

Oskar Eklöf

# Tietomalleista koneohjaukseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Rakennustekniikka  
Insinöörityö  
17.11.2011

Tämä insinööriyö tehtiin Vianova Systems Finland Oy:lle ja FCG Finnish Consulting Group Oy:lle. Tahdon kiittää Tuomo Palomaata, Mikko Alilonttista ja Jukka Tialaa työn ohjaamisesta. Kiitokset myös Tomi Lylylle, joka antoi aiheen insinööriyölleni. Lisäksi kiitokset kaikille muille, jotka ovat auttaneet työssäni.

Helsingissä 17.11.2011

Oskar Eklöf

Tekijä(t) Otsikko	Oskar Eklöf Tietomalleista koneohjaukseen
Sivumäärä Aika	51 sivua + 3 liitettä 17.11.2011
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Ympäristörakentaminen
Ohjaaja(t)	Projektipäällikkö Mikko Alilonttinen Järjestelmäsuunnittelija Tuomo Palomaa Insinööri (AMK) Jukka Tiala
<p>Tämän insinööriyön aiheena ja tavoitteena on selvittää, minkälaisia koneohjausmalleja Novapoint-suunnitteluovelluksilla pystytään tuottamaan, sekä miten näitä ja työmaalla käytettäviä ohjelmia ja laitteita tulisi jatkossa kehittää. Lisäksi perehdytään siihen, mitä tietomalleilla tarkoitetaan infra-alalla.</p> <p>Koneohjausmallit liittyvät kiinteästi tietomalleihin. Koneohjausmallit ovat rakentamisen-aikaisia malleja ja ne ovat osa tietomallia. Tietomallilla tarkoitetaan rakennuksen tai infra-alalla infrarakenteen koko elinkaarenaikaisten tietojen kokonaisuutta. Tiedot ovat digitaalisessa muodossa ja tietomalliin liittyy myös rakennuksen tai rakenteen geometrian määrittäminen ja sen esittäminen kolmiulotteisesti.</p> <p>Tämän työn kirjallisuusosiossa on käytetty yrityksiltä ja internetistä saatua aineistoa. Koneohjausaineistoa tuotettiin kahdesta suunnitellusta ja mallinnetusta esimerkkiväylästä, jotka oli tehty yhdyskuntatekniikan suunnitteluun soveltuvalla ohjelmalla. Lisäksi insinööriyössä haastateltiin koneohjauksen tärkeimpiä sidosryhmiä kehitystarpeiden selvittämistä varten.</p> <p>Tutkimuksissa selvisi, että kehitystarvetta on niin ohjelmissa kuin laitteissakin. Suurimpana ongelmana oli eri tiedonsiirtoformaattien suuri lukumäärä ja laitteiden vaihtelevuus työmaalla. Toisena tärkeänä asiana havaittiin, että alalla tarvitaan yhteisiä ohjeita ja standardeja määrittämään vaatimukset lähtöaineistoille ja suunnitelluille malleille. Alalla tarvitaan muutenkin muutos käytäntöihin, jotta päästään Infra FINBIM -kehityshankkeen asettamaan tavoitteeseen siitä, että vuoteen 2014 mennessä kaikki suuret infranhaltijat tilaavat vain mallipohjaista palvelua.</p>	
Avainsanat	Koneohjaus, tietomalli, tiedonsiirtoformaatti

Author(s) Title	Oskar Eklöf From information models to machine control
Number of Pages Date	51 pages + 3 appendices 17 Nov 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Environmental Construction
Instructor(s)	Mikko Alilonttinen, Project Manager Tuomo Palomaa, System Specialist Jukka Tiala, Bachelor of Engineering
<p>The purpose of this thesis is to examine what kind of machine control models can be produced with Novapoint design software and also how the aforementioned software as well as the programs and equipment that are used at civil construction sites should be developed in the future. Furthermore, this thesis reveals what is meant by information models in the branch of civil engineering.</p> <p>Machine control models are closely related to information models. Machine control models belong to the construction phase of a project and they are a part of the information model. The information model comprises of digital information for a full life cycle of a building, or in the civil engineering branch, a civil structure. Information models consist of definitions for the geometry of buildings or structures and the capability to express these structures three-dimensionally.</p> <p>The thesis was based on literature references from the client and from various internet sources. Machine control models were produced from two designed and modeled example roads with software suited for designing civil engineering structures. Also the most important interest groups for machine control were interviewed to reveal demands for development.</p> <p>The study showed that there is need for development in the programs as well as in the equipment used for machine control based processes. The largest issue was that there is a considerable amount of different data transfer formats and equipment used at civil construction sites. Another important issue that was noticed was that there is a need for mutual standards and guidelines to define requirements for source material and designed models. There is also a need for change in the usual practices in the branch as it is, so that the goal of Infra FINBIM development program can be met. The goal is that in the year of 2014 every large infra-holder will order only model based services.</p>	
Keywords	Machine control, information model, data transfer format

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	3D-koneohjaus	3
2.1	Nykytilanne	5
2.2	Mallintava suunnittelu	9
2.3	Työkoneet	11
2.3.1	Kaivinkone	11
2.3.2	Tiehöylä	12
2.3.3	Puskutraktori	13
2.4	Koneohjausjärjestelmät	14
2.5	Paikannusjärjestelmät	17
2.5.1	GPS, GLONASS ja Galileo	18
3	Koneohjausmallien tuottaminen	20
3.1	LandXML ja Inframodel	21
3.2	Suunnittelu ja mallinnus	22
3.2.1	Geometrian suunnittelu	26
3.2.2	Väylämallin suunnittelu	28
3.2.3	Vesihuoltosuunnittelu	31
3.3	Koneohjausmallien kirjoittaminen ja tarkastelu	33
3.4	Koneohjausmallien tuottamisen tulokset	39
4	Haastattelututkimus koneohjauksen kehitystarpeista	41
4.1	Urakoitsijat	42
4.2	Laitetoimittajat	44
4.3	Suunnittelijat	46
4.4	Haastatteluiden johtopäätökset	47
5	Yhteenveto	49
	Lähteet	51
	Liitteet	
	Liite 1. Urakoitsijoiden haastattelulomake ja vastaukset	
	Liite 2. Laitetoimittajien haastattelulomake ja vastaukset	
	Liite 3. Suunnittelijoiden haastattelulomake ja vastaukset	

## Lyhenteitä ja käsitteitä

AutoCAD	CAD on lyhenne englannin kielen sanoista <i>Computer-aided design</i> , joka tarkoittaa tietokoneavustettua suunnittelua. AutoCAD on tietokoneavusteisen suunnittelun ohjelma, jota julkaisee ja kehittää Autodesk Inc. AutoCAD on vektorigrafiikkasovellus, jossa tietoa käsitellään erilaisina viivoina, kaarina, ympyröinä, teksteinä ja pintoina.
BIM	<i>Building information modeling</i> eli rakenteen tai rakennuksen tietomallintaminen.
Galileo	Eurooppaan kehitteillä oleva oma satelliittipaikannusjärjestelmä.
GLONASS	Venäjän kehittämä ja ylläpitämä satelliittipaikannusjärjestelmä.
GPS	Lyhenne sanoista <i>Global Positioning System</i> . Yhdysvaltojen sotilaskäyttöön kehitetty satelliittipaikannusjärjestelmä, jota sovelletaan lisäksi siviili-toimintoihin.
LandXML	LandXML on yleinen, XML-koodiin pohjautuva infran suunnittelutiedon siirtämiseen tarkoitettu spesifikaatio.
SHOK	Strategisen huippuosaamisen keskittymä. Yliopistojen, yritysten ja tutkimuslaitosten muodostama yhteistyökeskittymä, jonka tavoitteena on nopeuttaa tutkimustulosten hyödyntämistä ja tällä tavoin ylläpitää kilpailukykyä.
Tietomalli	Rakennuksen tai infra-alalla infrarakenteen koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus. Tiedot ovat digitaalisessa muodossa ja tietomalliin liitetty myös rakennuksen tai rakenteen geometrian määrittäminen ja esittäminen kolmiulotteisesti.
Tuotemalli	Suunnitteluvaiheen infrarakenne, kuten esimerkiksi tie. Tuotemalli on osa tietomallia.

## 1 Johdanto

Koneohjauksella tarkoitetaan työkoneenkuljettajan opastamista infrarakentamisen tehtävissä. Koneohjaus tarvitsee toimiakseen suunnittelijan työstämän koneohjausmallin, joka viedään työmaalle työkoneen ohjausjärjestelmään opastamaan työntekoa. Työkoneita, joissa ohjausjärjestelmiä sovelletaan, ovat esimerkiksi kaivinkone, tiehöylä ja puskutraktori. Koneohjauksen yhteydessä puhutaan usein myös koneautomaatiosta, mutta automaatiolla tarkoitetaan työkoneen ohjaamista automaattisesti kuljettajan pelkästään valvoessa koneen toimintoja. Koneohjauksen käyttö erilaisina sovelluksina on jo nykypäivää infra-alan suurimpien urakoitsijoiden keskuudessa. Koneohjauksen käyttö on yleistymässä myös pienemmissä hankkeissa, koska myös niissä on havaittu saavutettavan hyötyjä. Näitä hyötyjä ovat mm. rakentamisen parantunut tarkkuus, tehokkuus ja materiaalisäästöt. Koneohjaus on käytössä laajasti myös ulkomailla ja sen edelläkävijöinä pidetään Norjaa ja Ruotsia.

Tietomalleja on käytetty pitkään talonrakennusalalla ja nyt myös infra-alalla ollaan siirtymässä mallintavaan toteutustapaan. Tietomalli on rakennuksen tai infra-alalla infrarakenteen koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus. Tiedot ovat digitaalisessa muodossa ja tietomalliin liittyy myös rakennuksen tai rakenteen geometrian määrittäminen ja esittäminen kolmiulotteisesti. Infrahankkeessa, tuotemallintamista käytettäessä, kulkee rakenteiden suunnittelutieto eri vaiheiden läpi alustavasta suunnittelusta valmiin rakenteen ylläpitoon asti nopeasti ja ilman hävikkiä. Kun infrarakenteen tuotemalli, esimerkiksi tie, on laadittu, voidaan sen tietoja tarkastella kolmiulotteisten visualisointien tai kaksiulotteisten piirustusten kautta. Tuotemallipohjainen suunnittelu ja tiedonsiirto mahdollistavat myös infrarakenteen ylläpidon merkittävän tehostamisen. Sen jälkeen kun rakenteiden kaikki tieto, niin suunnitellut kuin toteutuneet, on kokonaan mallinnettu, ovat ne ylläpitäjän käytettävissä.

Koneohjausmallit ovat osa rakentamisvaihetta vieden samalla mallintavaa suunnittelu- ja rakentamisprosessia eteenpäin. RYM Oy:n (rakennetun ympäristön SHOK-yhtiö) käynnistämässä ohjelmassa keskitytään tietomallintamisen kehittämiseen ja hyödyntämiseen infra-alalla. Ohjelmaan kuuluvan Infra FINBIM:n visiona onkin, että vuonna

2014 suuret infranhaltijat tilaavat vain mallipohjaista palvelua, joita hyödynnetään projektin kaikissa vaiheissa, aina suunnittelun tilauksesta kunnossapitovaiheeseen. [10.]

Työn tilaajina ovat Vianova Systems Finland Oy ja FCG Finnish Consulting Group Oy. Vianova Systems Finland Oy on yhdyskuntatekniikan alan ohjelmistotalo, jonka päätuotteena on yhdyskuntatekniikan suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon kehitetty Novapoint-ohjelmistoperhe. Tässä työssä käytetään Novapoint-suunnittelujärjestelmän infrasuunnittelusovelluksia. FCG Finnish Consulting Group Oy on Suomen suurimpia monialaisia konsulttiyrityksiä ja markkinajohtaja monella toimialallaan. FCG:n palvelut keskittyvät infra-, ympäristö- ja yhdyskuntasuunnitteluun, koulutukseen ja osaamisen kehittämiseen sekä kansainväliseen kehityskonsultointiin.

Tämän insinööri työn tavoitteena on selvittää, minkälaisia koneohjausmalleja Novapoint-suunnittelusovelluksilla pystytään tuottamaan, sekä miten näitä ja työmaalla käytettäviä ohjelmia ja laitteita tulisi jatkossa kehittää. Tutkimusta tehdään pääasiassa suunnittelijan näkökulmasta, mutta myös urakoitsijoiden ja laitetoimittajien näkökulmat otetaan huomioon. Työssä tutkitaan tarkemmin, minkälaista koneohjausaineistoa Vianovan Novapoint-tuoteperheen uusimmilla suunnitteluohjelmilla pystytään tuottamaan LandXML-formaatissa. Koneohjausaineiston tuottamisesta tehdään prosessinkuvaus, jonka tavoitteena on saada käsitys siitä, miten ja minkälaisia malleja saadaan tuotettua ja miten niitä tulisi kehittää. Lisäksi tehdään haastattelututkimus koneohjauksen tärkeimpien sidosryhmien osalta tavoitteena löytää laajemman tarkastelun kautta koneohjauksen kannalta tärkeimmät kehitettävät asiat. Lisäksi perehdytään siihen, mitä tietomalleilla tarkoitetaan infra-alalla.



## 2 3D-koneohjaus

3D-koneohjauksella tarkoitetaan yksinkertaisimmillaan sitä, että suunnittelijan tuottama malli viedään työmaalla sijaitsevan koneen koneohjausjärjestelmään, jolloin kuljettaja pystyy rakentamaan tarkasti suoraan mallin mukaisesti. Infra-alalla koneohjausta käytetään pääasiassa kaivinkoneissa, tiehöylissä ja puskutraktoreissa. Suunnittelijan tuottamilla koneohjausmalleilla ja työkoneeseen asennetuilla ohjaus- ja paikannusjärjestelmillä ohjataan oikeaan kallistukseen ja korkoon koneen työvälineitä joko automaattisesti tai koneen kuljettajaa opastaen. Koneen toimintoja ohjaa siis edelleen kuljettaja, mutta hän pystyy hytissä sijaitsevan näytön avulla näkemään suunnitelmat sekä oman koneensa paikan suhteessa suunnitelmiin ja maastoon.



Kuva 1. Kuva koneohjausjärjestelmällä varustetun kaivinkoneen hytistä.

Koneohjausjärjestelmät saavat tarvitsemansa tiedon koneohjausmalleista, jotka tuotetaan suunnitteluohjelmilla perinteisten 2D-paperisuunnitelmien lisäksi. Mallit sisältävät pintoja, joista saadaan korko-, kallistus-, pituus-, leveys- ja paksuustietoa. Tie- ja katurakentamisessa tarvitaan tietoa myös geometrioista, rakennekerroksista, leikkauksista,

penkereistä, putkista ja oja-pinnoista. Näitä tietoja sisältäviä malleja siirretään suunnittelijan tietokoneelta työkoneen ohjausjärjestelmään eri formaateissa. Nykyään malleja toimitetaan eniten LandXML-tiedostoina, joka tulee todennäköisesti olemaan infra-alan yhteinen tiedonsiirtoformaatti tulevaisuudessa. Mallit siirretään työkoneen ohjausjärjestelmän sisäiseen muistiin lähinnä muistitikkujen ja -korttien avulla. Joissain järjestelmissä siirtäminen voidaan tehdä myös langattomasti.

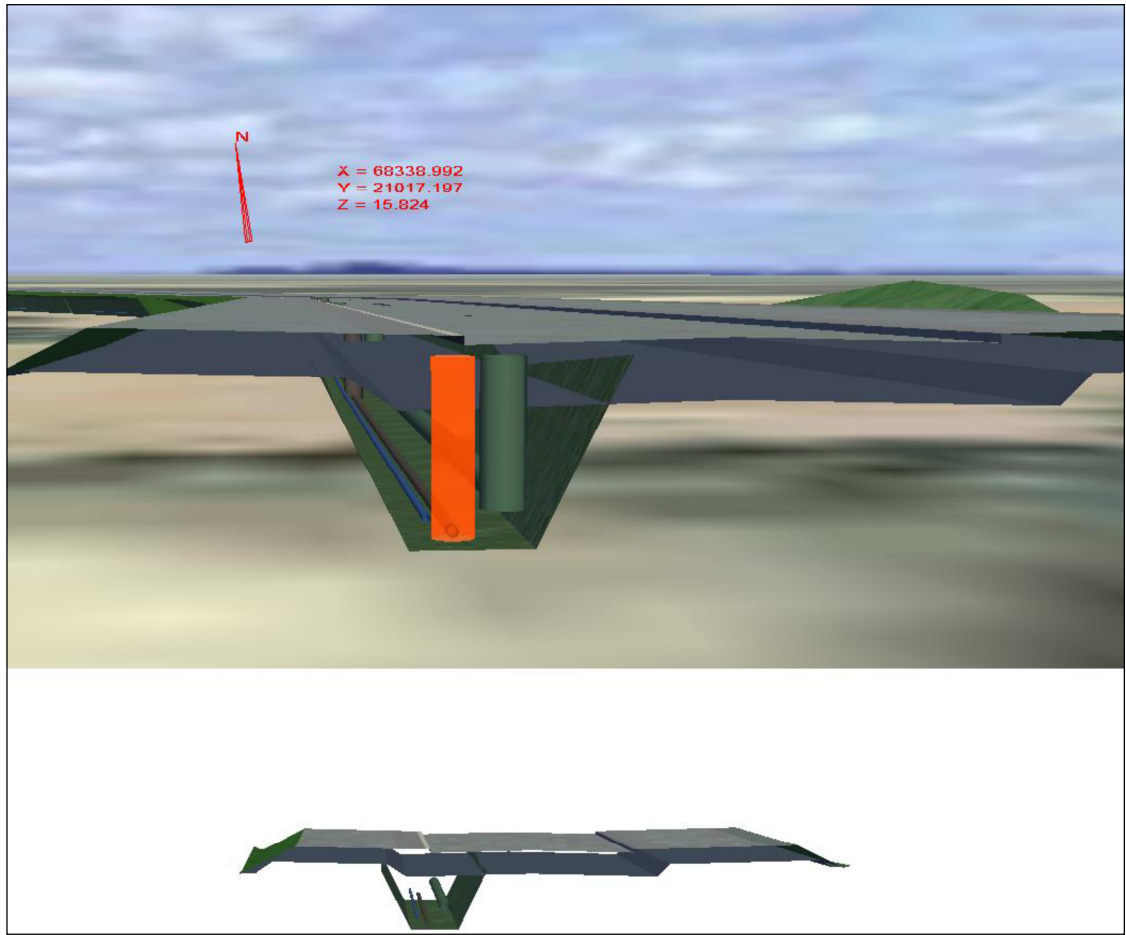
Koneohjauksessa tarvitaan erilaisia paikannus- ja mittausjärjestelmiä. Niillä määritetään koneen paikka sekä työterien ja kauhojen asemat. Sijainnin määrittämiseen voidaan käyttää satelliittipaikannusta tai takymetriohjausta sekä joissain tapauksissa molempia samanaikaisesti. Työkoneeseen asennetaan antureita ja vastaanottimia sekä näyttöpääte hyttiin, josta kuljettajan toimintaa opastetaan. Sitä mukaa kun näiden mittausjärjestelmien tarkkuus paranee, paranee myös työmaalla rakennettavan tuotteen tarkkuus. Nykyisillä järjestelmillä päästään pääasiassa +/- 1-3 cm tarkkuuteen. [1.]

Työkoneitten koneohjauksen hyötyjä on monia. Työn tarkkuus paranee sekä töitä voidaan tehdä olosuhteista riippumatta esimerkiksi yöllä, kovassa sumussa tai veden alla. Työturvallisuus paranee, koska koneen lähettyvillä ei tarvita mitta- tai apumiestä osoittamassa korkoja työkoneen kuljettajalle. Perinteisesti mittamiehet ovat siirtäneet työmaalla suunnitelmat maastoon erilaisin menetelmin kuten esim. lyömällä mittatikkuja maahan. Tämä käytäntö vaatii aikaa ja resursseja sekä lisää inhimillisten erehdysten määrää. Koneohjauksella vähennetään paikalleen merkinnän määrää ja nopeutetaan työn aloittamista ja edistymistä. Esimerkiksi tietä rakennettaessa sellaisia mittaustapah-tumia kertyy paljon, jotka voidaan tulevaisuudessa korvata koneohjausjärjestelmien toiminnoilla. Säästynyt paikalleenmerkintäaika voidaan käyttää kontrollimittauksiin. Koneohjauksen käyttöönoton myötä myös koneenkuljettajan kiinnostus ja vastuu töitä kohtaan kasvaa. Kuljettajat tulevat tietämään suunnitelmista enemmän kuin aikaisemmin ja he pystyvät toimimaan työnjohdon tukena. [4; 5.]

## 2.1 Nykytilanne

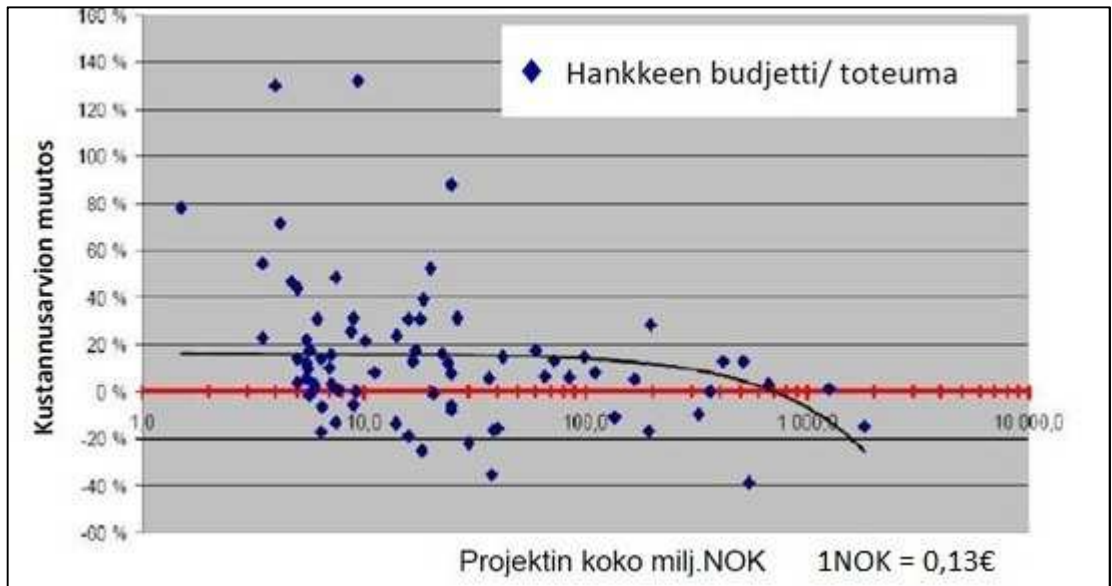
Nykyään teiden ja katujen suunnitelmista voidaan tuottaa koneohjausaineistoa rakennussuunnitelmavaiheessa ja siirtää ne työmaalle työkoneiden ohjauslaitteisiin opastamaan työn tekoa. Ajan ja henkilöresurssien säästämisen lisäksi koneohjaus vähentää virheitten mahdollisuuksia. Ideaalitulanteessa on suunnittelun, urakoinnin ja ylläpidon välillä vallitsisi katkeamaton tietovirta. Perinteiseen suunnitteluun verrattuna ne toimenpiteet, joita tarvitaan koneohjausmallin käyttöönottoon, ovat erilaisten rakennushankkeiden kokonaiskustannuksiin sekä saataviin hyötyihin nähden pieniä. Suunnittelijan tuottamat suunnitelmat siirtyvät toteutusvaiheeseen kuitenkin nykyään suurelta osin edelleen kaksiulotteisina, sähköisinä tai paperisina dokumentteina sekä luetteloina. Mallipohjaisen toteutustavan edellytyksenä on, että kaikki hankkeen osapuolet tilaajasta lähtien sitoutuvat tähän toimintatapaan. [2, s. 6.]

Koneohjauksen edelläkävijöinä pidetään koko maailmassa Norjaa ja Ruotsia. Varsinkin Norja on vienyt koneohjausta todella paljon eteenpäin. Norjassa on toteutettu merkittäviäkin tiehankkeita tietomalleihin perustuen. Tietomallien kanssa on käytetty koordinoitumallia, johon kaikki suunnitelmat kootaan yhtenäiseksi virtuaalimalliksi. Koordinoitumalleista kerrotaan enemmän luvussa 2.2. Norjan tiehallinnon käytäntö sisällyttää tilausvaatimuksiinsa tietomalli hankkeesta muitten suunnitelmien lisäksi nopeuttaa tietomallipohjaisen suunnittelun ja rakentamisen käyttöönottoa. Lisäksi erilaiset ohjeistukset tietomallien käyttöön ovat Norjassa jo hyvin pitkällä. Väylärakentaminen toteutetaan nykyään pääsääntöisesti koneohjauksella myös Ruotsissa.



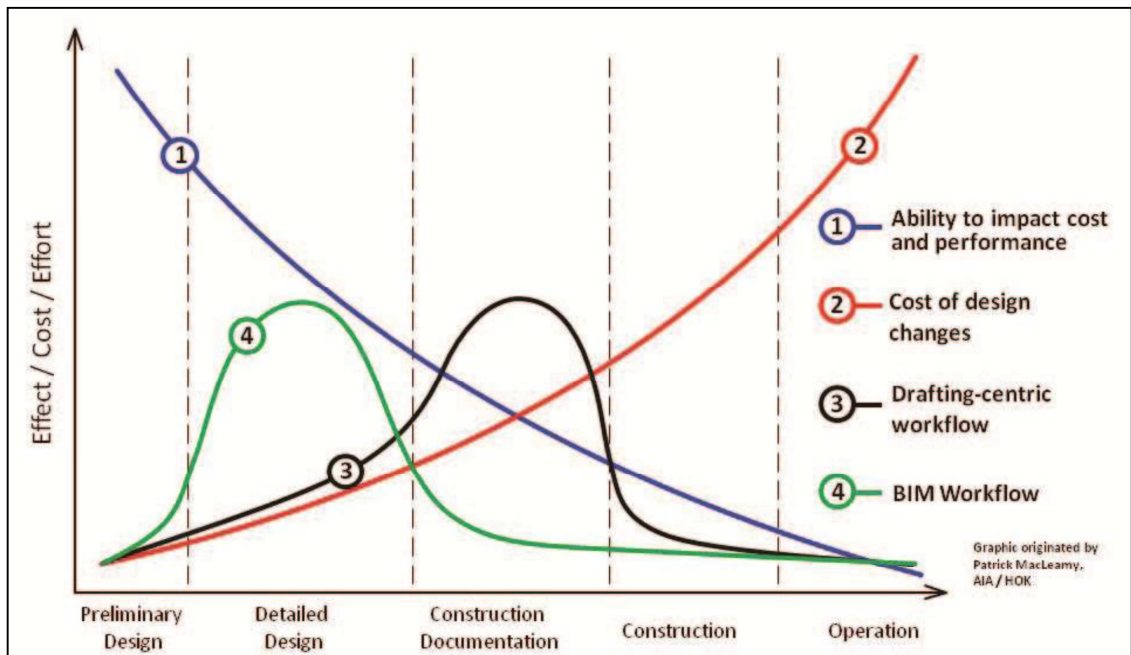
Kuva 2. 3D-näkymä kadun yläpinnasta, leikkauspinnasta, putkikaivannosta ja kaivannon putkista sekä kaivoista. [2, s. 16.]

Norjassa otettiin käyttöön vuonna 2008 BIM-verkosto (*Building information modeling*), johon kerätään kokemuksia tietomallipohjaisista suunnittelukohteista eri puolilla maata. Kokemukset jaetaan verkossa kaikkien hyödynnettäväksi. Kyseistä verkostoa käytetään myös infrahankkeissa. Tietomallien käytön kokemuksia on tilastoitu niin suurista kuin pienistäkin hankkeista ja on huomattu, että koneohjausrakentamisesta on hyötyä myös pienemmissä hankkeissa. Norjassa on selvitetty tiehallinnon toimesta erikokoisten väylähankkeiden suunnittelunaikaisten kustannusarvioiden pitävyyttä suhteessa toteutuneisiin kustannuksiin. Selvityksen mukaan isoissa hankkeissa yksittäisen muutoksen arvo voi olla suuri, mutta kokonaisuudessa kustannusarvion muutokset ovat usein pieniä. Pienempiä hankkeita tehdään kuitenkin paljon enemmän ja niissä tapahtuvat suurimmat kustannusylitykset. Kuvassa 3 on esitetty vaaka-akselilla hankkeen kokoluokka miljoonissa Norjan kruunuissa ja pystyakselilla hankkeen toteumapiste kustannusarvioon nähden.



Kuva 3. Erikokoisten infrahankkeiden kustannustoteumia Norjassa. [2.]

Hyödyntämällä koneohjausta ja tietomallintamista suunnittelussa ja rakentamisessa voidaan mahdollisia kustannusarvioiden muutoksia ja ylityksiä ennakoida ja estää jo ennen rakennusvaihetta. Suunnitteluvaiheessa asetetaan kuitenkin suurin osa hankkeen rakennuskustannuksista. Kuvassa 4 tulee esiin tietomallipohjaisen työskentelytavan hyödyt.



Kuva 4. Tietomallipohjaisen työskentelytavan hyötyjä. [2.]

Kuvaajan pystyakselilla on tehokkuus, kustannus ja työpanos. Vaaka-akseli on jaettu viiteen vaiheeseen: esisuunnittelu, detaljisuunnittelu, rakennussuunnittelu, rakentaminen ja käyttö. Käyrä numero 1 kuvaa, kuinka mahdollisuus vaikuttaa projektin kustannuksiin sekä tehokkuuteen pienenevät projektin edetessä. Käyrä numero 2 osoittaa, että suunnitelmiin tehtyjen muutosten kustannusarviot kasvavat hankkeen edetessä pidemmälle. Käyrä numero 3 kuvaa perinteistä piirustuskeskeistä ja dokumenttipohjaista työskentelyä, jossa suurin työ tehdään rakennussuunnitteluvaiheessa. Kuten kuvasta näkyy, tässä vaiheessa mahdollisuudet muutosten tekoon vähenevät ja muutosten kustannukset kasvavat. Tietomallipohjainen työskentelytapa, käyrä numero 4, (BIM Workflow) siirtää suunnittelun panosta aikaisempaan vaiheeseen, jolloin kokonaiskustannuksiin vaikuttaminen helpointa ja halvinta. [2, s. 6-7.]

Suomessa infra-alalla ollaan tällä hetkellä koneohjauksen laajan käyttöönoton kynnyksellä. Infrapuolella tiehankkeiden lähtötietoja ja maastomalleja mitataan perinteisen mittaustavan lisäksi esim. laserkeilaamalla ilmasta, jolloin lähtötiedot ovat suoraan 3D-aineistona. Suunnittelussa hyödynnetään 3D-mallinnusta ja koneohjausjärjestelmiä aletaan työmaalla ottaa yhä enemmän käyttöön. Toteumatietoja kerätään laserkeilaamalla ja perinteisillä mittausmenetelmillä. Koneohjaus on myös tilaajapuolella huomattu hyväksi ja se näkyy jo tarjouspyynnöissä.

Koneohjausta on kokeiltu paljon erilaisissa toteutuksissa. Näissä toteutuksissa koneen kuljettajaa yleensä opastetaan tai koneen hydraulikkaa ohjataan automaattisesti. Testattavina koneina on ollut kaivinkoneita, puskuotraktoreita, tiivistyskoneita, asfaltinlevitimiä, porajumboja, tiehöyliä, paalutuskoneita ja jyrsimiä. Todettujen tulosten mukaan koneohjausta hyödyntävien koneiden tekemän työn laatu on parantunut ja kustannukset pienentyneet.

Työkoneitten kapasiteetin kasvua on tutkittu Caterpillarin toimesta. Tutkimus tehtiin rakentamalla kaksi täysin samanlaista väylää rinnakkain. Toinen rakennettiin perinteisellä tavalla ja toinen 3D-mallinnusta ja koneohjausta hyödyntäen. Kapasiteetin kasvua havaittiin esimerkiksi tiehöylällä 90 %, kaivinkoneella 30 % ja puskuotraktorilla sekä asfaltinlevittimellä 0-20 %. Samanlaisia arvoja on saatu muiltakin työmailta. Esimerkiksi Skanskan Puolan A1 työmaalta vuonna 2007 saatiin melkein täysin samat tulokset kapasiteetin kasvussa. Ainoastaan tiehöylän kapasiteetin kasvu oli Puolassa 10 prosent-

tiyksikköä suurempi kuin Caterpillarin tutkimuksessa. Muualla maailmassa koneohjaus on pääsääntöisesti kokeilukäytössä. Kiina käyttää koneohjausta louhostoiminnassa ja Yhdysvallat kokeilevat koneautomaatiota useissa kohteissa. Myös Australiassa ja Hollannissa koneohjausta käytetään mittavasti. [2, s. 6-8; 8.]

## 2.2 Mallintava suunnittelu

Infra-alalla ollaan yhä enemmän siirtymässä mallintavaan suunnitteluun. RYM Oy:n (rakennetun ympäristön SHOK-yhtiö) käynnistämässä ohjelmassa keskitytään tietomallintamisen kehittämiseen ja hyödyntämiseen infra-alalla. Ohjelmaan kuuluvan Infra FINBIM -työpaketin visiona onkin, että vuonna 2014 suuret infranhaltijat tilaavat vain mallipohjaista palvelua, joita hyödynnetään kaikissa projektin vaiheissa, alkaen suunnittelun tilauksesta ja päättyen kunnossapitovaiheeseen. Infra FINBIM on Tekes-rahoitteinen kehitysohjelma, jonka tavoitteena on luoda Suomen infra-alalle mallipohjaisen toiminnan edellyttämät toimintamallit. Hankkeen taustalla on Liikenneviraston lisäksi suunnittelijoita, ohjelmistotoimittajia, urakoitsijoita, tutkimuslaitoksia ja kaupunkeja.

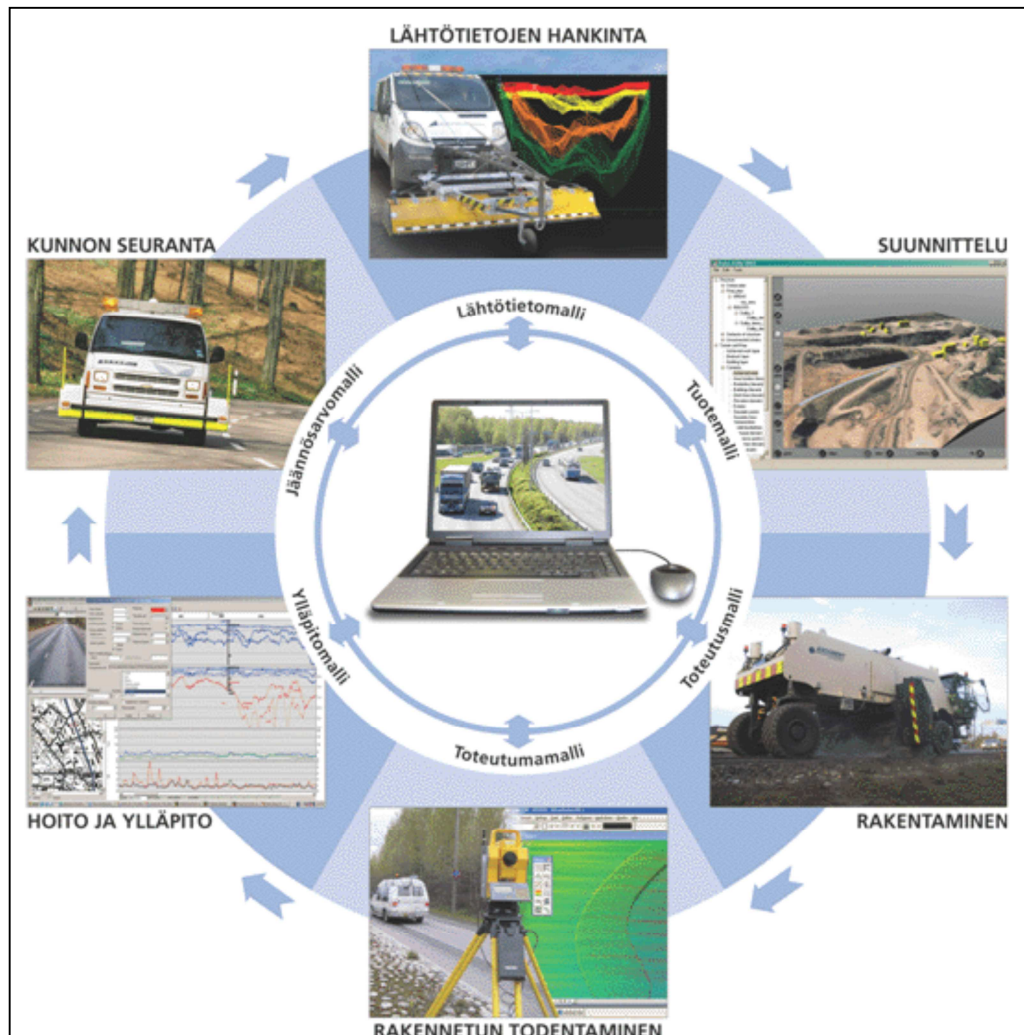
Infra-alalla ja rakennusosalalla yleisestikin puhutaan monista erilaisista malleista. Tällaisia malleja ovat esimerkiksi tieto-, tuote-, koordinointi-, kaupunki-, ylläpito- ja koneohjausmallit. Tietomalli voidaan ajatella rakenteen, tai infra-alalla tarkemmin infrarakenteen, koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutena digitaalisessa muodossa. Tietomalliin kuuluvat myös rakenteen geometriatiedot sekä rakenteiden esittäminen kolmiulotteisena. Tuotemalli on suunnitteluvaiheen infrarakenne, kuten esimerkiksi tie, ja se on osa tietomallia. Koneohjausmallit kuuluvat rakentamisen aikaisiin malleihin ja ne pystytään tuottamaan valmiiksi suunnittelusta infrarakenteesta. Valmiista infrarakenteesta mitataan lopuksi toteumamalli, joka on myös osa tietomallia. Toteumamallia ja tuotemallia vertailemalla voidaan arvioida rakentamisen tarkkuutta ja laatua sekä kuinka lähelle suunniteltua on päästy. Näillä malleilla saadaan aikaan perusta infrarakenteen elinkaaren hoitoon ja ylläpitoon.

Koordinointimalleja käytetään kun suunnittelutahoja, sidosryhmiä, suunnittelutyökaluja, malleja ja dataformaatteja on paljon. Koordinointimalleilla hallitaan kaikkien osapuolten tuotoksia, sovitetaan yhteen kokonaisuuksia ja pyritään vähentämään aineisto- ja



suunnitteluvirheitä (mm. törmäystarkastelut). Koordinointimalleilla simuloidaan siis toteutusta ja varmistetaan hankkeen rakennettavuus. Ne ovat myös hyödyllinen väline rakennushankkeen kokouksissa, joissa mallia voidaan tarkastella kolmiulotteisesti ja siihen voidaan kirjata suoraan tarvittavat muutokset. Koordinointimallien käyttö tulee helpottamaan infra-alan yhteisen tiedonsiirtoformaatin vakiinnuttaessa asemansa toimijoiden kesken.

Ylläpito- ja kaupunkimallit ovat rakentamisen ja käyttöönoton jälkeinen tietovarasto. Näihin tietovarastoihin kerätään nykyiset ja tulevaisuudessa rakennettavat rakenteet malleina, jotka toimivat kaupunkien tai muiden tahojen jatkosuunnittelun ja -ohjauksen pohjana. Mallipohjainen suunnittelu ja tiedonsiirto mahdollistavat myös ylläpidon sekä korjaustarpeiden ennakoimisen tehostamisen. [10.]



Kuva 5. Tietomallin elinkaari. [10.]



## 2.3 Työkoneet

Koneohjausta käytetään useimmiten puskukoneissa, tiehöylissä ja kaivinkoneissa. Kaivinkoneita käytetään nykyään lähes jokaisella työmaalla ja koneohjausta voidaan hyödyntää melkein missä työtehtävässä tahansa. Tiehöyliä ja puskukoneita käytetään yleensä isommissa hankkeissa ja ne ovat käyttökelpoisimpia esimerkiksi tierakentamisessa. Koneohjausta voi hyödyntää myös seuraavissa koneissa: pyöräkuormaaja, tiivistyskone, trimmeri, ruoppaaja, asfaltti- ja betonilevitin. Alla on lueteltu koneohjauksen kannalta tärkeimmät rakentamisen sovelluskohteet kaivinkoneelle, tiehöylälle ja puskukoneelle. [4; 5.]

- tie- ja katurakentaminen
- ratarakentaminen
- putkilinjat
- teollisuushankkeet
- rakennushankkeet
- muut hankkeet, jotka sisältävät maanrakennustöitä.

### 2.3.1 Kaivinkone

Kaivinkonetta käytetään pääasiassa maan kaivamiseen ja täyttämiseen, mutta sitä voidaan hyödyntää työmaalla monilla muillakin tavoin, kuten erilaisissa nosto- tai purku-tehtävissä. Kaivinkoneet toimivat useimmiten polttomoottorilla, mutta myös sähkökäyttöisiä koneita on olemassa. Ohjaus toimii nykyään poikkeuksetta hydraulikalla. Tavallisimmat työmaalla käytettävät kaivinkoneet vaihtelevat muutaman tonnin painoisista pikkukoneista isompiin, usean kymmenen tonnin painoisiiin koneisiin. Kaivinkoneita löytyy renkailla sekä telaketjuilla varustettuina. Yleisimpiä ja suurimpia kaivinkoneen valmistajia ovat Caterpillar, Komatsu, Volvo ja Hitachi.

Koneohjauksen kannalta kaivinkoneet eroavat muista koneista siltä osin, että niissä on paljon enemmän liikkuvia osia, jotka täytyy ottaa huomioon koneohjausta käytettäessä. Ohjausjärjestelmän laitteet ja anturit tulee sijoittaa kaivinkoneessa paikkoihin, joissa niiden rikkoutumisen riski on pienin. Ne tulevat kuitenkin olla sijoitettuna siten, että ne pystyvät olemaan yhteydessä myös muihin koneohjaukseen liittyviin välineisiin. Kone-

ohjauslaitteita on käsitelty tarkemmin luvussa 2.4. Koneohjauksella voidaan nykyään vain opastaa työn tekoa ja kaivinkoneessa täytyy olla kuljettaja, joka ohjaa ja hallitsee koneen liikkeitä. Koneohjausjärjestelmien yleistyessä lisääntyy myös kuljettajien koulutustarve. [1.]



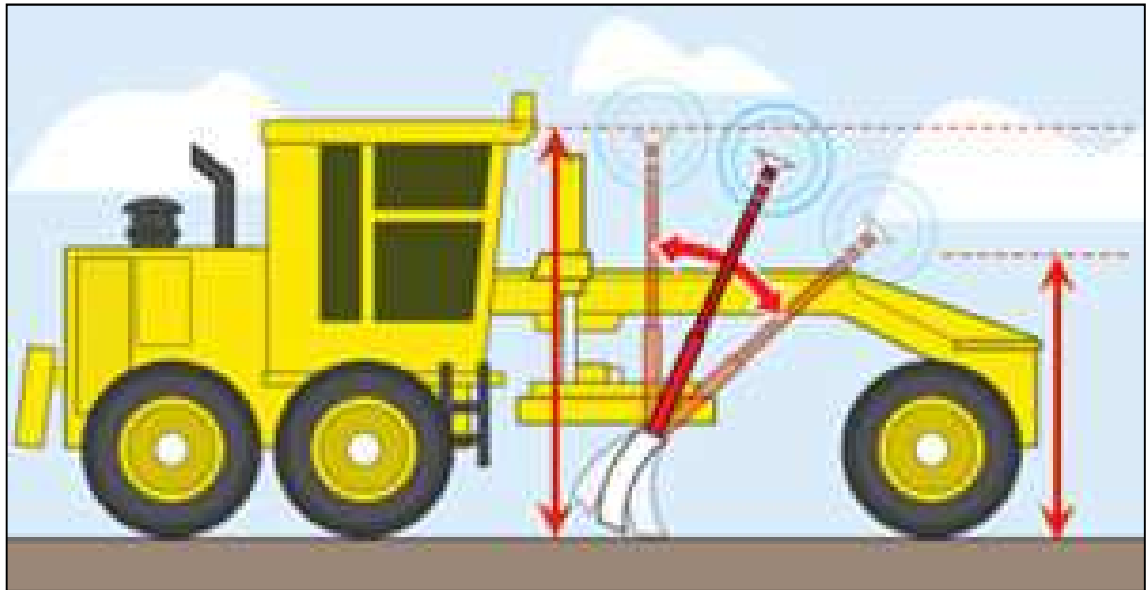
Kuva 6. Koneohjattu kaivinkone.

### 2.3.2 Tiehöylä

Tiehöylällä on monia käyttökohteita. Pääasiassa tiehöylää käytetään tien rakentamisessa sekä tien hoitamisessa. Muita käyttökohteita ovat erilaisten alueiden siivoaminen, lumityöt sekä muitten koneitten, esimerkiksi puskutraktorin, tekemien pintojen työstäminen paremmaksi. Tiehöylän leveällä työterällä on helppo tasoittaa tierakenteen kerroksia ja työstää ne oikeaan kaltevuuteen ennen asfaltointia.

Tiehöylä on järeä työkone ja sitä löytyy erikokoisina monilta eri valmistajilta. Suurin ja menestynein tiehöyliä valmistaja on Caterpillar. Kokoluokat vaihtelevat muutaman tonnin painoisista usean kymmenen tonnin painoisii koneisiin. Isommissa koneissa käytetään isompia ja leveämpiä työteriä, leveimpien ollessa yli seitsemän metrin levyi-

siä. Koneessa voidaan käyttää kolmea työterää, mutta useimmiten käytetään vain yhtä terää etu- ja takapyörien välissä. [6.]



Kuva 7. Tiehöylän koneohjauksen periaatekuva [7.]

Koneohjauksella on ollut ehkä suurin vaikutus tiehöylään verrattuna muihin infra-alan työkoneisiin. Työkoneen työterää voidaan säädellä hydraulikalla automaattisesti seuraamaan suunniteltuja pintoja. Tärkeimpänä ominaisuutena voidaan pitää terän kallistuksen säätöominaisuutta. [5.]

### 2.3.3 Puskutraktori

Puskutraktorilla tarkoitetaan työkonetta, jota käytetään maan siirtämiseen, levittämiseen tai raivaustehtäviin. Konetta voidaan myös käyttää kaatopaikalla jätemassojen siirtelyyn. Puskutraktorista käytetään myös nimitystä puskukone. Puskutraktori on telalustainen, polttomoottorilla toimiva kone, jonka etuosaan on kiinnitetty suuri terä. Terän avulla työnnetään maata tai muuta koneen edellä. Suurin puskutraktoreiden valmistaja on nykyään Caterpillar. Toinen suuri valmistaja on japanilainen Komatsu. [6.]



Kuva 8. Koneohjattu puskutraktori [7.]

Puskutraktorin koneohjauksella säädellään koneen työterän korkeutta ja poikittaiskallistusta. Järjestelmä toimii erilaisilla antureilla, jotka mittaavat terän asemaa ja kallistusta. Ohjausjärjestelmä on kytkettyä traktorin hydraulikkajärjestelmään, joka säätelee automaattisesti terän liikkeitä. [4; 5.]

#### 2.4 Koneohjausjärjestelmät

Yksinkertaisimmat koneohjausjärjestelmät ovat ns. 1D-järjestelmiä, jotka koostuvat tasolaserista ja vastaanottimesta. Järjestelmää käytetään pääasiassa kaivinkoneissa. Tällä menetelmällä voidaan mitata vain kaivuun syvyyttä ja joudutaan aina työskentelemään laserlähettimen säteen tasolla. Menetelmä on halpa ja helppokäyttöinen, mutta ei sovellu kovinkaan hyvin mäkiseen tai muuten näkemäesteiseen käyttöympäristöön.

Toisen sukupolven koneohjausjärjestelmät toimivat kaksiulotteisessa ympäristössä. Työskentelytason signaalia lähettää edelleen pyörivä laser ja työkoneessa on vastaanotin. Vastaanottimen lisäksi esimerkiksi kaivinkoneeseen asennetaan kolme kaltevuusmittarin anturia: yksi puomiin, toinen varteen ja kolmas kauhanvarteen. Antureiden keräämä tieto käsitellään trigonometrian avulla ja tuloksena saadaan tieto kauhan te-

rän paikasta suhteessa koneeseen. Työkoneen hytissä on näyttö, josta kuljettaja näkee kauhan ja varren asennon.

2D-koneohjausta hyödynnetään varsinkin kaivinkoneissa, tiehöylissä ja puskutraktoreissa. Kallistuksen mittaaminen on ehdotonta tiehöylässä ja hyödyllistä puskutraktorissa. Siksi näissä koneissa ei juurikaan käytetä yksiulotteisia koneohjausjärjestelmiä. Tällä järjestelmällä pinnat pystytään rakentamaan oikeaan korkoon ja haluttuun kaltevuuteen.



Kuva 9. 2D-järjestelmällä toteutettua pintaa. [4.]

Kolmiulotteisen koneohjauksen tärkeimpinä ominaisuuksina voidaan pitää sitä, että CAD-suunnitelmien pohjalta on mahdollista työskennellä suoraan ja että paikannusjärjestelmiä (GPS, GIONASS ja tulevaisuudessa Galileo) käyttämällä pystytään työskentelemään suurella alueella. 2D-järjestelmien lisäksi koneeseen asennetaan siis paikannusjärjestelmiä käyttävät laitteet, joilla saadaan tietoon työkoneen tarkka sijainti. Näitten paikannusjärjestelmien lisäksi voidaan käyttää yhdessä tai erikseen takymetriohtausta koneen sijainnin määrittämiseen. Paikannusjärjestelmistä kerrotaan enemmän luvussa 2.5.



3D-koneohjausta käytettäessä voi työkoneen hytissä olla joko yksi tai kaksi yksikköä (tai näyttöpäätettä), joista toinen laskee kaivutietoa ja toinen käsittelee suunnitelmätietoa, paikkatietoa ja kaivutietoa. Molemmat toiminnot voidaan tehdä myös yhdellä yksiköllä, mutta tulos on sama. Kuljettaja näkee oman koneensa paikan suhteessa suunnitelmaan ja maastoon. [4.]



Kuva 10. Hytin näyttöpäätteessä näkyvää kuvaa.

Koneohjausjärjestelmillä on useita eri valmistajia, joista suurin osa on erikoistunut johonkin tiettyyn osa-alueeseen. Osa valmistajista tekee vain kaksiuuloitteeseen toimintaan kykeneviä laitteita ja osa, yleensä isoimmat, tekevät kolmiuuloitteisuutta ja paikan-

nusjärjestelmiä hyödyntäviä kokonaisuuksia. Yleisimpiä ja tunnetuimpia koneohjaus- ja paikannusjärjestelmien valmistajia Suomessa ovat Novatron, Scanlaser, Geotrim ja Topgeo. Muita laitetoimittajia on lueteltu alla olevassa taulukossa.

Taulukko 1. Koneohjausjärjestelmien laitetoimittajia.

Spectra Precision
Leica
Sokkia
Mikrofyn
Axiomatic BPS
Gomaco
Wirtgen
Lko
Prolec
Plasser & Theurer
Createc
Javad
Ashtec

## 2.5 Paikannusjärjestelmät

3D-koneohjauksen edellytyksenä on se, että työkoneiden terän tai kauhan sijainti tiedetään kolmiulotteisesti eli se on sidottu x-, y- ja z-koordinaatistoon. Sen lisäksi, että työkoneeseen on asennettu antureita, jotka seuraavat missä työterä liikkuu, tarvitaan järjestelmä, joka paikantaa työkoneen sijainnin. Koneohjausjärjestelmä yhdistää antureista ja paikannusjärjestelmästä saadut tiedot, jolloin työterän sijainti tiedetään kolmiulotteisesti.

Paikantamiseen on olemassa eri menetelmiä. Työkoneisiin voidaan asentaa satelliittipaikannusta tukevat vastaanottimet, joiden avulla kone pystyy itsenäisesti määrittämään sijaintinsa. Työkoneelle voidaan myös lähettää sijaintitieto takymetriltä, kuten usein tiehöylien kanssa tehdäänkin. Takymetrillä lähetetty tieto on tarkempaa kuin satelliittipaikannuksesta saatu tieto. Tarkkuus korostuu varsinkin korkotiedoissa.

Paras mahdollinen työkoneitten paikantamisjärjestelmä on näiden molempien sovellusten yhdistäminen tai erillisen tukiaseman käyttö. Varsinkin isommilla työmailla kannattaa perustaa mittatietoa vastaanottava ja lähettävä tukiasema, jonka sijainti on tarkasti määritetty. Tukiasema lähettää korjaussignaalia työkoneisiin radio- tai GSM-tekniikkaa hyödyntäen. Tätä menetelmää kutsutaan RTK-mittaukseksi. Yhdistämällä nämä elementit työkoneille saadaan suuri työalue ja riittävä tarkkuus. [1.]



Kuva 11. Korjaussignaalia lähettävä tukiasema.

### 2.5.1 GPS, GLONASS ja Galileo

Tällä hetkellä on olemassa kaksi paikannusjärjestelmää, joita sovelletaan sotilaskäytön lisäksi siviilitoimintoihin. Näistä vanhempi on amerikkalaisten sotilaskäyttöön kehitetty GPS eli Global Positioning System. Toinen järjestelmä on nimeltään GLONASS (*Global Navigation Satellite System*), joka on puolestaan Venäjän kehittämä ja ylläpitämä satelliittipaikannusjärjestelmä. Lisäksi tulevaisuudessa on tulossa Euroopan oma satelliittipaikannusjärjestelmä Galileo.



GPS on tarkka ja luotettava sekä edellä mainituista eniten käytetty järjestelmä. Järjestelmä koostuu pääasiassa 24 satelliitista, jotka on jaettu kuudelle eri maata kiertävälle radalle. Järjestelmään kuuluu myös varasatelliitteja, joita käytetään jos käytössä olevat satelliitit menevät rikki tai jollekin alueelle tarvitaan täydennystä. Satelliitit kiertävät maapalloa noin 20 000 km korkeudella ja kiertoaika on noin 12 tuntia. Tavoitteena on, että käyttäjällä on yhteys aina vähintään neljään satelliittiin, joka on satelliittien minimimäärä tarkan sijainnin määrittämiseen.

GLONASS-satelliittipaikannusjärjestelmä on toteutus- ja toimintatavaltaan samankaltainen kuin GPS-järjestelmä. GLONASS-järjestelmää käytetään pääasiassa GPS-järjestelmän tukena. Järjestelmän tavoitteena on pitää maata kiertävillä radoilla 24 satelliittia, mutta todellisuudessa käytössä olevia, toimivia satelliitteja on 8-12 kappaletta. GLONASS satelliitit kiertävät maata noin 19 000 km korkeudessa ja niiden kiertoaika on noin 11 tuntia.

GPS ja GLONASS ovat alun perin sotilastoimintaan tarkoitettuja järjestelmiä, joten niiden hallinnointi ja päätökset tulevat Euroopan ulkopuolelta. Eurooppaan kehitteillä oleva Galileo puolestaan on tarkoitettu ennen kaikkea siviilikäyttöön. Galileon takana ovat ESA (Euroopan Avaruusjärjestö) ja Euroopan komissio. Galileolla pyritään sekä omien että GPS- ja GLONASS-satelliittien tietojen yhdistämisellä parantamaan paikannusjärjestelmien kattavuutta ja tarkkuutta Euroopassa. Galileon satelliittikokoonpanoon kuuluu 30 satelliittia, jotka kiertävät maata noin 23 600 km korkeudessa. Tavoitteena on saavuttaa Galileon toimintavalmius vuoteen 2020 mennessä. [9.]

### 3 Koneohjausmallien tuottaminen

Tässä luvussa käydään läpi tyypillinen väyläsuunnitteluprosessi sekä selvitetään, miten ja minkälaista koneohjausaineistoa pystytään tuottamaan. Periaatteessa koneohjausmallien tuottaminen on vain yksi erilainen tapa siirtää suunnitelmia perinteisten tulosteiden lisäksi. Tässä työssä koneohjausmallien tuottaminen on tehty käyttäen Novapoint-suunnitteluohjelmia, jotka toimivat AutoCAD-sovelluksen päällä. Novapoint on Vianovan kehittämä ja ylläpitämä tuoteperhe, joka soveltuu yhdyskuntatekniikan suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon tehtäviin. AutoCAD puolestaan on Autodeskin julkaisema yleiskäyttöinen suunnitteluohjelma. Suunnittelu tehtiin Novapointin ohjelmaversiolla 18.10 ja alustana toimi AutoCAD Map 3D 2011, joka on AutoCAD:in yhdyskuntasuunnitteluun painottuva versio. Tavoitteena oli selvittää, minkälaista koneohjausaineistoa tällä kokoonpanolla pystytään tuottamaan.

Suunnittelussa hyödynnettiin monia Novapoint-tuoteperheen ominaisuuksia. Tärkeimpänä työkaluna oli Novapointin Road Professional -väyläsuunnittelumoduuli. Moduuli sisältää väylien geometrian ja poikkileikkausten suunnittelun. Moduulista voidaan tuottaa massa- ja määrälaskentatietoa, pituus- ja poikkileikkaukset sekä tarkastella väyliä kolmiulotteisesti. Ohjelmalla voidaan suunnitella siis 3D-väylämalleja, joista tuotetaan koneohjausmalleja eri formaateissa. Tässä insinööriyössä paneudutaan tarkemmin LandXML-formaattiin. Suunnittelussa hyödynnettiin myös Novapoint Road:in 3D-liittymätyökalua, Water&Sewer-moduulia (putkien ja kaivantojen suunnitteluohjelma) sekä nykyisten ja suunniteltujen objektien lisäämistä väylämalliin.

Koneohjausaineiston tuottamista varten suunniteltiin kaksi erillistä väylää; toisen väylän pituus on noin 400 metriä ja toisen noin 80 metriä. Toiselle väylästä suunniteltiin kaivantolinja, joka sisältää sadevesi- ja jätevesiputket sekä vesijohdon. Tietokantaan vietiin myös kaksi maakaasuputkea, jotka kuvaavat suunnittelualueen nykyisiä rakenteita. Väylät liittyvät toisiinsa tasoliittymällä, joka luotiin väyläsuunnittelumoduulin liittymätyökalulla. Lisäksi toiselle väylästä suunniteltiin tiekaidetta muutaman kymmenen metrin osuudelle.

### 3.1 LandXML ja Inframodel

LandXML on kansainvälinen vuonna 2000 aloitettu jatkuvan kehitystyön alla oleva tiedonsiirtoformaatti infra-alalle, jota hallinnoi LandXML.org-organisaatio. Kehitystyöhön osallistuvat suuret maarakennusalan toimijat. Se pohjautuu avoimeen XML-standardiin, jota käytetään tiedon tallentamiseen tai siirtämiseen. Inframodel-laajennuksella varustettuihin LandXML-tiedostoihin kuvataan infratuotemallin tiedot tekstinä. LandXML-tiedostojen sisältöä voidaan tarkastella internetiselaimella tai vaikka Windows Notepad -työkalulla, jolloin tiedostoa pystytään myös muokkaamaan. LandXML on rakenteeltaan hierarkkinen puurakenne ja sillä pystytään kuvaamaan laajasti erilaisia objekteja, noin 200 erilaisen elementin avulla.

```

<Metric areaUnit="squareMeter" linearUnit="meter" volumeUnit="cubicMeter" temperatureUnit="celsius" pressureUnit="mmHG" angularUnit="radians"
directionUnit="radians" />
</Units>
<Application name="Novapoint" manufacturer="Vianova Systems AS" version="18.10" manufacturerURL="www.novapoint.com">
  <Author createdBy="eklofos" />
</Application>
<Project name="C:\Documents and Settings\EKLOFTO\Desktop\Inssityö\ROAD\VIPS\Insinööriyö">
  - <Feature code="IM_codings">
    <Property label="terrainCoding" value="" />
    <Property label="surfaceCoding" value="" />
    <Property label="infraCoding1" value="FINLAND STANDARD" />
  </Feature>
</Project>
<Surfaces name="Insinööriyö">
  - <Surface name="7.1 V. Täyttö">
    - <Definition surfType="TIN" elevMin="46.599010" elevMax="48.729061">
      - <Pnts>
        <P id="1">6737422.863041 3491621.344566 42.410606</P>
        <P id="2">6737420.866312 3491621.668618 43.422073</P>
        <P id="3">6737421.648218 3491622.554805 42.263847</P>
        <P id="4">6737419.432098 3491622.914462 43.386402</P>
        <P id="5">6737420.783397 3491623.596802 42.234871</P>
        <P id="6">6737418.560416 3491623.957573 43.360893</P>
        <P id="7">6737420.663599 3491623.727684 42.246815</P>
        <P id="8">6737418.469994 3491624.083687 43.357983</P>
        <P id="9">6737420.630422 3491623.763460 42.250656</P>
        <P id="10">6737418.445895 3491624.117990 43.357197</P>
        <P id="11">6737420.250865 3491624.199900 42.292282</P>
        <P id="12">6737418.167234 3491624.538055 43.347744</P>
        <P id="13">6737694.219570 3491770.544755 47.019260</P>
        <P id="14">6737692.415002 3491772.213563 48.248192</P>
        <P id="15">6737694.984312 3491771.199602 46.966076</P>
        <P id="16">6737693.090856 3491772.950611 48.255581</P>
        <P id="17">6737695.400208 3491772.177050 47.151295</P>
        <P id="18">6737693.766710 3491773.687659 48.263752</P>
        <P id="19">6737696.052325 3491772.936050 47.176414</P>
      </Pnts>
    </Definition>
  </Surface>
</Surfaces>

```

Kuva 12. LandXML-tiedoston sisältöä

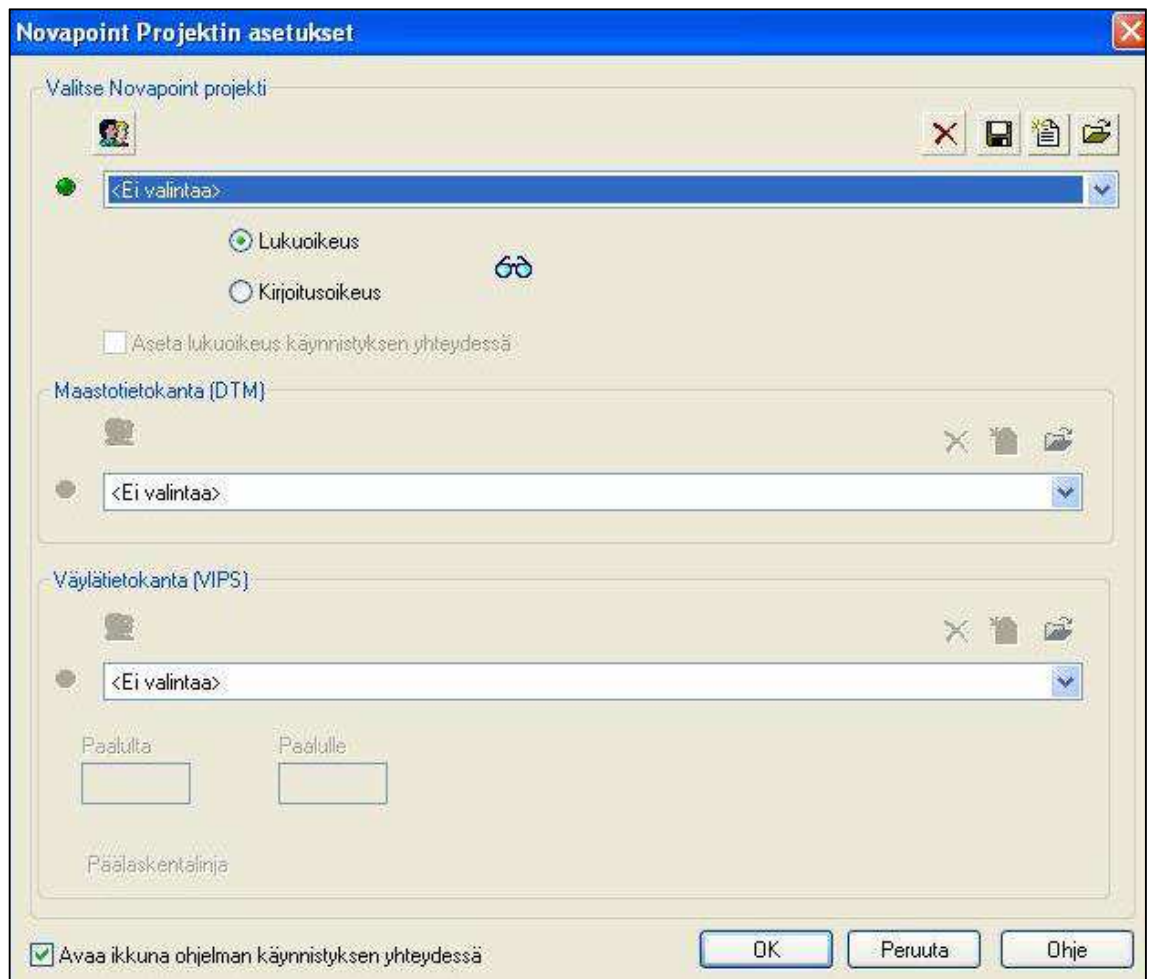
Inframodel on kehityshanke, jonka tavoitteena on saada aikaan sellaiset määritykset, jotka tukevat suomalaista infran suunnittelua LandXML-tiedonsiirtoformaattia käyttäen sekä yhtenäistävät eri ohjelmien ja laitteiden välistä tiedonsiirtoa. Kehitystyön viimeisin vaihe oli Inframodel2, joka päättyi 2006. Vaihetta koordinoi Centroid Oy ja sen päätoimittajina olivat Centroid Sito Oy, Tekla Oyj ja Vianova Systems Finland Oy. Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT toimi alihankkijana ja projektin rahoitus järjestettiin julkisen sekä yksityisen sektorin toimijoilta. Inframodel2:n kehityksen painopisteinä

olivat määritellä suomalaisiin suunnittelustandardeihin sopivat kuvaukset otsikkotiedoista, perusaineistosta (maasto- ja maaperämallit), tie-, katu- ja ratasuunnittelusta, vesihuoltosuunnittelusta, aluemaisten rakenteiden suunnittelusta sekä vesiväylien suunnittelusta.

Tie- ja katusuunnittelussa on määritelty kuvaukset otsikkotiedoille (sisältää projektin tiedot, mittayksiköt, korkeus- ja koordinaattijärjestelmän, käytettävän suunnittelusisällön lajikoodausjärjestelmän, sovelluksen ja tiedoston laatijan), geometrioille, viivakettuille, viiva-, pinta- ja rakennemalleille. [11.]

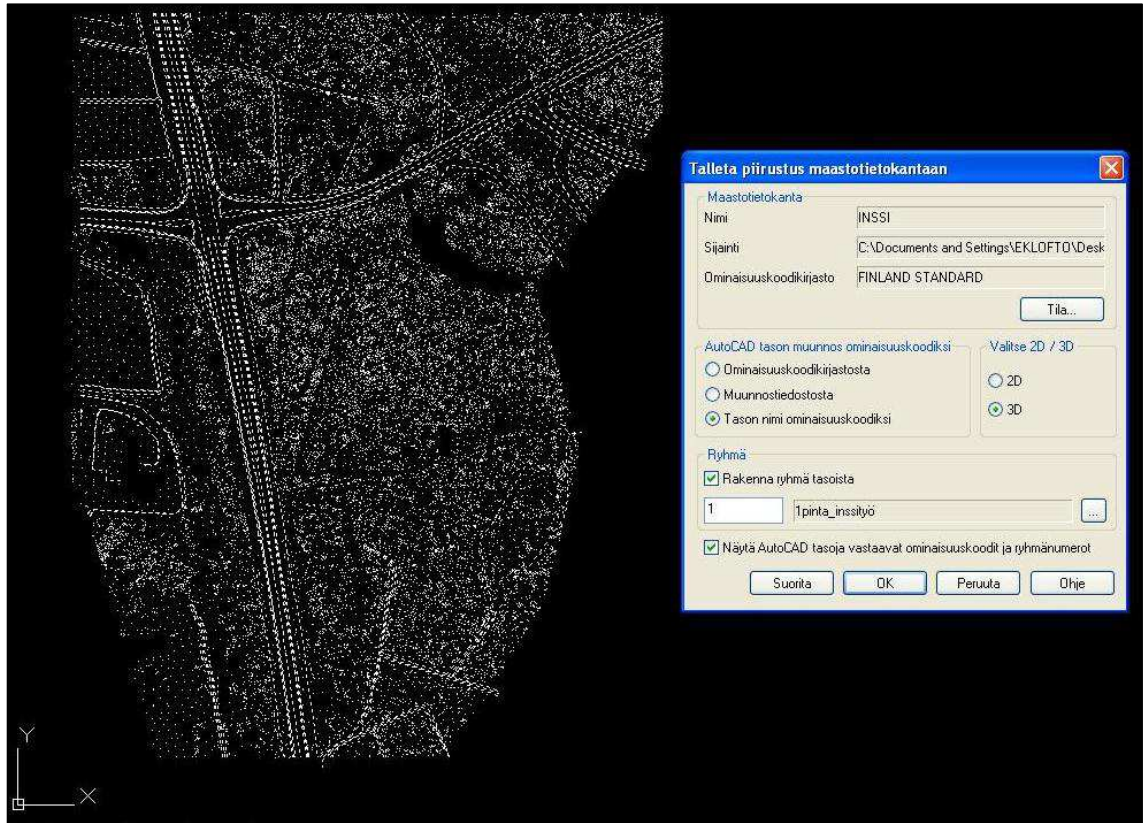
### 3.2 Suunnittelu ja mallinnus

Tässä luvussa käydään läpi yksiselitteisesti väyläsuunnitteluprosessi aina koneohjausaineiston tuottamiseen ja tarkasteluun asti. Suunnittelu aloitetaan luomalla uusi Novapoint-projekti. Tätä koneohjausaineiston tuottamisen prosessinkuvausta varten luotiin uusi projekti nimeltään "Insinööriyö". Seuraavaksi luotiin uusi maastotietokanta. Tähän tietokantaan voidaan tallentaa lähtöaineisto, lähtöaineistosta luodut maasto- ja kalliomallit, suunniteltujen väylien geometriat, putkikaivannot, muita nykyisiä ja suunniteltuja objekteja sekä mahdollisia apuaineistoja. Projektinluomisvalikossa voidaan myös tehdä uusia väylätietokantoja, mutta se ei ole vielä tässä vaiheessa pakollista. Väylätietokannassa ovat suunnitellut väylämallit, jotka sisältävät väylien poikkileikkausten parametrit, eli pintatiedot, joilla ohjelma luo 3D-väylämallin.



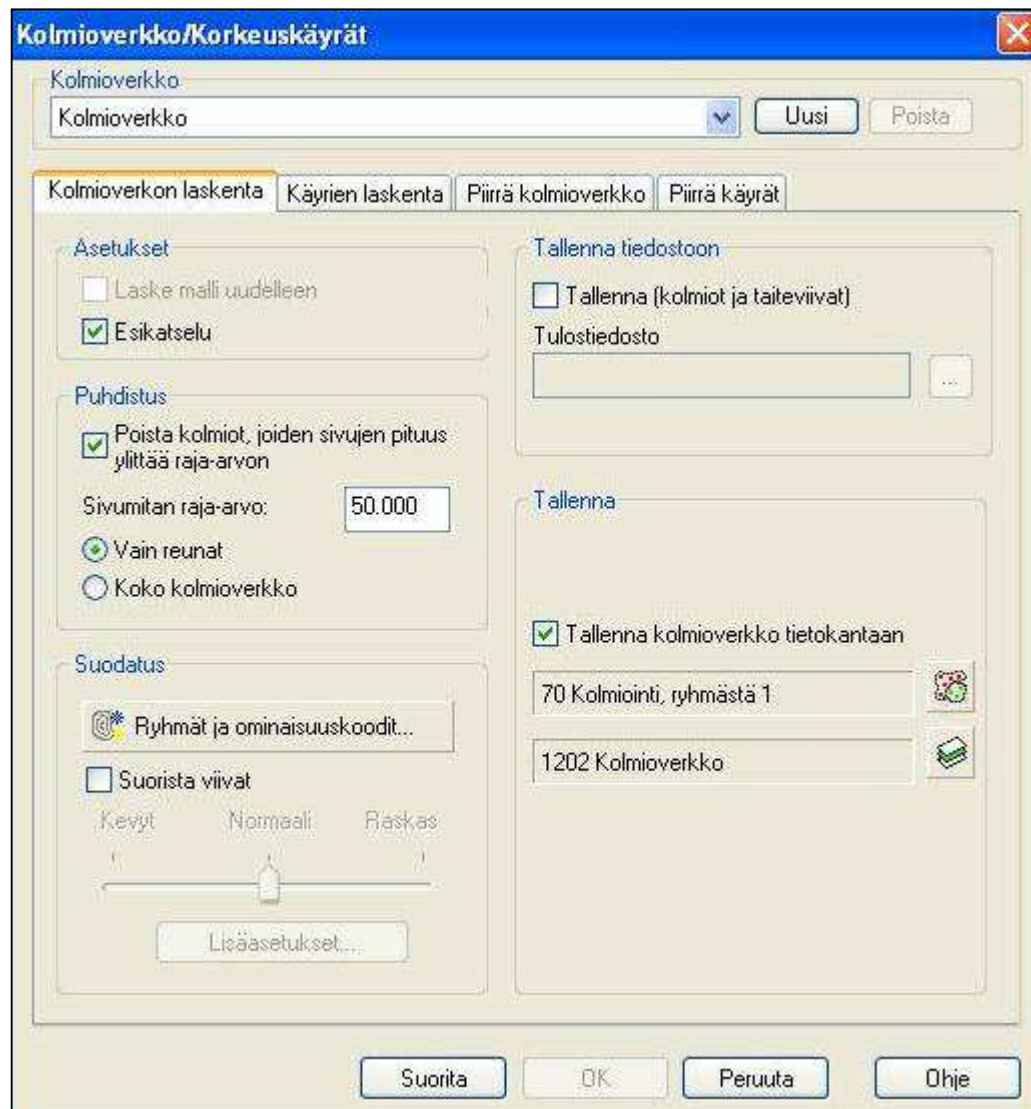
Kuva 13. Uuden projektin luonti

Lähtöaineistona tässä projektissa käytettiin laserkeilattua maanpintatietoa ja pohjakarttaa samasta alueesta. Laserkeilausaineistossa alueen maasto on pistepilvenä, jossa jokaisella pisteellä on x-, y- ja z-koordinaatti. Suunniteltava väylä piirretään AutoCAD:ssä tyhjään kuvaan, jossa viitekuvana käytetään suunniteltavan alueen pohjakarttaa. Viitekuvina voidaan myös käyttää kuvia nykyisistä rakenteista kuten putkista, johdoista tai mistä tahansa muusta, joka auttaa suunnittelussa. Lähtöaineisto tallennettiin maastotietokantaan Novapoint Base-moduulilla.



Kuva 14. Lähtöaineiston tallennus maastotietokantaan

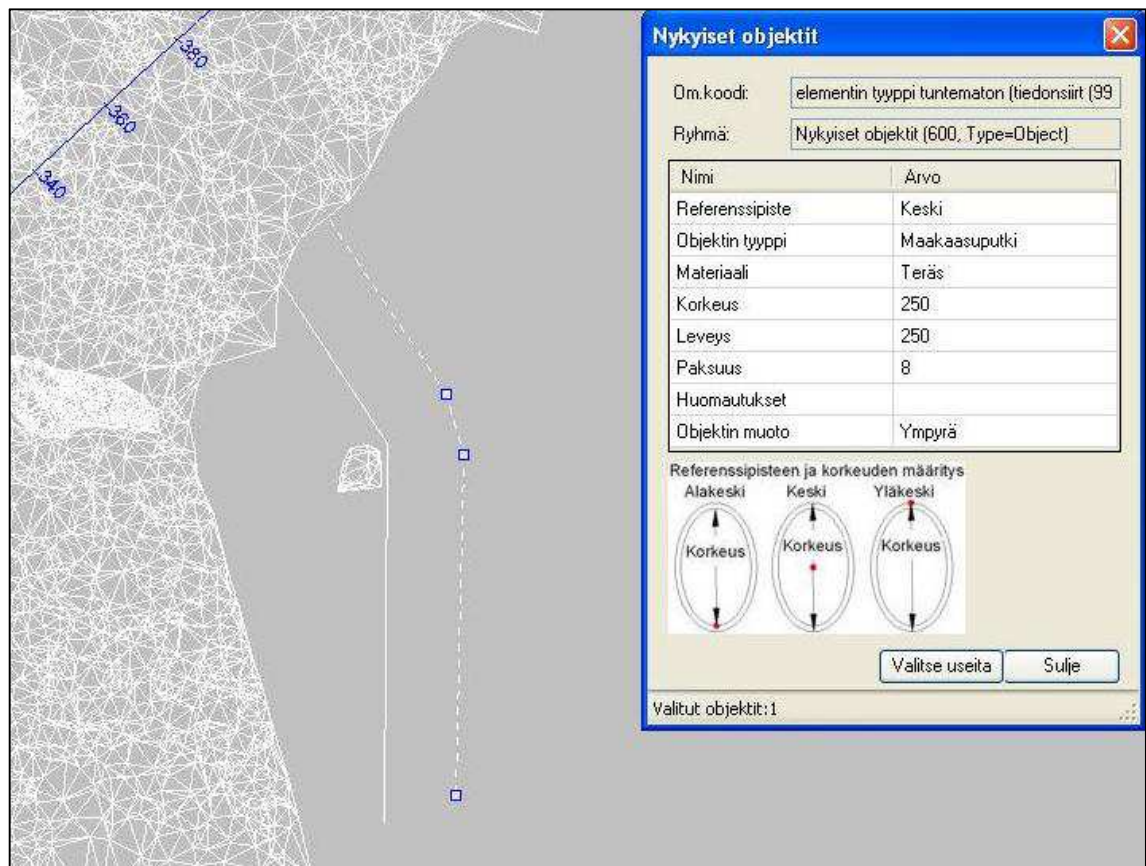
Kun lähtöaineisto on tallennettu maastotietokantaan, siitä voidaan luoda kolmioverkko. Kolmioverkon luonnissa suunnitteluohjelma interpoloi kaikkien tunnettujen pisteiden välille viivoja siten, että niistä muodostuu kolmiulotteinen verkko. Tätä kolmioverkkoa käytetään suunnittelussa osoittamaan maanpinnan muotoja. Mitä tarkempaa lähtöaineisto on, sitä tarkemmat määrät saadaan esimerkiksi massalaskennasta. Lähtöaineiston tarkkuudella on myös vaikutusta koneohjausaineiston käyttöön. Jos koneohjausmalli on suunniteltu puutteellisen lähtöaineiston mukaisesti, voidaan työmaalla mallin käyttöönotossa todeta, ettei koneohjausmallia voidakaan käyttää suoraan, koska se ei vastaa todellisia olosuhteita.



Kuva 15. Kolmioverkon luonti

Nykyisiä rakenteita tai objekteja viedään maastotietokantaan Novapoint Base:n avulla. Tässä projektissa tietokantaan vietiin kaksi maakaasuputkea, jotka olivat 3D-viivana lähtöaineistossa. Nykyisten objektien vieminen tietokantaan auttaa suunnittelussa esimerkiksi rakenteiden välisten suojaetäisyyksien ennakoimisessa. Nykyisiä ja suunniteltuja rakenteita on aiemmin tarkasteltu pääasiassa kaksiulotteisesti pituus- ja poikkileikkausten avulla, mutta mallipohjaisen suunnittelun myötä näitä rakenteita voidaan tarkastella myös kolmiulotteisesti. Tämän osuuden lopussa esitellään törmäystarkasteluja rakenteiden välillä Novapointin Virtual Map -työkalulla.



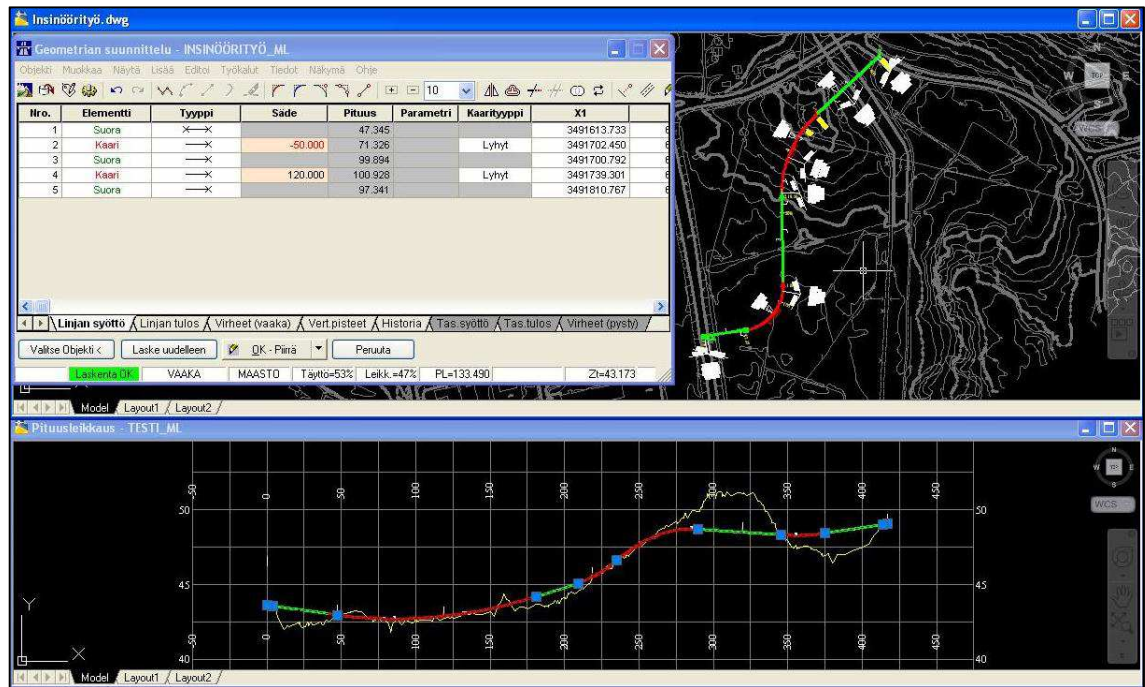


Kuva 16. Nykyisten objektien lisääminen maastotietokantaan.

### 3.2.1 Geometrian suunnittelu

Mallinnettaville väylille suunniteltiin ensin vaaka- ja pystygeometriat Road Professionalin Geometrian suunnittelu -työkalulla. Väylän mittalinja koostuu suorista ja kaarista, joita kutsutaan elementeiksi. Työkalulla voidaan laskettaa linjalle klotoideja eli siirtymäkaarina. Suorat näkyvät suunnittelutilassa vihreinä, kaarteet punaisina ja siirtymäkaarit sinisinä.

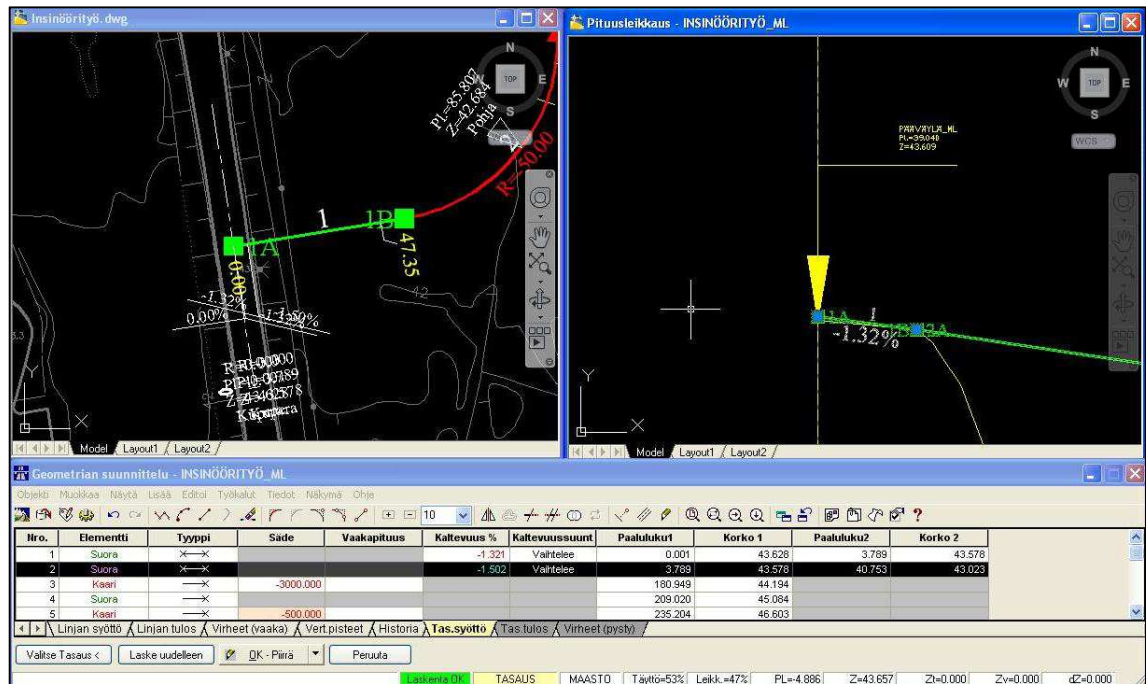




Kuva 17. Geometrian suunnittelu

Vaakageometriaa suunniteltaessa väylää katsotaan ylhäältä päin ja pystygeometriaa eli tasausta suunniteltaessa sivulta päin. Pituusleikkaukset esitetään yleensä pystymitta-kaavaa korostaen, jolloin maaston muodot tulevat paremmin esiin. Geometrian laskennan tulee olla matemaattisesti oikein. Virheet kulkeutuvat koneohjausaineiston mukana työmaalle ohjauslaitteisiin, jolloin mallia ei voida käyttää, koska se antaa väärää mittatietoa. Työkalu ilmoittaa hyväksytystä laskennasta vihreällä "Laskenta OK"-ikkunalla ja punaisella ikkunalla, jos laskennasta löytyy virheitä. Virheet kirjautuvat yhdelle geometrian suunnittelun välilehdistä, josta ne on helppo paikallistaa ja korjata.

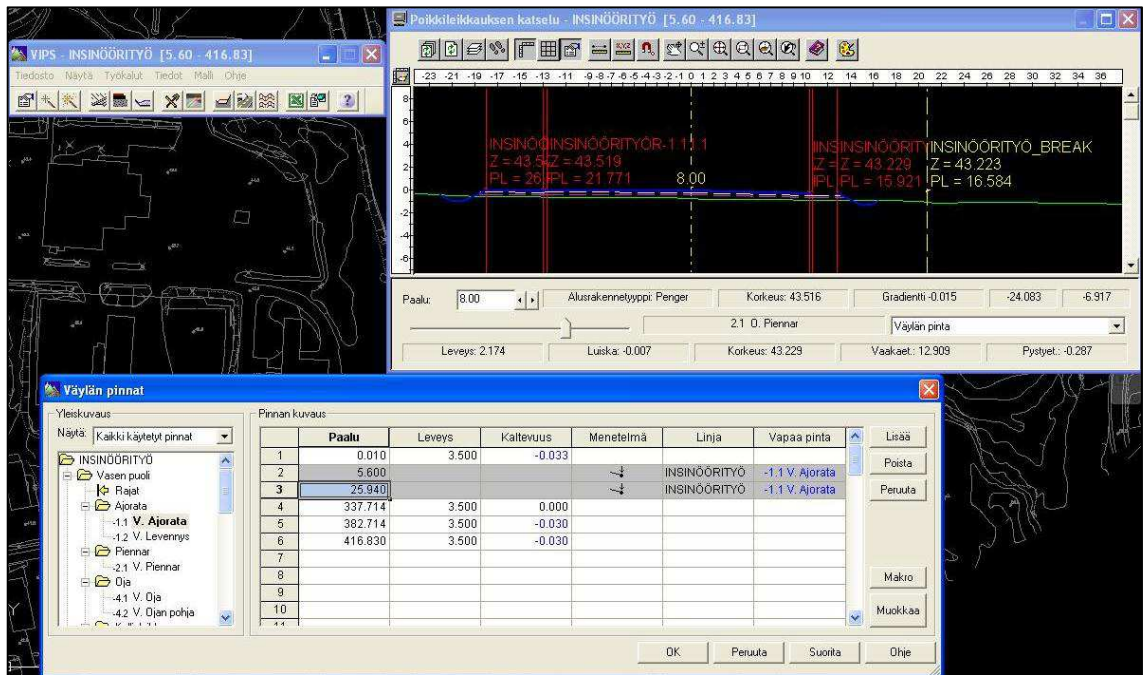
Tähän projektiin suunniteltiin kahden väylän geometriat, joista toinen näkyy yllä olevassa kuvassa 17. Kuvassa näkyy myös sekä vaaka- että pystygeometrian suunnitteluikkunat. Pystygeometrian suunnitteluikkunassa maanpinta, joka tulee aikaisemmin luodusta kolmioverkosta, näkyy keltaisella viivalla. Geometria nimettiin ja tallennettiin maastotietokantaan. Kuvassa 18 näkyy suunniteltujen kahden väylän geometrioiden liittymiskohta.



Kuva 18. Kahden geometrian liittymiskohta.

### 3.2.2 Väylämallin suunnittelu

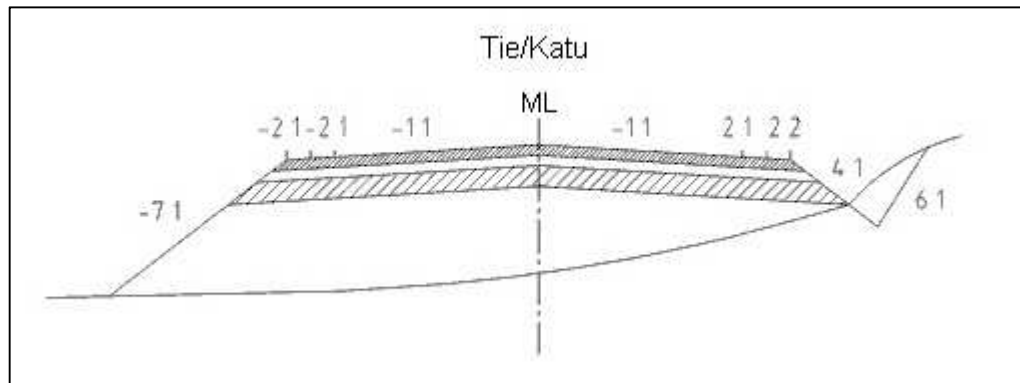
Geometrian suunnittelun jälkeen siirrytään väylämallin suunnitteluun. Väylämallin suunnittelussa määritetään väylän poikkileikkauksen parametrit. Poikkileikkaukseen kuuluvat ajoradat, pientareet, keski- ja välikaistat, pyörätiet, meluaidat tai -vallit, ojat, maa- ja kallioleikkaukset sekä rakennekerrokset. Ennen suunnittelua täytyy väylämallille luoda tietokanta, jos sitä ei ole tehty jo projektin luomisen yhteydessä. Koneohjausaineistoja ja varsinkin LandXML-formaatin malleja ajatellen, on väylämallin suunnittelu koneohjausaineiston tuottamisen tärkein osuus.



Kuva 19. Väylämallin suunnittelu.

Väylämallille osoitetaan ensiksi aikaisemmin suunniteltu geometria, jonka poikkileikkauksesta lähdetään määrittelemään. Poikkileikkauksen määrittelyn voi tehdä manuaalisesti tai käyttämällä apputyökaluja (Road Wizard). Poikkileikkauksesta kuvataan seitsemällä eri poikkileikkauksen leveyssuuntaisella pinnalla:

- 0= keskikaista
- 1= ajoradat
- 2= pientareet
- 3= lisäpinnat
- 4= oja-
- 5= kallioleikkaus
- 6= maaleikkaus
- 7= täyttö



Kuva 20. Tien ja kadun poikkileikkauksen pinnat.

Näille pinnoille määritetään leveydet ja kaltevuudet. Pinnoille asetetut parametrit ohjaavat rakenteiden sijoittumista poikkileikkauksessa. Väylämallin suunnittelussa voidaan käyttää rajaavia ja ohjaavia apugeometrioita esimerkiksi ojan pohjalle, linja-autopysäkeille tai liittymän reunalinjoille. Näillä apugeometrioilla ja reunalinjoilla ohjataan mallin pintoja haluttuihin kohtiin ja leveyksiin. Päälysrakenteiden, väylän pohjan määrittely sekä suunniteltujen objektien lisääminen tehdään myös väylämallin suunnittelussa. Päälysrakenteiden määrittämisessä poikkileikkaukselle asetetaan päällysteiden ja rakennekerrosten paksuudet. Inframodel2-määrittely LandXML-formaatista ei suoranaisesti tue suunniteltuja objekteja vielä, joten näitä ei suoraan saada kirjoitettua malleihin. Tiekaiteita ja valaisimia voidaan lisätä LandXML-muodossa pelkkänä piste- tai viivatietona, mutta se ei ole kannattavaa. Tässä vaiheessa varusteet on hyvä esittää esimerkiksi dwg/dwf-kuvassa, jolloin työmaalla kuva laitetaan koneohjausjärjestelmässä 2D-näkymään taustalle referenssiksi. Tällä tavalla tiedetään varusteiden sijainti kaksiulotteisesti, mutta esim. asennussyvyudet joudutaan määrittämään erikseen. Kun Inframodel-määrittelyn kehitys etenee, saadaan varusteetkin lisättyä malleihin helpommin.

Väylämallin suunnittelussa käytettiin myös liittymätyökalua, jolla suunnitellut kaksi väylää liitettiin toisiinsa tasoliittymällä. Liittymätyyppinä käytettiin avointa tasoliittymää kaariyhdistelmällä 3R-R-6R. Työkaluun syötettiin päätien ja sekundääritien tiedot sekä kaariyhdistelmän säteitten arvot, jolloin ohjelma laskee ja mallintaa automaattisesti valitut pinnat. Liittymien mallintaminen manuaalisesti lisää työmäärää huomattavasti, mutta se on usein ainut vaihtoehto suunniteltaessa monimutkaisempia liittymiä. Väylämallien suunnittelussa on myös mahdollista tarkastella malleja kolmiulotteisesti virtu-

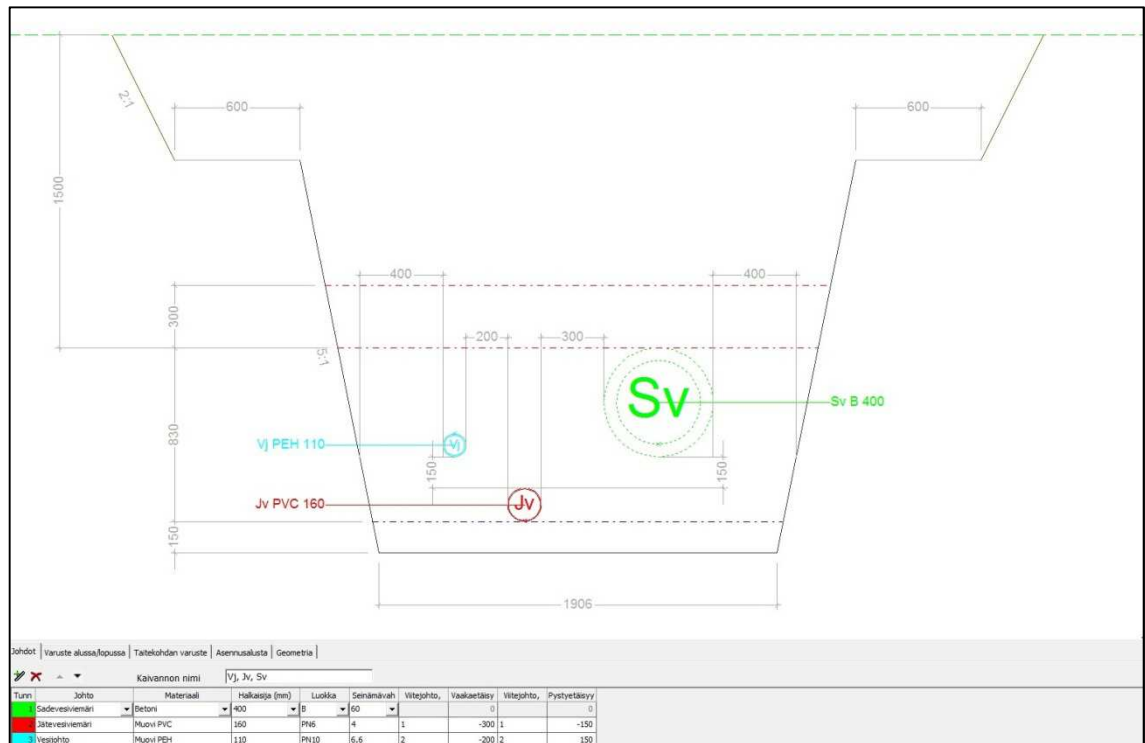
aaliväylätyökalulla. Virtuaaliväylä on virtuaalimallia kevyempi tapa eikä siinä pysty tekemään esimerkiksi törmäystarkasteluja. Kuvassa 21 on virtuaaliväylän näkymä kahden suunnitellun väylän liittymäkohdasta.



Kuva 21. Väylien kolmiulotteista tarkastelua.

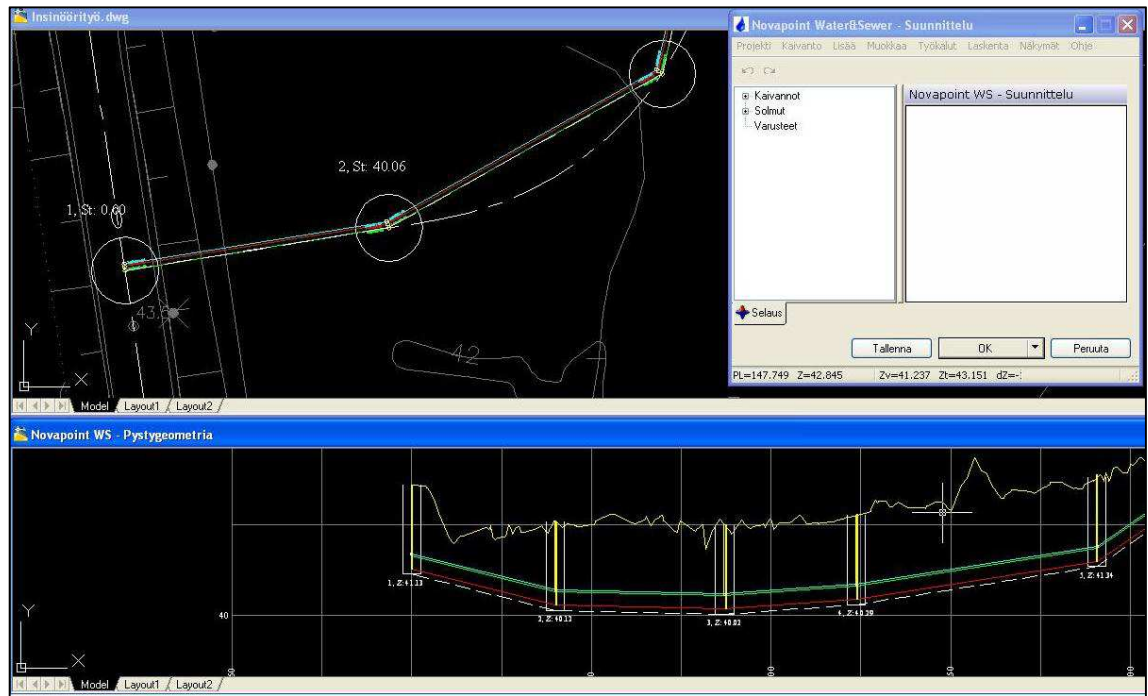
### 3.2.3 Vesihuoltosuunnittelu

Kaivannot ja putket suunniteltiin Novapoint Water&Sewer -moduulilla. Projektia varten pidemmälle väylälle suunniteltiin yksi vesihuoltolinja. Vesihuoltolinjan kokoonpanoksi määritettiin sadevesi- ja jätevesiputki sekä vesijohto. Kaivannolle suunnitellaan vaakaja pystygeometria sekä poikkileikkaus. Poikkileikkauksen parametrit määräytyvät hyvin pitkälti sen mukaan, minkälaisia ja kuinka monta putkea kaivantoon tullaan sijoittamaan.



Kuva 22. Kuva kaivannon poikkileikkauksen määrittelystä.

Water&Sewer-suunnittelutyökalut muistuttavat pitkälti Road Professional -moduulin työkaluja. Moduulin avulla voidaan suunnitteluun ottaa mukaan myös nykyisiä putkia, jolloin ne saadaan kirjoitettua LandXML-muotoon.



Kuva 23. Vesihuoltolinjan suunnittelua.

### 3.3 Koneohjausmallien kirjoittaminen ja tarkastelu

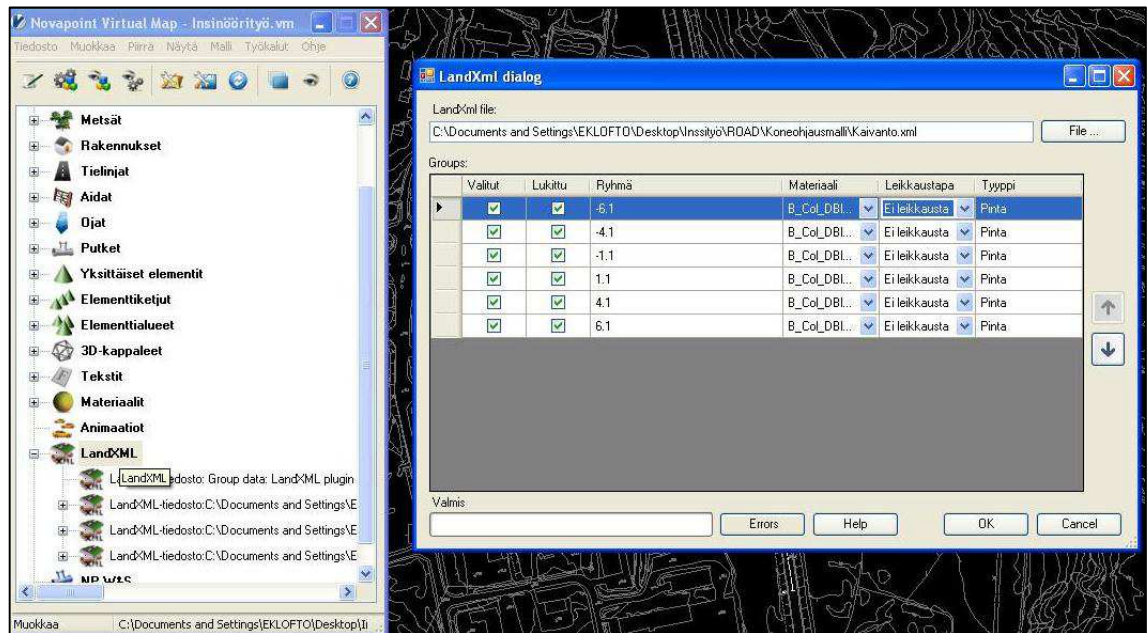
Koneohjausmallit täytyy kirjoittaa ulos Novapointin moduuleista. Tien tai kadun mallit luodaan Road Professional -väylämallin suunnittelussa Mittaustiedon kirjoitus -työkalulla ja vesihuoltoon liittyvät mallit Water & Sewer:in työkaluilla. Water&Sewer-moduulista tulee kirjoittaa kaksi mallia; toinen kaivannosta ja toinen varusteista (putket, kaivot, venttiilit jne.). Maastomallin kolmioverkko voidaan kirjoittaa Novapoint Base:n Kolmioverkon luonti -työkalulla. Mallit voidaan kirjoittaa monessa eri formaatissa, mutta tässä työssä aineisto kirjoitettiin LandXML-formaatissa, jossa pinnat ovat kolmioverkkoina. Väylien mallit kannattaa tuoda kerroksittain, koska tämä pienentää tiedoston kokoa sekä helpottaa aineiston tarkastelua. Nykyiset koneohjauslaitteet voivat vastaanottaa kaikki pinnat samaan aikaan, mutta voivat hyödyntää koneohjatussa rakentamisessa vain yhtä pintaa kerrallaan. Mittaustiedon kirjoitus tukee useamman siirtotiedoston kirjoittamista samanaikaisesti. Maastomallin uloskirjoittamisessa kannattaa aluetta rajata, ettei tiedostokoko kasva liian suureksi.





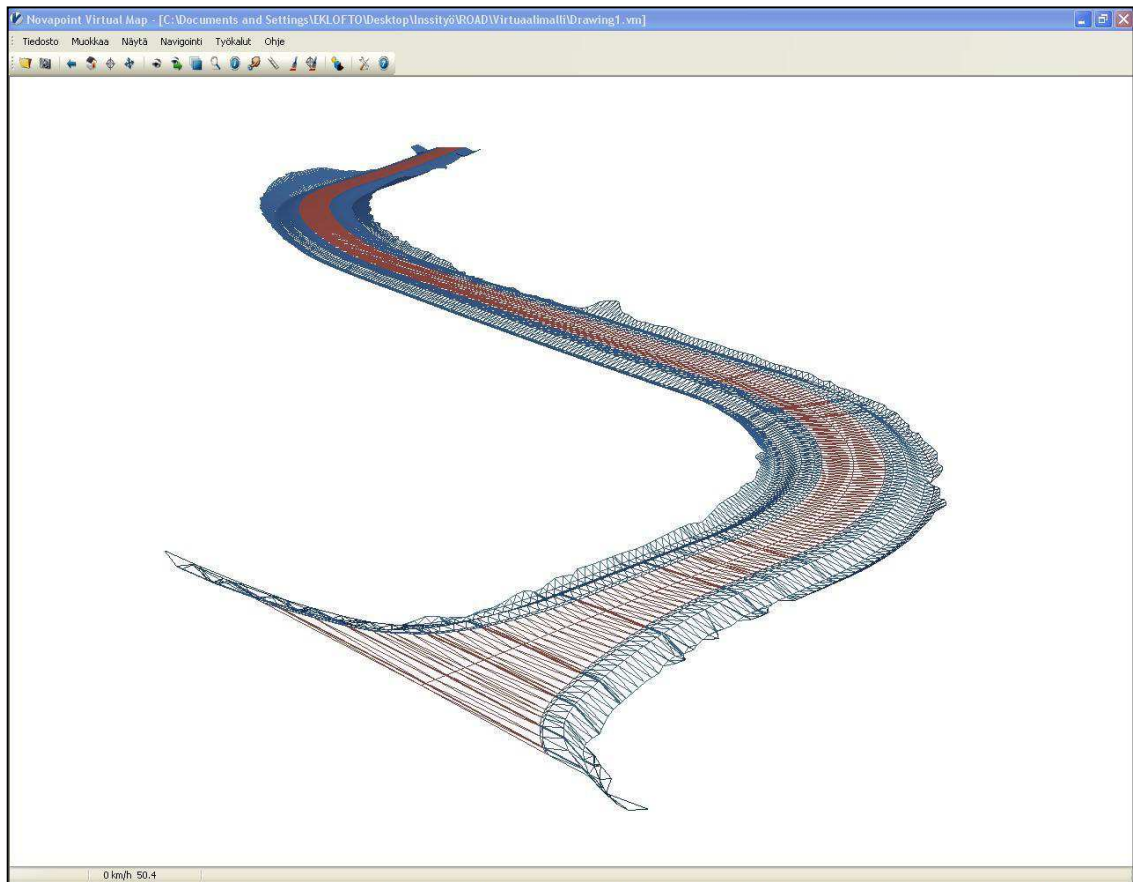


tarkastella LandXML-siirtotiedostoja on piirtää ne dwg-kuvaan Novapointin Base -moduulilla.



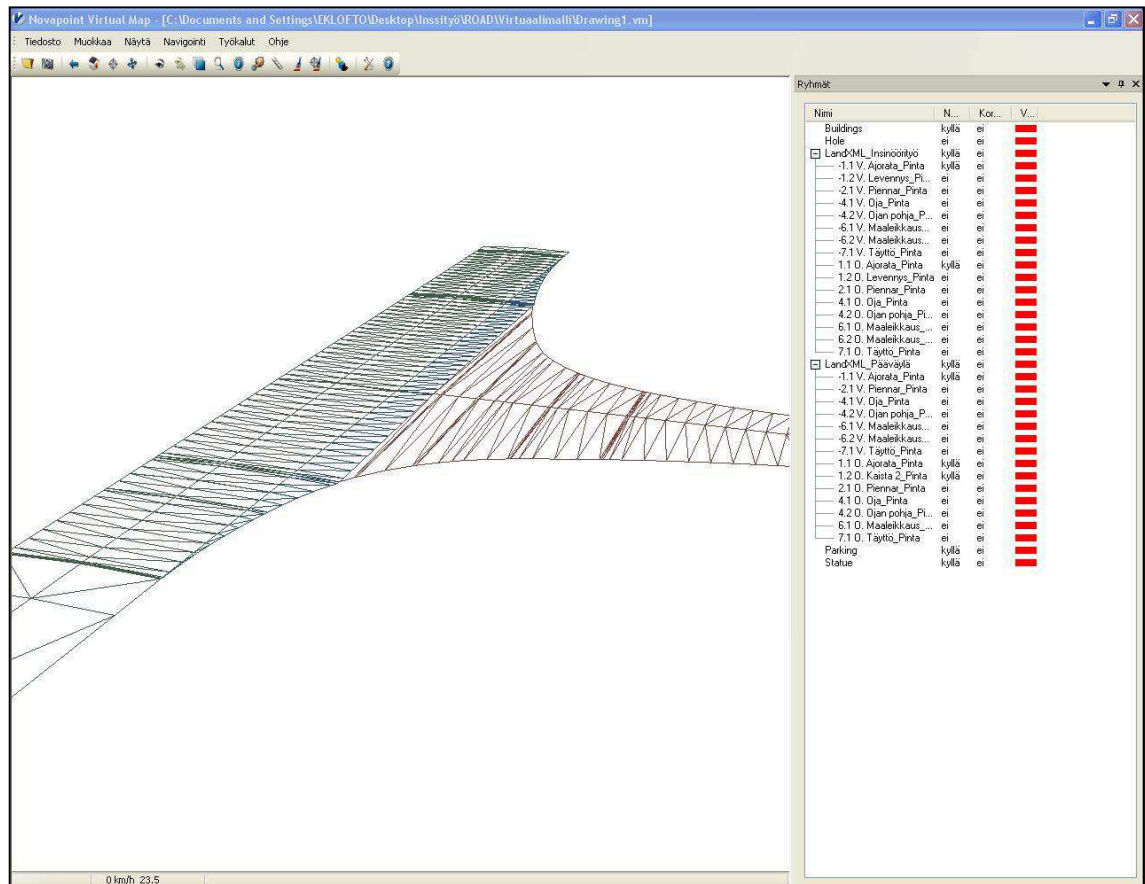
Kuva 25. Virtual Map -mallinnusohjelmassa LandXML-tiedostojen lisääminen

LandXML-mallit lisätään Virtual Map -ohjelmaan ja näille voidaan ryhmäkohtaisesti määrittellä leikkaustavat ja materiaalit eli pintojen esittämistapa virtuaalimallissa. Leikkaustavalla määritellään, miten eri pinnat käyttäytyvät mallissa. Ryhmäkohtaisissa asetuksissa voidaan myös määrittellä, mitkä pinnat näkyvät virtuaalimallissa sekä lukita pintoja, jolloin muut pinnat eivät voi leikata niitä. Mallien visuaalisen tarkastelun helpottamiseksi kannattaa malleissa ja pinnoissa käyttää eri värejä. Kuvassa 26 on esitetty väylän pinnan kolmiulotteinen malli, jossa ajorata on määritetty punaiseksi.



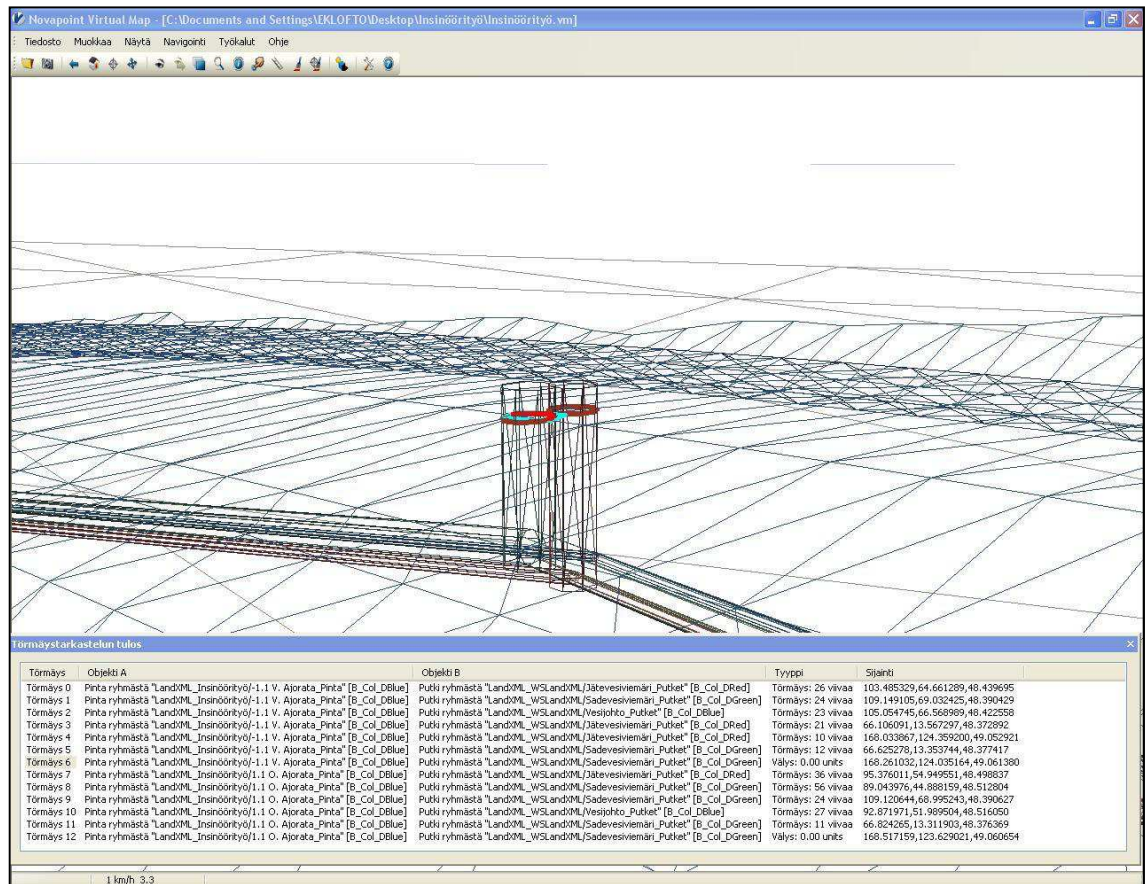
Kuva 26. Koneohjausmallin tarkastelu Virtual Map -moduulin katseluohjelmalla.

Aineistoa voidaan tarkastella tekstuuripintoina tai niin sanottuina rautalankamalleina. Tekstuureilla kuvattuina pinnat näyttävät kokonaisilta objekteilta ja tämä menetelmä sopii paremmin havainnollistamiseen. Kuvassa 26 väylä on esitetty kolmioverkon pintoina, ilman tekstuureja. Väylän pinta muodostuu kolmioista, jotka suunnitteluohjelma on laskenut poikkileikkausten asetusten mukaisesti. Väylän poikkileikkaukset on laskettu metrin välein, jolloin väylä kuvautuu mallissa melko tarkasti. Laskentavälin pienentäminen lisää koneohjausaineiston tiedostokokoa, joten laskentaväliä kannattaa pienentää vain kaarteissa ja liittymäkohdissa. Suorat osuudet pystytään mallintamaan isommallakin laskentavälillä. Visuaalisessa tarkastelussa voidaan nähdä karkeat virheet ja huomata mahdollisia epäjatkuvuuskohtia. Tarkastelussa on tärkeää katsoa, kuinka useammat mallit liittyvät toisiinsa. Kuvassa 27 on esitetty, kuinka suunniteltujen kahden väylän ajoratojen pinnat liittyvät toisiinsa.



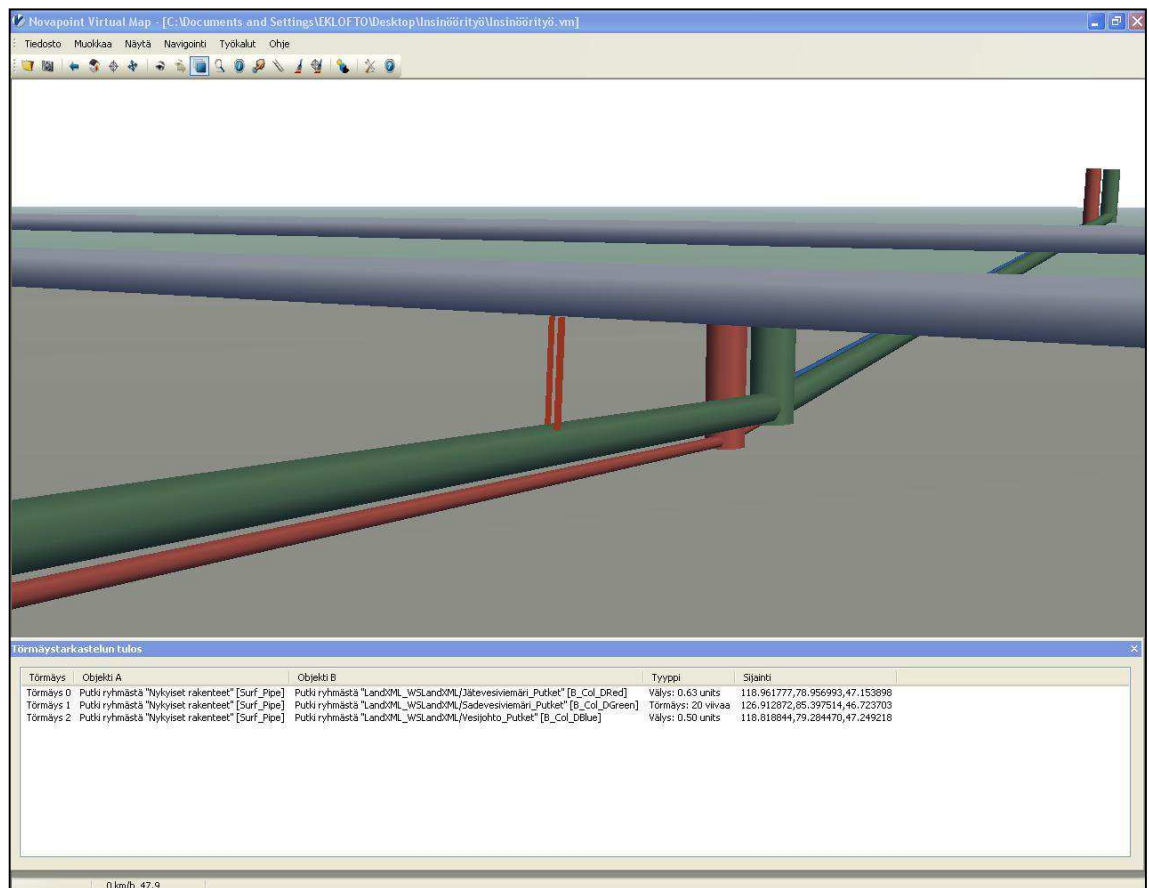
Kuva 27. Liittymäalueen tarkastelu.

LandXML-mallien tarkastelu virtuaalimallissa mahdollistaa myös törmäystarkastelut. Virtuaalimalliin voidaan lisätä nykyisiä objekteja, joille voidaan tehdä myös törmäystarkasteluja suunniteltujen mallien kanssa. Törmäystarkastelut tehdään Virtual Map -katseluohjelman työkalulla, jossa määritellään ryhmät, joiden välillä törmäilyä etsitään. Kuvassa 28 on suoritettu törmäystarkastelua vesihuoltovarusteiden ja väylän pinnan välillä. Törmäystarkastelu havaitsi jäte- ja sadevesikaivojen kansien nousevan ajoradan päälle. Käyttäjä voi valita yksittäisen virheen havaittujen virheitten luettelosta, jonka jälkeen ohjelma vie näkymän automaattisesti törmäyskohtaan.



Kuva 28. Törmäystarkastelu

Törmäystarkasteluun voidaan lisätä myös vällys, jolla esimerkiksi suojavaalit ja -kerrokset voidaan tarkistaa. Suojaetäisyyksien tarkistaminen tapahtuu lisäämällä törmäyslaskennan määritysten vällys-kohtaan numeroarvo, joka vastaa etäisyyttä metreissä. Kuvan 29 esimerkissä annettiin arvoksi yksi metri. Ohjelma havaitsi suunnitellun sadevesilinjan ja nykyisen maakaasuputken risteämiskohdassa, että metrin suojaetäisyys ei täyttynyt. Samanlainen toiminto löytyy myös varsinaisesta vesihuollon suunnittelumoduulista Water&Sewer.



Kuva 29. Suojaetäisyyksien tarkistus suunniteltujen ja nykyisten objektien välillä. Objektit esitetty tekstuureina.

### 3.4 Koneohjausmallien tuottamisen tulokset

Novapoint-suunnitteluohjelmalla suunniteltiin onnistuneesti kaksi väylää ja vesihuolto-  
linjaa. Liittymäalue mallintui oikein ja virtuaalimallissa pystyttiin tekemään myös tarvit-  
tavat törmäystarkastelut. Vaikka kyseinen mallinnus onnistui, mallintaminen tulee kui-  
tenkin mitä todennäköisimmin aiheuttamaan haasteita suunnittelijoille. Esimerkkiväyli-  
en poikkileikkaukset olivat suhteellisen yksinkertaiset ja liittymäalueen suunnittelu pys-  
tyttiin tekemään aputyökaluja käyttäen. Monimutkaisemmissa väylissä voi poikkileikka-  
uksen tyyppi vaihdella paljonkin ja mallinnettaessa väyläsuunnitelman tulee olla kun-  
nossa koko matkalta. Periaatteena voidaan pitää, että koneohjaukseen tuotettu malli  
on vain niin hyvä kuin väyläsuunnitelma on ollut. Perinteisesti rakennussuunnitelmissa  
esitetään poikkileikkauksia 20 metrin välein, kun taas koneohjausmallien poikkileikkaus-  
ten tulee olla kunnossa koko matkalta. Koneohjausaineiston kirjoittaminen LandXML-  
formaattiin itsessään ei kestä kauaa, mutta väyläsuunnittelu koneohjausmalleja varten

kuitenkin vaatii enemmän aikaa, kuin perinteisten mittausaineistojen tuottaminen. Tämä on asia, joka pitää ottaa tulevaisuudessa huomioon suunnitteluvaiheen kestoa ajatellen.

Tässä prosessikuvauksessa aineisto kirjoitettiin ulos LandXML-formaatissa. Pidemmän väylän (noin 400 metriä pitkä ja yksinkertainen poikkileikkaus), siirtotiedoston koko oli noin yksi megatavu. Yhden megatavun siirtotiedostojen käyttö työmaalla koneohjauslaitteissa on vielä mahdollista, mutta ennen kuin laitteiden kapasiteetti ja suorituskyky paranee, täytyy pidemmät ja monimutkaisemmat väylät kirjoittaa ulos osamalleina. Osamalleja käytettäessä tulee varmistaa niiden liittyminen toisiinsa ja jatkuvuus. Esimerkkikohteen maastomalli kirjoitettiin kokonaisuudessaan ulos LandXML-formaattiin, jolloin tiedostokoko oli yli 100 megatavua. Kokoon vaikuttaa kuitenkin lähtöaineiston tarkkuus, joka tässä tapauksessa oli laserkeilausaineistoa, jolloin suuri tiedostokoko oli odotettavissa. Maastomallia ei yleensä laiteta työmaalla koneisiin, mutta jos näin tehdään, tulee myös sen aluetta rajata.

Varusteita ja suunniteltuja objekteja ei saatu lisättyä koneohjausmalleihin LandXML-formaatissa, sillä nämä puuttuvat Inframodel-määrittelystä. Kaiteille ja valaisimille voidaan piirtää viivoja ja pisteitä, jotka saa kirjoitettua ulos LandXML-formaatissa Nova-point Base tai AutoCAD Civil 3D -työkaluilla, mutta tämä menetelmä ei ole kannattava. Koneohjauslaitteet eivät vielä tue tällä tavalla tuotettua aineistoa. Inframodel-kehitystyön jatkuessa voidaan nämäkin asiat tuottaa LandXML-formaatissa.



#### **4 Haastattelututkimus koneohjauksen kehitystarpeista**

Yhtenä osana tätä insinööriä oli tehdä haastattelututkimus koneohjauksen kehittämistarpeiden selvittämistä varten. Kysely tehtiin koneohjausta käyttäville urakoitsijoille, laitetoimittajille ja suunnittelijoille. Kyselyn kautta pyrittiin selvittämään, miten koneohjauksen järjestelmiä, laitteita sekä suunnittelua tulisi kehittää. Haastattelut päätettiin tilaajan kanssa tehdä puhelimen ja sähköpostin välityksellä haastateltavien toimipaikkojen sijainneista johtuen.

Kyselyyn osallistuvat tahot valittiin tilaajien kanssa. Haastatteluiden lähtökohtana oli se, että työmaapuolen urakoitsijoita haastateltaisiin ensin, koska siellä kehitystarpeet ilmenevät ensimmäisenä. Urakoitsijoiden jälkeen haastateltiin laitetoimittajat ja viimeiseksi suunnittelijat. Urakoitsijapuolen vastausten perusteella pystyttiin myös vaikuttamaan laitetoimittajille sekä edelleen suunnittelijoille esitettyihin kysymyksiin. Työmaapuolelta haastateltiin mittaustyönjohtajia sekä yritysten johtohenkilöstöä. Mittaustyönjohtajia haastateltiin Skanska Infra Oy:stä sekä Kesälahden Maansiirto Oy:stä. Lisäksi haastateltiin Destia Oy:n tuote- ja kehityspäällikköä sekä Mitta Oy:n varatoimitusjohtajaa. Tarkoituksen oli haastatella edellisten lisäksi myös muitakin urakoitsijoita, mutta yhteydenottoista huolimatta enempää vastauksia ei saatu. Koneohjauksen laitetoimittajista valittiin Scanlaser Oy, Geotrim Oy, Novatron Oy ja Topgeo Oy. Laitetoimittajapuolen haastateltavat olivat koneohjauksen tuote- ja kehityspäälliköitä sekä asiantuntijoita. Suunnittelupuolen haastateltaviksi valittiin kaksi konsulttiyritystä, joilla on kokemusta koneohjausaineistojen tuottamisesta, Ramboll Finland Oy sekä FCG Finnish Consulting Group Oy.

Kyselylomakkeet luotiin Microsoft Wordilla; lomakkeet olivat sisällöltään erilaiset riippuen haastatteluiden kohderyhmästä, minkä vuoksi lomakkeesta tehtiin kolme erilaista versiota. Urakoitsijoille lähetettävässä lomakkeessa oli kuusi kysymystä. Kysymykset olivat osaksi mielipidekysymyksiä sekä osaksi tarkempia kysymyksiä koneohjauksen kehittämiseen liittyen. Mielipidekysymyksillä haastateltavaa pyydettiin ottamaan kantaa mm. siihen, täyttävätkö nykyisin suunnitellut koneohjausmallit työmaan vaatimukset ja miten vastuukysymyksiä tulisi käsitellä epäselvissä tilanteissa. Laitetoimittajien lomakkeessa oli seitsemän kysymystä, joista osa oli johdettu työmaapuolen vastauksista. Kysymykset olivat samankaltaisia kuten työmaapuolen kysymykset; vapaamuotoisia

mielipidekysymyksiä sekä detaljikysymyksiä. Suunnittelijoille lähetettiin myös seitsemän kysymystä sisältävä lomake. Suunnittelijoilta pyrittiin saamaan myös näkökulma vastuukysymyksiin liittyen sekä miten suunnitteluohjelmia tulisi jatkossa kehittää. Vastauksia haastatteluihin saatiin kokonaisuudessaan 12 kappaletta. Alkuperäiset haastattelulomakkeet sekä vastaukset on esitetty liitteinä (liitteet 1 - 3).

#### 4.1 Urakoitsijat

Kyselyistä kävi ilmi, että koneohjattu työmaa on tullut jäädäkseen. Koneohjauksella saavutettavat hyödyt, kuten kaivuutöiden tarkkuus, työn nopeutuminen ja materiaalisäästöt ovat merkittäviä. Kehitettävää alalla kuitenkin löytyy yhä. Tällä hetkellä suunnitteluohjelmilla tuotettuja koneohjausmalleja joudutaan miltei aina muokkaamaan työmaalla ennen käyttöönottoa. Usein malleja joudutaan myös kääntämään eri formaattiin, koska työmailla on käytössä erilaisia koneohjausjärjestelmiä. Kääntämisprosesseissa on työvaiheiden lisääntymisen lisäksi riskinä myös tiedon katoaminen. Ongelmana on myös se, että koneohjausmalleja ei välttämättä vielä ole edes saatavilla kaikkiin hankkeisiin.

Kaikkea koneohjausmallien nykyistä sisältöä (geometria-, rakennekerrostiedot, kaivanot, putket, kaivot, valaistus, kaiteet sekä maisemointi) voidaan hyödyntää työmaalla, edellyttäen työnjohdolta asiantuntemusta ja perehtymistä asiaan sekä tarkempaa työn ohjausta. Koneohjausmallien sisältöä voisi kehittää myös pohjatutkimustietojen osalta stabilointi- ja paalutuskoneita ajatellen, mutta näiden koneiden koneohjausjärjestelmät tarvitsevat vielä kehittämistä. Kehittämistä tarvitaan myös kalliorakennus- ja päällystys-työkoneiden koneohjausjärjestelmiin. Kaivinkoneiden, pusku- ja puskutraktoreiden, pyöräkuormaajien sekä tiehöylien koneohjausjärjestelmät ovat pääasiassa jo toimivia.

Työmaille toimitetaan koneohjausaineistoa monessa eri formaatissa. Esimerkiksi Kilpilahden tietyömaalle aineisto toimitettiin pituus- ja vaakasuuntaisina viivoina dwg-kuvissa. Skanska Infra:n mittaustyönjohtaja Mauno Koskisen mukaan työmaalla oltiin tietoisia LandXML-formaatista, mutta sitä ei käytetty, koska työkoneissa ei ollut yhteensopivia laitteita. Työmaan kanta oli kuitenkin se, että jos yhteistä formaattia (LandXML) kehitetään, tulisi sen jatkossa olla käytössä kaikilla.



Työmaalla on myös tarvetta ohjelmille ja työkaluille työn seurantaan sekä laadunvarmistusta varten. Näissä ohjelmissa hyviä ominaisuuksia olisivat määrien raportointi, työn reaaliaikainen seuranta sekä valmistuneiden rakenteiden esittäminen. Yhtenä haastattelussa ilmenneistä kehitystarpeista oli kaivinkoneen koneohjauslaitteisiin tehtävä muistutusominaisuus, joka muistuttaisi koneen kuljettajaa ottamaan tarkemittauksia ennen kuin hän etenee esimerkiksi seuraavalle paaluluvulle tien- tai kadunrakentamisessa. Tarkkeiden ottamisen voisi myös yhdistää työn reaaliaikaiseen seurantaan, jolloin kaivinkoneen ottaessa tarkkeen siirtyisi tieto automaattisesti ja langattomasti työnjohdon tietokoneeseen. Erilaisia maastotietokoneita ja Pocket-PC-laitteita on jo käytössä eri työmailla, mutta Kesälahden Maansiirron mittaustyönjohtaja Simo Korhosen mukaan näitäkin voisi kehittää rakenteeltaan ja käytettävyydeltään. Uudet maastotietokoneet voisivat olla kosketusnäytöllisiä ja samaa kokoluokkaa kuin uudet markkinoilla olevat "tabletit" eli taulutietokoneet. Näiden tietokoneiden tulisi olla varustettuna paikannusjärjestelmällä, langattomalla tiedonsiirrolla ja ohjelmilla, joilla voitaisiin katsoa ja käsitellä suunnitelmakuvia ja samoja malleja, joita koneohjatuissa työkoneissakin käytetään, saataisiin hyvin tehokas järjestelmä työnjohtamista varten.

Yhtenä kysymyksenä oli se, että tulisiko työmaalla olla edelleen aineistosta vastaava henkilö, joka on myös kykenevä tekemään aineistoon muutoksia, vai tulisiko suunnittelijoiden mallit pystyä toimittamaan suoraan työkoneisiin. Työmaapuolen haastatteluiden perusteella vastaus on yksiselitteinen: työmaalla tulee olla aineistosta vastaava henkilö. Vaikka alalla olisi yksi yhteinen tiedonsiirtoformaatti, voi malleja kuitenkin joutua muokkaamaan tai yhdistelemään työmaalla nopeasti vastaamaan tarpeita. Lähtökohtana tulisi kuitenkin olla, että suunnitellun koneohjausaineiston tulee toimia suoraan työmaan koneiden järjestelmissä, jotta vältetään turhalta mallien käännöstyöltä sekä muokkaamiselta. LandXML-formaatin yleistyessä ja vakiinnuttaessa paikkansa mallien tiedonsiirtoformaattina käännöstyön aiheuttamat ongelmat tulevat vähentymään. Toinen asia on suunnittelun lähtöaineistojen tarkkuus. Jos aineisto, jonka pohjalta suunnittelu tehdään, on huonoa, voidaan työmaalla törmätä ongelmiin, kun olosuhteet eivät vastaakaan suunnittelijan lähtötietoja ja niiden pohjalta suunniteltua mallia. Tällöin työmaalla joudutaan muokkaamaan malleja vastaamaan todellista tilannetta. Muokatun mallin pitäisi kuitenkin käydä myös suunnittelijan pöydällä, jotta asiaa voidaan tarkastella koko suunnitelma-alueen kannalta. Hankkeen tilaajalla on suuri vastuu siitä, min-käläisiä vaatimuksia koneohjausaineiston sisällölle on määritelty. Tähän tulisi olla myös

kansallinen ohjeistus siitä, minkä tasoista suunnittelussa käytettävän lähtöaineiston sekä valmiiden mallien tarkkuuden tulee olla. Työmaalla on lisäksi myös sellaisia tehtäviä, joita on vaikea tai jopa mahdotonta toteuttaa koneohjattuna. Esimerkkejä koneohjattuna vaikeasti toteutettavista töistä ovat tarkemmat massanvaihdon kaivuut tai siirtymäkiilojen rakentaminen. Näiden töiden toteuttaminen koneohjattuna vaatisi äärimmäisen tarkkoja lähtötietoja (mm. kallionpinnan malli), mikä tulee ottaa huomioon sekä hankkeen suunnittelun edetessä että sopimuksissa.

## 4.2 Laitetoimittajat

Laitetoimittajilta pyrittiin selvittämään haastatteluiden avulla tiedonsiirtoformaatteihin liittyvää asioita, kuten mitä formaatteja käytetään, mikä niistä on yleisin, mitkä ovat formaattien edut ja haitat sekä millaisia ominaisuuksia laitteissa on nykyään sekä kehitteillä. Koneohjauslaitteet tukevat eri formaatteja ja laitteet voidaan jakaa Novatronin tuotekehityspäällikkö Visa Hokkasen mukaan kahteen leiriin: ne laitteet, jotka käyttävät erillistä konvertointiohjelmistoa sekä suoraan tiettyä formaattia lukevat järjestelmät. Konvertointiohjelmilla toimitettuja aineistoja käännetään koneohjauslaitteeseen sopivaan muotoon.

Kuten jo aiemmin on mainittu, malleja toimitetaan monessa eri formaatissa: CAD-tiedostoina (.dxf, .dwg,), Microstation-tiedostoina (.dgn), LandXML-formaattina Infra-model-laajennuksella sekä piste-, linja- ja geometriamuotoisina formaatteina (.gt, .pxy, .xyz, .txt, .kof, .lin, .prf, .skv, .geo, .lmd, .csv). Formaatteja on siis paljon ja työmaiden laitteistot voivat olla erilaisia, jolloin aineistoa joudutaan kääntämään toiseen muotoon. Kyselyn perusteella yleisimmin käytetyt formaatit ovat tällä hetkellä LandXML:n Infra-model-laajennuksella, AutoCAD-tiedostot (.dwg ja .dxf) sekä GT-formaatti eli niin sanottu ”Tielaitos-formaatti”. GT-formaatti on ascii-muotoista tietoa, jossa väylä on esitetty pituussuuntaisina viivoina.

Mallit voidaan jaotella niiden tyyppin eli sisällön perusteella: pintamallit, geometrialinjat, sivulinjat / poikkileikkaukset, pisteet ja viitekuvat. Pintamalleja toimitetaan mm. CAD-tiedostoina ja LandXML-formaatissa. Pintamallit ovat hyvin yleisiä erilaisten rakenteiden mallintamisessa, mutta niiden haittapuolena ovat suuret tiedostokoot. Suuresta tiedostokoosta puhutaan jo silloin, kun tiedoston koko ylittää 1-2 megatavua. Esimerkiksi

pidemmän ja monimutkaisemman väylän rakenteiden kirjoittaminen pintamallina LandXML-muotoon tekee siirtotiedostosta suhteellisen ison, jolloin koneohjauslaitteiston tiedon käsittely hidastuu ja tietoa voi kadota. Pahimmassa tapauksessa suurta mallia ei pystytä käyttämään ollenkaan. Tällöin koneohjausaineistoa täytyy toimittaa osamalleina, jolloin korostuu näiden osamallien jatkuvuuden ja pintojen yhdistymisen varmistaminen. Geometrialinjoilla esitetään väylän geometriatiedot sekä mm. putkilinjat. Geometrioiden tulee olla laskennallisesti oikein suunniteltuja, koska joissain formaateissa saadaan muuten aikaan väärä lopputulos. Pisteillä ja viitekuvilla voidaan kuvata nykyisiä ja suunniteltuja rakenteita (valaistus, tiekaiteet yms. varusteet) tai pitää koneohjauslaitteessa taustalla esimerkiksi CAD-tiedostona pohja- tai kiinteistörajakarttaa.

Koneohjauslaitteilla pystytään suorittamaan jälkimittauksia eli seuraamaan toteumaa ja tekemään tarkemmittauksia. Mittausta voidaan käyttää myös tarkkuuden seurantaan ja dokumentointiin. Näiden toteumatietojen käsittelyyn on olemassa erilaisia ohjelmia ja maastotietokoneita ja niitä kehitetään edelleen työnohjauksen parantamiseksi. Lähtöaineistoja voidaan myös mitata työkoneella, mutta silloin tulee huomioida käytössä olevan mittaus- ja paikannustekniikan tarkkuus.

Työmaapuolen vastausten perusteella laitetoimittajilta kysyttiin, kuinka paljon kehitystä pohjanvahvistuksen, kalliorakentamisen ja päällystämisen koneohjausjärjestelmien eteen tehdään. Vastausten perusteella näille aloille löytyy jo ratkaisuja, joista osa on jo arkipäivää ja osaa vielä kehitetään. Päällysteen levitintä pystytään ohjaamaan takymetrillä, jolla haetaan millimetritarkkuutta loppupintaan. Kalliorakentamisen puolella avolouhoksilla on jo käytössä kehittyneempiä ohjausjärjestelmiä ja maanalaisissa kaivoksissa koneet ovat täysin automatisoituja. Sen sijaan pintakallion porakoneille on olemassa paikantamisratkaisuja, joita kehitetään edelleen. Pohjanvahvistuksen saralla on jo käytössä erilaisia paikannusmenetelmiä paalutus- ja syvästabilointikoneissa. Kehitystä tehdään vinojen paalujen ja porareikien sijainnin määrityksessä. Tiivistyskoneissa käytetään lämpömittareilla varustettuja GNSS-järjestelmiä, joiden toiminta perustuu mm. tiivistettävän alueen yliajettujen kertojen määrän seurantaan.

### 4.3 Suunnittelijat

Suunnittelijoita haastateltiin kahdesta yrityksestä, Ramboll Finland Oy:stä ja FCG Finnish Consulting Group Oy:stä. Haastatteluilla pyrittiin selvittämään suunnittelijan näkökulmaa koneohjaukseen; kuinka paljon koneohjausaineistolle on kysyntää, minkälaisissa hankkeissa sitä on käytetty, mitä suunnitellut mallit ovat sisältäneet, miten tien ja kadun mallit eroavat, miten vastuun tulisi jakautua ja mikä suunnittelun tarkkuus tulisi olla.

Koneohjausmallien kysyntä on kasvanut selkeästi viime vuosien aikana, niin katu- kuin tiepuolellakin. Varsinkin tarjouspyynnöissä on ollut huomattavissa kasvava kysyntä koneohjausaineistolle. Ramboll Finland Oy projektipäällikkö Merja Sivosen mukaan tiehankkeita ei juurikaan kysytä enää ilman koneohjausta ja myös katupuolella mallien kysyntä on kasvanut viimeisen vuoden aikana. Suunnittelijat ovat toimittaneet aineistoa työmaalle pääasiassa .gt ja LandXML-formaatissa, mutta myös CAD-kuvina. Suunnitellut mallit ovat sisältäneet tien tai kadun sijaintiin ja rakenteisiin liittyviä tietoja sekä kaivantoja ja vesihuoltoa. Myös siirtymäkiiloja on mallinnettu. Maisemointeja ja meluvalleja on toimitettu kolmioverkkoina CAD-tiedostoissa tai LandXML-formaatissa. Varusteita kuten valaisimia ja kaiteita, ei ole toimitettu koneohjausaineistona.

Kyselyn perusteella tie- ja katuhankkeisiin toimitettavien mallien välillä ei ole oikeastaan muuta eroa kuin se, että kadun väylämallin suunnittelu on monimuotoisempaa ja se vie enemmän aikaa. FCG Oy:n tie-, katu- ja liikennesuunnittelija Hanna Leskisen mukaan suurin ero on mallin tekovaiheessa, jolloin kadun suunnittelu luonnollisesti on huomattavasti pienimuotoisempaa ja täten myös haastavampaa sekä enemmän aikaa vievää. Kadun suunnittelussa tulee vastaan salaojien sijaintien vaihtelut, pohjan muotoilun vaihtelut, madalletut reunakivet ja saarekkeet sekä poikkileikkaustyyppin vaihtuminen toiseen. Molemmissa väylissä haastetta tuottavat mallinnettavat liittymäalueet ja rakenteen parantaminen eli niin sanotun saneerausleikkauksen tuottaminen koneohjausaineistoksi.

Koneohjausmallien muokkaustarve ennen ja jälkeen työmaalle toimittamisen riippuu formaatista. LandXML-formaattiin kirjoitettava aineisto perustuu suoraan väylämallin tietoihin, jolloin aineisto on niin hyvä kuin väylämallikin. Lähtökohtana voidaan pitää sitä, että kadun ja tien perinteiseen suunnitteluun verrattuna ei riitä, että väylämallin

poikkileikkaukset ovat kunnossa 20 metrin välein, joka yleensä on poikkileikkausten esitysväli. Väyläsuunnitelman tulee olla kokonaisuudessaan kunnossa, jotta se on myös mallina kunnossa. LandXML-formaattiin kirjoitettua aineistoa tarkastellaan Virtual Map -lisätyökalulla, joka vaatii myös Virtual Map -perusosaamista. Muihin formaatteihin jouuu tekemään töitä kahdesta neljään tuntiin yhtä väylää kohden. LandXML-formaatin aineistoa ei ole tarvinnut muokata työmaalle toimittamisen jälkeen, jos ei huomioida työn aikaisia muutoksia, jonka jälkeen on täytynyt luoda uusi malli.

Molemmat suunnittelijat korostavat sitä, että toimiston ja työmaan välillä tulee olla hyvä vuorovaikutus. Nykypäivän lähtöaineistojen pohjalta ei voida vaatia täyttä vastuuta koneohjausaineiston suunnittelijalta. Lähtöaineisto on yleensä puutteellista ja maaperästä ei voida hyvillä lähtöaineistoillakaan varmuudella sanoa mitä rakentamisen aikana tulee vastaan. Mallien toimivuus työmaalle toimitettaessa on asia erikseen. Mallien tulee olla oikein muodostettuja ja rakenteiden pintojen sekä useampien mallien liittymiset toisiinsa täytyy olla mallinnettu oikein. Työmaalla tehtävät tai havaittavat muutokset kuten esimerkiksi pohjaolosuhteiden muuttuminen siten, että kaivantoja ei voida tehdä suunnitellulla tavalla, tulisi informoida suunnittelijalle, jotta muuttunutta tilannetta voidaan myös tarkastella koko suunnittelualueella. Jos kohde on pystytty rakentamaan ilman uutta mallia, tehdään uusi malli joka tapauksessa esimerkiksi koordinointimallia tai ylläpitomallia varten.

#### 4.4 Haastatteluiden johtopäätökset

Haastatteluita tehtiin kaikkiaan 12 kappaletta. Haastateltavina oli urakoitsijoita, laite-toimittajia ja suunnittelijoita, jotka ovat toimineet koneohjauksen piirissä. Näin saatiin mahdollisimman suuri näkökulma aiheeseen. Haastatteluiden perusteella voidaan sanoa, että koneohjaus on havaittu tarpeelliseksi kaikkien edellä mainittujen ryhmien lisäksi myös tilaajien parissa, mikä tulee edesauttamaan koneohjauksen kehitystä ja käytön lisäämistä. Tärkeänä pidän sitä, että LandXML-formaatin käyttö koneohjausaineiston tiedonsiirrossa on vakiinnuttanut asemaansa kaikissa käyttäjäryhmissä, sillä monien eri formaattien käyttö aiheuttaa ongelmia sekä työmaalla, laitteissa että toimistolla. Kehitystarpeita tuli niin formaattien, ohjelmien kuin laitteidenkin puolesta. Haastatteluiden perusteella tärkeimpinä kehityskohtina näen seuraavat asiat:

- Yhteisen tiedonsiirtoformaatin (LandXML) sekä yhteensopivien laitteiden jatkokehittäminen.
- Laitetoimittajien sitoutuminen yhteisen tiedonsiirtoformaatin käyttöön.
- Työmaaohjelmien kehittäminen mahdollistaen työn reaaliaikaisen seurannan, valmistuneiden rakenteiden esittämisen sekä massojen ja määrien raportoinnin.
- Työmaalaitteiden ja -tietokoneiden kehittäminen siten, että työnjohdon ja mittaushenkilöstön toimet helpottuvat.
- Koneohjauslaitteiden kapasiteetin ja suorituskyvyn parantaminen.
- LandXML Inframodel -määrittelyn kehittyessä tulee suunnitteluohjelmia kehittää sen rinnalla mahdollistaen esimerkiksi väyläsuunnittelussa varusteiden lisäämisen suoraan malleihin sekä useampien mallien toisiinsa liittämisen parantaminen.
- Vastuukysymyksiä selventämään tarvitaan yhteisten ohjeiden ja standardien määrittely väylien (sekä muiden tekniikkalajien) mallintavassa suunnittelussa käytettävien lähtöaineistojen ja tuotettujen mallien tarkkuudelle sekä laadulle. Esimerkkeinä Liikenneviraston julkaisema Siltojen tietomalliohje (Liikenneviraston ohjeita 8/2011) ja Norjan tiehallinnon ohjekirja HB138 tietomalleista.
- Työmaalla tulee jatkossakin olla aineistosta vastaava henkilö.
- Työmaan ja toimiston vuorovaikutuksen parantaminen ja asenteiden muuttuminen mallintavaa suunnittelua ja toteutusta kohti.

## 5 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli selvittää, minkälaista koneohjausaineistoa pystytään Novapoint-suunnitteluovelluksilla tuottamaan sekä miten näitä ja työmaalla käytettäviä laitteita tulisi kehittää. Sovelluksilla pystyttiin tuottamaan koneohjausaineistoa kaikissa työmaan vaatimissa formaateissa. Tässä työssä perehdyttiin kuitenkin tarkemmin LandXML-formaattiin Inframodel-laajennuksella, sillä se tulee olemaan jatkossa käytetyin tiedonsiirtoformaatti koneohjausaineistoille.

Koneohjaukseen liittyvien ohjelmien ja laitteiden kehittämistarpeiden selvittäminen aloitettiin perehtymällä koneohjauksen nykytilanteeseen tutkimalla minkälaisia järjestelmiä laitetoimittajat tarjoavat ja miten koneohjausta on käytetty Suomessa ja ulkomailla. Insinööriyötä varten Novapoint-suunnitteluohjelmalla suunniteltiin esimerkiväyliä, joista kirjoitettiin ulos koneohjausmalleja LandXML-formaatissa ja tämän jälkeen malleja tarkasteltiin Novapoint Virtual Map -moduulilla. Lisäksi kehitystarpeiden kartoitusta varten tehtiin haastattelututkimus koneohjauksen tärkeimpien sidosryhmien eli urakoitsijoiden, laitetoimittajien ja suunnittelijoiden kesken.

Tämän insinööriyön perusteella voidaan sanoa, että koneohjaus on jäämässä pysyväksi käytännöksi infra-alalle. Koneohjausta on käytetty onnistuneesti erilaisissa pilottiprojekteissa ja hankkeissa. Työmaapuolella kyseisen menetelmän avulla saadaan kasvatettua tehokkuutta ja materiaalisäästöjä, kun taas suunnittelupuolella koneohjaus vie eteenpäin mallinnusprosessia. Koneohjaus on havaittu tarpeelliseksi kaikkien edellä mainittujen ryhmien lisäksi myös tilaajien parissa, mikä tulee edesauttamaan koneohjauksen kehitystä ja käytön lisäämistä. Tärkeänä edellytyksenä tälle pidän sitä, että LandXML-formaatin käyttö koneohjausaineiston tiedonsiirrossa on vakiinnuttanut asemaansa kaikissa käyttäjäryhmissä. Insinööriyön tuloksena selvisi, että kehittämisen aiheutta on kuitenkin yhä niin laitteissa kuin ohjelmistoissakin.

Vaikka nykyään periaatteessa pystytään tuottamaan toimivia koneohjausmalleja, niitä joudutaan kuitenkin usein käsittelemään ja muuttamaan formaatista toiseen vielä työmaalla lähinnä siitä syystä, että alalla on käytössä niin suuri määrä eri formaatteja ja niitä tukevia laitteita. Ideaalitalanteessa alalla olisi ainoastaan yksi yhteinen tiedonsiirtoformaatti, jolla pystyttäisiin kuvaamaan kaikki infrarakenteet. Tähän tavoitteeseen pyritään vastaamaan suomalaisen Inframodel-kehitystyön kautta. Laitetoimittajien ja tilaa-

jien tulisi sitoutua yhteisen formaatin käyttöön. Inframodel-määrittelyn edetessä myös suunnitteluohjelmia tulee kehittää samanaikaisesti. Määrittelystä puuttuu parametrit varusteille, kuten kaiteille tai valaisimille. Suunnittelun ja urakoinnin keskinäistä vuorovaikutusta tulisi lisätä ja tilaajien on oltava aloitteellisimpia vaatimalla koneohjauksen käyttöä hankkeissa. Alalle tarvitaan ohjeistuksia ja standardeja määrittämään vaatimukset lähtöaineistojen ja mallien tarkkuudelle selventääkseen vastuukysymyksiä. Työmaalla koneohjauslaitteiden kapasiteettia ja suorituskykyä tulee kasvattaa, sillä LandXML-formaatissa isompien väylien tiedostokoot kasvavat suuriksi. Työn johtamista ja seuraamista varten tulee kehittää laitteita ja ohjelmia, jotka mahdollistavat työn reaaliaikaisen seurannan ja raportoinnin. Teknologian kehittyminen mahdollistaa katkeamattoman tietovirran rakentamisen suunnittelijan ja työmaan välille, jolloin olosuhteiden muutoksiin pystytään reagoimaan nopeasti molemmissa käyttäjäpäädyissä. Työmaalla työkonet ja työnjohdon laitteet tulevat muodostamaan tietoverkon, jossa liikkuvat suunnitelmat, mallit, toteumat, videokuva ja muu data.

Insinööriyö onnistui mielestäni täyttämään sille asetetut tavoitteet. Vaikka koneohjausta on käytetty ja kokeiltu jo pidemmän aikaa, on se vasta nyt tekemässä läpimurtoaan myös infra-alalla. Eri osapuolet ovat tiedostaneet sen tuomat hyödyt ja siihen aletaan suhtautua yhä myönteisemmin. Insinööriyöni ansiosta olen kehittynyt työtehtävissäni ja se mahdollistaa etenemiseni työelämässä. Tämä insinööriyö toimii hyvänä, perehdyttävänä oppaana koneohjaukseen.



## Lähteet

- 1 Mitä koneohjaus on? Verkkodokumentti. Topgeo Oy. <[http://www.topgeo.fi/index.php?option=com\\_content&task=view&id=121&Itemid=126](http://www.topgeo.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=121&Itemid=126)>. Luettu 1.3.2011.
- 2 Palomaa Tuomo, Vianova Systems Finland. 2010. Tietomallit ja koneohjaus katuhankeissa (InfraTM, TEKES loppuraportti).
- 3 InfraBIM-seminaari: Nyt vauhtia tietomalliin. Verkkodokumentti. Vianova Systems Finland. <<http://www.viasys.com/index.php?k=Uutiset&id=594&s=1>> Luettu 6.3.2011.
- 4 Tuotteet ja sovellukset. Verkkodokumentti. Scanlaser. <[www.scanlaser.fi](http://www.scanlaser.fi)>. Luettu 6.3.2011.
- 5 Machine control and surveying solutions. Verkkodokumentti. SBG. <[www.sbg.se](http://www.sbg.se)>. Luettu 6.3.2011.
- 6 Construction. Verkkodokumentti. Articles.DirectoryM.com. <<http://articles.directorym.com/>>. Luettu 6.3.2011.
- 7 Liedberg Sven, Skanska Teknik. Olofsson Thomas, Luulajan teknillinen korkeakoulu. Söderström Patrick, Atcon AB, Luulajan teknillinen korkeakoulu. Thall Daniel, Ceko Interactive Design. 2009. Anläggningsmaskin kan fjärrstyras i realdit. Husbyggaren Nr 1.
- 8 Paitsola Janne, Oulun yliopisto, rakennussuunnittelun ja rakentamisteknologian laboratorio (RATE). 2009. Työkoneiden 3D-ohjaus – nykytilanne ja seuraavia haasteita.
- 9 Airos Esa, Korhonen Risto, Pulkkinen Timo, Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos. 2007. Satelliittipaikannusjärjestelmät.
- 10 InfraBIM – Infratietomalli. Verkkodokumentti. Rakennustieto. <<http://www.rts.fi/infrabim/index.htm>>. Luettu 13.9.2011.
- 11 Hyvärinen Juha, erikoistutkija VTT. Porkka Janne, tutkija VTT. 2010. Inframodel tiedonsiirron sovellusohje v1.2.

## Urakoitsijoiden haastattelulomake ja vastaukset

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen

### Vastaaja

Nimi :  
Yritys :  
Asema :

### Koneohjaus työmaalla

1. Täyttävätkö suunnitteluohjelmilla tuotetut koneohjausmallit työmaan vaatimukset?
2. Malleihin voidaan nykyään liittää geometria- ja rakennekerrostietojen lisäksi tietoa kaivannoista, putkista, kaivoista, varusteista esim. valaistus ja kaiteet, maisemoinnista sekä salaojakaivannoista/-putkista. Mitä näistä oikeasti hyödynnetään työmaalla? Mitä muuta malleihin tulisi jatkossa liittää (esim. rakennettavuusanalyysit ja pohjatutkimustieto)?
3. Mitä koneohjausjärjestelmiä ja -ohjelmia tulisi kehittää työmaan tarpeisiin ja miten? Tarvitseeko työjohto ohjelmia työn etenemisen seurantaan, laatua, massavirtoja, poikkeamia, raportointia, kalustomääriä ja tuotannonohjausta varten?
4. Tulisiko tulevaisuudessa työmaalla edelleen olla aineistosta vastaava henkilö, joka on myös kykenevä tekemään aineistoon muutoksia, vai tulisiko suunnittelijoiden tuottamat mallit pystyä toimittamaan suoraan työkoneisiin? Entä mitä mieltä olet mallien toimittamiseen liittyvistä vastuukysymyksistä ja vaatimuksista suunnittelun tarkkuudelle(vaikuttavat myös lähtötietojen tasojen tarkkuuteen)?
5. Koneohjauksen käytöstä havaitut hyödyt/haitat?
6. Muita koneohjauksen kehitykseen liittyviä ajatuksia ja ehdotuksia?

Kiitos vastauksistanne!

Vastauslomakkeen voi palauttaa sähköpostitse [oskar.eklof@fcg.fi](mailto:oskar.eklof@fcg.fi)

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

## Tietomalleista koneohjaukseen

### Vastaaaja

Nimi : Mauno Koskinen  
Yritys : Skanska Infra  
Asema : Mittaustyönjohtaja

### Koneohjaus työmaalla

#### 1. Täyttävätkö suunnitteluohjelmilla tuotetut koneohjausmallit työmaan vaatimukset?

Eivät täytä. Suunnitelmia joutuu aina muokkaamaan ja siistimään työmaalla. Kilpilahden tietyömaalle koneohjausaineisto tulee yleensä dwg-kuvina, vaaka- ja pituussuuntaisina viivoina.

#### 2. Malleihin voidaan nykyään liittää geometria- ja rakennekerrostietojen lisäksi tietoa kaivannoista, putkista, kaivoista, varusteista esim. valaistus ja kaiteet, maisemoinnista sekä salaojakaivannoista/-putkista. Mitä näistä oikeasti hyödynnetään työmaalla? Mitä muuta malleihin tulisi jatkossa liittää (esim. rakennettavuusanalyysit ja pohjatutkimustieto)?

#### 3. Mitä koneohjausjärjestelmiä ja -ohjelmia tulisi kehittää työmaan tarpeisiin ja miten? Tarvitseeko työnjohto ohjelmia työn etenemisen seurantaan, laatua, massavirtoja, poikkeamia, raportointia, kalustomääriä ja tuotannonohjausta varten?

Tarkkeiden ottaminen koneenkuljettajalle muistiin. Jonkinlainen muistutusominaisuus, että paalulta ei pääse eteenpäin ilman tarkkeen ottamista. Tarvitaan ohjelma työn toteutuman seuraamista varten, yhteensopivana tarkkeiden mittauksen kanssa.

#### 4. Tulisiko tulevaisuudessa työmaalla edelleen olla aineistosta vastaava henkilö, joka on myös kykenevä tekemään aineistoon muutoksia, vai tulisiko suunnittelijoiden tuottamat mallit pystyä toimittamaan suoraan työkoneisiin? Entä mitä mieltä olet mallien toimittamiseen liittyvistä vastuukysymyksistä ja vaatimuksista suunnittelun tarkkuudelle(vaiokuttavat myös lähtötietojen tasojen tarkkuuteen)?

Täytyy olla vastaava henkilö. Käytännöt eivät ole vielä standardisoituja ja toimitetut aineistot hyvinkin erilaisia. Vaikka LandXML olisi käytössä joka paikassa tulee työmaalla olla aineistosta vastaava henkilö. LandXML aineistosta ei kokemusta Kilpilahden työmaalla, aineistoa on toimitettu pituus- ja vaakasuuntaisina viivoina dwg-kuvina. Tämäkin menetelmä on toiminut hyvin.

#### 5. Koneohjauksen käytöstä havaitut hyödyt/haitat?

Mittamiehellä on helpompaa. Vaikeat kohdat tehtävä edelleen vanhalla tavalla esim. siirtymäkiilat ja massanvaihdot, koska ne ovat riippuvaisia maan- ja kallionpinnan oikeista muodoista. Lähtöaineiston pitäisi olla todella tarkkaa, jotta em. pystyisi toteuttamaan koneohjauksella.

#### 6. Muita koneohjauksen kehitykseen liittyviä ajatuksia ja ehdotuksia?

Yhteinen formaatti tai universaali-muunnosohjelma. Kilpilahden työmaalla oltiin tietoisia LandXML formaatista, mutta sitä ei käytetty koska ei ollut yhteensopivia laitteita koneissa. Koneohjaus ei ole vielä käytössä kaikissa koneissa, mutta hyödyt ovat sen mukaiset että sitä tullaan ottamaan yhä enemmän käyttöön. On hyvä jos LandXML:ää kehitetään ja se tulisi olemaan jatkossa kaikilla yhteinen formaatti.

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 1(2)

#### Vastaaaja

Nimi : Mikko Ilmonen  
Yritys : Mitta Oy  
Asema : Varatoimitusjohtaja

#### Koneohjaus työmaalla

##### 1. Täyttävätkö suunnitteluohjelmilla tuotetut koneohjausmallit työmaan vaatimukset?

Eivät. Suunnitelmaa tulee aina "siivota" ja muuntaa kunkin koneohjausjärjestelmä tarvitsemaan muotoon. Samalla tapahtuu epäjatkuvuuskohtien sekä muiden virheiden tarkastaminen.

Tilanne saattaa muuttua tulevaisuudessa.

##### 2. Malleihin voidaan nykyään liittää geometria- ja rakennekerrostietojen lisäksi tietoa kaivannoista, putkista, kaivoista, varusteista esim. valaistus ja kaiteet, maisemoinnista sekä salaojakaivannoista/-putkista. Mitä näistä oikeasti hyödynnetään työmaalla? Mitä muuta malleihin tulisi jatkossa liittää (esim. rakennettavuusanalyysit ja pohjatutkimustieto)?

- Geometrialinjat ja rakennekerrostiedot
- Kaivannot voidaan mallintaa suoraan turvallisuusnormien mukaisesti
- Kaivojen tulo- lähtö- ja pohjakorot voidaan tuoda koneohjausmalliin vaikka numeerisesti
- Putkilaadut voidaan merkitä koneohjausmalliin
- Kuitenkin tulee muistaa: Less is more , eli selkeys tekee mallista käytettävä

##### 3. Mitä koneohjausjärjestelmiä ja -ohjelmia tulisi kehittää työmaan tarpeisiin ja miten? Tarvitseeko työnjohto ohjelmia työn etenemisen seurantaan, laatua, massavirtoja, poikkeamia, raportointia, kalustomääriä ja tuotannonohjausta varten?

Ajoittain työnjohdon huoli kontrollin menettämisestä tulee julki. Työnjohdon "edullinen" työkalu olisi tarpeellinen karkealla paikannuksella varustettuna.

##### 4. Tulisiko tulevaisuudessa työmaalla edelleen olla aineistosta vastaava henkilö, joka on myös kykenevä tekemään aineistoon muutoksia, vai tulisiko suunnittelijoiden tuottamat mallit pystyä toimittamaan suoraan työkoneisiin? Entä mitä mieltä olet mallien toimittamiseen liittyvistä vastuukysymyksistä ja vaatimuksista suunnittelun tarkkuudelle(vaikuttavat myös lähtötietojen tasojen tarkkuuteen)?

Toimimme konsulttina suunnittelun ja totutuksen välissä. Koemme, että ainakin tällä hetkellä se on tarpeellista, kysyntä kasvaa jatkuvasti.

Suunnittelija on tietenkin vastuussa suunnitelmasta niin kuin tähänkin asti. Konsulttina otamme vastuun, että koneohjausmalli toimii oikein.

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 2(2)

5. Koneohjauksen käytöstä havaitut hyödyt/haitat?

**Hyödyt:**

- Työn selkeä nopeutuminen
- Materiaalisäästöt
- Mittaustieto saatavilla
- Dokumentointi
- Materiaalien hallinta

**Haitat:**

- Osa markkinoilla olevista järjestelmistä on melko vikaherkkiä. Kun koneohjausjärjestelmä hajoaa tai mitä pahinta mittaa väärin kuljettajan siitä tietämättä, aiheuttaa se seuraamuksia prosessille, koska perinteisiä luiskamalleja ja sihtilappuja ei ole käytössä.
- Kuljettajan sokea luotto järjestelmään
- Ylilaadun tuottaminen hidastaa prosessia ( ei kovin vakava ongelma)

6. Muita koneohjauksen kehitykseen liittyviä ajatuksia ja ehdotuksia?

Kiitos vastauksistanne!

Vastauslomakkeen voi palauttaa sähköpostitse [oskar.eklof@fcg.fi](mailto:oskar.eklof@fcg.fi)

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 1(2)

#### Vastaaaja

Nimi : Simo Korhonen  
Yritys : Kesälahden Maansiirto Oy  
Asema : Mittaustyönjohtaja

#### Koneohjaus työmaalla

##### 1. Täyttävätkö suunnitteluohjelmilla tuotetut koneohjausmallit työmaan vaatimukset?

Kyllä nykyään suunnitelmat alkavat olla hyvin hyödynnettävissä koneohjausta varten.

##### 2. Malleihin voidaan nykyään liittää geometria- ja rakennekerrostietojen lisäksi tietoa kaivannoista, putkista, kaivoista, varusteista esim. valaistus ja kaiteet, maisemoinnista sekä salaojakaivannoista/-putkista. Mitä näistä oikeasti hyödynnetään työmaalla? Mitä muuta malleihin tulisi jatkossa liittää (esim. rakennettavuusanalyytit ja pohjatutkimustieto)?

Leikkauspintaan yhdistetään suuremmat putkikaivannot, jotta saadaan samalla leikkauksella tehtyä myös ne. Yllensä laitan myös tiengeometrian koneeseen, helpompi keskustella puhelimesta kuskien kanssa kun hän pystyy kertomaan paaluluvun, sivumitan ja tsv eron, jos ja kun jotain ihmeellistä ilmenee. Joskus myös pistemäisiä tietoja käytän kuten juuri nuo valaisimet ja kaivot.

##### 3. Mitä koneohjausjärjestelmiä ja -ohjelmia tulisi kehittää työmaan tarpeisiin ja miten? Tarvitseeko työnjohto ohjelmia työn etenemisen seurantaan, laatua, massavirtoja, poikkeamia, raportointia, kalustomääriä ja tuotannonohjausta varten?

Tuota työn etenemisen seurantaan on mietiskely tällä työmaalla jonkin verran. Ja kyllähän nuo poikkeamat ja muutkin raportit ovat tärkeitä, koska ne ovat aina rahaa jompaankumpaan suuntaan. Maastotietokoneiden kehittäminen rakenteeltaan ja käytettävyydeltään. Kosketusnäyttö, kokoluokkana A5 tai uusien markkinoilla olevien "tabletit", paikannusjärjestelmä, langaton tiedonsiirto ja ohjelmat, joilla voidaan katsoa ja käsitellä suunnitelmakuvia ja samoja malleja mitä koneohjatuissa työkoneissa käytetään.

##### 4. Tulisiko tulevaisuudessa työmaalla edelleen olla aineistosta vastaava henkilö, joka on myös kykenevä tekemään aineistoon muutoksia, vai tulisiko suunnittelijoiden tuottamat mallit pystyä toimittamaan suoraan työkoneisiin? Entä mitä mieltä olet mallien toimittamiseen liittyvistä vastuukysymyksistä ja vaatimuksista suunnittelun tarkkuudelle(vaikuttavat myös lähtötietojen tasojen tarkkuuteen)?

Kyllä työmaalla täytyy olla henkilö joka pystyy muokkaamaan / tuottamaan malleja ( esim. yhdistelemään liittämään noita putkia jne.) Periaatteessa mallit voisi toimittaa myös suoraan koneeseen, mutta koska tällä hetkellä koneita joissa on koneohjaus ei ole niin paljoa käytössä että kaikki rakenteet voitaisiin tehdä automaatiolla joudutaan kerrokset hyvin usein merkkamaan perinteisesti ja se vaatii mallinnukselta hieman muuta (esim tahys tai gt-muotoinen aineisto on hyvä tässä...)

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 2(2)

5. Koneohjauksen käytöstä havaitut hyödyt/haitat?

Tarkkuus kaivannoissa, hankaloiden kohteiden kuten massanvaihtojen tekeminen ja niiden pohjien mittaus. Haittoja ei suurempia ole havaittu sama kiire on kuin ennenkin se on ehkä yksi haitta. ja sellainen riski, että kuski unohtuu yksinään hämmentämään viikoiksi eikä kukaan muista käydä kontrolloimassa hänen / koneen kuntoa,( onko kaikki kohdallaan asetukset jne), eli ei luoteta kuin pässi suuriin sarviin...

6. Muita koneohjauksen kehitykseen liittyviä ajatuksia ja ehdotuksia?

Enemmän vuorovaikutusta suunnittelijoiden ja loppukäyttäjien välille. Suunnittelija vähäksi aikaa työmaalle katsomaan mitä me tehdään ja miten, ja sama toisinpäin.

Kiitos vastauksistanne!

Vastauslomakkeen voi palauttaa sähköpostitse [oskar.eklof@fcg.fi](mailto:oskar.eklof@fcg.fi)



Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 1(2)

#### Vastaja

Nimi Pasi Nurminen  
Yritys Destia Oy  
Asema T&K-päällikkö

#### Koneohjaus työmaalla

##### 1. Täyttävätkö suunnitteluohjelmilla tuotetut koneohjausmallit työmaan vaatimukset?

Koneohjausmalleja ei ole yleensä saatavilla - jos harvoin on saatavilla, eivät pääsääntöisesti täytä vaatimuksia. Suunnittelua sisältävissä urakoissa (ST) työmaalla on mahdollisuus vaikuttaa suunnitelman lopputulosvaatimuksiin, ml. koneohjausmallit. Destian väyläsuunnittelu pystyy tuottamaan suunnittelujärjestelmällä työmaan vaatimukset täyttävät koneohjausmallit.

##### 2. Malleihin voidaan nykyään liittää geometria- ja rakennekerrostietojen lisäksi tietoa kaivannoista, putkista, kaivoista, varusteista esim. valaistus ja kaiteet, maisemoinnista sekä salaojakaivannoista/-putkista. Mitä näistä oikeasti hyödynnetään työmaalla? Mitä muuta malleihin tulisi jatkossa liittää (esim. rakennettavuusanalyysit ja pohjatutkimustieto)?

Kaikkea edellä mainittua tietoa voidaan hyödyntää työmaalla. Se vaatii kuitenkin työnjohdolta kunnollista työn ohjausta ja perehtymistä asiaan. Pohjatutkimustiedosta ei välttämättä suurta hyötyä (paitsi ehkä stabilointi- ja paalutuskonetta ajatellen).

##### 3. Mitä koneohjausjärjestelmiä ja -ohjelmia tulisi kehittää työmaan tarpeisiin ja miten? Tarvitseeko työnjohto ohjelmia työn etenemisen seurantaan, laatua, massavirtoja, poikkeamia, raportointia, kalustomääriä ja tuotannonohjausta varten?

Kaikkiin maarakentamisen päätyömenetelmiin tarvitaan ohjausjärjestelmiä. Perusmaanrakentamisen työkoneautomaatiojärjestelmät (KKH, KUP, TH, Ruoppaajat) ovat käytännössä jo hyvin toimivia, kehitystä tarvitaan pohjanvahvistuksen, kalliorakentamisen ja päällystämisen työkoneisiin.

Valmistuneiden rakenteiden ja niihin liittyvien määrien raportointi ja seuranta sekä laadunvarmistustyökalut. Työn etenemisen lähes reaaliaikainen seuranta olisi hyödyllinen työnjohdolle.

##### 4. Tulisiko tulevaisuudessa työmaalla edelleen olla aineistosta vastaava henkilö, joka on myös kykenevä tekemään aineistoon muutoksia, vai tulisiko suunnittelijoiden tuottamat mallit pystyä toimittamaan suoraan työkoneisiin? Entä mitä mieltä olet mallien toimittamiseen liittyvistä vastuukysymyksistä ja vaatimuksista suunnittelun tarkkuudelle(vaikeuttavat myös lähtötietojen tasojen tarkkuuteen)?

Lähtökohtana pitää olla, että suunnittelusta saadaan koneohjaukseen kelvollista aineistoa. Näin vastuukysymyksetkin ovat selvät, eli suunnittelija vastaa aineistostaan. Jos muutoksia tehdään, muutosten tekijä vastaa niistä osaltaan. Työn keskeytymätön toteuttaminen voi silti edellyttää pieniä muutoksia jos/kun olosuhteet eivät vastaa suunnittelijan lähtötietoja tai suunnitelmassa on virheitä. Tässä kohtaa vastuukysymykset eivät ole ihan selviä ilman erillistä sopimista.



Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 2(2)

Teknologia mahdollistaa lähitulevaisuudessa myös tehokkaan kommunikoinnin työmaan ja suunnittelun välillä, todellisten maasto-olosuhteiden osalta. Suunnittelun tilaajalla on suuri vastuu siitä, miten toimeksiannon vaatimukset määritellään niin aineiston sisällöstä, vastuukysymyksistä kuin työnaikaisesta tuesta ja myötävaikutuksesta.

Suunnittelun tarkkuus pitää olla sellainen, että kaikista rakennettavista rakenteista on saatavilla jatkuva ja kolmiulotteinen, geometrinen malli (voi sisältää myös pistemäisiä tietoja) joka on yhtenevä suunnittelujärjestelmän natiivimallin ja tulostettujen piirustusten kanssa.

Vastuukysymystilannetta pitää myös peilata perinteiseen toteutustapaan. Suunnitelmien mittausaineisto on usein niin puutteellinen, että mittaustyönjohto joutuu "keksimään" tai interpoloimaan suunnitelmasta puuttuvia linjoja ja ainakin niiden korkeuksia, jotta suunnitelmaa voisi yleensäkin merkitä maastoon.

#### 5. Koneohjauksen käytöstä havaitut hyödyt/haitat?

Destia on työkoneautomaation käytössä edelläkävijä Suomessa, meillä on kokemuksia jo n. 70 urakkakohteen toteutuksesta. Hyötyjä ovat tarkempi ja homogeenisempi laatutaso, materiaalisäästöt ja kasvanut työteho. Työkoneen kuljettajille työ on mielekkäämpää ja mukavampaa. Hyödyt korostuvat eri kohteissa eri tavalla.

Kokonaisprosessi tulee hallita hyvin. Hyödyt karkaavat, jos teknisiä ongelmia ei voida ratkaista heti. Paikannuksen tai mallinnuksen virheet maksavat maastoon toteutettuna kovan hinnan.

#### 6. Muita koneohjauksen kehitykseen liittyviä ajatuksia ja ehdotuksia?

Alan suunnittelukäytäntöihin tulee saada selvä muutos suunnittelun tuotosten osalta. Vaatimustaso pitää määritellä yksityiskohtaisesti ja lopputuloksien laadunvalvonta tulee järjestää siten, että lopputulokset täyttävät vaatimukset. Nämä asiat ovat lopulta vain tilaajien käsissä. Aihepiiriä kehitetään osana RYM:n InfraFINBIM -kehityshanketta.

Asiakas saa työkoneautomaation avulla välillisesti ja välittömästi aiempaa paremman lopputuotteen. Työkoneautomaation käyttö tulisi saattaa osaksi urakoiden valintaperusteita, esim. laatupisteytyksen myötä.

Kiitos vastauksistanne!

Vastauslomakkeen voi palauttaa sähköpostitse [oskar.eklof@fcg.fi](mailto:oskar.eklof@fcg.fi)

## Laitetoimittajien haastattelulomake ja vastaukset

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen

### Vastaaja

Nimi :  
Yritys :  
Asema :

### Laitetoimittajan näkökulma koneohjaukseen

1. Koneohjausaineistoa pystytään toimittamaan monessa eri formaatissa. Mitä tiedostoformaatteja käytetään ja mikä niistä on yleisin?
2. Mitä etuja, haittoja tai puutteita yleisimmin käytetyissä formateissa on?
3. Onko mittalaitteissa ominaisuuksia, joita ei vielä pystytä koneohjausaineistoilla hyödyntämään?
4. Tehdäänkö laitteiden avulla jälkimittausta?
5. Onko työmaalle kehitteillä tai jo olemassa olevia ohjelmia ja laitteita työn seuranta varten?
6. Kuinka paljon kehitystyötä tehdään pohjanvahvistuksen, kalliorakentamisen ja päällystämisen koneohjausjärjestelmien eteen?
7. Muita koneohjauksen kehitykseen liittyviä ajatuksia ja ehdotuksia?

Kiitos vastauksistanne!

Vastauslomakkeen voi palauttaa sähköpostitse [oskar.eklof@fcg.fi](mailto:oskar.eklof@fcg.fi)

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen

#### Vastaaaja

Nimi :Sven-Erik Emtö  
Yritys :Scanlaser Oy  
Asema :GPS asiantuntija

#### Laitetoimittajan näkökulma koneohjaukseen

1. Koneohjausaineistoa pystytään toimittamaan monessa eri formaatissa. Mitä tiedostoformaatteja käytetään ja mikä niistä on yleisin?

Taustamalleina, eli passiivisia malleja ovat yleensä .DXF tai .DWG

Aktiivisia malleja josta saa laskennallisia vertailuja työkoneen mittauspisteelle ovat meillä: pistemäistä tietoa SBG:n Geo:n .GEO formaatti, tiegeometria .LIN ja .PRF ja .SKV tai tielinja eli stringline tiegeometria .LMD. Maastomalli .TRM kolmiomalli

Meidän järjestelmä muuntaa LandXML formaattia yllä oleviin formaatteihin, eli toimii siirtoformaattina. Yleisin on varmaankin .DXF malleja

2. Mitä etuja, haittoja tai puutteita yleisimmin käytetyissä formaateissa on?

Etu: omilla formaateilla voimme maksimoida mallien matemaattinen tarkkuus ja luotettavuus

Haitat/puutteet: markkinoilla on monta eri formaattia johon tarvitaan oma ohjelma niiden tekemiseen

3. Onko mittalaitteissa ominaisuuksia, joita ei vielä pystytä koneohjausaineistoilla hyödyntämään?

4. Tehdäänkö laitteiden avulla jälkimittausta?

Kyllä:

- tarkemmittauksilla yksittäisiä pisteitä
- muokattava maastomalli johon tallentuu koneen mittapisteen liikkeit

5. Onko työmaalle kehitteillä tai jo olemassa olevia ohjelmia ja laitteita työn seuranta varten?

On varmaankin. En tiedä tarkemmin.

6. Kuinka paljon kehitystyötä tehdään pohjanvahvistuksen, kalliorakentamisen ja päällystämisen koneohjausjärjestelmien eteen?

7. Muita koneohjauksen kehitykseen liittyviä ajatuksia ja ehdotuksia?

Kiitos vastauksistanne!

Vastauslomakkeen voi palauttaa sähköpostitse [oskar.eklof@fcg.fi](mailto:oskar.eklof@fcg.fi)

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 1(2)

#### Vastaaja

Nimi : Janne Paitsola  
Yritys : Geotrim Oy  
Asema : Tuotepäällikkö / Koneautomaatiot

#### Laitetoimittajan näkökulma koneohjaukseen

1. Koneohjausaineistoa pystytään toimittamaan monessa eri formaatissa. Mitä tiedostoformaatteja käytetään ja mikä niistä on yleisin?

- CAD-formaatteja käytetään (DXF, DWG, DGN yleisimmät)
- LandXML sekä sen Inframodel2-laajennus
- "Tielaitos-formaatti"
- Erilaiset muut piste- ja linjaformaatit (XYZ, TXT, KOF, LIN)

Toistaiseksi vielä DXF/DWG on yleisin. Jatkossa todennäköisesti LandXML ja mahdollisesti sen Inframodel-laajennus yleistyvät rajusti.

2. Mitä etuja, haittoja tai puutteita yleisimmin käytetyissä formaateissa on?

CAD-formaateissa yleensä haittana on joustamattomuus, eli esim. lajikoodauksen tai attribuuttien suhteen on rajalliset mahdollisuudet. Erityisesti paikallisia tarpeita ei ole huomioitu.

Tavoitetilana tietysti on oltava yksi riittävän kattavaformaatti, jota kaikki osapuolet pystyvät tuottamaan ja lukemaan sisään ongelmitta. Tähän haasteeseen pyrkii vastaamaan Inframodel-kehitystyö Suomen osalta. Kyse on paitsi koneautomaatiosta, myös kaikesta muustakin mittaamisesta työmaalla. Ideaalisesti sama formaatti sisältäisi koneautomaatiossa tarvittavia asioita (rakennekerrokset pintamalleina, mittalinjat) sekä lisäksi varusteet, liikennemerkit, siltapuolen asiat jne.

3. Onko mittalaitteissa ominaisuuksia, joita ei vielä pystytä koneohjausaineistoilla hyödyntämään?

Ei ainakaan tule mieleen mitään. Enemmänkin näkisin, että kyse on mittalaitteiden ohjelmistoista, jotka kehittyvät jatkuvasti. Tarkoitatko perinteisiä maanmittareiden mittalaitteita vai koneautomaatioissa käytettäviä mittalaitteita?

4. Tehdäänkö laitteiden avulla jälkimittausta?

Jos tarkoitat toteutuman mittausta, niin on mahdollista tehdä. Tietysti tilaajapuoli ei välttämättä tällaista hyväksy viralliseksi dokumentiksi, mutta ominaisuudella on kyllä käyttöä muuten. Esimerkiksi lähtötietoaineistoja on mahdollista mitata suoraan työkoneella. Tietysti on huomioitava käytössä oleva paikannustekniikka ja sen tarkkuus.

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 2(2)

5. Onko työmaalle kehitteillä tai jo olemassa olevia ohjelmia ja laitteita työn seurantaan varten?

Trimblellä on jo olemassa menetelmä työn seurannalle. Liittyen osittain kysymykseen 4, työn etenemistä on mahdollista seurata työkonene mittaamien toteutumien perusteella. Toteumat siirretään langattomasti tai USB-tikulla toimistolle jatkokäsittelyyn. Samaan tyyliin työkonene voi kartoittaa yksittäisiä pisteitä työmaalla.

6. Kuinka paljon kehitystyötä tehdään pohjanvahvistuksen, kalliorakentamisen ja päällystämisen koneohjausjärjestelmien eteen?

Pohjanvahvistuksen ja kalliorakentamisen osalta Trimble ei toimita kokonaisia järjestelmiä, mutta kylläkin mittalaitteita yrityksille jotka järjestelmiä tekevät (Atlas Copco, Sandvik, jne.) Päällystyspuolella Trimblellä on jo olemassa valmiita ratkaisuja, joista on kokemuksia Suomestakin. Levittimen tapauksessa kyseessä on takymetriohjattu järjestelmä, jolla haetaan mm-luokan tarkkuutta lopputuotteelle. Tiivistyskoneeseen on saatavilla lämpömittareilla varustettu GNSS-järjestelmä, joka perustuu esim. yliajokertojen määrän seurantaan. Tällöin laadunvalvonta on huomattavasti kattavampaa kuin perinteisin menetelmin.

Toisin sanoen kehitystyötä siis tehdään paljonkin tällä saralla.

7. Muita koneohjauksen kehitykseen liittyviä ajatuksia ja ehdotuksia?

Sinulla tuntuu työn painopiste olevan aineistopuolella. Toivoisin joskus näkevänä puolueetonta tutkimustietoa eri RTK-korjausten välillä. Käytännössä siis VRS eri muodoissaan, oma tukiasema (radio vs. modeemi), Navcomin Starfire jne. Itseä kiinnostaisi erityisesti tekniikoiden luotettavuus (myös huonommissa olosuhteissa). Näistä liikkuu kentällä paljon väärää tietoa ja huhuja.

Kiitos vastauksistanne!

Vastauslomakkeen voi palauttaa sähköpostitse [oskar.eklof@fcg.fi](mailto:oskar.eklof@fcg.fi)

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 1(2)

#### Vastaaaja

Nimi : Visa Hokkanen  
Yritys : Novatron Oy  
Asema : Tuotekehityspäällikkö

#### Laitetoimittajan näkökulma koneohjaukseen

1. Koneohjausaineistoa pystytään toimittamaan monessa eri formaatissa. Mitä tiedostoformaatteja käytetään ja mikä niistä on yleisin?

Koneohjauslaitteet voidaan jakaa kahteen leiriin: erillistä konvertointiohjelmistoa käyttävät ja suoraan tiettyjä tiedostoformaatteja lukevat järjestelmät (Novatron). Konvertointiohjelmiston tapauksessa ohjelma lukee sisään jotain tunnettuja tiedostoja ja tuottaa ne ulos ko. laitteen natiiviformaatissa.

Seuraava jako on mielestäni mallin tyyppi: pintamallit, geometrialinjat, sivulinjat / poikkileikkaukset, pisteet ja viitekuvat

Pintamalleja saadaan mittaus- ja suunnitteluohjelmistoista mm: landXML ja DXF formaateissa (molemmat käy Vision 3D laitteeseen suoraan).

Geometrialinjoja voidaan lukea: ns SBG:n formaatti (LIN+PRF+SKV), Anpakke ja VGP (testausvaiheessa)

Sivulinjat / poikkileikkaukset: Anpakke. Puutteena landXML IM2 StringLineLayers (kehityksen alla)

Pisteet: KOF, PXY, DXF, GT, landXML, CSV

viitekuvat: DXF, KOF, PXY

Pintamallit ovat hyvin yleisiä erilaisten rakenteiden mallintamiseen. Geometriaa käytetään mm. putkilinjoihin. Sivulinjoille ei Suomessa oikein ole yhteistä menetelmää, joten IM2 StringlineLayersia odotellessa. Pisteitä käytetään mm. kaivojen ja lyhtypylväiden jalustojen paikkojen määrittämiseen. Viitekuvat ovat hyödyllisiä esim. työohjeille (miten putki liitetään) ja varottavien kohteiden esittämiseen (sähköjohdot, vesilinjat, jne). Viitekuviissa näkee usein myös tonttirajoja.

2. Mitä etuja, haittoja tai puutteita yleisimmin käytetyissä formaateissa on?

Pintamallit: Jos tien rakenne kirjoitetaan pintamalliksi (DXF, landXML), niin sen koko kasvaa räjähdysmäisesti, tiedon käsittely hidastuu ja tietoa hävitetään. Hävinnyttä tietoa on mm. sivulinjojen sijainti, paaluasemat, B-mitat, jne.

Geometriat: Jos linja on suunniteltu huonosti (elementit evät tangeeraa) jossain formaateissa (LIN, VGP) saadaan aikaiseksi väärä lopputulos. Lisäksi kaari- ja klotoidielementeissä tyypillisesti hävitetään tietoa, koska käytettyjen desimaalien tarkkuus ei riitä.

Sivulinjat: Kansainvälinen standardi / sopimus aiheesta puuttuu



Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 2(2)

Pisteet: Yleisesti pisteen ASCII-muotoisen kuvauksen pituus on rajoitettu (KOF, PXY), koodi tai kuvaus -kentät saattavat puuttua kokonaan (DXF), aika / pvm saattaa puuttua speksistä (DXF), jne.

Viitekuvat: Mielestäni DXF / DWG / DGN on tähän tarkoitukseen käyttökelpoinen.

3. Onko mittalaitteissa ominaisuuksia, joita ei vielä pystytä koneohjausaineistoilla hyödyntämään?

Mittalaitteilla voisi tehdä monipuolisempia ja tarkempia mittauksia, jos esim. tielinjaa ei purettaisi pintamalliksi, vaan säilytettäisiin tieto sivulinjoista ja paaluasemista.

4. Tehdäänkö laitteiden avulla jälkimittausta?

Tehdään. Puhutaan ns. toteumatiedosta (mitä on tehty) ja tarkemmista mittauksista (missä jokin jotain on). Tälle tiedolle saadaan tyypillisesti: positio XYZ, aika ja koodi. Toteumaan on mahdollista tehdä automaattinen koodaus käytetyn rakenteen pintatunnuksen mukaan.

5. Onko työmaalle kehitteillä tai jo olemassa olevia ohjelmia ja laitteita työn seurantaan varten?

Markkinoilla on jotain järjestelmiä, mutta ominaisuudet rajoittuvat kalustonhallintaan, tiedostojen siirtoon ja etätukeen. Tulevaisuudessa tietojärjestelmät monipuolistuvat ja niistä on todellista hyötyä työohjaukseen.

6. Kuinka paljon kehitystyötä tehdään pohjanvahvistuksen, kalliorakentamisen ja päällystämisen koneohjausjärjestelmien eteen?

Kaikkille osa-alueille löytyy ratkaisuja. mm. paalutus- ja syvästabilointikoneisiin on paikannusratkaisut. Kalliorakentamiseen on olemassa pintaporakoneelle paikannusratkaisu ja näiden uskon kehittyvän lisää. Avolouhoksilla on perinteistä maanrakentamista pidemmälle vietyjä työohjausjärjestelmiä, maanalaisissa kaivoksissa voidaan mennä jo täysin automaattiohjauksella. Päällystämässä ei ole paikannusratkaisuille juuri käyttöä, mutta laadunvarmennus ja automaattinen ohjaus (pinnan tasaisuus) on jo arkipäivää.

7. Muita koneohjauksen kehitykseen liittyviä ajatuksia ja ehdotuksia?

Kiitos vastauksistanne!

Vastauslomakkeen voi palauttaa sähköpostitse [oskar.eklof@fcg.fi](mailto:oskar.eklof@fcg.fi)

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 1(2)

#### Vastaaja

Nimi :Jouni Mäki-Tulokas  
Yritys :Topgeo Oy  
Asema :Tuotepäällikkö, koneohjaus

#### Laitetoimittajan näkökulma koneohjaukseen

1. Koneohjausaineistoa pystytään toimittamaan monessa eri formaatissa. Mitä tiedostoformaatteja käytetään ja mikä niistä on yleisin?

Kaikki tunnetut formaatit käy. Käytössä on järjestelmään kuuluva muunnin, 3D-Office, joka toimii samalla toimistosovelluksena.

2. Mitä etuja, haittoja tai puutteita yleisimmin käytetyissä formaateissa on?

Etuja:  
Kaikki tunnetut suunnitteluohjelmat tulostavat niitä.

Haittoja:  
Pintamallien huono muunneltavuus, suuri tiedostokoko, puuttuva tieto tai ominaisuus,

3. Onko mittalaitteissa ominaisuuksia, joita ei vielä pystytä koneohjausaineistoilla hyödyntämään?

Parametripohjainen taiteviivapintamalli, joka ei ole Suomessa saatavana suunnitteluohjelmista. Tämän mallin voi tehdä myös 3D-Office ohjelmalla. Malli mahdollistaa myös mittaamisen taiteviivan suhteen.

4. Tehdäänkö laitteiden avulla jälkimittausta?

3DMC -ohjelmistossa on monipuolinen toteutuman mittaustoiminto. Mittausta käytetään myös tarkkuuden seurantaan ja dokumentointiin. Ohjelma värittää karttaa toteutuman mukaan.

5. Onko työmaalle kehitteillä tai jo olemassa olevia ohjelmia ja laitteita työn seurantaa varten?

Topconilla on Pocket-3D -ohjelma työmaaseurantaan, joka toimii maastotalentimissa.

6. Kuinka paljon kehitystyötä tehdään pohjanvahvistuksen, kalliorakentamisen ja päällystämisen koneohjausjärjestelmien eteen?

Topconilla on jo valmiit järjestelmät päällystämiseen ja pystysuorat rakenteet voidaan jo nykyisellä ohjelmistolla mallintaa. Topcon tekee yhteistyötä esim. poravaunuvalmistajien kanssa. Sovellus vinojen paalujen/porareikien sijainnin määrittämiseen on työn alla.



Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 2(2)

7. Muita koneohjauksen kehitykseen liittyviä ajatuksia ja ehdotuksia?

Mitä laajemmin tilaajat haluavat työkoneautomaation käyttöä, sitä nopeammin sen käyttö laajenee. Myös yleinen epätietoisuus työkoneautomaatiosta nostaa kynnystä sen käyttöönotosta. Myös suunnittelun taso on nostettava vaatimusten mukaiselle tasolle.

Automatisoidun työmaan koneet tulevat muodostamaan tietoverkon, jossa data liikkuu molempiin suuntiin automaattisesti. Verkossa liikkuu suunnitelmat, toteutumat, reaaliaikainen videokuva, työkoneiden dataa...

Kiitos vastauksistanne!

Vastauslomakkeen voi palauttaa sähköpostitse [oskar.eklof@fco.fi](mailto:oskar.eklof@fco.fi)

## Suunnittelijoiden haastattelulomake

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen

### Vastaaja

Nimi :  
Yritys :  
Asema :

### Suunnittelijan näkökulma koneohjaukseen

1. Kuinka paljon koneohjausaineistoa toimitetaan nykyään työmaalle? Onko sen kysyntä kasvanut?
2. Koneohjausaineistoa pystytään toimittamaan monessa eri formaatissa. Mitä tiedostoformaatteja toimitetaan työmaalle ja mikä niistä on yleisin?
3. Malleihin voidaan nykyään liittää geometria- ja rakennekerrostietojen lisäksi kaivannot, putket, kaivot, varusteet esim. valaistus ja kaiteet, maisemointi sekä salaojakaivannot/-putket. Minkälaisia malleja työmaalle oikeasti toimitetaan? Onko tie- ja katuhankkeisiin toimitettavien mallien välillä eroja? Kannattaisiko malleihin jatkossa liittää jotain muuta, kuten esim. rakennettavuusanalyysit ja pohjatutkimustieto?
4. Lähtöaineisto, jonka pohjalta suunnittelu tehdään, ei aina vastaa todellista tilannetta työmaalla. Työmaalla joudutaankin usein muokkaamaan toimitettua koneohjausaineistoa. Tulisiko tulevaisuudessa työmaalla edelleen olla aineistosta vastaava henkilö, joka on myös kykenevä tekemään aineistoon muutoksia, vai tulisiko suunnittelijoiden tuottamat mallit pystyä toimittamaan suoraan työkoneisiin? Entä mitä mieltä olet mallien toimittamiseen liittyvistä vastuukysymyksistä ja vaatimuksista suunnittelun tarkkuudelle(vaikeuttavat myös lähtötietojen tasojen tarkkuuteen)?
5. Kuinka paljon muokkausta koneohjausmalli tarvitsee perinteiseen suunnitteluun verrattuna ennen työmaalle toimitusta? Kuinka paljon muokkaustarvetta on ollut työmaalle toimittamisen jälkeen?
6. Mihin ongelmiin olet törmännyt koneohjausmallien suunnittelussa ja miten suunnitteluohjelmia tulisi kehittää näiden ongelmien ratkaisemiseen?
7. Muita koneohjauksen kehitykseen liittyviä ajatuksia ja ehdotuksia?

Kiitos vastauksistanne!

Vastauslomakkeen voi palauttaa sähköpostitse [oskar.eklof@fcg.fi](mailto:oskar.eklof@fcg.fi)

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 1(2)

#### Vastaaaja

Nimi : Merja Sivonen  
Yritys : Ramboll Finland Oy  
Asema : Projektipäällikkö (pienet työt), isoissa tiehankkeissa pääsuunnittelija, projektsihteeri, vastaa tiehankkeiden ATK:sta

#### Suunnittelijan näkökulma koneohjaukseen

1. Kuinka paljon koneohjausaineistoa toimitetaan nykyään työmaalle? Onko sen kysyntä kasvanut?

Vuoden 2007 jälkeen olen tehnyt yhden pienen katuhankkeen ilman koneohjausta. Tiehankkeisiin on tehty vuodesta 2007 koneohjausmallia. Kysyntä on kasvanut, tiehankkeita ei taideta juuri enää kysyäkään ilman koneohjausaineistoa, katupuolet malleja on ruvettu kysymään viimeisen vuoden aikana.

2. Koneohjausaineistoa pystytään toimittamaan monessa eri formaatissa. Mitä tiedostoformaatteja toimitetaan työmaalle ja mikä niistä on yleisin?

VT6 Lappeenranta-Imatra välillä Kärki-Mattila, Mattila-Muukko aineisto toimitettiin Siton koodituksen perusteella tehdyllä formaatilla. Novapoint ei vastaavaa aineistoa osaa tuottaa, joten siihen koodattiin oma muunnostiedosto. Ongelmana oli novapointin päivitykset (muunnostiedosto piti aina päivittää) ja se, että välillä tuli liikaa pisteitä, välillä liian vähän.

Sen jälkeen työmaalle on toimitettu GT-aineistona mittatietoja, vähän samat ongelmat kuin aiemmassa.

LandXML on viimeisen vuoden aikana vakiinnuttanut asemaansa. Siitä voidaan kirjoittaa ylös sekä pintamuotoista että viivamuotoista tietoa. On koneita, jotka lukee toista ja toinen kone taas toista... eli joudutaan kirjoittamaan esim. Oulun kaupungin hankkeissa molemmat tiedostot, koska ei tiedetä mikä koneista tulee juuri siihen kohteeseen.

Lisäksi toimitetaan mm. kolmioverkkoja meluväliteistä, maastonmuotoiluista. Putkitietoja on toimitettu 3D-viivoina.

3. Malleihin voidaan nykyään liittää geometria- ja rakennekerrostietojen lisäksi kaivannot, putket, kaivot, varusteet esim. valaistus ja kaiteet, maisemointi sekä salaojakaivannot/-putket. Minkälaisia malleja työmaalle oikeasti toimitetaan? Onko tie- ja katuhankkeisiin toimitettavien mallien välillä eroja? Kannattaisiko malleihin jatkossa liittää jotain muuta, kuten esim. rakennettavuusanalyysit ja pohjatutkimustieto?

Kaivannot (salaojat, viemärit, vesijohdot jne.) ovat tyypillisiä kohteita, jotka esim. katuhankkeissa halutaan jo koneohjausmalleina. Maisemointit ym. toimitetaan 3D:nä joko Autocad-kuvana tai landxml-aineistona. Jossain esittelyissä on ollut esillä mm. valaisinpylväiden jalustojen kaivantojen mallintaminen - näitä emme ole vielä tehneet. Ehkä jossain vaiheessa tulevat nekin, ehkä näkisin varusteissa tärkeimpänä koordinaatiomallin ja sen tuomat hyödyt.

Tie- ja katuhankkeiden suurin ero varmaan löytyy ohjelmapuolelta - katupoikkileikkauksen monimuotoisuus (salaojien sijaintien vaihtelut, pohjan muotoilun vaihtelut, madalletut reunakivet, saarekkeet jne) on haaste novapointille ja haaste myös suunnittelijalle. Tiettyjä

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 2(2)

asioita täytyy osata yksinkertaistaa. Tiemalleissa haasteet ovat erilaisia. Molemmissa työtä teettävät liittymäalueet.

Suunnittelu on menossa kohti koordinaatiomallia, jolloin kaikki mahdollinen otetaan mukaan. Tosiasia on vain se, että malli voi olla mm. pohjatutkimustiedoiltaan ja nykyisiltä rakenteiltaan (mm. nykyiset putkistot, kaapelit jne). korkeintaan niin tarkka kuin lähtöaineisto on.

4. Lähtöaineisto, jonka pohjalta suunnittelu tehdään, ei aina vastaa todellista tilannetta työmaalla. Työmaalla joudutaankin usein muokkaamaan toimitettua koneohjausaineistoa. Tulisiko tulevaisuudessa työmaalla edelleen olla aineistosta vastaava henkilö, joka on myös kykenevä tekemään aineistoon muutoksia, vai tulisiko suunnittelijoiden tuottamat mallit pystyä toimittamaan suoraan työkoneisiin? Entä mitä mieltä olet mallien toimittamiseen liittyvistä vastuukysymyksistä ja vaatimuksista suunnittelun tarkkuudelle (vaikuttavat myös lähtötietojen tasojen tarkkuuteen)?

Kaikki muutokset tulisi mielestäni käyttää suunnittelijan pöydällä, jotta tulee katsottua myös mahdolliset laajemmat vaikutukset suunnitelmiin. Tärkeänä koen, että työmaan ja suunnittelijan välillä on nk. hyvä suhde, jolloin asiat etenevät jouhevasti.

Mielestäni suunnittelija ei voi tietää kaikkea - eli työmaallakin on vastuunsa informoida suunnittelijaa jos esim. pohjaolosuhteet muuttuvat siten, että kaivantoja ei voi tehdä suunnitellulla tavalla. Tässä asiassa yhteistyö työmaan kanssa on hyvin tärkeää.

5. Kuinka paljon muokkausta koneohjausmalli tarvitsee perinteiseen suunnitteluun verrattuna ennen työmaalle toimitusta? Kuinka paljon muokkaustarvetta on ollut työmaalle toimittamisen jälkeen?

Mallin rakentaminen vie aikaa etenkin katuhankkeissa työmäärä lisääntyy huomattavasti. Ennenhän katuhankkeissa on toimitettu katupiirustus ja tyypipipoikkileikkaukset, jonka mukaan on rakennettu. Nyt katu mallinnetaan kokonaisuudessaan. Jos toimitetaan Landxml-aineistoa, niin sehän on ulosluku, kun malli on valmis. Muihin formaatteihin joutuu tekemään työtä n. 2-4 tuntia / väylä.

LandXml-aineiston kanssa muokkaustarvetta ei ole ollut. Erikseenhän on sitten työn aikana tehtävät muutokset, jonka jälkeen tehdään uusi aineisto.

6. Mihin ongelmiin olet törmännyt koneohjausmallien suunnittelussa ja miten suunnitteluohjelmia tulisi kehittää näiden ongelmien ratkaisemiseen?

Ohjelmistotoimittajat ovat avainasemassa sekä suunnitteluohjelmat että työmaalla käytössä olevat! Ei ole järkeä toimittaa useaa aineistoformaattia, etenkin jos niitä toimitetaan vain varmuuden vuoksi, kun ei tiedetä mikä kone tulee paikalle!)

7. Muita koneohjauksen kehitykseen liittyviä ajatuksia ja ehdotuksia?

Kiitos vastauksistanne!

Vastauslomakkeen voi palauttaa sähköpostitse [oskar.eklof@fcg.fi](mailto:oskar.eklof@fcg.fi)

Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 1(2)

#### Vastaaja

Nimi : Hanna Leskinen  
Yritys : FCG Finnish Consulting Group Oy  
Asema : Suunnittelija (Tie-, katu- ja liikenne)

#### Suunnittelijan näkökulma koneohjaukseen

1. Kuinka paljon koneohjausaineistoa toimitetaan nykyään työmaalle? Onko sen kysyntä kasvanut?

Tällä hetkellä käytämme yhdessä suuressa ST-hankkeessa. Lisäksi muutamassa katuhankeessa on tilaajalta tullut pyyntö testata koneohjausaineiston käyttöä.

Tarjouspyynnöissä on selkeästi huomattavissa kasvava kysyntä koneohjausaineistoon. Eli myös tilaajat ovat huomanneet aineiston tuoman hyödyn.

2. Koneohjausaineistoa pystytään toimittamaan monessa eri formaatissa. Mitä tiedostoformaatteja toimitetaan työmaalle ja mikä niistä on yleisin?

Tällä hetkellä olemme toimittaneet taiteviivoja gt- ja landxml-aineistona sekä kolmioverkko aineistoa landxml-muodossa.

3. Malleihin voidaan nykyään liittää geometria- ja rakennekerrostietojen lisäksi kaivannot, putket, kaivot, varusteet esim. valaistus ja kaiteet, maisemointi sekä salaojakaivannot/-putket. Minkälaisia malleja työmaalle oikeasti toimitetaan? Onko tie- ja katuhankeisiin toimitettavien mallien välillä eroja? Kannattaisiko malleihin jatkossa liittää jotain muuta, kuten esim. rakennettavuusanalyysit ja pohjatutkimustieto?

Tällä hetkellä on toimitettu vain tien tai kadun sijaintiin ja rakenteisiin liittyviä tietoja. Siitymäkiilat ovat nykyään jo malleissa mukana. Putkikaivantojen liittäminen tulee varmasti lähiaikoina mukaan toimitettavaan malliin. Mm. kaidelinjojen liittäminen malliin on varmasti myös tulevaisuutta. En näy juurikaan eroa tie- ja katumallin toimittamisessa. Suurin ero lienee syntyy mallin tekovaiheessa, jolloin kadun suunnittelu on luonnollisesti huomattavasti pienipiirteisempää ja täten myös haastavampaa/aikaa vievää.

4. Lähtöaineisto, jonka pohjalta suunnittelu tehdään, ei aina vastaa todellista tilannetta työmaalla. Työmaalla joudutaankin usein muokkaamaan toimitettua koneohjausaineistoa. Tulisiko tulevaisuudessa työmaalla edelleen olla aineistosta vastaava henkilö, joka on myös kykenevä tekemään aineistoon muutoksia, vai tulisiko suunnittelijoiden tuottamat mallit pystyä toimittamaan suoraan työkoneisiin? Entä mitä mieltä olet mallien toimittamiseen liittyvistä vastuukysymyksistä ja vaatimuksista suunnittelun tarkkuudelle (vaikuttavat myös lähtötietojen tasojen tarkkuuteen)?

Nykypäivän lähtöaineistojen pohjalta ei millään voida vaatia täyttä vastuuta suunnittelijalta. Yleensä lähtöaineisto on aivan liian kapea tai puutteellinen. Kun kyse on maaperästä, niin koskaan ei voida tietää, että mitä tulee vastaan rakentamisen aikana. Ehdottomasti työmaalla on oltava henkilö, joka on yhdyshenkilönä suunnittelijan suuntaan.



Oskar Eklöf  
Metropolia ammattikorkeakoulu  
FCG Finnish Consulting Group Oy  
Vianova Systems Finland Oy

Tietomalleista koneohjaukseen 2(2)

5. Kuinka paljon muokkausta koneohjausmalli tarvitsee perinteiseen suunnitteluun verrattuna ennen työmaalle toimitusta? Kuinka paljon muokkaustarvetta on ollut työmaalle toimittamisen jälkeen?

Koneohjausmallin uloskirjoittaminen, verrattuna tähykseen ei vaadi sen enempää. Ainoastaan luetun tiedon tarkastaminen toimii erilailla ja vaatii osaamista esim. Virtual Map:n käyttöön. Mutta verrattuna perinteiseen suunnitteluun mallin tuottaminen vaatii "täydellisen" väylämallin, jossa kaikki pinnat oja-pinnoista rakenteisiin on oltava kohdallaan. Näin ollen työmäärä on moninkertainen.

Muokkaustarve vaihtelee formaatista riippuen.

6. Mihin ongelmiin olet törmännyt koneohjausmallien suunnittelussa ja miten suunnitteluohjelmia tulisi kehittää näiden ongelmien ratkaisemiseen?

Eniten ongelmia lienee liittymäalueen suunnittelussa. Lisäksi rakenteenparantamisen eli ns. saneerausleikkauksen tuottaminen koneohjausaineisto-muotoon on aika haastavaa. Katuhankkeissa ongelmia aiheuttavat siirtymiset poikkileikkaustyyppistä toiseen eli esim. reunakivellinen kevyen liikenteen väylä vs. välikaistallinen kevyen liikenteen väylä.

7. Muita koneohjauksen kehitykseen liittyviä ajatuksia ja ehdotuksia?

Kiitos vastauksistanne!

Vastauslomakkeen voi palauttaa sähköpostitse [oskar.eklof@fcg.fi](mailto:oskar.eklof@fcg.fi)