



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Eetu Liimatta

AR-laitteistoston ja tietomallin hyödyn- täminen siltatyömaalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

24.10.2022

Tekijä Otsikko	Eetu Liimatta AR-laitteiston ja tietomallin hyödyntäminen siltatyömaalla
Sivumäärä Aika	30 sivua 24.10.2022
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Infrastruktuuri
Ohjaajat	Lehtori Tapani Järvenpää Kehityspäällikkö Aki Kopra
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli AR-laitteiston ja tietomallin hyödyntäminen siltatyömaalla. Opinnäytetyössä keskityttiin AR-sovelluksen ja laitteiston hyödyntämiseen erityisesti työvaiheiden suunnittelussa ennen töiden aloitusta ja niiden aikana.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin useampia eri laajennetun todellisuuden sovelluksia ja niiden sovellutuksia. Työssä käytiin läpi tutkimuksessa käytetyn sovelluksen toimintaperiaate pääpiirteittäin, sekä vertailtiin eri XR-sovellusten käyttökohteita.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin yhdellä työmaalla, joka esitellään pääpiirteittäin. Työ pohjautuu omiin havaintoihin AR-laitteistoa käytettäessä työmaan edistyessä. Työssä esitetään myös pohdintaa mahdollisista AR-sovellusten käyttötarkoituksista ja kehitysmahdollisuuksista.</p>	
Avainsanat	Suunnittelu, AR sovellus, Tietomalli

Author Title	Eetu Liimatta Application of AR and BIM on a bridge construction site
Number of Pages Date	30 pages 24 October 2022
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction site Management
Professional Major	Infrastructure
Instructors	Tapani Järvenpää, Senior Lecturer Aki Kopra, Development manager
<p>The subject of this thesis was the utilization of AR-applications and hardware on a bridge construction site. The thesis concentrates on utilizing AR-applications as a part of planning different on-site tasks before, and during the execution of these tasks.</p> <p>This thesis introduces different extended reality applications, and their intended uses. This thesis also studies main points of the functioning principle of the AR-application that was used on site, and compares different XR-applications with each other.</p> <p>The practical part of the thesis was conducted on one construction site, which is introduced in the thesis. Most of the thesis is based on the author's observations on-site as the construction of the bridge was advancing. The thesis also presents the author's reflections on possible future implementations and development ideas for AR-technology on construction sites.</p>	
Keywords	Planning, AR application, Data model

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	XR-laitteet ja teknologia	2
2.1	AR-teknologia	2
2.2	VR-teknologia	4
2.3	MR-teknologia	4
3	Tietomallinnus	6
4	Sitevision	7
4.1	Toimintaperiaate	8
4.2	Ominaisuudet	9
4.2.1	Etäisyyden mittaus	9
4.2.2	Lintuperspektiivi	9
4.2.3	Leikkaus	10
4.2.4	Materiaalitiedot	10
4.2.5	Objektien piilotus	11
4.2.6	ToDo-toiminto	11
4.2.7	Läpinäkyvyyden säätö	12
4.3	Käyttöohje	12
5	Työmaa	14
5.1	Kohteen esittely	14
5.2	Työvaiheet lyhyesti	15
6	Työvaiheen suunnittelu	18
6.1	Rakennussuunnitelma	18
6.2	Aikataulutus	18
6.3	Työvaiheen työ- ja laatusuunnitelma	19
6.4	Mestan valmistelu ja tilankäyttö	20
6.5	InfraRYL ja SILKO	21

7	Koekäyttö	23
7.1	Havaintoja koekäytön aikana	23
8	Tulokset	28
9	Yhteenveto	29
	Lähteet	31

Lyhenteet

AR	Augmented reality. Lisätty todellisuus yleisimmin kännykän kautta toistettuna, eli laitteisto mahdollistaa ympäristön tarkastelun lisäten siihen vaikkapa tietomallipohjasta esineen.
BIM	Building information modeling. Rakennuksen tietomalli
GNSS	Maailmanlaajuinen satelliittipaikannus
MR	Mixed reality. Lasien tai päähineen kautta toistettu sekoitettu todellisuus, joka tarkoittaa virtuaalisten objektien näyttämistä muutoin normaalissa tilassa.
ORM	Object-relational mapping. Oliomallin mukaisen esityksen kuvaus relaatiomallin mukaiseksi esitykseksi.
TKHJ	Tietokannan hallintajärjestelmä. Ohjelmisto, jonka avulla hallinnoidaan tietokantoja.
VR	Virtual reality. Lasien tai päähineen kautta toistettu kokonaan virtuaalinen todellisuus, eli näkymä.
XR	Extended reality. Laajennettu todellisuus on yleistermi, jolla tarkoitetaan tunnettuja virtuaalisen-, lisätyn- tai sekoitetun todellisuuden sovelluksia.

1 Johdanto

Mestarityö tehtiin osana laajempaa tutkimusta Kreate Oy:lle. Tutkimus käsitteli erilaisia tietomallin katseluohjelmia ja laitteistoja, XR-teknologiaa, sekä kyseisten laitteistojen/softan mahdollisia soveltamistapoja. Mestarityö keskittyi erilaisiin AR-laitteistoihin ja ohjelmistoihin. Sen tavoitteena oli selvittää teknologian hyötyjä ja niiden mukanaan tuomia työmaan tehostamismahdollisuuksia. Laitteiston testaamista ja havainnointia varten suoritettiin neljän kuukauden mittainen koekäyttö Kreate Oy:n siltatyömaalla Espoossa.

Työmaa, jossa AR-teknologiaa koekäytettiin, oli Läntinen Tarvonsilta Espoossa. Kohde on jännitetty betoninen jatkuva laattasilta, joka ylittää merenkaistaleen Tarvon ja Tarvaspään välillä. Laitetta koekäytettiin huhtikuun ja elokuun välisenä ajanjaksona. Läntisellä Tarvonsillalla AR-laitteiston käytössä keskityttiin työvaiheiden suunnitteluun ennen tehtävän aloitusta ja sen aikana.

AR-sovellusta koekäytettiin Kreate Oy:n Läntisen Tarvonsillan työmaalla Espoossa noin neljän kuukauden mittainen ajanjakso. Opinnäytetyön aihe ja idea Sitevisionin koekäytöstä sai alkunsa Kreate oy:n digiloikka koulutuspäivästä. Digiloikka päivän aiheena nimensä mukaisesti olivat tietomallit, tietomallinnus ja rakennusallalla käytettävät uudet sovellukset. Koulutuspäivästä inspiroituneena päätettiin lähteä tiedustelemaan mahdollisuutta Trimblen Sitevision sovelluksen kokeilulle Kreate Oy:n siltayksikössä. Sitevision sovelluksen koekäytölle näytettiin vihreää valoa, ja näin ollen samalla myös opinnäytetyön aiheelle. Olin AR-sovelluksen kokeiluajankohtana työnjohtajana Läntisen Tarvonsillan työmaalla Espoossa, joten sovelluksen koekäyttö ja tutkiminen omalta osaltani toteutui kyseisellä uudisrakennustyömaalla. Tutkimuksen pääasiallisena tehtävänä oli tutkia AR-sovelluksen käyttökohteita työmaalla ja selvittää nykyisellä AR-teknologialla saatavia hyötyjä työmaan työvaiheiden suunnittelussa ennen tehtävän aloitusta, ja niiden aikana.

2 XR-laitteet ja teknologia

XR eli laajennettu todellisuus on yleistermi, joka käsittää kaikkia tunnettuja virtuaalisen-, lisätyn- ja sekoitetun todellisuuden sovelluksia. XR-teknologia nykyisessä enemmän ja enemmän kompaktissa muodossaan suhteellisen uutta laitteistoa, jota kehitetään vuosi vuodelta enemmän ja enemmän. (5.)

Ensimmäinen VR-sovellus kehitettiin 1970-luvun loppupuolella MIT:n (Massachusetts Institute of Technology) tutkijoiden toimesta ja kyseinen sovellus kartoitti Coloradon osavaltiossa sijaitsevan Aspenin kadut, ja mahdollisti sovelluksen käyttäjien liikkumisen virtuaalisilla Aspenin kaduilla. (5.)

Ensimmäinen AR-sovellus taas kehitettiin lentokonevalmistaja Boeingin toimesta, autamaan lentokoneasentajia tuotantolinjoilla lentokoneiden sähköasennustöissä 1990-luvun alkupuoliskolla. (2.)

Tänä päivänä erilaisia Lisätyn-, sekoitetun- ja virtuaalisen todellisuuden sovelluksia ja laitteistoja hyödynnetään yhä enenevässä määrin erilaisilla tuotannon ja suunnittelun-, sekä kaupan aloilla.

2.1 AR-teknologia

AR-teknologia, toisinkuin VR tai MR-laitteet, toistaa tarkasteltavan objektin yleisimmin kännykän tai tabletin näytölle. Se toimii siis laitteen kameran ja eri valmistajien softan ja hardwaren yhteistyöllä, jolloin se mahdollistaa vaikkapa yksittäisen rakenneosan poimimisen tietomallista ja sen tarkastelun työmaalla todellisessa ympäristössä omalle paikalleen koordinaatistossa sidottuna, kuitenkin useimmiten kännykän näytöllä. Tunnetuin esimerkki AR-teknologiasta on varmasti Pokemon Go -peli, jonka kautta niin nuoret, kuin vähän vanhemmatkin saivat ensikosketuksensa AR-sovelluksiin. Useimmat AR-sovellukset kehitetään Googlen ARCorea tai Applen ARKit:ia käyttäen. (9.)

AR-laitteiston ja softan kehitystyötä ei kuitenkaan jätetty viihdeteollisuudelle, sillä jo lisättyä todellisuutta on hyödynnetty erilaisissa teollisuuden työtehtävissä, kuten esimerkiksi lentokoneteollisuudessa ja autotehtailla.

Puhelimeen ladattavat tai verkkopohjaiset AR-sovellukset ovat avanneet uusia ovia myös esimerkiksi huonekaluliikkeitä ja heidän asiakkailleen. Lisätty todellisuus mahdollistaa esimerkiksi vaikkapa uuden sohvan asettelun suoraan olohuoneeseen puhelimen näytöllä. Sovellukset tunnistavat lattia-, katu- ja seinäpinnat ja kalibroinnin jälkeen asettavat valitun objektin kyseiselle pinnalle sille määritetyissä mitoissaan.



Kuva 1. Google app, leopardi

Yleisimmät AR-sovellukset luovat oikean pinnan päälle puhelimen näytöllä uuden kerroksen, eli jos asetat kätesi kameran eteen, niin sohva tai kuvan 1 leopardi ilmestyy kätesi päälle ja mittakaava kätesi kokoon ja etäisyyteen verrattuna saattaa näyttää omituiselta.

Erilaiset AR-laitteistot tekevätkin jo kovaa vauhtia tuloaan myös rakennustyömaille, niin talon- kuin myös infrarakentamisen uudeksi työkaluksi. Rakennustyömaille käytettävillä laitteistoilla päästään GPS-laitteistojen avulla paremmalle tarkkuudelle.

2.2 VR-teknologia

VR eli virtuaalitodellisuus on täysin virtuaalinen tila tai alue, joka toistetaan käyttäjälle VR-lasien välityksellä ja virtuaalista tilaa käyttäjä pääsee navigoimaan ohjainsauvojen tai liiketunnistimien avulla. VR-sovellukset ja laitteet ovat käytössä niin viihdeteollisuuden yrityksillä ja kuluttajilla kuin myös teknisillä tuotannon ja suunnittelun yrityksillä. Monet tehtaات ja rakennusliikkeet hyödyntävätkin tänä päivänä VR-laitteistoja erilaisiin käyttö-tarkoituksiin yrityksissään. (2.)

Rakennusalalla VR-laitteistolla päästään esimerkiksi tutustumaan vasta valmisteilla olevan rakennuksen eri tiloihin. Samaa tilaa saattaa tarkastella vaikkapa useampi suunnittelija eri paikkakunnilta samanaikaisesti, ja he myös näkevät toisensa tässä virtuaalissa huoneessa sekä pystyvät kommunikoimaan keskenään mikrofonien välityksellä. Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää myös asunonäytöissä ja myyntityössä.

Eniten kehitystyötä virtuaalisen todellisuuden laitteet ja sovellukset ovat lähivuosina kuitenkin lähtökohtaisesti nähneet viihdeteollisuuden aloilla.

2.3 MR-teknologia

MR eli sekoitettu todellisuus on lisätyn todellisuuden laajennus. MR-laitteisto niin kuin AR:kin luo olemassa olevaan tilaan digitaalisen olion, mutta sekoitetun todellisuuden laitteistot vaativat puhelimen sijaan lasit- tai päähineen joidenka näytölle haluttu digitaalinen sisältö toistetaan olemassa olevaan tilaan. Näytöllä olevasta objektista voi liikkua laitteen kanssa kauemmas tai lähemmäs ja luotu objekti pysyy paikallaan aivan kuten käytettäessä AR-sovelluksia, mutta toisin kuin lisätyn todellisuuden sovelluksissa MR-laitteisto mahdollistaa objekteihin vaikuttamisen erilaisilla eleillä, liikkeillä ja äänellä. (9.)

Objekteihin vaikutus toimii tunnistekapuloiden ja päähineen katseen- ja äänentunnistuksen avulla mahdollistaen ohjelmistosta riippuen objektin manipuloinnin kuten esimerkiksi pyörittämisen. Sekoitettu todellisuus on näiden uusien teknologioiden keskuudessa uusin, mutta muutamat suuret teknologiayhtiöt kehittävät jo omia versioitaan erilaisista MR-laseista ja päähineistä erilaisiin käyttötarkoituksiin.

Sekoitettu todellisuus on otettu jo teknologian ja tekniikan aloilla osittain käyttöön ja esimerkiksi muutaman autonvalmistajienkin tiedetään hyödyntävän MR-teknologiaa virtuaalisessa tilassa jouduttaakseen prototyyppimallien kehitys- ja suunnittelutyötä. (2.)

3 Tietomallinnus

Kolmiulotteinen tietomalli on informatiivinen työkalu, joka on nykyään käytössä useimmissa silta- ja talonrakennuskohteissa. BIM tai rakennuksen tietomalli sisältää tiedot esimerkiksi sillan rakennusosista, materiaaleista, mitoista ja tilavuuksista. Tietomalli voi myös sisältää aikatauluinformaatiota, piirustuksia ja tietoa eri osien uudelleenkäytettävyydestä. Kun projektilla on toimiva tietomalli, jota ylläpidetään ja päivitetään päivitettyjen suunnitelmien ja mahdollisten suunnitelmamuutoksien ilmaantuaessa, on projektin edistymistä mielekkäämpää ja helpompaa ohjata ja seurata.

Useampi tietomalli voidaan liittää yhdistelmämalliksi, jota voidaan käyttää työmailla toteutuksen ohjaukseen ja valvontaan. Yhdistelmämalli toimii projektin visuaalisena ja informatiivisena työkaluna ja jopa viestikanavana.

Tietomalliin voi esimerkiksi tehdä havaintoja vaikkapa raudoitusta leikkaavasta jänneputkesta ottamalla kuvankaappauksen kyseisetä kohdasta ja kirjoittamalla sille selitteen. Havainto voidaan sitten liittää rakenneosaan ja positioon, jota klikkaamalla saadaan kyseinen havainto auki. Aikataulua ja valmiusastetta voidaan seurata vaikkapa värikoodeilla, jonka mukaisiksi eri rakennusosat maalataan mallissa valmiusasteensa mukaan, näin voidaan suurista kokonaisuuksista saada selkeämmän näköistä ja hyvää materiaalia vaikkapa työmaakokoukseen tarkasteltavaksi.

Tietomalleilla siis visualisoidaan informaatiota ja sitä voidaan käyttää apuna kokouksien ja toteutuksen ohjauksen- ja seurannan lisäksi apuna vaikkapa perehdytyksissä ja viestinnässä muuallakin kuin projektiorganisaatiossa. Tietomallista voidaan poimia kokonaisuuksia esimerkiksi työmaan ilmoitustaululle, jotta työmaasta kiinnostuneet ihmiset ja ohikulkijatkin saisivat käsityksen siitä, millaista siltaa tai rakennusta ollaan toteuttamassa ja mitä rakennusosaa juuri nyt toteutetaan.

IFC eli kansainvälinen tiedonsiirtostandardi kansainväliseen rakentamisen tiedonsiirtoon. IFC-malli pitää sisällään BIM-tiedoston ja sitä voidaan hyödyntää kenttätöissä ja onkin nykypäivänä suosituin tiedostomuoto. (3.)

4 Sitevision

Sitevision on Trimblen valmistama Android-laitteita tukeva kokonaisuus työmailla työvaiheiden ja kokonaisuuksien hahmottamisen, suunnittelun, laadunvarmistamisen ja työmaan viestinnän parantamiseksi kehitetty laitekokonaisuus. Kuva 2.



Kuva 2. Sitevision Läntisellä Tarvonsillalla, Kreate.fi

Sitevision on kompakti ja kevyt kädessä kannettava AR-laite, mutta kokonaisuuden saa liitettyä myös sauvaan.

Sitevision koostuu seuraavista:

- Android 9, tai uudemmalla käyttöjärjestelmällä operoivasta puhelimesta.
- Kantokahvasta
- C-Usb:lla liitettävästä Catalyst GNSS-vastaanottimesta

- Laitteeseen integroidusta etäisyysmittarista.
- Laitteeseen vaihtoehtoisesti liitettävästä sauvasta.
- Trimblen Sitevision sovellus
- Vastaanottimeen kiinnitettävästä aurinkolipasta
- Akusta

Yhdessä komponentit koostavat varsin kompaktin ja suhteellisen helppokäyttöisen kokonaisuuden. Kahvaan mahtuu melkein mikä vain, mutta korkeintaan 8 tuumainen, vähintään Android 9 käyttöjärjestelmällä varustettu puhelin. Laitteen akku antaa virtaa Catalystillle ja puhelimelle, joka käyttää Sitevision sovellusta sekä etäisyysmittarille. Sitevision laite komponentteineen mahtuu mustaa vuorattuun kantosalkkuun, salkussa toimitettiin kaikki paitsi sauva. (6.)

4.1 Toimintaperiaate

Sitevision yhdistää nykypäivän älypuhelimien nopean ja kokonsa nähden tehokkaan prosessointikyvyn sekä kameran Trimblen GNSS-vastaanottimeen. Järjestelmä Käyttää Trimble Connect pilvipalvelua, mutta olemassa oleva sillan IFC-malli täytyy muuntaa Sitevisionille sopivaan tiedostomuotoon ja georeferoida, jotta malli osuu sovellusta käytettäessä maastossa oikealle paikalleen. Sitevisionin optinen liikkeentunnistus pohjautuu Googlen AR-teknoologiaan. Laitteen lisätty todellisuus operoi siis Googlen ARCorella. Sitevision sovellus on yhteydessä Trimble Connectiin, joten jos projektiin kuuluu useampi eri BIM, niin malleja voi vaihtaa mutkattomasti valikosta. (6.)

Yksinään pelkkä satelliittipaikannus ei ole tarpeeksi tarkka, sillä sijaintitieto voi useista tekijöistä johtuen heittää useilla metreillä. Sitevision käyttääkin puhelimen tarkan sijaintitiedon löytämiseksi ohjelmistoon integroitua softGNSS-vastaanotinta, jonka avulla sijaintitieto saadaan parin cm tarkkuudelle. Sovellus tukee Trimblen omia ja kolmansien osapuolien sijaintitiedon korjaus ja tarkennuspalveluita. (6.)

4.2 Ominaisuudet

Sovellus pitää sisällään useita hyödyllisiä ominaisuuksia, joita voidaan hyödyntää työmaalla erilaisiin käyttötarkoituksiin.

Sitevisionin ominaisuudet:

- Etäisyyden mittaus
- Lintuperspektiivi
- Leikkaus
- Materiaalitiedot
- Objektien piilotus
- ToDo
- Läpinäkyvyyden säätö

Osa näistä ominaisuuksista on Trimble Connectissa tietokoneellakin, mutta puhelinsovellus ja laitteisto tuovat ne toimistosta työmaalle.

4.2.1 Etäisyyden mittaus

Sitevisionissa on elektroninen etäisyydenmittauslaite, joka osoittaa laitteesta eteenpäin. Etäisyysmittari toimii laserilla ja sillä voidaan mitata, joko olemassa olevien rakenteiden välisiä etäisyyksiä tai tulevien rakenteiden välisiä etäisyyksiä. Etäisyyden voi mitata myös olemassa olevan rakenteen ja tulevan rakenteen välillä, mutta silloin täytyy laserille antaa jonkinlainen maali, kuten esimerkiksi laudanpätkä tai vaneri. Lasermittarilla päästään parhaimmillaan parin senttimetrin tarkkuuteen, riippuen GNSS sijaintitiedon ja korjauksen tarkkuudesta.

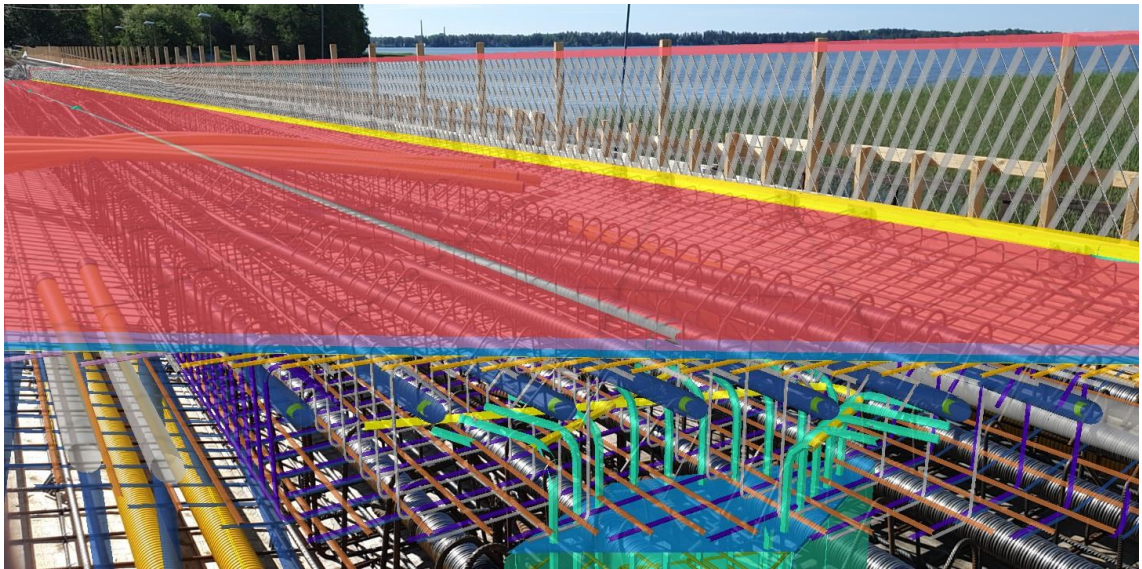
4.2.2 Lintuperspektiivi

Lintuperspektiivi esittää koko tietomallin puhelimen näytölle ylhäältä ala kuvattuna. Puhelimen sijainti ilmoitetaan mallissa mustalla nuolella, nuolesta aukeaa keila menosuuntaan päin. Lintuperspektiivi siis näyttää koko sillan tasokuvana, siltä osin kuin se näytölle

mahtuu, ja käyttäjän puhelimen tarkan sijainnin suoraan puhelimen näytölle. Tällä toiminnolla saadaan siis vaikkapa ilmoitustaululle Lintuperspektiivin kuva ja katselusuunta sekä paikka samalla.

4.2.3 Leikkaus

Leikkaustyökalu on Trimble Connectista tuttu ominaisuus, jolla voidaan leikellä näkymää monesta eri suunnasta, jos halutaan vaikkapa poikkileikkaus jostain tietyistä rakennusosasta. Sitevisionia käytettäessä työkalu leikkaa näkymää aina laitteen katselusuunnan edessä poikittain. Kuva 3.



Kuva 3. Kansi poikkileikkaus T2

Poikkileikkaustyökalua käytettäessä voi zoomata etäisyyttä, mistä kohdin ohjelman halutaan leikkaavan näkymää käyttäjistä katsottuna.

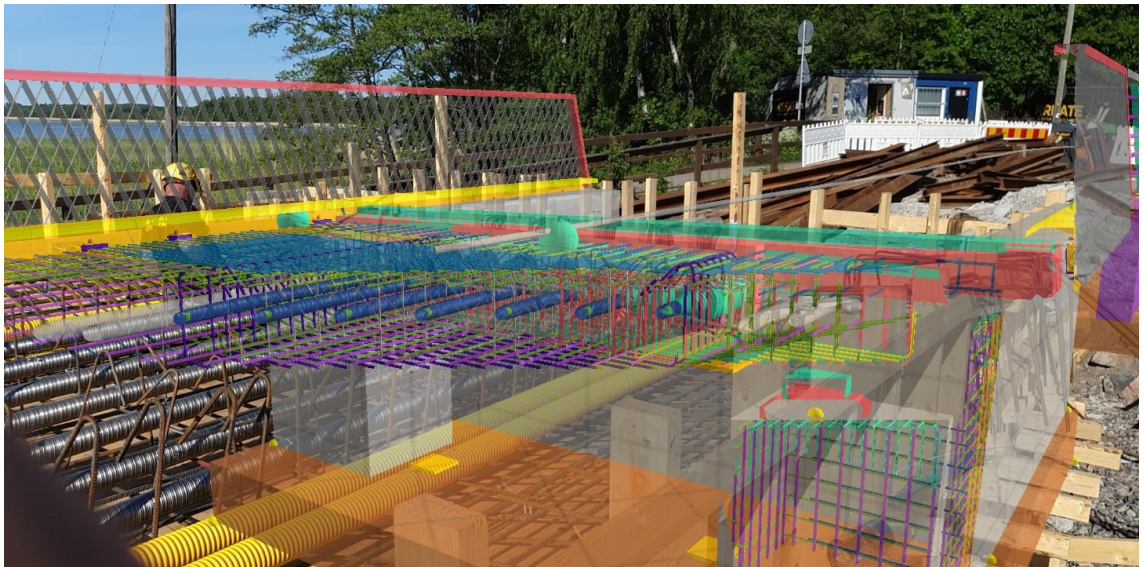
4.2.4 Materiaalitiedot

Rakennusosien massa-, materiaali- ja tilavuustiedot sisältyvät kohteen tietomalliin ja niitä voidaan työmaalla tarkastella Trimble Connectin kautta tietokoneella. Sitevisionissa on sama ominaisuus, joka mahdollistaa rakennusosien materiaalitietojen tarkastelun suo-

raan rakennuspaikalla. Sitevisionissa materiaalitiedot saadaan esille napauttamalla haluttua objektia puhelimen näytöllä. Tietojen laajuus mitä sovelluksella saadaan esille, riippuu siitä mitä tietoja kyseisestä rakennusosasta on kirjattu tietomalliin.

4.2.5 Objektien piilotus

Rakennusosien piilotusominaisuus löytyy Trimble Connectista, ja ohjelmalla voi piilottaa kerralla vaikkapa jokaisen välituen. Sitevisionilla saadaan myös piilotettua haluttuja rakennusosia vaikkapa kannen raudoituksen tieltä pois, jotta halutun rakennusosan tarkastelu olisi mielekkäämpää työmaalla paikan päällä.



Kuva 4. T1 pääty, pintarakenteita piilotettu

Jos kuvan 4 tilanteesta olisi vielä haluttu selkeyttää, olisi muutamalla napautuksella voinut piilottaa koko maatuen objektit pois tieltä.

4.2.6 ToDo-toiminto

ToDo-toiminto on käytettävissä tietokoneella Trimble Connectissa ja sillä voidaan tehdä tietomalliin erilaisia havaintoja ja merkintöjä. Connectista löytyy ToDo-tehtävälista, johon kaikki huomiot ja niihin tehdyt selosteet tallentuvat. ToDo-toiminto on käytettävissä myös

Sitevisionilla, jolloin voidaan ottaa suoraan kuva vaikkapa raudoitteiden ja sillan varusteiden törmäyksistä suoraan kohteessa. Kuva liitetään ToDo-tehtävään ja siihen voi halutessaan kirjoittaa selostuksen tilanteesta ja tarvittavista toimenpiteistä, ToDo-tehtävälle voi myös määrittää prioriteetin ja aikamääreen. ToDo-tehtävät näkyvät kaikille organisaation jäsenille, joille ne määritetään.

4.2.7 Läpinäkyvyyden säätö

Trimble Sitevisionilla on mahdollista säätää näkymän läpinäkyvyyttä puhelimen näyttöruudun oikeassa alareunassa sijaitsevalla sliderilla. Näkymä voidaan säätää kokonaan pois näkyvistä aina täysille asti, jolloin näytöllä esitettävät objektit peittävät alleen työmaan niiltä osin missä rakennusosat sijaitsevat. Näkymän läpinäkyvyyden säädöllä voidaan helpottaa työmaalla tehtäviä tarkasteluja aina tilanteen vaatimaan suuntaan.

4.3 Käyttöohje

Trimblen Sitevision on helppokäyttöinen kokonaisuus, mutta ennen laitteen käyttöönottoa täytyy kuitenkin varmistaa ja toteuttaa muutama asia, jotta laitteisto toimii halutulla tavalla.

Sitevision käyttöönoton vaiheet:

- Trimble Connect käyttäjätunnus ja tilaus.
- Sitevision palvelutilaus.
- Sitevision applikaation lataaminen.
- Kohteen tietomalli
- Tietomallin muuntaminen Sitevisionille sopivaksi.

Sitevisionia käyttääkseen täytyy käyttäjällä olla Trimble tunnukset, jotta henkilö pääsee kirjautumaan Sitevision sovellukseen. Jos käyttäjällä on jo entuudestaan Trimble Connect tunnukset, niin kyseisillä tunnuksilla pääsee kirjautumaan Sitevisioniin. Käyttäjällä täytyy myös olla aktiivinen Sitevision palvelutilaus laitetta käyttääkseen.

Ennen laitteen toimittamista työmaalle täytyy palveluntarjoajalle lähettää, tai antaa oikeudet Trimble Connect projektissa, jotta olemassa oleva IFC-tiedosto saadaan muunnettua Sitevisionille sopivaan muotoon. Alkuperäinen tietomalli Trimble Connectissa säilyy ennallaan, ja projektikansioon vain lisätään uusi tiedosto ja nimetään se Sitevisionille.

Kun palvelutilaukset ja käyttöoikeudet ovat kunnossa, voi ladata Sitevisionin sovelluksen kanssa yhteensopivaan puhelimeen. Vaihtoehtoisesti puhelimen saa myös Sitevision-laitteen mukana työmaalle. Jos puhelin tulee laitteen mukana, niin siinä on jo sovellus ladattuna.

Kun kaikki AR-laitteen alustavat hommat on tehty ja käyttövalmiudet ovat kunnossa voidaan laitetta alkaa hyödyntämään työmaalla.

Laitteen akku tulee kantokahvan sisälle alakautta, jonka jälkeen käynnistetään puhelin. Puhelimen käynnistymisen jälkeen voidaan kirjautua Sitevision sovellukseen sisään ja liittää Catalyst-vastaanotin puhelimeen. Valitaan haluttu IFC-tiedosto sovelluksesta ja käynnistetään Catalyst-vastaanottimessa olevasta virtapainikkeesta. Järjestelmä etsii hetkenaikaa satelliittiyhteyksiä ja lataa tietomallia, jonka jälkeen laite käskää käyttäjää kävelemään noin 10 metriä eteenpäin, jotta järjestelmä saa paikannettua puhelimen ja laskettua mallin oikealle paikalleen. Näiden askelten jälkeen voi Sitevisionilla alkaa tutkimaan sillan tietomallia lisätyssä todellisuudessa.

5 Työmaa

Uudisrakennustyömaa, jolla opinnäytetyö suoritettiin, sijaitsi Espoon Laajalahdessa. Tarvaspäästä Tarvon saarelle kulkeva Läntinen Tarvonsilta on tyypiltään jännitetty betoni-
nen jatkuva laattasilta. Pituudeksi sillalle tuli kokonaisuudessaan 143,8 metriä ja hyötyle-
veydeksi 6 metriä. Silta on mitoitettu kevyenliikenteen kuormalle korotetulla huoltoajo-
neuvokuormalla.

5.1 Kohteen esittely

Läntinen Tarvonsilta rakennettiin vanhan ponttonisillan tilalle, jota pitkin rakennustöiden
aikainen kulkuyhteys Tarvaspään ja Tarvon välillä säilyi, kunnes uusi silta oli kulkuval-
miissa kunnossa. Vanha ponttonisilta kulki uuden sillan vierellä eteläpuolella kuvaan 5
nähdän oikealla puolella. Ponttonisiltaa ennen siltapaikalla on ollut kaksi aikaisempaa
siltaa, joista ensimmäisellä ei ollut edes kaiteita, ja se oli kokonaiset kolme parrua leveä.
Vanhojen siltojen puupaaluja sekä ponttonisillan vanhoja painoja tulikin työsiltaa raken-
nettaessa ja siltaa paalutettaessa eteen.



Kuva 5. Läntinen Tarvonsilta ilmasta kuvattuna.

Työmaa alueella sijaitisi myös museoviraston suojelema kiviarkku, kuvassa 5, KKHP puomin vieressä oikealla. Kiviarkun yli päädyttiin rakentamaan erillinen kulkusilta työsil-
lalle arkun suojelemiseksi ja työmaan toimivuuden takaamiseksi.

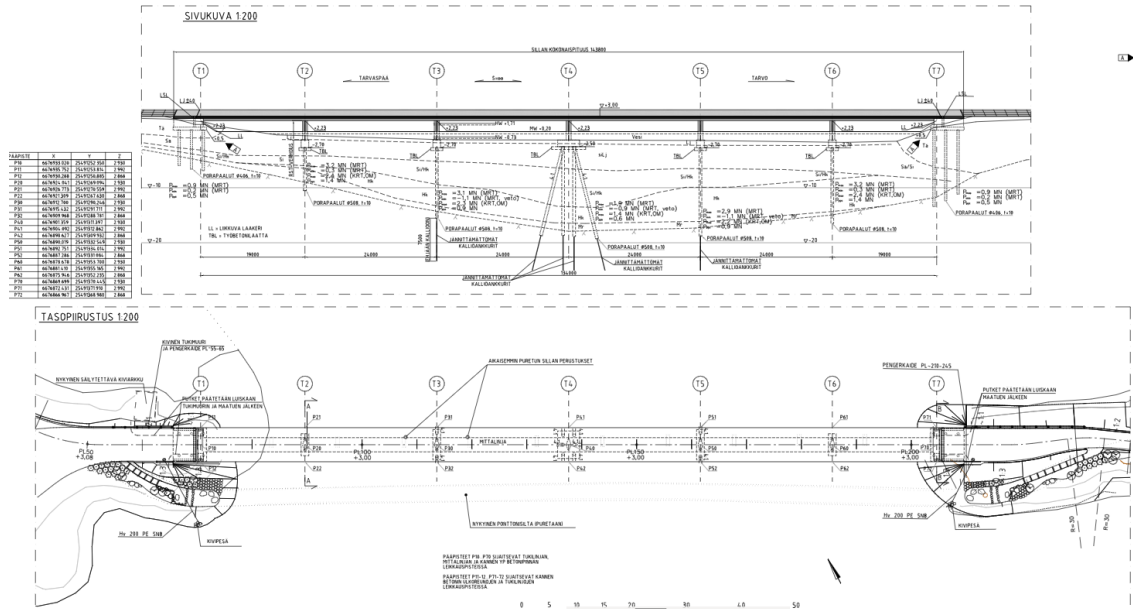
Läntisen Tarvonsillan kaiteet eivät olleet tavanomaiset ja esimerkiksi valaisinpylväitä ei sillalle asennettu yhtäkään, sillä sillan valaistus toteutettiin led-nauhoilla kaiteiden käsi-
johteiden sisälle. Kaiteen kuvio sivuprofilissa on salmiakki.

Läntinen Tarvonsilta on siltalajiltaan vesistösilta, joten ennen paalutustöitä täytyi raken-
taa erillinen työsilta, jonka päältä varsinaisen uuden sillan rakennustyöt voitiin aloittaa.

5.2 Työvaiheet lyhyesti

Työsilta rakennettiin avoimena lyötävien teräspuutkipaalujen varaan, paalut lyötiin kallion-
pintaan saakka Movaxilla. Niskat ja koolaukset toteutettiin HeB-palkeista ja työsillan

kansi toteutettiin pelkoista. Kannen suuntaiset vinosiiteet tehtiin RHS-putkipalkeista. Läntisen Tarvonsillan rakennuspaikka oli tilansa puolesta hyvin ahdas, joten ennen kuin pääsimme aloittamaan työsillan rakentamisen, piti ensin rakentaa varastolaani jo pelkästään työsillan rakennusmateriaalienkin vuoksi. Kuva 6.



Kuva 6. Läntinen Tarvonsilta sivukuva ja tasokuva

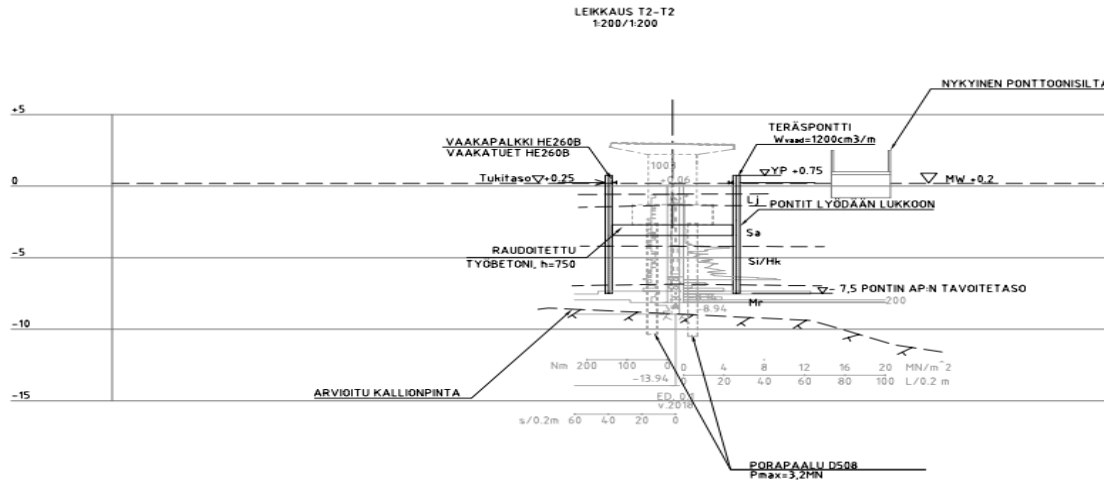
Läntisen Tarvonsillan kaikki tuet perustettiin peruslaatoille, porattavien teräsputkipaalujen varaan, maatuilla ja välituilla paalut porattiin n.1,5 m ehjään kallioon. Välituilla T3-5 porapaalut lisäksi ankkuroitiin n.7,5 m ehjään kallioon. Paalujen betonointi toteutettiin vedenalaisena contractor-valuna IT-betonilla.

Paalutustöiden ja paalujen raudoituksen, sekä betonoinnin jälkeen kaivettiin välitukien kasuunit ylisyviksi ja asennettiin kasuunit paikoilleen Movaxilla, Larssen teräsponteista. Kasuunit tuettiin sisäpuolelta eli soljitettiin seiniin kohdistuvaa painetta vastaan ja tukien T2 ja T6 kasuunit vastapainotettiin nosteen kumoamiseksi. Kasuunien pohjalle valettiin työbetonilaatat vedenalaisena, jonka jälkeen kasuunit voitiin tyhjentää ja välitukien muotti-, raudoitus- ja betonointityöt saatiin aloittaa. Kuva 7.

1. PORATAAN PAALUT
2. LYÖDÄÄN PONTIT LUKKOOKSI
3. ASENNETAAN VAAKATUET
4. KAIVETAAN VEDENALAISENA TYÖBETONIN ALATASOON ASTI
5. VALETAAN VEDENALAISENA TYÖBETONI
6. ASENNETAAN LISÄPAINOT (KTS. TAULUKKO A.) VAIN T2 JA T6
7. TYHJENNETÄÄN VEDESTÄ, KUN TYÖBETONI ON KOVETTUNUT
8. RAKENNETAAN ANTURA KUIVATYÖNÄ
9. TEHDÄÄN LOPPUTÄYTÖ MURSKEESTA
11. TÄYTETÄÄN PONTTILAA TIUKKO VEDELLÄ
12. POISTETAAN PONTIT

VASTAPAINON MÄÄRÄ INTERPOLO

TAULUKKO A	
MERENPINTAN TASO	VASTA
+0.2	63.6
+0.75	80.5



Kuva 7. Geotekninen poikkileikkaus T2

Välitukianturat ja pilarit valettiin kasuuneissa kuivatyönä, ja niiden valmistuttua Kasuunit täytettiin vedellä. Kasuuneiden täyttymisen jälkeen ne voitiin purkaa.

Kannen muotti rakennettiin työsillan varaan. Sillan kansi valettiin yhdellä kerralla ja jälkihoidon jälkeen voitiin ampua jännepunokset jänneputkiin. Maatukien etumuurit voitiin rakentaa vasta sillan jännittämisen jälkeen. Pengerkaiteiden perustukset rakennettiin jännitystöiden jälkeen.

Kannen suojateltoa tuettiin työsillasta, ja tämän jälkeen suoritettiin päätytätöt, vedeneristystyöt, kannen asfaltointi, etuluiskat ja kaidetyöt.

Viimeisenä toteutettiin loput asfaltoinnit ja rantapenkereiden maisemoinnit. Rantapenkereiden maisemointien yhteydessä purettiin vanha ponttonisilta pois ja liikenne siirrettiin uudelle Läntiselle Tarvonsillalle.

6 Työvaiheen suunnittelu

Työvaiheen suunnittelu ennen toteutuksen aloittamista ja sen aikana on olennainen osa rakennusmestarin työnkuvaa. Työvaihetta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon useita tekijöitä, mutta suunnittelu kuitenkin lähtee rakennussuunnitelmasta, sekä työmaan toiminta-, laadunvarmistus- ja turvallisuussuunnitelmista. Edeltävien työvaiheiden laatudokumentaatio on oltava kunnossa ennen uuden vaiheen aloittamista.

6.1 Rakennussuunnitelma

Urakan rakennussuunnitelma käsittää koko urakan tiedot ja piirustukset.

Sillan rakennussuunnitelma pitää sisällään seuraavat:

- Ominaistietokortti
- Työselostus ja laatuvaatimukset
- Määräluettelot ja betoniteräsluettelot
- Yleispiirustus
- Alusrakennepiirustukset
- Päälysrakennepiirustukset
- Geotekniset piirustukset
- Tyyppiipiirustukset
- Maadoituspiirustukset

Rakennussuunnitelmaselostuksessa kerrotaan kohteessa noudatettavat ohjeet ja työselostukset, ja selostetaan urakan suunnitelmat vaiheittain.

6.2 Aikataulutus

Urakan yleisaikataulu on tärkeä työkalu rakennusprojektin etenemisen seurannan ja projektiorganisaation osapuolten välisen viestinnän kannalta. Aikataulut ovat myös työvaiheiden työjärjestyksen ja yhteensovittamisen, sekä työmaan sisäisen viestinnän kannalta oleellisia, jotta työmaa pyörii jouhevasti ja jokaisella työmaan henkilöstön jäsenellä

on selkeä kuva tulevista ja yhtäaikaisista työvaiheista. Yleisaikataulu käsittää koko urakan työmaan perustamisesta luovutukseen, joten se on nimensä mukaisesti yleiskatsaus eri urakkaosien suunniteltuun aikatauluun. Työmaalla kannattaakin luoda erillisiä viikkoaikatauluja, joissa esitetään koko kyseisen viikon työsuoritukset. Yleis- ja viikkoaikataulut on hyvä kiinnittää niin työmaatoimiston kuin myös taukotilojenkin seinille näkyville paikoille.

6.3 Työvaiheen työ- ja laatusuunnitelma

Jokaisesta projektin työvaiheesta on tehtävä työvaiheen työ- ja laatusuunnitelma. Työvaiheen työ ja laatusuunnitelmassa on useita kohtia, joihin kirjataan työvaihetta koskevat suunnitelmat, laatuvaatimukset sekä toleranssit. TTL-suunnitelma käsittää työvaiheen kaikki turvallisuuteen-, laatuun- ja työvaiheistukseen sekä menetelmiin liittyvät tiedot. TTL-suunnitelma luetutetaan työvaiheeseen perehdytetyillä henkilöillä, jonka jälkeen kyseenomainen henkilöstö allekirjoittaa asiakirjan ja sitoutuu noudattamaan sitä.

Työvaiheen työ- ja laatusuunnitelman kohdat:

- Projektin tiedot
- Työvaiheen vastuhenkilöt
- Resurssit- ja materiaalit
- Valmistavan vaiheen tiedot
- Työturvallisuus ja ympäristö
- Työvaiheistus- ja menetelmät
- Työvaiheen riskit
- Perehdytetyt henkilöt ja allekirjoitukset.

Projektin tiedot- kohtaan kirjataan projektin nimi, tilaaja, urakoitsija, urakkaosa, työvaihe- numero, päivämäärä, suunnitelman laatija ja laatimispäivämäärä.

Vastuuhenkilöistä kirjataan ylös työvaiheesta vastuussa olevat henkilöt työpäälliköstä mittamieheen, tässä kohtaa kirjataan vastuuhenkilöille myös sijaiset.

Resurssit ja materiaalit- kohtaan kirjataan työvaiheen vaatimat työryhmät ja käytettävä kalusto, sekä materiaalit.

Valmistavaan vaiheeseen kirjataan kaikki tarvittavat suunnitelmat, edeltävät ja valmistavat työvaiheet, sekä tarvittavat ilmoitukset ja luvat.

Työturvallisuus ja ympäristö otsikko pitää sisällään työvaiheen turvallisuuteen liittyvät vaatimukset, suunnitelmat, erityishuomiot ja ympäristön suojeluun liittyvät vaatimukset ja onnettomuuksien estämiseksi tehtävät toimet. Kaikki tarvittavat kaluston tarkastukset merkitään myös tässä vaiheessa.

Työvaiheistus- ja menetelmät pitävät sisällään työnkulun ja noudatettavat säännökset ja vaatimukset vaihe vaiheelta. Työvaiheisiin ja menetelmiin kirjataan myös asiat, joihin on työn aikana kiinnitettävä huomiota, ja myös muut mahdolliset erityishuomiot, kuten esimerkiksi kannen jännityslujuus.

Riskeihin kirjataan kaikki työvaiheen tunnistetut riskit ja ennaltaehkäisykeinot.

TTL- suunnitelman lopussa on lista, johon kirjataan työvaiheeseen perehdytetyt henkilöt ja kerätään allekirjoitukset.

6.4 Mestän valmistelu ja tilankäyttö

Eri työvaiheet vaativat erilaista kalustoa ja materiaalivalmiutta, joten jo hyvissä ajoin ennen työvaiheen toteutuksen aloittamista onkin varmistettava riittävät tilat, niin varastointiin kuin myös mahdollisten työkoneidenkin kannalta. Esimerkkinä Muotti ja raudoitustöiden materiaalimenekit kannattaa laskea ja tilata useita päiviä ennen suunniteltua työn aloitusajankohtaa, ja varastoida mahdollisimman mielekkäille paikoille lähelle lopullista positiotaan. Työsuorituspaikka kannattaa puhdistaa kaikesta ylimääräisestä esimerkiksi edeltävänä päivänä, jotta työn suoritus olisi sujuvampaa. Yleisestikin kaikki ylimääräinen siivotaan pois paikalta työn aikana ja varsinkin jälkeen jo pelkästään turvallisuussyistä. Kaluston toimivuus kannattaa tarkastaa viimeistään edeltävänä päivänä ja koneille tehdään käyttöönotto ja viikkotarkastukset. Tarvittavat merkinnät ja mittaukset on

hyvä sopia mittamiehen kanssa muutaman päivän varoitusajalla, ja toteuttaa viimeistään edeltävänä päivänä mittaustyön laajuus huomioon ottaen.

6.5 InfraRYL ja SILKO

InfraRYL ja SILKO ovat laatuvaatimus- ja ohje kokoelmia, joita kumpaakin hyödynnetään työmailla. SILKO ja InfraRYL ovat kummatkin päteviä, mutta ensisijaisesti noudatetaan rakennussuunnitelman ja rakennussuunnitelmaselostuksen mainitsemia vaatimuksia.

InfraRYL pitää sisällään infrakohteiden laatuvaatimukset seuraavasti:

- 10000 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet
- 20000 Pinta- ja päällysrakenteet
- 30000 Järjestelmät
- 40000 Rakennustekniset rakennusosat.

Siltarakenteet löytyivät ennen SYL-kokoelmasta, mutta nykyään se on sisällytettyä InfraRYL-kokoelmaan kohtaan 42000 Sillat. Vaatimuksia esitetään työlle ja materiaaleille, joidenka tulee täytyä rakenteen valmistuttua. InfraRYL tekee viittauksia myös muihin ohjeisiin, kuten esimerkiksi BY 40 betonipintojen luokitus- ja laatuvaatimukset. InfraRYL jakautuu teknisiin ja toimivuusvaatimuksiin. Tekniset vaatimukset kattavat työlle ja materiaaleille asetetut vaatimukset, kun taas toimivuus käsittelee rakenteen elinkaaren aikaisia vaatimuksia. (7.)

SILKO eli siltojen korjausohjeet koostuvat seuraavista:

- Yleiset laatuvaatimukset
- Työkohtaiset laatuvaatimukset
- SILKO hyväksytyjen tuotteiden luettelo.

SILKO ohjeet toimivat apuvälineenä korjaus- ja uudisrakennuskohteissa toteutuksen ohjaamisessa ja suunnittelussa. SILKOsta löytyy ohjeet ja vaatimukset erilaisten vaurioiden ja työvaiheiden korjaamiseen ja toteuttamiseen aina valmistelusta viimeistelyyn asti.

Työvaiheissa käytettävien SILKO hyväksytyjen tuotteiden lista pitää sisällään rakennusmateriaaleja ja tuotteita, jotka todistetusti täyttävät niille asetetut laatuvaatimukset ja standardit. (8.)

7 Koekäyttö

Läntinen Tarvonsilta oli suhteellisen kompakti- ja yksinkertainen kokonaisuus, vaikka vesistösilta onkin. Läntinen Tarvonsilta soveltui hyvin uuden teknologian opetteluun, sekä kokeilu- ja tutkimuskentäksi juuri kokonsa puolesta.

Sitevision laite saatiin Läntisen Tarvonsillan työmaalle huhtikuussa 2020 kappaleessa neljä mainitussa mustassa salkussa komponentteineen. Laitekokonaisuuteen tutustuminen aloitettiin perehdytyksellä, joka toteutettiin työmaalla Geotrim Oy:n edustajan toimesta. Perehdytyksessä käytiin läpi sovelluksen ominaisuudet ja laitteen käyttöohje. Jokainen ominaisuus demonstroitiin paikan päällä ja samalla selitettiin lyhyesti laitteiston toiminnasta. Perehdytyksen lopuksi kyseltiin laitteen nykyisestä kehityssuunnasta ja mahdollisista suunnitelluista tai tekeillä olevista prototyypeistä.

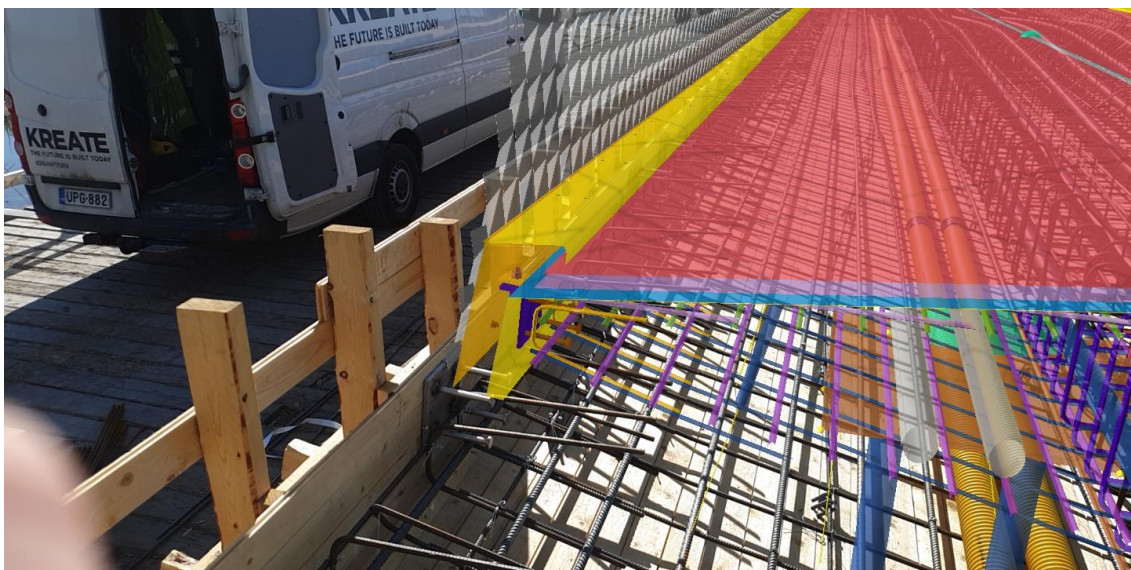
Laitteeseen perehdytyksen jälkeen alettiin sovellukseen ja sen ominaisuuksiin tutustua, sekä opettelemaan laitteiston käyttöä ja mahdollisia käyttökohteita työmaalla seuraavien kuukausien aikana. Sitevision sovelluksen käytön oppimiskynnys oli suhteellisen matala, sillä useat laitekokonaisuuden ominaisuuksista ovat käytettävissä myös Trimble Connect -palvelussa. Laitteiston käyttämiseen tottuminen otti kuitenkin muutaman päivän, joidenka jälkeen sovelluksen tutkiminen tuotannon apuvälineenä saatettiin varsinaisesti aloittaa.

Sovellusta alettiin tutkimaan käytännönläheisesti työmaalla eri työvaiheissa tuotannon apuvälineenä työtehtävien suunnittelussa. Sovellusta hyödynnettiin ennen työvaiheiden aloitusta, töiden aikana ja työnjäljen tarkastamisessa. Uutta teknologiaa esiteltiin myös aliurakoitsijoille työmaan edetessä, ja käytettiin apuna työtehtävien selostuksessa.

7.1 Havaintoja koekäytön aikana

Läntisellä Tarvonsillalla Sitevisionia käytettäessä tehtiin useita havaintoja, ja laitetta hyödynnettiin myös työvaiheiden valmistelussa ennen työsuorituksia, ja niiden aikana. Ah-
taalla siltapaikalla eniten hyötyä laitteesta saatiin suojellun kiviarkun vuoksi maanrakennustöissä, ja kannen raudoitustöissä. Konkreettisesti töitä jouduttanutta hyötyä Sitevisionilla saavutettiin myös pengerkaiteiden perustustöissä.

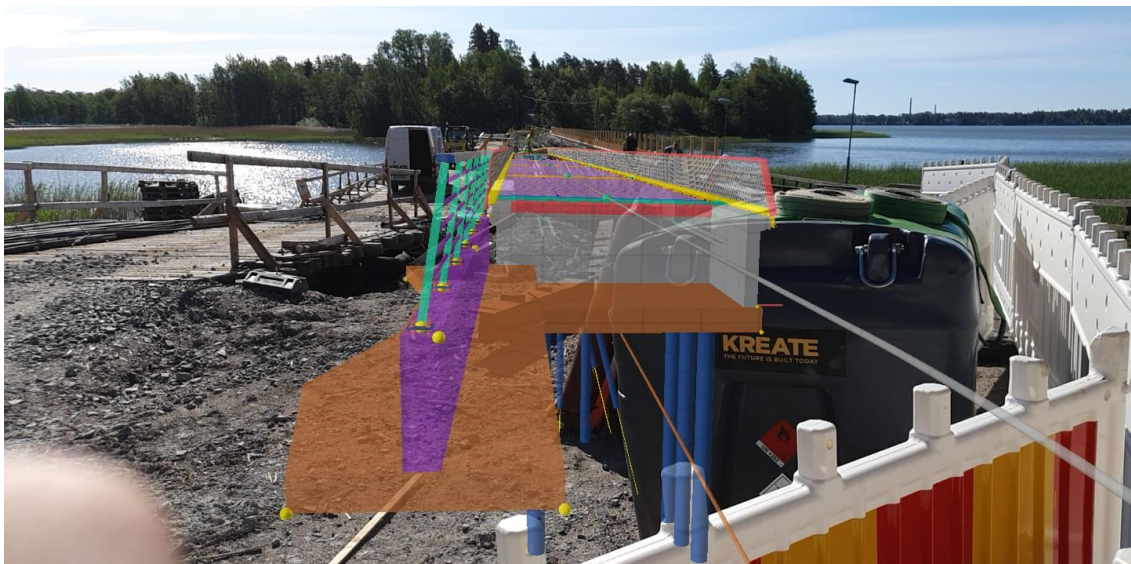
Työmaalla AR-sovellusta koekäytettäessä saatiin ennaltaehkäistyä ongelmia, ja jouduttua työvaiheiden suunnittelua. Kuva 8.



Kuva 8. Kannen reuna ja alaverkko

Siltakannen raudoitustöitä ennen huomattiin Sitevisionilla, että sillan kaiteiden asennuslätkät leikkaavat kannen alaverkon raudoitusta, joten tilaajaa ja suunnittelijaa konsultoituani saatiin asennuslätkiin tehdä muutos, joka mahdollisti lätkien sekä raudoitteiden oikean position siltakannessa. Havainto oli ennaltaehkäisevä, ja työvaiheen kannalta kriittinen huomio, jolla saatiin minimoitua raudoitustöiden aikaiset ongelmat reunapussien osalta.

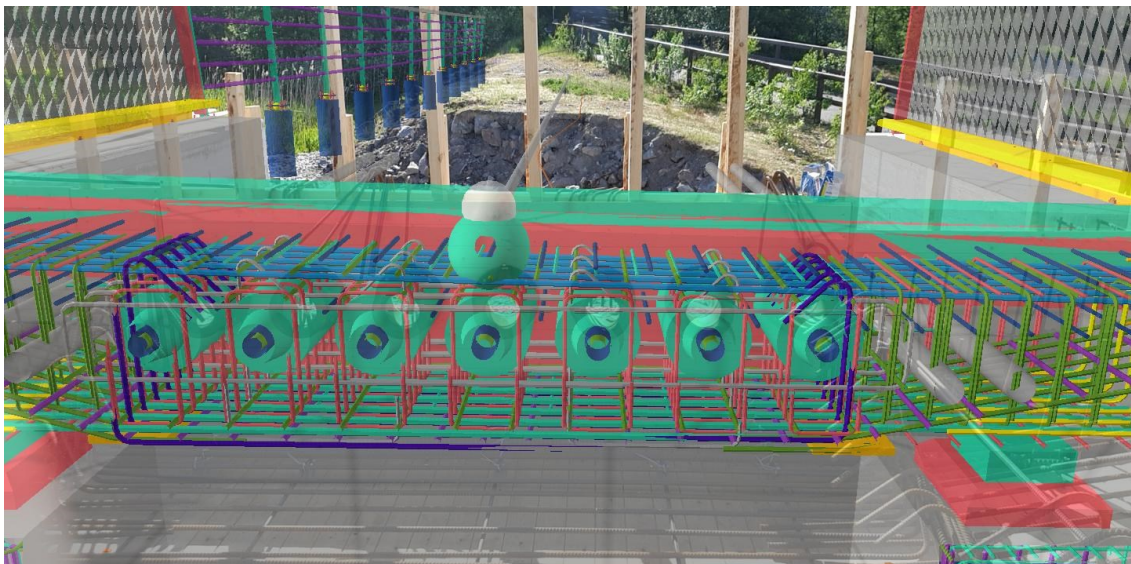
Läntisellä Tarvonsillalla oli myös suojeltu kohde, nimittäin siltapaikalla ennen sijainneen Tarvonsillan maatuen kiviarkku. Kiviarkusta täytyi rakentaa yli erillinen kulkusilta työsil- lalle.



Kuva 9. Maatuki 1, tukimuri

Niin kuin kuvasta 9 nähdään, niin pengerkaiteen tukimuurin anturan positio sijaitsee kulkusillan alla. Ennen tukimuurin anturan kaivuutöitä täytyi siis tehdä kulkusillan muutoksia, joidenka jälkeen oli tukimuurin anturan kaivuutyöt ja maanrakennustyöt mahdollista toteuttaa kokonaisuudessaan.

Maatuella T7, eli sillan toisessa päässä kuvaan 9 nähden, AR-sovellusta hyödynnettiin pengerkaiteen tukien maanrakennustöissä. Pengertuen perustukset olivat pohjaltaan porrastettuja tuelta alkavaan rinteeseen. Kuva 10.



Kuva 10. Maatuki T7 ja pengerkaiteen perustukset

Maanrakennustöiden helpottamiseksi pengertukien kaivanto perustettiin yhdelle korolle porrastetun sijaan. Tarkoittaen sitä, että viimeisten perustusten pituus kasvoi muutamalla senttimetrillä, ja kaivanto ja tiivistystyöt saatiin tehtyä kerralla.

Läntisellä Tarvonsillalla oli myös ulkomaista työvoimaa. Rauditusurakoitsijan henkilöstö ei ollut suomenkielentaitoista, joten heidän kanssaan täytyi puhua englantia työmaalla. Ulkomaisten työntekijöiden kanssa AR-sovellus toimi piirustusten ohella viestinnän ja työn ohjaamisen apukeinona, jonka johdosta saatiin selvennettyä spesifisiä positioiden, joissa täytyi toteuttaa korjauksia, tai kiinnittää erityistä huomiota. AR-sovelluksella saatiin purettua kielimuuria työnjohdon ja ulkomaalaisten työntekijöiden välillä, näin ehkäistiin mahdollisia väärinymmärryksiä ja joudutettiin työtehtävien selostusta.

Mestan valmistelussa AR-sovellusta käytettiin apuna, aikaisemmin mainittujen maanrakennustöiden lisäksi, myös rakennusmateriaalien järjestämiseen ja jakamiseen kohteessa. Esimerkiksi eri positioiden raudotteet saatettiin jakaa kannen muotin viereen ja päälle raudoitustöiden kannalta mielekkäisiin nippuihin sopivin välimatkoin. Myös varusteet saatettiin jakaa samalla mahdollisimman mielekkäille paikoille lähelle lopullista asennuspositiotaan.

Laitteisto oli suhteellisen helppokäyttöinen pienen alkukankeuden jälkeen. Sovellus kuitenkin kadottaa tarkan sijainnin, jos käyttäjä seisoo liian kauan paikallaan, sillä sovellus paikantaa käyttäjän saatavilla olevien satelliittien avulla liikkeen perusteella. Eli jos käyttäjä pysähtyy tutkimaan rakenteita paikalleen pitemmäksi aikaa ja liikauttaa laitteistoa, kuitenkin itse liikkumatta, niin malli puhelimen näytöllä toistetaan väärälle paikalle kuvassa 9 havaittavissa olevalla tavalla. Akku laitteistossa kestää yllättävänkin kauan, mutta tietyn lataustason jälkeen sen varaus alkaa vaikuttamaan paikannuksen tarkkuuteen, eli ladattuna kannattaa olla aina vähintäänkin yksi vara akku.

8 Tulokset

AR-sovelluksen koekäyttö Lätisen Tarvonsillan työmaalla onnistui hyvin ja tutkimuksen aikana tehtiin monia havaintoja sovelluksen nykyisistä eduista, sekä jatkotutkimus ja kehitystarpeista siltatyömaalla. Nykyisellään sovelluksen käytöstä saatavien hyötyjen laajuus kasvaa peilaten työmaan kokoa ja kompleksisuutta, sekä tietysti tietomallin tarkkuuden ja laajuuden tasoa. AR-sovellusta käytettiin apuna useassa työvaiheessa, niiden suunnittelussa ja toteutuksessa, sekä sitä esiteltiin työmiehille urakan edetessä.

AR-sovelluksella saatiin koekäyttöaikana tehostettua työmaan toimintaa ja työvaiheiden suunnittelua, sekä laadunvarmistusta Lätisen Tarvonsillan työmaalla. AR-sovellus toi useat Trimble Connect sovelluksen toiminnot läppäritä työmaalle käteen sopivassa kompaktissa kokonaisuudessa. Työmaan henkilökunta ja aliurakoitsijat osoittivat mielenkiintoa AR-sovelluksia kohtaan koekäytön aikana ja olivat mielellään mukana testatessa rakennusosalalla uutta teknologiaa työn ohessa.

Sitevision sovellusta voidaan jo nykyisellä mallillaan hyödyntää tuotannon apuvälineenä siltatyömaalla, mutta mittamiehen käyttämää takymetriä ei kuitenkaan tulla korvaamaan AR-sovelluksien ja laitteistojen tarjoamilla tarkkuuksilla. GNSS-tarkkuus riittää kuitenkin mainiosti tehtävien suunnitteluun, seurantaan, valvontaan ja ohjaukseen.

AR-sovelluksilla on siis jo monia käyttökohteita työmailla, ja teknologian kehittyessä lisätyn todellisuuden sovelluksista saatava hyöty tulee vain kasvamaan varsinkin, kun ala siirtyy vuosi vuodelta enemmän paperista digitaaliseen informaatiomuotoon.

9 Yhteenveto

Läntinen Tarvonsilta oli laajuutensa puolesta oivallinen urakka AR-tekniikan tutkimiseen. Siltaurakat ovat myös suurempia hankkeita ja niitä on myös tavallista toteuttaa useampien siltojen kokonaisuuksina. Siltarakenteet ja urakkaan kuuluvat muut rakenteet voivat myös olla todella paljon monimutkaisempia, kuin Tarvonsilta.

Urakoissa, jotka sisältävät useamman sillan tai monimutkaisia rakenteita, voidaan AR-sovelluksista hyötyä vielä tutkimuksessa havaittua enemmän. Useampien siltojen kokonaisuuksien ja työvaiheiden suunnitteluun, -ohjaukseen, sekä laadunvarmistamisen kannalta AR-sovelluksesta työmaalla on varmasti hyötyä jo pelkästään viestinnässä ja perehdytyksessä. ToDo-tehtäviä tulisi varmasti hyödynnettyä enemmän suurissa kokonaisuuksissa, jolloin voidaan jokaisesta poikkeamasta tai huomion arvoisesta raportista tehdä ilmoitus asianomaiselle työnjohtajalle organisaatiossa. Monimutkaisten rakenteiden kohdalla voidaan sovellusta hyödyntää yhdessä työryhmän kanssa työvaiheen suunnitteluun ja laadunvarmistukseen näin ollen ongelmia ennalta ehkäisten. Sähköjohdojen suojausputkien sijaintien, sekä muiden siltarakenteisiin tulevien komponenttien, ynnä varusteiden sijainnin- sekä asennuspositioiden tarkistaminen ja tehtävien suunnittelu helpottuu sovelluksen avulla.

Suomen kielen taidottomien työntekijöiden kanssa työskentelyssä voi tapahtua väärinymmärryksiä, sillä työnjohdon ja työmiesten englanninkielisessä keskustelussa voi joitakin seikkoja kadota käännökseen. Englanniksi toteutettavassa työnohjauksessa ja valvonnassa on visuaalinen apu tärkeää, ja AR-sovellus ajoi kyseisissä tilanteissa asiansa paperisten piirustusten apuna.

Työmaalla saatiin lisätyn todellisuuden sovelluksesta siis paljon hyötyä, mutta kehitys- ja jatkotutkimustarpeita vielä on, jotta teknologiasta saataisiin vielä enemmän irti tuotannon apuvälineenä kentällä.

Jatkotutkimusta AR-sovelluksen hyödyntämisestä siltatyömailla voitaisiin seuraavaksi toteuttaa suuremmassa hankkeessa, vaikkapa useamman sillan kokonaisuudessa. Tutkimus voisi keskittyä sovelluksen viestinnällisiin ominaisuuksiin ja projektiorganisaation

eri osapuolten välisen kommunikaation parantamiseen. AR-sovellusta voitaisiin hyödyntää esimerkiksi työmaakokouksissa informatiivisena työkaluna etäyhteydellä. Jatkotutkimus voisi myös etsiä muita suurien kokonaisuuksien hallintaa ja ohjausta edistäviä AR-teknologian käyttötapoja siltahankkeissa.

Tulevaisuudessa mielenkiintoinen tutkimus aihe AR-sovelluksille löytyy mielestäni siltajen korjauskohteista. Nimenomaisesti tulevien vuosien tutkintakohteena korjauskohteet toimisivat mielestäni mainiosti, koska sillasta on tietenkin oltava olemassa oleva IFC-malli, ja näin ollen jo pelkästään AR-sovelluksen avulla voitaisiin saada käsitys yhdellä silmäyksellä siltarakenteesta.

AR-sovelluksen ToDo-toiminnolla otettuja kuvia voitaisiin myös hyödyntää piiloon jäävien rakenteiden kuvaamisessa, jotta nähdään tarkkeiden lisäksi myös GNSS-tarkkuudella tuotettua toteumaa suunniteltuun rakenteeseen tai varusteeseen verrattuna. AR-sovellusta voitaisiin siis siltahankkeissa hyödyntää tilaajalle luovutettavan dokumentaation osatekijänä.

Työmaan perustamisvaiheessa AR-sovellusta voidaan mahdollisesti jo hyödyntää etenkin ahtaammilla rakennuspaikoilla apuna työmaan perustamisessa.

Lähteet

- 1 Kreate Oy, aineisto.
- 2 Nora Nirhamo 23.03.2020. Verkkoaineisto. <https://softability.fi/blog/xr-teknologiat-mahdollistavat-tehokkaamman-ja-pienemmilla-kustannuksilla-toteutetun-palveluliiketoiminnan/>
- 3 AUTODESK. Understanding the difference between BIM and CAD. Verkkoaineisto. <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/video/youtube/lesson/143344-courseId-100332.html>
- 4 Maanmittauslaitos. Satelliittipaikannus. Verkkoaineisto. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus>
- 5 Patrick J. Kiger 06.01.2020. What is Extended Reality (XR). Verkkoaineisto. <https://www.fi.edu/tech/what-is-extended-reality>
- 6 Trimble Sitevision System Overview. Verkkoaineisto. <https://sitevision.trimble.com/user-guides/Overview.html>
- 7 InfraRYL 2020/1. 01.07.2020. Rakennustöiden Yleiset Laatuvaatimukset. Verkkoaineisto.
- 8 Väylävirasto. 2019. SILKO, Siltojen Korjaus. Verkkoaineisto. https://julkaisut.vayla.fi/sillat/silko/kansio1/s1101_web.pdf
- 9 Bernard Marr Verkkoaineisto. <https://bernardmarr.com/the-important-difference-between-augmented-reality-and-mixed-reality/>

