



# **KONEOHJAUKSEN KÄYTTÖNOTTO TAMPEREEN KAUPUNGILLA**

Jouni Kumanto

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2011  
Kone- ja tuotantotekniikan  
koulutusohjelma  
Kone- ja laiteautomaation  
suuntautumisvaihtoehto

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Kone- ja laiteautomaation suuntautumisvaihtoehto

KUMANTO, JOUNI: Koneohjauksen käyttöönotto Tampereen kaupungilla

Opinnäytetyö 32 s., liitteet 4 s.  
Toukokuu 2011

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kertoa ensin yleisesti koneohjauksesta, sen periaatteesta ja lyhyesti koneohjauksen käytön yleisyydestä Suomessa ja maailmalla. Tämän jälkeen kerrotaan InfraTM-hankkeesta, jonka puitteissa myös Tampereen kaupunki lähti kokeilemaan koneohjausta. Lopuksi vertaillaan hieman koneohjausta perinteiseen rakennustapaan havaittujen etujen ja haittojen näkökulmasta. Lisäksi tehdään päätelmiä siitä, missä laajuudessa koneohjausta tullaan tulevaisuudessa hyödyntämään Tampereen kaupungin infrarakennushankkeissa.

Koneohjauksessa hyödynnetään reaaliaikaista paikkatietoa työkoneen kuljettamisessa. Tämä tapahtuu satelliittien avulla, jotka paikantavat koneeseen kiinnitetyt anturit, ja niiden perusteella muodostetaan kuva koneen liikkeistä reaaliaikaisesti. Koneohjausta on Suomessa kokeiltu projektiluontoisesti, mutta laajempaan käyttöön se ei vielä ole yleistynyt. Maailmalla koneohjaus on paljon yleisempää. Suomessa koneohjauksesta ei ole myöskään paljoa kokemuksia, joten Tampereen ja Oulun kaupungit osallistuivat yhdessä pilottiprojektiin. Tämän pilotin puitteissa rakennettiin koneohjausta koko infrarakennusprosessissa hyödyntäen kohteet molemmissa kaupungeissa. Oulun kohde sijaitsi Ritaharjun asuinalueella ja Tampereella kohde oli Kauhakatu. Prosessin kuluessa löydettiin koneohjauksesta etuja ja haittoja, joita on koottu tähän työhön. Projektista tuli myös esiin erilaisia kehittämiskohteita, joista yksi oli käytännöllinen ohje laitteistosta työkoneen kuljettajalle. Alkuperäistä opasta lyhennettiin, ja tiivistettiin ja se on tässä työssä liitteenä 1.

Koneohjaus on nyt jo käyttökelpoinen järjestelmä, jolla on infrarakennusprosessia tehostavia vaikutuksia. Kun järjestelmiä tulevaisuudessa kehitetään, niistä saadaan yhä tarkempia ja käyttökelpoisempia. Tämä lisää niiden suosiota ja käytöstä saatua kokemusta. Samalla rakennusala hyötyy merkittävästi järjestelmien hyvistä puolista. Tampereen kaupunki siirtyy mitä todennäköisimmin käyttämään koneohjausta, kunhan tekniikka saadaan luotettavaksi ja alalle saadaan luotua uusia standardeja koneohjausta silmälläpitäen.

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree programme in Mechanical and Production engineering  
Option of Machine automation

KUMANTO, JOUNI: Introduction of Machine Control System in the City of Tampere

Bachelor's thesis 32 pages., appendices 4 pages  
May 2011

---

This thesis was done into the option of Machine automation in the Tampere University of Applied Science. Machine control system is use of real-time positioning in driving of construction machine. The aim of InfraTM-project was to use machine control system in whole construction process. Cities of Tampere and Oulu participated to InfraTM-project, in which there was built one target in each city. There was found many advantages like improved accuracy and quality of work. On the other hand some challenges arise for example when old structures were not in the model that machine control system used.

There were also some areas of development. One area was guide to the machine driver. Original manual is summarized and driver's guide is presented as appendix 1. It now only includes information needed to operate the system.

When compared to traditional way of construction, machine control system makes construction more accurate, thus reducing costs. It also enables faster working. Machine control system is very useful, but it must be developed further. Technology must be reliable. When machine control system increase in accurate and the industry has uniform standards, then city of Tampere will most likely take the system in wider use.

---

Keywords: machine control system, InfraTM, city of Tampere, infrastructure construction

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
2.1 Yleistä tietomallista.....	6
2.2 Koneohjaus.....	6
2.3 Koneohjauksen käytöstä nykyisin Suomessa ja muualla .....	8
3 TAMPEREEN KAUPUNGIN OSALLISTUMINEN KONEOHJAUSHANKKEESEEN .....	10
3.1 InfraTM-hanke ja pilotti.....	10
3.2 Odotettavissa olevat edut ja mahdolliset haitat .....	10
4 PILOTIN TOTEUTTAMINEN .....	14
4.1 Työskentelytapa .....	14
4.2 Kohde .....	15
4.3 Havaittuja etuja .....	19
4.4 Ongelmia ja haasteita .....	20
4.5 Parannustarpeita .....	22
5 KONEOHJAUKSEN KÄYTETTÄVYYS .....	23
5.1 Havaittu puute käytettävyydessä ja sen ratkaiseminen .....	23
5.2 Kaivinkoneen kuljettajan tarpeisiin muunneltu manuaali Novatron- koneohjausjärjestelmän käyttöohjeesta .....	23
6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	25
6.1 Koneohjaus verrattuna perinteiseen rakennustapaan .....	25
6.2 Pilotin tuomat opit.....	25
6.3 Koneohjauksen tulevaisuus Tampereen kaupungin työmailla.....	26
LÄHTEET.....	28
LIITTEET .....	29
Liite 1. Kaivinkoneen kuljettajan tarpeisiin muunneltu manuaali Novatron- koneohjausjärjestelmän käyttöohjeesta .....	29
Liite 2. Tampereen Kaupunki Hitachi 180 26.4.2010 -asennusraportti.....	31
Liite 3. Tampereen kaupunki Hitachi 170 W 17.4.2010 -asennusraportti.....	32

## 1 JOHDANTO

Suomessa koneohjaus on melko uusi toimintamuoto. Vaikka sitä on kokeiltukin muutamissa kohteissa, sen käytöstä ei ole vielä laajaa kokemuspohjaa eikä sen käytöstä ole ehtinyt muodostua vakiintuneita toimintamalleja. Tampereen ja Oulun kaupungit päättivät tehdä yhdessä pilottiprojektin, jonka tavoitteena on saada kokemuksia koneohjauksen käytöstä infrarakennushankkeessa. Tekes lähti mukaan rahoittamaan projektia. Tämä opinnäytetyö on koonnut kyseisen projektin myötä havaittuja etuja ja haittoja sekä kehittämiskohteita. Tässä työssä on kuitenkin keskitytty enemmän käyttämiseen ja siihen liittyviin kysymyksiin, kuin tietotekniseen puoleen.

Koneohjauksen tekniikka ei ole uutta, vaan se perustuu satelliittipaikannukseen. Näiden paikannustietojen tuottaminen koneen osiin kiinnitetyistä antureista ja muuttaminen näkymäksi kuljettajan näytölle on mahdollistanut koneohjatun rakentamisen. Tietomallipohjainen suunnittelu on puolestaan uudempi asia, jota on alettu vasta nyt täysin hyödyntää. Koneohjauslaitteiston käyttö työkonessa ei sinänsä muuta työn toteutuksessa paljoa, mutta suunnittelussa täytyy valmistautua muuttamaan totuttuja tapoja.

Koska koneohjaukseen ei ole vielä muodostunut selkeitä standardeja tai toimintatapoja, sen tuleminen laajempaan käyttöön on ollut hidasta. Tällöin on tärkeää saada ja levittää kokemuksia koneohjaushankkeista ja niiden tuloksista. Yksi InfraTM-projektin kantavista ajatuksista oli soveltaa koneohjauksen periaatetta koko rakennusketjuun aina suunnittelusta loppusijoitukseen. Koneohjauksen odotetaan tuovan kiistattomia etuja perinteiseen rakennustapaan nähden, jolloin kaikki koneohjaukseen käyttöönottoon kulutettu työ tuottaa itsensä pian takaisin. Tampereen kaupunki ei ole aiemmin kokeillut koneohjausta, joten InfraTM-projekti toi arvokasta tietoa koneohjauksen vaatimista resursseista. Projektin tulosten pohjalta esitetään myös päätelmiä siitä, jos ja kuinka Tampereen kaupunki tulee hyödyntämään koneohjausta tulevaisuudessa.

## 2 KONEOHJAUKSEN PERIAATE

### 2.1 Yleistä tietomallista

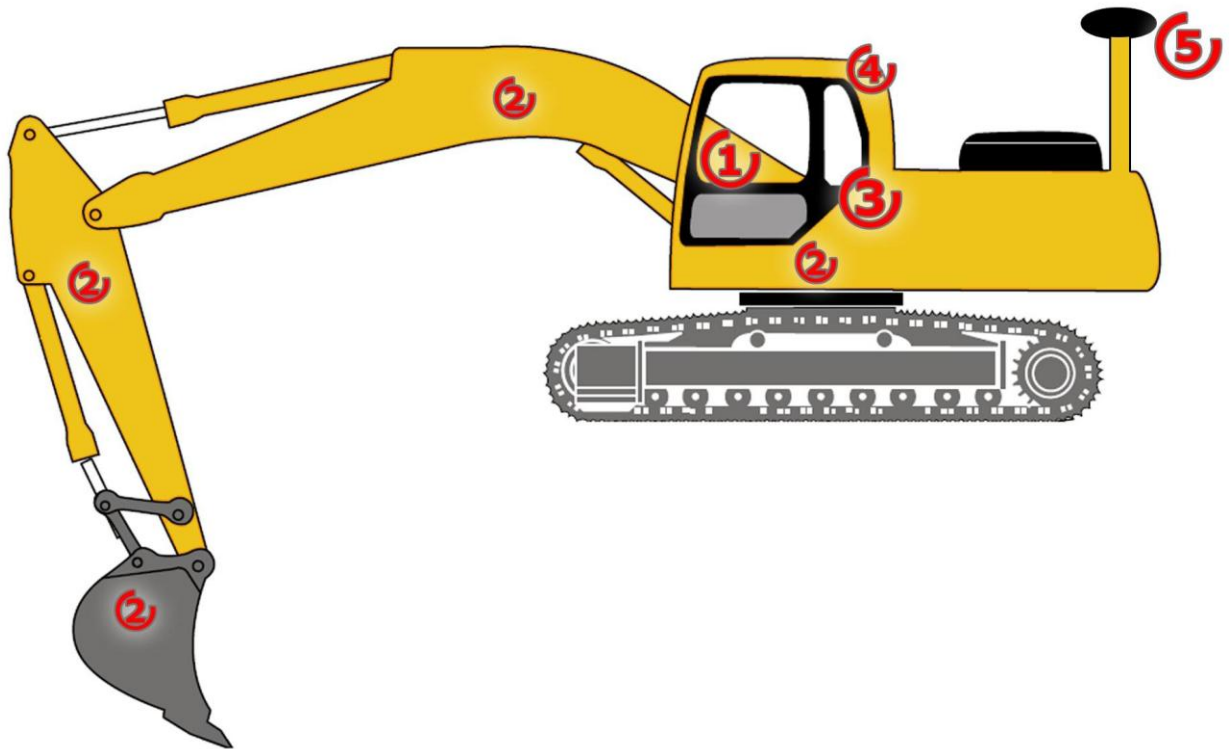
Tietomalli on digitaalisessa muodossa olevaa tietoa rakennuskohteesta. Tietomallin tarkoituksena on sisältää kaikkien rakennusvaiheiden tiedot, eli yhdessä paikassa olisi saatavilla rakennuksen tai infrahankkeen koko elinkaaren tiedot. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010a, 4.) Tietomalli mahdollistaa erilaisen suunnittelun. Toisin kuin vaikkapa CAD-kuvan viivat ja tasot, tietomallin objektit sisältävät tiedon omasta olemuksestaan. Esimerkiksi kuvasta palkiksi tulkittava objekti sisältää tiedon palkin materiaalista, mitoista ja kestävyydestä. CAD-kuvassa palkki olisi vain viivoista lukijan tulkitsema palkki. Kun malli itsessään sisältää kaiken tiedon, siitä voidaan laskea suoraan materiaalimäärät, kustannukset ja tehdä erilaisia analyysyjä vaikkapa rakennesuunnittelijan tarpeisiin. Perinteiseen tapaan aineistosta voidaan tuottaa kolmiulotteisia malleja tai kaksiulotteisia kuvia. Kun tiedot ovat samassa paikassa kaikkien ulottuvilla, ei tietoa myöskään häviä ja se välittyy kaikille samanlaisena. (Hietanen 2010)

### 2.2 Koneohjaus

Koneohjauksella tarkoitetaan sellaista järjestelmää, joka työkoneeseen asennettuna paikantaa työkoneen sijainnin ja havainnoi sen liikkeitä. Työkoneen kuljettajalla on edessään näyttö, josta hän pystyy havaitsemaan koneen asennon ja sijainnin senttien tarkkuudella. Koneohjauksella ei siis tarkoiteta koneen itsenäisesti tekemää työtä, vaan kone- ja sijaintiteknologian hyödyntämistä koneen ohjaamisessa.

Koneohjauksessa tietomallia hyödynnetään niin, että työkoneen koneohjausjärjestelmään syötetään infrahankkeen suunnitelmat. Suunnitelmat on laadittu tarkasti ja tiettyyn koordinaatistoon. Mittaustieto välittyy tarkasti työmaalle, sillä sama tieto kulkee suoraan suunnittelijalta työmaan tarpeisiin. Työkoneen kuljettajan tiedossa on jatkuvasti vaikkapa suunnitellut leikkaukset ja täytöt, ja konetta ohjatessaan hän kulloinkin näkee mitä on tekemässä, jolloin turhaa työtä ei tehdä.

Koneohjausjärjestelmä koostuu työkoneen ohjaamossa olevasta näyttölaitteesta (1), anturoinnista (2), keskusyksiköstä (3), radioantennista (4) ja paikannusantenneista (5). Tätä on havainnollistettu kuviossa 1.



KUVIO 1. Koneohjausjärjestelmän osat (Ilmonen 2010)

Infrarakennushankkeen kannalta olennaisin työkone on juuri kuvassa havainnollistettu kaivinkone, mutta koneohjausjärjestelmä voidaan asentaa muun muassa puskutraktoriin, tiehöylään tai kaatopaikkapakkaimeen. (Novatron3D-järjestelmät.) Toimintaperiaate on sama kuin kaivinkoneeseen asennetussa järjestelmässä, joskin hieman yksinkertaisempi, kun kauhan puomin liikkeitä ei tarvitse ottaa huomioon.

Työkoneeseen asennetut paikannusantennit ovat yhteydessä satelliitteihin, joiden avulla työkone paikannetaan WGS-84 järjestelmässä. Paikannusantenneja voi olla yksi tai kaksi. Yhden paikannusantennin ongelmana on, että ei voida suoraan tietää koneen asentoa. Suuntatiedon saaminen onnistui konetta liikuttellessa, mutta ahtaissa kaupunkitiloissa se ei aina ole mahdollista. Yleensä paikannusantenneja on siis kaksi, jotta voidaan tunnistaa myös koneen suunta.

Paikannuksessa kyseeseen voivat tulla niin GPS-, kuin GLONASS-järjestelmän satelliititkin (Johdatus 3D koneohjausjärjestelmiin). Tällä tavalla saatu paikannustieto ei kuitenkaan ole kovin tarkkaa, jolloin joudutaan satelliittien kautta saaduille koordinaateille tekemään vielä muunnos paikalliseen koordinaatistoon. Tällöin radioantennin kautta ollaan yhteydessä lähimpään tukiasemaan. Tukiasemalla on tunnetut koordinaatit ja se lähettää korjaussignaalia, jolloin satelliittien lähettämistä koordinaateista saadaan korjatut koordinaatit työkoneelle. Näin päästään jopa senttimetriluokan tarkkuuteen. Tukiaseman etäisyys ei kuitenkaan voi olla paljoakaan yli viiden kilometrin, jotta radiosignaalin kantavuus on riittävä. (Ilmonen 2010)

Koneohjatun työkoneen kuljettajalla on lisäksi mahdollisuus etätukeen. Työkoneeseen asennetulla laitteella voi ottaa yhteyden lähimpään tekniseen tukeen, josta saadaan laitteen käyttöä koskevaa tukea reaaliajassa. Avun saaminen on helppoa ja nopeaa. (Ilmonen 2010)

### 2.3 Koneohjauksen käytöstä nykyisin Suomessa ja muualla

Koneohjauksen käytön laajuudesta Suomessa ei ole kovinkaan paljoa tietoa saatavilla. On kuitenkin arvioitu, että koneohjauslaitteita olisi käytössä muutama sata yksikköä, joita olisi hyödynnetty hanke- tai pilottikohtaisesti (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 8). Tämä tarkoittaa sitä, että käytännön kokemusta alkaa pikkuhiljaa karttua, vaikkakin muutoin koneohjauksen laajempi käyttö on vasta aluillaan. Koneohjauksen periaatteesta on kuitenkin saatavilla paljon tietoa niin laitevalmistajilta, kuin muualta maailmasta.

Koneohjauksen käyttöönottoa hidastaa juurikin kokemuksen puute. Alkuinvestoinnit voivat olla suuret, samoin tarvitaan koulutusta ja uudenlaista rakennusprosessin järjestämistä. Näiden tekijöiden yhteisvaikutuksesta koneohjaukseen siirtyminen ei aluksi vaikuta kovinkaan houkuttelevalta. Vaikka koneohjaus periaatteessa tuokin kustannussäästöjä ja lisää tehokkuutta, koetaan se yhä melko suurena riskinä. Osoptimoinnin sijaan tulisi keskittyä koko prosessin kokonaishyötyyn. Periaatteessa mikään tekninen seikka ei ole koneohjaukseen siirtymisen esteenä, sillä nykyään tuotetaan jo paljon tietoa valmiiksi sellaisessa muodossa, jota koneohjauksessa voidaan hyödyntää. Esimer-



kiksi maastomalleja tuotetaan laserkeilaamalla suoraan 3D-tiedoksi. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 8.)

Ulkomailla koneohjausta hyödynnetään jo laajemmin. Euroopassa Norja, Ruotsi ja Hollanti hyödyntävät koneautomaatiota. Kiinassa ja Yhdysvalloissa käyttö on lähtenyt käyntiin, Australiassa koneohjausta hyödynnetään jo laajasti. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 8.) Vaikka maailmalla markkinat ovat huomattavasti isommat, on Suomessakin tarjontaa. Koneohjauslaitteita Suomessa markkinoivat monet yritykset, muiden muassa Scanlaser (Scanlaser 2011), GeoSam (GeoSam 2011) ja Geotrim Oy (Geotrim Oy 2009). Tässä opinnäytetyössä tarkastellussa projektissa oli käytössä Novatron Oy:n laitteisto.

### 3 TAMPEREEN KAUPUNGIN OSALLISTUMINEN KONEOHJAUSHANKKEESEEN

#### 3.1 InfraTM-hanke ja pilotti

InfraTM-kehittämisohjelma on koneohjaushanke, jonka tarkoituksena on johdattaa infrarakennusalaan kohti tietomallipohjaista elinkaaritiedon yhteiskäyttöä. Tavoitteena on luoda yhtenäinen InfraBIM-tietomalli Suomen käyttötarkoituksiin käyttäen suomalaista vakionimikkeistöä, kuitenkin niin, että tämä tietomalli perustuu kansainvälisiin paikka-tieto- ja tuotemallistandardeihin. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010a, 6.)

Tampereen ja Oulun kaupunkien yhteinen pilottihanke Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeessa on InfraTM-hankkeeseen perustuva kehittämisprojekti. Sen tarkoituksena on kehittää koneohjauksen käyttöä kadunrakentamisessa. Projektissa tuotetaan alusta asti tietomalli kahdessa erillisessä katurakennushankkeessa, yksi Oulussa ja toinen Tampereella. Oulun katurakennushanke toteutetaan ensin, ja siitä saadut opit hyödynnetään Tampereen hankkeessa. Näitä katurakennusprojekteja mitataan tehostamisen näkökulmasta perinteiseen rakennushankkeeseen verrattuna. Tehostamista voidaan mitata muun muassa aikasäästöillä, virheillä, hävikillä tai muutosten määrällä. Näillä osaluilla tehostaminen näkyisi nopeasti muun muassa kustannussäästöinä.

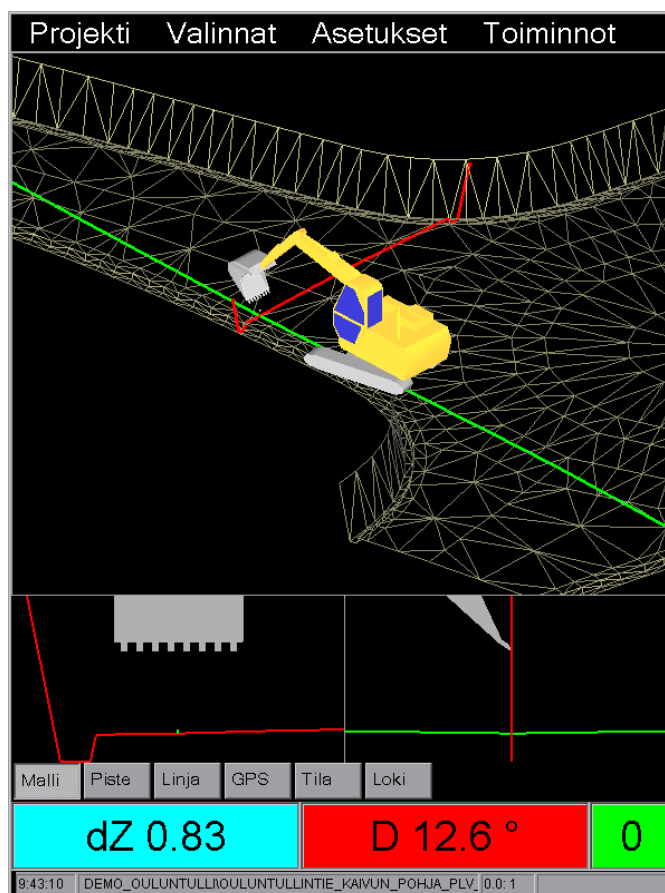
Hankkeen tarkoituksena on myös sitouttaa kaikkia hankeosapuolia, omistajia tai tilaajia, suunnittelijoita, toteuttajia ja ohjelmistotaloa, prosessin suunnitteluun mahdollisimman varhaisesta vaiheesta lähtien. Käytännön kokemukset tästä pilotista palvelevat lähinnä Tampereen ja Oulun kaupunkien tilaajia, mutta malli on muidenkin vapaasti käytettävissä. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 8.)

#### 3.2 Odotettavissa olevat edut ja mahdolliset haitat

Kun rakennusprojekti suunnitellaan alusta asti tietomallipohjaisena, voidaan ennustaa muutamia etuja perinteiseen rakennustapaan nähden. Kun suunnitelmat ovat alusta alka-

en tietomallissa, välittyvät ne suunnittelupöydältä rakennustyömaalle samanlaisena. Tämä vähentää virheiden määrää ja mahdollistaa suunnittelutiedon käytön rakentamisessa koneohjauksen muodossa. Katkeamaton tietovirta ulottuu myös rakennusvaiheen jälkeiseen aikaan, koko rakenteen elinkaaren kunnossapitoon, ylläpitoon ja lopulta lopetusjoihtukseen. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010a, 6.)

Koneohjauksen käytön mahdollistaminen vähentää työmaalla tarvittavan henkilöstön määrää, jolloin syntyy kustannussäästöjä. Samat työt saadaan tehdyksi vähemmällä koneilla ja sitä myöten kuljettajilla. Myös esimerkiksi merkkipisteitä ei tarvitse mitata maastoon ja aikaa ei tarvitse laskea sen suorittamiseen. Toisaalta väärin tehdyn työn riski pienenee, kun sijainti ja tehtävä vaihe ovat tiedossa jatkuvasti. Työkoneen kuljettaja pystyy jatkuvasti seuraamaan tekemäänsä työtä ja edelleen toteuttamatta olevia suunnitelmia. Seuraavaan kuvaan on havainnollistettu yhtä mahdollista kuljettajan näkymää koneohjauslaitteesta. Kuvasta voidaan huomata kuinka tarkkaan työstöterää on mahdollista seurata ja lisäksi se, että koneohjausjärjestelmä on saatavissa suomenkielisenä.



KUVIO 2. Eräs näkymä kuljettajan koneohjauspäätteestä Novatron-laitteistolla (Novatron3D-järjestelmät)

Tietomallin käyttöönotto tuo aluksi investointikustannuksia, mutta todellisuudessa sen osuus rakennushankkeiden kokonaisbudjetista on marginaalinen. Tämän jälkeen järjestelmä on helposti käytettävissä aina uudessa hankkeessa, varsinkin kun sen käyttäminen on ensimmäisen kerran jälkeen tuttua. Norjassa on tehty tutkimusta, jossa vertailtiin suunniteltujen ja toteutuneiden kustannusten suhdetta. Suurten hankkeiden budjetit pitivät melko hyvin paikkansa, kun taas pienissä projekteissa kustannusylitykset olivat välillä hyvinkin suuret. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 6.) Pieniä hankkeita on lukumäärällisesti paljon, suurten hankkeiden summa taas hyvinkin suuri. Kun koneohjausjärjestelmän avulla kyetään tarkkaan laskentaan tehtävästä työstä ja materiaaleista, voidaan ennustaa, että koneohjauksen käyttöönotto parantaisi rakennushankkeiden kustannustehokkuutta merkittävästi.

Ongelmia voi aluksi syntyä uuden toimintatavan kanssa, kun tapa ei ole kaikille osapuolille tuttu. Jotta tietomallipohjaisesta projektista saadaan kaikki hyöty, on sitä käytettävä aina suunnittelusta toteutuksen kautta jälkiseurantaan. Uusi toimintatapa on siis opetettava aluksi suurelle osallistujajoukkoille. Myös tiedonsiirron virheettömyydelle täytyy aluksi tehdä erilaisia varmistuksia. Vaikka kaiken pitäisi toimia moitteettomasti, tietyt ongelmat saadaan näkyviin vasta käyttövaiheessa. Pilottiprojektien tarkoituksena onkin nostaa esiin näitä ongelmia, jotta ne voidaan korjata ennen tietomallipohjaisen rakentamisen laajempaa käyttöönottoa. Uusi tekniikka vaatii siis aina uuden koulutuksen käyttäjälleen, eikä tekniikkakaan ole aina heti täysin toimivaa. Tällöin on tuen nopea saaminen tärkeää, mikä nostaa koneohjauksessa olevan etätukimahdollisuuden arvoa.

Aina kaikki ongelmat eivät ole laitelähtöisiä, vaan kyse on enemmänkin haluttomuudesta hyödyntää uutta teknologiaa. Vaikka tilaaja haluaisikin tietynlaisen toimintatavan, hankintalain tasapuolisuusvaatimus voi estää tällaisen uuden toimintatavan yleistymisen. Alan toimijat eivät ole halukkaita investoimaan uuteen tekniikkaan ja koulutukseen. Uudet vastuukysymykset esimerkiksi suunnittelijoiden taholta voivat myös liennyttää halukkuutta. Tietomallipohjaisesta projektista ei kuitenkaan ole hyötyä, jollei rakennusprojektin jokainen vaihe ja osapuoli ole sitoutunut sen täysvaltaiseen käyttämiseen projektissa.

Uuden tekniikan luomiin mahdollisuuksiin tottuminen vie aikansa, jolloin tiedottamisen ja koulutuksen rooli on suuri. Infrarakennusprojektin eri vaiheiden toteuttajien tulee tehdä entistä tiiviimpää yhteistyötä. Esimerkiksi vanhaan työnopeuteen tottuneet suunnittelijat saattavat yhä esittää muutoksia, kun suunnitelmia ollaan jo toteuttamassa työmaalla. Toisaalta taas erilaisten vaihtoehtojen pohtiminen on nopeaa ja tehokasta. Tiedostoa voidaan päivittää jatkuvasti myös rakentamisen aikana esimerkiksi niin, että edetään tiellä eteenpäin suunnittelu hieman rakentamista edellä. Konekuljettajien kanssa on vain sovittava tiedoston päivittämisestä ja päivitysten seuraamisesta. Rakennusprojektin aikatauluttaminen ja vaiheistaminen ovat asioita, jotka tulee opetella uudelleen.

## 4 PILOTIN TOTEUTTAMINEN

### 4.1 Työskentelytapa

Pilotoinnin ohjausryhmä, eli yksi henkilö sekä Tampereen että Oulun kaupungeista, kutsui koolle työryhmän. Tämän työryhmän tarkoituksena oli kokoontua workshoppeihin kolme kertaa projektin aikana. Seuraavassa on listaus workshoppeista ja niiden tarkoituksista, jotka ovat suoria lainauksia Tekes-loppuraportista.

”Ensimmäisessä workshopissa (5.5.2010) määriteltiin nykyisen toimintamallin kehittämistarpeet. Toimintamallia ja kehittämistarpeita seurattiin Oulun pilottikohteessa, jonka Oulun kaupunki rakennutti valmiiksi kesällä 2010.

Toisessa workshopissa (26.8.2010) tehtiin yhteenveto Oulun pilotin tuloksista ja projektin etenemisestä. Lisäksi tavoitteiden teknisestä onnistumisesta tehtiin Tekesille väliraportti. Pilotin tuloksia ja niistä saatuja kokemuksia hyödynnettiin syksyllä 2010 alkaneessa Tampereen pilottikohteessa.

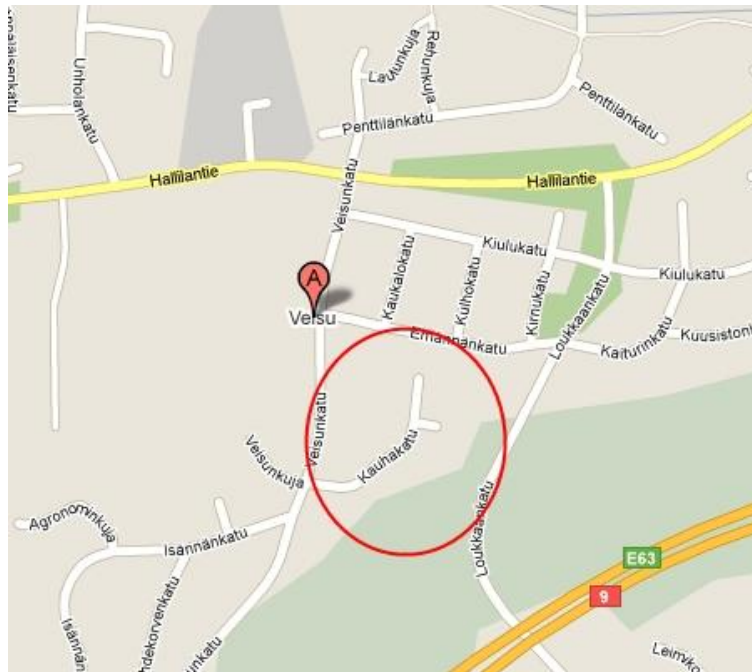
Kolmannessa workshopissa (10.11.2010) Tampereen pilotin tilannekatsauksessa oli jo paljon tietoa ja kokemusta uuden toimintamallin kehitystarpeista. Toimintamallin prosessin määrittely huomioitiin koskemaan mahdollisimman laajasti kaikkia toimijaosapuolia hankkeen aloituksesta aina lopetukseen saakka.” (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 10).

Projektin puitteissa on tehty myös matka Norjaan 17.3.2010, missä tutustuttiin koneohjauksen käyttöön kaupunkirata- ja kehätiehankkeissa. Lisäksi järjestettiin koneohjausseminaari 13.11.2010 Vianova Systems Finland Oy:n tiloissa Espoossa. Vianova on Novapoint-laitteiston ohjelmiston tuottaja. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 10, 15.)

## 4.2 Kohde

Oulun ja Tampereen kaupungeissa oli kummassakin yksi kohde, jossa koneohjausta testattiin. Oulun kohde oli Ritaharjun asuinalueella, joka saatiin päätökseen kesäkuussa 2010. Käytettävä koneohjausjärjestelmä oli Novatron 16.20, joka päivittyi projektin aikana versioon 16.30 ja lisätyövaiheessa oli käytössä jo Novatron 17.20. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010a, 8.)

Tampereen kaupungilla oli muutama vaihtoehto pilotointikohteeksi. Ensisijaisesti haettiin uudisrakentamiskohdetta (Niskanen 2010), jolloin oltaisiin säästyttävä vanhojen rakenteiden tuomilta yllätyksiltä rakennusvaiheessa. Projektin pääasiallinen tavoite on ollut keskittyä uudisrakennuskohteisiin. Tampereen kaupungilla alkavat uudisrakennuskohteet eivät kuitenkaan soveltuneet hankkeeseen joko kokonsa tai aikataulunsa puolesta. Tällöin pilotointikohteeksi valittiin saneerauskohteeksi Kauhakatu Tampereen Veisussa (kuvio 3) ja projektiin otettiin mukaan testausta olemassa olevien johtojen ja putkien sijainti-informaatiosta. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010a, 7.)



KUVIO 3. Karttakuva Tampereen Veisussa sijaitsevasta Kauhakadun projektikohteesta (GoogleMaps 2011)

Tampereen Kauhakadun työmaalla kahteen työkoneeseen asennettiin koneohjausjärjestelmä. Seuraavassa on valokuvia Novatron-laitteiston asentamisesta kaivuriin.



KUVA 4. Laitteiston anturi kaivurin puomissa (Kuva: Erja Joentausta, 2010)

Kuvasta 4 nähdään millaisia olivat asennetut anturit. Vastaavanlaisia kiinnitettiin useita, jotta puomin liikkeet saadaan mallinnettua oikein.



KUVAT 5 ja 6. Antureita kaivurissa (Kuva: Erja Joentausta, 2010)



Kaikki kaivurin suhteet on mitattava, jotta ne voidaan tallentaa laitteistoon. Valmiiksi ei siis voi syöttää mitään tiettyä konetyyppiä. Jokainen kone on yksilö, jolloin oletetut mitat haittaisivat heti tehtävän työn tarkkuutta. Tämän jälkeen laitteisto kalibroidaan. Seuraavassa on muutamia kuvia siitä, miten tarkkaan koneen tietyt osat on mitattava ja niiden jälkeen kuva työkoneen näyttöpäätteestä, johon mitat syötetään.



KUVAT 7,8,9 ja 10. Koneen mittaamista laitteen kalibroimiseksi (Kuva: Erja Joentaus-  
ta, 2010)



KUVA 11. Mittojen syöttäminen ohjelmistoon (Kuva: Erja Joentausta, 2010)

Seuraavassa kuvassa on esitettyä paikannusantennit, joita täytyy työkonessa olla siis kaksi suunnan määrittäminen onnistumiseksi.



KUVA 12. Kaksi paikannusantennia kaivurissa (Kuva: Erja Joentausta, 2010)

Samoin kuin Oulussakin, Tampereen pilotointiprojektissa käytettävän koneohjausjärjestelmän laitteistotoimittaja oli Novatron Oy. Tampereella koordinaattien korjaussignaalin lähettämiseen tarvittava tukiasema sijaitsee Juvankadulla, jonka etäisyys linnuntietä Kauhakadun työmaalle on noin 3,2 km.

#### 4.3 Havaittuja etuja

Kun rakennuskohde suunniteltiin alusta alkaen tietomallipohjaisena, pitäen mielessä koneohjausmallien vaatimukset, havaittiin parantunutta tehokkuutta. Kun suunnittelijat tulivat tutuiksi ohjelmiston ja työtavan kanssa, saatiin vähennettyä lisätyön tarvetta. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 14.)

Koneohjaus teki työn suorittamisesta tarkkaa. Koneen kuljettajien koulutus oli ilmeisen onnistunutta, sillä heille opettelu oli ollut helppoa ja käyttäminen alkanut sujua nopeasti. Lisäksi työkonoiden kuljettajien tyytyväisyys on kasvanut. Motivaatio koneohjauksen opetteluun on korkea, sillä siitä saatava hyöty on suurempi kuin opetteluun käytetty ajan tarve. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010a, 16.) Lisäksi koneohjausta hyödyntäen voidaan operoida hämärissä olosuhteissa, jolloin talviaikanakin saadaan hyödynnettyä työvuorot tehokkaasti. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 17.)

Työn laadun on havaittu parantuneen. Kaivinkoneella saadaan aikaan valmista ja hyvää jälkeä, jolloin tilaaja saa mitä tilaa, eikä tehdylle työlle tarvitse suorittaa kuin muutamia kontrollimittauksia. Tämänkin työvaiheen osuus vähenee, kunhan työtapaa tulee tutuksi ja se saadaan myös luotettavaksi. Tällöin myös työn tekeminen nopeutuu, vaikka tätä etua ei vielä pilotointivaiheessa juurikaan havaittu. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010a, 15.)

Työturvallisuus paranee, kun erilaisia tarkasteluja voidaan tehdä 3D-mallinnuksen avulla etukäteen. Esimerkiksi erilaiset luiskat ja muut kaltevuudet voidaan suunnitella varmemmin etukäteen (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 18). Toisaalta juurikin mittausten vähentyminen poistaa henkilöitä kaivuualueelta, joka on vaarallinen paikka. Työkoneen kuljettajan voi joskus olla vaikea havainnoida ihmistä kaivu-

kuopassa. Koneohjausta käyttämällä kuopassa on harvemmin avustavia henkilöitä, jolloin konekuljettaja voi keskittyä oman työnsä suorittamiseen.

Tieto toisen osapuolen haasteista oli myös muilla. Tämä vaati lähempää yhteistyötä, mutta paransi samalla kuvaa koko rakennusprojektista ja sen hallinnasta yhtenä prosessina. Lisäksi ajantasainen tieto oli kaikkien saatavilla, eikä ainoastaan suunnitelmapöydällä tai työnjohdon kansioissa.

#### 4.4 Ongelmia ja haasteita

Jotta koneohjausta voidaan käyttää, tulee olla saatavilla suunnitelmat laitteistoihin sopivassa muodossa. Aluksi tullaan kohtaamaan haasteita suunnittelussa ohjelmistojen avulla, sekä myös mahdollisimman tehokkaassa ohjelmistojen hyödyntämisessä (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 14). Suunnittelun tulee olla paljon yksityiskohtaisempaa, esimerkiksi kaikkien pintojen jatkuvuus ja liittymät ovat erityiskohteita, joihin tulee kiinnittää huomiota. Koneen kuljettajana toimii kuitenkin ammattimies, jolla on todennäköisesti taitoa ratkaista pienet epäjatkuvuudet työmaalla (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 14).

Koneohjauksen käyttö voi aluksi olla hidasta, kun olemassa olevia rakenteita ei ole sähköisesti mallinnettu minnekään, saati sitten, että tietoja olisi manuaalisestikaan helppoa kerätä (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 18). Esimerkki tällaisista rakenteista ovat vaikkapa telekaapelit, joilla on useita operaattoreita. Aineistojen muokkaaminen sähköisiksi nopeuttaisi korjausrakennuskohteita. Niin kauan kun joitain rakenteita joudutaan seuraamaan erikseen muualta, ei rakentaminen ole niin nopeaa kuin se koneohjauksessa parhaimmillaan voisi olla.

Koneenkuljettaja pystyy laitteella merkitsemään kohteita maastosta. Näille merkityille kohteille ei vain ollut olemassa yhtenäistä koodistoa, joten sellainen piti luoda projektin aikana. Myös nämä koodaukset tulisi tehdä Suomessa yhtenäiseksi standardistoksi. Esimerkiksi kaivon kantta voitaisiin merkitä koodilla kk100, jossa numero kertoisi kaivon kannen halkaisijan.

Laitteiston toiminta voi tuottaa vielä aluksi ongelmia, kun toimivuudesta täytyy varmistua. Vielä pitää suorittaa kontrollimittauksia kaivuille ja maastoon on sijoitettuna muutamia kontrollipisteitä. Tukiaseman tulee myös olla hyvin sijoittunut työmaahan nähden. Välimatka ei saa olla liian pitkä, eikä välissä saa olla maastonmuotojen luomia suuria esteitä. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 18.) Laitteiston asennuksessa ja kalibroinnissa tulee myös olla huolellinen.

Ongelmia siis syntyy, kun vanhoja rakenteita ei ole mallinnettu. Tällöin putkien tai sähkökaapeleiden sijainnit joudutaan tarkistamaan kartoista tai muista tiedoista, jotka eivät aina ole kovinkaan tarkkoja. Toisaalta voidaan myös havainnoida kaivaessa, mutta sähkökaapelien kohdalla tämä voi olla jopa vaarallista. Lisäksi kaikkia uusiakaan rakenteita ei oltu sisällytetty koneohjausaineistoon. Tällaisia asioita olivat esimerkiksi muutamat vesihuollon rakenteet, salaojat ja kuivatuskaivannot (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010a, 9).

Toimiakseen kunnolla koneohjauslaitteen paikannusantennien tulee saada yhteys 6-7 samaan satelliittiin tukiaseman kanssa. (Johdatus 3D koneohjausjärjestelmiin.) Mahdolliset katkokset yhteydessä tai jopa sähkökatkokset aiheuttavat ongelmia työn suorittamiselle. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010a, 15.) Tukiaseman lähettämän sijainti-informaatiokorjauksen tulee myös olla saatavilla. Tähän saatavuuteen voivat myös vaikuttaa sähkökatkokset. Näistä ja muunlaisistakin katkoksista tulisi tukiasemalta aina ilmoittaa työmaalle, vaikkakin työkoneeseen asennetulla näytöllä näkyy, jos korjaussignaalia ei vastaanoteta. Katkokset vaikuttavat kuitenkin työrytmiin.

Suunnittelu ei ollut uuden työtavan tahdissa mukana. Tietomallipohjainen suunnittelu edellyttää suurempaa nopeutta, tarkkuutta ja sitä kautta valmista materiaalia suunnittelussa, ennen kuin työmaalla on tehty mitään. Niin ikään suunnitteluun liittyviä ongelmia oli liittymien katkoskohdissa. Niiden mallintaminen tuotti vaikeuksia Oulun kaupungin kohteessa. Tilanteesta selvittiin jättämällä pieni katkoskohta liittymään. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010a, 9.) Samoin muita yksityiskohtia on aluksi vaikea mallintaa, kun kaikkia suunnittelutyökaluja ei tunneta.

#### 4.5 Parannustarpeita

Suunnittelu täytyy ajoittaa ja ohjeistaa oikein, sillä nopea tiedonsiirto työmaalle tarkoittaa myös nopeaa toteutusta. Suunnitelmien jatkuva muuttaminen ei enää ole mahdollista tai edes tarkoituksenmukaista. Tietomallin apuvälineenä käyttämisen tulisi nopeuttaa projektia, mutta myös lisätä tarkkuutta, jolloin rakennetaan kerrasta oikein.

Aineistoja tulee olla mahdollista yhdistää entistä helpommin. Koneohjauspilotin myötä havaittiin esimerkiksi työmaalla tarve yhdistää kaivannot ja kadun alapinta, jolloin eri pintoja ei tarvitsisi valita erikseen (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010b, 25). Lisäksi on oltava hyvät katselutyökalut jokaiselle osapuolelle niin suunnittelupöydän takana, projektin johdossa kuin työkoneen ratissakin.

Koko tuotantoprosessi vaatii uudistamista. Aineiston tuottaminen täytyy ajoittaa oikein ja se täytyy tehdä alusta alkaen tietomallipohjaisesti, jotta kaikki hyödyt saadaan irti. Samoin aineisto vaatii laadunvalvontaa, jossa on standardoidut menetelmät. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010a, 17.) Kehittämistä vaatii vielä tilaajaprosessi, joka tulee määrittää tarkemmin koneohjauksen käyttöönoton mahdollistamiseksi.

Novatronin laitteisto kykenee toimimaan eri tiedostomuodoissa tuodun aineiston kanssa, mutta muut työvaiheet vaativat synkronointia. Eri tiedostomuotojen yhteensovittamista tarvitaan, kun suunnittelutyökalu ja katseluohjelma ovat eri formaatissa. (Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa 2010a, 11.) Kaikenkattava ohjelmisto vaatii vielä kehitystyötä.

## 5 KONEOHJAUKSEN KÄYTETTÄVYYS

### 5.1 Havaittu puute käytettävyydessä ja sen ratkaiseminen

Vaikka koneohjausjärjestelmä on sinänsä suoraviivainen, jokainen uusi ohjelma ja laite tulee aina aluksi opetella. Konekuljettajat saivat koneohjausjärjestelmän käyttämiseen hyvin yksityiskohtaista koulutusta. Uuden järjestelmän käyttöönottovaiheessa testatuksi tulee myös siitä tarvittavien tietojen opettaminen. Jatkossa koulutus tulee olemaan laajempaa ja rutinoituneempaa, jolloin suuri merkitys on itseopiskelumateriaalilla. Pääasiallinen käytettävissä oleva materiaali on laitevalmistajan käyttöohje.

Tampereen ja Oulun kaupunkien projektissa koneohjausjärjestelmän valmistaja on Novatron Oy. Heidän laitteelleen ja järjestelmälleen tarkoitettu manuaali on noin satasivuinen, sisältäen tietoa muun muassa laitteen tekniikasta. Tämä tieto ei ole kuitenkaan kovin oleellista työkoneen kuljettajalle. Vaikka kaikki asiat onkin hyvä tietää ja ne lukisi kerran lävitse, ei esimerkiksi vaikkapa teknisillä tiedoilla ole mitään tekemistä laitteen käytön kanssa. Tällöin työkoneen kuljettajan on vaikeampaa kaiken muun tiedon seasta löytää työlleen olennaiset asiat manuaalista. Vaikka koneessa onkin mahdollisuus etätukeen, yhteydenotto tapahtuu usein vain ongelmatilanteissa. Manuaalista tarkastetaan asioita, jos ei ole aivan varma toimintatavasta, mutta kyseessä ei ole mikään laitteeseen liittyvä vika. Työn sujuvuuden ja tehokkuuden varmistamiseksi on tärkeää, että laitteen käytöstä on olemassa tiivis ja käyttöön keskittynyt ohje varsinkin alkuvaiheessa.

### 5.2 Kaivinkoneen kuljettajan tarpeisiin muunneltu manuaali Novatron-koneohjausjärjestelmän käyttöohjeesta

Koneohjaus tulee olemaan näkyvin muutos työkoneen kuljettajalle. Tämä uusi toimintatapa on hyvä omaksua nopeasti, mutta laitteistoa käytettäessä tiedon hakemista helpottamaan tarvittiin siis selkeä ja nopea ohje. Novatron Oy:n oppaasta olen tiivistänyt ja lyhentänyt kuljettajan tarpeisiin tarkoitettua ohjea. Tästä tiivistetystä oppaasta on pois-

tettu kuljettajalle tarpeettomia teknisiä yksityiskohtia ja siinä on keskitytty säilyttämään lähinnä työskentelyä koskevia tietoja.

Työkoneenkuljettajan tarpeisiin muunneltu manuaali löytyy tämän opinnäytetyön liitteenä 1.



## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

### 6.1 Koneohjaus verrattuna perinteiseen rakennustapaan

Perinteisessä rakennustavassa suunnittelu on perinteisesti kulkenut osin käsi kädessä rakentamisen kanssa. Rakentaminen on täytynyt aloittaa maastoon mittaamisesta, jonka jälkeen on vasta päästy aloittamaan koneellinen rakentaminen. Suunnitelmat on toimitettu työmaalle paperisina piirustuksina, joita on säilytetty sisätiloissa, eikä suinkaan kaivinkoneen kopissa. Kun koneohjauksen myötä kaikkein uusimmat suunnitelmat ovat kokonaisuudessaan varsinaisen työn tekijän, koneenkuljettajan, ulottuvilla, tekee sen työn suorittamisesta perinteistä nopeampaa ja tarkempaa. Tämä tuo aika- ja massataloudellisia säästöjä.

Aikasäästöjä syntyy, kun kohdetta ei tarvitse mitata useasti rakentamisen aikana ja lopputuloksen hyvyteen voidaan luottaa. Lisäksi rakentaminen itsessään on nopeampaa. Kun rakentaminen on lisäksi tarkkaa, vähentyvät kuljetettavat massat huomattavasti, jolloin niiden käsittely ei vie aikaa tai rahaa. Lisäksi säästetään henkilöstökustannuksissa, kun tarvitaan aiempaa vähemmän apu työvoimaa.

Perinteisen rakennustavan erilaiset vastuukysymykset ja muut seurantamekanismit ovat vakiintuneita ja kaikilla tiedossa. Koneohjauksen tarvitsemien uusien mallien ja erilaisen suunnittelun myötä täytyy luoda kokonaan uudet standardit esimerkiksi laadunvarmistukselle tai tarjousten jättämiselle. Hankinta- ja tarjouspyyntömenettelyn pitää mahdollistaa koneohjausrakentaminen.

### 6.2 Pilotin tuomat opit

Pilotti opetti aikataulutuksen tärkeyden. Suunnittelu on aloitettava ajoissa ja sen on tiedostettava rakentajan tarpeet. Tämä tarkoittaa muun muassa kaikkien rakenteiden sisällyttämistä samaan malliin, jotta ne voidaan ottaa huomioon. Tiedostoa tarkasteltaessa kyetään piilottamaan turhat asiat, mutta niiden tulee olla olemassa tietomallissa, sillä

samaa mallia käyttävä ideaalitulanteessa kaikki hankkeen osapuolet koko tuotteen elinkaaren ajan.

Rakentajalla taas tulee olla valmiudet tietomallipohjaisen aineiston hyödyntämiseen, tai muuten suunnittelua on turha tehdä tietomalliin. Tämä tarkoittaa investointeja koneohjaustekniikkaan, mutta se sitouttaa hankkeen osapuolia hyvin. Koneohjauksen käyttö tuo kuitenkin parantunutta tarkkuutta, tehokkuutta ja turvallisuutta, mikä on aina hyvä asia.

Tilaajalle tulee antaa mahdollisuus vaatia koneohjausta. Kaikkia rakennusalan toimintatapoja olisi siis muutettava siten, että tietomallipohjainen koneohjattu rakentaminen tehdään mahdolliseksi kaikille osapuolille, mutta sen käyttöä tulee myös helpottaa ja siihen tule sitouttaa tulevaisuudessa.

Jokainen tulee koulutetaan siihen osaan prosessia, josta on itse vastuussa. Tämä ei kuitenkaan poista sitä tarvetta, että on tunnettava muiden vastuut ja toimialat. Vastuukysymykset voivat koneohjausta hyödynnettäessä olla osin uudenlaisia, mutta ne on saatava selvitettyksi, jotta koneohjausta päästään kehittämään ja siten voidaan hyödyntää sen koko potentiaalia.

### 6.3 Koneohjauksen tulevaisuus Tampereen kaupungin työmailla

Koneohjausjärjestelmä tuottaa oikein käytettynä suuria säästöjä. Suurimman säästöt saadaan työn tarkentuessa, kun massatalous pysyy suunnitellun mukaisena, sekä siinä, että voidaan rakentaa kerrasta oikein. Tampereen kaupunki toimii tilaaja-tuottajamallilla, jolloin kustannustehokkuuden merkitys korostuu entisestään. Tällöin koneohjauksen tuoma tarkkuus tuo myös varmuutta kustannuslaskelmiin.

Koneohjauksen toimivuus käytännössä on kuitenkin hyvin riippuvainen tekniikan toimivuudesta. Pilotissa käytössä olleet laitteet toimivat hyvin. Kunhan ohjelmistot saadaan yhteensopiviksi niin, että kaikki asianosaiset voivat vaivatta käyttää ja katsella samaa dokumenttia, koneohjauksen helppous ja käytännöllisyys nostaa sen arvoa. Lisäksi koneohjausta voitaisiin kehittää uudenlaisiin koneisiin. Esimerkkinä mainittakoon

aurauskalusto, jossa tietomalliin olisi tallennettu muun muassa kadun pinta, reunakiveykset, kaivojen kannet ja hidasteet, joiden mukaan aura osaisi itse liikutella itseään. Tämä vaatisi kuitenkin hyvin nopeaa reaaliaikaista paikannusta ja erinomaista tarkkuutta.

Kehittämisen paikka on myös sitouttaminen. Kun koneohjaukseen on tehty investoinnit, sitä halutaan myös käyttää. Muiden osapuolten, erityisesti alihankkijoiden sitouttaminen koneohjauksen käyttämiseen tulee olemaan yksi ensimmäisistä haasteista, jotka Tampereen kaupunki kohtaa ennen koneohjauksen yleistymistä.

## LÄHTEET

GeoSam. Luettu 17.5.2011.

[http://www.geosam.fi/index.php?option=com\\_content&view=article&id=7&Itemid=8](http://www.geosam.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=8)

Geotrim Oy. 2009. Luettu 17.5.2011. <http://www.geotrim.fi/Tuoteryhma.asp?ID=335>

GoogleMaps. 2011. Luettu 14.5.2011.

[http://maps.google.fi/maps?q=veisu+tampere&oe=utf-8&rls=org.mozilla:fi:official&client=firefox-a&um=1&ie=UTF-8&hq=&hnear=0x468edf6d3080be01:0x2600b5523c1981f1,Veisu,+Tampere&gl=fi&ei=3mnOTeOuDMrasgaRwdmwCw&sa=X&oi=geocode\\_result&ct=image&resnum=1&ved=0CBgQ8gEwAA](http://maps.google.fi/maps?q=veisu+tampere&oe=utf-8&rls=org.mozilla:fi:official&client=firefox-a&um=1&ie=UTF-8&hq=&hnear=0x468edf6d3080be01:0x2600b5523c1981f1,Veisu,+Tampere&gl=fi&ei=3mnOTeOuDMrasgaRwdmwCw&sa=X&oi=geocode_result&ct=image&resnum=1&ved=0CBgQ8gEwAA)

Hietanen, J. 2010. Rakentamisen tietomallien perusteet –opintojakson avausluennon ”Tietomallintamisen Perusteet” materiaali. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere. Luettu 14.2.2011. Saatavuus rajoitettu.

Ilmonen, M. 2010. Koneohjauspäivä 3.11.2010. Luentomateriaali. Tampere. Luettu 25.1.2011. Saatavuus rajoitettu.

Niskanen, J. 2010. InfraTM-koneohjaushankkeen esittely- ja suunnittelupalaverin 13.1.2010 keskustelumuistio. Luettu 30.1.2011. Saatavuus rajoitettu.

Novatron. Johdatus 3D koneohjausjärjestelmiin. Luettu 31.1.2011. Saatavuus rajoitettu.

Novatron. Novatron3D-järjestelmät. Luettu 14.2.2011. Saatavuus rajoitettu.

Scanlaser. 2011. Luettu 17.5.2011. <http://www.scanlaser.fi/fi/index.htm>

Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa. 2010a. InfraTM-pilotin TEKES-väliraportti 1.9.2010. Luettu 30.1.2011. Saatavuus rajoitettu.

Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa. 2010b. Infra-TM-pilotin TEKES-loppuraportti 31.12.2010. Luettu 14.5.2011. Saatavuus rajoitettu.

Kuvat: Erja Joentausta, AdPaja Oy. Kuvat on otettu 24.4.2010. Saatavuus rajoitettu.

## LIITTEET

## LIITE 1: 1 (2)

Liite 1. Kaivinkoneen kuljettajan tarpeisiin muunneltu manuaali Novatron-koneohjausjärjestelmän käyttöohjeesta

## PIKAOHJE NOVATRON 3D VISION KÄYTTÖÖN

## Käynnistys

- Avaa pääkatkaisija
- Paina virta päälle päätteestä

## Tilan tarkistus

- Varmista että näytön oikeassa alakulmassa on vihreä tausta ja vähintään lukema 5 ( kuvassa satelliittien määrä 8 ).
- Tästä viereinen ruutu vasemmalle on oltava myös vihreällä taustalla. (Yhteys tukiasemaan varmistettu ). Jos tausta ei muutu vihreäksi niin pyöritä ylävaunua 360 astetta. Jollei tästä huolimatta väri vaihdu vihreäksi, ota yhteyttä Novatronin etätukipalveluun **03 357 26 00**.

Malli	Piste	Linja	GPS	Tila	Loki	
dZ 2.87			D 318.6 °		8	
14:50:01				0.0: 6		

## Projektin siirtäminen FTP-palvelimelta

- Paina päävalikosta **Projekti**=> **Avaa projektihakemisto** => paina **Yhdistä FPT:lle**=> paina **Connect**=> valitse projekti aktiiviseksi=> paina **Lataa projekti**=> latauksen jälkeen paina **Katkaise ja Sulje**

## Projektin lataaminen

- Paina päävalikosta **Projekti**=> **Avaa projektihakemisto**=> valitse **työmaa**=> paina **Lue tämä työalue** => paina **Sulje**

(jatkuu)

## LIITE 1: 2 (2)

## Väriasetukset

- Paina päävalikosta **Valinnat**=> valitse **Väriasetukset**=> aktivoi haluttu tiedosto ja säädä värit liukukytkimillä. Vasemmalla ylhäällä painike Näkyvillä josta tiedosto saadaan näkyväksi tai pois näkyviltä.

## Kauhan valinta

- Paina päävalikon alta **Vision**=> tarkista onko kauha valinta oikea => jos ei ole oikea paina oletuskauhaa=> valitse valikosta oikea kauha=> paina **GPS** painiketta niin kauha vaihtuu valituksi

## Mittapisteen valinta

- Valitse kauhan mittapiste päävalikon alta painikkeella:

Tätä toistuvasti painaen mittapiste siirtyy oikeasta laidasta vasempaan ja keskelle.



## Pisteen koodin valinta ja pisteiden tallentaminen

- Paina **Loki** näppäintä=> paina **Code näppäintä**=> näppäile oikea koodi ja paina **OK**=> vie kauhan valittu mittapiste tallennettavaan kohtaan=> paina **Tall sijainti** äänimerkki varmistaa tallennuksen=> tallenna kaikki tarvittavat pisteet=> kun pisteet tallennettu paina päävalikosta **Projekti**=> paina **Tallenna pisteet**=> valitse **vain uudet pisteet**=> paina **Vie** painiketta => paina **Lataa FTP:lle** painiketta=> odota että oikeaan alakulmaan tulee teksti all synchronizet=> paina **Sulje** painiketta

## Liite 2. Tampereen Kaupunki Hitachi 180 26.4.2010 -asennusraportti

<b>NOVATRON</b>						
Asennus / Huoltoraportti						
<b>Yrityksen tiedot</b>						
Yrityksen nimi	Tampereen Kaupunki Sähkölaitos			Asiakasnumero	11352	
Yhteys henkilön nimi	Jouni Kumanto			Puhelinnumero	0400 836342	
Osoite				Postinro/Paikka		
<b>Järjestelmän tiedot</b>						
Laitekokoisuus	V3 dual gps					
Mittarin S/N	0303-1710 DBSN: 4-138-404-546					
Ohjelmaversiot						
<b>Asennustiedot</b>						
Koneen merkki/malli	Hitachi Zaxis 180W 750-KAR			Omistaja		
Sähköt otettu	päävirtareleelle tuleva akun + kaapeli					
Piiloitettujen laitteiden sijainnit	Mascot virtalähde hytin takamuovin alla.					
Saavutetut tarkkuudet	Tappilinja	1	Kauha		XY	
Muut	Backup		Käyttökoulut.		Z	
<b>Mitat</b>						
	Puomisto		Koiranluu		Easy Level	Kauha
P2	2,710	P9	0,220	P14		Kauha 1
P3	5,500	P10	0,450	P15		Kauha 2
P4		P11	0,475	P16		Kiinnitin 0,290
P5	0,250	P12	0,580	Nop.		Vasen lev.
		P13	0,604	Tark.		Oikea lev.
	Puskukone		Gps alkup.		Gps muutetut	Kalibroinnit
Terän leveys		A	et. 232	A		Runkoanturi
Terän korkeus		B	pk.poikk. 16	B		Easy Level
Antennin korkeus		C	L-poikk.88	C		Kauha
Offset X		D	Kork.101	D		Tiltti
Offset Y		E		E		Kompassi
Offset Z						
<b>Huolto</b>						
Vian kuvaus						
Työselite	Tappilinja säädetty kohdalleen.					
<b>Laskutus</b>						
Materiaalit	1	Tnc-liitin		Määrä	2	Kpl.
	2			Määrä		Kpl.
	3			Määrä		Kpl.
	4			Määrä		Kpl.
	5			Määrä		Kpl.
Ajokilometrit	30	km	Kokopäivär.	Paikkakunta	Tampere	
Matka-aika	0,5	h	Puolipäivär.	Päivämäärä	23-24.04.10	
Asennus-/Huoltoaika	10	h		Tekijä	Mikko Pakkanen	
Majoitus		€		Työnumero	741	
<b>Tiedoksi</b>						
Muut asiat	Jouni Kumanto oli mukana tutustumassa asennukseen.					

## Liite 3. Tampereen kaupunki Hitachi 170 W 17.4.2010 -asennusraportti

<b>NOVATRON</b>							
Asennus / Huoltoraportti							
<b>Yrityksen tiedot</b>							
Yrityksen nimi	Tampereen kaupunki			Asiakasnumero	11352		
Yhteys henkilön nimi	Kumanto Jouni			Puhelinnumero			
Osoite				Postinro/Paikka			
<b>Järjestelmän tiedot</b>							
Laitekokoisuus	V3D dual gnss järjestelmä						
Mittarin S/N	V3D0353-3710, GD20168-1510 DBSN: 4-138-405-547						
Ohjelmaversiot							
<b>Asennustiedot</b>							
Koneen merkki/malli	Hitachi Zaxis 170 W			Omistaja			
Sähköt otettu	Akku						
Piiloitettujen laitteiden sijainnit	Virtalähde muovien alla						
Saavutetut tarkkuudet	Tappilinja	1	Kauha		XY		
Muut	Backup		Käyttökoulut		Z		
<b>Mitat</b>							
	Puomisto		Koiranluu		Easy Level		Kauha
P2	2,580	P9		P14		Kauha 1	
P3	5,100	P10		P15		Kauha 2	
P4		P11		P16		Kiinnitin	
P5	0,300	P12		Nop.		Vasen lev.	
		P13		Tark.		Oikea lev.	
	Puskukone		Gps alkup.		Gps muutetut		Kalibroinnit
Terän leveys		A	Paikk. 19,5	A		Runkoanturi	x
Terän korkeus		B	Et. 229	B		Easy Level	
Antennin korkeus		C	k. 168 Pultin pää	C		Kauha	
Offset X		D		D		Tiltti	
Offset Y		E		E		Kompassi	
Offset Z							
<b>Huolto</b>							
Vian kuvaus	Gps- antennit on ehkä syytä vaihtaa lyhyempiin. Ne ulottuvat reilusti hytiin yli.						
Työselite	-Kauhaa ei ollut saa itse liimata näyttöruudun.						-Kuski
<b>Laskutus</b>							
Materiaalit	1	Tnc-liitin		Määrä	3	Kpl.	
	2	Asennuslevy Indexator (tiltiin)		Määrä	1	Kpl.	
	3			Määrä		Kpl.	
	4			Määrä		Kpl.	
	5			Määrä		Kpl.	
Ajokilometrit	30	km	Kokopäivär.		Paikkakunta	Tampere	
Matka-aika	0,5	h	Puolipäivär.		Päivämäärä	17.04.2010	
Asennus-/Huolto-aika	8,5	h			Tekijä	Mikko Pakkanen	
Majoitus		€			Työnumero	740	
<b>Tiedoksi</b>							
Muut asiat							