



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# TIETOMALLINNUS INFRA-ALALLA

Case: Storhemtintien katupilotti

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniikka  
Miljösuunnittelu  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Touko Leppänen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniikka

LEPPÄNEN, TOUKO:

Tietomallinnus infra-alalla  
Case: Storhemtintien katupilotti

Miljöösuunnittelun opinnäytetyö, 39 sivua, 1 liitesivu

Kevät 2013

TIIVISTELMÄ

---

Tämä opinnäytetyö käsittelee yleisellä tasolla infra-alan tietomallinnusta sekä Ramboll Finland Oy:n koneohjauskatupilottiprojektia Espoon Suurpelto V -asemakaava-alueella. Pilotissa testattiin Novapoint-suunnitteluohjelmistoperheen käytettävyyttä tietokonepohjaisessa katu- ja kunnallistekniikan suunnittelussa.

Opinnäytetyön tavoitteena on antaa lukijalle yleiskäsitys tietomallinnuksesta infra-alalla sekä selvittää, kuinka monimuotoisen kadun ja sen rakenteiden mallintaminen Novapoint-ohjelmistolla onnistuu. Hankkeessa tutkittiin mm. sitä, miten työtapojen muutokset vaikuttavat työmääriin perinteiseen suunnitteluun verrattuna, mitkä ovat käyttökelpoisimmat työtavat ja miten suunnitteluohjelmisto riittää projektin läpivientiin.

Opinnäytetyöhön käytetty materiaali on peräisin Espoon kaupungin teknisestä keskukselta, Ramboll Finland Oy:stä, internetistä ja alan kirjallisuudesta. Lisäksi aiheesta on käyty palavereita ja projektiin osallistuneita henkilöitä on haastateltu.

Tuloksista voidaan todeta, että infra-alan tietomallinnuksella saatavat hyödyt ovat merkittävät verrattuna perinteiseen suunnitteluun, kunhan suunnittelutyöhön saadaan rutiinia ja ohjelmisto saadaan viimeistellyksi. Tiiviillä alan toimijoiden välisellä yhteistyöllä ja pilottihankkeilla mallinnus tulee todennäköisesti yleistymään voimakkaasti ja jatkossa saadaan tuotettua yhä laajempia ja kehittyneempiä malleja infra-alan toimijoiden käyttöön.

Asiasanat: tietomallinnus, InfraFINBIM, koneohjaus, infrasuunnittelu

Lahti University of Applied Sciences  
Faculty of Technology

LEPPÄNEN, TOUKO:

Information modeling in the field of civil  
engineering  
Case: Storhemtintie street pilot

Bachelor's Thesis in Environmental Planning, 39 pages, 1 page of appendices

Spring 2013

ABSTRACT

---

The subject of this thesis is information modeling in general and especially the pilot project for machine control systems conducted by Ramboll Finland Oy in Espoo Suurpelto. In this street pilot project the Novapoint design software is being tested for its usability in computer based planning of civil engineering.

The main task of thesis was to give an overview of information modeling in the field of civil engineering and also to find out how Novapoint works in designing varied street profiles. The main objectives the project were comparing the workload of information modeling against traditional designing, finding the most efficient work methods as well as testing the software in an actual project.

The material for the thesis was gathered mainly from Espoo technical department, Ramboll Finland Oy and internet. Some literature sources were also used. In addition to this, people involved in the project were interviewed.

The conclusion was that the benefits of information modeling in the field of civil engineering are significant in comparison to traditional designing as long as designers gain enough experience in the use of the software and the necessary improvements are made to the software. In the future the use of information modeling will increase through the developments gained by co-operative projects such as the one presented in this thesis.

Key words: information modeling, InfraFINBIM, machine control systems, infrastructure planning

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	YLEISTÄ TIETOMALLINNUKSESTA INFRA-ALALLA	4
2.1	Historiaa	6
2.2	Nykyhetki	8
2.3	Mallinnuksen ja perinteisen suunnittelun vertailua	9
2.4	Koneohjaus	12
2.5	Infra FINBIM	15
2.6	Tavoitteet	16
3	CASE: STORHEMTINTIEN KONEOHJAUSKATUPILOTTI	18
3.1	Hankkeen kuvaus	18
3.2	Osapuolet	19
3.3	Tietotekninen ympäristö	22
3.4	Pilotin tavoitteet	23
3.5	Riskit	26
3.6	Pilotin kulku	27
3.7	Kehitysaskeleet	30
3.8	Johtopäätökset	30
3.9	Jatkotoimenpiteet	31
4	YHTEENVETO	32
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	39

## KÄSITTEET

BIM	Building information model.
CAD	Computer-aided design.
Inframodel	Infra-alalla käytetty tiedonsiirtoformaatti.
Infrastrukturi	Muodostuu rakenteista ja palveluista, jotka on rakennettu yhdiskunnan toimintojen perustaksi. Tekniseen infrastukturiin kuuluvat mm. liikenneverkostot, tietoliikenneverkostot, jäte- ja vesihuoltoverkot sekä rakennetut tai ylläpidettävät viher- ja vesialueet.
Koordinaatiomalli	Eri tekniikka-alojen suunnitteluosista koottu malli, josta ilmenee koko projektin suunniteltu kokonaisuus.
LandXML	eXtensible Markup Language. XML-koodiin pohjautuva formaatti, jota käytetään tiedonsiirtoon.
SHOK	Strategisen huippuosaamisen keskittymä. Yhteistyökeskittymä, joka pyrkii tiiviiseen yhteistyöhön elinkeinoelämän ja tutkimusmaailman välille.
Tekniikkalaji	Tässä: Eri tekniikkaosa-alueet, kuten silta-, väylä-, maisema-, valaistus-, vesihuolto- ja geotekniikka.
Tietomalli	Rakennuksen tai infrarakenteen koko elinkaaren käsittävä tietojen kokonaisuus yhden mallin muodossa digitaalisesti.
Vianova	Vianova Systems Finland Oy on yhdiskuntatekniikan alan ohjelmistotalo, jonka päätuotteena on Novapoint-ohjelmistoperhe.

VTT

Teknologian tutkimuskeskus VTT.

# 1 JOHDANTO

## **Tarkoitus**

Idea opinnäytetyöhön tuli Ramboll Finland Oy:ltä. Ajatus Storhemtintien koneohjauspilottiprojektin raportoinnista oli haastava, mutta samalla myös kiehtova. Novapoint-ohjelmisto on ympäristötekniikan koulutusohjelmassa suhteellisen uusi asia ja sitä on käsitelty vain yhden kurssin verran. Nyt oli kuitenkin kyseessä oikea projekti, jolla oli tarkoitus testata Novapoint-ohjelmistoperheen ja ohjeistuksien (mm. Destian laatima Väylärakenteiden suunnitteluohje -luonnos) soveltuvuutta kunnallistekniikan, katurakenteiden ja siltojen rakentamisvaiheen koneohjaukseen tähtäävässä suunnittelussa.

Varsinaisen työn aiheena oli kirjoittaa Rambollilla projektista Teknologian tutkimuskeskus VTT:lle InfraFINBIM-pilottiraportti tuotemallinnukseen perustuvan suunnittelun tuloksista. Tämän raporttiluonnoksen pohjalta on kirjoitettu opinnäytetyön toinen osio, Storhemtintien koneohjauskatupilotti, joka sisältää yksinkertaistetussa muodossa pilottihankkeen kuvauksen.

Insinööriyön tarkoitus on tarkastella Novapoint-suunnitteluohjelmiston ja itse suunnitteluprosessien toimivuutta tuotettaessa suunniteltavasta kadusta koneohjausmalli rakennustyötä varten. Esimerkkinä toimii Ramboll Finland Oy:n suunnittelukohde Storhemtintie, joka sijaitsee Espoon Suurpelto V -asemakaava-alueella. Lisäksi perehdytään siihen, mitä infra-alan tietomalleilla tarkoitetaan, kuinka ne tulevat jatkossa vaikuttamaan suunnitteluun ja mihin suuntaan infrasuunnittelun kehitys on matkalla.

## **Tutkimusongelmat**

Projektiin sisäänpääsy ei ollut vaivatonta, sillä yhdyskuntasuunnitteluun kehitetty Novapoint-ohjelmisto on haastava niin aloittelijalle kuin kokeneemmallekin käyttäjälle, eikä helpotusta tuonut kadun poikkileikkauksen ja geometrian monimuotoisuus. Pilotoinnilla oli tarkoitus löytää käyttökelpoisia työtapoja kadun ja sen rakenteiden, sillan, portaali -ja valaisinperustusten, runkopuiden, stabilointien sekä vesihuoltoverkostojen ja niiden kaivantojen mallintamiseen. Pilotin lopputuloksena saadaan myös tietoa olemassa olevan suunnittelu-

ohjeistuksen soveltuvuudesta sekä ohjelmiston mahdollisista kehitystarpeista tulevaisuuden tarpeita ajatellen.

Vastaavia mallinnusprojekteja on jo tehty tiepuolelle, mutta profiililtaan tiet ovat yleensä suoraviivaisempia ja rakenteiltaan yksinkertaisempia. Tässä viitataan erityisesti katujen usein reunakivillä rajattuihin hyvinkin lyhyellä matkalla muuttuviin poikkileikkauksiin sekä kadunrakenteisiin ja niihin kuuluviin vesihuolto- ja muihin teknisiin verkostoihin. Storhementtien katupilotissa selvitetään, kuinka mallin luominen onnistuu kadusta, jonka piirteitä ovat mm. poikkileikkauksien suuret vaihtelut, kasvialustat, vesihuoltolinjat, kadun reunakivikorkeuksien muutokset esim. suojateiden, tonttiliittymien ja pysäkkien kohdilla, kiertoliittymät, vesistösilta ja pohjanvahvistustoimenpiteet.

Uusien suunnittelutyötapojen mukana tulevat myös tärkeänä osana uudet tietotekniset haasteet: tiedonsiirtoformaattien toimivuus, katupuolen mallinnusohjeistuksen puute sekä mahdolliset ohjelmistokehitystarpeet. Koneohjausmallin luominen luotettavaksi ja työmailla käytettävissä laitteistoissa toimivaksi on monen onnistuneen työvaiheen summa.

### **Hypoteesit**

Pilottihankkeen läpiviennissä voidaan odottaa tulevan vastaan hankaluuksia uusien työtapojen vielä etsiessä linjojaan ja katupuolen tuotemallipohjaiseen suunnitteluun perustuvan suunnitteluohjeistuksen puuttuessa. On mielenkiintoista nähdä, kuinka ohjelmisto vastaa tuotemallipohjaisen suunnittelun haasteisiin, minkälainen lopputulos sillä saadaan aikaiseksi ja kuinka tehokkaasti ja missä formaateissa koneohjausmateriaalia pystytään hyödyntämään työmailla.

### **Tutkimusmenetelmät**

Työssä tehdyt mallinnustehtävät Rambollilla olivat varsin haastavia, vaikka niiden tekemisessä oli apuna Novapoint-osaajia. Näillä tehtävillä oli tärkeä rooli projektin ymmärtämisen ja loppuraportin kirjoittamisen kannalta.

Päätyönä on kuitenkin ollut VTT:lle InfraFINBIM-pilottiraporttiluonnoksen materiaalin keruu ja kirjoittaminen. Raportin laadinta aloitettiin projektin ollessa käynnissä. Tehtävänä oli myös perehtyä aiempien palavereiden ym. muistioihin ja

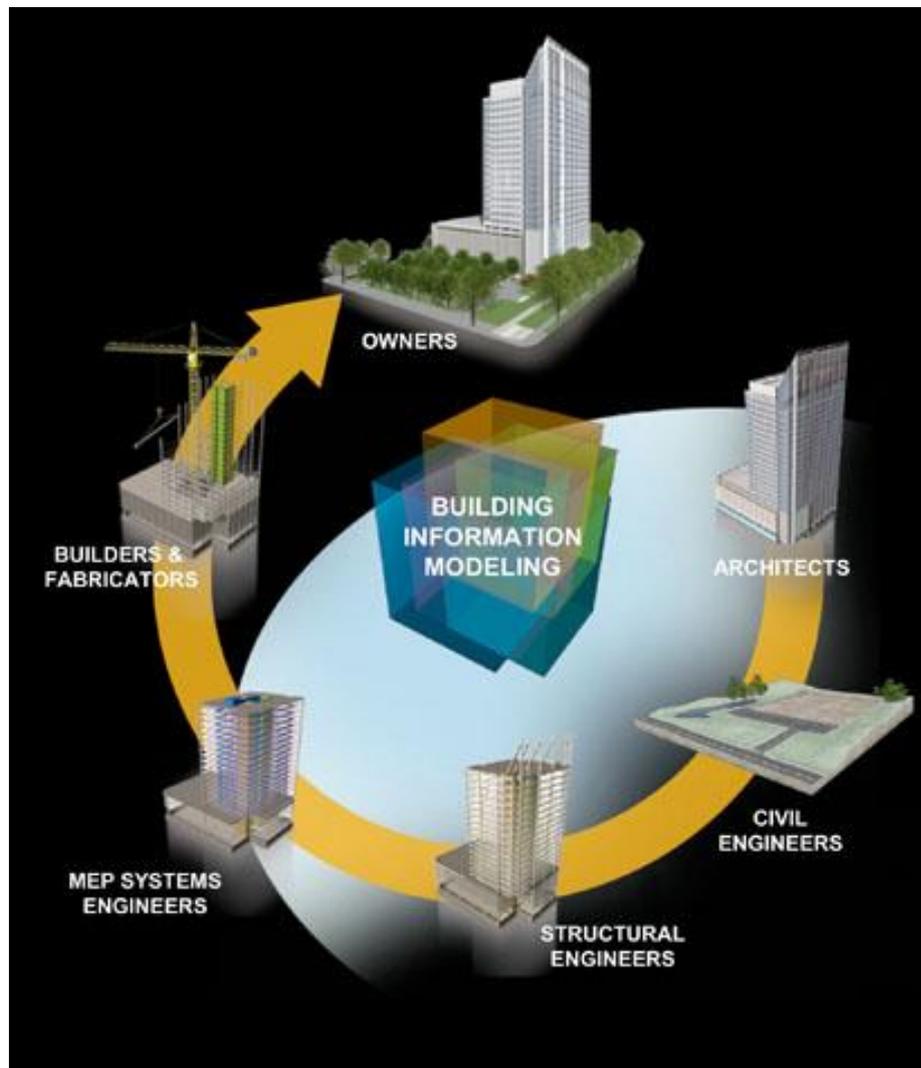
muihin hanketta koskeviin asiakirjoihin, koota niissä olevat tiedot yhteen sekä täydentää niitä. Tämä on edellyttänyt läheistä yhteistyötä lukuisten eri tekniikka-alojen osaajien kanssa. Pääasiassa on tehty yhteistyötä alue- ja kunnallistekniikan suunnittelijan kanssa, mutta projektin kulku oli selvitettävä myös silta-, maisema-, valaistus-, vesihuolto- ja geosuunnittelijoiden näkökulmasta. Lisäksi Ramboll Finland Oy:n järjestelmäasiantuntija on ollut mukana kokoamassa raportin tietoteknisiä asioita.

### **Käytetty aineisto**

Suuren konsulttitalon etuna on sen työntekijäjoukon hallussa oleva laaja tietomäärä. Heti projektin alkaessa oli käytettävissä kattava määrä erilaisia esitelmiä, tutkimuksia ja palaverimuistioita tietomallinnuksesta. Näissä muistioissa käsiteltiin mm. sitä, mitä projekteja aiheesta oli jo tehty, mitä on käynnissä ja kuinka ne olivat edenneet. Lisäksi internetistä löytyi lähdemateriaalia infra-alan tietomallinnuksesta. Kirjallisuutta aiheesta löytyy toistaiseksi niukasti.

## 2 YLEISTÄ TIETOMALLINNUKSESTA INFRA-ALALLA

Infrakohteen tietomallilla tarkoitetaan koko rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutta digitaalisessa muodossa. Mallipohjaisessa suunnittelussa laaditaan hanketta kuvaava kolmiulotteinen koordinointimalli, johon kootaan yhteen kohteen eri tekniikka-alojen suunnitelmat. Tätä koordinointimallia voidaan hyödyntää koko suunnittelu- ja toteutusvaiheista ylläpitoon ja purkuvaiheeseen asti. Malli mahdollistaa monien eri tekniikka-alojen suunnittelijoiden yhteistyön hyvin varhaisessa vaiheessa hanketta. (KUVIO 1.)



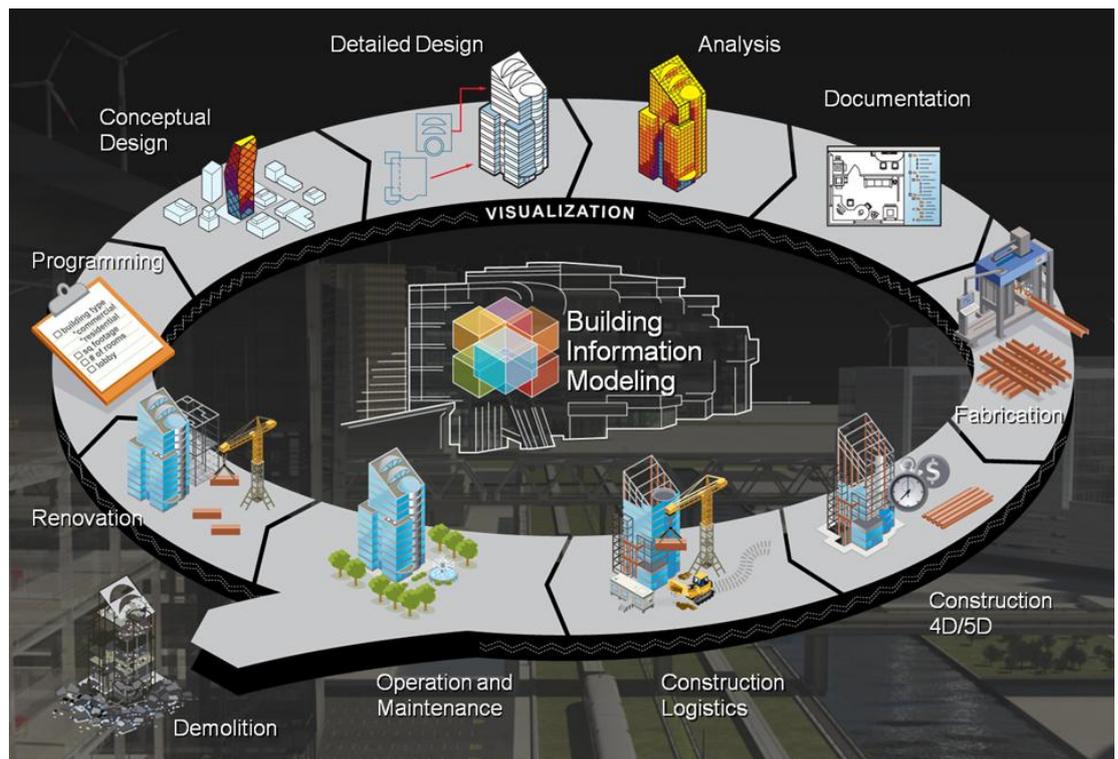
KUVIO 1. Tietomallin käyttäjät talonrakennuksessa (Consortech 2012)

Hankkeen tiedot eivät sijaitse pelkästään piirustuksissa ja raporteissa vaan mallissa, josta kukin käyttäjä voi valita tarvitsemansa tiedot käyttötarpeensa mukaan. Tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi ottamalla tulosteita perinteisinä

piirustuksina käyttäjän määrittelemillä tietomäärillä, mikä auttaa piirustuksien tulkintaa eri käyttötarkoituksissa.

Kokonaisuuden yhteensopivuus tarkastetaan koordinoitumalla, josta tekniikka-alueiden mahdolliset ristiriidat on helppo havaita. Koordinoitumalla osasuunnitelmat voidaan rakentaa eri suunnitteluohjelmilla ja ne tallennetaan LandXML- tai muuhun vastaavaan formaattiin. Havainnekuvien, leikkausten ja määrä- ym. luetteloiden tulostaminen mallista on nopeaa ja tarkkaa.

Tulevaisuudessa tietomalliin on mahdollista liittää perinteisen 2D- ja 3D-suunnitelmien lisäksi mm. aikataulusuunnitelmia ja liikennemäärätietoja. Sen lisäksi siihen voidaan liittää meluselvityksiä, maaperätutkimuksia, kustannusarvioita, määrätietoja, riskianalyseja, työlistoja sekä osakokonaisuuksien välisiä riippuvuuksia (KUVIO 2).



KUVIO 2. Näkemys tietomallin monipuolisesta käytöstä talonrakennuksessa (Neural energy 2009)

Täydellinen projektin tietomalli aloitetaan kokoamalla lähtötietomalli hanketta varten tarvittavasta lähtötietoaineistosta. Se voi sisältää muun muassa maaperätietoja, kaavoja, alueella sijaitsevia rakenteita ja rakennuksia. Tämän

mallin pohjalta suunnittelijat suunnittelevat omat tekniikka-alansa tuotemallin. Kun suunnitelmat ovat valmiit, ne toimitetaan toteutusmallin muodossa urakoitsijalle sisältäen tilaajan kanssa sovitun aineiston. Rakentamisen jälkeen tehdään toteutumamalli, josta selviää millainen kohteesta lopulta tuli.

Toteutumamallin pohjalta laaditaan ylläpitomalli, joka sisältää mm. kohteen hoitoon ja kunnossapitoon liittyviä ohjeita. Lisäksi voidaan laatia rakennetun kohteen kuntoa seuraava jäännösarvomalli. (Rakennustieto 2012.)

Elinkaariajattelu käsitteenä kattaa tuotteen kaikkien vaiheiden seurannan valmistuksesta loppusijoitukseen tuotteen ympäristövaikutuksien ja prosessien osalta. Tässä elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuudella tarkoitetaan sitä, että kohteen kaikissa elinkaaren vaiheissa käytetään samaa tietomallia. Tietomallia päivitetään mitatun aineiston tai muun vastaavan tuotetun datan avulla.

## 2.1 Historiaa

### Ilmiöitä

Vielä 1900-luvun jälkipuoliskolla ei aina kiinnitetty huomiota julkisen ympäristön laatuun. Kaupunkisuunnittelu keskittyi ympäristön toiminnallisiin prosesseihin ja toimintojen teknisten vaatimusten toteuttamiseen. Kaupunkitilan esteettisen suunnittelun laiminlyönti yhdistettynä liikenteen määrän ja kunnallistekniikan rakentamisen huimaan kasvuun johtivat kaikkialla maailmassa kaupunkikeskustojen epäviihtyvyyteen ja kaoottisuuteen. Vaatimuksia paremmasta ja viihtyisämmästä kaupunkiympäristöstä alkoi esiintyä useissa maissa erityisesti 1960 - 70-luvuilla. Niiden seurauksena useissa maissa esitettiin käynnistettäväksi laajoja parannushankkeita, joissa panostettiin voimakkaasti alueiden suunnitteluun. Rakennettiin mm. suuria kävelykeskustoja, joissa oli panostettu rakennetun ympäristön toteutukseen ja lopputuloksen laatuun. Suomessa tämä kehitys on alkanut vasta 1980-luvun lopulla. (Junttila & Koivistoinen 2002, 7.)

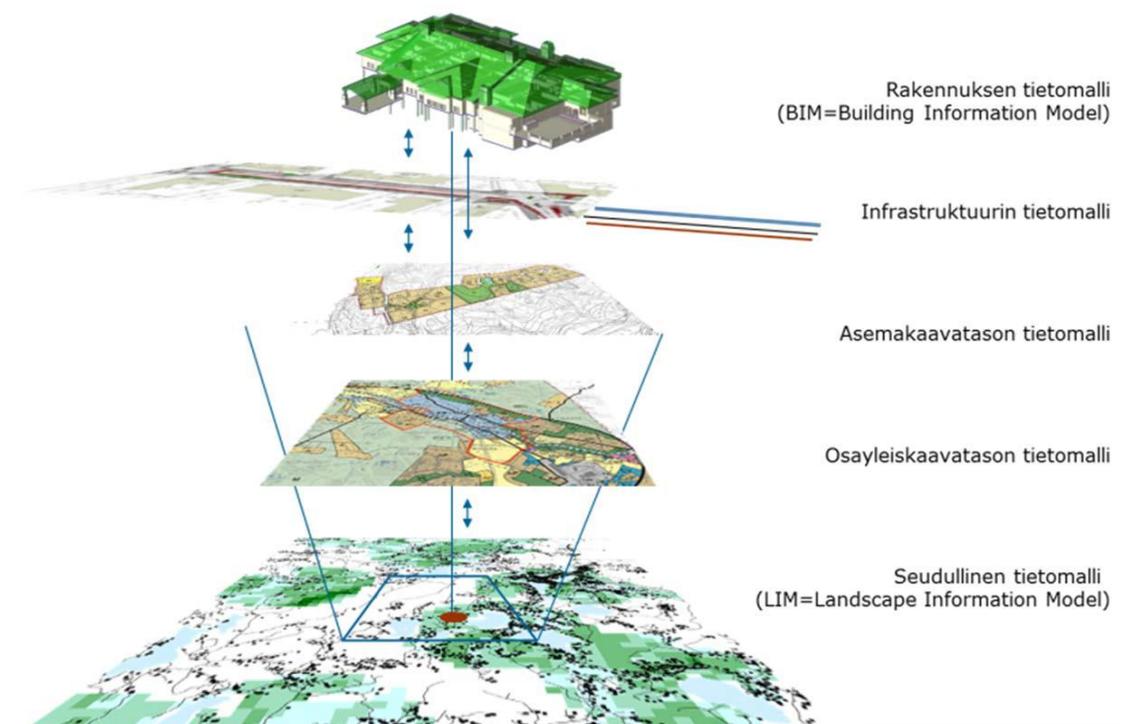
Tietokoneita alettiin käyttää infrasuunnittelussa 1960 - 1970-luvulla.

Alkuvaiheessa tietotekniikkaa hyödynnettiin väyläsuunnittelun, maanmittauksen rakennesuunnittelun, lujuuslaskennan ja kunnallistekniikan laskennoissa.

Aiemmin nämä laskennat oli tehty aikaa vievänä käsityönä. (Junnonen 2009, 24.)

Tietokonepohjaista suunnittelun kehitystä vauhditti TVH, (sittemmin Tiehallinto, nyk. Liikennevirasto), joka maksoi suunnittelutoimistoille erillisen ATK-korvauksen tietotekniikkaa hyödyntävästä suunnittelusta. Tällä oli suuri vaikutus ohjelmistojen kehittymiselle, ja näin saatiin myös ohjelmistotoimittajia infra-alalle. 1980-luvulla tekniikka kehittyi ja hinnat laskivat, tulivat mikrotietokoneet ja niiden ohjelmistot, jotka vakiinnuttivat asemansa suunnittelussa. (Junnonen 2009, 24.)

Tietotekniikan voimakkaan kehityksen myötä 1990-luvun alussa tietokoneet olivat jo jokapäiväisessä käytössä suunnittelutyössä. Käyttöjärjestelmät eivät vaatineet enää koulutettua ATK-operaattoria tai -suunnittelijaa, vaan tarjolla oli helppokäyttöisiä graafisia ohjelmistoja, joita pystyi käyttämään jo pienellä itse opiskelulla tai koulutuksella. 2000-luvulla informaation paljous on tuonut uusia haasteita suunnitteluohjelmistoille. Aluksi suunnittelussa käytetyt dokumenttipohjaiset suunnitteluohjelmat (CAD-ohjelmat) ovat vaihtumassa tietomallipohjaisiin ohjelmistoihin. Tietomallien kautta informaation hallinta on keskitettyä ja muutokset siirtyvät automaattisesti koko malliin. (Junnonen 2009, 25 - 26.)



KUVIO 3. Näkemys tietomallien tulevaisuudesta (Savisalo 2012)

## 2.2 Nykyhetki

Vaikka tietomallinnuksen ensiaskeleet rakennusalalla otettiin jo 1990-luvulla, on varsinainen käyttöönoton harjoittelu tapahtunut vasta viime vuosina. Monelle vanhemmalle suunnittelijalle työtapojen muutos luo suuria haasteita ja täydellinen muutos alalla tulee kestämaan vuosia.

Nyt ovat infra-alan tietomallien kehitystä lähteneet viemään eteenpäin osa alalla toimivista suurista tilaajista. Näin suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden on mukauduttava muutokseen. Tavoite on saada kaikki alan toimijat tietoisiksi tietomallien käyttömahdollisuuksista. Eräät suurimmat toimijat ovat käynnistäneet lukuisia pilottihankkeita, joiden avulla ohjelmistoja ja työtapoja saadaan kehitettyä.

Pelkästään Ramboll Finland Oy:ssä vuonna 2012 käynnissä olevia pilottikohteita olivat mm:

- Vt 13 Myttiömäki parantaminen, tiesuunnitelma
- Vt 14 Savonlinna Laittaatsalmen tie-, rata- ja syväväyläsuunnitelmien laatiminen (KUVIO 4)
- Espoon Suurpellossa sijaitsevan Storhemtintien rakennussuunnittelu.

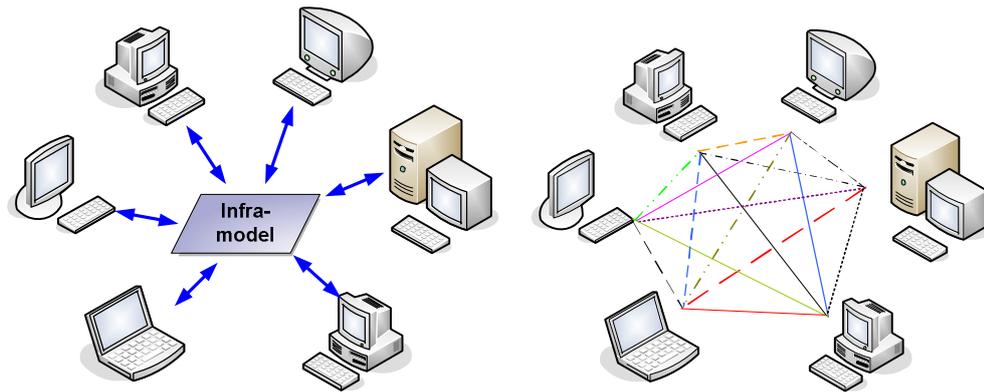
Lisäksi käynnistymässä oleva pilottikohde on Vt 7 (E18) Hamina – Vaalimaa, tiesuunnitelma. (von Schantz 2012.)



KUVIO 4. Vt 14 Savonlinna, Laitaatsalmi (von Schantz 2012)

### 2.3 Mallinnuksen ja perinteisen suunnittelun vertailua

Mallipohjaisen suunnittelun merkittävin uudistus verrattuna perinteiseen suunnitteluun on, että mallipohjaisessa suunnittelussa eri tekniikka-alojen osasuunnitelmat päivitetään yhteiseen koordinoitumalliin. Lopputuotteen kokonaisuuden hallinta yksinkertaistuu jatkossa, sillä tällä hetkellä erillistä tietoa siirretään eri toimijoiden, eri ohjelmistojen ja eri rakennusvaiheiden välillä. Tällöin kertyy helposti päällekkäistä tietoa tai oleellista tietoa jää huomaamatta. Oleellista tietoa saattaa myös kokonaan hävitä tiedonsiirtoprosesseissa eri tiedonsiirtoformaattien välillä. Dokumenttipohjaisessa suunnittelussa, kuviossa 7 esitetyn muiden suunnittelijoiden suunnitelmakorjausten lisäksi on mahdollisia suunnitelmamuutoksia ja -päivityksiä vaikea havaita. (KUVIO 5.) (KUVIO 7.)



KUVIO 5. Mallipohjaisen ja perinteisen suunnittelun merkittävin ero on yhtenäinen malli (Rakennustieto 2012)

Yhteisen koordinoitumallin käytön suuri etu perinteiseen suunnittelutapaan verrattuna on mm. suunnitelmakokonaisuuden havainnollistettavuus. Voidaan mm. tutkia erilaisten mitoitusten tai pintamateriaalien tai kalusteiden vaikutuksia kadun yleisilmeeseen. Koska moni suunnittelija päivittää samaa koordinoitumallia, myös muut mallin käyttäjät voivat nopeasti havaita mahdolliset tehdyt virheet tai ristiriitaisuudet. Esimerkiksi, jos siltasuunnittelija tallentaa oman mallinsa koordinoitumalliin, mallikokonaisuus päivittyy. Malli helpottaa muullakin tapaa mahdollisten ristiriitaisuuksien tai virheiden havainnointia, sillä esimerkiksi vesihuoltoa suunniteltaessa on mahdollista tehdä törmäystarkasteluja, jolloin päällekkäisyyksiä ei niin helposti pääse syntymään. Näin vakavien suunnitteluvirheiden pääsyä rakennusvaiheeseen asti saadaan vähennettyä.



KUVIO 6. Storhemtintien alustavaa simulointia koordinoitumallissa (Ramboll Finland Oy 2012)

Havainnollisesta mallista saa kuka tahansa nopeasti yleiskuvan suunniteltavasta kohteesta, vaikka kokemusta teknisten piirustusten luvusta ei suurimmassa määrin olisikaan. Lisäksi mallista voidaan tulostaa suunnitteluratkaisuja nopeasti selventäviä havainnekuvia ja leikkauksia. Mallissa on myös simulointimahdollisuus, mikä tarkoittaa mahdollisuutta liikkua mallissa. Vaikka suunnitelma ei olisikaan vielä valmis, suunniteltavaa ympäristöä on silti mahdollista kokeilla. (KUVIO 6.)

Tiedon yhdistyminen yhteen malliin helpottaa niin eri tekniikka-alojen suunnittelijoita kuin kaikkia muitakin mallin käyttäjiä. Jotta malli- ja osasuunnitelmat palvelisivat jatkossa huoltoa ja ylläpitoa, on ne aina päivitettävä toteutumatietojen perusteella. Näin piirustusten ei tarvitse jäädä vain arkistoihin, vaan mallin käyttäjien on mahdollista seurata esimerkiksi internetin kautta jo valmistuneen hankkeen jatko- ja huoltosuunnitelmia tai mahdollisia laajennuksia ja ottaa niihin kantaa.

	Dokumenttipohjainen suunnittelu	Koordinointimalli
<b>Lähtötiedot</b>	Koko tietoaainestoa on haastavaa kerätä yhteen	Kaikki lähtötiedot ovat samassa mallipohjassa
<b>Yhtenäinen suunnitelma</b>	Muiden suunnittelijoiden korjauksia on vaikea havaita ajoissa	Mallin reaaliaikainen päivityminen  – Suunnittelun vaatimukset kasvavat
<b>Virheiden tulkitseminen</b>	Ihminen tulkitsee  – korkeat kustannukset  – virheet saattavat jäädä huomaamatta	Malli tulkitsee  + tehokkaampi  + virheet havainnoidaan paremmin
<b>Dokumenttien yhdistäminen</b>	Eri tarpeisiin omat dokumentit  Esitysmuoto usein 2D  Tekniikkalajien yhdistäminen haastavaa	Mallia voidaan suoraan hyödyntää  Voidaan esittää 2D:ssä että 3D:ssä  Tekniikkalajit voidaan yhdistää
<b>Tiedon elinkaari</b>	Katkeaa arkistoon  Uusiin projekteihin uusi tiedonkeruu	Siirrettävissä eteenpäin  Voidaan hyödyntää lähtöaineistona uusissa projekteissa
<b>Tiedonsiirto työmaalle</b>	Paperille tulostaminen	Sähköinen siirto + paperiversio

KUVIO 7. Perinteisen ja mallipohjaisen suunnittelun vertailua (Liukas & Niskanen 2008)

## 2.4 Koneohjaus

Tietomallien myötä mahdollistuu myös rakentamisen koneohjaus. Kun koneohjausmalli on suunniteltu, se voidaan siirtää suoraan työmaalle ja käyttää sitä maanrakennuskoneiden, esimerkiksi tiehöyliä tai kaivinkoneiden ohjauksessa. Näin saavutetaan huomattavia ajan ja henkilöresurssien säästöjä sekä vähennetään virheiden mahdollisuutta. (Oulun kaupunki & Tampereen kaupunki 2010.)



KUVIO 8. Konejärjestelmän näyttö kaivinkoneen hytissä (Novatron 2012)

Työkoneiden koneohjaus perustuu mittauslaitteisiin, antureihin ja satelliittipaikannusjärjestelmiin sekä tukiasemiin hankkeen laajuudesta ja tarkkuustasosta riippuen. Järjestelmien hinnat ovat laskeneet, ja ne ovat yleistyneet etenkin kaivinkoneissa, tiehöylissä ja puskukoneissa. (Junnonen 2009, 95.) (KUVIO 8.)



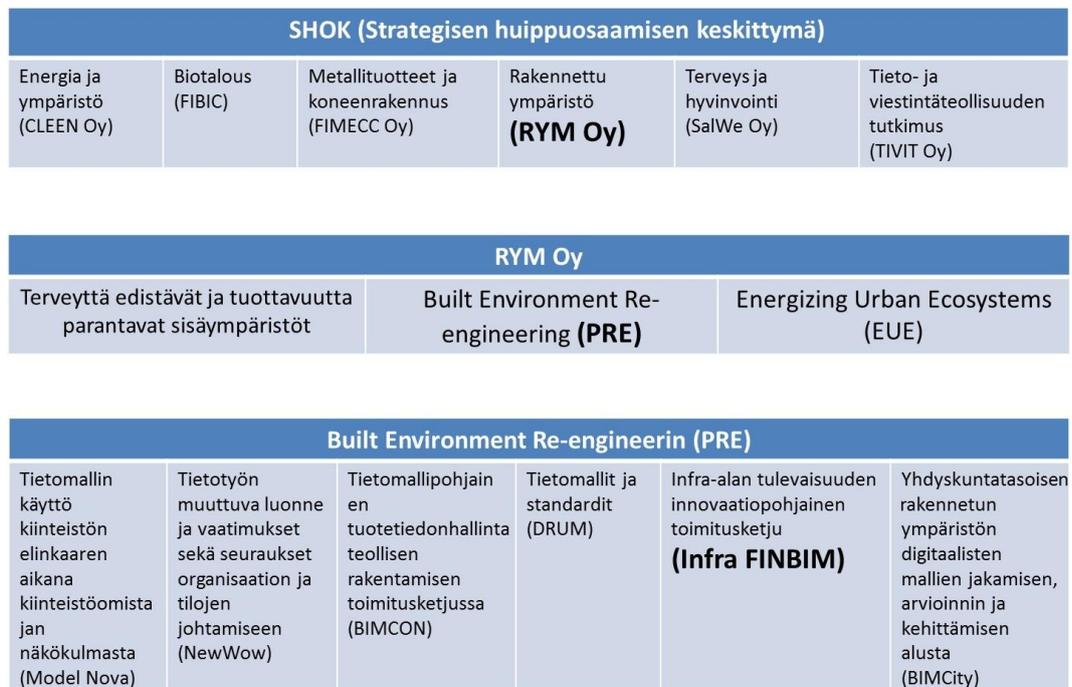
KUVIO 9. Koneohjauksen toimintaperiaate (Paitsola 2009)

Koneohjausjärjestelmä koostuu ohjelmistosta, liike- ja kallistusantureista sekä paikannusjärjestelmästä. Paikannusmenetelmänä käytetään joko tasolaseria (2D), takymetria, satelliittipaikannusjärjestelmää, (GPS-) kompasseja tai edellä mainittujen yhdistelmiä. Laitteiden avulla saavutetaan noin 1 - 10 senttimetrin käytännön työtarkkuus käytettäessä nykyisiä laitteita ja anturointeja. (Junnonen 2009, 95.) (KUVIO 9.)

Useimmissa nykyisissä koneohjausjärjestelmissä on mukana myös toteutumätietoa automaattisesti keräävä toiminto. Toiminto on hyödyllinen, sillä sen avulla saadaan tarkka toteutumamalli huomattavasti pienemmällä työmäärällä kuin jos mittamies kartoittaisi kohteen. Osassa järjestelmiä on mm. toiminto, joka mm. erottelee kaivuutasojen toteutumia mitattaessa toleranssien mukaiset ja ne ylittävät mittatiedot. (Mäki-Tulokas 2012.)

## 2.5 Infra FINBIM

Strategisen huipputason keskittymä (SHOK) on huipputason tutkimusyksiköiden ja tutkimustuloksia hyödyntävien yritysten yhteistyökeskittymä, joka toteuttaa yliopistojen, tutkimuslaitosten ja yritysten yhdessä määrittelemää tutkimusstrategiaa (Tekes 2012). SHOK:in perustettiin pääministerin johtaman tiede- ja teknologianeuvoston toimesta vuonna 2006 ja sen tavoitteeksi asetettiin edistää tutkimusmaailman ja elinkeinoelämän välistä yhteistyötä. Yritykset rahoittavat keskittymien tutkimuksesta keskimäärin 40 %. Muita merkittäviä rahoittajia ovat julkisen puolen Tekes ja Suomen Akatemia. Vuosina 2008 - 2011 Tekes on myöntänyt rahoitusta tutkimusohjelmiin 257 miljoonaa euroa. (Mörk 2012.)



KUVIO 10. Kaaviokuva yrityksistä ja niiden tutkimusohjelmista (Mörk 2012; RYM Oy 2012a)

RYM Oy:n PRE-tutkimusohjelma pyrkii kehittämään kiinteistöjen, infrarakenteiden ja yhdyskuntien tietomallipohjaista suunnittelua ja tiedonhallintaa hankkeen koko elinkaaren ajalle. PRE:n budjetti on 21 miljoonaa euroa, hanke on käynnissä vuosina 2010 - 2013. Hankkeeseen tähän mennessä on osallistunut 43 tahoa, joista 37 on yrityksiä ja 6 tutkimuskeskusta. Ohjelma

koostuu kuudesta työpaketista, joilla jokaisella on oma veturiyrityksensä (RYM Oy 2012a.) (KUVIO 10):

1. Model Nova - Tietomallin käyttö kiinteistön elinkaaren aikana kiinteistöomistajan näkökulmasta (Senaatti-kiinteistöt)
2. NewWow - Tietotyön muuttuva luonne ja vaatimukset sekä seuraukset organisaation ja tilojen johtamiseen (Rapol Oy)
3. BIMCON - Tietomallipohjainen tuotetiedonhallinta teollisen rakentamisen toimitusketjussa (Skanska Oy)
4. DRUM - Tietomallit ja standardit (Tekla Oyj)
5. Infra FINBIM - Infra-alan tulevaisuuden innovaatiopohjainen toimitusketju (VR Track Oy)
6. BIMCity - Yhdyskuntatasoisen rakennetun ympäristön digitaalisten mallien jakamisen, arvioinnin ja kehittämisen alusta (FCG Oy). (RYM Oy 2012a.)

PRE-ohjelmaan kuuluvassa Infra FINBIM -työpaketissa panostetaan vahvasti tietomallintamisen kehittämiseen ja hyödyntämiseen infra-alalla. Infra FINBIM -hanke kestää vuoteen 2013, ja sen budjetti on runsaat 6 miljoonaa euroa. Tutkimukseen osallistuu yhteensä 15 yritystä. Veturiyrityksenä toimii VR Track Oy. (RYM Oy 2012a.)

## 2.6 Tavoitteet

Tavoitteena Infra FINBIM -työpaketilla on, että infra-alan suurimmat tilaajat tilaisivat tulevaisuudessa ainoastaan tuotemallipohjaisia suunnitelmia. Tämä vaatii koko suunnittelualan kattavan muutoksen. Perinteisestä suunnittelusta on pyrkimyksenä luopua ja siirtyä edistykselliseen elinkaaren ja tarvittavat osa-alueet kattavaan mallintamiseen. (RYM Oy 2012b.) (KUVIO 11.)



KUVIO 11. Suunnittelun nykytilanne ja tulevaisuus (von Schantz 2012)

Tavoitteena on muuttaa koko toimialan työtavat tietomallipohjaisiksi. Tätä koko suunnittelualan läpivientiä edesauttaa suurimpien alan toimijoiden merkittävä osallistuminen. Suunnittelualan uudistukseen osallistuvat toimijat saavuttavat etua alan muihin toimijoihin nähden, sillä ne voivat ensimmäisinä soveltaa uusia toimintamalleja prosesseissaan. (RYM Oy 2012b.)

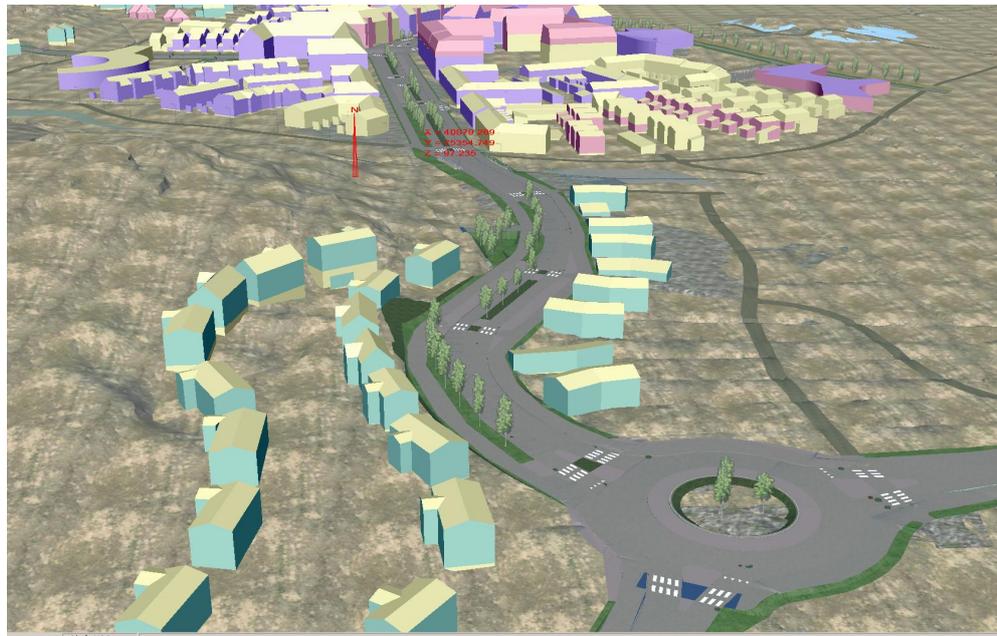
### 3 CASE: STORHEMTINTIEN KONEOHJAUSKATUPILOTTI

Tämä case-osio opinnäytetyöstä on kirjoitettu yksinkertaistetulla tavalla mukailien VTT:lle laadittavaa InfraFINBIM-pilottiraporttiluonnosta, joka laaditaan Ramboll Finland Oy:ssä. Lopullinen raportti käsittelee pilottiprojektin tuloksia ja valmistuu alustavasti maaliskuussa 2013. VTT kokoaa vastaavista pilottiraporteista yhteenvedon.

Storhemtintien tuotemallia laativat useiden tekniikka-alueiden suunnittelijat yhteistyössä. Mukana projektissa ovat alue- ja kunnallistekniikan lisäksi silta-, maisema-, vesihuolto- ja geotekniikan suunnittelijat. Valaistussuunnitelman laatii sivukonsulttina SEU. Tuotemalliprojekti käynnistettiin alkuvuodesta 2012.

#### 3.1 Hankkeen kuvaus

Ramboll Finland Oy:n katupilottisuunnittelukohde Storhemtintie sijaitsee Espoossa Suurpelto V -asemakaava-alueella. Suurpelto V -asemakaava-alueen kunnallistekniikan yleissuunnitelma valmistui vuonna 2011 ja suunnittelutyö on jatkunut sen jälkeen juridisten katu- ja puisto- sekä toteutusta palvelevien rakennussuunnitelmien laatimisella.



KUVIO 12. Storhemtintien alustava malli, rakennukset otettu Espoon kaupungin 3D-mallista (Ramboll Finland Oy 2012)

Suurpellon katupilottikohde Storhemtintie on alueen asemakaavan mukainen kokoojakatu, joka palvelee myös joukkoliikennettä. Katu on 530 m pitkä, ajoradan leveys on 6,5 m, ajoradan molemmin puolin on välikaistat ja kevyen liikenteen väylät. Katujakson molemmissa päissä on kiertoliittymät.

Storhemtintielle suunnitellaan myös vesihuoltolinjoja ja muita teknisiä verkostoja. Katu perustetaan pääosin stabiloinnin varaan ja sille suunnitellaan silta risteävän Henttaanpuron kohdalle. Silta mallinnetaan Teklan ohjelmistolla. (KUVIO 12.) (LIITE 1.)

Storhemtintien pilotointiprojektin rinnalla Rambollissa on käynnissä asemakaava-alueen muiden katujen, puistojen, erillisten teknisten verkostojen yms. juridisten katu- ja puistosuunnitelmien sekä toteutukseen tarvittavien rakennussuunnitelmien laadinta. Nämä suunnitelmat laaditaan pääsääntöisesti perinteiseen tapaan. Koko alueen juridiset katusuunnitelmat valmistuivat teknisesti vuoden 2012 loppupuolella, puistosuunnitelmat valmistuvat teknisesti vuoden 2013 alkupuolella ja toteutussuunnitelmat valmistuvat alustavasti kesällä 2013. Katu- ja puistosuunnitelmat voidaan vahvistaa, kun alueen asemakaava saa lainvoiman.

Storhemtintien rakentamisen on arvioitu käynnistyvän vuonna 2013 ja rakentamisen kestoksi on alustavasti arvioitu noin yksi vuosi.

### 3.2 Osapuolet

Espoon kaupungin teknisellä keskuksella on käynnissä neljä erilaista koneohjauspilottiprojektia. Näitä laatimaan valittiin konsulteiksi Pöyry, Finnmap Infra, Sito ja Ramboll. Kukin näistä toimistoista laati tahollaan käytössään olevilla ohjelmistoilla omasta suunnittelukohteestaan tietomallipohjaisen katu- ja kunnallisteknisen rakennussuunnitelman. Hankkeen tutkijaosapuolena toimi VTT.

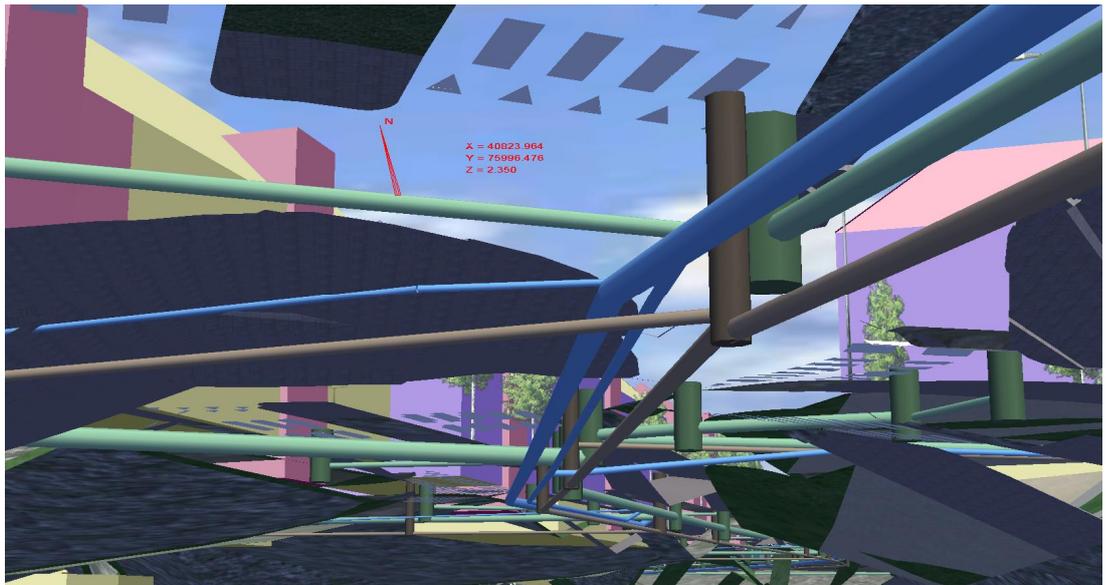
Suunnitteluhankkeeseen osallistuvat seuraavat tahot:

- Espoon kaupunkimittaus (kanta- ja johtokartat, laserkeilattu maastomalli)
- Espoon kaupungin geotekniikkayksikkö (maastomittaukset ja pohjatutkimukset, geoteknisen suunnittelun ohjaus ja valvonta)

- Espoon kaupungin kaupunkisuunnittelukeskus (asemakaava, liikenteelliset asiat)
- Espoon kaupungin tekninen keskus (pilottityön tilaaja, katu- ja kunnallisteknisen suunnittelun ohjaus ja valvonta)
- HSY vesihuolto (vesihuoltoverkostojen suunnittelun ohjaus ja valvonta)
- Johto- ja kaapelioperaattorit, mm. Fortum sähkö ja kaukolämpö, Elisa, Sonera sekä imujätejärjestelmän toimittajaehdokas.

Storhemtintien pilotin suunnittelukonsulttina toimii Ramboll Finland Oy.

Konsultin yhteyshenkilönä toimii projektipäällikkö, varalla suunnittelija sekä järjestelmäasiantuntija. Projektiin osallistuu myös Novapoint-ohjelmiston teknisen tuen ja ohjelmakehityksen osalta Vianova Oy.

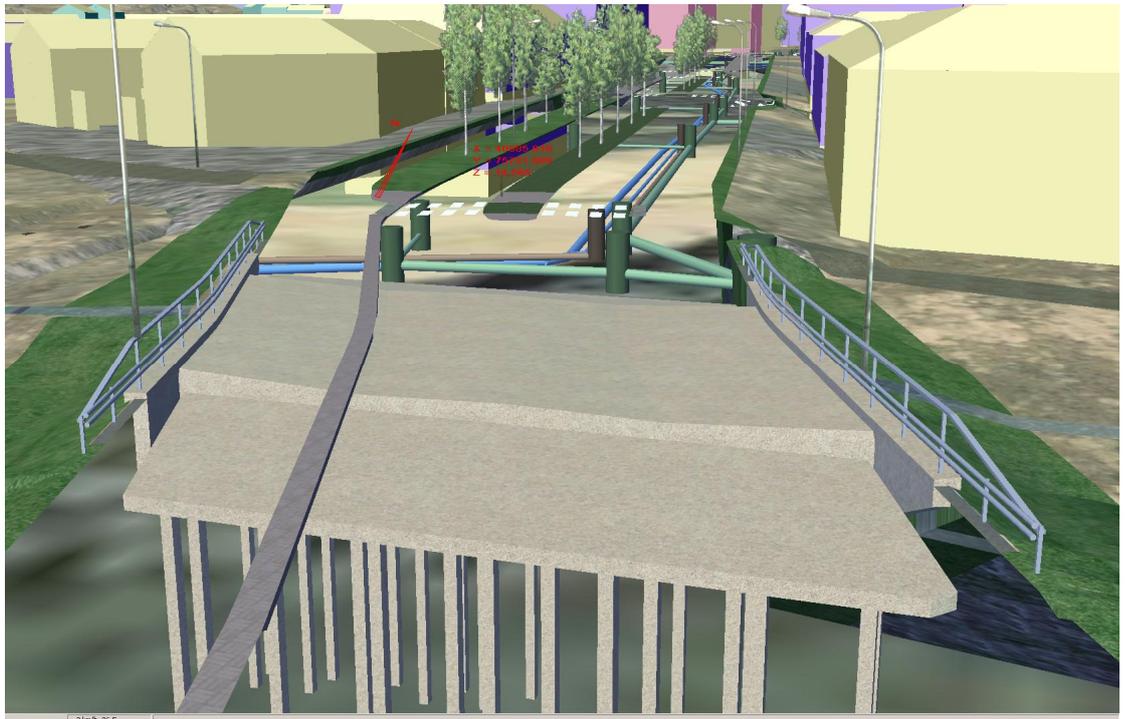


KUVIO 13. Mallinnettu vesihuoltoverkko ja kaivoja. Sininen putki on vesijohto, vihreä hulevesiviemäri ja ruskea putki jätevesiviemäri (Ramboll Finland Oy 2012)

Ramboll Finland Oy hoitaa eri tekniikka-alojen suunnittelijoiden välisen yhteistyön, sillä lähes kaikki suunnittelu tuotetaan saman katon alla:

- Alue- ja kunnallistekniikan suunnittelija mallintaa liikenteellisesti toimivan kadun sekä alueen pintakuivatuksen.

- Siltasuunnittelussa suunnitellaan toimiva ja saumattomasti katuun yhdistyvä vesistösilta. (KUVIO 14.)
- Maisemasuunnittelu luo katualueesta viihtyisän alueen korostaen luonnonarvojen merkitystä urbaanissa ympäristössä.
- Valaistus on merkittävä osa kadun turvallisuutta, viihtyisyyttä ja ulkonäköä sekä kaupunkikuvaa. Valaistussuunnittelusta vastaa sivukonsulttina SEU.
- Vesihuollon suunnittelija laatii katu- tai puistoalueille vesihuoltoverkon suunnitelmat, sisältäen hulevesi-, jätevesi- ja vesijohtolinjat. (KUVIO 13.)
- Geotekniikan suunnittelija selvittää maaperätietojen ja kairausten perusteella kadun, vh-linjojen ja sillan kohdilla olevan pohjamaan vahvistustarpeet ja laatii tarvittavat perustamis-, pohjanvahvistus- ja tuentasuunnitelmat.



KUVIO 14. Mallinnettu silta paalutuksineen, taustalla alustavasti suunniteltua kunnallistekniikkaa ja katuvihreää (Ramboll Finland Oy 2012)

### 3.3 Tietotekninen ympäristö

Tuotemallipilotti on laadittu käyttäen Vianovan Novapoint-ohjelmistokokonaisuutta, joka pitää sisällään kattavasti usean eri tekniikkalajin suunnittelumoduleita. Ohjelmisto on ollut käytössä jokaisella tekniikkaosa-alueella, lukuun ottamatta siltasuunnittelua, jossa mallinnukseen käytetään Teklan ohjelmistoa.

Maastomalli, sisältäen mm. kalliopinnan, saven alapinnan ja maanpinnan, on mallinnettu Novapoint Base-modulilla maastomallimittausten, pohjatutkimusten ja laserkeilausaineiston perusteella. Pohjatutkimuksien tiedot olivat valmiina Novapoint-pohjatutkimusrekisterissä Storhemtintien edellisen suunnitteluvaiheen jäljiltä. Mallinnettu aineisto on talletettu maastotietokantaan. Kadun poikkileikkausprofiilit sekä vaaka- ja pystygeometriat periytyvät myös edellisistä suunnitteluvaiheista ja niitä on tarkennettu suunnittelun edetessä. Pohjakartat, asemakaava ja olemassa olevat putket ym. on saatu tilaajalta dwg-aineistona.

Hankkeessa mallinnettiin tietomalliprojektiin kuuluva Storhemtintie paaluvälillä 0 - 530 Novapoint Road professional -ohjelmalla. Kadun tuotemalli suunnitellaan väylämallina, josta tuotetaan koneohjausmateriaalin lisäksi perinteiset paalukohtaiset poikkileikkaukset 20 m välein, pituusleikkaus, tasauspiirrustukset sekä linjalaskentakartat. Hankkeen hule-, jätevesi- ja vesijohtoputket sekä kaapelivaraukset on mallinnettu sekä tulostettu paalukohtaisiin poikkileikkauksiin Water & Sewer -modulilla. Silta on mallinnettu Teklan ohjelmistolla. Stabiiloinnit on suunniteltu Mallintava geosuunnittelu -ohjelmalla, joka tuottaa pilareiden sijoittelun lisäksi pilareiden ylä- ja alapäiden korkeusasemat.

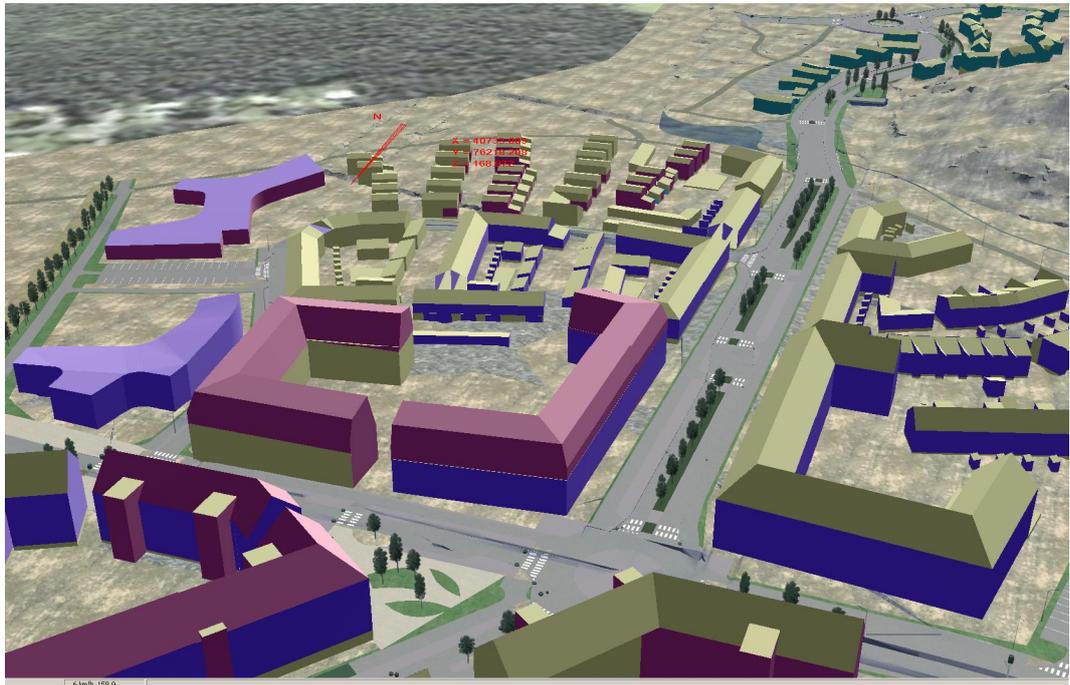
Maisemasuunnittelussa määritellyt runkopuiden paikat sijoitetaan malliin pistetietona. Valaistussuunnittelussa määritellyt valaisinjalustojen paikat sijoitetaan malliin pistetietona.

Tietomuotoina koneohjausmateriaalin osalta käytetään todennäköisesti

- vesihuollosta verkostomallia
- valaistuksesta ja runkopuista pistetietoa

- kadusta ja sen rakenteista pintamalleja tai (taiteviiva-aineistoa)
- pohjanvahvistuksesta viivatietoa.

Hankkeen mallinnetun tiedon testaukseen on käytetty Novapoint virtual map -visualisointiohjelmaa, johon suunnitelma luetaan suoraan väylämallista tai LandXML-tiedostoista ilman erillistä tiedonsiirtoa. Samalla malliin siirtyy muutakin ominaisuustietoa kuin pelkkä geometria, mm. pintojen ja taiteviivojen nimet ja koodit sekä kaivo- ja putkimateriaalitieto. (KUVIO 15.)



KUVIO 15. Storhemintien alustava tietomalli Novapoint virtual map -ohjelmasta (Ramboll Finland Oy 2012)

Ramboll Finland Oy:n sisäinen tiedonsiirto tapahtuu palvelin- ja kansiorakenteen avulla, joka toimii projektipankin tavoin. Tiedonsiirto alikonsulttien, tilaajien ja muiden osapuolten välillä toimii nykyisin joko erillisten projektipankkien tai sähköpostin välityksellä.

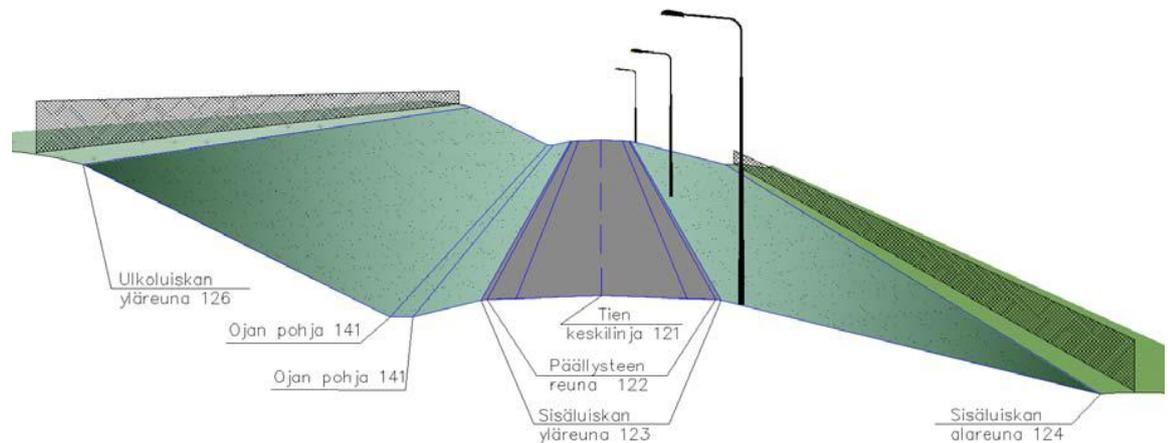
### 3.4 Pilotin tavoitteet

Rambollin pilotointihankkeen erityispiirteinä ovat monimuotoinen katupoikkileikkaus, kiertoliittymä, vesistösilta ja pohjanvahvistukset. Lisäksi

suunniteltavat rakenteet on tarkoitus mallintaa aiempia menettelyjä kattavammin. Näiden erityispiirteiden johdosta Suurpellon Storhemtintie on sopiva testikohde mm. Destian Väylärakenteiden suunnitteluohje -luonnoksen testaamiselle, ohjelmistoille ja työtavoille.

**Pilotoinnin haasteena on tietomallin luominen normaalista monimuotoisesta kadusta:**

- poikkileikkaus vaihtelee, erityiskohteina mm. kiertoliittymä
- liittymäalueiden tasaukset
- reunakivikorkeuksien muutokset suojateiden, tonttien ajoliittymien, linja-autopysäkkien yms. kohdilla
- pohjanvahvistustoimenpiteinä stabiloinnit ja mahdolliset paalulaatat
- tuetut ja osalta matkaa porrastetut vesihuoltokaivannot
- kasvualustat.



KUVIO 16. Yksinkertaistetun toteutusmallin yläpinnan taiteviivat (Snellman 2012)

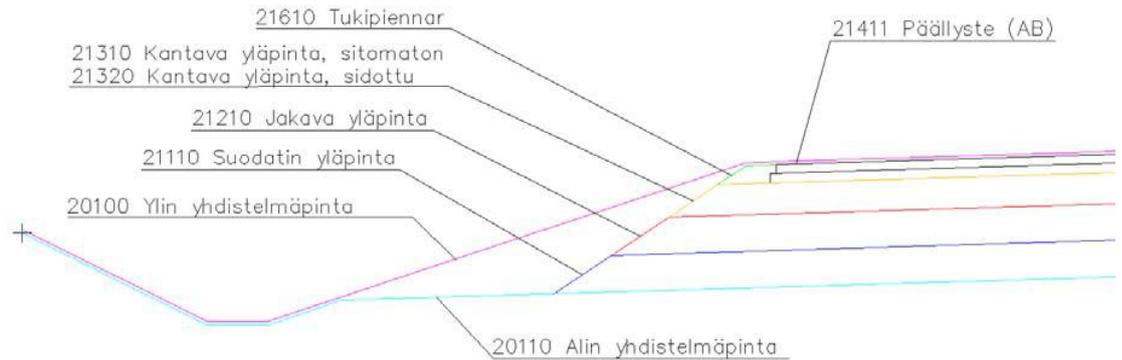
Rakentamisvaiheen koneohjausmallin on alustavasti sovitettu sisältävän seuraavat osat ja niiden tiedonsiirtoformaatit (Ramboll Finland Oy 2012):

<b>Rakenteen osa</b>	<b>Tarkennus</b>	<b>Tietomuoto</b>
päällyste	Ab:n yläpinta	pintamalli
kantava krs	kerroksen yp	"
rakenteen ap	rakennekr:n ap	"
kaivannot	pituus- ja poikki-suuntaiset kaivannot	"
massanvaihto	massanvaihdon rajat	"
reunakivilinjat	rk:n yp:n x,y,z	viivatieto
kunnallistekniikka	vh, kl ja kaapelit	verkostomalli
stabilointi/paalutus	pilareiden ja paalujen x, y, z(y), z(a)	viivatieto
valaistus	jalustan yp:n x, y, z	pistetieto
istutukset	runkopuiden x,y,z	pistetieto
liikenteenohjaus	portaalien jalustojen yp:n x,y,z	

(KUVIO 16.) (KUVIO 17.)

Lopullisen koneohjausmallin sisältö tarkentuu suunnittelutyön edetessä.

Pilotointiprojektin ohessa kohteesta tuotetaan myös perinteiset suunnitelma-asiakirjat. (Ramboll Finland Oy 2012.)



KUVIO 17. Toteutusmallin rakennepintojen nimet ja koodit (Snellman 2012)

Hankkeessa tutkitaan mm. miten paljon käytännön työtä yksityiskohtainen mallintaminen teettää, mihin suunnitteluohjelmisto riittää sellaisenaan ja kuinka paljon jatkokehittelyä se vaatii. Pääpaino pilottiprojektissa on tuotemallipohjaisilla suunnitteluvaiheilla, joissa pyritään löytämään yksinkertaiset ja käyttökelpoiset mallinnustavat projektin edistämiseksi. Rakennustöiden aikana selviää tiedonsiirtoformaattien toimivuus, mallinnustarkkuus ja työmaiden tarpeet materiaalin toteutuksen suhteen. Lisäksi tullaan seuraamaan toteutusta varten työmaalle toimitetun koneohjausmallin toimivuutta.

### 3.5 Riskit

Koneohjaussuunnitteluprojektin varmemmaksi ja sujuvammaksi saamisen ongelmia ovat ohjelmistojen käytettävyys suunnittelutyössä sekä ohjelmistotoimittajien reaktiokyky vastata pilottiprojektin yhteydessä todettuihin kehitystarpeisiin. Lisäksi haasteita saattaa tuottaa ohjelmistotäydennysten ja uusien ohjelmistoversioiden käyttöönotto ja niiden mukana mahdollisesti tulevat ongelmat suunnitelmapallien siirtämisessä uuteen versioon. Myös uusien mallinnustyötapojen omaksuminen koneohjausmallin käytettävyys rakennusvaiheessa koneohjauslaitteissa ja ohjelmistoissa on pyrittävä ottamaan huomioon, vaikkakin pilottiprojektin koneohjausmateriaalin viimekäden testaus tapahtuu vasta rakennustyön aikana.

Nykyisillä Novapointin ohjelmistoversioilla on mahdollista tuottaa monipuolisia poikkileikkauksille, mutta joidenkin yksityiskohtien hallinta teettää vielä lisätyötä. Eri ohjelmistojen ja tiedonsiirron yhteensopivuudesta ei ole vielä ehtinyt kertyä riittävästi käytännön kokemusta:

- Osa eri tekniikka-aloista käyttää eri ohjelmistoja, eikä ohjelmistojen välisiä tiedonsiirtoja ole testattu tarpeeksi, tiedonsiirroissa voi esiintyä mahdollisesti virheitä ja tietohävikkejä.
- Tiedonsiirron eri formaattien, mm. LandXML:n, käyttökelpoisuudesta on käyty keskustelua; on todettu, että koneohjauslaitteistojen ja niitä tukevien formaattien yhteensopivuuksista on epätietoisuutta.

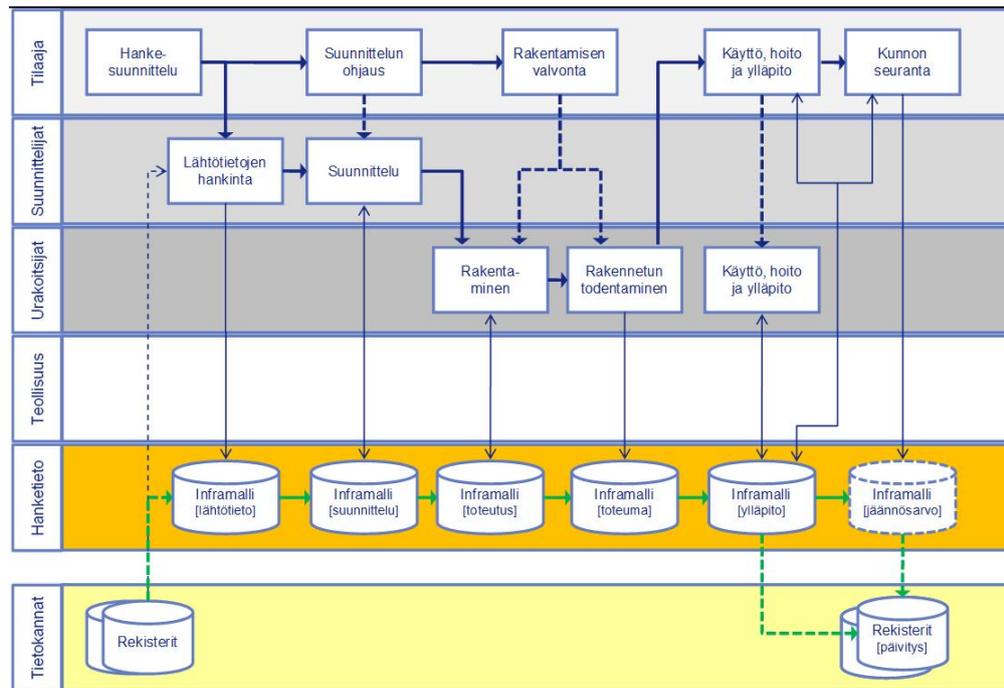
Rambollin pilottikohteessa ei ole kallioleikkauksia eikä siirtymäkiiloja, joten niiden mallintamisen tutkimiseen ei ollut mahdollisuutta. Ohjelmistotoimittajan kanssa on kuitenkin käyty keskustelua myös näiden mallintamisesta.

### 3.6 Pilotin kulku

Tässä luvussa esitellään lyhyesti projektin kulku, vaiheita ennen mallinnusprosessia, varsinainen mallinnusprosessi sekä järjestys, mitä missäkin vaiheissa on mallinnettu.

#### **Mallinnusprojektin vaiheet lyhyesti:**

1. lähtötietomallin kokoaminen, joka oli tässä projektissa mm. maastomalli, maalajitulkintojen perusteella luodut savi- ja kalliopintojen pintamallit ja tiedot olemassa olevista maanalaisista verkoista
2. suunnitelmapmallien tuottaminen
3. koneohjausmateriaalin tuottaminen.



KUVIO 18. Täydellisen tietomallin prosessikaavio (Peura 2012)

### Ennen varsinaista mallinnusprosessia:

- Ennen varsinaista aloitusta järjestettiin käyttäjille erilliset jatkokoulutukset Novapointin road professional-, Water and Sewer- ja Virtual Map -ohjelmistoista.
- Laadittiin suunniteltavasta kadusta kaikki tilanteet kattavat tyyppipoikkileikkausmallit, jotka toimitettiin ohjelmistotalo Vianovalle tutkittavaksi, jotta selviäisi, mihin mallinnusohjelmistojen tulisi nyt ja jatkossa pystyä.
- Ohjelmiston kehitystarpeita koskien pidettiin Rambollissa sisäinen Novapoint-palaveri. Raportti palaverista toimitettiin Vianova-ohjelmistotoimittajalle kehitystyön tueksi.
- Vianovan lähitukipäivät poikkileikkausmallin luomiseksi käsitelivät mm. ohjausgeometrioiden määrittystä, mallin poikkileikkausten laskentatiheyttä, pohjanmuotoilua penkereiden, maalaatikoiden ja rakennekerrosten lineaaristen siirtymien osalta sekä liittymäalueiden mallintamista.

**Mallintamisprosessi:**

- Pääprojekti perustettiin luomalla master-tietokanta sekä jokaiselle hankkeeseen osallistuvalla suunnittelijalla oma tietokanta.
- Luotiin ohjausgeometriat ajoratojen reunakivilinjoille sekä kevyen liikenteen väylien päällysteiden reunoille.
- Luotiin rakennekerrokset ja testattiin pohjanmuotoilua penger- ja maalaatikkorakenteissa.
- Testattiin erilaisia työtapoja toteuttaa kadun profiilin reunakivinja- ja tasauksenmuutokset suojateiden ja linja-autopysäkkien kohdilla.
- Testattiin pintamallin oikeellisuus ja etsittiin mallista epäjatkuvuuskohtia sekä mahdollisia muita virheitä.

**Mallintamisjärjestys:**

- maanpinnan, sekä saven alapinnan ja kallion yläpinnan mallit
- poikkileikkaus- ja pintamallit, sisältäen kadun rakennekerrokset, maaleikkaukset ja pengerrykset, reunakivien korkomuutokset ja kasvualustat
- nykyiset vesihuoltolinjat
- vesihuoltolinjat
- vesihuoltokaivannot
- katujen ja kiertoliittymien liitoskohdat
- stabiloinnit ja mahdolliset paalulaatat
- silta, maisema ja valaistus.

### 3.7 Kehitysaskleet

Projektin aikana on menty askel askeleelta eteenpäin niin ohjelmistokehityksen kuin työtapojenkin saralla. Mallinnusta tullaan kehittämään varmasti eteenpäin tulevaisuudessa.

#### **Pilotin aikana otettuja kehitysaskelia:**

- Ohjelmistokehitys on menossa eteenpäin suunnittelutyössä havaittujen ohjelmiston ongelmakohtien perusteella, mm. pohjanmuotoiluja, LandXML-kirjoitusta ja geoteknisiä ohjelmistoja on kehitetty.
- On löydetty käyttökelpoisia uusia mallinnustapoja, haasteena kuitenkin mallinnustapojen monistettavuus, esimerkiksi mikä toimii tässä katupilotissa hyvin, ei ehkä välttämättä toimi toisenlaisen poikkileikkausprofiilin ja maaperätiedon omaavassa kohteessa.
- Tulevaisuudessa kehityksen kohteina ovat liittymäalueiden ja kiilarakenteiden käsittelyyn liittyvät parannukset.

### 3.8 Johtopäätökset

Heti projektin käynnistyttyä huomattiin uusien toimintatapojen mukanaan tuomat haasteet. Kun jo kertaalleen opittuja työtapoja muutetaan, on selvää, että työaika kuluu uusien tehokkaiden suunnittelumenetelmien vielä hakiessa linjojaan. Ajallisesti suunnitteluprosessi onkin vienyt arviolta moninkertaisen ajan verrattuna perinteiseen suunnitteluun.

Mallinnettaessa liittymäalueita ja niihin liittyviä katuja havaittiin, ettei aivan täydellisen mallin luominen ole nykyisillä suunnitteluohjelmilla mahdollista. Tämä johtuu ohjelmistojen käyttämästä mittalinjaa kohtisuoraan tapahtuvasta laskentatavasta. Tässä vaiheessa tuotemallipohjaisen suunnittelun kehitystä tulisikin olla sallittua tarvittaessa jättää mallintamaton alue, jolloin virheellistä tietoa ei siirry koneohjauksenmalliin. Mikäli mallia korjataan käsin, tasauksen tai geometrioiden muuttuessa korjatulla alueella joudutaan korjatut kohdat

korjaamaan uudelleen, mikä aiheuttaa ylimääräistä työtä. Mallin käsinkorjailu ei myöskään edistä ohjelmistokehitystä eikä ole kustannustehokasta.

### 3.9 Jatkotoimenpiteet

Yksi haasteista on runsaan tieto- ja yksityiskohtamäärän hallinta ja siitä aiheutuvan suuren työmäärän vähentäminen. Alan kehityksen kannalta on tarpeellista jatkaa yhteistyötä ohjelmistotoimittajien, urakoitsijoiden, laitetoimittajien sekä tilaajien kesken. Lisäksi tulisi selvittää, mikä on optimaalinen määrä mallinnettavaa informaatiota mallin käytettävyyden sekä työmaan toimivuuden kannalta. Näin välttyttäisiin tarpeettoman yksityiskohtaisten ja raskaiden mallien tuottamiselta ja toimittamiselta ja vähennettäisiin mallintamisen työ määrää sekä helpotettaisiin mallin käyttöä.

Tällä hetkellä tiedonvälitykseen käytettävää RYM Oy:n Lumo Flow -portaalia tulisi kehittää toimivaksi tiedonvälitysjärjestelmäksi tiivistämään eri toimijoiden välistä yhteistyötä. Foorumin kautta on mahdollisuus jakaa tietoa eri pilottiprojektien kulusta, ongelmista, kehitystoimenpiteistä ja kehitystarpeista.

Projektissa käytettävänä suunnitteluohjeistuksena käytettiin soveltaen tienrakenteiden suunnitteluun tarkoitettua Destian laatimaa Väylärakenteiden suunnitteluohje -luonnosta. Ohje ei ole täysin sopiva ja riittävä katusuunnitteluun, sillä mm. katujen ja teiden poikkileikkausprofiilit ja rakenteiden yksityiskohdat poikkeavat toisistaan ja lisäksi vesihuolto- ja muut tekniset verkostot ovat kaduilla keskeisessä roolissa.

Suunnitelmien lähtötietoja ei ole vielä nykyisin saatavissa yhtenäisissä formaateissa. Lähtötietojen tulisi olla paikkansa pitäviä ja kaikilla järjestelmillä toimivia. Ongelmana on esimerkiksi johtotietojen epämääräisyys. Kaikki olemassa olevien maanalaisten johtojen ja laitteiden sijaintitieto ei vielä nykyisin perustu tarkkoihin jälkimittauksiin.

## 4 YHTEENVETO

### **Tarkoitus**

Tämä insinööri työ on jaettu kahteen osioon, joista ensimmäisessä perehdytään tietomallinnukseen infra-alalla. Osiossa käsitellään tietomallinnusta yleisellä tasolla, sen historiaa, nykyhetkeä, tulevaisuuden visioita ja eroja mallinnuksen ja perinteisen suunnittelun välillä. (KUVIO 7). Lisäksi avataan hiukan koneohjauksen mahdollisuuksia rakentamisessa sekä sitä, kuinka suurta suunnittelualan muutosta ollaan viemässä läpi.

Varsinainen pääpaino insinööri työssä on toisessa osiossa, jossa käsitellään Ramboll Finland Oy:n Espoon Suurpelto V -asemakaava-alueen koneohjaukstatupilottiprojektia. Tutkimuksessa päästiin mukaan jo alkaneeseen projektiin seuraamaan pilottisuunnitteluhanketta ja kirjoittamaan sen etenemisestä InfraFINBIM-pilottiraportti teknologian tutkimuskeskus VTT:lle. Tämän raporttiluonnoksen pohjalta on mukailten ja yksinkertaistetussa muodossa kirjoitettu opinnäytetyön toinen osio.

### **Keskeinen sisältö tietomallinnuksesta infra-alalla**

Yleisesti infrakohteen tietomallilla tarkoitetaan koko rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutta digitaalisessa muodossa. Tietomalli käsittää koko hanketta kuvaavan kolmiulotteisen mallin, johon on koottu yhteen kaikki tarvittavat kohteen tiedot. Koska kaikki tiedot ovat koottuna yhteen paikkaan, helpottuu tietojen hallinta, mahdollisten virheiden ja puutteiden tai päällekkäisyyksien havaitseminen sekä projektin läpivienti, sillä koordinoitumalla sisältää jokaisen eri tekniikka-alan suunnittelijan työn. Mallinnuksen muita etuja ovat havainnollisuus, simuloinnit sekä leikkausten ja määrälisöjen helppo tulostus. Lisäksi tulevaisuuden tietomalliin on mahdollista liittää mm. aikataulusuunnitelmia, liikennemääriä, meluselvityksiä, maaperätutkimuksia, maalajitulkintoja, määrätietoja ja kustannusarvioita, massoja, riskejä ja eri osakokonaisuuksien välisiä riippuvuuksia.

Meneillään oleva suunnittelualan muutos tuottaa haasteita monille suunnittelijoille ja täydellinen muutos alalla kestää vielä vuosia. Kehitystä ovat kuitenkin lähteneet

viemään eteenpäin osa alalla toimivista suurista tilaajista. Infrahankkeiden tilaajat ovat käynnistäneet lukuisia pilottihankkeita, joiden avulla saadaan kehitettyä alan osaamista ja ohjelmistoja.

Koneohjausjärjestelmällä tarkoitetaan maanrakennuskoneeseen liitettyä lisälaitteistoa, joka on yhteensopiva tietomallista muokatun koneohjausmallin kanssa. Koneohjausmallia voidaan hyödyntää esimerkiksi kaivinkoneiden tai tiehöylien ohjauksessa, jolloin perinteisten linja- ja korkeusmerkintöjen tarve maastossa vähenee. Järjestelmä perustuu mittauslaitteiden, anturien ja satelliittipaikannusjärjestelmien yhteistyöhön.

RYM Oy on yksi SHOK:n alla toimiva yritys, joka edesauttaa rakennetun ympäristön kehitystä. Eräs RYM:n tutkimusohjelmista on PRE, jonka tavoitteena on luoda käyttäjälähtökohtaisemmat toimintatavat, joita tukee tuotemallipohjainen tiedonhallinta kiinteistöjen, infran ja yhdyskuntien koko elinkaaren ajan.

### **Keskeinen sisältö Storhemtintien koneohjauskatupilotista**

Suurpellon katupilottikohde Storhemtintie on alueen asemakaavan mukainen kokoojakatu, joka palvelee myös joukkoliikennettä. Katu on 530 m pitkä, ajoradan leveys on 6,5 m, ajoradan molemmin puolin on välikaistat ja kevyen liikenteen väylät. Katujakson molemmissa päissä on kiertoliittymät. Katualueelle suunnitellaan vesihuoltolinjoja ja muita teknisiä verkostoja. Storhemtintie rakennetaan pääosin stabiloinnin varaan ja sille suunnitellaan myös yksi vesistösilta. Nämä kadun erityispiirteet tekevät Storhemtintiestä sopivan testikohteen ohjelmistoille ja työtavoille. Kadun rakentaminen käynnistetään arviolta 2013 ja rakentamisen kestoksi on alustavasti arvioitu noin yksi vuosi.

Hankkeessa on mukana Ramboll Finland Oy:n lisäksi Espoon kaupunkimittaus, geoteknikkayksikkö, kaupunkisuunnittelukeskus, tekninen keskus, HSY vesihuolto, johto- ja kaapelioperaattorit sekä imujätejärjestelmän toimittajaehdokas. Projektiin osallistuvat Rambollissa mm. alue- ja kunnallistekniikan, siltasuunnittelun, maisemasuunnittelun, vesihuollon ja geotekniikan osaajat. Valaistussuunnitelmat laatii sivukonsulttina SEU. Lisäksi

projektiin osallistuu tutkijaosapuolena VTT ja ohjelmistokehityksen osalta Vianova Oy.

Suunnittelutyökaluna on käytetty pääosin Vianovan Novapoint -ohjelmistokokonaisuutta, joka pitää kattavasti sisällään usean eri tekniikkalajin suunnittelumoduleita. Tiedonsiirtoformaattina käytetään alustavasti pääasiassa LandXML- ja dwg-formaatteja. Rakentamisvaiheen koneohjausmalli sisältää mm. päällysteen, kantavan kerroksen yläpinnan, rakennekerrosten alapinnat, kaivannot, massanvaihdon rajat, reunakivilinjat, vesihuollon ja muut tekniset verkot, stabiloinnit ja mahdolliset paalutukset, valaisinjalustat, istutukset ja liikenteenohjauksesta portaalijalustat sekä sillan.

Pilotoinnilla tutkittiin mm. kuinka paljon käytännön työtä yksityiskohtien laadinta teettää, mitkä ovat suunnitteluohjelmiston rajat ja kuinka paljon jatkokehittelyä se vaatii. Tuotemallipohjaisessa suunnittelussa pääpaino pilottiprojektissa oli suunnitteluvaiheilla, joissa haettiin käyttökelpoisia työtapoja ja sopivaa mallinnustarkkuutta projektin edistämiseksi.

Ennen varsinaisen suunnitteluprosessin alkua järjestettiin Novapoint-koulutus ja aiheeseen liittyviä palavereja. Varsinainen suunnittelu aloitettiin kokoamalla lähtötiedot yhteen sisältäen tässä tapauksessa mm. maanpintamalli, saven alapinnan ja kallion yläpinnan mallit sekä maanalaiset johdot. Toiseksi määritettiin ohjausgeometriat, joiden perusteella mallinnettiin poikkileikkausprofiilit ja pintamallit reunakivimadalluksineen sekä kasvualustoineen. Tämän jälkeen mallinnettiin katujen ja kiertoliittymien liitoskohdat, vesihuolto, kaivannot, stabiloinnit ja lopuksi malliin lisätään silta, runkopuut, valaistus ja portaalit. Storhemtintien rakennussuunnitelmat valmistuvat alustavasti alkuvuodesta 2013.

### **Tärkeimmät tulokset ja päätelmät**

Tulevaisuudessa tuotemallipohjaisen suunnittelun tulee ohjata voimavaroja ohjeistuksen, ohjelmistojen, standardien ja koneohjausjärjestelmien yhteensopivuuden ja työtapojen kehittämiseen. Novapoint-ohjelmistojen nykyisillä versioilla on mahdollista luoda monipuolisia poikkileikkausmalleja, mutta uusien tuotemallipohjaisten suunnittelutapojen omaksuminen ja

yksityiskohtien hallinta veivät tässä pilottihankkeessa vielä arviolta moninkertaisen määrän työtunteja verrattuna perinteiseen suunnitteluun. Ohjelmistotäydennysten ja uusien ohjelmistoversioiden parannusten myötä ongelmallisten yksityiskohtien käsittely helpottuu, mutta tämä saattaa aiheuttaa vanhemmilla ohjelmistoversioilla tehtyjen mallien toimivuuteen tarkistustarpeita.

Liittymäalueita ja katuja mallinnettaessa havaittiin, ettei täydellisen mallin luominen nykyisillä suunnitteluohjelmistoilla ole vielä mahdollista, koska ohjelmistot käyttävät mittalinjaa kohtisuoraan tapahtuvaa laskentatapaa. Pilottiprojektissa osaan liittymäkohtaa jätetään mallintamaton aukko, jolloin virheellistä tietoa ei tule malliin. Storhemtintien pilottihankkessa ei ollut mahdollista testata esimerkiksi kalliroleikkausten ja siirtymäkiilojen mallintamista.

Destian laatima Väylärakenteiden suunnitteluohje -luonnos ei ole riittävä katurakenteiden mallintamiseen. Destian ohje on tarkoitettu enemmän tiesuunnitteluun, joka poikkeaa huomattavasti kadun suunnittelusta tien yksinkertaisemman profiilin vuoksi. (KUVIO 16) (KUVIO 17).

Tietomallipohjainen suunnittelu verrattuna perinteiseen suunnitteluun tulee parantamaan osasuunnitelmien yhteensovitusta ja tiedonhallintaa. Tämä kuitenkin edellyttää ohjelmistojen lisäkehitystä, jotta voidaan vastata tulevaisuuden haasteisiin. Lisäksi tarvitaan lisää rutiinia uusimuotoiseen suunnittelutyöhön. Jatkossa on tarpeen selvittää tietomallien optimaalinen informaation määrä, standardoida yhteiset käytettävät tiedonsiirtoformaatit ja laatia yhteinen tietomallipohjaisen suunnittelun ohjeistus suunnittelijoiden, ohjelmistotoimittajien, urakoitsijoiden, laitetoimittajien ja tilaajien kanssa.

Suunnitteluprosessi tehostuisi ja valmiin suunnitelman käytettävyys paranisi, mikäli kaikki saatava lähtötietoaineisto olisi tarkkuudeltaan riittävää sekä yhteisessä formaatissa. Näin välttyttäisiin myös mahdollisilta ennalta-arvaamattomilta virheiltä. On selvää, että ohjelmistokehitystä on tarpeen jatkaa. Raportin valmistumisen myötä saadaan koottua runsaasti tietoa infra-hankkeiden mallinnuksen nykytilasta, siinä esiintyvistä ongelmista ja parannusehdotuksista. Tämän ja muiden pilottiprojektien raporttien perusteella tehtyä koostetta tullaan käyttämään tulevien kehitysprojektien alustana.

## LÄHTEET

Junnonen, J.-M. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. Helsinki: Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy.

Junttila, U.-K. & Koivistoinen, M. 2002. Katuympäristön suunnitteluopas. Jyväskylä: Gummerus.

Mäki-Tulokas, J. 2012. Toimitusjohtaja. Topgeo Oy. Puhelinhaastattelu 4.12.2012.

Mörk, P. 2012 Strategisen huippuosaamisen keskittymät SHOK [viitattu 3.10.2012]. Saatavissa: <http://www.shok.fi/toiminta/tausta-ja-tavoitteet/>

Oulun kaupunki & Tampereen kaupunki. 2010. Tietomallit ja koneohjaus katuhankkeissa [viitattu 27.9.2012]. Saatavissa: [http://www.rts.fi/infrabim/InfraTM\\_pilotti\\_Tampere\\_Oulu\\_loppuraportti.pdf](http://www.rts.fi/infrabim/InfraTM_pilotti_Tampere_Oulu_loppuraportti.pdf)

Rakennustieto. 2012. Kohti infra-alan yhteistä tuotemallistandardia [viitattu 30.10.2012]. Saatavissa: [http://www.rts.fi/infrabim/InfraBIM\\_kalvosarjaJS.ppt](http://www.rts.fi/infrabim/InfraBIM_kalvosarjaJS.ppt)

Ramboll Finland Oy. 2012. InfraFINBIM pilottiraportti -luonnos [viitattu 4.10.2012]. Varsinainen raportti valmistuu alustavasti vuoden 2013 tammikuussa.

RYM Oy. 2012a. Built Environment Process Re-engineering (PRE) [viitattu 3.10.2012]. Saatavissa: <http://www.rym.fi/tutkimusohjelmat/PRE/>

RYM Oy. 2012b. INFRA FINBIM -työpaketti [viitattu 3.10.2012]. Saatavissa: <http://www.rym.fi/tutkimusohjelmat/PRE/infracinbimtyopaketti/>

Tekes. 2012. Strategisen huippuosaamisen keskittymät (SHOK) [viitattu 3.10.2012]. Saatavissa: [http://www.tekes.fi/fi/community/Osaamisen\\_kestittym%C3%A4t\\_\(SHOK\)/1275/Osaamisen\\_kestittym%C3%A4t\\_\(SHOK\)/2778](http://www.tekes.fi/fi/community/Osaamisen_kestittym%C3%A4t_(SHOK)/1275/Osaamisen_kestittym%C3%A4t_(SHOK)/2778)

von Schantz, N. 2012. Tietomallit infrasuunnittelussa. Lyhyt tilannekatsaus [viitattu 20.9.2012]. Ramboll Finland Oy:n sisäiset materiaalit.

Kuviot:

KUVIO 1. Consortech. 2012. BIM – Building information modelling [viitattu 20.9.2012]. Saatavissa:

[http://www.consortech.com/en/integration\\_technologique/bim.php](http://www.consortech.com/en/integration_technologique/bim.php)

KUVIO 2. Neural energy. 2009. Building information modeling (BIM) [viitattu 20.9.2012]. Saatavissa: [http://www.neuralenergy.info/2009/06/building-](http://www.neuralenergy.info/2009/06/building-information-modeling.html)

[information-modeling.html](http://www.neuralenergy.info/2009/06/building-information-modeling.html)

KUVIO 3. Savisalo, A. 2012. Kohti virtualisoitua suunnitteluympäristöä. FCG [viitattu 27.9.2012] Saatavissa:

[http://kuntamarkkinat.fi/portals/2/Savisalo%20Anssi\\_Tietomallinnus\\_kuma\\_1309.pdf](http://kuntamarkkinat.fi/portals/2/Savisalo%20Anssi_Tietomallinnus_kuma_1309.pdf)

KUVIO 4. von Schantz, N. 2012. Tietomallit infrasuunnittelussa. Lyhyt tilannekatsaus. Ramboll Finland Oy [viitattu 20.9.2012]. Ramboll Finland Oy:n sisäiset materiaalit.

KUVIO 5. Rakennustieto. 2012. Kohti infra-alan yhteistä tuotemallistandardia [viitattu 30.10.2012]. Saatavissa:

[http://www.rts.fi/infrabim/InfraBIM\\_kalvosarjaJS.ppt](http://www.rts.fi/infrabim/InfraBIM_kalvosarjaJS.ppt)

KUVIO 6. Ramboll Finland Oy. 2012. Kuvankaappaus koordinaatiomallista.

KUVIO 7. Liukas, J. & Niskanen, J. 2008. Infratuotemallin hyödyt. Sito Oy, Vianova Systems Finland Oy. Ramboll Finland Oy [viitattu 20.9.2012]. Ramboll Finland Oy:n sisäiset materiaalit.

KUVIO 8. Novatron. 2012. Vision 3D [viitattu 20.9.2012]. Saatavissa:

<http://www.novatron.fi/fi/vision3d.html>

KUVIO 9. Paitsola, J. 2009. Oulun yliopisto [viitattu 6.11.2012]. Saatavissa:

[http://www.infrary.fi/files/2764\\_Tykoneiden3DohjausPaitsola.pdf](http://www.infrary.fi/files/2764_Tykoneiden3DohjausPaitsola.pdf)

KUVIO 10. Mörk, P. 2012; RYM Oy. 2012a. [viitattu 18.10.2012]. Saatavissa:

<http://www.shok.fi/toiminta/tutkimusohjelmat/>

<http://www.rym.fi/tutkimusohjelmat/>

<http://www.rym.fi/tutkimusohjelmat/PRE/>

KUVIO 11. von Schantz, N. 2012. Tietomallit infrasuunnittelussa. Lyhyt tilannekatsaus. Ramboll Finland Oy [viitattu 20.9.2012]. Ramboll Finland Oy:n sisäiset materiaalit.

KUVIO 12. Ramboll Finland Oy. 2012. Kuvankaappaus koordinaatiomallista.

KUVIO 13. Ramboll Finland Oy. 2012. Kuvankaappaus koordinaatiomallista.

KUVIO 14. Ramboll Finland Oy. 2012. Kuvankaappaus koordinaatiomallista.

KUVIO 15. Ramboll Finland Oy. 2012. Kuvankaappaus koordinaatiomallista.

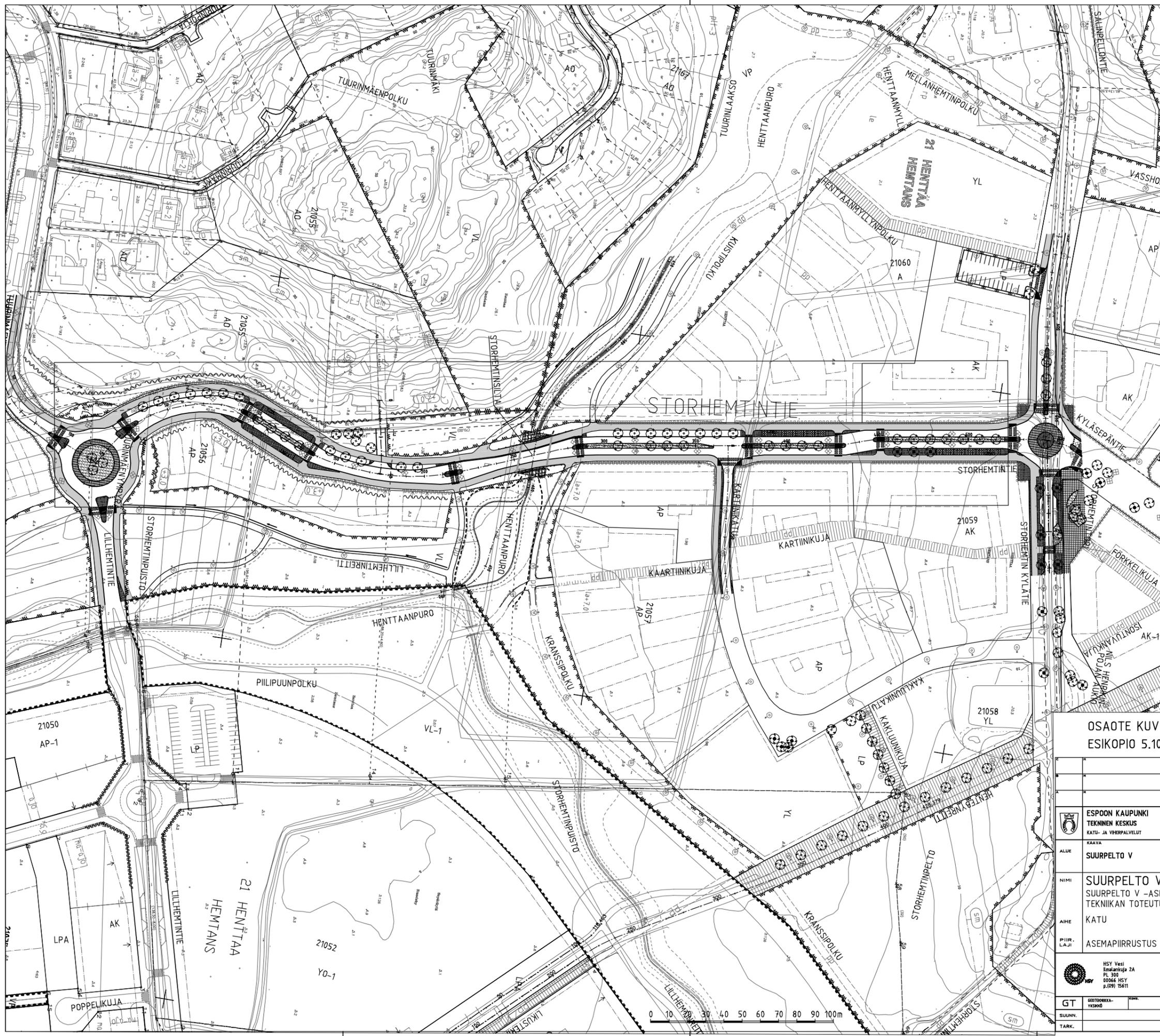
KUVIO 16. Snellman, S. 2012. Väylärakenteiden toteutusmallin laatimisohe - luonnos, Destia Oy [viitattu 10.10.2012]. Lumoflow-porttaali.

KUVIO 17. Snellman, S. 2012. Väylärakenteiden toteutusmallin laatimisohe - luonnos, Destia Oy [viitattu 10.10.2012]. Lumoflow-porttaali.

KUVIO 18. Peura, J. 2012. InfraFINBIM pilottiraportti. VTT. Ramboll Finland Oy [viitattu 4.10.2012]. Ramboll Finland Oy:n sisäiset materiaalit.

## LIITTEET

LIITE 1. Espoon kaupunki. 2012. [viitattu 4.12.2012]. Ramboll Finland Oy:n sisäiset materiaalit.



- MERKINTÖJEN SELITYS
- jk+pp-tie
  - kiveys
  - kivituhka
  - viheralue
  - istutettava puu
  - pysäkkikatos
  - valaisinpylväs
  - reunakivi
  - madallettu reunakivi



OSAOTE KUVASTA  
ESIKOPIO 5.10.2012

<b>ESPOON KAUPUNKI</b> TEKNINEN KESKUS KATU- JA VIHERPALVELUT		<b>ESBO STAD</b> TEKNISKA CENTRALEN GATU- OCH PARKPLANERING	
ALUE <b>SUURPELTO V</b>		KAUP.OSA 20 KUURINNIITTY 21 HENTTAA 55 SEPÄNKYLÄ	
NIMI <b>SUURPELTO V</b> SUURPELTO V -ASEMAKAAVA-ALUEEN KUNNALLIS- TEKNIKAN TOTEUTUSSUUNNITELMA		KORTTI N20, N21, O20, O21 1:2000	
AIHE <b>KATU</b> ASEMAPIIRRUSTUS		<b>6356</b>	
HSY Vesi Lentolankuja 2A PL 300 00066 HSY p.099 15611		NRO HYV. TARK. HYV. TARK.	
GT  GEOTEKNISKA- VÄSTRA		CONE  RAMBOLL	
SUUNN.		TARK.	

