

Tuomas Uolia

MABEY UNIVERSAL VARASILLAN RAKENTAMINEN,
YLLÄPITO JA PURKAMINEN

Rakennustekniikan koulutusohjelma
2018

MABEY UNIVERSAL VARASILLAN RAKENTAMINEN, YLLÄPITO JA PURKAMINEN

Uolia, Tuomas

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Marraskuu 2018

Ohjaaja: Rekola Rauno (Destia Oy) ja Tapiola Mikko (SAMK)

Sivumäärä: 33

Liitteitä: 8

Asiasanat: varasilta, kalustosilta, Mabey, Universal

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Mabey Universal varasiltakaluston käyttöä urakoitsijan näkökulmasta. Tarkoituksena oli tutustua kaluston käyttöön ennen rakennusvaiheen aloitusta ja suunnitella rakennusvaihe. Työhön kuului kahden erillisen varasiltaprojektin seuranta. Ensimmäiseen projektiin kuului rakennus-, ylläpito-, ja purkuvaiheet. Toiseen projektiin kuului rakennus- ja ylläpitovaiheet.

Projektien päättymisen jälkeen tarkasteltiin niiden taloutta, resursseja ja tehokkuutta. Jälkiseurannan perusteella tehtiin ohjeita joita käytetään uusien varasiltaprojektien tarjouslaskennassa ja toteutuksessa.

Varasiltajen rakennelaskelmien tekeminen ei kuulunut työhön eikä työssä myöskään tarkasteltu millä perusteella kohteeseen sopivin varasiltatyyppi valitaan.

ASSEMBLY, MAINTENANCE AND DISASSEMBLY OF MABEY UNIVERSAL BRIDGE

Uolia, Tuomas

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in construction engineering

October 2018

Supervisors: Rekola Rauno (Destia Oy) and Tapiola Mikko (SAMK)

Number of pages: 32

Appendices: 8

Keywords: Mabey, Universal, bridge

The purpose of this thesis was to study Mabey Universal bridge system from contractor's point of view. The goal was to plan construction stage and be in charge of it. Thesis contained two individual bridge projects. First project included assembly, maintenance and disassembly and second included assembly and maintenance.

Finance, resources and performance were examined after both projects had ended. Data will be used in upcoming projects.

Structural analyses were not part of this thesis.

SANASTO

Varasilta	Tässä työssä termillä tarkoitetaan väliaikaista siltaa. Voidaan myös käyttää termiä kalustosilta.
Moduuli	Tässä työssä termillä tarkoitetaan esivalmistettuja teräskomponentteja joita yhdistelemällä varasilta rakennetaan
Jänneväli	Sillan tukilinjojen etäisyys toisistaan
Tukilinja	Tässä työssä termillä tarkoitetaan sillan tuen kohdalla olevaa poikkisuuntaista kuvitteellista linjaa. Esimerkiksi joen ylittävissä sillassa jossa ei ole välitukia, tukilinjoja on yksi kappale sillan molemmissa päädyissä. Tukilinja 1 lyhennetään T1.
I-palkki	Yleisnimitys erilaisille teräspalkeille. Esimerkiksi IPE, HEA, HEB ja HEM
Kolmos-yksikerroksinen	Varasilta jonka molemmilla reunoilla on kolme kehäkannatinta rinnakkain, mutta vain yhdessä kerroksessa. Vastaavasti kakkos-yksikerroksinen sillan molemmilla reunoilla on kaksi kehäkannatinta vierekkäin yhdessä kerroksessa ja kakkos-kaksikerroksisen sillan molemmilla reunoilla on kaksi kehäkannatinta vierekkäin ja molempien päällä toiset kaksi kehää.
Paarrevahvistettu	Kehän ylä- tai alapuolelle kiinnitetty ylimääräinen vahvistus.
Kehä	Teräsristikot sillan molemmilla reunoilla jotka toimivat kannattajana.
Lanseeraus	Tässä työssä termillä tarkoitetaan varasillan rakentamista-paa jossa silta työnnetään esteen ylitse joko täysin valmiina tai keskeneräisenä.
Lanseerausnokka	Sillan päätyihin asennettuja moduuleja jotka pidentävät siltaa lanseerausvaiheen ajan. Tarkoituksena on lanseerattaessa estää sillan kaatuminen painopisteen siirtyessä. Puuretaan rullien poiston yhteydessä. Sama kuin lanseeraus-perä.

Tekninen suunnitelma	<p>”...<i>Teknisessä työsuunnitelmassa esitetään yksityiskohtaisesti:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>käytettävät resurssit ja työkapasiteetit</i> – <i>työtavat, -järjestys ja -vaiheet</i> – <i>työaikataulu</i> – <i>noudatettavat vaatimukset ja ohjeet...</i>” <p>(InfraRYL. 42001.4.4)</p>
Tunkkaaminen	Nostaa varasilta ylös tunkkien avulla
Tilaaaja	Rakennushankkeeseen ryhtyvä henkilö tai organisaatio.
dXY ja dZ	<p>Tarkeseurantaa tehtäessä sijainnit ilmoitetaan kolmiulotteisessa koordinaatistossa, jonka akseleina ovat x, y ja z. Korkeusasema kerrotaan usein z-akselilla. Kun halutaan seurata pisteen siirtymää korkeussuunnassa lähtöasemaan verrattuna, niin korkeudenmuutosten tunnuksena käytetään lyhennettä dZ. Esimerkiksi dZ-taulukossa merkintä -0,025 tarkoittaa että mitattu piste on 25 mm alempana kuin vertailupiste. Vastaavasti dXY kertoo siirtymän sekä x- että y-akselilla eli usein kuvaa sivuttaista siirtymää.</p>
Ylläpito	Tässä työssä termillä tarkoitetaan sillan toiminnan varmistamista sen käytön aikana, esimerkiksi korjaamalla vaurioita.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Yleistä.....	7
1.2	Historia	8
1.3	Mabey.....	9
1.4	Projektit	9
1.5	Ohjeet	11
2	RAKENTAMISEN SUUNNITTELU.....	12
2.1	Rakentamistavan valinta.....	12
2.2	Piirustukset ja suunnitelmat	13
2.3	Rakentamisen valmistelu	13
3	RAKENTAMINEN LANSEERAAMALLA	14
3.1	Kuljetus ja varastointi.....	14
3.2	Maaleikkaukset ja massanvaihdot.....	15
3.3	Tuet.....	19
3.4	Rullat	21
3.5	Varasillan kokoaminen lanseeraamalla	21
3.6	Varasillan tunkkaaminen	22
3.7	Pengertäytöt	24
3.8	Viimeistelytyöt.....	24
3.9	Tarkastukset ja käyttöönotto.....	25
4	YLLÄPITO	26
4.1	Tarkastukset	26
4.2	Huolto	26
4.3	Tarkeseuranta.....	27
5	PURKAMINEN	29
5.1	Varasillan purkaminen	29
5.2	Varasiltakaluston palautus.....	29
6	JÄLKISEURANTA.....	31
	LÄHTEET	32
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

Varasiltoja käytetään pääsääntöisesti, kun tarvitaan lyhyen aikaa käytössä olevaa siltaa. Muita käyttöä puoltavia seikkoja ovat lyhyt rakennus- ja purkuaika, uudelleenkäytettävyys sekä toimivuus paikoissa, joissa normaaleja sillan rakennusmateriaaleja, esimerkiksi betonia, ei ole helposti saatavilla. Varasilloista voidaan myös käyttää nimitystä kalustosilta.

Suurin osa väliaikaisista varasilloista kuuluu rakennetyypiltään joko ponttoni-, palkki- tai ristikkosiltoihin. Ponttonisilloja rakennetaan vesistöjen ylityksissä. Ponttonien lukumäärä, koko ja etäisyys vaihtelevat, mutta pääsääntöisesti ne kelluttavat sillan kantta tasaisin välein koko jännevälän matkalla. Ponttonisiltojen kannen materiaalina käytetään puuta tai terästä. Itse ponttonit voivat olla myös betonisia. Palkkisiltojen pääkannattajina on usein kaksi tai useampi teräksinen I-palkki. I-palkit on tuettu vähintään kahdesta kohtaa. Tällaiset sillat on usein paalutettu. Palkkisiltojen kannen materiaali voi olla puuta tai terästä. Ristikkosiltojen molemmilla sivuilla on teräksestä valmistetut ristikkokannattajat, jotka on tuettu vähintään kahdesta kohtaa. Ristikkosiltojen kansi on usein puuta tai terästä.

Tässä työssä keskitytään teräsrakenteisiin ristikkomallisiin varasiltoihin ja tarkastellaan englantilaisen Mabey Universal-varasillan rakentamista, ylläpitoa ja purkamista. Kuvassa 1 on esitetty valmis Mabey Universal-varasilta.



Kuva 1: Valmis Mabey Universal-varasilta Ulvilassa

1.2 Historia

Teräsristikkoisten varasiltojen ensimmäiset versiot kehitettiin toisen maailmansodan aikana. Yksi yhä käytössä oleva varasiltamalli on Britannian armeijan vuonna 1941 kehittämä Bailey-silta. (Mabey, Our Heritage 2016) Baileyn rakentaminen onnistui lihasvoimin ilman raskasta nostokalustoa, se ei vaatinut hitsaamista ja kesti suuria kuormia. Vaikka Bailey suunniteltiin alun perin sotilaskäyttöön, sitä alettiin käyttää myös siviilipuolella mm. väliaikaisena kulkureittinä. Vaikka suuri osa varasilloista suunnitellaan väliaikaisiksi, osa on jäänyt myös pysyviksi rakenteiksi. Vuonna 1954 Kanadassa rakennettiin Bailey-varasilta Toronton läpi virtaavan Rouge River-joen ylitse, koska hurrikaani oli vaurioittanut vanhaa siltaa (Latitude, Old Finch Avenue Bailey Bridge). Kyseinen silta oli yhä käytössä vuonna 2016.

1.3 Mabey

Mabey Bridge Ltd on englantilainen pääasiassa väliaikaisia siltoja valmistava yritys. Yhtiö perustettiin vuonna 1923 ja ensimmäisten varasiltojen valmistus alkoi 1960-luvulla. Mabey Bridge Ltd. valmistamia varasiltamalleja ovat mm. Universal, Compact 200, Delta, Atlas, Logistic Support sekä Compact Quick Bridge (Mabey, Our Heritage 2016). Edellä mainittuja varasiltamalleja yhdistää se, että ne koostuvat moduuleista ja ne kootaan pulttiliitoksilla. Moduulien pituudet vaihtelevat 3,0 m ja 4,5 m välillä. Siltojen kokonaispituudet ovat aina moduulien pituuksien kerrannaisia. Monet eri mallit muistuttavat ulkonäöltään toisiaan, mutta eivät välttämättä ole yhteensopivia keskenään. Parhaiten käyttötarkoitukseen sopiva malli valitaan tarvittavan sillan pituuden, leveyden ja kantavuuden mukaan. Universal –varasilta on yksi Mabeyn raskaimmista siltamalleista ja se sopii myös raskaalle liikenteelle.

1.4 Projektit

Tässä työssä tarkasteltiin kahta erillistä varasiltaprojektia. Ensimmäinen kohde sijaitsi valtatie 11:sta Ulvilassa Satakunnassa vuonna 2016 (Kuva 2). Projektin sisältyi kolmos-yksikerroksisen Mabey Universal-varasillan rakentaminen, ylläpito sekä purkaminen. Varasillan käyttötarkoituksena oli toimia väliaikaisena siltana joen ylitse, kun vieressä ollut teräsbetoninen silta purettiin ja korvattiin uudella sillalla. Rakennettu varasilta oli 2-kaistainen ja pituudeltaan noin 30 metrinen. Sillassa oli kaksi tukilinjaa ja sen anturat oli perustettu teräsbetonipaalujen varaan. Silta oli käytössä noin 7 kuukautta

Toinen varasiltakohde rakennettiin Pomarkkuun Satakuntaan (Kuva 3). Tähän kohteeseen sisältyi Mabey kakkos-yksikerroksisen paarrevahvistetun Universal-varasillan rakentaminen sekä ylläpidon ensimmäinen vuosi. Silta on 1-kaistainen ja noin 45 metriä pitkä. Sillan molemmat tukilinjat oli perustettu maanvaraisten anturoiden varaan. Tämä varasilta korvasi vieressä olleen kivisillan, joka purettiin huonon kunnon takia.



Kuva 2: Keskeneräinen varasilta Ulvilassa



Kuva 3: Keskeneräinen varasilta Pomarkussa

1.5 Ohjeet

Mabey Universal varasiltakaluston käyttöön ja varastointiin on saatavilla Liikenneviraston julkaisemia ohjeita. Lisäksi rakennesuunnittelija usein tekee projektikohtaisen ohjeen sillan rakentamis- ja ylläpitovaiheita varten. Liikenneviraston julkaisemat varasiltakaluston hoito-ohjeet 19/2011 ja 24/2015 liitteineen ovat julkisia. Muita ohjeita ovat Universal-käyttöohje sekä Universal-varasiltakalusto. Nämä saa Liikennevirastolta rakennushankkeeseen ryhdyttäessä. Tämän vuoksi muita kuin julkisia ohjeita tai niistä selviäviä asioita ei käsitellä tämän työn julkisessa versiossa.

2 RAKENTAMISEN SUUNNITTELU

2.1 Rakentamistavan valinta

Mabey Universal varasilta voidaan asentaa paikoilleen kahdella eri tavalla, joko nostamalla tai lanseeraamalla. Valinta tehdään projektikohtaisesti.

Nostotyö tarkoittaa, että silta rakennetaan kokonaan tai osittain valmiiksi sijoituspaikan lähistöllä ja nostetaan paikoilleen yhdessä tai useammassa osassa. Nostot tehdään usein tukilinjojen rajaamissa lohkoissa. Koska 20 metriä pitkät varasillat voivat painaa yli 50 000 kg, niin nostotyössä usein ongelmana on soveltuvan nostokaluston saatavuus ja kustannukset. Nostotyön hyviä puolia ovat vähäisempi siltakaluston määrä ja mahdollisesti lyhyempi rakennusaika.

Lanseeraustavassa siltapaikan molempiin pätyihin rakennetaan tasainen rakennus- alusta. Rakennusalustalle asennetaan rullia, joiden päälle silta rakennetaan. Tämän jälkeen silta työnnetään tuelta toiselle. Lanseeraustavassa silta pitää rakentaa sekä etu- että takaosasta ylipitkäksi, jottei työnnettäessä ja painopisteen siirtyessä silta pääse kaatumaan. Kun silta on saavuttanut viimeisen tukilinjan niin ylimääräinen etu- ja takaosa puretaan. Lanseeraustapa vaatii enemmän tilaa ja siltakalustoa kuin nostotapa, mutta voidaan tehdä ilman suurta nostokalustoa. Rakentamistapoja on vertailtu Taulukossa 1.

Taulukko 1: Rakentamistapojen vertailu

	Nostaminen	Lanseeraus
Hyödyt	+ Mahdollisesti nopeampi + Tarvitsee vähemmän siltakalustoa + Vaatii vähemmän rakentamistilaa	+ Ei vaadita suurta nostokalustoa tai nostopaikkaa
Ongelmat	– Vaaditaan raskas nostokalusto ja soveltuva nostopaikka	– Vaatii enemmän siltakalustoa – Vaatii enemmän rakentamistilaa

Molemmissa vertailukohteissa rakennesuunnittelija oli valinnut rakentamistavaksi lanseerauksen.

2.2 Piirustukset ja suunnitelmat

Rakennesuunnittelija mitoittaa varasillan ja laatii piirustukset. Piirustuksissa kerrotaan mm. varasillan perustamis- ja rakentamistapa, tarvittava kalusto, asennusjärjestys, asennuksen aikainen painopiste sekä laakerointi- ja tunkkaustiedot.

Sekä rakentamis- että purkuvaiheesta kannattaa tehdä erilliset tekniset suunnitelmat (Liite 1) joissa on esitetty työssä käytettävät resurssit, vastuut, valmistelevat työt, suoritustapa, riskit, laatutekijät ja olennaisten henkilöiden yhteystiedot. Vaarallisista töistä tehdään turvallisuussuunnitelma (Liite 2). Tällaisia ovat esimerkiksi kaivu- ja nostotyöt sekä putoamis- ja hukkumisvaaralliset työt.

2.3 Rakentamisen valmistelu

Vertailukohteissa käytetyn varasiltakaluston omistaja oli Liikennevirasto. Kalusto on vuokrattavissa. Molempien projektien aikana varasiltakaluston varastointi oli ulkoistettu ulkopuoliselle toimijalle joka tuona aikana oli Destia Oy.

Ennen varasillan rakentamista varmistetaan että tarvittavaa kalustoa on riittävä määrä vapaana. Urakka-asiakirjoissa usein kerrotaan kuka vastaa kaluston vuokraamisesta ja kuljetuksesta sekä näistä aiheutuvista kustannuksista.

3 RAKENTAMINEN LANSEERAAMALLA

3.1 Kuljetus ja varastointi

Siltakalusto kannattaa pyytää toimitettavaksi suoraan kohteeseen, jottei kalustoa tarvitse turhaan kuljettaa paikasta toiseen. Turhat kuljetukset lisäävät kaluston vaurioitumisriskiä ja kustannuksia. Jos kohteessa on tarpeeksi tilaa, niin kaikki rakentamisessa tarvittava kalusto kannattaa toimittaa työmaalle ennen rakentamisen aloitusta. Tilanpuutteen takia kalustoa voidaan joutua vastaanottamaan pienemmissä erissä ja tällöin osien oikeanlainen toimitusjärjestys ja aikataulus ovat tärkeitä. Pienempiä eriiä toimitettaessa pitää sopia että ensimmäisten toimitusten mukana saapuu kaikki rakentamisen alkuvaiheessa tarvittavat osat.

Kalusto tulee tarkistaa ennen rakentamisen aloitusta. Tällöin mahdolliset vauriot ehditään havaita sekä korjata. Tarkastukseen kuuluu osien määrän ja kunnan tarkistus.

Liikenneviraston ohjeessa Varasiltakaluston hoito- ja varastointiohje 24/2015 on esitetty varasiltakaluston oikeanlainen varastointi. Varastointitavat on ohjeessa jaoteltu pysyviin sekä tilapäisiin ja molemmilla on esitetty vaatimukset. Työmailla tapahtuva varastointi on usein tilapäistä varastointia. Tilapäisen varastoinnin vaatimukset ovat lievemät kuin pitempiaikaisen. Kuvassa 4 kalustoa varastoituna työmaalla ennen asennusta.

”Kalustoa voidaan väliavarastoida tilapäisesti joko uudella tai vanhalla siltapaikalla, jos kaluston uusi käyttöpaikka on varasillan purkamisen aikana tiedossa ja uuden varasiltakohteen rakentamiseen on lyhyt aika (korkeintaan muutamia viikkoja). Tilapäisesti varastoitaessa on huolehdittava kaluston valvonnan ja vartioinnin järjestämisestä. Pienosia sisältäviä laatikoita ei saa varastoida lukitsemattomaan tai vartioimattomaan paikkaan, vaan ne on toimitettava lähimpään kiinteään kalustovarastoon.” (Kuulas I. 24/2015. 3,2)



Kuva 4: Varasiltakalustoa välivarastoituna Pomarkussa työmaalla

Tilapäisessä varastoinnissa pitää osien alle laittaa aluspuut ja pinota ne siisteihin pinoihin. Pienemmät osat kuten pultit, rullat ja tunkit on syytä suojata sateelta. Työmaalla pidempiaikaisen varastoinnin vaatimukset tulevat aiheelliseksi jos sillan rakentamis- ja purkuvaiheessa tarvittavat ylimääräiset osat varastoidaan työmaalle useammaksi kuukaudeksi.

3.2 Maaleikkaukset ja massanvaihdot

Universal-varasillan rakentaminen ja purkaminen vaativat tasaisen alueen (Kuva 5). Rakentamisalue voi olla pidempi kuin varsinainen silta. Myös sillan sivusuunnassa tulee varata riittävä työskentelytila. Lanseeraamisen jälkeen sillasta joudutaan purkamaan lanseerausnokka, joten myös vastarannalle on tehtävä tarpeeksi tilava rakentamisalue. Ennen maanleikkauksien aloitusta on selvitettävä alueella mahdollisesti olevat kaapelit, vesijohdot ja muut varottavat rakenteet. Myös rakentamisalueen läheisyydessä sijaitsevat pylväät ja ilmajohdot voidaan joutua siirtämään. Romahtamisvaaran takia kaivantojen reunat on luiskattava tarpeeksi loiviksi. Jyrkkien kaivan-

tojen takia ennen maaleikkauksien aloitusta voidaan joutua asentamaan ponttiseiniä. Ponttiseinien siirtymiä on seurattava säännöllisesti niiden käytön ajan.



Kuva 5: Rakentamisalue ja ponttiseinä Ulvilassa

Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty suunnittelijan ilmoittamat projektikohtaiset raja-arvot ponttiseinän siirtymille sekä taulukossa 3 on esitetty ponttiseinän neljän eri seurantapisteen siirtymät rakennusaikana. Kuvaajassa 1 on esitetty seurantapisteen siirtymät ja raja-arvot.

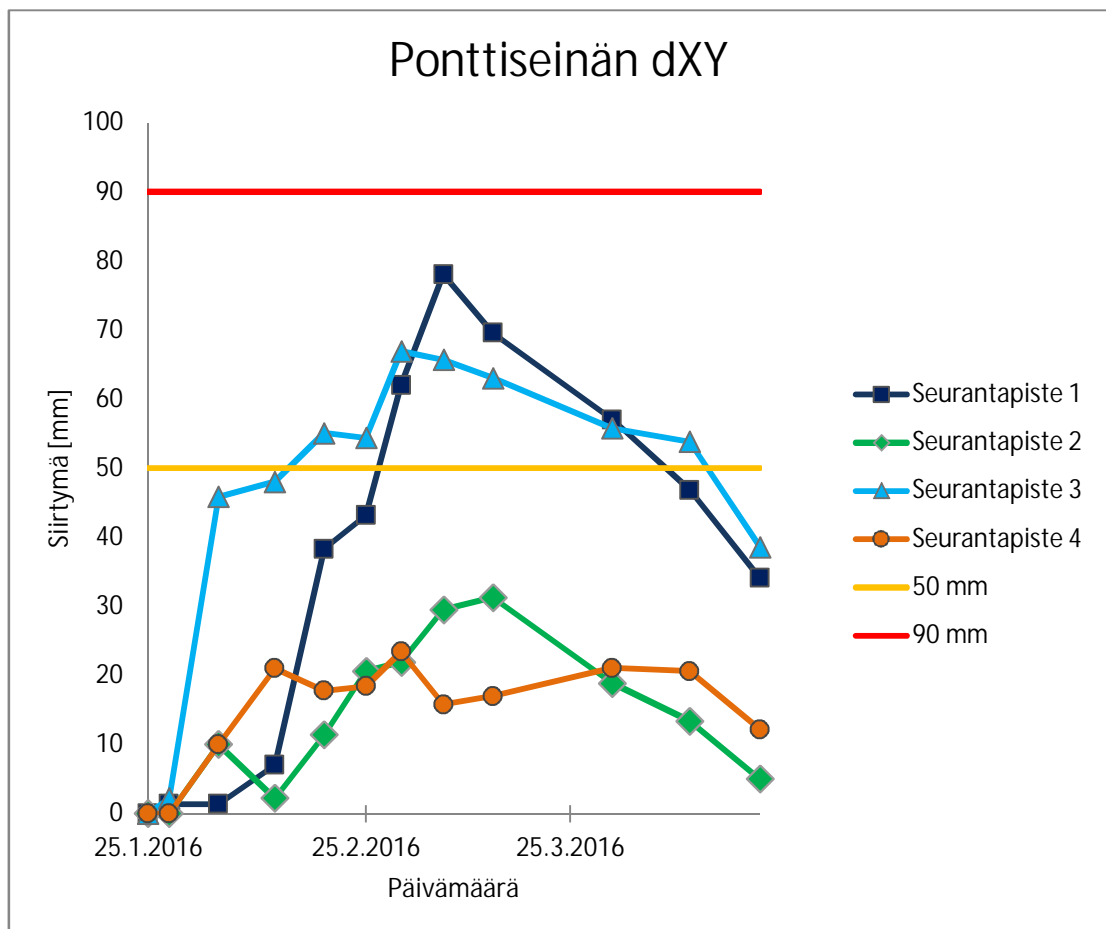
Taulukko 2: Ponttiseinän siirtymien raja-arvon

Siirtymä dXY	Selite
0-50 mm	OK
50-90 mm	Siirtymää seurataan tehostetusti
>90 mm	Työt keskeytetään sekä otetaan yhteyttä tilaajaan ja suunnittelijaan.

Taulukko 3: Ponttiseinän siirtymät (Mittaaja: Janne Haapaniemi, Destia Oy)

	Seurantapiste 1		Seurantapiste 2		Seurantapiste 3		Seurantapiste 4	
	dXY	dZ	dXY	dZ	dXY	dZ	dXY	dZ
28.1.2016	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000
4.2.2016	0,001	-0,001	0,010	0,008	0,046	0,001	0,010	-0,004
12.2.2016	0,007	0,002	0,002	0,009	0,048	0,019	0,021	0,004
19.2.2016	0,038	-0,001	0,011	0,006	0,055	0,019	0,018	0,002
25.2.2016	0,043	0,004	0,021	0,009	0,054	0,022	0,018	0,009
1.3.2016	0,062	0,000	0,022	0,005	0,067	0,016	0,023	0,002
7.3.2016	0,078	0,010	0,030	0,008	0,066	0,017	0,016	0,003
14.3.2016	0,070	0,001	0,031	0,006	0,063	0,017	0,017	0,003
31.3.2016	0,057	0,000	0,019	0,004	0,056	0,012	0,021	-0,002
11.4.2016	0,047	-0,003	0,013	0,002	0,054	0,011	0,021	-0,004
21.4.2016	0,034	0,001	0,005	0,004	0,039	0,012	0,012	-0,003

Kuvaaja 1: Ponttiseinän siirtymät projektin aikana



Taulukosta 3 huomataan, että ponttiseinän seurantapisteen 1 ja 3 siirtymät olivat ajoittain suurempia kuin raja-arvoksi määritelty 50 mm. Tällöin siirtymiä alettiin seurata useammin. Myös tilaajalle ilmoitettiin asiasta, mutta sovittiin ettei suunnitteli-jaan oteta yhteyttä, ellei seuraava raja-arvo 90 mm ylity.

Maanleikkauksissa poistettu rakentamisessa hyödyntämätön tai tienpitoon kelpaamaton maa-aines läjitetään sille tarkoitettulle alueelle. Lyhytaikaisissa kohteissa maa-aines kannattaa hyödyntää sillan purkuvaiheessa ja alueen maisemoinnissa. Kyseinen työvaihe on esitetty kuvassa 6. Maanleikkauksien valmistuttua rakentamisalueelle asennetaan suodatinkangas. Usein N3 kangas on riittävä. Suodatinkankaan päälle levitetään esimerkiksi 300 mm paksuinen kerros 0-56 mm kalliomursketta. Kerros tiivistetään täryjyrällä tai isolla maantiivistäjällä. Erityisesti täytyy kiinnittää huomiota sillan anturoiden ja tukirullien pohjien kantavuuteen ja oikeaan korkeusasemaan. Jos anturat tai rullat pääsevät painumaan voi varasilta pahimmassa tapauksessa pudota tai päästä hallitsemattomasti liikkumaan.



Kuva 6: Maanleikkaukset käynnissä Pomarkussa

3.3 Tuet

Usein varasilloissa on kaksi tukilinjaa ja ne sijaitsevat sillan päissä. Pidemmissä varasilloissa voi päätytukien lisäksi olla myös välitukia. Laakereita on jokaisella tukilinjalla vähintään kaksi kappaletta, molempien kehälinjojen alla. Suurissa varasilloissa laakereita voi yhdellä tukilinjalla olla useampiakin kuin kaksi kappaletta sillä muuten laakerien sallitut kantavuudet voivat ylittyä.

Varasiltojen päätytuet voivat olla esimerkiksi teräsbetonisia anturoita, jotka on perustettu joko murskeen tai paalujen varaan. Mahdolliset välituet sijaitsevat monesti vedessä joten niiden kohdalle on monesti asennettu paalu jonka yläpään laakeri asennetaan.

Varasiltojen lyhyiden rakennusaikojen takia ja etenkin talvisaikaan ennen sillan käyttöönottoa pitää varmistaa että betonirakenteet ovat saavuttaneet riittävän lujuuden. Betonin puristuslujuus selvitetään puristamalla koekappaleita tai kimmovasaralla. Puristuslujuuksien perusteella voidaan laskea betonin vertailulujuus. Alla on taulukko 4 jossa tukilinjakohtainen vertailulujuus on laskettu Liikenneviraston julkaiseman Kimmovasaran käyttäjän ohjeen 2/2014 (Kuva 7) mukaan.

Jos arvosteluerässä on 3 – 14 testauskohtaa, vertailulujuus K_k on pienempi seuraavista arvoista:

$$K_k = f_{cm} - f_k$$

$$K_k = f_{cmin} + 4$$

Vertailulujuus ilmoitetaan 1 MPa tarkkuudella.

Kerroin f_k riippuu testauskohtien lukumäärästä taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Kertoimen f_k riippuvuus testauskohtien lukumäärästä.

n	f_k
10 - 14	4
7 - 9	5
3 - 6	6

Kuva 7: Vertailulujuuden laskenta (Räsänen O. 2/2014. 2,3)

Taulukko 4: Anturoiden vertailulujuudet

Tukilinja	Antura	Isku- suunta	Kimmova- saran lukema [N]	Betonin puristuslu- juus [Mpa]	Vertailu- lujuus [Mpa]	Vaatus
T1	1	↓	38	51	45,5	C30/37
	1	↔	42	52		
	2	↓	39	53		
	2	↔	40	50		
T2	3	↓	32	44	38,5	C30/37
	3	↔	35	42		
	4	↓	34	45		
	4	↔	37	47		

Tukilinjat T1 anturat olivat testattaessa noin 6 viikkoa vanhoja ja T2 anturat noin 4 viikkoa vanhoja. Kaikkien anturoiden vertailulujuudet täyttivät vaatimukset. Pomarkun anturat esitetty kuvassa 8.



Kuva 8: Anturoiden ympäristäytö käynnissä Pomarkussa

3.4 Rullat

Kun rakentamisalue ja tuet ovat valmiita, seuraavana vaiheena on tuki- ja liukurullien asentaminen (Kuva 9). Ennen asennusta on tärkeää testata rullien laakerien ja jarrujen toiminta. Rullat pitää asentaa tarkasti suunnitelluille paikoilleen ja asentoon. Muutoin riskinä on, että silta voi työnnettäessä törmätä rulliin. Sillan painon jakautuessa epätasaisesti rullille niiden kantavuudet voivat ylittyä ja täten rullat voivat pettä. Rullien jarrujen pitää olla lukittuna rakennusaikana. Jarrut voidaan avata vasta, kun siltaa on tarkoitus liikuttaa.



Kuva 9: Kaksi tukirullaa asennettuna Ulvilassa

3.5 Varasillan kokoaminen lanseeraamalla

Varasillan rakentaminen (Kuva 10) tehdään Mabey Universal-varasiltakaluston käyttöohjeiden ja projektikohtaisten suunnitelmien mukaan. Käyttöohjeissa on kerrottu Universal-varasiltojen yleistiedot, suunnitteluohjeet, rakentamisohteet. Lisäksi saatavilla on kalustoluettelo, jossa kaikki rakentamiseen tarvittavat osat ja työkalut on esi-

tetty. Projektikohtaisissa suunnitelmissa esitetään sillan pituus ja leveys, perustamistapa, tukien määrä, rakennustapa, laakerointitapa sekä painopiste. Ohjeet eivät ole julkisia, joten niistä selviäviä asioita ei käsitellä tämän työn julkisessa versiossa.



Kuva 10: Varasillan kokoaminen käynnissä

Rakennusvaiheessa kävi ilmi, että ohjeiden välillä on ristiriitoja. Havaintojen pohjalta tehtiin tiivistetty rakennusohje (Liite 3) jossa huomautetut poikkeavuudet on esitetty.

3.6 Varasillan tunkkaaminen

Ennen tunkkaamisen aloittamista on tärkeää testata tunkkien toimivuus. Tunkkeja kannattaa varata vähintään yksi ylimääräinen varalle. Tunkkien sijainnit ja kuormat esitetään projektikohtaisissa suunnitelmissa. Tunkattavan linjan kohdalla pitää käyttää esim. puusta tehtyjä varmistuspetejä, jotka tunkin hajotessa estävät siltaa putoamasta.

Ainoastaan yksi sillan tukilinja saa olla kerrallaan tunkkien varassa. Ohjeissa on määritelty sillan päätyjen välinen suurin sallittu korkeusero eli joissain tapauksissa sillan päätyjä pitää tunkata vaiheittain ja vuorotellen. Kun tukilinja on tunkattu tarpeeksi ylös, niin turvallisuuden varmistamiseksi silta lasketaan varmistuspetien varaan. Lanseerauksen aikaiset rullat poistetaan ja tilalle vaihdetaan suunnitelmissa mainitut laakerit (Kuva 11). Kun kaikki laakerit on asennettu, niin silta tunkataan ylös varmistuspedeiltä. Varmistuspetejä ei saa purkaa kerralla vaan niitä madalletaan samaa tahtia kuin siltaa lasketaan. Myös laskemisen aikana huomioidaan päätyjen välinen suurin sallittu korkeusero. Laskemisen loppuvaiheessa kiinnitetään erityishuomiota, että silta laskeutuu laakerien päälle oikein.

Varasilloista puretaan vasta tunkkauksen jälkeen ylimääräinen lanseerausnokka ja –perä. Myös kansielementit sekä kaiteet asennetaan vasta kun silta on laskettu paikoilleen.



Kuva 11: Tunkkaus käynnissä Ulvilassa

3.7 Pengertäytöt

Varasillan alas laskemisen ja lanseerausosien purkamisen jälkeen vuorossa on tulopenkereiden rakentaminen. Sillan päädyt tulee tiivistää huolellisesti, ettei kannen ja murskeen rajapintaan synny pykälää.

Tietä rakennettaessa kannattaa huomioida, että maakerrokset voivat valua varasillan päätyjen niskapalkkien alitse jos niihin ei ole asennettu esteitä. Projektin suunnitelmassa voi olla määrätty, että paikalle valetaan esteeksi teräsbetoninen tukimuuri. Jos asiasta ei ole mainintaa niin lyhytaikaisissa kohteissa voidaan muurin sijaan esteeksi asentaa esimerkiksi teräspontti, I-palkki tai betonipaalu. Päätyniskat kannattaa myös suojata suodatinkankaalla.

Tulopenkereet ja tien rakennekerrokset rakennetaan ja tiivistetään projektikohtaisten suunnitelmien mukaan.

3.8 Viimeistelytyöt

Maarakennustöiden valmistuttua suoritetaan suunnitelmien mukaiset viimeistelytyöt. Näitä voivat olla mm. sillan- ja tiekaiteiden asennus, tien päällystys, tiemerkinnot, tarkkailupisteiden tekeminen sekä liikennemerkkien asennus.

Kehät eivät riitä putoamissuojaksi jalankulkijoille, joten siltaan asennetaan erilliset kaiteet. Kaiteet voi olla valmistettu esimerkiksi painekyllästetystä puusta ja niihin asennetaan myös ajojohde johon tiekaiteet yhdistetään. Tiekaiteet estävät ajoneuvoja törmäämästä sillan päätyjen kehiin. Väliaikaisten varasiltojen kantta ei aina päällystetä eikä ajoratamaalauksiakaan aina tehdä. Tarkkailupisteet kannattaa tehdä sillan molemmille puolille jokaiselle tukilinjalle sekä jännevälin puoliväliin.

3.9 Tarkastukset ja käyttöönotto

Ennen sillan käyttöönottoa kaikki pultit ja kiinnitykset kannattaa tarkistaa ja tarvittaessa kiristää. Tässä vaiheessa virheiden ja vaurioiden korjaaminen on huomattavasti helpompaa kuin käyttöönoton jälkeen.

Jos urakoitsijalla ei ole aikaisempaa kokemusta varasiltojen rakentamisesta, niin suunnittelijan suorittama välitarkastus kohteessa esim. lanseerausvaiheessa on tarpeellinen. Suunnittelija voi havaita virheet tai myöhemmin ilmenevät ongelmat, joita ensimmäistä kertaa varasiltojen parissa työskentelevä ei välttämättä osaa ennakoida. Muussa tapauksessa yleensä riittää kun suunnittelija tarkistaa sillan ainoastaan ennen sen käyttöönottoa. Jos tarkastus suoritetaan vaiheessa jossa osa rakenteista ei ole enää näkyvissä, niin nämä rakenteet kannattaa valokuvata rakennusvaiheessa. Myös urakoitsija suorittaa oman käyttöönottotarkastuksen (Liite 4). Tarkastuksissa huomautetut mahdolliset puutteet ja virheet korjataan ennen käyttöönottoa. Tilaajan kanssa sovitaan käyttöönoton ajankohta. Valmis hyväksytty varasilta esitetty kuvassa 12.



Kuva 12: Valmis varasilta Pomarkussa

4 YLLÄPITO

4.1 Tarkastukset

Liikennemäärällä on suuri merkitys kun arvioidaan varasillan vaatimien tarkastusten ja huoltojen aikaväliä. Vilkkaasti liikennöidyillä väylillä, kuten esim. valtateillä, varasillan huolto voi olla ajankohtaista joka kuukausi. Kun taas tieosuuksilla joilla liikennemäärät ovat pieniä, voi kerran vuodessa tapahtuva silmämääräinen tarkistus ja sen perusteella tehtävä pieni huolto olla riittäviä. Kummassakin tapauksessa kannattaa sopia suunnittelijan ja tilaajan kanssa millaisella aikataululla kyseisen kohteen kuntoa seurataan. Ensimmäisien kuukausien aikana tarkistus- ja huoltoväli kannattaa pitää lyhyenä, koska silloin sillassa ja tukilinjoissa voi tapahtua pientä liikettä. Kun varasillan tarkastusten yhteydessä ei havaita puutteita, voidaan huolto- ja tarkistusväliä kasvattaa (Liite 5). Ensimmäisen vuoden aikana suoritettavat seurannat ja huollot voidaan esimerkiksi tehdä 1. kuukauden, 3. kuukauden ja 1. vuoden jälkeen. Tämän jälkeen seuranta tehdään tarpeen mukaan, mutta esimerkiksi kerran vuodessa.

Jos varasiltakalusto on kunnossa rakennusvaiheessa ja varasillan suunniteltu käyttöikä on muutamia vuosia, niin ei ole syytä epäillä että kyseisen sillan käytön aikana osissa tapahtuisi kulumista ja ruostumista jonka takia sillasta pitäisi vaihtaa kokonaisia osia. Pidempiaikaisissa pysyviksi jääneissä varasilloissa vastaavia ongelmia voi ilmaantua, mutta tällöinkin ne ovat ajankohtaisia vasta useiden vuosien kuluttua. Näissä tapauksissa myös sillan ajoittainen puhdistus voi olla tarpeen sillä liikenteen aiheuttamat saasteet ja pöly voivat kerääntyä sillan vaakasuorille pinnoille ja aiheuttaa ruostumista. Yleensä normaalissa käytössä olevan varasillan ainoat vaurioituvat osat ovat sillan kaiteet.

4.2 Huolto

Kun varasiltaa joudutaan huoltamaan, johtui se sitten normaalista vuosihuollosta tai havaitun vaurion korjaamisesta, usein ongelmana on miten huolto saadaan tehtyä liikenteen ehdoilla.

2-kaistaisessa varasillassa liikenne voidaan mahdollisesti väliaikaisesti rajoittaa toiselle kaistalle, jolloin sillan tarkistus ja huolto tehdään yksi kaista kerrallaan. Tällöin sillasta voidaan tarvittaessa vaihtaa myös joitain osia kuten kansielementtejä tai kaihteita. 1-kaistaista varasiltaa taas ei sen käytön aikana kovin paljoa pysty huoltamaan, vaan silta on suljettava työn ajaksi. Jos lähistöllä on vaihtoehtoinen reitti, niin sulkeminen voidaan tehdä päiväsaikaan, mutta joskus haittojen minimoimiseksi korjaus on tehtävä yöaikaan.

Pomarkun sillan ensimmäinen huolto suoritettiin noin yhden kuukauden käytön jälkeen ja toinen noin kolmen kuukauden jälkeen. Kahdessa ensimmäisessä huollossa sillan kaikki pultit kiristettiin ja laakerit tarkistettiin. Näitä huoltoja varten siltaa ei tarvinnut sulkea. Kolmas huolto tehtiin noin kymmenen kuukauden kohdalla. Kolmannessa huollossa osa sillan kansielementeistä piti poistaa, joten silta suljettiin huollon ajaksi. Kolme ensimmäistä huoltoa olivat suunnittelijan etukäteen määrittämiä. Seuraavien huoltojen ajankohtaa ei määrätty tehtäväksi, vaan ne tehtäisiin sillan vuositarkastusten yhteydessä, jos korjattavaa löytyisi.

Ensimmäisen vuoden käytön aikana Pomarkun kohteessa havaittiin yksi liikenteen aiheuttama vaurio. Sillan puisesta kaidejohteesta oli pieni törmäysvaurio. Lisäksi saatiin ilmoitus jonka mukaan aura olisi kolhinut osaa sillan kansielementeistä, mutta tarkistuksessa tähän liittyviä vaurioita ei havaittu.

4.3 Tarkeseuranta

Sillan käytön aikainen tarkeseuranta voi olla tarpeellista. Näin on esimerkiksi kun maaperä on pehmeää, sillan tukia varten tehdään suuria massanvaihtoja, liikennemäärät ovat suuria tai tuet eivät ole paalujen varassa. Seurantaa kannattaa suorittaa erityisesti tukilinjojen kohdilla. Seurannan tarpeellisuus, mitattavat pisteet, mittaustiheys ja toleranssit kannattaa sopia suunnittelijan ja tilaajan kanssa. Jos liikehdintää ei tapahdu ensimmäisten kuukausien aikana, niin mittauksien aikaväliä voidaan tarvittaessa kasvattaa.

Alla taulukko 5 jossa esitetään Pomarkun varasillan seurantapisteidien siirtymät ensimmäisten kuuden kuukauden aikana. Kaikissa sillan neljässä anturassa oli yksi seurantapiste ja sillassa oli kuusi seurantapistettä. Anturoista mitattiin sekä sivuttaiset että korkeussuuntaiset siirtymät. Sillan seurantapistettä seurattiin ainoastaan korkeussuunnassa.

Taulukko 5: Pomarkun varasillan siirtymät ylläpidon aikana (Mittaja: Janne Haapaniemi, Destia Oy)

	1. Mittaus (2 vk)		2. Mittaus (1,5 kk)		3. Mittaus (6 kk)	
	dXY	dZ	dXY	dZ	dXY	dZ
Antura 1 (T1, pohjoinen)	0,006	-0,006	0,007	-0,006	Piste ei näkyvissä	Piste ei näkyvissä
Antura 2 (T1, etelä)	0,004	-0,004	0,004	-0,004	Piste ei näkyvissä	Piste ei näkyvissä
Antura 3 (T2, pohjoinen)	0,002	-0,003	0,002	0,000	0,001	-0,001
Antura 4 (T2, etelä)	0,000	0,001	0,001	0,006	0,002	0,005
Sillan pääty (T1, pohjoinen)	-	-0,006	-	-0,004	-	-0,008
Sillan pääty (T1, etelä)	-	-0,003	-	-0,002	-	-0,004
Sillan pääty (T2, pohjoinen)	-	-0,004	-	-0,001	-	-0,004
Sillan pääty (T2, etelä)	-	-0,003	-	-0,002	-	-0,004
Sillan puoliväli (pohjoinen)	-	-0,005	-	0,000	-	-0,010
Sillan puoliväli (etelä)	-	-0,003	-	0,002	-	-0,003

Yksikään sillan seurantapistettä ei ollut siirtynyt yli 10 mm ensimmäisen kuuden kuukauden käytön aikana, joten suunnittelijan luvalla mittaustiheys kasvatettiin yhteen vuoteen.

5 PURKAMINEN

5.1 Varasillan purkaminen

Varasillan purkamisesta ei aina ole saatavilla erillisiä rakennussuunnitelmia. Purkaminen tehdään rakentamishojeiden mukaan, mutta päinvastaisessa järjestyksessä (Kuva 13). Jos purku halutaan tehdä toisella tapaa kuin suunnitelmissa on mainittu, (lanseeraus vs. nostotapa) tulee purkutyöstä tehdä erilliset rakennussuunnitelmat. Varasillan purkamisesta kannattaa kuitenkin tehdä erillinen tekninen suunnitelma (Liite 6) jossa on esitetty mm. resurssit, valmistelevat työt ja riskit.



Kuva 13: Varasillan purkaminen käynnissä Ulvilassa

5.2 Varasiltakaluston palautus

”Vuokraehtojen mukaan vuokralle ottajan on palautettava kalusto huollettuna varastoon. Huollon laiminlyönnit voidaan korjata vuokralle ottajan kustannuksella” (Kuu- las I. 24/2015. 5,2)

Varasillan osien tarkastus ja huolto helpottuu, kun se tehdään purkamisen yhteydessä. Yleensä huolloksi riittää peseminen. Vaurioituneet osat merkitään ja niistä ilmoitetaan vuokralleantajalle. Osien huono sopivuus rakennusaikana ja vaikea irrotettavuus purettaessa viittaa, että osissa voi olla vääntymiä. Vaikka tällaiset osat voivat näyttää ehjiltä, kannattaa myös ne merkitä ja ilmoittaa niistä vuokralleantajalle. Ennen palautusta osat kannattaa valokuvata, jotta voidaan todistaa että kalusto on palautettu (Kuva 14).



Kuva 14: Kalusto valmiina palautettavaksi

Palautus nopeutuu, kun samanlaiset osat kerätään omiin nippuihin heti purettaessa ja lastataan esimerkiksi kuormalavojen päälle kuljetusta varten. Yleensä vuokralleottaja huolehtii kaluston takaisin kuljetuksesta. Kun kalustoa palautetaan takaisin useammassa erässä, kannattaa palautetuista osista ja niiden määrästä pitää yllä luetteloa.

6 JÄLKISEURANTA

Kummankin vertailukohteen valmistuttua niiden kustannuksista ja resursseista tehtiin yhteenvedot, joita hyödynnetään uusien varasiltaprojektien tarjouslaskennassa ja työnsuunnittelussa. Ulvilan varasillassa tarkasteltiin sillan rakentamista, ylläpitoa, purkamista ja kaluston vuokraa (Liite 7). Pomarkun sillassa tarkasteltiin ainoastaan rakentamista ja ylläpitoa (Liite 8).

LÄHTEET

InfraRYL 2009/2. 42001.4.4 Tekninen työsuunnitelma

Mabey www-sivut. Viitattu 29.8.2016. Our Heritage. Saatavilla:
<https://www.mabey.com/uk/about-us/history-and-heritage/our-heritage>

Latitude www-sivut. Viitattu 30.6.2018. Old Finch Avenue Bailey Bridge. Saatavilla:
<https://latitude.to/articles-by-country/ca/canada/132421/old-finch-avenue-bailey-bridge>

Kuulas I. 2015. Varasiltakaluston hoito- ja varastointiohje. Liikenneviraston ohjeita 24/2015.

Räsänen O. 2014. Kimmovasaran käyttäjän ohje. Liikenneviraston ohjeita 2/2014.

Universal-käyttöohje. Liikennevirasto

Universal-varasiltakalusto. 1995. Liikennevirasto

LIITTEET (POISTETTU)

- Liite 1 Tekninen työsuunnitelma, varasillan rakentaminen
- Liite 2 Turvallisuussuunnitelma
- Liite 3 Rakennusohje
- Liite 4 Laadunvarmistuksen mittauspöytäkirja, varasilta käyttöönottotarkistus
- Liite 5 Laadunvarmistuksen mittauspöytäkirja, varasilta kuukausitarkistus
- Liite 6 Tekninen työsuunnitelma, varasillan purkaminen
- Liite 7 Kustannusseuranta, Harjunpää
- Liite 8 Kustannusseuranta, Pomarkku