

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennusalan työnjohdon koulutus

Markus Tiihonen

3D-koneohjausjärjestelmän hyödyntäminen talonrakennustyömaalla

Opinnäytetyö 2019

Tiivistelmä

Markus Tiihonen

3D-koneohjausjärjestelmän hyödyntäminen talonrakennustyömaalla 23 sivua, 2 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennusalan työnjohdon koulutus

Opinnäytetyö 2019

Ohjaajat: lehtori Jari-Pekka Sinkko, Saimaan ammattikorkeakoulu sekä yrittäjä Tomi Reimavuo, All in one Rakennus Oy

Opinnäytetyön lähtökohtana oli All in one Rakennus Oy:n maarakennuskaluston päivittäminen 3D-koneohjausjärjestelmällä osana maarakennustoimintojen kehittämistä sekä kilpailukyvyn parantamista.

Teoriaosuudessa käytiin läpi 3D-koneohjausjärjestelmän toimintoja sekä tekniikkaa sekä selvitettiin Suomen markkinoilla olevat yleisimmät 3D-koneohjausjärjestelmät. 3D-koneohjausjärjestelmän toiminnoista selvitettiin koneenkuljettajan päivittäisessä työssä käytettävät ominaisuudet, ns. päivittäiset rutiinit. Työturvallisuus on merkittävässä roolissa rakennus- ja maarakennus työmailla, koska raskaan kaluston ympärillä työskennellessä ei ole varaa virheisiin, joten työssä tuotiin esille myös 3D-koneohjausjärjestelmän mahdollisuudet työturvallisuuden parantamisessa.

Opinnäytetyössä tehtiin Novatron 3D-koneohjausjärjestelmän käyttämisestä koostuva kustannuslaskelma sekä maarakennustöiden eri työvaiheiden toleranssitaulukot.

Avainsanat: 3D-koneohjausjärjestelmä, kaivutyö, maarakennus, tietomalli

Abstract

Markus Tiihonen

3D-machine control on excavator at work site, 23 pages, 2 appendices

Saimaa University of Applied sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Construction Management

Bachelor's Thesis 2019

Instructor: Mr Jari-Pekka Sinkko, lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Tomi Reimavuo, entrepreneur, All In One Rakennus Oy

The starting point of the thesis was to update the current excavating equipment to 3D-machine control system in order to improve competitiveness and enlarge activities in Aio Rakennus Oy.

The theoretical part of this thesis included a survey of 3D-machine control system in a nutshell and investigated the most common machine control systems on the market. In this theoretical part, 3D-machine control systems' day to day features, so called daily routines were cleared out. Occupational health and safety plays a major role in the construction and excavating work site. There is no room for errors around the heavy equipment, so I also highlighted the possibilities to improve occupational safety with 3D-machine control system in this thesis.

It was part of this thesis to execute cost calculation and excavating work tolerance tables for different work phases. The calculation and tables were done for internal use of Aio Rakennus Oy.

Keywords: 3D-machine control system, excavation work, excavation, information model.

Sisältö

1 Johdanto	5
2 3D-koneohjausjärjestelmä	5
2.1 Koneohjausjärjestelmän komponentit.....	7
2.2 Kauhankulmien indikaattorit ja kauhan mittauspisteen vaihto	8
2.3 Toteumatiedon kerääminen ja kartoitukset.....	8
2.4 Tietomallien hyödyntäminen.....	11
2.5 Mallien luominen työmaalla	11
3 Koneohjausjärjestelmän hyödyt ja käyttöönotto	11
4 Maarakennustöiden toleranssit ja laatuvaatimukset.....	12
4.1 Valmis alueen maankaivu.....	13
4.2 Putki- ja johtokaivantojen maankaivun tekeminen	14
4.3 Päällysrakenteiden tekeminen.....	15
4.4 Salaojien tekeminen	15
4.5 Pintarakenteiden tekeminen	15
5 3D-koneohjausjärjestelmän kustannukset ja hyödyt	16
6 3D-konenohjausjärjestelmä urakoitsijan näkökulmasta	17
6.1 Työnjohto.....	17
6.2 Perämies	19
6.3 Koneenkuljettaja	19
7 Päätelmät	21
Lähteet	23

Liitteet

- Liite 1 Koneohjausjärjestelmän kustannukset
- Liite 2 Taulukot, maarakennus toleranssit

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehdään toimeksiantona All in one Rakennus Oy:lle, myöhemmin tekstissä Aio Rakennus. Aio Rakennus on pääkaupunkiseudulla toimiva rakennusliike, joka painottaa toimintaansa voimakkaasti maarakennuspalveluiden ympärille. Aio Rakennuksen asiakkaita ovat isot rakennusliikkeet, talonyhtiöt sekä yksityiset asiakkaat.

3D-koneohjausjärjestelmän käyttöönoton tarve tulee toimeksiantajien toimintamallien vaatimuksista koska kilpailutilanne maarakentamisessa edellyttää omien toimintojen tehostamista, kustannussäästöjä laadusta ja työturvallisuudesta tinkimättä.

Toimeksiannon tarkoituksena on tutkia ja selvittää Novatron Xsite PRO-järjestelmän hyötyjä ja ominaisuuksia verrattuna kaivutyön perinteisiin mittaustapoihin. Opinnäytetyössä selvitetään 3D-koneohjausjärjestelmän hankintakustannukset sekä kustannukset vuositasolla. Lisäksi työssä esitellään yleisiä koneohjausjärjestelmän hyötyjä ja työn laatua sekä työturvallisuutta parantavia hyötyjä.

2 3D-koneohjausjärjestelmä

3D-koneohjausjärjestelmät kehittyvät vastaamaan maarakennuksen tarpeita monipuolisesti. Voidaan todeta, että järjestelmä ei ole täysin valmis, vaan kehittyä kova vauhtia alan vaatimusten, kehityksen sekä suoraan kentältä tulevan palautteen mukaan.

3D-koneohjaus perustuu RTK-GNSS- satelliittipaikannukseen (**G**lobal **N**avigation **S**atellite **S**ystems). GNSS-paikannus tarvitsee toimiakseen näköyhteyden vähintään neljälle satelliitille. Tarkkuuksiin päästään 6–7 satelliitilla ja senttimetrin tarkkuuksiin päästään hyödyntämällä vertailutukiaseman korjaussignaalia (RTK) tai isoimmilla työmailla käytettävää (infra) radiotukiasemaa. Sen kantavuus on noin 5 kilometriä ja GPRSS 3G/4G noin 20 kilometriä. RTK-verkko on yleisin käytössä oleva korjaussignaali, johon urakoitsija voi ostaa aluekohtaisen lisenssin esimer-

kiksi pääkaupunkiseudun alueelle, jossa verkko-RTK-korjaussignaali pääsääntöisesti toimii hyvin (INFRA ry:n konepalveluvaliokunnan Novatron 3D-koneohjauskoulutus 2019.)

3D-koneohjausjärjestelmä mahdollistaa suunnitelmien tuomisen kaivinkoneen sisäiseen järjestelmään digitaalisessa muodossa (inframalli), joka näin ollen mahdollistaa työnteon ilman maastoon merkintää.

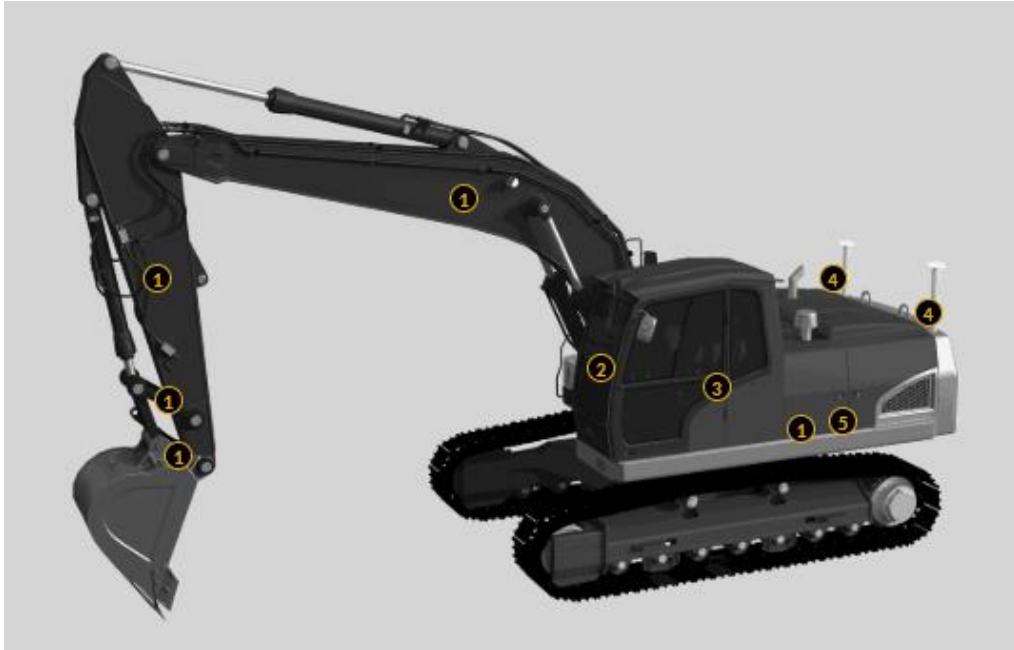
Kaivinkoneen kuljettajalla on aina tarvittava tieto ja 3D-mallit nähtävillä koneeseen asennetussa näyttöruudussa. Näytön valikoista voidaan valita työssä käytettävät piirustukset 3D-, piste- ja viivamallina sekä taustakartat. (INFRA ry:n konepalveluvaliokunnan 3D-koneohjauskoulutus 2019.)

3D-koneohjausjärjestelmä soveltuu maarakentamiseen monipuolisesti ja sitä käytetään muun muassa kaivu- ja tasaustyössä, pengerryksissä, rakenteissa, luiskauksissa, putki- ja johtolinjoissa, varusteiden asennuksissa sekä ruoppauksissa (INFRA ry:n konepalveluvaliokunnan Novatron 3D-koneohjauskoulutus 2019).

Yleisimmät Suomessa käytettävät 3D-koneohjausjärjestelmät ovat amerikkalainen Trimble ja Topcon, sveitsiläistä teknologiaa käyttävä Leica sekä kotimainen Novatron.

2.1 Koneohjausjärjestelmän komponentit

Kuvassa 1 on esitetty 3D-koneohjausjärjestelmän komponenttien sijoittuminen kaivinkoneeseen.



Kuva 1. koneohjausjärjestelmän komponentit (Novatron.fi 2019)

1. pääpuomin anturit, kallistusanturi, EPS (Encon position sensor) kauhan pyörittäjän anturi, kauha anturi, kaivuvarren anturi, runkoanturi
2. 8,4” kosketusnäyttö
3. tietokoneyksikkö
4. paikannusantennit
5. paikannusvastaanotin.

Koneohjauksen hyöty ei rajoitu pelkästään kaivutyöhön vaan läpi koko maarakennushankeen. Rakennekerroksien toteumatiedon kerääminen, piha- ja sadevesikaivojen kartoitukset, kanaaleiden kaivuissa risteävien putkien kartoitukset sekä maan alle tulpatut putkenpäät ja varauksien kartoitukset syötetään järjestelmän tiedostoon nopeasti. Tämä tieto on koko ajan käytettävissä sekä työmaalla että suunnittelijoilla.

Kaivinkoneenkuljettaja pystyy keräämään koneohjausjärjestelmällä toteumatietoa ja tekemään kartoitusmittauksia. Tarkemittauksia tekevät vain maanmittausalan ammattilaiset. Nämä termit menevät usein työmaalla sekaisin, vaikka niillä samaa asiaa tarkoitettaisiin. On kuitenkin tärkeää ymmärtää oikeat termit ja koneohjausjärjestelmän oikeanlainen toteuma- ja kartoitustietojen käytäntö.

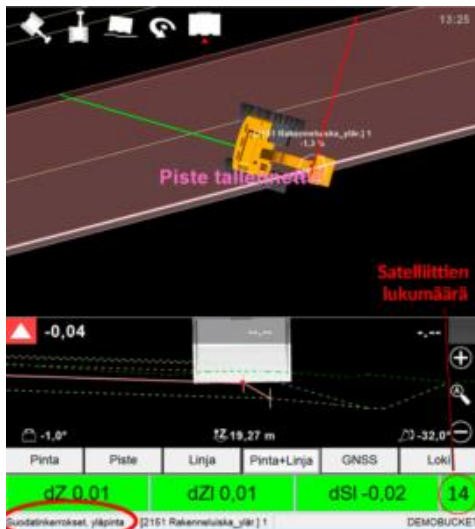
2.2 Kauhankulmien indikaattorit ja kauhan mittauspisteen vaihto

Kaivinkoneen kauhan huulilevyllä pystytään mittaamaan työmaakorko, valitulla huulilevyn mittauspisteellä oikea tai vasen reuna tai keskipiste. Mittaaminen myös useampaan pisteeseen on mahdollista, esim. tienrakentamisessa voidaan mitata korkoa, kaltevuutta sekä etäisyyttä tien reunaan (mittalinjaan). Kuljettajan näyttöruudun monipuolisilla valikkovaihtoehdoilla näytölle pystytään määrittämään mittaus vaihtoehdot monipuolisesti vastaamaan kuljettajan ja työtehtävän mukaisia tarpeita, kuten kauhan asento suhteessa kaivettavaan pintaan sekä poikki- ja pituusleikkaus näkymä (Novatron.fi 2019.)

2.3 Toteumatiedon kerääminen ja kartoitukset.

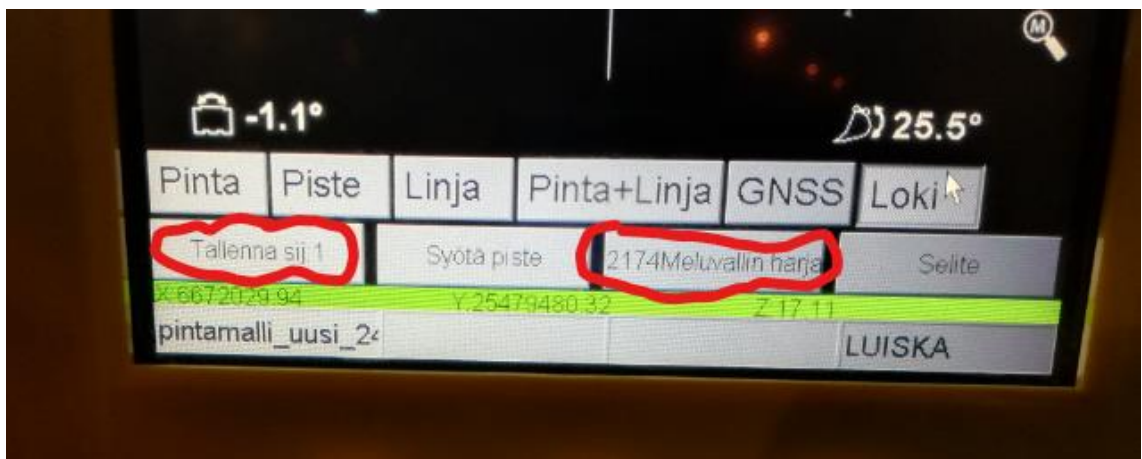
Toteumatiedon kerääminen onnistuu nopeasti työn ohessa. Kun kauhan huulilevyn mittauspiste on asetettu kohtaan, josta toteumatieto halutaan kerätä, painetaan näytön alareunassa olevaa satelliittien määrää näyttävää painiketta. (kuva 2) Tämän jälkeen järjestelmä sitoo mittauspisteen aktiiviseen pintamalliin (Novatron.fi 2019.)

Koneohjausta käytettäessä tulee mittamiehen ottaa tarkemittaukset jokaisen rakennusosan valmiista pinnasta mitkä dokumentoidaan työmaalla sovitulla tavalla.

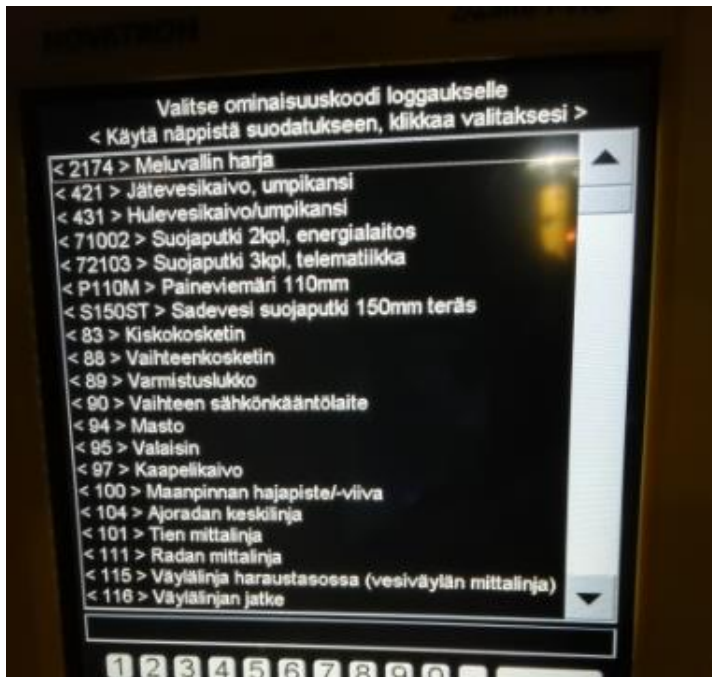


Kuva 2. Toteumapisteen tallennus (Novatron 2019)

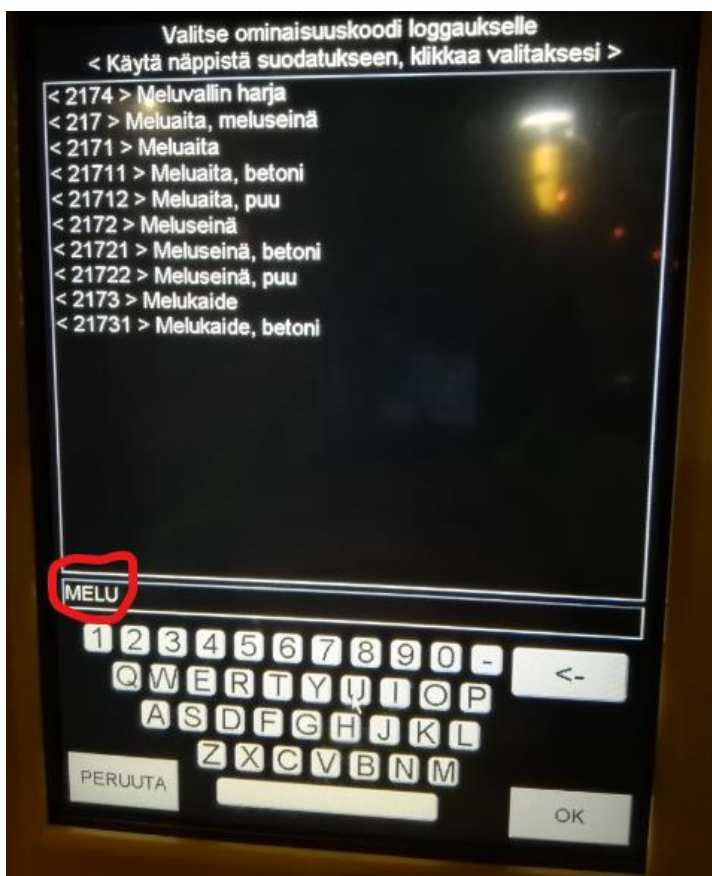
Kartoitusmittaus suoritetaan valitsemalla järjestelmän näytön alareunasta informaatiopalkista loki välilehti ja painetaan toista painiketta alhaalta (kuva 3). Näyttöön aukeaa ajantasainen infra koodikirjasto (kuva 4), josta valitaan oikea kartoitusmittaukseen käytettävä koodi. Voit merkitä esimerkiksi tehdyn meluvallin harjan sijainnin ja koron sekä lisätä oman tekstin haluamallesi kartoitukselle (kuva 5). Valinnan jälkeen tallennus onnistuu tallenna sijainti painikkeella (kuva 3).



Kuva 3. Kartoitusmittauksen valinta ja merkkkaus (Tiihonen 2019)



Kuva 4. Infra koodikirjasto (Tiihonen 2019)



Kuva 5. Koodikirjaston käyttö (Tiihonen 2019)

2.4 Tietomallien hyödyntäminen

3D-koneohjausjärjestelmän näytöltä voidaan selata aineiston eri rakennekerroksia ja linjoja. Järjestelmä näyttää kohteiden koodit ja nimikkeet sekä mahdollistaa kohteiden samanaikaisen tarkastelun tai valitun määrän tarkasteltavia kohteita, sammuttamalla osan kohteista. Järjestelmä on kehitetty tukemaan tietomalleja (BIM) kokonaisvaltaisesti (Novatron 2019).

2.5 Mallien luominen työmaalla

3D-järjestelmän mallityökalulla voidaan tehdä itse syötettyjen pisteiden väliin putki- ja kaapelikaivantoja, rakennuskaivantomalli sekä erilaisia pintaprofiileita kuten meluvalli. Luiskien pituudet, kulmat ja kaatoarvot saadaan syöttämällä ne suoraan järjestelmään. (Novatron 2019).

3 Koneohjausjärjestelmän hyödyt ja käyttöönotto

Koneohjausta hyödyntämällä kuljettaja voi keskittyä laajemmin työn kokonaisuuteen, mikä tekee työstä itseohjautuvampaa hyvien koneohjausmallien avulla. Se säästää myös resursseja mittauspuolelta, kun hyvillä yhteyksillä päästään jopa yhden senttimetrin mittatarkkuuteen (INFRA ry:n konepalveluvaliokunnan Novatron 3D-koneohjauskoulutus 2019.)

Tarkka mittalaite mahdollistaa toteumatiedon keräämisen sekä tiukemmat toleranssit, mikä vähentää ylikaivuutta ja siitä aiheutuvia lisäkustannuksia materiaalienekkeihin, poisajettaviin massoihin, polttoainekustannuksiin sekä henkilöstö- ja kalustokuluihin. Mittalaitteella työntuloksen tarkastelu työn edetessä helpottuu ja työnlaatu on tasalaatuisempaa. Tuottavuus paranee myös työturvallisuuden kautta koska mittaustarve koneen läheisyydessä vähenee ja jalkamiehet voidaan ohjata muihin tehtäviin kaivuutyön aikana. (INFRA ry:n konepalveluvaliokunnan Novatron 3D-koneohjauskoulutus 2019.)

3D-koneohjausjärjestelmän käyttöönotto tapahtuu nopeasti. Järjestelmän asennuksen aloituksesta menee noin 2–3 työpäivää kunnes kone voidaan ottaa työhön. Tällöin koneeseen on asennettu täysi Novatron Xsite Pro 3D järjestelmä, kauhat valmiiksi kalibroituina.

Laite voidaan ottaa kokonaisvaltaisesti käyttöön vasta kohteessa, johon on tehty 3D-mallit. Muussa tapauksessa voidaan käyttää järjestelmän 2D-ominaisuutta, jota voidaan käyttää kaivuusyvyys mittarina. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää järjestelmän ominaisuutta, jossa voidaan luoda omia 3D-malleja.

3D-mallin tiedonsiirto järjestelmään voidaan tehdä USB-muistitikulla, Infrakit pilvipalvelusta tai FTP-palvelimelta. Kun tiedonsiirto on tehty, koneen kuljettajan on suositeltavaa ottaa etukäteen yhteyttä järjestelmän toimittajaan. Tällöin luodaan etätukiyhteys ja koneenkuljettajan perehdyttäminen järjestelmän käyttämiseen voidaan aloittaa. Etätukiyhteydellä saadaan nopeasti säädettyä näyttöominaisuudet ja indikaattorit kuljettajalle sopiviksi. Näitä voidaan edelleen tarkentaa myöhemmässä vaiheessa kuhunkin työhön tarkoituksenmukaisimmaksi.

Työmaalla on hyvä olla aloitusvaiheessa yksi tunnettu mittapiste, josta selviää pisteen merenpintakorko, korkojärjestelmä, koordinaatit ja koordinaattijärjestelmä. Tämän jälkeen tarkistetaan järjestelmän asetuksista korko- ja koordinaattijärjestelmä, jonka tulee vastata tunnetun pisteen korko- ja koordinaattijärjestelmää. Myös tämä vaihe kannattaa tehdä ensimmäisen kerran etätukiyhteydellä. Kun järjestelmän asetukset vastaavat tunnetun pisteen tietoja, voidaan tehdä sijainnin ja koron tarkistusmittaus. Tämä tarkistustoimenpide suositellaan tehtäväksi vähintään kerran viikossa, osana työn laadun valvontaa.

4 Maarakennustöiden toleranssit ja laatuvaatimukset

Maarakennustöiden laatu- ja toleranssivaatimuksiin opinnäytetyössäni olen käyttänyt MaaRyl 2010- ja InfraRyl-julkaisua. Taulukossa 1 on esitetty muutamia rakenne osia XY- ja Z-akselilla, suurimpia sallittavia poikkeamia sekä työkoneautomaatiolta vaadittavaa tarkkuutta.

Taulukossa 1 kohta maaleikkaus, suurin sallittu korkeuden poikkeama on 100 mm, joka tarkoittaa, että leikattava pinta ei saa jäädä yhtään kovaksi. Koneohjausjärjestelmällä koneen kuljettaja voi saavuttaa järjestelmän vaatimusten mukaan ± 30 mm tarkkuuden. Parhaimmillaan päästään jopa ± 10 mm tarkkuuteen, mutta tämä edellyttää hyvää satelliittiyhteyttä järjestelmään sekä säännöllisesti tehtyä kauhojen kalibrointia. Taloudellisuuden kannalta on kuitenkin tärkeää, että kaivuutyö voidaan tehdä tarkasti, tehokkaasti ja mahdollisimman pienellä yli-kaivuulla.

Rakenneosa	Suurin sallittu yks. sijainnin poikkeama (InfraRYL)	Suurin sallittu yks. korkeuden poikkeama (InfraRYL)	Työkoneautomaatiojärjestelmältä vaadittava tarkkuus XY:Z
	mm	mm	mm
Maaleikkaus, maa-/louhepengeri tie ja rata	+0 / +200	+0 / -100	± 100 ; ± 30
Suodatinkerros, tie	+0 / +150	± 40	± 100 ; ± 30
Jakavakerros tie	+0 / +150	± 30	± 100 ; ± 30
Kantavakerros tie	+0 / +150	± 20	± 50 ; ± 20
Eristyskerros yläpinta, rata	+0 / +100	+0 / -50	± 50 ; ± 20
Välikerros yläpinta, rata	+0 / +50	+0 / -51	± 50 ; ± 20

Taulukko 1. Maarakennustöiden toleranssit ja Työkoneautomaatiojärjestelmältä vaadittava tarkkuus (InfraRYI)

4.1 Valmis alueen maankaivu

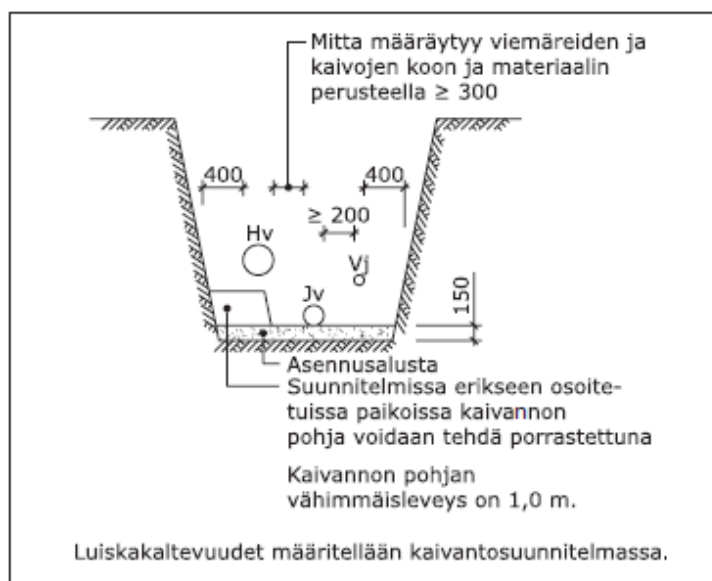
Työ tulee suorittaa niin, että kaivuupohjaan ei saa jäädä vettä kerääviä painanteita. Kaivannon pohja muotoillaan viettäväksi kaivannon reunoja kohti. Kaivun pohjantasoa saa poiketa maksimissaan suunnitellusta leikkaustasosta -100 mm. Kaivutyö suoritetaan kohteen kaivusuunnitelman mukaan (MaaRYI 2010, 72.) Koneohjausjärjestelmää hyödyntämällä kaivutyö voidaan suorittaa tehokkaasti ja

taloudellisesti, sillä koneen kuljettaja voi seurata reaaliaikaisesti työn laatua järjestelmän näytöltä.

4.2 Putki- ja johtokaivantojen maankaivun tekeminen

Johtokaivannon pohjan leveys määräytyy putkien ulkohalkaisijan, putkien välisen keskinäisen etäisyyden sekä putkien ulkoreunan ja kaivannon seinämän välisen etäisyyden perusteella. Kun kaivannossa joudutaan työskentelemään, tulee kaivannon pohja kaivaa vähintään yhden metrin leveydelle koko matkalta. Putki- ja kaapelikaivanto on riittävän suuri, kun kaivantoon voidaan sijoittaa kaikki putket ja rakenteet suunnitellusti, kaivannon pohjan leveys on putkien ja kaivojen alapinnan tasossa kuvan 6 mukainen. Kiviaines arinan sijainti ja korkeusasema mitataan heti työnjälkeen ennen putkien ja rumpujen asentamista (MaaRYL 2010, 72 ja 86).

Putki ja johto linjojen asentaminen koneenkuljettajan ja perämiehen yhteistyöllä käy nopeasti. Koneenkuljettaja kaivaa kanaalien asennusalustan alapinnat seuraamalla työtä järjestelmän näytöltä, ilman erillistä mittausta ja merkintää. Järjestelmän näytöstä nähdään kaivojen paikat ja putki linjat saadaan asennettua kaivoväli kerrallaan. Ylikaivetut kanaalit aiheuttavat suunnittelemattomia kustannuksia. Niitä tulee kaivumassojen käsittelystä, täytemurskeista ja työtunneista.



Kuva 6. Tukemattoman kaivannon vähimmäismitat (MaaRYL 2010, 72)

4.3 Päällysrakenteiden tekeminen

Jakava kerros rakennetaan puhtaasta sorasta tai murskeesta joka ei saa sisältää epäpuhtauksia. Yleisemmin käytetyt rakeisuudet jakavassa kerroksessa ovat 0/56, 0/63 tai 0/90, tuotteen kelpoisuus osoitetaan ensisijaisesti CE-merkinnällä (MaaRYL 2010, 87–89.)

Ennen kerroksen rakentamista varmistetaan alle jäävän kerroksen tai penkereen taso, leveys ja pintojen muoto. Jakavakerros rakennetaan yhtenä tai useampana kerroksena, tiivistettävän materiaalin laadun, kerrospaksuuden sekä tiivistyskaluston mukaan. Suurin sallittu raekoko on enintään puolet tiivistettävän kerroksen paksuudesta. Suodatinrakenteen alusta tulee olla raivattu suunnittelulla laajuudella (MaaRYL 2010, 87–89.)

4.4 Salaojien tekeminen

Salaojien sijainti todetaan työnaikana tehtävin tarkemittauksin. Poikkeamista ja muutoksista laaditaan tarkepiirustukset. Mittaustulokset ja tarkepiirustukset kootaan työmaalla jatkuvasti ajan tasalla pidettäviin laadun valvonta-asiakirjoihin (MaaRYL2010, 97.)

Koneen ohjausjärjestelmällä saadaan kerättyä toteumatietoa ja kartoituksia työn edetessä. Joissakin tapauksissa suunnitelmien muuttuessa tulee mittamiehen ottaa tarkemittaukset poikkeamista ja muutoksista ennen rakenteiden peittämistä.

4.5 Pintarakenteiden tekeminen

Sitomaton alusta tehdään suunnitelma asiakirjojen mukaisesti murskeesta. Se levitetään tasalaatuiseksi, karkeaksi, kiinteäksi ja tasaiseksi kerrokseksi. Pinnalle ei saa jäädä irrallisia kivirakeita tai epäpuhtauksia. Alusta tiivistetään sopivalla tiivistyskalustolla ja tarvittaessa tiivistykseen käytetään vettä (MaaRYL 2010, 150.)

Kasvualusta tiivistetään siten, että siihen ei jää painumia kävellessä ja pinta liittyy luontevasti muuhun ympäristöön sekä rakenteisiin (MaaRYL 2010, s 160). Koneohjausjärjestelmän pintamalli näyttää yleensä rakenteen valmiin pinnan. Järjestelmän näytöltä voidaan muuttaa valmiin pinnan korkoa, esimerkiksi asfaltialueilla -0,1mtr mallinsiirtotoiminolla. Tällöin se pudottaa kaikki tasot 100 mm alaspäin. Näin työn etenemistä voidaan seurata näytöllä olevilla indikaattoreilla ja pintojen muotoilut saadaan tehtyä oikeaan korkoon seuraavaa työvaihetta varten.

5 3D-koneohjausjärjestelmän kustannukset ja hyödyt

Esimerkkilaskelmana kaivettavan rakennuksen pohja 15 mtr * 20 mtr = 300m²tr ja kaivussyvyys 1,2 mtr. Laskelmassa ei ole huomioitu kaivannon luiskausta. Laskelmassa on käytetty keskimääräisiä pääkaupunkiseudulla käytettäviä arvonlisäverottomia suorite- ja materiaalihintoja 2019 (Aio Rakennus jälkilaskenta 2018).

Esimerkkilaskelma:

- Teoreettinen leikattavan massan määrä on 360 m³ktr.
- Vertailuna perinteiseen tyyliin kaivettaessa ylikavun syvyys ollessa +100 mm ja rakennuskaivannon reunojen leikkaus +200 mm teoreettinen leikattavan massanmäärä on (314 m²tr* 1,3mtr) 408,81 m³ktr
- ylikavun määrä on yhteensä (408,408 m³ktr-360 m³ktr) 48,408 m³ktr.

Ylikavun kustannukset voidaan laskea seuraavasti:

- maaleikkaus rakennuspohja 3,50 € / m³ktr * 48,408 m³ktr yhteensä 159,75 €
- kaivumaiden kuljetus (5aks) maanvastaanotto paikalle vastaanottomaksuihin 48,408 m³ktr * 12,00 € / m³ktr yhteensä 580,9 €
- ylikavun täyttö kalliomurskeella 0-32 mm 48,408 m³tr * 5 € / m³tr yhteensä 242,04 €
- ylikavun kokonaiskustannukseksi muodostuu näin ollen **982,69 €.**

Tässä esimerkissä kyseessä voisi olla normaali omakotitalon rakennuspohjan maaleikkaus. Ylikaivun kustannukset nousevat helposti korkeiksi ja vuositasolla kun työmaita on useita, hinta kertaantuu työmaiden mukaan. Ottaen huomioon maarakennustyön kaikki työvaiheet voi säästö olla hyvinkin merkittävä.

Perinteiseen tapaan kaivettaessa ylikaivulta vältyttäessä yhteistyön mittamiehen kanssa tulee olla jatkuvaa, mikä hidastaa työtä huomattavasti. Kustannuksia tulee lisää työaikojen pitkittyessä, lisääntyneestä työmenekistä, polttoainekustannuksista sekä mittamiehen palveluista.

6 3D-koneohjausjärjestelmä urakoitsijan näkökulmasta

6.1 Työnjohto

Yhteistyö koneenkuljettajan, työnjohdon ja suunnittelijoiden välillä toimii nopeasti verkon yli, muutamalla napin painaluksella. Ei ole tavatonta, että maarakennustyössä suunnitelmia ja kaivutyösuunnitelmaa joudutaan muuttamaan. Kaivettaessa vastaan voi tulla kalliota, löyhiä maakerroksia, suunnittelemattomia täyttöjä ja mitä vain jota ei ole onnistuttu maaperätutkimuksissa havaitsemaan tai muuten ennakoimaan. Tällaiset tilanteet vaativat monesti uusia suunnitelmia ja työmenetelmiä.

Koneohjausjärjestelmää hyödyntäen voidaan muutosalue kartoittaa kaivualueelle ja tieto voidaan siirtää verkon yli suunnittelijoiden käyttöön sekä tarvittavat muutoskuvat voidaan muutosten jälkeen ladata järjestelmään. Tämä nopeuttaa huomattavasti muutostyön vaikutusten arviointia, resurssien varaamista sekä massalaskelmien tekemistä. Työmaalla aikataulut painavat yleensä aina päälle ja ylimääräisiin häiriöihin pitää kyetä reagoimaan nopeasti. Työnjohto varmistaa myös, että koneenkuljettajalla on aina ajantasaiset mallit ja taustakartat käytettävissään.

Maarakennustyömaalla työskennellään raskaalla kalustolla pienetkin virheet aiheuttavat suuria työturvallisuusriskejä. Työturvallisuusonnettomuuksia aiheuttavat koneiden lisäksi epätasaisen maaston aiheuttamat kaatumiset, kaivantojen sortumiset ja tukemattomien rakenteiden kaatumiset. Monesti syynä työtapaturmille saattavat olla väärät työmenetelmät, välinpitämättömyys ja kiire. Maarakennustyömailla, missä kaivinkone on varustettu koneohjausjärjestelmällä, mittaus-tarve vähenee merkittävästi eikä jalkamiehillä ole tarvetta olla koneen työskente-lysäteellä. Tämä myös parantaa koneen työtehoa. Koneenkuljettajalla on myös loukkaantumisriski, koneeseen noustessa ja poistuessa, etenkin talviaikaan, kun koneen telat ja astinlaudat voivat olla erittäin liukkaat. Koneesta tarpeetta pois-tuminen vähentyy myös kuljettajalla, kun mittaukset ja työn laadun tarkastelu voi-daan tehdä koneesta järjestelmän näytöltä. Näitä asioita voidaan huomioida MVR-mittauksessa kohdassa työskentely ja koneenkäyttö sekä suojaukset ja va-roalueet.

Kaivinkoneen perämiehelle jää enemmän aikaa muihin tehtäviin. Kaivinkoneen tehdessä esimerkiksi maaleikkauksia tai kaivu- tai täyttötöitä, voi perämies yllä-pitää työmaanjärjestystä ja työstä syntyvät jätteet tulee kerättyä heti omille lajit-telupaikoille. Tämä huomioidaan MVR-mittauksessa, kohdassa järjestys ja va-rastointi, sekä ajo- ja kulkuväylät. Työmaan yleinen siisteys ja järjestelmällisyys voi tuoda huomattavia kustannussäästöjä tehokkuudesta, kun tiedetään mitä tar-vikkeita ja paljonko on missäkin, eikä työaika kulu tavaroiden etsimiseen. Kul-kuväylät ovat kunnossa ja työmaan logistiikka toimii jouhevasti.

Maarakennustyömaalla työturvallisuuden seurantaan ja raportointiin käytetään MVR-mittaria, joka on talonrakennustyömaalla käytettävää TR-mittaria vastaava maa- ja vesirakennustyömaan työturvallisuuden arviointi menetelmä (Työsuojelu 2019.)

MVR-mittarin käyttö tarkastuksella:

Tarkastaja havainnoi koko työmaan pienemmissä alueissa kerrallaan ja teke-mällä tukkimiehenkirjanpidon käyttämällä kunnossa- tai korjattava-merkintöjä keskeisissä työtapaturmiin mahdollisesti vaikuttavissa asioissa. Työmaan MVR-

taso saadaan tarkastajan tekemistä havainnoista. Työnantaja saa MVR-mittauksen palautteen käyttöönsä. MVR-taso on sata prosenttia kun tarkastuksen aikana ei ole selvinnyt puutteita ja kaikki tarkastuksen kohteet ovat kunnossa (Työsuojelu 2019.)

Lähtökohtaisesti maarakennustyömaalla, jossa hyödynnetään koneohjausjärjestelmää, tulee kaikilla osapuolilla olla tiedostettuna koneohjauksen hyödyt ja mahdollisuudet. Näin kaikki osapuolet voidaan sijoittaa oikeanlaisiin tehtäviin ja järjestelmästä saadaan kaikki hyöty irti. Koneohjausjärjestelmän käyttö edellyttää työmaakohtaista perehdytystä nykyisille ja uusille työntekijöille.

MVR-mittarilla havainnoitavia asioita ovat:

- työskentely ja koneenkäyttö
- kalusto
- suojaukset ja varoalueet
- ajo- ja kulkuväylät
- järjestys ja varastointi.

6.2 Perämies

Perinteisellä menetelmällä kaivettaessa perämiehen tehtävänä on ohjata koneenkuljettajaa, mittamiehen asettamilla korko- ja sijaintimerkeillä sekä siirrellä näitä työn edetessä. Koneohjausjärjestelmällä varustetun perämiehen työnkuvaa muuttuu mittaustyön osalta enemmän valvovaksi sekä työnlaatua tarkkailevaksi.

6.3 Koneenkuljettaja

Koneenkuljettaja voi seurata työn etenemistä reaaliaikaisesti järjestelmän näytöltä, ja näin hän pystyy ohjaamaan perämiestä työvaiheissa. Esimerkki kuvassa 7 Koneenkuljettaja tekee työn edetessä toteuma- ja kartoitusaineistoa osana laadunvalvontaa ja tätä aineistoa voidaan hyödyntää myöhemmissä työvaiheissa.

Koneenkuljettajan tulee myös huomioida järjestelmän heikkoudet, ja kokenut kuljettaja nämä huomaakin yleensä nopeasti. Näitä voivat olla työmaalla esiintyvät katvealueet, esimerkki kuvassa 8. Työmaata ympäröivät korkeat rakennukset, heijastavat pinnat ja suuret puut ym. heikentävät satelliittiyhteyttä, mikä aiheuttaa järjestelmään viivettä ja epätarkkuutta. Yhteyden ollessa heikko voidaan käyttää järjestelmän 2D-ominaisuutta syvyys- ja etäisyysmittauksiin.



Kuva 7. Koneen kuljettajaa osoittaa pihakaivon sijainnin perämiehelle, kauhan keskipiste (Tiihonen 2019)



Kuva 8. Katvealue työmaalla (Tiihonen 2018)

7 Päätelmät

Tämän työn toimeksiannon tarkoituksena oli selvittää Novatron Xsite PRO järjestelmän hyötyjä ja ominaisuuksia verrattuna kaivutyöhön perinteisiin mittaustapoihin. Lisäksi haluttiin selvittää 3D-koneohjausjärjestelmän hankintakustannukset sekä kustannukset vuositasolla, yleisiä koneohjausjärjestelmän hyötyjä sekä laadulliset ja työturvallisuuden parantamisen hyödyt.

Materiaali opinnäytetyöhön kerättiin yhden toimintavuoden (2018) ajalta, sisältäen järjestelmän hankinnat, asennuksen, käyttöönoton sekä järjestelmän käyttämisen talonrakennustyömailla.

3D-koneohjausjärjestelmän kustannukset sekä maarakennuksessa käytettävien toleranssien taulukot on koottu tämän toimeksiannon liitteeksi vain tilaajan omaan käyttöön.

Työmaalla saadun kokemuksen perusteella voidaan todeta, että 3D-koneohjausjärjestelmä on todella tehokas mittalaite, jolla voidaan saada taloudellisia hyötyjä, kustannustehokkuutta sekä laadullisia hyötyjä.

Pääkaupunkiseudulla kaikilla kaupungeilla ei ole maakaatopaikkoja, mihin ylijäämämaita voitaisiin kuljettaa. Esimerkiksi Helsingistä joudutaan usein ajamaan ylijäämämaat pitkän ajomatkan päähän, mistä muodostuu suunnittelemattomia kustannuksia, kun ajetaan pois ylikaivuusta aiheutuneita massoja. 3D-koneohjausjärjestelmän käyttäminen on tehokas työkalu tämän asian hallitsemiseen.

Koneenkuljettajalta 3D-koneohjausjärjestelmä vaatii tietenkin ammattitaitoa niin koneenkäsittelyn kuin teorian osaamiselta sekä mielenkiintoa järjestelmän käyttämiseen. Infra-ala järjestää koneohjausjärjestelmiin liittyvää koulutusta, ja on suositeltavaa käyttää koulutustarjontaa hyväksi ja näin saada kehitettyä henkilöstön 3D-järjestelmän käytön osaamista ja hyödyntämistä.

On myös tärkeää tunnistaa 3D-koneohjausjärjestelmän heikkoudet ja vahvuudet ja osata toimia tilanteen vaatimalla tavalla. 3D-koneohjausjärjestelmässä esiintyy joissain paikoissa jonkun verran yhteysongelmia, jolloin joudutaan turvautumaan enemmän perinteisiin mittausmenetelmiin. Järjestelmään ei myöskään tule aina luottaa 100-prosenttisesti. Tästä johtuen on hyvä teettää työvaiheittain, esimerkiksi perämiehen tai työmaalla olevan mittamiehen tarkistusmittauksia, mikä voi myös toimia osana maarakennustyön laadun varmistamista.

Markkinoilla olevista koneohjausjärjestelmistä hankintapäätös Novatronin järjestelmästä tehtiin aikaisempien kokemusten perusteella sekä järjestelmän kotimaisen valmistajan tarjoama etätukipalvelu oli yksi hankintapäätöstä puoltava tekijä.

Lähteet

Aio Rakennus jälkilaskenta 2018.

INFRA ry:n konepalveluvaliokunnan Novatron 3D-koneohjauskoulutus 2019

InfraRYL 2018. Maa-, pohja- ja kalliorakenteet. Rakennustieto Oy.

MaaRyl 2010, Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset: Talonrakennuksen maatyöt. Rakennustieto Oy.

Novatron 2019. www.novatron.fi/ Luettu 22.1.2019 ja 3.3.2019.

Työsuojelu 2019. www.tyosuojelu.fi/ Luettu 3.3.2019.

