita. Lisäksi puutelineet täytyy pääsääntöisesti ensin rakentaa, ennen kuin niitä päästään käyttämään kohteessa. Lyhyissä silloissa Fast Beam ei ole paras vaihtoehto, mutta sillan pituuden kasvaessa maksaa järjestelmän käyttäminen itsensä takaisin nopeutettuna työnä.

Uskon, että opinnäytetyön tulos reunapalkkien telinevaihtoehtojen osalta on hyvin todennukainen. Tulosten tulkinnassa tulee kuitenkin huomioida se, että vertailu on tehty melko suppean aineiston pohjalta. Sillankorjauskohteiden vertailu on vaikeaa, koska siltakohteet ovat aina yksilöllisiä niin sijainnin, muodon, pituuden, työmäärien kuin ympäröivän maaston ja liikenteenkin osalta. Tulevaisuudessa olisi hyvä toteuttaa tarkempaa laskentaa telinekustannuksista, jotta vertailuun saataisiin mukaan useita kohteita ja samalla voitaisiin tarkastella, kuinka monta kertaa puutelineitä todellisuudessa pystyy uudelleen käyttämään.

LÄHTEET

Dahl, P. 2017. Mistä oikein on kyse? Kuusi faktaa paljon puhutusta väylien korjausvelasta. Luettu 24.11.2017. <https://yle.fi/uutiset/3-9421206>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 2017. Sillat. Luettu 20.11.2017. <http://www.ely-keskus.fi/web/ely/sillat#.Wk9JDN9l-M8>

Grönroos, M. 2018. Sillat. Luettu 20.01.2018. <https://www.mattigronroos.fi/Tiet/Sillat.htm>

Hyvönen, A. toimitusjohtaja. 2018. Haastattelu 04.04.2018. Haastatteli Eskola, S.

Liikennevirasto. 2008. Siltojen korjausohjeet (SILKO) 2.211 Reunapalkin uusiminen. Luettu 12.02.2018. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/silko/kansio2/s2211_08.pdf

Liikennevirasto. 2017. Liikenneviraston sillat 1.1.2017. Luettu 20.11.2017. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lti_2017-08_liikenneviraston_sillat_web.pdf

Liikennevirasto. 2017. Teiden kunnossapito. Luettu 20.11.2017. <https://www.liikennevirasto.fi/tieverkko/kunnossapito#.WhMPOkpl-M8>

Liikennevirasto. 2017. Teräsbetoninen laattakehäsilta (Blk II). Luettu 20.03.2018. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2017-22_terasbetoninen_laattakehasilta_web.pdf

Lonka, V. työmaapäällikkö. 2018. Haastattelu. Sähköpostiviesti. Luettu 22.03.2018.

Lukkari, E. 2017. Fast Beam mullisti siltojen peruskorjauksen – nopeampi, halvempi ja turvallisempi. Luettu 22.03.2018. <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/fast-beam-mullisti-siltojen-peruskorjauksen--nopeampi--halvempi-ja-turvallisempi/wRQPhQee>

Luuri, T. 2016. Työsuunnittelun erityispiirteitä ylikulkusiltaa korjattaessa. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Mononen, J. työmaapäällikkö/telinedisuunnittelija. 2018. Haastattelu. Sähköpostiviesti. Luettu 04.04.2018.

Pelkonen, J. 2012. Reunapalkin korjaaminen sillankorjaustöissä. Tekniikan yksikkö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Pinomäki, T. Riskienhallinta- ja turvallisuuspäällikkö. 2018. Haastattelu. Sähköpostiviesti. Luettu 01.04.2018.

Ramentor Oy. 2018. Riskianalyysi. Luettu 25.03.2018. <http://www.ramentor.com/etusivu/teoria/riskianalyysi/>

Sonck, M. 2014. Sillan reunapalkkien korjaustöiden telineratkaisut. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Suojalaite Oy 2018, Falcon kelautuva tarrain. Luettu 26.03.2018. http://www.suojalaite.fi/epages/suojalaite.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/Suojalaite/Products/MI1011742

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2010. Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet. 1. painos. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Tompuri, V. 2017. Nyt eletään siltojen korjausbuumia – mistä suunnittelijat? Luettu 27.10.2017. <https://www.rakennuslehti.fi/2017/10/nyt-eletaan-siltojen-korjausbuumia-mista-suunnittelijat/>

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta. 23.8.2002/27

LIITTEET

Liite 1. Haastattelukysymykset Fast Beam Oy

1. Mikä on telinejärjestelmän asennustyön hinta €/mtr?
2. Mikä on Fast Beam-telinejärjestelmän hinta €/mtr?
3. Mikä on telinejärjestelmän asennus- ja purkunopeus mtr/h?
4. Onko telinejärjestelmälle olemassa varastointi-telineitä tai varastokonttia?
5. Mikä on telinejärjestelmän teräskannattimien jakoväli K?
6. Kuinka paljon telinejärjestelmää on mahdollista säätää eri työvaiheiden mukaan?

Liite 2. Haastattelukysymykset telinesuunnittelijalle

1. Kuinka kauan kestää (työaika) mitoittaa ulokkeen varaan ripustettava muottiteline?
2. Miten telineiden mitoituksessa ja suunnittelussa voi vaikuttaa telinekustannuksiin (Määrät, materiaalit, työtekniikat yms)?
3. Onko telinemitoituksen työvaiheissa suuria eroja, kun mitoitetaan Fast Beam uloketeline verrattuna siihen, että suunnitellaan ja mitoitetaan ulokkeen varaan ripustettava muottiteline kokonaisuutena?
4. Mitä ovat nämä erot ja onko niillä suuria vaikutuksia mitoitusajan kestoon ja kustannuksiin?
5. Mikä on keskimääräinen hinta €/mtr telinesuunnittelu- ja mitoitusajassa?
6. Onko tässä €/mtr hinnassa eroja Fast Beam uloketelineen ja kokonaan itse suunnitellun ja mitoitettun muottitelineen välillä, kuinka paljon?

Liite 3. Haastattelukysymykset riskienhallinta- ja turvallisuuspäällikölle

1. Mitkä ovat telineillä työskentelyn suurimmat työturvallisuusriskit?
2. Millä toimenpiteillä telineillä työskentelyn riskejä saadaan minimoitua ja hallittua?
3. Onko telineillä työskentelyssä turvallisuuseroja Fast Beam uloketelineen ja sahatavarasta rakennetun telineen välillä (ulokkeen varaan ripustettava muotiteline)?
4. Mitkä ovat suurimmat telineiden asentamisen/rakentamisen aikaiset riskit?
5. Voiko jomman kumman telinemenetelmän valitsemalla tehdä kustannussäästöjä työturvallisuudesta tinkimättä?
6. Onko telinemenetelmän valinnassa muita työturvallisuuteen positiivisesti tai negatiivisesti vaikuttavia tekijöitä?

Liite 4. Haastattelukysymykset työmaapäällikölle

1. Mikä on reunapalkkien korjaustoissa keskimääräinen hinta €/mtr?
2. Kuinka suuren osan tästä keskimääräisestä hinnasta muodostaa reunapalkin uloketeline (Fast Beam) tai itse rakennettu muottiteline (ulokkeen varaan ripustettava muottiteline)?
3. Kuinka suuret ovat työkustannukset €/mtr Fast Beam uloketelinejärjestelmällä (Sis. Kaluston vuokran)?
4. Kuinka suuret ovat työkustannukset €/mtr, kun rakennetaan ulokkeen varaan ripustettava muottiteline (Sis. Rakennusmateriaalit)?
5. Mikä on keskimäärin hintaero €/mtr Fast Beam uloketelineen ja ulokkeen varaan ripustettavan muottitelineen välillä?
6. Missä kulkee tämän hintaeron kriittinen raja = Kuinka pitkä sillan tulee olla, että on kannattavampaa valita Fast Beam ja vastaavasti, kuinka lyhyt sillan tulee olla, että kannattaa rakentaa itse muottitelineet

Liite 5. Telinekustannusvertailu Fast Beam Oy

Fast Beamin hankintahinta 3.000 € / m. ***

Käyttöikä >100 käyttökertaa => käyttökerran hinta <30 € / m.

Kustannuserä / m (suorat kulut)	Puutelineet	Fast Beam	Erotus
Hankintahinta	50 €	30 €	20 €
Kuljetus	10 €	10 €	0 €
Asennustyö telineelle	70 €	30 €	40 €
Asennustyö muotille	40 €	15 €	25 €
Purku	30 €	30 €	0 €
Jättemaksu + kuljetus	20 €	10 €	10 €
Yhteensä	220 €	125 €	95 €
-43 %			
Epäsuorat kulut korjaustyössä *	330 €	150 €	180 €
-55 %			
Yhteensä	550 €	275 €	275 €
-50 %			
Säästö muissa kuluissa **			0-50 €
Takaisinmaksuaika	3000 € / 275 € = 11 käyttökertaa (1-2 vuotta)		

*Töiden nopeutuminen (piikkaustyö + tartuntojen poraus ja asennus + raudoitustyö + muottityö + valutyö)

**FB mahdollistaa urakoinnin läpi vuoden, joten se lisää kaikkien muiden koneiden ja laitteiden käyttöastetta ja siten tuo lisää säästöjä leasing-, vuokra- tai pääomakuluissa

***FB:n vuokrahinta 1,30 – 4,30 € / m / pv (riippuen määristä ja vuokrapituudesta)

Liite 6. Työaikavertailu Fast Beam Oy

