



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

3D-Koneohjauksen hyödyntäminen maakaasuputkihankkeessa

Olli Kaipainen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2019
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen suuntautumisvaihtoehto

Kaipainen, Olli:
3D-Koneohjauksen hyödyntäminen maakaasuputkihankkeessa

Opinnäytetyö 36 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Toukokuu 2019

Opinnäytetyössä on tarkoitus tarkastella maakaasuputkilinjan rakentamista koneohjausta hyödyntäen. Tarkoituksena on tutkia projektissa koneohjauksen käyttöä ja saada enemmän hyötyä järjestelmistä. Opinnäytetyössä myös tutkitaan koneohjauksen haasteita Louhintahiekka Oy:llä erityisesti järjestelmien käyttäjien näkökulmasta.

Lähteinä on käytetty urakka asiakirjoja, maanrakennusalalla käytössä olevaa ohjeistusta, haastatteluja, kyselyä sekä omia havaintoja kaasuputkihankkeessa ja koneohjauksen käytöstä.

Koneohjaus on yleistynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana infratyömailla. Maakaasuputkihankkeella työskentelevillä koneissa on ollut lähes poikkeuksetta koneohjausjärjestelmä käytössä. Järjestelmiä käytettiin maakaasuputkihankkeella monipuolisesti. Opinnäytetyöntekijänä seurattessa hanketta alusta asti olen havainnut kehittämistarpeita niin maakaasuputkihankkeella kuin yrityksessäkin (Louhintahiekka Oy), joita tutkitaan tässä opinnäytetyössä.

Työssä käsitellään läpi koneohjauksen hyödyntämistä nykytilassa eli missä työvaiheissa ja minkälaisia rakenteita tehdään koneohjausjärjestelmällä, maakaasuputkihankkeessa sekä käydään läpi laadunvarmistuksen toimenpiteet työmaalla. Tutkimusosissa kartoitetaan kehitysvaihtoehtoja maakaasuputkiprojektin eri työvaiheisiin, mitattaviin rakenteisiin, syntyvien ongelmien ennalta ehkäisyyn ja laadunvarmistukseen.

Tutkimusosiossa opinnäytetyön loppupuolella on tarkoitus tuottaa kehitysehdotuksia projektiin ja yleisesti Louhintahiekka Oy:lle, jotta saataisiin koneohjausjärjestelmistä saatavaa tehokkuutta parannettua tulevaisuudessa.

Asiasanat: maakaasuputki, 3D-koneohjausjärjestelmä, laadunvarmistus

ABSTRACT

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

KAIPAINEN Olli:

Title of Thesis

Recovery 3D machine control systems natural gas pipe building project

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 5 pages

May 2019

The purpose of this thesis was to examine the construction of a natural gas pipeline using a machine control system. The objective was to study the use of the machine control system in the project, and to gain more benefits from using the system. Moreover, the challenges in using the machine control system at Louhintahiekka Oy were examined, especially from the perspective of system users.

Data was collected from contract documents, guidelines used in the field, interviews, surveys and the author's own observations on the gas pipeline project and the use of machine control system.

Machine control system have become more common in civil engineering sites over the last ten years. Machines working on the natural gas pipeline project have invariably also been connected to the machine control system. The systems were widely used in the natural gas pipeline project. Author followed the project from the beginning, and found development needs in the natural gas pipeline project as well as in the company.

The thesis examines the use of the machine control system in the current state, i.e. in what stages of work and what kind of structures are made by the machine control system in the natural gas pipeline project, and the quality assurance at the site. Development alternatives are identified for the different phases of the natural gas pipeline project, the measurable structures, the prevention of problems, and quality assurance.

Finally, development proposals are presented for the project and, more generally, for Louhintahiekka Oy, which would improve the efficiency of the machine control systems in the future.

Key words: natural gas, 3D machine control system, quality assurance

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
1.1	Lähtökohdat	5
1.2	Rajaukset	6
1.3	Tutkimusmenetelmät	6
2	3D-koneohjauksen nykyinen hyödyntäminen työmaalle	7
2.1	3D.koneohjauksen toimintaperiaate	7
2.2	Hyödyntäminen eri työvaiheissa	8
2.3	Laadunvarmistus	11
3	Inkoo-Siuntio maakaasuputken rakentaminen	13
3.1	Maakaasuputkihankkeen esittely	13
3.2	Koneohjaus Louhintahiekka Oy:llä	14
3.3	Koneohjaus erityövaiheissa	15
3.3.1	Haltuunoton rajat	15
3.3.2	Kaivannon kaivuu	16
3.3.3	Kaasuputken täyttötöyt	17
3.4	Laadunvarmistus	19
4	3D-koneohjauksen kehittymismahdollisuuksia maakaasuputkihankkeessa	21
4.1	Mitattavat kohteet maakaasuputkihankkeessa	21
4.2	Mallinnettavat rakenteet	22
4.3	Toteumamittattavat rakenteet	23
4.4	Laadunvarmistus	24
5	3D-koneohjauksen kehittäminen Louhintahiekka Oy:llä	26
5.1	Tutkimuksen esittely	26
5.2	Kehitys- ja koulutusehdotukset Louhintahiekka Oy:lle	27
5.3	Koulutusvaihtoehdot	28
6	Pohdinta	30
	LÄHTEET	31
	LIITTEET	32
	Liite 1. Infrabim-nimikkeistö	32
	Liite 2. Inkoo-Siuntio maakaasuputki pituusleikkaus	33
	Liite 3. Koodilista	34
	Liite 4. Tutkimuslomake	35

1 JOHDANTO

1.1 Lähtökohdat

Työn tarkoituksena on tutkia koneohjausjärjestelmän hyödyntämistä maakaasuputkihankkeessa ja Louhintahiekka Oy:llä. Työssä kerrotaan koneohjauksen hyödyntämisestä maakaasuputkityömaalla nykytilassa opinnäytetyöntekijän näkökulmasta ja miten koneohjausta voitaisiin paremmin hyödyntää tulevaisuudessa. Tarkoituksena on myös tutkia Louhintahiekka Oy:n koneohjausjärjestelmien hyödyntämistä ja haasteita kyselyn perusteella käyttäjien näkökulmasta.

Teoriaosuudessa kerrotaan peruseräite koneohjausjärjestelmän toiminnasta, miten järjestelmä toimii ja millaisiin tarkkuuksiin järjestelmillä päästään ja mitkä vaikuttavat järjestelmän toimivuuteen, ohjeistusta suunnitelmien tekemiseen ja tarkastamiseen sekä minkälaisia pintoja ja rakenteita voidaan mallintaa koneohjausjärjestelmiin.

Maakaasuputkihankkeessa on ollut 3D-koneohjausjärjestelmät mukana alusta alkaen. Tarkoituksena on kuvata nykytilannetta maakaasuputkityömaalla ja tutkia parannus ehdotuksia projektille, miten saataisiin paremmin hyödynnettyä järjestelmiä hankkeessa, jossa mitattavia kohteita ja laadunvarmistusta tehdä paljon.

Opinnäytetyön loppuosassa tehdään tutkimus koskien Louhintahiekka Oy:n koneohjausjärjestelmien haasteista koneenkuljettajien näkökulmasta. Tarkoituksena on selvittää yrityksen nykytilanne kyselyn perusteella ja tutkimuksen pohjalta miettiä parannusehdotuksia yritykselle ja järjestelmien käyttäjille.

Louhintahiekka Oy:llä koneohjausjärjestelmät ovat yleistyneet viimeisen kymmenen vuoden aikana merkittävästi. Yrityksessä käytetään koneohjausta pääasiassa kaivinkoneissa mutta on käytössä myös muutamassa puskutraktorissa. Kaikissa koneohjausyksiköissä, missä on työkoneautomaatio, käytetään Novatronin järjestelmiä. Koneohjausjärjestelmiä on jo yrityksessä monessa koneyksikössä ja aliurakoitsijoiden koneissa lähes aina.

1.2 Rajaukset

Työssä on tarkoitus käyttää esimerkkitapahtumana käynnissä olevaa Inkoo-Siuntio maakaasuputkiprojektia ja tutkia kyseiselle kohteelle parannusehdotuksia koneohjauksen käytöstä ja hyödyntämisestä.

Työssä ei ole tarkoitus käsitellä maakaasuputken hitsaukseen, pinnoitukseen ja putken tarkistukseen koskevia asioita. Tarkoituksena on käsitellä koneohjauksen hyödyntämistä maanrakentamisen osalta. Työssä ei myöskään käsitellä suunnitelmien mallinnusta ja siihen liittyvää ohjeistusta lähes ollenkaan.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Työn tekemiseen on käytetty alaan liittyvää kirjallisuutta, asiantuntijahaastatteluita, opinnäytetyöntekijän omia havaintoja ja kokemuksia sekä Louhintahiekan koneenkuljettajille suunnattua kyselyä.

Alaan liittyvällä kirjallisuudella on tarkoitus kertoa teoriapohjaisesti koneohjausjärjestelmään liittyvää ohjeistusta ja maanrakentamisen kannalta tuomia etuja yleisesti sekä esimerkki kohteeseen ja perehtyä koneohjausjärjestelmien mahdollisuuksiin projektille ja Louhintahiekka Oy:lle.

Havainnot ja kokemukset perustuvat Tampereen ammattikorkeakoulussa opittuun teoriaan sekä maanrakennusalalla muutamia vuosia työtä tehneenä tuomaan kokemukseen. Omilla kokemuksilla ja asiantuntijahaastatteluilta on tarkoitus perehtyä projektiin tarkemmin ja kuvata koneohjauksen nykytila maakaasuputkihankkeessa.

Opinnäytetyön lopussa on tarkoitus tarkastella Louhintahiekka Oy:n koneohjausjärjestelmien tuomia haasteita ja ongelmia järjestelmien käyttäjien näkökulmasta. Tarkoituksena on tehdä koneenkuljettajille anonymikysely 3D-koneohjausjärjestelmän käytöstä ja tältä pohjalta kuvata järjestelmän käytön suurimmat haasteet sekä pohtia erilaisia koulutus mahdollisuuksia/ tapoja millä saataisiin koulutusta tehostettu yrityksessä.

2 3D-koneohjauksen nykyinen hyödyntäminen työmaalla

2.1 3D-Koneohjauksen toimintaperiaate

Koneohjaus on yleistynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana merkittävästi ja alkaa olla vakiovarusteena kaivinkoneissa työmaalla. Myös maakaasuputkihankkeessa koneohjaus oli lähes kaikissa koneyksiköissä, lukuun ottamatta pyöräkuormaajia ja puskutraktoreita.

3D-koneohjaus perustuu satelliittipaikannukseen. Kaivinkoneen takapuntin päällä yleensä olevat satelliittilautaset vastaanottavat signaalin ja koneessa olevien anturien ja tiekoneyksikön avulla pystytään laskemaan terän sijainti x,y ja z suunnassa. Satelliitti paikannuksessa käytetään GNSS- monisatelliittijärjestelmää, joka koostuu useasta eri maiden satelliittijärjestelmistä (esim. Gps ja Glonass). (Toivonen & Ylikoski 2013, 24)

GNSS satelliitti paikannus tarvitsee vähintään 4 satelliittia paikantamiseen ja näköyhteyden. Se ei sellaisenaan riitä paikantamaan koneohjausjärjestelmän terän sijaintia tarvittavalla tarkkuudella, sillä signaaliin vaikuttaa esim. ylempi ilmakehä, alempi ilmakehä, auringon aktiivisuus, satelliittien lentorata muutokset ja heijastukset. Kuitenkin mitä enemmän satelliitteja on näkyvissä, sitä tarkemmaksi ja luotettavammaksi paikannus tulee. Järjestelmä tarvitsee korjaus signaalin, joka saadaan tukiasemasta. Käytännössä on kaksi vaihtoehtoa välittää korjaussignaalia koneohjausjärjestelmälle, työmaalle tuodaan kiinteä tukiasema (RTK), jonka sijainti mitataan tarkasti ja korjaussignaalin avulla päästää 1-3 cm tarkkuuteen. Signaalia voidaan lähettää radio taajuuksilla, kantama n. 5 km luokkaa tai GPRS/3G/4G taajuudella kantama n.20 km luokkaa. (Luoranen 2018)

Toinen tapa parantaa tarkkuutta on verkko- RTK, Suomen alueelle on tehty tukiasema verkko, joka koostuu kiinteistä tukiasemista ja laskentakeskuksesta. Suomessa palvelua tarjoaa esim. Trimnet ja SmartNet, kummallakin on oma tukiasema verkosto. Rtk-verkko luo mittalaitteen läheisyyteen kiinteiden tukiasemien ja laskentakeskuksen avulla virtuaalitulokiaseman ja laskentakeskus lähettää mittalaitteelle korjaussignaalin.

Verkko-RTK:lla päästään 1-6 cm tarkkuuksiin, eikä esiinny signaalin kantama rajoituksia niin kuin kiinteällä tukiasemalla. Korjaussignaalin vastaan ottamisessa tulee koneohjausjärjestelmässä olla internet liittymä. (Luoranen 2018)



KUVA 1. Trimnet verkko-RTK kattavuus Suomessa. (Trimnet.fi)

2.2 Hyödyntäminen eri työvaiheissa

Työkoneautomaatiota pystytään hyödyntämään maanrakennuksessa monipuolisesti.

Nykypäivänä moni hanke suunnitellaan tietomallipohjaisesti ja suunnittelu aineistosta laaditaan toteutusmalli. Toteutusmalli käsittää suunnitellun kohteen linjoja, geometriaa, verkostoja ja pistemäisiä kohteita.

”Toteutusmalli on suunnittelujärjestelmän sisältämästä suunnitelmamallista muodostettavarakennettavan kohteen malli. Rakennepintojen toteutusmallit muodostuvat kauttaaltaan jatkuvista 3D-taiteviivoista ja niiden kolmioverkkomalleista.” (YIV 2015a, s.3)

Tie-, katu- ja rataväylissä pystytään lähtökohtaisesti mallintamaan kaikki rakentamiseen tarvittavat linjat (liite 1). Ne koostuvat Infran 2006 rakennusosa- ja hankenimikkeistä seuraavista osista:

- 1400 pohjarakenteet
- 1600 maanleikkaukset ja -kaivannot
- 1800 penkereet, maapadot ja täytöt
- 2100 päällysrakenteen osat
- 2400 ratojen päällysrakenteet

Kaikista koneohjauksella tehtävistä rakennepinnoista tehdään toteutusmalli ja ne yhdessä muodostavat koko hankkeen toteutusmallin, jota käytetään hankkeen toteuttamiseen.

Rakennepinnat nimetään ja numeroidaan InfraBim nimikkeistön mukaisesti liite 1.

Kuitenkin kaikkia osia ei ole järkevä mallintaa etukäteen vaan esim. siirtymäkiilat mallinnetaan jälkikäteen tarkemman paikkatiedon selvittyä. (YIV 2015a, s.4)

Pistemäisellä tiedolla pystytään mallintamaan esim. valaisinpylväiden jalustojen paikka ja näkyvän osan korkotietona. Kaivojen- ja liikennemerkkien sijainti piirretään pistetietona. (YIV 2015a, 20)

Työkoneautomaatiolla pystytään siis pistetiedoilla, 3D-taiteviivojen ja kolmioverkkomalleista tehtyjen toteutusmallien avulla saamaan kuva koneohjauksen näytölle hankkeesta ja omasta paikkatiedosta. Toteutusmallista saadaan avustettua työkoneenkuljettajaa tekemään työsuunnitelmien mukaisesti oikeaan tasoon ja paikkaan, Kuva 2



KUVA 2. Kuva Novatronin 3D-koneohjausjärjestelmän näytöstä.

Tehtävistä rakennepinnoista on myös olennaista saada toteumatieto talteen. Tällöin saadaan työ dokumentoitua oikein tehdyksi ja suunnitelmaa vastaavaksi. Työkoneautomaatiolla saadaan työn edetessä otettua rakennetusta rakennepinnasta toteumapisteitä, jotka tallentuvat laitteelle. Toteumatiedon keräämiseen on olemassa erilaisia pilvipalveluja, joihin tiedot saa kerättyä, esim. Infrakit ja FTP, työkalulla saadaan suoraan tiedot rakennettavasta pinnasta työnjohdolle ja voidaan tarkastella työnlaatua reaaliajassa.

Koneohjaus on käytössä monenlaisissa koneissa helpottamaan ja nopeuttamaan työn suorittamista. Esimerkiksi seuraavissa koneissa käytetään koneohjausta hyväksi:

- kaivinkoneet
- puskutraktorit
- pyöräkuormaajat
- tiehöylät
- ruoppaajat
- poravaunut
- tiivistysjyrät
- asfaltinlevittimet
- ...

Myös monissa muissa laiteissa voidaan hyödyntää koneohjausta ja varmasti tulevaisuudessa myös erilaisissa laiteissa missä se ei ole vielä käytössä. (Luorinen 2018)

2.3 Laadunvarmistus

Työkoneautomaatio on mittalaite, jota tarvitsee tietyin väliajoin kalibroida ja tarkistaa mittaustiedon luotettavuuden varmistamiseksi. YIV 2015 ohjeen mukaisesti sen tulee täyttää taulukossa 1 olevat mittavaatimukset. Lisäksi ohjeistetaan, että koneohjausjärjestelmän mittaustieto tarkistetaan työkoneen tultua työmaalle ja sen jälkeen kerran viikossa, joko takymetrillä tai GNSS mittalaiteella. Tarkastus voidaan suorittaa mittaamalla terän sijainti suoraan terältä tai tuomalla mittapiste työkoneen läheisyyteen tarkastusta varten. Mittapisteen tuominen on yleisempi tarkastustoimenpide, asettamalla tarkastuspiste luotettavalle pisteelle esim. kallion pinta, voidaan samaa tarkastuspistettä käyttää useasti ja koneen kuljettaja voi tarpeen vaatiessa tarkastaa terän sijainnin useamminkin, jos epäilee mittauksessa olevan virhettä. (YIV 2015a, s.5)

Laadunvarmistukseen kuuluu myös tarpeeksi lyhyiden tarke- ja toteumapisteiden ottoväli. YIV 2015 ohjeessa on vaatimuksena toteumatiedon kerääminen vähintään 20 m välein rakenneosittain ja taitteiden kohdalta. Tarketietoa tulee kerätä vähintään 200 m välein ja kaarteiden kohdalta, missä vaakakaarresäde on pienempi kuin 3000 m otetaan tarketiedot 100 m välein sekä taitteiden kohdalta. Nämä ohjeet koskevat väylärakentamista mutta niitä voidaan soveltaa myös muissa rakennuskohteissa. (YIV 2015a, s.8-9)

Koneen tullessa työmaalle tulisi siitä tarkistaa 3D-koneohjausjärjestelmässä on sama korkeusjärjestelmä kuin työmaalla on käytössä. Eri korkeusjärjestelmillä on eri merenpinnan korko ja saattaa heittää vaan muutamia kymmeniä senttejä toisen korkeusjärjestelmän kanssa, virheitä syntyy näissä tapauksissa helposti. Myös oikea tasokoordinaatisto tulisi tarkistaa, Suomi on jaettu 13 ETRS GK tasokoordinaattisto kaistaa, oikea kaista tulisi tarkistaa koneen tultua työmaalle 3D-koneohjausjärjestelmän asetuksista. (Sivenius 2019)

TAULUKKO 1. Työkone automaatiolta vaadittu mittatarkkuus. (YIV 2015a, s. 4)

Rakenneosa	Suurin sallittu yks. sijainnin poikkeama (InfraRYL)	Suurin sallittu yks. korkeuden poikkeama (InfraRYL)	Työkoneautomaatiojärjestelmältä vaadittava mittaustarkkuus toteumamittauksia varten XY;Z
	mm	mm	mm
Maaleikkaus (201100), maatai louhepengeri(18100), tie ja rata	- 0 / +200	+ 0 / -100	+ - 100; +30
Suodatinkerros, tie/rata (211100)	- 0 / +150	+ - 40	+ - 100; +30
Jakavakerros, tie (212100)	- 0 / +150	+ - 30	+ - 100; +30
Kantavakerros, tie (213100)	- 0 / +150	+ - 20	+ - 50; +20
Eristyskerros yläpinta, rata (212200)	- 0 / +100	+0 / -50	+ - 50; +20
Välikerros yläpinta, rata (212300)	- 0 / +50	+0 / -20	+ - 50; +20

3 Inkoo-Siuntio maakaasuputken rakentaminen

3.1 Maakaasuputkihankkeen esittely

Hankkeena on maakaasuputki Suomen ja Viron välille, tarkoituksena on yhdistää maakaasuverkostot toisiinsa ja näin mahdollistaa kaasumarkkinoiden yhdistymisen EU:n energiamarkkinoihin. Hanke koostuu Suomen puolella tehtävästä kompressori- ja mittausasemasta ja maaputkesta, jolla on pituutta 21 km. Kaasuputkilinja kulkee Suomen ja Viron välillä Itämeren pohjassa ja pituutta meriputkella tulee 77 km. Viron puolelle tulee myös kompressori- ja mittausasema sekä maaputkea 55 km. Hanke laajuus kuvattu kuva 3.



KUVA 3. Suomen ja Viron välinen kaasuputki hankkeen laajuudesta. (Balticconnector)

Louhintahiekka Oy toteuttaa Suomen puoleisen maakaasuputkilinjan kaivamisen ja asentamisen. Linja kulkee suurimmaksi osaksi Inkoon kunnan alueella mutta linjan loppupäässä käydään Lohjan ja Siuntion alueella ja liitytään olemassa olevalle kaasuasemalle Siuntioon, jossa se liitetään Suomen maakaasuverkostoon. Putken halkaisija 0,5 m ja pituutta linjalle tulee n. 21 km. Putkilinja

rakennetaan maastoa muotoilen ja peitesyvyyttä tulee n. 0.8...2 m paikasta riip-puen. Maaston muotojen takia putkelle tulee taitteita matkan varrella kaikkiaan n. 600 kpl.

3.2 Koneohjaus Louhintahiekka Oy:llä

Louhintahiekka Oy:llä koneohjausjärjestelmät ovat yleistyneet viimeisen kymme-nen vuoden aikana merkittävästi. Ensimmäiset VRS-korjauksella varustetut 3D-koneohjauslaitteet tulivat 9/2015 ja ennen niitä oli muutamassa koneessa tuki-aseman välityksellä. Yrityksessä käytetään koneohjausta pääasiassa kaivinko-neissa mutta myös muutamassa puskutraktorista se myös löytyy. Kaikissa kone-ohjausyksiköissä käytetään Novatronin työkoneautomaatiota, niitä löytyy 19 ko-neesta, joista 16 on kaivinkoneissa ja 3 puskutraktoreissa. Koneohjausjärjestel-mät tulevat varmasti lisääntymään yrityksessä jatkossa, koneita yrityksellä löytyy kaikkiaan reilut kolmekymmentä kaivinkoneyksikkö ja muuta maanrakennuska-lustoa useita yksiköitä. (Kippilä.2019)

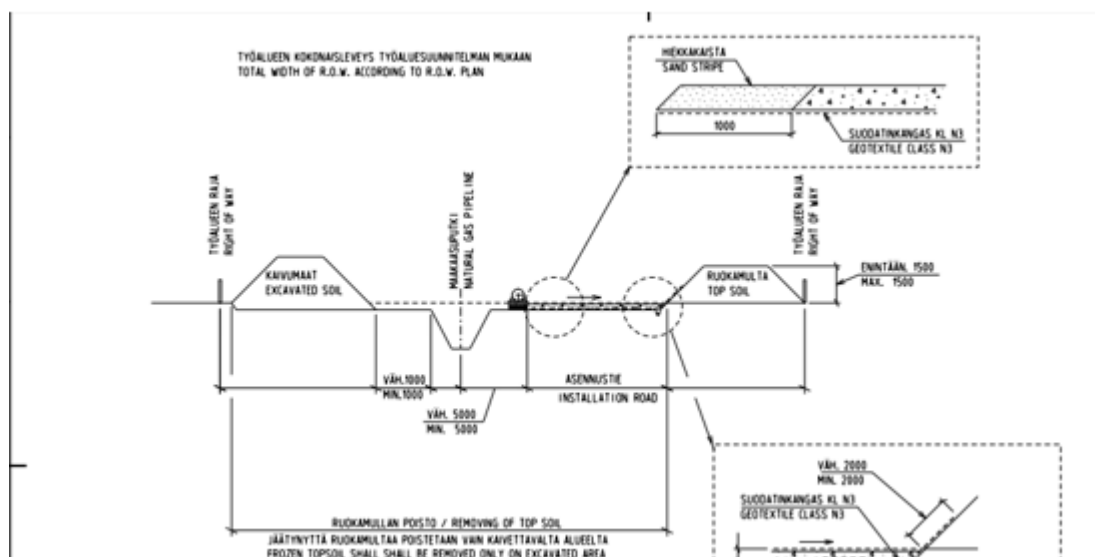
Yrityksen monella työmaalla koneohjausjärjestelmien käyttö on arkipäivää. Jär-jestelmiä on käytössä niin omissa kuin aliurakoitsijoidenkin koneyksiköissä. Niitä hyödynnetään monissa työvaiheissa ja erilaisilla työmailla esim. massaleikkauk-sissa, maisemoinneissa, putkilinjojen kaivuussa, tierakentamisessa ja lento-kenttä projekteissa.

3.3 Koneohjaus eri työvaiheissa

Maakaasuputkiprojektissa oli alusta alkaen 3D-koneohjaus lähes jokaisessa koneyksikössä. Koneohjausta käytettiin työmaateiden rakentamisessa, kallioiden puhdistuksessa louhituilla alueilla, kanaalin auki kaivuussa, asennusalustan muotoilussa, lopputäytöissä ja maisemoinnissa. Tukiasemaa ei ollut käytössä työmaalla, korjaussignaali tuli verkko- RTK:lla koneohjauslaitteisiin.

3.3.1 Haltuunoton rajat

Maakaasuputki projektissa on määritetty työalue, jonka sisällä työskentelyn pitää tapahtua kuva 4. Inframalliin laadittiin suunnitelmista työskentely alueen rajat, jotka näkyivät kuljettajan koneohjauksen näytöllä, työalue merkittiin myös mittakepeillä. Tämä helpotti kaivuumaiden läjitystä ja metsäpohjan raivaamista. Näin saatiin massat sijoitettua lähelle haltuunoton rajaa, jolloin jäi mahdollisimman paljon tilaa muulle työskentelylle työalueella.



KUVA 4. Tyyppiirustuksen mukainen työskentelyalue (Balticconnector,2019. piirustukset, s.7)

3.3.2 Kaivannon kaivuu

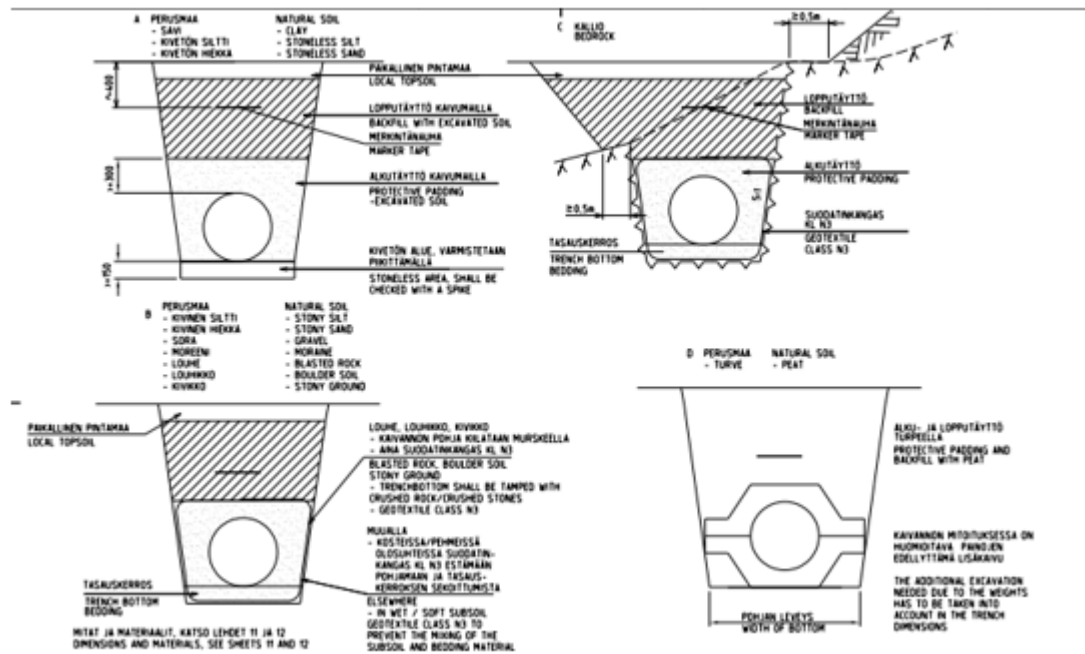
Maakaasuputkikaivannon kaivuusyvyteen vaikutti putken geometria, koska putki muotoilee mahdollisimman paljon maaston muotoja, joten kurveja ja taitteita tulee putkilinjalle n. 600 kpl = taivutettuja putkia liite 2. Maaperän olosuhteet vaikuttivat kaivuusyvyteen siten, että louhituissa ja karkeilla moreenikivikoissa putken alle tehtiin 25 cm paksu tasauserros, joka piti ottaa huomioon kaivuu vaiheessa kuva 5. Tasauserroksessa käytetään hiekkaa, soraa tai muuten hyvin tiivistyvää kivetöntä materiaalia, jonka maksimi raekoko on 32 mm tai KaM 0...20 mm. Moreeniosuuksilla ja siltti/savikko alueilla, missä ei voida luotettavasti poistaa yli 32 mm kiviä tehdään tasauserros 15 cm paksuna. Tasauserrosta tehdessä käytetään aina suodatinkangasta pohjalla. (Maakaasuputken yleiset rakennus- ja asennustyömääräykset 2017, 12-13)

Koneohjausta käytettiin luomalla inframalli maakaasuputken geometriasta, jonka avulla kaivettiin maakaasuputkelle n. 1-2 m levyinen asennuskaivanto, kaivannon leveys vaihteli paikoittain. 3D-koneohjaus helpotti maakaasuputkiuran kaivamista merkittävästi, koska maasto oli hyvin vaihtelevaa ja putken geometria muuttui varsinkin metsäalueilla paljon, liitteessä 3 on ote pituusleikkauksesta. Samalla inframallilla tehtiin tasauserrokset tarvittavilla paksuuksilla.

Toteumatietoja ei otettu urakan alussa tasauserroksesta koneohjauksella. Tärkeiden oton suoritti mittamies urakan alussa, mutta nyt kun urakka on vielä käynnissä, toteumatietoa on ruvettu keräämään koneohjauksella ja mittamies on käynnissä mittaamassa tarketietoa 200m välein ja samalla ottanut tarkistuspisteitä sieltä täältä.

Inframalliin ei tehty alkuvaiheessa esim. salaojien paikkoja, kaivantosulkujen, suojalaattojen tai referenssilevyjen paikkoja vaan mittamies merkiksi ne maastoon ja otti toteumapisteen. Tällä hetkellä on inframalliin lisätty kaivantosulkujen paikat.

KUVA 5. Tyyppiirustus kaivannon kaivuusta eri malaijeilla. (Balticconnector,2019. piirustukset, s.10)



3.3.3 Kaasuputken täyttötöyt

Putken päälle tehdään alkutäyttö. Alkutäytössä olevassa materiaalissa ei saa olla yli 50 mm luonnon kiviä. Jos tämä ei toteudu, alkutäyttö tehdään joko KaM 0...20 mm tai seulotusta hiekasta. Tämä ehto ei monellakaan metsäosuudella ole toteutunut, joten alkutäyttö on tehty 0...4 mm kivituhkalla, jota on tarjolla lähellä. Kuvassa 5 näkyy peitesyvyiden mitat ja etäisyydet sekä alkutäytön paksuudet. (Maakaasuputken yleiset rakennus- ja asennustyömääräykset 2017, 15)

Inframalliin ei ole tehty alkutäytön taiteviivaa, sillä putken geometrian muutoksista johtuen putki saattoi jäädä ilmaan erityisesti pystytaiteissa ja näin ollen taiteviivan tieto ei olisi pitänyt paikkaansa ja alkutäytön peitesyvyys ei olisi täytynyt. Alkutäytön paksuuden tarkastuksen suoritimme mittakepillä rakennusammattmiehen toimesta kaivannossa. Alkutäyttömateriaalin laatua tulee seurata täytön aikana.

Lopputäyttö erotettiin suodatinkankaalla alkutäytöstä, jos alkutäyttö tehtiin tuodulla materiaalilla ja vaatimuksena oli, ettei yli 200 mm kiviä tulisi kuvassa 5 olevalle alkutäytön poikkileikkaus alueelle. Varoitushauha tuli noin 400 mm maanpinnan alapuolelle.

Koneohjausta maakaasuputken täyttötyössä käytettiin alkutäytön yläpinnan toteumatiedon keräämiseen ja se helpotti mittamiehen työtä, sillä lopputäyttöä tehtiin monesti heti alkutäytön jälkeen ja näin saatiin mittaustieto kerättyä työn edetessä. Myös peitesyvyyden määrittämisessä käytettiin inframallista saatavaa tietoa hyödyksi, saatiin peitesyvyyden tarpeellinen paksuus määriteltyä ja tehtyä tarpeellinen painumavara. Painumavarana käytimme n. 30 cm ylitäyttöä, jonka mukaan muotoilimme maaston, työmäärityksen mukaiset peitesyvyydet on esitetty taulukossa 2. (Maakaasuputken yleiset rakennus- ja asennustyömääräykset 2017, 16-17)

TAULUKKO 2. Työmäärityksen mukaiset peitesyvyydet. (Balticconnector,2019. piirustukset s.12)

PEITESYVYYDET COVER DEPTHS
VÄHIMMISPITESYVYYS ON 1000 mm (1,0 m) SEURAAVIN POIKKEUKSIN:
MINIMUM COVER DEPTH IS 1000 mm (1,0m) WITH THE FOLLOWING EXCEPTIONS:

MAASTO TAI ERIKOISRAKENTEET TERRAIN OR SPECIAL CONSTRUCTIONS	PEITESYVYYS COVER DEPTH mm
VILJELLYT, VILJELYKELPOISET TAI KUIVATTAVAT ALUEET CULTIVATED AND ARABLE AREAS, OR AREAS TO BE DRIED	1200
RAUTATIEN ALITUS, MAANPINNASTA MITATTUNA RAILWAY CROSSING, MEASURED FROM GROUND LEVEL	1350
RAUTATIEN ALITUS, OJAN POHJASTA MITATTUNA RAILWAY CROSSING, MEASURED FROM DITCH BOTTOM	800*
MOOTTORI-, MOOTTORILIIKENNE-, VALTA- JA KANTATEIDEN SEKÄ MUIDEN KORKEALUOKKAISTEN JA RASKAASTI LIIKENNOITYJEN TEIDEN JA KATUJEN ALITUS CROSSING OF MOTOR-, SEMI-MOTORWAYS, MAIN ROADS AND OTHER HIGH CLASS AND HEAVY TRAFFIC ROADS OR STREETS	1350
MUIDEN TEIDEN JA KATUJEN ALITUS CROSSING OF OTHER ROADS AND STREETS	1000
TEIDEN JA KATUJEN ALITUS OJAN POHJASTA MITATTUNA CROSSING OF ROADS AND STREETS, MEASURED FROM DITCH BOTTOM	800*
JOET, PUROT JA OJAT RIVERS, STREAMS AND DITCHES	800*
SARKAOJAT JA MUUT PIENET OJAT SMALL DITCHES	600*
VESISTÖN ALITUS, PAINOJEN YLÄPINTÄ, VESISTÖN POHJAN TASOON TAI SYVEMMÄLLE WATER COURSE CROSSING, TOP OF THE WEIGHTS AT THE BOTTOM LEVEL OF WATERCOURSE OR LOWER	

3.4 Laadunvarmistus työmaalla

Maakaasuputkihankkeessa tilaaja on antanut tietyt toleranssit maakaasuputken asentamiselle. Annettuja ohjeita on noudatettava ja ne koskevat putken asennus toleransseja kaivuusyvyiden ja peitesyvyyden täyttymiselle. Aiemmin kerrottiin tässä kappaleessa esimerkkejä maakaasuputken asennustoleransseista sekä tarvittavista peitesyvyyksistä. En alakäymään kaikkia toleranssimittoja ja vaatimuksia läpi tässä opinnäytetyössä, mutta edellä mainittujen asioiden lisäksi esim. maakaasuputken sijainti toleranssi suunnitelma sijainnista on sivusuunnassa +/- 500 mm ja korkeussuunnassa +50 mm ja -300 mm. (Maakaasuputken yleiset rakennus- ja asennustyömääräykset 2017, 8)

Maakaasuputkihankkeessa on tärkeää noudattaa annettuja toleransseja ja mittoja. Nykyisin työmaalla laadunvarmistus toimii mittamiehen, työnjohdon ja koneenkuljettajien toimesta. Mittamies tarkistaa ja tarkemittaa maakaasuputken saumakohtia, putken taitteita ja erityisrakenteita, joista täytyy saada sijainti tieto tarkasti takymetrillä tai on kohteista, joista on helpompi saada toteumatieto mittamiehen toimesta.

Koneenkuljettajat ottavat toteumatietoja työn edessä heille mittamiehen toimesta laatimalla koodilistalla eri rakenteista liite 3. Koodilistalla eritellään tasauskerroksen materiaalin laatu ja lopputäytöissä käytettävä materiaalit. Mittamiehen tehtävänä on myös seurata toteumatietojen saapumista pilvipalvelun välityksellä hänelle sekä katsoa että tarvittavat toleranssit täyttyvät ohjeiden mukaan. Työnjohdon tehtävänä on seurata ja ohjeistaa, että toimitaan suunnitelmien mukaisesti. Toimenkuvaan kuuluu varsinkin katsoa yhdessä valvojan kanssa paikat, jossa voi muodostua veden virtaamista asennuskaivannoissa ja näin saada aikaan tasauskerroksen huuhtoutumisen ja vaurioita maakaasuputkeen. Näissä tapauksissa voidaan tehdä ylimääräisiä kaivantosulkuja tasauskerrosrakenteeseen ja ohjata kaivannossa virtaava vesi oikeaa paikkaan. Myös hyvin kosteilla paikoilla voidaan käyttää KaM 0...20 mm alkutäytössä, joka huuhtoutuu huomattavasti veden mukana. Yleensä näissä paikoissa käytetään myös kiviainespainotusta putken päällä torjumaan putken kellumista, sillä putkessa tulevaisuudessa liikkuva kaasu on kevyttä. Toimenkuvaan kuuluu myös

maakaasuputki kaivantoon tehtävien lopputäyttöjen seuraaminen ja materiaalin riittävyys katselmuksissa katsottuihin paikkoihin esim. louhittu kalliokanaali, missä lopputäyttömateriaalia ei ole paikan päällä saatavissa, materiaali tuodaan muualta.

4.2 Mallinnettavat rakenteet

Maakaasuputkihankkeessa inframalleja on päivitetty aina urakan edetessä. Itse perusmalli maakaasuputken geometriasta on pysynyt lähes koko urakanajan lähes samana, muutamia suunnitelmamuutoksia linjaan on tehty mutta ei isompia. Opinnäytetyöntekijänä olen yhdessä mittaustyönjohtajan kanssa laatineet parannuksia sekä mallinnettaviin rakenteisiin että toteumatiedon keräämiseen. Malleja on tehty maakaasuputkilinjan ylityspaikoista ja niiden sijainneista, maapadoista, salaojista sekä ihan perus maakaasuputki mallista selkeämpi.

Mielestäni mallinnettavat rakenteiden osalta lähes kaikki työn etenemisen kannalta tarpeelliset mallit on saatu tehtyä koneenkuljettajille. Mallinnettavia kohteita voitaisiin mallintaa vielä monipuolisemmin, uskoisin että mallinnettavilla kohteilla saataisiin tehtyä materiaalisäästöjä sekä säästettäisiin työkustannuksissa esimerkiksi seuraavissa kohteissa: kaivettavien teiden kohdat voitaisiin mallintaa alkuperäisillä leveyksillä esim. kuva 7, samoin ojat niiden alkuperäisille muodoilleen, ojissa on paikka paikoin todella pieni kaatosuunta ja kiireellä tehtynä niihin saattaa muodostua lammikoitumista, joten malli aikakin ojan vesijuoksusta olisi hyvä. Toinen vaihtoehto olisi tehdä yksinkertainen viivamalli koneenkuljettajan toimesta ojan kohdalle, jotta saataisiin kaato tasaisesti laskemaan. Tietenkin tämä vaatisi laitteiston käyttäjiltä ammattitaitoa mallin luomiseen.



KUVA 7. Tien alitustyömaalla.

4.3 Toteumamittattavat rakenteet

Toteumatiedon kerääminen maakaasuputki urakassa on kehittynyt alusta alkaen. Ensi alkuun toteumatietoja ei kerätty ollenkaan 3D-koneohjausjärjestelmillä vaan toteumatiedot keräsi mittamies. Alkuvaiheessa ei kuitenkaan tarvinnut tarkkeita keräillä suuria määriä, suurin osa oli kalliopintojen tarkkeiden ottoa.

Nykyään toteumatietoa kerätään 3D-koneohjausjärjestelmillä ja lähetetään pilvipalvelun välityksellä mittaustyönjohtajalle. Aiemmissä kappaleissa esittelinkin mistä rakenteista toteumatiedon kerätään talteen 3D-koneohjausjärjestelmillä. Mittaustyönjohtaja on laatinut koodilistan rakenteista, joista koneenkuljettajat ottavat oikealla koodilla toteumatiedon talteen työn edetessä.

Mitattavia kohteita työn edetessä tulee paljon niin kuin kuvassa 6 näkyy. Toteumatiedon keräämistä 3D-koneohjausjärjestelmillä pystyttäisiin kehittämään aika paljon ja toteumatiedot saataisiin työn edetessä nopeammin talteen.

Mielestäni toteumatietoja voisi kerätä esimerkiksi seuraavista kohteista: ojanpohjat, tienkeskilinja ja tienrakenne kokonaisuudessaan, suojaputkien päiden sijainti ja katodipylväiden paikat ja katodikenttä. Edellä mainituista kohteista saataisiin toteumatieto kerättyä 3D-koneohjausjärjestelmillä koneidenkuljettajien toimesta.

Kuvan 6 kaikkia kohteita ei ole kuitenkaan mahdollista suorittaa koneiden avulla esim. maakaasuputken sauma kohdat tarkemmitataan takymetrillä, millä päästään tarkempiin tarkkuuksiin. On myös muita kohteita mitkä vaativat tarkempaa mitaustietoa rakenteesta.

Suuri määrä toteumamittattavia kohteita saattaisi sekoittaa koneidenkäyttäjät ja saada aikaan turhia sekaannuksia ja virheitä tarketiedoissa. Opinnäytetyön tekijänä olen päässyt seuraamaan 3D-koneohjausjärjestelmien käyttäjiä hankkeessa ja huomannut isojakin tasoeroja laitteiden käyttötaidoissa. Käyttäjää on ollut monesta eri yrityksestä ja laitemerkkejä on ollut muutamaa erilaista projektin aikana. Toteumamittattavat kohteet tulee kuitenkin kaikkien koneenkuljettajien osata kerätä talteen tasoeroista riippumatta, joten turhan monimutkaiset koodilistat ja rakenteet ovat tarpeellista jättää pois ja tehdä kaikille ymmärrettäväksi.

Kehitysmahdollisuuksia toteumatiedon keräämiseen maakaasuhankkeella on mutta se vaatisi perehtymistä, tarkkuutta laitteiston käytössä, jotta pystyttäisiin laajemmin keräämään toteumatietoa. Nykyinenkin toteumatiedon kerääminen on tuonut säästöjä mittaustöissä, sillä linjan pituus on n.21 km ja aikaa linjalla mitaamiseen kuluu yllättävän paljon.

4.4 Laadunvarmistus

Aiemmassa kappaleessa kerrottiin työnjohdon, koneenkuljettajien ja mittaustyönjohdon velvollisuuksista laadunvarmistuksen suhteen. Opinnäytetyöntekijänä on itselle tullut parannusehdotuksia laadunvarmistukseen.

Eryteisesti korontarkastamista useammin tulisi painottaa koneenkuljettajille. Tämä havainto on tullut maakaasuputki työmaalla, jossa on tapahtunut muutamia mittausrvirheitä väärästä kauhan korosta.

Suunnitelmiin tulee muutoksia lähes jokaisella työmaalla. Siksi on tärkeää varmistua, että käytetään aina uusimpia suunnitelmia työn edetessä. Tiedottaminen korostuu tässä, koneenkuljettajille täytyy saada informaatio uuden suunnitelman tultua, jotta he osaavat ladata uusimmat revisiot.

Olisi myös hyvä seurata töiden edetessä ojien ja risteävien rakenteiden suunnitelma korkojen paikkansa pitävyyttä. Mallintamalla risteävät rakenteet voitaisiin töiden edetessä varmistua korkotietojen paikkansa pitävyydestä. Korkotietojen paikkansa pitävyys vaikuttaa suoraan suunnitelmaan, tarvittavat toleranssit ja peitesyvyydet tulee kuitenkin täyttyä maakaasuputkea rakennettaessa. Korkotietojen tarkastuksella voitaisiin ennalta ehkäistä eteen tulevia ongelmakohtia.

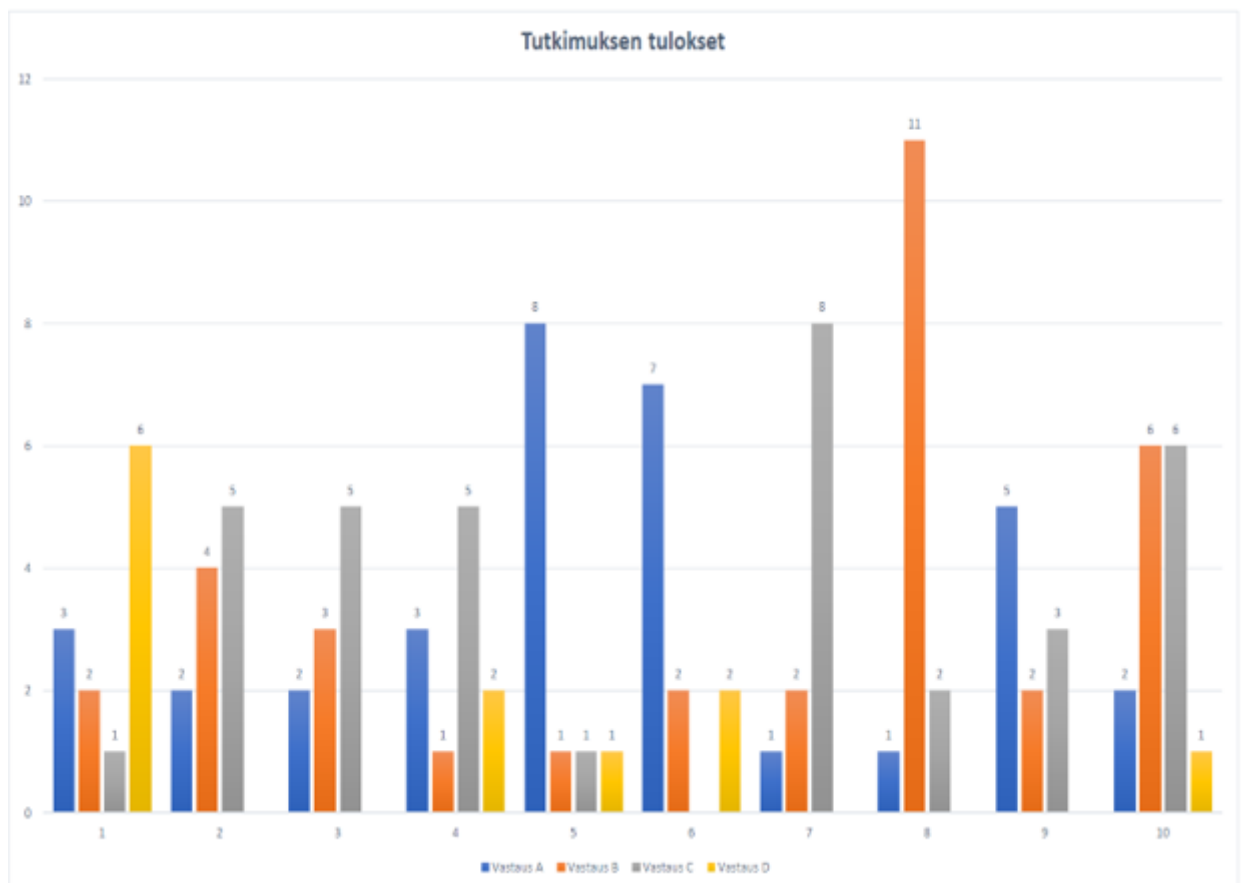
(Asikainen M, 2019)

5 3D- Koneohjauksen kehittäminen Louhintahiekka Oy:llä

5.1 Tutkimuksen esittely

Tein tutkimuksen Louhintahiekka Oy:lle 3D-koneohjausjärjestelmien käytöstä käyttäjien näkökulmasta. Tarkoituksena on selvittää mitkä ovat suurimmat haasteet 3D-koneohjauslaitteiden käytössä käyttäjien mielestä. Laadin kymmenen kysymyksenlistan järjestelmän käytöstä, johon annoin 3-4 vastausvaihtoehtoa. Sain tutkimusosuuteen 11 koneenkuljettajan vastauksen, joiden pohjalta tutkin kehitys ja koulutusmahdollisuuksia Louhintahiekka Oy:lle. Kuten kaaviosta näkee, tietyissä kysymyksissä tuli hajontaa paljonkin ja toisissa kysymyksissä vastaukset olivat aika lailla samanlaisia. Kysymykset on esitetty liitteessä 4.

KUVIO 1. Kyselyn tutkimustulokset.



5.2 Kehitys- ja koulutusehdotukset Louhintahiekka Oy:lle

3D-koneohjausjärjestelmiä käyttävien koneenkuljettajien vastauksista olen tehnyt kaavio kuvan tutkimuksen kysymysten jakaantumisesta kuvio 1. Liitteessä 4 on esitetty kysymyslista, johon koneenkuljettajat vastasivat. Joissakin kysymyksissä vastaukset jakaantuivat aika lailla tasaisesti jokaiselle vastausvaihtoehdoille ja osassa kysymyksissä oli aika samanlaiset mielipiteet vastauksissa.

Kysymyksissä, missä oli paljon hajontaa vastauksissa, voidaan päätellä 3D-koneohjauslaitteiden käytön osaamistason vaihtelevan yrityksen sisällä aika paljon. Toisille laitteiston käyttö näyttää olevan aika yksinkertaista ja toisille jopa suunnitelmien lataaminen tuottaa hankaluuksia. Mittavirheitä ei ollut tullut viimeisen kuu-kauden aikana paljoakaan, joten voidaan todeta, että mittaushenkilökunta tarkastelee työ tuloksia säännöllisesti ja näin ehkäistään suurempia mittavirheitä.

Viivamallin teko itsenäisesti Novatronilla näytti vastauksien perusteella olevan vaikeaa, lähes kaikki vastaukset olivat kielteisiä. Tästä taidosta olisi varmasti apua maanrakentamisessa esim. pystyttäisiin ilman mittamiestä rakentamaan viettoviemäri kahden kaivon väliin tekemällä Novatronilla yksinkertainen viivamalli rakennettavasta rakenteesta.

Kysymyslistassa oli kysymys paperisuunnitelmista, tarkoituksena oli selvittää, onko paperisuunnitelmista enää hyötyä työn toteuttamisessa. Vastaukset olivat aika selkeät, paperikuva auttaa kuljettajia hahmottamaan työmaan paremmin ja lähes jokainen käytti niitä omassa työssään. Jatkossakin toimitetaan digitaaliseenaineiston lisäksi paperiversio työmaasuunnitelmista, jos niitä on saatavilla.

Myös ylimääräisten suunnitelmien poistaminen tuotti hankaluuksia käyttäjille. Nykyiset suunnitelmat ovat sen verran raskaita, että jos ei poista välillä vanhoja suunnitelmia niin järjestelmä alkaa hidastua ja takkuilemaan varsinkin vanhemmissa malleissa. Sen takia olisi tärkeää välillä poistaa ylimääräisiä suunnitelmia. (Kippilä.2019)

Viimeisenä kysymyksenä kysyin parasta tapaa kouluttaa järjestelmän käyttöä kuljettajien näkökulmasta. Vastaukset jakaantuivat oikeastaan kahden vastauksen kesken, kaksi vastausta saivat saman verran ääniä, B ja C. Vastaus B oli järjestelmän asiantuntija/kokenut käyttäjä opastaisi päivän työmaalla järjestelmän käyttöä ja C vastaus oli, työmaalla olisi tukihenkilö, miltä voisi pyytää tarvittaessa apua.

Järjestelmän koulutus on varmasti tehokkain tapa saada koneidenkuljettajat oppimaan käyttämään laitteistoja ja näin saamaan ylimääräisiä virheitä ja ongelmatilanteita ratkottua. Paras tapa kouluttaa oli kyselyn perusteella asiantuntijan tai tukihenkilön opastaminen järjestelmään kädestä pitäen. Vaihtoehtona voisi olla, että osa työnjohdosta koulutettaisiin käyttämään Novatronia ja he opastaisivat omilla työmaillaan tai heidän lähellään olevilla työmailla järjestelmän käyttöä. Toinen vaihtoehto voisi olla, että järjestelmän asiantuntija kävisi tietyin väliajoin opastamassa koneenkuljettajia, tässä vaihtoehdossa ei varmastikaan olisi järkevää käydä kaikkia kuljettajia läpi, sillä osaamistaso vaihteli aika paljon kyselyn perusteella. Tällöin tulisi selvittää joko työnjohdon seurannalla tai koneenkuljettajien keskustelujen perusteella tukea tarvitsevat kuljettajat. Vaihtoehtoja on monia ja opinnäytetyöntekijänä kerron mielestäni varteen otettavia vaihtoehtoja järjestelmän kouluttamiseen, mutta ainakin kyselyn perusteella päiväkurssi ei saanut kuljettajilta suurta suosiota kouluttamisessa.

5.3 Koulutusvaihtoehdot

Louhintahiekka Oy käyttää koneissaan Novatronin 3D-koneohjausjärjestelmiä. Yritys on keskittänyt 3D-koneohjausjärjestelmät yhdelle toimijalle, tämä on mielestäni järkevä ratkaisu.

Novatron tarjoaa aika kattavaa koulutustarjontaa ja onkin pitänyt Louhintahiekka Oy:llä koulutuksia koneohjausjärjestelmiin liittyen. Koulutuspaketteja on useita erilaisia ja eritasoisia, järkevintä olisi kouluttaa isolle ryhmälle esim. Louhintahiekan tiloissa mutta ainakin kyselyn perusteella ilmenee, ettei sitä suuremmin

ole ollut apua. kurssipäivien järjestäminen on helpointa kouluttaa henkilökuntaa laitteiston käytössä mutta ei käytännössä tehokkain. Sähköposti haastattelin Novatronin Matti Luorasta asiasta ja hän totesikin että

`` Yleisimmin kysymyksiä herää nimenomaan ruudun ääressä työskennellessä, jolloin helpoin keino saada vastaukset on soittamalla etätukeen välittömästi. Etänä voimme kouluttaa käyttäjiä, vaikka päivittäin ``. (Luoranen 2019)

Tästä voidaan todeta, että kurssitilaisuuksissa vuoropuhelu jää vähemmälle eikä kuljettajille tule mieleen niitä kysymyksiä, mitkä ovat tuntuneet haastavalta järjestelmän käytössä työskennellessä. (Luoranen, 2019)

Järjestelmiä pystytään myös kouluttamaan kenttäolosuhteissa, tämä ei isossa mittakaavassa onnistu mutta yksittäisiä kuljettajia pystyttäisiin järjestelmän asiantuntijan avulla kouluttamaan. Tiettyjä koulutuksia voitaisiin pitää isommassa mittakaavassa esim. kaivan kalibroinnin koulutus kenttä olosuhteissa isollekin porukalle olisi järkevää. (Luoranen, 2019)

Koulutusvaihtoehtoja on monia järjestelmän käytön parantamiseksi. Mielestäni paras vaihtoehto olisi niin tutkimuksen mukaan ja opinnäytetyöntekijänä kenttäkoulutus työmaalla sekä opastaa koneidenkuljettajat soittamaan etätukeen ongelmatilanteissa useammin. Kuitenkin ihmisiä on erilaisia ja toiset oppivat toisella tavalla kuin toiset, uskoisin myös koulutuspäivistä olevan hyötyä osalle työntekijöistä ja toisille sopisi paremmin kädestä pitäen koulutustyyli. Joten en lopettaisi koulutuspäivien käyttöä kokonaan.

Kuitenkin Louhintahiekka Oy:llä työskentelee eri työmailla aika paljon aliurakoitsijoita, joilla saattaa myös olla hankaluuksia 3D-koneohjauksien käytössä. Olisi siis syytä pohtia olisiko tarpeellista ainakin joku kouluttaa esim. työnjohdosta hallitsemaan laitteiston käyttöä ja näin osaisi opastaa myös yrityksen ulkopuolisia käyttäjiä, sillä se olisi myös Louhintahiekka Oy:n etu.

6 Yhteenveto

Maakaasuputkihankkeessa 3D-koneohjausjärjestelmää voidaan hyödyntää monipuolisesti. Koneohjausmalleja ja toteumatiedon keräämistä on saatu kehitettyä maakaasuputkiurakan aikana paljon, kuitenkin koneohjausjärjestelmistä saataisiin otettua vielä enemmän hyötyä. Tämä vaatisi kuitenkin enemmän perehtymistä suunnitelmien mallintamiseen ja toteumatiedon keräämiseen niin koneenkuljettajilta kuin mittamiehiltä ja työnjohdolta. Mitattavia kohteita urakassa on paljon ja jotta kaikki kohteet tulee mitattua oikein ja laatuvarmistettua tulee toteuma- ja tarketietoja tarkastella usein laadunvarmistamiseksi.

Mielestäni malleja lisäämällä tai toteumatiedon keräämisellä nykyistä laajemmin ei saada merkittäviä hyötyjä työkustannuksissa ja aikataulussa. Keskittyisinkin nykyistä enemmän laadunvarmistukseen. Korkojen tarkastus säännöllisen väliakoin ja toteumatiedon otto oikeasta paikasta ja tiedon siirron varmistaminen olisi syytä perehtyä tarkemmin sekä ennakoida edessä tulevia ongelmia. Näihin toimiin keskittymällä saataisiin laatua parannettua ja turhia virheitä vähennettyä työmaalla ja voitaisiin hyvissä ajoin perehtyä ongelmakohtiin. Näillä toimilla saataisiin eniten säästöä kustannuksissa.

Opinnäytetyöhön kuului osana tutkimus Louhintahiekka Oy:n 3D-koneohjauksen haasteista ja kehittämisestä. Yhteenvetona tutkimuksesta voidaan sanoa 3D-järjestelmän käytön osaamistason olevan aika laajaa yrityksessä. Jotta osaamista saataisiin kehitettyä, tulisi kouluttaa käyttäjiä enemmän järjestelmän käytössä. Kerrottiin aiemmin erilaisista koulutusvaihtoehdoista 3D-koneohjausjärjestelmän käyttöön Louhintahiekka Oy:lle, koulutusvaihtoehtoja tulisi pohtia tulevaisuudessa, sillä nykyinen malli ei saanut suurta suosiota käyttäjiltä.

Tulevaisuudessa uskoisin Louhintahiekka Oy:llä 3D-koneohjausjärjestelmien käytön kehittyvän. Järjestelmät ovat käytössä joka päiväisessä työskentelyssä ja niiden käyttö helpottuu jatkossa, kun käyttäjät pääsevät paremmin perille 3D-koneohjausjärjestelmän käyttöliittymästä ja toivottavasti käytännön läheinen koulutustapa otetaan tulevaisuudessa käyttöön.

LÄHTEET

Asikainen, M. 2019 Työpäällikkö, Inkoon-Siuntio maakaasuputken rakentaminen. Haastattelu 05.03.2019

Balticconnector. Hankkeen esittely kokonaisuudessaan. Luettu 27.2.2019
<http://balticconnector.fi/fi/projekti/>

Inkoo-Siuntio maakaasuputkihanke.2019,
 Tyypileikkaukset

Inkoo-Siuntio maakaasuputkihanke.2019.
 Työmäärittelyt

Kippilä,K. 2019 Mittaustyönjohtaja, 3-Dkoneohjauksen nykytila ja hankaluudet Louhintahiekka Oy:llä.Sähköpostihaastattelu 07.05.2019

Kippilä,K..2019 Mittaustyönjohtaja, 3-Dkoneohjauksen nykytila Louhintahiekka Oy:llä Puhelinhaastattelu 15.01.2019

Louhintahiekka.fi

Luoranen, M.2019 3D-koneohjauksen koulutus mahdollisuudet. Novatron Oy. Sähköpostihaastattelu 28.2019

Luoranen, M. 2018. Novatron järjestelmäkoulutus. Powerpoint esitys. Luettu/kuunneltu 21.11.2018

Sivenius, J.2019 Infran tietomallinnuksen kurssiaineisto, Tampereen ammattikorkeakoulu, luettu 27.2.2019

Toivonen, T. & Ylikoski, J. Verkko-RTK-mittaus. Maanmittaustekniikan koulutusohjelma. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Luettu 27.12.2018.

Trimnet.fi

Verkko-RTK. Selvitys RTK-verkosta. Luettu 27.2.2019.
https://fi.wikipedia.org/wiki/Reaaliaikainen_kinemaattinen_mittaus

YIV. 2015a. Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje

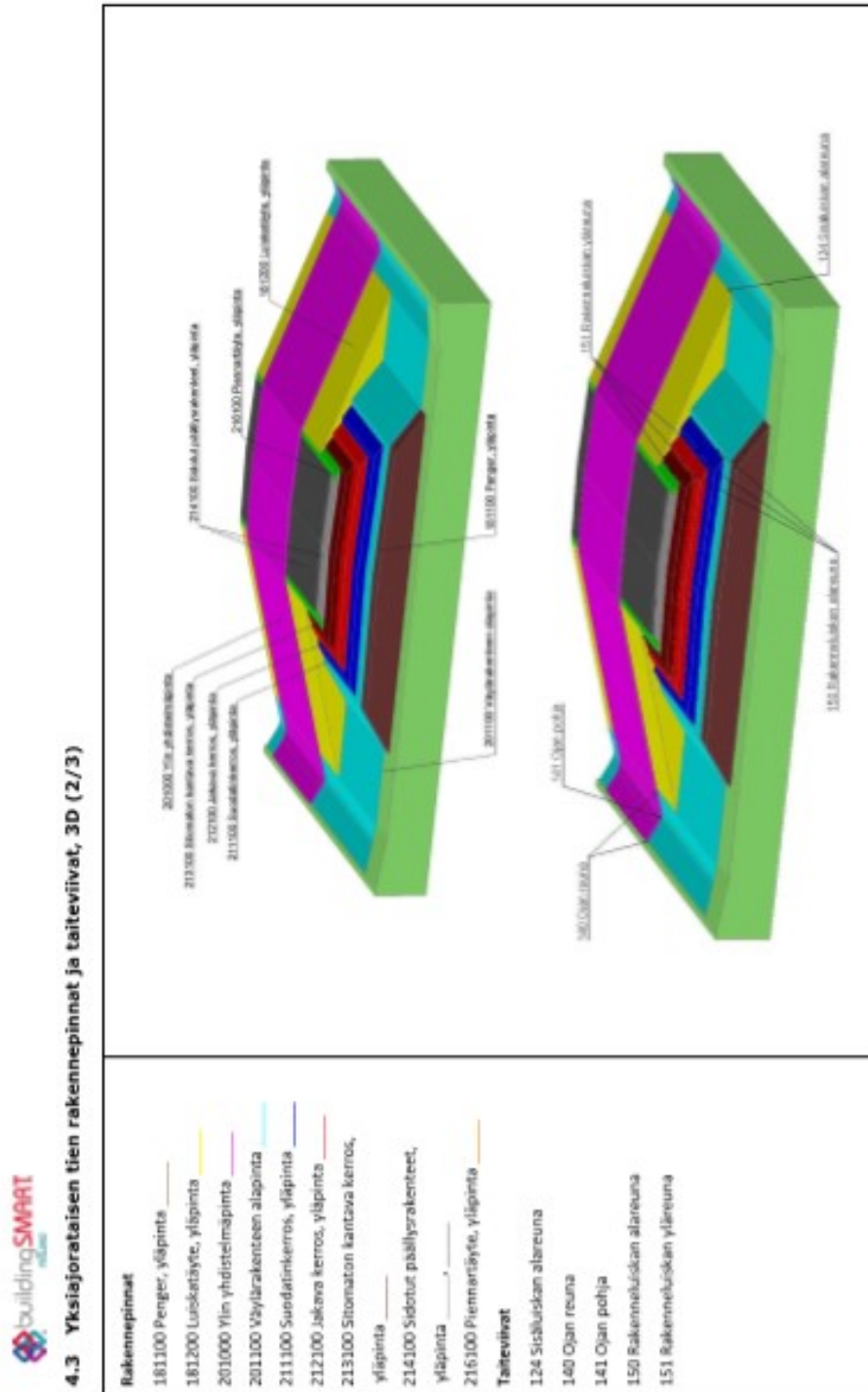
YIV. 2015a.Maanrakennustöiden toteumamallin laadintaohje

YIV.2015a. Infranmallin hyödyntäminen suunnittelun eri vaiheissa ja rakentamisessa

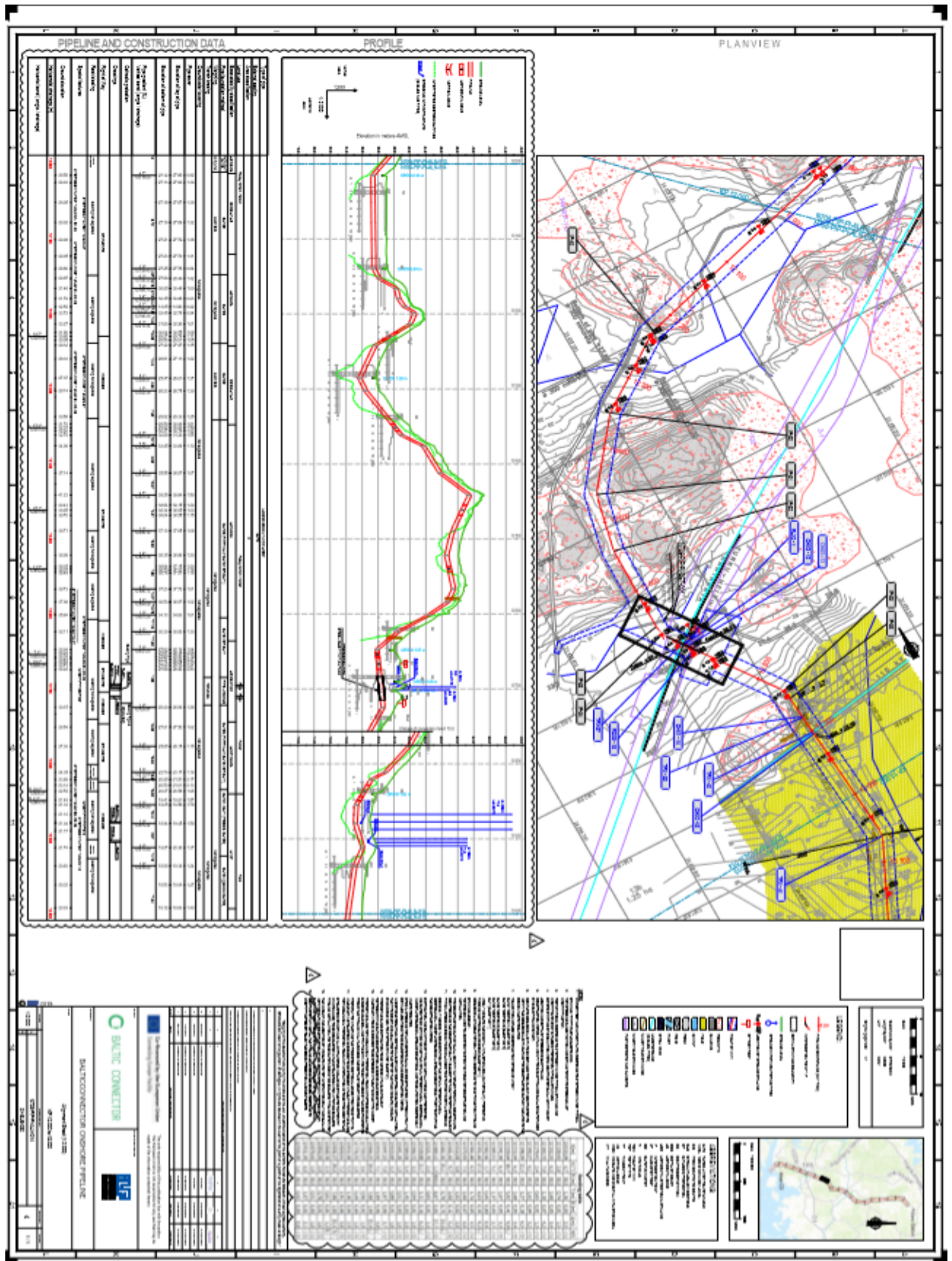
YIV. 2015a. Maanrakentamisen mallipohjaisen laadunvarmistusmenetelmät

LIITTEET

Liite1. Liitä kokonainen pdf kuva. (YIV 2015a, s.9)



Liite 2. Inkoo-Siuntio maakaasuputkilinja pituusleikkaus. (Balticconnector. 2019. Piirustukset)



Liite 3. Maakaasuputki hankkeeseen tehty koodilista. (Balticconnector. 2019.

Piirustukset)

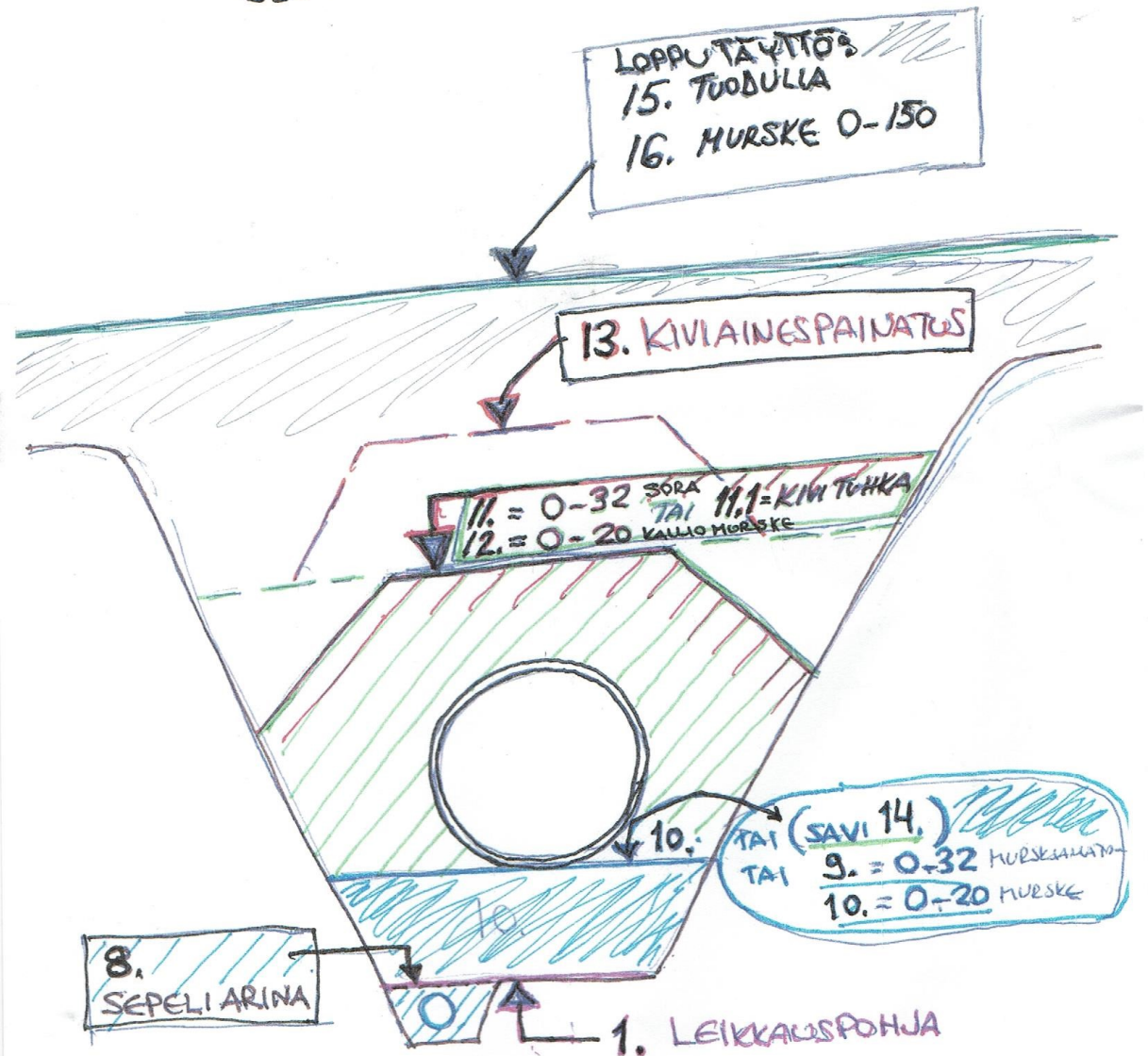
25.1.
2019

KOODIT: KONEISTA FTP: LLE

17. = SAVISULKU

20. = KAASUPUTKEN SUOJAUS BET. LAATALLA

36. = —||— YLITYSPAIKKA



Liite 4. Tutkimus 3D-koneohjausjärjestelmiä käyttäneille koneenkuljettajille.

Tutkimus

1 (2)

<p>1. Osaan hakea tarvittavat suunnitelmat tiedostoista ja ladata uusimmat suunnitelmat muistitikulta tai FTP:ltä.</p> <p>A) En osaa, tarvitsen mittamiehen/työnjohtajan apua</p> <p>B) Osaan ladata vain muistitikulta</p> <p>C) Osaan ladata vain FTP:ltä</p> <p>D) Osaan ladata suunnitelmat molemmista</p>				
<p>2. Osaan tarkistaa kauhan koron mittapisteestä ja tarvittaessa kalibroida kauhat.</p> <p>A) En osaa</p> <p>B) Osaan tarkistaa koron, mutta en kalibroida kauhaa</p> <p>C) Osaan tarkistaa koron ja tarvittaessa kalibroida kauhan.</p> <p>D)</p>				
<p>3. Osaan ottaa toteumapisteen tehdystä rakenteesta ja lähettää ne eteenpäin (esim. FTP:llä)</p> <p>A) En osaa</p> <p>B) Osaan ottaa toteumapisteen mutta en lähettää eteenpäin.</p> <p>C) Osaan ottaa toteumapisteen ja lähettää ne eteenpäin.</p> <p>D)</p>				
<p>4. Ongelman tullessa osaan korjata ongelman tai tarpeen vaatiessa ottaa yhteyttä etätukeen.</p> <p>A) En osaa</p> <p>B) Osaan ottaa yhteyttä etätukeen mutta ongelmaa ei olla saatu korjattua sitä kautta.</p> <p>C) Osaan ottaa yhteyttä etätukeen ja ongelma on saatu korjattua sitä kautta.</p> <p>D) Olen saanut lähes kaikki ongelmat korjattua itse.</p>				
<p>5. Onko viimeisen kuukauden aikana tullut mittavirheitä rakentamassasi rakenteessa?</p> <p>A) Ei</p> <p>B) On, mittavirhe on johtunut huonosta kentästä (esim. satelliitteja liian vähän)</p> <p>C) On, mittavirhe on johtunut väärästä kauhan korosta (Esim. väärä kauha tai kauhaa ei ole kalibroitu)</p> <p>D) on, jostain muusta syystä. Mikä?</p> <p>_____</p>				

<p>6. Osaan tehdä yksinkertaisen viivamallin koneohjaus laitteella itse (esim. kahden kaivon väliin.)</p> <p>A) En osaa B) Tiedän että koneohjaus laitteella pystyy tekemään omia malleja, mutta en osaa tehdä. C) Olen kokeilut tehdä, mutta en ole onnistunut. D) Osaan tehdä.</p>				
<p>7. Osaan hakea projekti hakemistosta, haluamani rakennettavan pinnan tai pisteen näytölle. (esim. kaivon tai putkilinja)</p> <p>A) En osaa B) Osaan C) Osaan yleensä, jos hakemisto on selkeä.</p>				
<p>8. Onko paperillisista suunnitelmista hyötyä työntekemisessä?</p> <p>A) Ei, saan kaiken tarpeellisen tiedon koneohjausjärjestelmästä. B) Kyllä, paperillinen suunnitelma auttaa hahmottamaan työmaa paremmin. C) Kyllä, mutta niitä ei ole ollut saatavilla työmaalla.</p>				
<p>9. Osaan poistaa ylimääräiset/vanhat suunnitelmat järjestelmästä ja hakea uusimmat.</p> <p>A) En osaa B) Osaan C) En ole poistanut vanhoja suunnitelmia, olen hakenut vain uudet tilalle.</p>				
<p>10. Mikä olisi mielestäsi paras tapa kouluttaa järjestelmän käyttöä?</p> <p>A) Päivä kurssi, jossa järjestelmän asiantuntija opastaa järjestelmän käytössä. B) Järjestelmän asiantuntija/ kokenut käyttäjä opastaisi päivän työmaalla järjestelmän käyttöä. C) Työmaalla olisi tukihenkilö, miltä voisi pyytää tarvittaessa apua. D) Jokin muu mikä? _____</p>				