



Kim Kauranen

TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN ST-URAKAN LASKENNASSA

TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN ST-URAKAN LASKENNASSA

Kim Kauranen
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, yhdyskuntatekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Kim Kauranen

Opinnäytetyön nimi: Tietomallin hyödyntäminen ST-urakan laskennassa

Työn ohjaaja(t): Toivo Kämäräinen Plaana Oy, Terttu Sipilä Oulun ammattikorkeakoulu

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: 53 + 2 liitettä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, miten tietomallia voidaan hyödyntää tierakenteiden osalta ST-urakan tarjouslaskentavaiheessa. Työssä tutkittiin, mitä tietomalliohjelmistoja on saatavilla internetistä lataamalla ja voidaanko niistä saada lisähyötyä Plaana Oy:ssä jo käytössä oleviin ohjelmiin nähden. Tarkemman tarkastelun kohteeksi valittiin Plaana Oy:ssä nykyisellään käytössä olevat ohjelmistot. Työn tavoitteena oli tuottaa Plaana Oy:lle yhteenveto, josta selviää, miten ja mihin ohjelmistoja voidaan hyödyntää.

Tutkimuksessa käytettiin kahden rakennushankkeen tarjouspyynnön mukana tulleita tietomalliaineistoja. Hankkeiden väylämalleja käsiteltiin useilla eri ohjelmistoilla ja tutkittiin, mitä eri ohjelmilla voidaan tehdä. Ohjelmien ominaisuuksiin ja käyttöön perehdyttiin itse kokeilemalla ja internetistä löytyvien ohjeiden avulla. Työn aikana pidettiin Skype-palaveri Civilpointin edustajan kanssa, jotta saatiin selvyyttä Business Centerin massalaskentaominaisuuksiin.

Opinnäytetyössä kävi ilmi, että tietomallia voidaan hyödyntää rakenteiden yhteensovitus- ja tarkasteluissa ja rakennushankkeen massalaskennassa. Lisäksi sitä voidaan käyttää apuna massataloustarkasteluissa. Merkittävin hyöty tietomallista ST-urakan tarjouslaskentavaiheessa saadaan, jos sitä voidaan hyödyntää rakennushankkeen massalaskennassa. Jotta tietomallipohjainen massalaskenta onnistuu, täytyy tietomalliaineiston olla vaatimusten mukainen. Tästä syystä tilaajien tulisi kiinnittää erityistä huomiota tietomalliaineiston laatuun sekä siihen, että aineisto noudattaa yleisiä inframallivaatimuksia.

Työssä todettiin, että koska tietomallinnusta ja sen käyttökohteita kehitetään koko ajan, tulevat suunnitteluohjelmistot mahdollisesti tulevaisuudessa sisältämään enemmän toimintoja tietomallin hyödyntämiseen liittyen. Toistaiseksi ohjelmistot sisältävät enemmän toimintoja tietomallin luomiseen kuin sen hyödyntämiseen.

Asiasanat: tietomalli, tarjouslaskenta, suunnitteluohjelmisto

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, Municipal Engineering

Author: Kim Kauranen

Title of thesis: Utilizing of Building Information Model in Offer Calculation of Design-Build Contract

Supervisor(s): Toivo Kämäräinen Plaana LLC, Terttu Sipilä OUAS

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018

Pages: 53 + 2 appendices

This thesis was commissioned by Plaana LLC. The purpose of this thesis was to research how the information model of road can be utilized in offer calculation of Design-Build contract. In the beginning of the thesis availability of the free BIM-software was researched. It appeared that the free BIM-software from the internet does not have any extra features compared to the software which are currently used at Plaana LLC, so it was decided to leave them out from more precise research. The objective of the thesis was to create a summary about software – what you can do with them and how.

Information model materials from two different building projects were used in the research. Road models from the building projects were used with several different software and the features and using of the software were researched by testing and reading manuals from internet. Guidance to mass calculations with Trimble Business Center was received from a specialist from Civilpoint.

An information model can be utilized in matching examination of structures, mass calculation and it can be used as a help in planning and optimizing mass transports. The most significant benefit from information model is mass calculation. In order for the information model -based mass calculation to be possible, the information model material has to follow the demands. For this reason, clients should pay special attention to the quality of the information model materials.

For now, software have more functions for creating information models than utilizing them. As information modeling and its uses are developed all the time, software will probably have more functions for utilizing information models in the future.

Keywords: information model, offer calculation, engineering software

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	6
1 JOHDANTO	8
2 TIETOMALLINNUS INFRARAKENTAMISESSA	9
2.1 Tietomallinnuksen kehitys infra-alalla	10
2.2 Infra FINBIM	12
2.3 Inframalli	16
2.4 Väylämalli	19
3 TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN ST-URAKAN LASKENNASSA	24
3.1 ST-urakan laskenta	24
3.2 Yhteensovitus tarkastelu ja mittaukset	25
3.3 Massalaskenta	26
3.4 Visuaalinen vertailu	27
3.5 Massataloustarkastelut	28
4 TIETOMALLIT VÄYLÄHANKKEIDEN TARJOUSLASKENNASSA	30
4.1 Vt4 Joutsa–Kanavuori	30
4.2 Vt4 Kello–Räinänperä	34
5 TUTKITUT SUUNNITTELUOHJELMISTOT	38
5.1 AutoCAD Civil 3D 2015	38
5.2 Tekla BIMsight	41
5.3 Trimble Connect Desktop 5.3	42
5.4 VDC Explorer	43
5.5 Trimble Business Center – HCE	44
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	48
LÄHTEET	51
Liite 1. AutoCAD Civil 3D -tilavuusraportti	
Liite 2. Business Center -tilavuusraportti	

SANASTO

Alin yhdistelmäpinta	Kaikkien alimpien rakennepintojen yhdistelmä. Väylärakenteen alapinnan ja putkikaivantojen pintojen yhdistelmä.
BIM	Building Information Model eli rakennuksen tietomalli.
DWG-formaatti	AutoCAD-ohjelmiston alkuperäinen tiedostomuoto.
GT-formaatti	Vanha ja suosittu edelleen käytössä oleva tekstimuotoinen maastomittausformaatti.
IFC-formaatti	Tiedonsiirtoformaatti jota käytetään esimerkiksi taitorakenteiden mallinnuksessa. Käytetään siltatekniikassa ja talonrakennustekniikassa.
InfraBIM	Infra Built Environment Information Model eli infrarakenteen tietomalli.
InfraBIM-nimikkeistö	Yhtenäinen numerointi- ja nimeämiskäytäntö infrarakenteille- ja malleille.
InfraFINBIM	Tietomallipohjaista infrarakentamista edistävä kehityshanke.
Inframodel	LandXML-standardiin perustuva tiedonsiirtoformaatti, jota on muokattu pohjoismaiseen käyttöön soveltuvaksi.
Infrastruktuuuri	Yhteiskunnan toimivuuden kannalta olennaiset rakenteet kuten väylät, sillat, vesihuolto ja erilaiset pohjarakenteet.

InfraTM	Hanke, jonka tavoitteena oli nopeuttaa infra-alan siirtymistä kohti tuotemallipohjaista elinkaaritiedon yhteiskäyttöä.
Kolmioverkko	Taiteviivojen väliin muodostettava kolmiointi, joka kuvaa rakenteen pintaa.
LandXML	Kansainvälinen formaatti infran suunnittelutietojen siirtoon.
Natiiviformaatti	Tietokoneohjelman oma tiedostomuoto.
SKP-formaatti	SketchUp-formaatti. Visuaalisten 3D-mallien tiedonsiirtoon tarkoitettu tiedonsiirtoformaatti.
ST-urakka	Suunnittele ja toteuta -urakka. Urakka sisältää suunnittelun sekä rakentamisen.
Tietomalli	Rakennuskohteesta luotu digitaalinen 3D-malli, joka sisältää ominaisuustietoja. Tietomallilla tarkoitetaan myös tiettyyn hierarkiaan jäsennettyä sähköistä 2D- ja tekstiaineistoa.
XYZ-formaatti	Formaatti, joka sisältää ainoastaan pisteen paikkatiedon (xyz) tekstimuodossa. Ei sisällä muita ominaisuuksia, kuten lajia.
Yleiset inframallivaatimukset	Julkaisu, jossa on määritelty ohjeet, miten ja mitä mallinnetaan hankkeen eri vaiheissa.
Ylin yhdistelmäpinta	Kaikkien ylimpien rakennepintojen yhdistelmä.
3D-taiteviiva	Kolmiulotteinen taiteviiva, eli taiteviiva jolla on x-, y- ja z-koordinaatit.

1 JOHDANTO

Tietomallinnus on keskeinen osa infrarakentamista ja sen käyttömahdollisuuksia kehitetään koko ajan. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, miten tietomallia voidaan hyödyntää ST-urakan laskennassa tierakenteiden osalta sekä mitä eri suunnitteluohjelmistoilla voidaan tehdä.

Opinnäytetyössä perehdytään tällä hetkellä saatavilla oleviin alan ohjelmiin sekä tutkitaan, miten ohjelmilla pystytään hyödyntämään tietomallia tierakenteiden osalta. Aluksi selvitetään, mitä ohjelmia ja sovelluksia on saatavilla ilmaiseksi internetistä lataamalla ja mitkä niistä sisältävät ominaisuuksia, joita ei ole tällä hetkellä tilaajayrityksen, Plaana Oy:n tietomallisovelluksissa. Tarkastelun ulkopuolelle rajataan vaikeasti käytettävät ja raskaasti lisensoitavat ohjelmat. Tarkemman tarkastelun kohteeksi valikoidaan Plaana Oy:llä jo nykyisellään käytössä olevat suunnitteluohjelmistot.

Työssä käytetään esimerkkihankkeina kahta hanketta, joiden tarjouspyynnön mukana on tullut tietomalli. Näiden hankkeiden väylämalleja käsitellään useilla eri ohjelmilla ja selvitetään, miten ohjelmia voidaan hyödyntää mm. massalaskennassa. Työn tavoitteena on tuottaa Plaana Oy:lle yhteenveto, josta selviää, mitä tietyillä ohjelmilla voi tehdä ja miten.

2 TIETOMALLINNUS INFRARAKENTAMISESSA

Infrarakentaminen on laaja käsite, mutta yksinkertaisesti se tarkoittaa yhteiskunnan kannalta olennaisten rakenteiden kuten esimerkiksi liikenneväylien, siltojen, lentokenttien, vesihuollon, satamien, puistojen ja erilaisten pohjarakenteiden rakentamista. Infra-alalla työskentelee paljon eri alojen ammattilaisia, sillä infrarakentamisessa tarvitaan paljon erilaista rakennustekniikkaa. (Infrarakentaminen.)

Tietomallinnuksesta luettaessa tulee usein vastaan käsite Building Information Model, BIM, joka tarkoittaa rakennuksen tietomallia. Infrahankkeen kohdalla tietomallista voidaan selvyyden vuoksi käyttää käsitettä Infra Built Environment Information Model, InfraBIM. Infran tietomallilla tarkoitetaan rakennuskohteesta luotua digitaalista kolmiulotteista mallia. Tietomalli eroaa normaalista 3D-mallista siten, että tietomalli sisältää mallin lisäksi ominaisuustietoja kohteesta. Tietomallinnus ei siis tarkoita ainoastaan 3D-mallin luomista vaan myös lähtötietojen ja suunnitelmätietojen hallintaa ja hyödyntämistä koko hankkeen elinkaaren ajan. (Kylmä 2015, 10.)

Inframallilla pyritään siihen, että kaikilla projektiin osallistuvilla on yhtenäinen malli, joka sisältää hankkeen tiedot. Ennen tietoa saattoi kadota projektin edetessä, mutta tietomallia hyödyntämällä tieto lisääntyy projektin edetessä. Yhtenäinen malli parantaa tiedonkulkua, mikä taas parantaa tuottavuutta merkittävästi. Inframallintaminen nopeuttaa myös prosesseja, parantaa laatua sekä vähentää virheitä, mikä johtaa kustannuksien alenemiseen. Inframallinnuksen tavoitteena onkin suunnittelun ja prosessien tehostaminen ja elinkaaren hallinta. Suurin hyöty tietomallista saadaan, kun sitä hyödynnetään hankkeen alusta loppuun lähtötietojen hankinnasta kunnon seurantaan. (Kuva 1.) (Kylmä 2015, 10.)



KUVA 1. Tietomalli osana rakennushanketta (Tietomallintaminen uudistaa infra-alan)

2.1 Tietomallinnuksen kehitys infra-alalla

1970-luvulla tietotekniikkaa alettiin hyödyntää infrasuunnittelussa väyläsuunnittelun, kunnallistekniikan ja maanmittauksen laskennoissa sekä rakennesuunnittelun ja lujuuslaskennan apuna. Tietotekniikan hyödyntäminen nopeutti ja tarkensi laskentoja sekä oli selvästi edullisempi menetelmä, joten tietotekniikan lisääntyminen suunnittelun apuvälineenä oli varmaa. (Junnonen 2009, 24.)

Alan kehitystä tietoteknisessä suunnittelussa tuki Tiehallinto, (nykyinen Liikennevirasto) joka maksoi suunnittelutoimistoille ATK-korvauksen, jos suunnittelutyö

tehtiin tietotekniikkaa hyödyntäen. ATK-korvauksella oli suuri vaikutus ohjelmistojen synnylle ja ohjelmistotoimittajien saamiselle Suomeen. 1980-luvun aikana tietokoneet kehittyivät voimakkaasti ja tietotekniikan hinnat laskivat, mikä mahdollisti tietoteknisten laitteiden ja ohjelmistojen vakiintumisen osana suunnittelu-työtä. (Junnonen 2009, 24.)

Tietotekniikka kehittyi niin voimakkaasti, että tietokoneet alkoivat jo 1990-luvulla olla jokapäiväisiä työvälineitä suunnittelutoimistoissa. Käyttöjärjestelmien ja -liittymien kehityksen myötä oli tarjolla helppokäyttöisiä graafisia ohjelmistoja, joita pystyi lyhyellä koulutuksella käyttämään. Kun ohjelmistot olivat helppokäyttöisiä, suunnitteluajoja saatiin lyhennettyä sekä kustannuksia pienennettyä. (Junnonen 2009, 25.)

2000-luvulla nykyhankkeiden monimuotoisuus ja monimutkaisuus tuotti suunnittelun kannalta haasteita. Hankkeet alkoivat sisältää niin paljon informaatiota, että jo keskisuudessa infrahankkeessa oleellisten tietojen kerääminen kaikesta olemassa olevasta informaatiosta tuotti vaikeuksia. Suunnitteluohjelmistoja oli muokattava tilanteeseen sopivaksi, joten selkeät ja yksittäisiin laskentatoimiin tarkoitettut ohjelmat laajentuivat suunnitteluohjelmistoiksi, joilla voidaan tukea koko suunnitteluprosessia. Koska dokumenttipohjaiset piirustusohjelmat (CAD-ohjelmat) eivät suoriutuneet suunnittelutiedon ja siihen liittyvien muutosten hallinnasta riittävän tehokkaasti, alkoivat tuotemallipohjaiset ohjelmistot vallata markkinoita. Tuotetietomallin avulla kaikki tieto löytyy samasta paikasta sekä siihen tehdyt muutokset siirtyvät automaattisesti koko malliin. (Junnonen 2009, 26.)

Vuonna 2009 alettiin ottaa suuria askeleita kohti tietomallipohjaista rakentamista, koska silloin käynnistettiin hanke, jonka tavoitteena oli nopeuttaa infra-alan muu-
tosta kohti tuotemallipohjaista elinkaaritiedon hallintaa. Tätä hanketta kutsuttiin InfraTM-hankkeeksi. InfraTM-hankkeen tutkimus- ja kehitystyö tapahtui suurimaksi osin RYM Oy:n PRE-ohjelman InfraFINBIM-työpaketissa. InfraTM-hanke koordinoi Inframodel 3 -tiedonsiirtoformaatin käyttöönottoa sekä vastasi mallin-
nusohjeiden valmistelusta ja infra-alan nimikkeistön muokkaamisesta tietomallin-
tamista tukevaksi. (InfraTM hanke lyhyesti.)

2.2 Infra FINBIM

Infra FINBIM -kehityshanke oli tietomallipohjaista infrarakentamista eteenpäin vievä hanke, jonka tavoitteena oli, että suuret infran haltijat, kuten Liikennevirasto sekä ELY-keskukset, tilaisivat vuoteen 2014 mennessä vain tietomallipohjaisia palveluita. Hankkeessa oli mukana useita keskeisiä infratoimijoita; merkittäviä infran omistajia, tutkimuslaitoksia sekä 17 alan yritystä. Hankkeen budjetti oli noin 6 miljoonaa euroa. (Salmi, Juha 2015.)

Infra FINBIM -työpaketti on mahdollistanut tietomallipohjaisten hankkeiden yleistymisen Suomessa. Työpaketissa luotiin Yleiset inframallivaatimukset ja kehitettiin Inframodel-tiedonsiirtoformaattia sekä laajennettiin infra-alan nimikkeistö tukemaan tietomallinnusta. (Salmi, Juha 2015.)

Yleiset inframallivaatimukset 2015

Yleiset inframallivaatimukset (YIV) luotiin, koska Infra FINBIM -työpaketin tavoitteena oli, että vuoteen 2014 mennessä suuret infratilaajat siirtyisivät tietomallipohjaisten hankkeiden toteuttamiseen. Yleiset inframallivaatimukset tukevat infrahankkeen eri osapuolten kuten tilaajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijan välistä yhteistyötä, sillä se luo yhteisen käsityksen siitä, mitä ja miten mallinnetaan hankkeen eri vaiheissa. (Yleiset inframallivaatimukset. 2015.)

Yleiset inframallivaatimukset 2015 on julkaistu vuosien 2015 ja 2016 aikana rakennustietosäätiön erityispäätoimikunnan buildingSMART Finlandin (bsF) toimesta. Julkaisu sisältää ohjeet tietomallintamisesta hankkeen eri vaiheissa. (Yleiset inframallivaatimukset. 2015.)

Inframallivaatimusten sisältö on seuraava:

1. Tietomallipohjainen hanke
2. Yleiset mallinnusvaatimukset
3. Lähtötiedot
4. Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa
5. Rakennemallit
 - 5.1 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päällys- ja pintarakenteet

- 5.2 Maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje
- 5.3 Maarakennustöiden toteumamallin laadintaohje
- 6. Rakennemallit
 - 6.1 Järjestelmät
- 7. Rakennemallit
 - 7.1 Rakennetekniset rakennusosat
- 8. Inframallin laadunvarmistus
- 9. Määrälaskenta, kustannusarviot
- 10. Havainnollistaminen
- 11. Infran hallinta
 - 11.1 Inframallinnus päällysteiden korjaamisessa
- 12. Inframallin hyödyntäminen suunnittelun eri vaiheissa ja rakentamisessa;
 - 12.1 Maarakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä. (Yleiset inframallivaatimukset. 2015.)

Inframodel-tiedonsiirtoformaatti

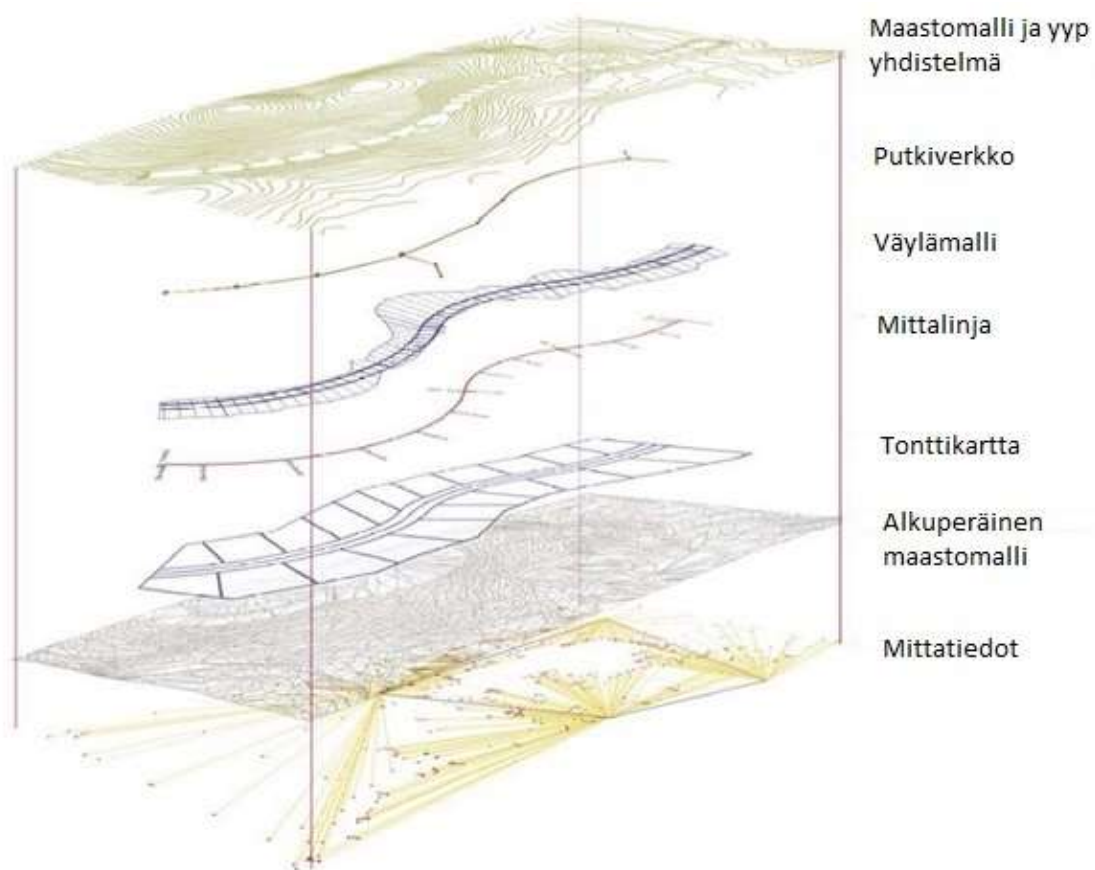
Inframodel-tiedonsiirtoformaatti sai alkunsa vuosina 2001-2005 Tekesin Infroteknologiaohjelmassa käynnistetyssä Inframodel-hankkeessa, jonka tavoitteena oli yhtenäistää jo olemassa olevia tiedonsiirtoformaatteja sekä kehittää uusi formaatti vastaamaan nykyisiä tarpeita. Inframodel-tiedonsiirtoformaatti on LandXML-standardiin perustuva formaatti, jota Inframodel-hankkeessa on muokattu ja sovellettu pohjoismaiseen käyttöön sopivaksi. (Junnonen 2009, 46.)

Nykyisin käytössä oleva Inframodel 3 -formaatti julkaistiin vuonna 2013 ja otettiin yleiseen käyttöön vuonna 2014. Päivitetty versio Inframodel 4 -formaatti on julkaistu vuonna 2016, mutta sen käyttöönotto on viivästynyt. Inframodel 4 sisältää kokonaan uusia elementtejä toteumatiedon, pilari- ja massastabiloinnin muodossa sekä uusia ominaisuuksia esimerkiksi koordinaattijärjestelmiin, maaperämalliin, geometrialinjoihin ja pintarakenteisiin. (Inframodel 4 – Uudet ominaisuudet.)

LandXML perustuu XML-standardiin (eXtensible Markup Language). XML on merkintäkieli, joka sisältää tiedon lisäksi myös tiedon merkityksen ja se on luettavissa suoraan tiedostosta. XML-dokumentin käytöllä pyritään

yhdenmukaistamaan sisältöjen tallennusmuotoa ja sen myötä suunnittelutoimitukset voivat käyttää eri ohjelmistoja. XML-dokumentin käyttö ehkäisee sisältövirheitä, auttaa tiedon hakemista ja tiedon säilymistä, tekee sisällöstä monikäyttöisempää, automatisoi käsittelyvaiheita sekä helpottaa integraatiota. (Junnonen 2009, 47.)

LandXML on kansainvälinen infra-alalle suunnattu formaatti suunnittelutietojen siirtoon. Se kuvaa tiedon laajana rakenteena, jota voidaan käyttää usein eri tavoin suunnittelutyöstä mittaukseen. LandXML koostuu elementeistä, joita on kaiken kaikkiaan noin 200. (Kuva 2.) Inframodelissa elementtejä on karsittu, ja siinä käytetään noin 50 elementtiä. Karsimisen lisäksi Inframodeliin on lisätty rakennelaajennuksia, joita LandXML formaatissa ei ollut. Näitä laajennuksia ovat esimerkiksi suunnitelmien lisätiedot, väylän viivamalli sekä poikkileikkausparametrit. (Junnonen 2009, 48.)

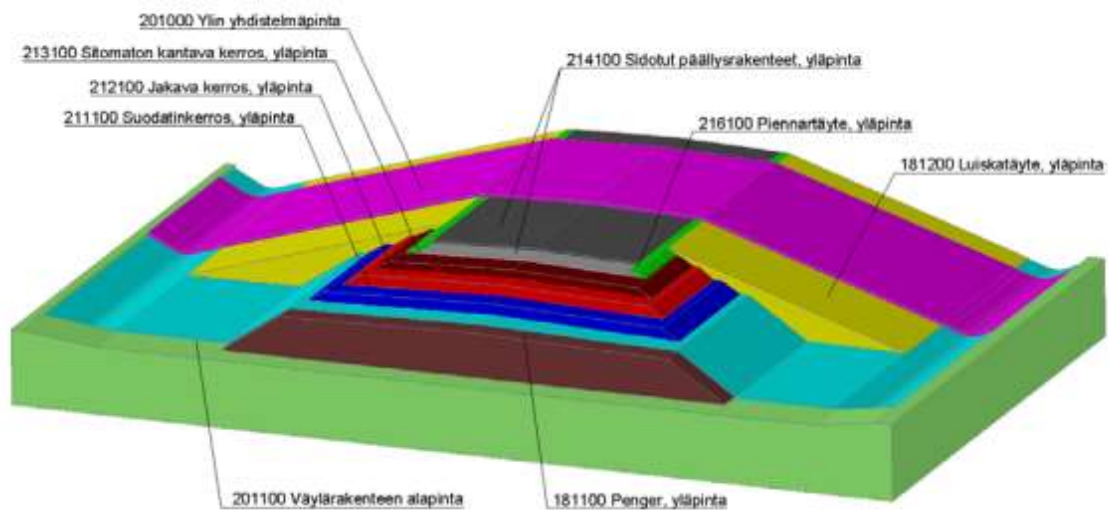


KUVA 2. LandXML pääelementit (LandXML.org)

InfraBIM-nimikkeistö

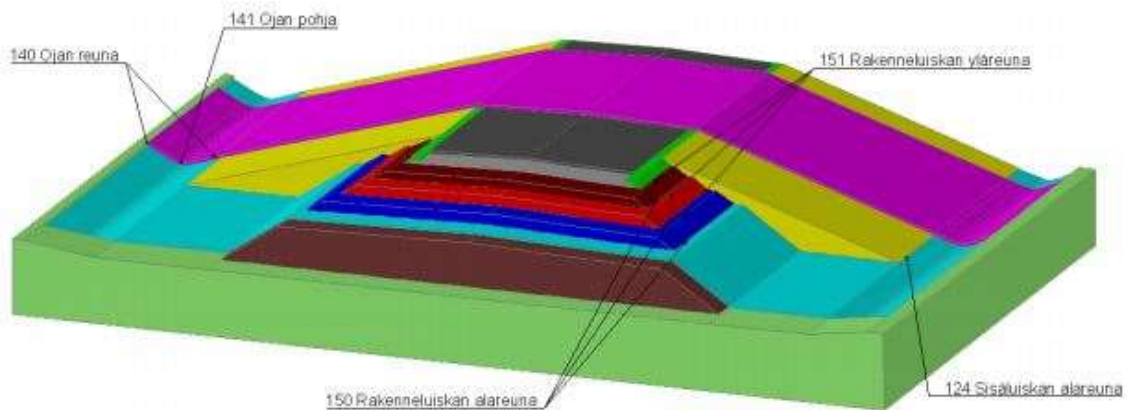
InfraBIM-nimikkeistö pohjautuu Infra2015-rakennusosanimikkeistöön. Nykyään käytössä oleva versio 1.6 laadittiin buildingSMART Finlandin Inframallintamisen käyttöönottohankeessa ja edellinen versio 1.5 laadittiin InfraFINBIM-kehityshankkeessa. (InfraBIM-nimikkeistö. 2016.)

Nimikkeistön tarkoituksena on määrittää yhtenäiset numerointi- ja nimeämistavat infrarakenteille ja -malleille koko niiden elinkaaren ajaksi, lähtötietojen hankinnasta kunnossapitoon. InfraBIM-nimikkeistössä on määritelty väylärakenteiden eli tie-, katu-, rata- ja vesiväylien sekä vesihuolto- ja kuivatusrakenteiden rakennepinnat. (Kuva 3.) Yhtenäinen numerointi- ja nimeämistapa helpottaa mallinushankkeita merkittävästi. (InfraBIM-nimikkeistö. 2016.)



KUVA 3. Tien rakennepinnat (InfraBIM-nimikkeistö. 2016)

Nimikkeistö sisältää numerointi ja nimeämishojeet myös taiteviivoille (kuva 4). Taiteviivan sijainti suhteessa mittalinjaan täytyy tarkistaa graafisesti, sillä sitä ei voida lukea numeroinnista ja nimestä. Yksi väylämalli voi sisältää useita saman-nimisiä ja saman numerokoodin omaavia taiteviivoja, koska taiteviivat nimetään samoin riippumatta rakennepinnasta. (InfraBIM-nimikkeistö. 2016.)



KUVA 4. Taiteviivat (InfraBIM-nimikkeistö. 2016)

2.3 Inframalli

Infran tietomallinnuksessa käytettäville malleille voidaan käyttää yleisnimitystä inframalli. Inframalli koostuu eri tekniikkalajien osamalleista, eli esimerkiksi väylistä, silloista ja vesihuoltojärjestelmistä luodaan erilliset mallit. Inframallin jakaminen osamalleihin helpottaa ja keventää mallien tarkastelua esimerkiksi yhdistelmämallien tarkasteluissa. (Tie- ja ratakankkeiden inframalliohje. 2017.)

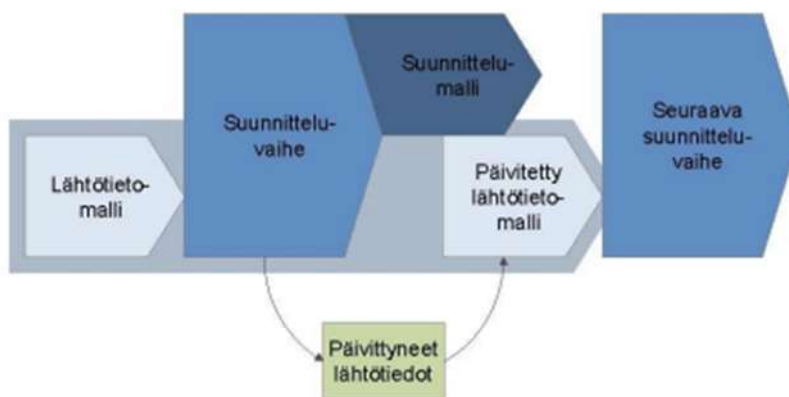
Mallintamisessa kaikki alkaa lähtötietomallin kokoamisesta. Lähtötietomallin pohjalta suunnitellaan suunnitelmamalli, josta muokataan toteutusmalli, jonka perusteella hanke rakennetaan. Rakennushankkeen päätyttyä rakennuskohteesta on saatavilla toteutumamalli sekä ylläpitoa helpottava kunnossapitomalli. (Tie- ja ratakankkeiden inframalliohje. 2017.)

Lähtötietomalli

Lähtötietomalli esittää infrakohteen nykytilaa sekä toimii suunnittelun pohjana. Lähtötietomallilla tarkoitetaan digitaalisessa muodossa jäseneltyä lähtötietoa, joka on koottu eri tietolähteistä hankkeen suunnittelua varten. Esimerkiksi kalliopintamalli, maaperämalli, maastomalli sekä erilaiset selvitykset ovat lähtötietoja. Lähtötietomalli on siis kokoelma erilaista tietoa, mutta myös tietynlainen tapa koota, muokata ja hallita lähtöaineistoa. Lähtötietomallin aineisto pyritään tuottamaan yhteensopivaksi tietomallipohjaisen suunnittelun kanssa. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi pohjakarttojen koordinaatistojen yhtenäistäminen ja

sekamuotoisen lähtöaineiston yhdenmukaistaminen. (Liukas – Virtanen 2015; Kämäräinen 2018.)

Jotta suunnittelijalla olisi heti käytettävissään tarvittavat lähtötiedot, pyritään lähtötietomalli kokoamaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ennen suunnittelutyön aloittamista. Lähtötietomalli on mukana hankkeessa koko hankkeen ajan ja sitä päivitetään aina uusien lähtötietojen syntyessä. (Kuva 5.) Uusia lähtötietoja voi syntyä esimerkiksi uusien tarkempien tutkimusten perusteella tai rakennusvaiheessa todettujen poikkeavuuksien kautta. (Liukas – Virtanen 2015, 4.)



KUVA 5. Lähtötietomallin kehittyminen (Liukas – Virtanen 2015, 4)

Suunnitelmamalli, yhdistelmämalli ja esittelymalli

Suunnitelmamallin pohjana toimii hankkeen lähtötiedot eli lähtötietomalli. Suunnitelmamalli on infrarakenteen malli, joka sisältää jo suunnittelijoiden suunnitteluratkaisut. Tarvittaessa suunnitelmamalli voidaan vaiheistaa esimerkiksi esi-, yleis-, väylä- ja rakentamis- ja rakennussuunnitelmamalleihin. (Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. 2017.)

Kun eri tekniikkalajien suunnitelmamallit sekä lähtötietoaineisto kootaan yhteen, saadaan aikaan yhdistelmämalli. Malliin kootaan käyttötarkoituksesta riippuen kaikki tarvittavat mallit, kuten johdot, pohjatutkimustiedot, vesihuoltojärjestelmät ja sillat. Yhdistelmämallia koottaessa osamalleja on käytettävä sellaisenaan eli muokkaamattomina. Yhdistelmämallia voidaan käyttää esimerkiksi törmäystarkasteluiden tekemiseen. (Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. 2017.)

Yhdistelmämallin pohjalta muokattua lopullista suunnitelmanmukaista tilannetta kuvaavaa mallia kutsutaan esittelymalliksi (kuva 6). Vaihtoehtoisesti esittelymallista voidaan käyttää myös nimitystä virtuaalimalli. Esittelymallilla pyritään esittämään näkyvät rakenteet mahdollisimman todenmukaisena, joten pintojen alla olevat rakenteet voidaan jättää pois. Esittelymallia käytetään muun muassa yleisötilaisuuksissa vuorovaikutuksen ja päätöksenteon tukena sekä viestinnässä ja markkinoinnissa. (Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. 2017.)



KUVA 6. Yhdistelmämalli ja esittelymalli (Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. 2017)

Toteutusmalli

Toteutusmalli on suunnitelmamallista tuotettu rakennettavan kohteen malli, jonka mukaan rakennuskohde voidaan rakentaa. Se voi sisältää myös toteutuksen kannalta olennaista tietoa kuten aikataulu-, määrä- ja kustannustietoa. Esimerkiksi

työkoneiden koneohjausmallit ovat toteutusmalleja. Toteutusmallia tehtäessä täytyy huomioida yleiset inframallivaatimukset, jotta jokaisella hankkeen osapuolella on yhteinen näkemys siitä, mitä inframalli sisältää. (Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. 2017.)

Toteumamalli

Toteumamalli on inframalli, joka kuvaa rakennettua kohdetta sellaisena kuin se on loppujen lopuksi toteutunut. Se luodaan yleensä toteutusmallia päivittämällä siten, että se vastaa toteutunutta rakennetta. Toteutusmallin päivitys tapahtuu laadunvarmistusmittauksien sekä toteumamittauksien perusteella. Toteumamallin pääasiallinen tehtävä on todentaa tilaajalle, että kohde on toteutettu laadukkaasti sekä vaatimusten mukaisesti. Lopullinen laadunvarmistus suoritetaan vertaamalla toteumamallia toteutusmalliin. Toteumamalli toimii myös lähtötietona tilaajan ylläpitoprosessissa. (Palviainen 2015, 4.)

Kunnossapitomalli

Kun termi ”ylläpito” poistui, ylläpitomallista alettiin käyttää nimeä kunnossapitomalli. Kunnossapitomalli toimii pohjana infraomaisuuden hallinnalle sekä tehostaa sitä. Kunnossapitomalli sisältää rakenteen kunnossapidon kannalta olennaisia tietoja. (Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. 2017.)

2.4 Väylämalli

Väylämalli koostuu useista eri rakennepinnoista ja rakennepintojen mallit muodostuvat 3D-taiteviivoista sekä niiden kolmioverkkomalleista. Väylämalli on yksi infrarakennushankkeen olennaisista osamalleista. Se on keskeinen osa tietomallia, sillä tyypillisessä infrahankkeessa väylämalli toimii perustana muille osamalleille, kuten siltamalleille ja vesihuoltojärjestelmistä tehdyille malleille. (Kuva 7.) (Janhunen – Parantala – Pienimäki 2015, 4.)



KUVA 7. Väylämalli – keskeinen osa suunnittelua (Janhunen – Parantala – Pienimäki 2015, 4)

Väylämallin tarkkuustasoon vaikuttavat rakennushankkeen suunnitteluvaihe, suunnittelualan tekniikkalajimalli, lähtötietomallin tarkkuustaso sekä se, miten mallia aiotaan hyödyntää. Yleiset inframallivaatimukset sisältävät rakennusosa-kohtaisen mallinnusohjeistuksen, josta nähdään, mitä tulee mallintaa rakennushankkeen eri vaiheissa (taulukko 1). (Janhunen – Parantala – Pienimäki 2015, 5.)

TAULUKKO 1. Esimerkki mallinnusohjeistustaulukosta (Janhunen – Parantala – Pienimäki 2015, 36)

2000 Päälyys- ja pintarakenteet

			Esi- suunnittelu	Yleis- suunnittelu	Väylä- suunnittelu
2100 Päälyysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset					
2110		Suodatinrakenteet			
	2111	Suodatinkerrokset	0	0	2
	2112	Suodatinkankaat	0	0	0
2120		Jakavat kerrokset, eristyskerrokset ja välikerrokset	0	0	2
2130		Kantavat kerrokset			
	2131	Sitomattomat kantavat kerrokset	0	0	2
	2132	Sidotut kantavat kerrokset	0	0	2
2140		Päälysteet ja pintarakenteet	H	1	2
2150		Siirtymärakenteet	0	0	0
2160		Erikoisrakenteet			
	2161	Piennartäyte	0	0	2
	2162	Päälyysrakenteen lujitteet	0	0	0

Mallinnuksen tarkkuustaso on taulukossa esitetty merkein 0, 1, 2, 3 ja H. Merkkien selitykset löytyvät yleisistä inframallivaatimuksista.

Esisuunnitteluvaiheessa mallinnuksen tasosta sovitaan yleensä hankekohtaisesti, sillä mallinnus ei ole suuressa roolissa vielä tässä vaiheessa (Janhunen – Parantala – Pienimäki 2015, 12).

Yleissuunnitteluvaiheessa väylämalli on yleispätevällä tasolla, joten kaikista poikkileikkauksen muutoksista ei tarvitse laatia tarkkaa mallia. Jos poikkileikkauksen muutos vaikuttaa merkittävästi kustannuksiin tai maastokäytävän aluerajaukseen, tulee poikkileikkauksesta laatia tarkempi malli. Tässä suunnitteluvaiheessa väylämallin tulee sisältää vaaka- ja pystygeometrioiden sekä ajoradan reunalinjojen ja reunakivilinjojen lisäksi seuraavat pinnat:

- ylin yhdistelmäpinta
- alin yhdistelmäpinta
- päälyste
- meluvallien ja merkittävien maastonmuotoilujen pinnat. (Janhunen – Parantala – Pienimäki 2015, 16.)

Tiesuunnitelmavaiheessa suunnitelmaratkaisut ovat tarkkoja, ja mallinnuksen tulisi olla jo pääsääntöisesti kolmiulotteista. Tässä suunnitteluvaiheessa määrälaskennan tulisi olla mahdollista malliaineistoon pohjautuen. Tiesuunnitelmavaiheessa väylämallin tulee sisältää seuraavat pinnat:

- ylin yhdistelmäpinta
- alin yhdistelmäpinta
- rakennekerrosten pinnat merkittävimpien teiden ja katujen osalta
- pintamaanpoistopinta. (Janhunen – Parantala – Pienimäki 2015, 20, 23.)

Mallin tulee sisältää myös väylien vaaka- ja pystygeometriat, ajoradan reunalinjat ja reunakivilinjat sekä tiekaiteet taiteviivoina (Janhunen – Parantala – Pienimäki 2015, 24).

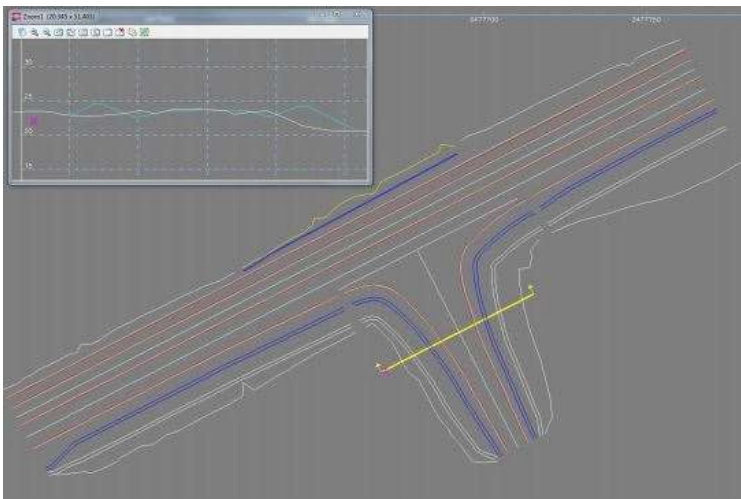
Hankekohtaisesti toteutusmallin pinnoissa voi olla eroja, mutta lähtökohtana on, että kaikki pinnat joita tarvitaan rakentamiseen, on mallinnettava. Rakennekerroksia ja pengerrakenteita mallinnettaessa tulee mallintaa rakenneosan yläpinta, kun taas leikkaustyyppisiä rakenneosia mallinnettaessa tulee mallintaa rakenneosan alapinta. InfraBIM-nimikkeistön mukaan yleisesti mallinnettavat pinnat ovat:

- ylin yhdistelmäpinta (201000 yyp)
- kulutuskerroksen asfalttibetoni AB, yläpinta (214000)
- sitomaton kantava kerros, yläpinta (213100 sitk)
- jakava kerros, yläpinta (212100 jak)
- suodatinkerros, yläpinta (211100 suod)
- väylärakenteen alapinta (201100 vap)
- alin yhdistelmäpinta (201200 ayp)
- massanvaihtoon kuuluva kaivanto (162500 mv)
- putki- ja johtokaivanto (162100 putk)
- maapenger, yläpinta (181100 mpe)
- roudaneristys, yläpinta (142100 routa)
- eristyskerros, yläpinta (212200 eris)
- välikerros, yläpinta (212300 val)
- tukikerros, yläpinta (241000 tuk)
- tukikerroksen alaosa, yläpinta (241100)

- avo-ojat ja uomat (143400). (Snellman – Suntio 2015, 3-5.)

Taiteviivalla tarkoitetaan mallinnettavaa viivaa, jonka pohjalta rakennepintojen mallit koostuvat. Nimensä mukaisesti taiteviivat mallinnetaan pääsääntöisesti sellaisiin kohtiin, joissa on taite rakenteen pinnassa. Poikkeustapauksia kuitenkin ovat esimerkiksi ajoradan mittalinja tai raiteen keskilinjakohtaan taiteviiva, vaikka väylä olisikin yksipuolisesti kalteva. (Snellman – Suntio 2015, 6.)

Toteutusmallilla tarkoitetaan mallia, jonka perusteella rakennushanke voidaan toteuttaa. Esimerkiksi koneohjausmalli on toteutusmalli. Toteutusmallitasoisen väylämallin tulee noudattaa tiettyjä tarkkuusvaatimuksia, jotka koskevat taiteviivojen ja pintojen jatkuvuutta sekä taiteviivojen ja pintojen geometriaa. Toteutusmallin rakennepinnoissa eikä taiteviivoissa saa olla pystysuoria heittoja eikä taiteviivoja saa olla päällekkäin samassa pinnassa. Toteutusmallia tehtäessä on myös pyrittävä siihen, että kaikki rakennepinnat sekä taiteviivat ovat mahdollisimman jatkuvia. Väylien liittymiskohdissa on kuitenkin sallittu korkeintaan 1 metrin rako, mikäli se kolmioituuksaan on yhtenäinen ja jatkuva pinta (kuva 8). (Snellman – Suntio 2015, 10.)



KUVA 8. Sallittu 1 m rako liittyvän tien kohdalla (Snellman – Suntio 2015, 12)

3 TIETOMALLIN HYÖDYNTÄMINEN ST-URAKAN LASKEN- NASSA

Tietomallinnuksella on suuri rooli infrarakentamisessa. Tietomallinnuksen käyttö rakennushankkeissa parantaa hankkeen tuottavuutta, nopeuttaa prosesseja, vaikuttaa työn laatuun sekä vähentää virheitä. Tietomallinnus on kuitenkin suhteellisen uusi toimintatapa, joten sen käyttömahdollisuuksia kehitetään koko ajan. (Kylmä 2015, 10.)

3.1 ST-urakan laskenta

Suunnittele ja toteuta -urakka, ST-urakka, tarkoittaa urakkamuotoa, joka sisältää rakentamisen lisäksi hankkeen viimeisimmän suunnitteluvaiheen eli rakennussuunnittelun. Urakan voi toteuttaa urakoitsija, joka suunnittelee sekä toteuttaa urakan, tai niin sanottu tarjousryhmä, johon kuuluvat suunnittelijat sekä urakoitsija. ST-urakassa urakoitsijan rooli on huomattavasti suurempi kuin perinteisissä niin sanotuissa kokonaisurakoissa. (ST-urakan lähtötietojen sitovuus, rinnakkaiset tarjoukset ja innovaatiot. 2009.)

Perinteisiin urakkamuotoihin nähden ST-urakkamuoto on haasteellinen hankkeen kaikille osapuolille, sillä riskien, vastuiden ja vapauksien määrittäminen on merkittävästi vaikeampaa, mikä voi toisinaan johtaa ristiriitoihin eri osapuolten välillä. ST-urakkamuodon etuna on, että tilaaja saa useita erilaisia edullisia ja mahdollisesti innovatiivisia hankkeen toteutusratkaisuja, koska urakoitsijalla on vapaus toteuttaa suunnitelma tuotevaatimusten puitteissa. Liikennevirasto käyttää yleisesti suurissa urakoissa ST-urakkamuotoa. (ST-urakan lähtötietojen sitovuus, rinnakkaiset tarjoukset ja innovaatiot. 2009.)

Tarjouslaskennalla pyritään määrittämään rakennushankkeen toteuttamiskustannukset mahdollisimman tarkkaan ja tekemään hankkeesta tarjous tilaajalle. ST-urakan laskennassa suunnittelijat voivat tilaajan asettamien tuotevaatimusten puitteissa kokeilla eri suunnitelmaratkaisuja ja täten pyrkiä mahdollisimman edulliseen vaatimukset täyttävään suunnitteluratkaisuun. ST-urakassa yleensä

vaatimukset täyttävän ja hyväksytyt tarjouksen tehneille tarjoajille maksetaan palkkio. (Erho 2018.)

Normaaliin urakan laskentavaiheeseen verraten ST-urakan tarjousaika on pitkä, koska suunnittelutyö vie aikaa ja erilaisia rakennevaihtoehtoja on suunniteltava ja vertailtava. Tästä johtuen tarjouslaskenta vie enemmän aikaa ja resursseja. Vaikka ST-urakka sisältää myös suunnittelun, täytyy tarjouslaskentavaiheessa olla saatavilla ennakkosuunnitelmia, jotta hankkeessa tehtävät suoritteet olisivat tiedossa. Yleensä ennakkosuunnitelma on täydennetty tiesuunnitelma (TTS). (Erho 2018; Kämäräinen 2018.)

ST-urakan tarjouslaskentavaiheessa saadut tiedot ovat yleensä sitovia vain maaperätutkimusten osalta eli esimerkiksi kallioleikkauksen määrän tai pehmeikköjen osalta. Tämä tarkoittaa sitä, että käytännössä määrät on laskettava uusiksi ja tehtävä laskelmat uusien määrien pohjalta. (Kämäräinen 2018.)

ST-urakan laskentavaiheessa ennakkosuunnitelmina tulevat tietomallit ovat tehty täydennetyt tiesuunnitelmavaiheen päätteeksi, joten ne ovat tiesuunnitelmamallia tarkempia. Tietomallien laatu vaihtelee kuitenkin rakennushankekohtaisesti, mikä vaikuttaa merkittävästi tietomallin hyödyntämiseen laskentavaiheessa. (Kämäräinen 2018.)

3.2 Yhteensovitustarkastelu ja mittaukset

Suunnitteluohjelmistoja testattaessa havaittiin, että useimmilla tietomallisovelluksilla on mahdollista tehdä yhteensovitustarkasteluja ja erilaisia mittauksia malleista. Eri ohjelmien mittaustyökalut kuitenkin eroavat toisistaan, joten joillakin ohjelmilla mittaaminen onnistuu helpommin kuin toisilla.

Tietomalliaineistosta voidaan koota useista malleista koostuva yhdistelmämalli. Yhdistelmämallin avulla voidaan tehdä yhteensovitustarkasteluja ja varmistua siitä, että tuotetut suunnitelmat ovat toteutuskelpoisia ja yhteensopivia keskenään. Yhteensovitustarkasteluja tekemällä saadaan myös selville erilaisten rakenteiden ja laitteistojen siirtotarpeet ja voidaan näin arvioida toimenpiteiden kustannukset. (Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. 2017.)

Yhdistelmämallista voidaan erilaisia mittauksia tekemällä selvittää, onko suunnitelmat hyväksyttäviä ja vastaavatko ne ohjeita ja vaatimuksia. Mittaamalla voidaan tarkistaa esimerkiksi tien rakennekerrosten paksuuksia tai siltojen alitusaukkojen korkeuksia. (Kämäräinen 2018.)

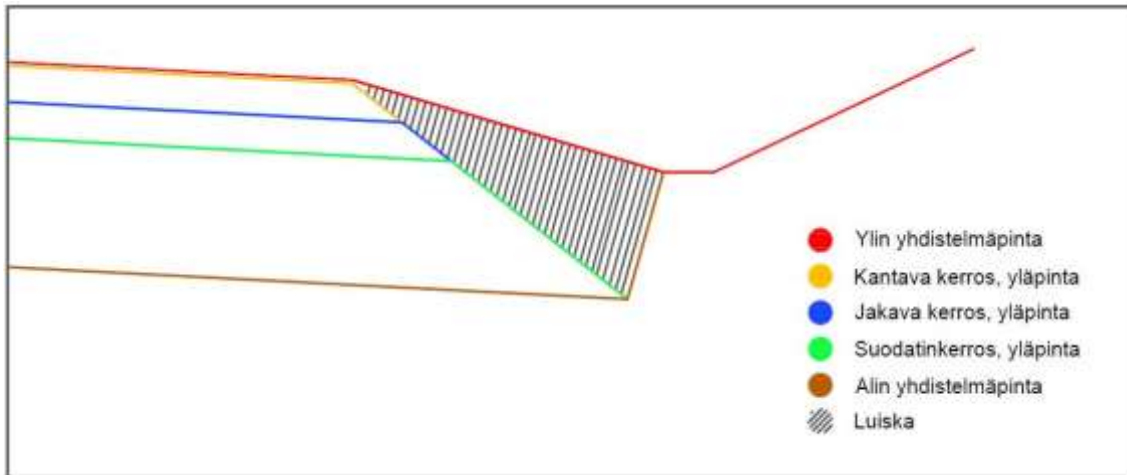
3.3 Massalaskenta

Massalaskennalla tarkoitetaan rakennushankkeen toteuttamiseen vaadittavien maamateriaalimäärien laskemista suunnitelmien pohjalta. Merkittävä osa infrarakennushankkeen kustannushinnasta koostuu massoista, joten massalaskenta tulee suorittaa mahdollisimman tarkasti. Nykyään massat pyritään laskemaan tietomallipohjaisesti, koska siten päästään tarkempiin määriin verrattuna dokumenttipohjaiseen laskentaan. (Janhunen – Pienimäki – Ruuti 2015, 4.)

Dokumenttipohjaisella laskennalla tarkoitetaan laskentatapaa, jossa lasketaan halutun rakennekerroksen poikkipinta-ala ja kerrotaan se sillä pituudella, jolta massamäärät halutaan. Tällä menetelmällä lasketut massat ovat tarkkoja vain, jos ne lasketaan paalukohtaisesti eli 20 metrin välein. Tietomallipohjaiseen massalaskentaan verrattuna tämä menetelmä on huomattavan työläs sekä aikaa vievä. (Kämäräinen 2018.)

Suunnitteluohjelmistoja testattaessa havaittiin, että tietomallipohjainen massalaskenta perustuu pääosin kahden pinnan väliseen massojen laskentaan, mutta jotkut ohjelmat laskevat massoja myös poikkileikkausten perusteella. Tietomallista massat voidaan laskea joko itse rajatulta alueelta tai paalukohtaisesti.

Opinnäytetyötä tehdessä todettiin, että massojen laskenta tietomallista onnistuu hyvin, jos haluttu tilavuus on selkeästi kahden pinnan rajaamalla alueella. Helposti laskettavia massoja ovat esimerkiksi rakennekerrosten massat. Massojen laskeminen tietomallin avulla on vaikeaa, kun haluttua tilavuutta rajaa useampi kuin kaksi pintaa. Esimerkiksi luiskaa rajoittaa usea eri rakennepinta, joten sitä ei voida laskea suoraan mallista, vaan joudutaan laskemaan muiden pintojen välisiä tilavuuksia ja tätä kautta pyrkiä selvittämään luiskamassojen määrä. (Kuva 9.)



KUVA 9. Luiskaa rajoittavat pinnat

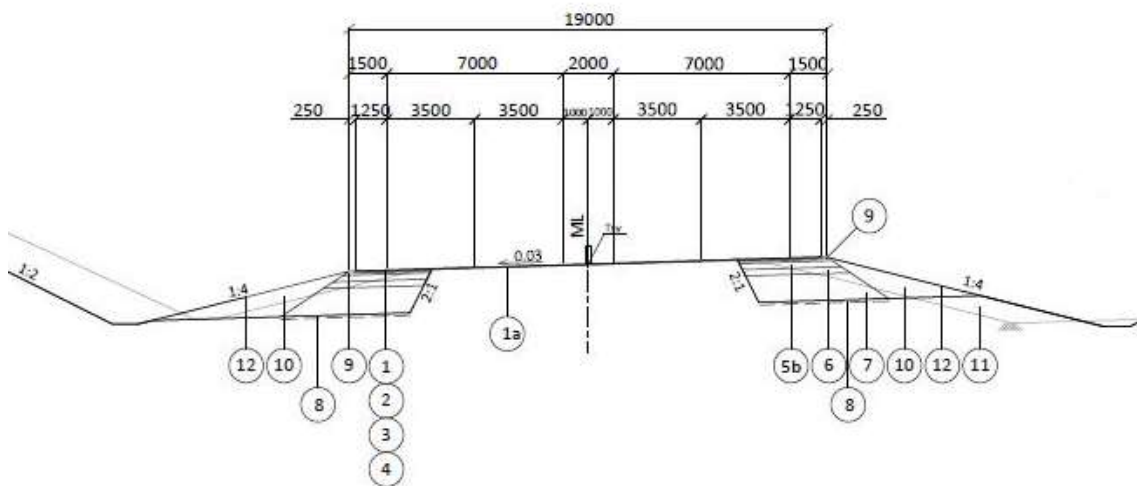
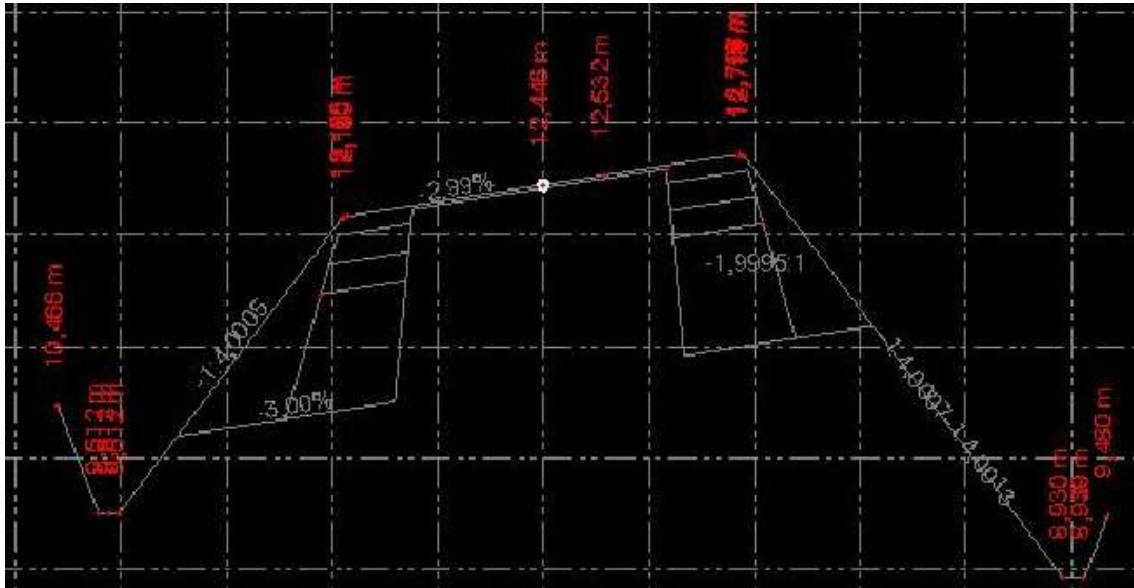
Tietomallipohjaisen massalaskennan haasteena koettiin olevan rakennushankkeiden tietomalliaineistojen laadun vaihtelut. Tierakenteiden pinnat voivat olla puutteellisia tai pintoja voi puuttua kokonaan. Jos pintojen kolmioverkot sisältävät paljon aukkoja, karkailevat alueen ulkopuolelle tai hyppäävät nolllakorkeuteen, massalaskennan tarkkuus kärsii. Opinnäytetyössä todettiin, että mikäli tietomalliaineisto ei sisällä vaatimusten mukaisia pintoja, ei massalaskentaa voida tehdä tietomallipohjaisesti.

3.4 Visuaalinen vertailu

Havaittiin, että useilla tietomallisovelluksilla voidaan tarkastella tietomallia kolmiulotteisesti. Vaikka tietomallinnusta pyritään käyttämään koko ajan enemmän ja kehittämään sen käyttömahdollisuuksia, ovat silti dokumenttipohjaiset suunnitelmat yhä määrääviä suunnitelmia. Jos esimerkiksi tietomallista saatu paalukohtainen poikkileikkaus eroaa samalta paalulta tehtyyn dokumenttipohjaiseen poikkileikkaukseen nähden, määrää dokumentti sen, minkälainen rakenne kyseiseen kohtaan tulee. Katseluominaisuudella voidaan verrata tietomallia dokumenttipohjaisiin suunnitelmiin ja varmistua, että se vastaa dokumentteja. (Kämäräinen 2018.)

Suunnitteluohjelmistoja testattaessa kävi ilmi, että jotkut tietomalliohjelmistot näyttävät poikkileikkauksnäkyvässä esimerkiksi rakenteen korkeusaseman, pintojen kaltevuuksia, pisteiden korkeuksia sekä leveyden mittalinjan molemmille puolille. Nämä arvot ovat kuitenkin ohjelman itse laskemia eivätkä suunnittelijan

merkitsemiä. Todettiin, että pääosin tietomallista joudutaan itse mittaamaan ha-
luttavat tiedot. Dokumenttipohjaisten suunnitelmien etuna on, että niihin saadaan
näkyviin kaikki olennaiset korkeudet, kaltevuudet ja leveydet kuten kaistojen,
piennarten ja ojien leveydet. (Kuva 10.) Dokumentteihin voidaan myös lisätä sel-
västi näkyviin rakenteen rakennusmateriaalit.



KUVA 10. Business Centerin poikkileikkaus ja dokumenttipohjainen poikkileikkaus

3.5 Massataloustarkastelut

Infrarakennushankkeissa suuri osa hankkeen kokonaiskustannuksista koostuu
massoista. Tästä syystä massatalouteen tulisi kiinnittää erityistä huomiota ja

pyrkii optimoimaan leikkaukset ja täytöt sekä massojen kuljetusmatkat. Ideaalitulanteessa kaikki leikattavat massat saadaan käytettyä penger- ja täyttömaana. (Kankainen – Seppänen.)

Opinnäytetyötä tehdessä kävi ilmi, että tietomallia voidaan hyödyntää massojen kuljetusmatkojen optimoinnissa, jos ohjelmistolla voidaan määrittää maanottopaikat, läjitysalueet sekä massojen kuljetuksiin sopivat väylät. Tietomallipohjaisella ohjelmalla ei kuitenkaan voida laatia massan siirtosuunnitelmaa tai optimoida massoja, vaan tietomalli toimii vain apuvälineenä. Lopullinen suunnitelman laatiminen ja massojen optimointi tapahtuu suunnittelijan toimesta päättelemällä ja laskentaohjelmia hyödyntäen. (Kämäräinen 2018.)

4 TIETOMALLIT VÄYLÄHANKKEIDEN TARJOUSLASKENNASSA

Opinnäytetyössä tarkasteltiin kahden eri väylähankkeen tietomalliaineistoja. Näiden hankkeiden aineistoista perehdyttiin väylämalliin, koska työn tarkoituksena oli selvittää, miten tietomallia voidaan hyödyntää ST-urakan laskennassa tierakenteiden osalta.

4.1 Vt4 Joutsa–Kanavuori

Hankkeen Joutsa–Kanavuori suunnittelualue sijaitsee Keski-Suomessa, Joutsan kunnassa ja sen suunnitteluosuus valtatiellä 4 on pituudeltaan 15,6 kilometriä (kuva 11). Suunnitteluosuuden vaikutusalue rajautuu valtatiehen 4 ja siihen liittyviin maanteihin ja yksityisteihin. (Valtatie 4 parantaminen välillä Joutsa–Kanavuori.)



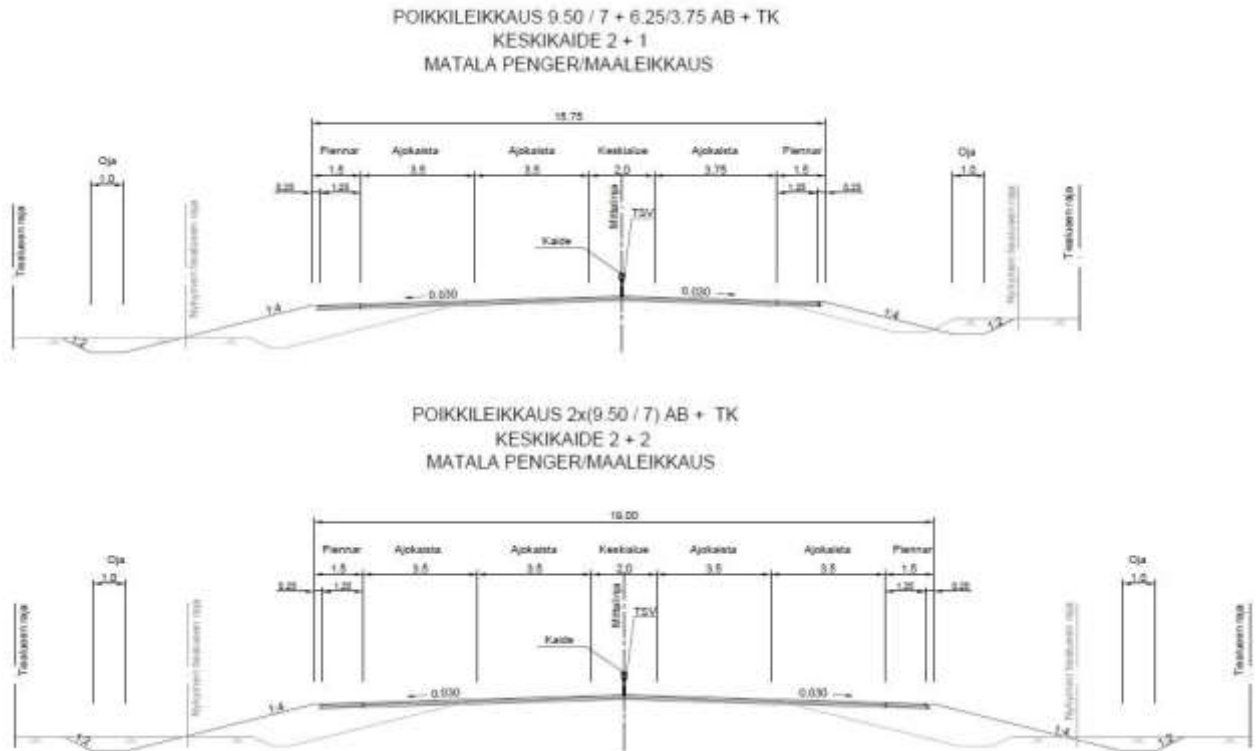
KUVA 11. Hankkeen sijainti (Valtatie 4 parantaminen välillä Joutsa–Kanavuori)

Valtatie 4 on yksi Suomen tärkeimmistä päätieyhteyksistä, joten sen hyvä liikenteellinen palvelutaso ja turvallisuus on tärkeää. Hankkeen tavoitteena onkin

saada aikaan mahdollisimman hyvä palvelutaso ja turvallisuus, tasalaatuiset ajo-olosuhteet, matka-aikojen ennakoitavuus sekä kuljetusten toimintavarmuus. Hankkeessa pyritään myös lisäämään turvallisia ohituspaikkoja liikenteen sujuvuuden parantamiseksi. (Valtatie 4 parantaminen välillä Joutsa–Kanavuori.)

Suunnittelualueelle rakennetaan kaksi ohituskaistaosuutta. Savenahon kohdalle rakennetaan peräkkäin olevat ohituskaistat. Ohituskaista pohjoiseen tulee paaluvälille 60600–63200 ja ohituskaista etelään paaluvälille 63000–65700. Naukjärven ohituskaistat toteutetaan kohdakkain, eli tässä kohtaa molempiin suuntiin on ohituskaistat. Naukjärven kohdalla ohituskaista pohjoiseen tulee paaluvälille 69200–71200 ja etelään paaluvälille 69400–71400. (Kuva 12.) (Valtatie 4 parantaminen välillä Joutsa–Kanavuori.)

Ohituskaistojen kohdalla tien suuntausta muutetaan vastaamaan nykyisiä Liikenneviraston suunnitteluohjeita. Savenahon kohdalla tien vaakageometriaa muutetaan siten, että myöhemmin on mahdollista muuttaa tie 2+2-kaistaiseksi ohituskaistatieksi ilman vaakageometriamuutoksia. Naukjärven ohituskaistan kohdalla tien viettokaltevuutta parannetaan muuttamalla tien pystygeometriaa. (Valtatie 4 parantaminen välillä Joutsa–Kanavuori.)



KUVA 12. Poikkileikkaukset Savenahon ja Naukjärven ohituskaistojen kohdalta (Valtatie 4 parantaminen välillä Joutsa–Kanavuori)

Tietomalliaineiston laatu suhteessa ohjeiden mukaisiin vaatimuksiin

Mallinnuksen perusvaatimukseen kuuluu, että käytetään avointa tietomallipohjaista formaattia, jota ohjelmat pystyvät hyödyntämään. Infrarakentamisessa tällaisia avoimia formaatteja ovat Inframodel sekä taitorakenteissa kuten silloissa IFC. Avoimet tietomalliformaatit eivät kuitenkaan vielä sisällä kaikkia rakenteita, joten joidenkin rakenteiden osalta joudutaan käyttämään DWG-formaattia. Tietomallin luovutus on suoritettava niin, että kaikki suunnitelmätieto säilyy. Vaikka tiedon jakelussa on käytettävä avointa formaattia, voi joskus olla tarpeen käyttää ohessa myös ohjelman omaa natiiviformaattia, jotta saadaan kaikki tieto siirrettyä. (Kempainen – Liukas 2015, 8.)

Opinnäytetyössä havaittiin, että rakennushankkeen Joutsa–Kanavuori tietomalliaineisto ei noudata asetettuja vaatimuksia. Rakennushankkeen väylämalli on luovutettu Inframodel-formaatissa sekä sillat IFC-formaatissa ja natiiviformaatissa. Esimerkiksi kallionpinta sekä varusteet ja laitteet on luovutettu DWG-formaatissa.

Vaatimuksista poiketen kaiteet ja aidat on luovutettu DWG-formaatissa, vaikka ne olisi mahdollista luovuttaa myös Inframodel-formaatissa.

Toisaalta varusteiden ja laitteiden osalta Inframodel-formaatti ei vielä toimi kuten sen pitäisi, joka voi olla syynä aineiston luovuttamiselle DWG-formaatissa. Todettiin, että maanpinta on luovutettu GT-formaatissa hyvin monena palasena, joten sitä ei voida hyödyntää ilman sen soveltamista ja muokkaamista.

Yleisten inframallivaatimusten mukaan tietomalliaineiston kansiot ja tiedostot tulee nimetä siten, että tiedostonimestä nähdään selkeästi, mitä aineistoa kansio tai tiedosto sisältää. Välilyönnin käyttäminen tiedostonimessä on kiellettyä; ohjeen mukaan tiedoston nimeämisessä käytettäviä merkkejä ovat A–Z, a–z, numerot 0–9 sekä ala- ja väliviivat. Rakennushankkeen tietomalliaineistoa tarkasteltaessa todettiin, että tässä hankkeessa tietomalliaineiston kansiot ja tiedostot on nimetty selkeästi ja ohjeiden mukaisesti (kuva 13). (Kempainen – Liukas 2015, 15.)

Nimi	Muokauspäivä	Nimi	Muokauspäivä
TS40-60_Vaylasuunnittelu	2.3.2018 11.47	Tiesuunnitelma_Vt4_yyp	24.10.2017 14.39
TS70_Geotekninen_suunnittelu	2.3.2018 11.52	Tiesuunnitelma_Vt4_yyp_kolmiomalli	24.10.2017 14.39
TS80_Kuivatus	2.3.2018 11.47	Tiesuunnitelma_Vt4_yyp_viivamalli	24.10.2017 14.39

KUVA 13. Kansioden ja tiedostojen nimeäminen

Mallinnusvaatimusten mukaan tiesuunnitelmavaiheen väylämallin tulee sisältää kaikista väylistä ylin yhdistelmäpinta, alin yhdistelmäpinta sekä pintamaanpoistopinta. Rakennekerrosten pinnat tulee olla mallinnettuna ainakin hankkeen merkittävimpien teiden ja katujen osalta. Mallin tulee sisältää myös väylien vaaka- ja pystygeometriat. (Janhunen – Parantala – Pienimäki 2015, 23-24.)

Kävi ilmi, että rakennushankkeen väylämalli ei sisällä kaikkia vaadittuja pintoja. Väylämallista puuttuu pintamaanpoistopinta, mutta Plaana Oy:n työntekijöiden kokemusten mukaan pintamaanpoistopintaa ei yleensä käytetä. Tietomalliaineistosta puuttuvat kaikki rakennekerrosten pinnat, mikä rajoittaa tietomallipohjaista massalaskentaa huomattavasti. Määrälaskennan tekeminen malliaineiston pohjalta tulisi vaatimusten mukaan olla mahdollista, joten rakennekerrosten pintojen puuttuminen tekee aineistosta puutteellisen. Aluksi aineiston mukana ei tullut

alinta yhdistelmäpintaa, vaan se toimitettiin lisäkirjeen mukana jälkeinpäin. Aineisto sisältää teiden mittalinjat, joten vaaka- ja pystygeometriat sisältyvät väylämalliin.

Yleisten inframallivaatimusten mukaan pohjanvahvistusmenetelmien täytyy olla mallinnettuna sillä tasolla, että niiden kustannukset voidaan arvioida tietomalliavusteisesti. Mallinnettavia pohjanvahvistusmenetelmiä ovat esimerkiksi massanvaihdot, vastapenkereet, kevennykset, paalutukset ja stabiloinnit. Pohjanvahvistusten mallinnuksen tarkkuustasoon vaikuttavat kuitenkin merkittävästi lähtötieto- ja maaperämallin taso. Tässä rakennushankkeessa pohjaa vahvistettiin vain massanvaihoilla ja massanvaihdon kaivutason pinta on mallinnettu ja luovutettu DWG-formaatissa. (Janhunen – Parantala – Pienimäki 2015, 25.)

Koska tietomalliaineisto sisältää vain ylimmän yhdistelmäpinnan ja alimman yhdistelmäpinnan, voidaan väylämallin perusteella laskea vain väylän rakentamiseen tarvittava kokonaismassamäärä. Täten ei pystytä määrittämään, kuinka paljon tarvitaan esimerkiksi kantavan kerroksen mursketta tai paljonko tarvitaan pengertäyttöä.

Havaittiin, että tietomalliaineiston kolmioverkot ovat epäsäännölliset sekä sisältävät paljon pieniä aukkoja, jotka vaikuttavat massalaskennan tarkkuuteen merkittävästi. Kolmioverkoissa oli myös yksittäisiä karkailuja sekä muutamassa kohdassa taiteviivoissa oli pystysuuntaisia heittoja. Kolmioverkon karkailulla tarkoitetaan sellaisia kohtia, joihin on muodostunut kolmiointia, vaikka siihen ei kolmiointia kuuluisi.

4.2 Vt4 Kello–Räinänperä

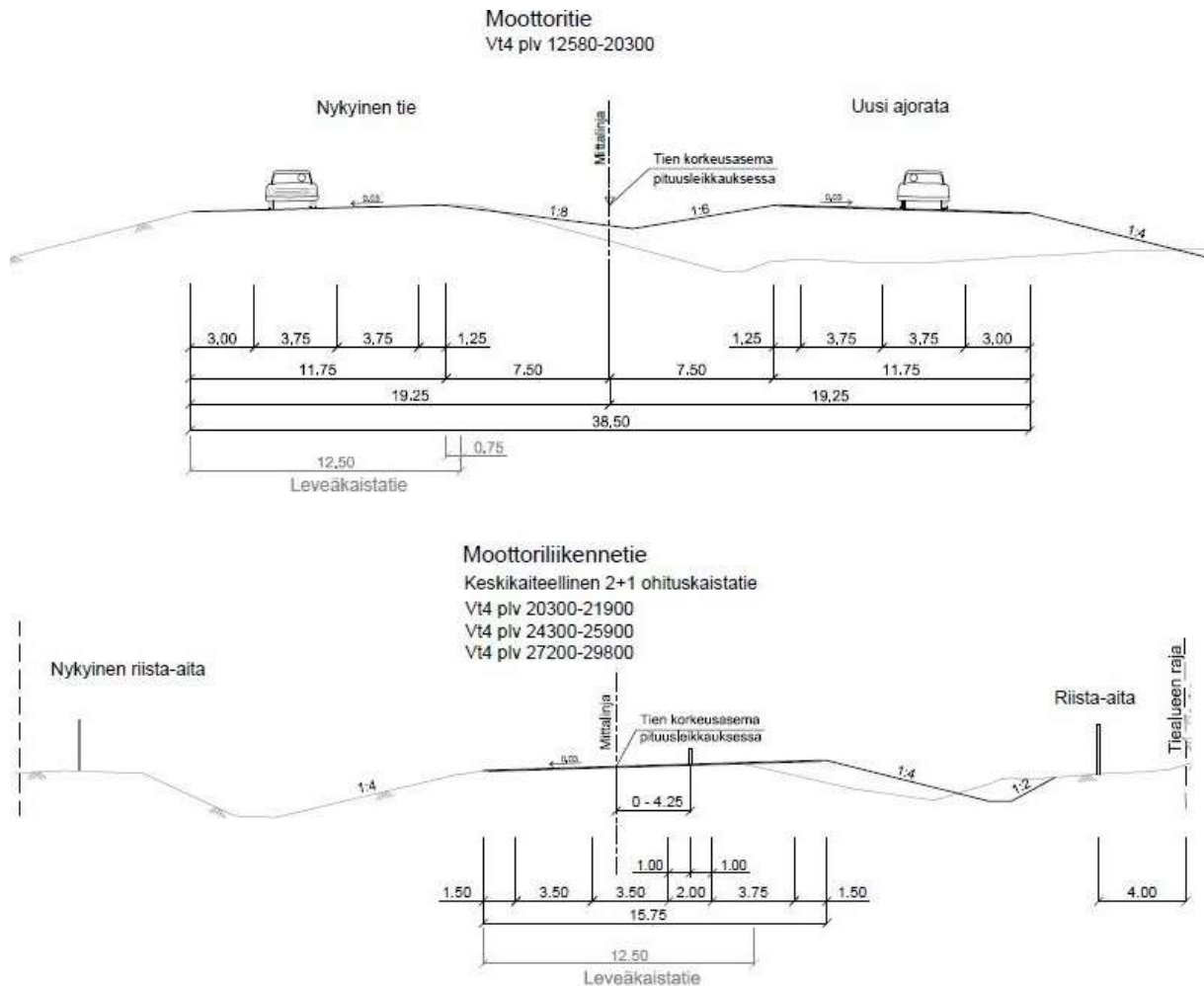
Suunnittelualue Kello–Räinänperä sijoittuu Haukiputaan kohdalle, Oulun kaupungin ja Iin kunnan alueille (kuva 14). Suunnittelujakso alkaa Kellosta nykyisen moottoritien ja moottoriliikennetien muutosalueelta ja päättyy Räinänperälle Haukiputaantien liittymän pohjoispuolelle. Suunnittelujakson pituus on noin 17,9 kilometriä. (Valtatien 4 parantaminen välillä Kello–Räinänperä.)



KUVA 14. Hankkeen sijainti (Valtatien 4 parantaminen välillä Kello–Ränänperä)

Nykyinen 12,5 metriä leveä moottoriliikennetie rakennetaan 2+2-kaistaiseksi keskikaistalliseksi moottoritieksi. Keskikaistan leveydeksi tulee 15 metriä. Muutos toteutetaan rakentamalla toinen ajorata nykyisen tien itäpuolelle Kellon ja Kiiminkijoen eteläpuolen välillä. Kiiminkijoen eteläpuolen ja Ränänperän välinen moottoriliikennetie muutetaan jatkuvaksi keskikaiteelliseksi 2+1-ohituskaistatieksi. Muutos toteutetaan leventämällä tietä pääosin itäpuolelle. (Kuva 15.) (Valtatien 4 parantaminen välillä Kello–Ränänperä.)

Ränänperän liittymään rakennetaan niin sanottu pääsuunnassa kanavoitu liittymä, eli kääntymiskaistoilla varustettu liittymä. Eritasoliittymät ja muu alempi tieverkko pysyy ennallaan ja periaateratkaisut liittymien ja siltojen suhteen pysyvät entisellään. Urakkaan sisältyy meluvallien ja -kaiteiden rakentamista Kellon ja Asemakylän kohdalle. (Valtatien 4 parantaminen välillä Kello–Ränänperä.)



KUVA 15. Kello-Räinänperä poikkileikkaukset (Valtatien 4 parantaminen välillä Kello-Räinänperä)

Tietomalliaineiston laatu suhteessa ohjeiden mukaisiin vaatimuksiin

Todettiin, että rakennushankkeen Kello-Räinänperä tietomalliaineisto on luovutettu pääosin oikeissa tiedostoformaateissa. Väylämalli on Inframodel-formaatissa ja taitorakenteet IFC-formaatissa sekä natiiviformaatissa. Myös varusteet on luovutettu Inframodel-formaatissa. Vaatimuksista poiketen maanpinta oli GT-formaatissa, joten se jouduttiin muuttamaan Inframodel-muotoon, jotta sitä päästiin käsittelemään.

Tietomalliaineiston kansiot sekä tiedostot on nimetty ohjeiden mukaisesti lyhyesti sekä selkeästi siten, että niistä selviää, mitä tiedosto sisältää. Todettiin, että nimeämiskäytännöissä ei myöskään ole käytetty kiellettyjä merkkejä tai kirjaimia.

Rakennushankkeen väylämallin todettiin olevan vaatimusten mukainen siltä osin, että se sisältää kaikista väylistä ylimmän yhdistelmäpinnan, alimman yhdistelmäpinnan ja merkittävimpien väylien rakennekerrosten pinnat sekä vaaka- ja pystygeometriat. Vaikka väylämallista puuttuu mallinnusvaatimusten mukainen pintamaanpoistopinta, voidaan aineistoa pitää vaatimusten mukaisena, koska Plaana Oy:n työntekijöiden mukaan pintamaanpoistopintaa ei yleensä käytetä.

Rakennushankkeessa tehdään massanvaihtoja, joiden kaivannot on mallinnettu. Massanvaihtojen kaivantojen pintojen todettiin olevan aukottomia ja hyvälaatuisia ja ne on luovutettu Inframodel-formaatissa.

Tietomalliaineiston pintoja tarkasteltaessa huomattiin kolmioverkoissa olevan pieniä aukkoja ja yksittäisiä kolmioverkon karkailuja sekä jakavassa kerroksessa muutamassa kohdassa taiteviivoissa oli pystysuuntaisia heittoja. Pinnat ovat kuitenkin hyvälaatuisia eikä pienistä aukoista, yksittäisistä kolmioverkon karkailuista ja pystysuuntaisista heitoista ole haittaa väylämallin hyödyntämisen kannalta.

Kokonaisuudessaan rakennushankkeen Kello–Räinänperä tietomalliaineistoa voidaan pitää kaikin puolin hyvänä aineistona. Aineistoa pystytään hyödyntämään massalaskennassa monipuolisesti.

5 TUTKITUT SUUNNITTELUOHJELMISTOT

Opinnäytetyön alkuvaiheessa tutkittiin, mitä tietomalliohjelmistoja on saatavilla internetistä lataamalla. Internetistä löydettiin esimerkiksi Dalux BIM Viewer, Carlson Precision 3D, Solibri Model Viewer sekä Topocad. Tarkastelun kohteeksi valikoitui kuitenkin Plaana Oy:ssä jo olevat ja sen toiminnan kannalta tärkeät ohjelmistot, koska internetistä ladattavista ohjelmista ei saatu lisähyötyä tai ne olivat raskaasti lisensoitavia.

Tarkasteltavaksi valittiin muutamia alan ohjelmistoja, joista selvitettiin, miten tietomallia voidaan niillä hyödyntää tierakenteiden osalta. Ohjelmia tutkittiin, jotta saataisiin selkeyttä siihen, mitä milläkin ohjelmalla on mahdollista tehdä. Tutkittavia ominaisuuksia olivat esimerkiksi mallien katselu ja tarkastelu, mittausominaisuudet sekä massalaskenta. Lisäksi selvitettiin, mitä eri tiedostoformaatteja ohjelmat lukevat (taulukko 2).

Tiedostoformaateissa keskityttiin formaatteihin, jotka ovat väyläsuunnittelussa olennaisia, joten ohjelmat voivat lukea muitakin tiedostoja. Työssä tarkasteltiin AutoCAD Civil 3D:tä, Tekla BIMsightia, Trimble Connectia, ilman lisenssiä toimivaa VDC Explorer 1.0 -versiota ja Trimble Business Centeriä.

TAULUKKO 2. Ohjelmien lukemat tiedostoformaateit

	XML			.IFC	.DWG	.XYZ	.GT	.SKP
	Putket	Geometrialinjat	Pinnat					
AutoCad Civil 3D 2015	X	X	X		X	X		
Tekla BIMsight	X	X	X	X	X			X
Trimble Connect	X	X	X	X	X			X
VDC Explorer	X		X	X				
Business Center	X	X	X	X	X	X	X	X

5.1 AutoCAD Civil 3D 2015

AutoCAD Civil 3D on yhdyskuntasuunnitteluun tarkoitettu tietomallinnusta tukeva ohjelmisto, jolla voidaan toteuttaa liikenne-, maankäyttö- ja ympäristösuunnitelmia. Ohjelmalla voidaan tutkia ja analysoida rakennushankkeen erilaisia toteutusvaihtoehtoja ja -ideoita. Civil 3D:tä voi hyödyntää myös määrälaskennassa ja paikkatietojen hallinnassa. (Civilpoint, linkit Ohjelmistot -> Civil 3D.)

Civil 3D:tä testattaessa havaittiin, että ohjelmistolla voidaan tarkastella ohjelmaan tuotujen valmiiden pintojen poikkileikkauksia halutusta kohdasta tai esimerkiksi paalukohtaisesti luomalla poikkileikkausryhmä. Poikkileikkausnäkyä voidaan muokata laajasti, esimerkiksi valitsemalla, mitä pintoja halutaan näkyviin tai mitä tietoja leikkauskuvista halutaan nähdä.

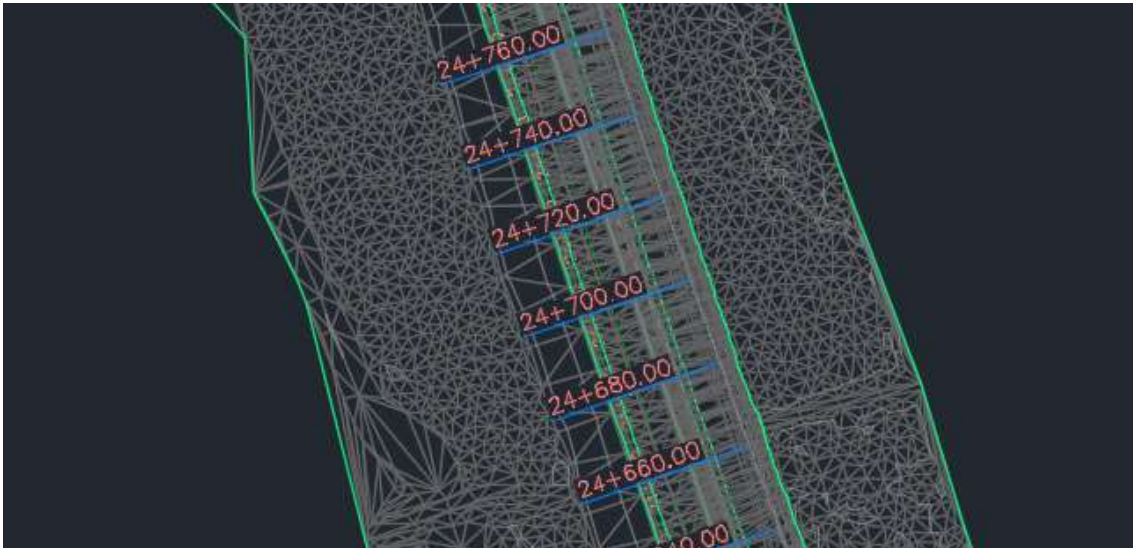
Lisäksi todettiin, että ohjelmisto sisältää useita mittaustyökaluja. Civil 3D:llä voidaan mitata esimerkiksi objektien välisiä etäisyyksiä, kaltevuuksia, kulmia ja pinta-aloja. Mittaustyökalu on helppokäyttöinen, sillä se tarttuu helposti haluttuun kohtaan.

Civil 3D:n massalaskentaominaisuuksia tutkiessa todettiin, että massat voidaan laskea rajatulta alueelta pintojen välisenä tilavuutena tai paalukohtaisesti poikkileikkausten perusteella. Kun massoja lasketaan rajatulta alueelta, ohjelma laskee ensin valittujen pintojen välisen kokonaistilavuuden, minkä jälkeen voidaan valita rajattuja alueita. Rajattujen alueiden tulokset tulevat kokonaistilavuuden alle. (Kuva 16.)

Name	Boundary	Mid-Ordinate ...	Cut Factor	Fill Factor	Style	2d Area(sq.m)	Cut(adjusted)/(Cu...	Fill(adjusted)
Testi			1.000	1.000	Contours 2...	59387.35	0.00	13125.08
Testi.1		1.000	1.000	1.000		719.29	0.00	171.45
Testi.2		1.000	1.000	1.000		688.06	0.00	164.25
Testi.3		1.000	1.000	1.000		735.94	0.00	180.63

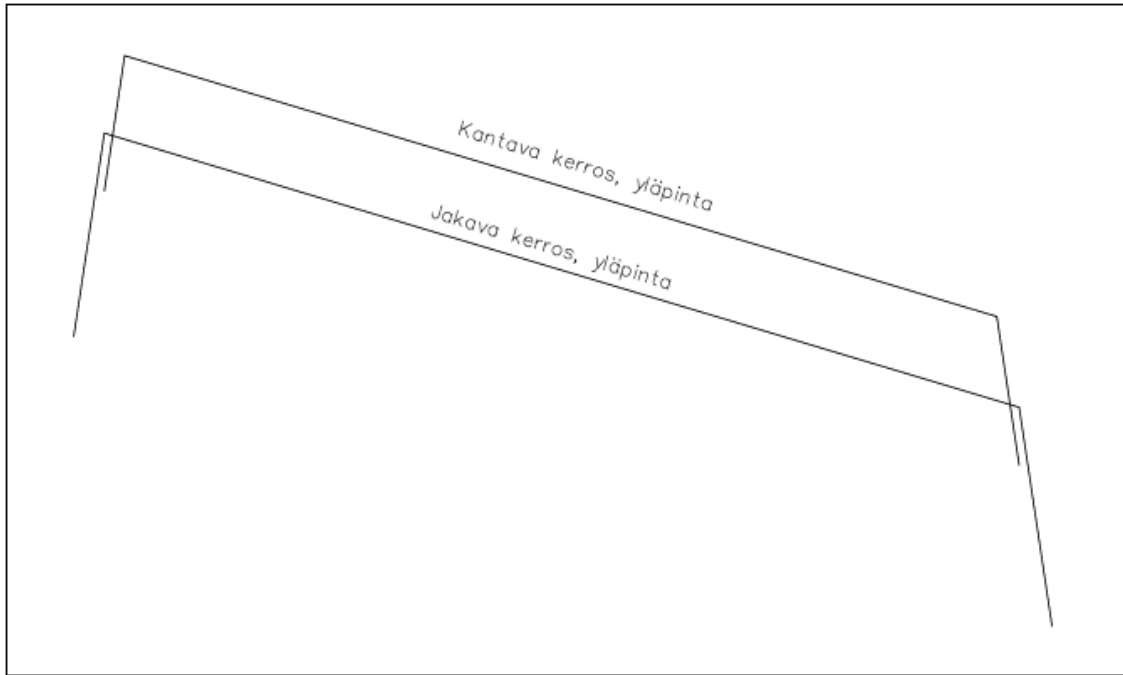
KUVA 16. Massalaskennan tulokset rajatuilta alueilta

Paalukohtaisia massoja laskettaessa täytyy väylälle luoda ensin poikkileikkausryhmä (kuva 17). Poikkileikkausryhmä voidaan luoda helposti halutulle paaluvälille. Laskentaan voidaan myös määrittää, kuinka laajalta alueelta mittalinjan molemmin puolin tilavuudet lasketaan. Tämän jälkeen määritetään pinnat, joiden välinen tilavuus halutaan laskea ja tulostetaan tilavuusraportti (liite 1).



KUVA 17. Paalukohtainen poikkileikkausryhmä

Lisäksi kävi ilmi, että Civil 3D:llä onnistuu pintojen korkeuksien muuttaminen. Ominaisuus tulee tarpeeseen, jos esimerkiksi rakennekerrospaksuuksia halutaan muuttaa tarjousvaiheen aikana. Pintojen korkeutta voidaan muuttaa yksinkertaisesti aktivoimalla pinta ja siirtämällä sitä Move-komennolla. Pinnan korkeutta muuttaessa tulee kuitenkin olla tarkkana, että pinta liikkuu vain korkeussuunnassa. Pintojen korkeutta muuttaessa täytyy ottaa huomioon, että tällöin pintojen välille tulee poikkeama (kuva 18).



KUVA 18. Pintojen välinen poikkeama

AutoCAD Civil 3D:tä tarkasteltaessa havaittiin, että ohjelmisto lukee DWG-, XML- ja XYZ-tiedostoformaatteja. Työssä käytössä ollut Civil 3D 2015 vuoden versio ei lue IFC-tiedostoja, mutta vuoden 2016 versioon se on päivitetty. XML-tiedostojen osalta ohjelma lukee ainakin pintamalleja, geometrialinjoja sekä putkistomalleja.

5.2 Tekla BIMsight

Tekla BIMsight on ammattikäyttöön tarkoitettu rakennusalan yhteistyötä helpottava ilmainen sovellus. BIMsightilla projektin eri osapuolet voivat yhdistää ja jakaa malleja, tehdä törmäystarkastelut ja viestiä kommentteilla yhdessä ja samassa helppokäyttöisessä BIM-ympäristössä. (Tekla, linkit Tuotteet -> Tekla BIMsight.)

Ohjelmistolla voidaan tarkastella väylän poikkileikkauksia, mutta todettiin, että halutun kohdan valitseminen väylältä tuottaa hankaluuksia. Kun leikkauskohta on saatu määritettyä, poikkileikkauksia voi tarkastella eri kohdista liikuttamalla leikkauskohtaa väylän pituussuunnassa. Tekla BIMsightilla voi myös mitata objektien välisiä etäisyyksiä. Työkalulla voi tarttua pisteisiin, objektin reunoihin tai pintoihin. Tässä tapauksessa mittaustyökalua testattiin väylän rakennekerrospaksuuksien

mittaamiseen ja todettiin, että mittaustyökalu on vaikea saada tarttumaan haluttuun kohtaan, joten etäisyyksien mittaaminen on vaikeaa.

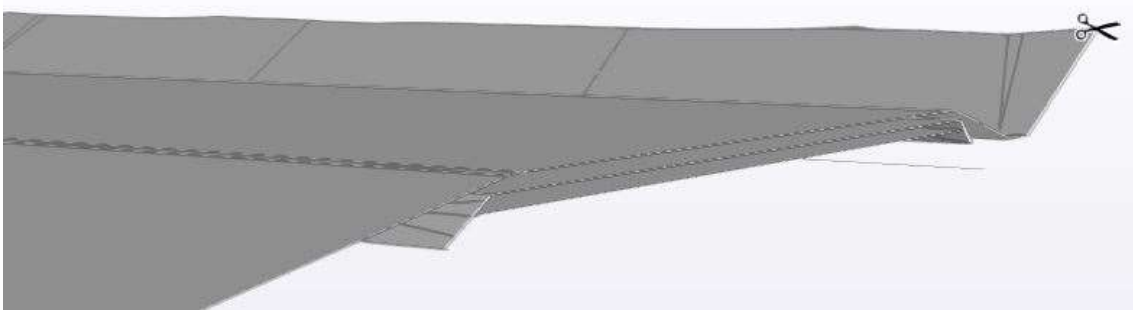
Lisäksi todettiin, että Tekla BIMsight on puhtaasti mallien tarkasteluun sekä projektin osapuolten väliseen viestintään tarkoitettu ohjelmisto, joten sitä ei voida hyödyntää massalaskennassa.

Tekla BIMsightia testattaessa havaittiin, että ohjelmisto lukee IFC-, XML-, DWG- ja SKP-tiedostoformaatteja. XML-formaatin osalta BIMsight lukee ainakin geometrialinjoja, pintamalleja sekä putkistomalleja. Etua olisi, jos ohjelma lukisi myös XYZ- ja GT-formaatteja, sillä esimerkiksi maastomalli toimitetaan usein GT-tiedostomuodossa.

5.3 Trimble Connect Desktop 5.3

Trimble Connect on rakennusteollisuuteen suunnattu yhteistyöalusta. Sovellus käyttää pilvipalvelua, joten projektin osalliset pystyvät helposti jakamaan, kommentoimaan ja hallitsemaan projektin dokumentteja, kuvia, piirustuksia sekä malleja läpi koko hankkeen. Sovellus on saatavilla mobiili-, selain- ja työpöytäversioina, joten sitä voi hyödyntää kaikki työntekijät asemastaan riippumatta. Työssä käsiteltiin ohjelman työpöytäversiota, joka on jalostettu BIMsightista. BIMsightiin verrattuna Trimble Connectin etuna on, että se osaa hakea päivityksiä Connect-projektipankista. (Google Play, linkit Sovellukset -> Trimble Connect; Kämäräinen 2018.)

Verrattuna muihin niin sanottuihin tietomallin katseluohjelmiin koettiin väylän poikkileikkausten tarkastelun onnistuvan Trimble Connectilla vaivattomasti (kuva 19). Poikkileikkaus saadaan näkyviin helposti halutusta kohdasta ja leikkauskohdasta voi liikutella väylän pituussuunnassa.



KUVA 19. Trimble Connect poikkileikkäusnäky

Trimble Connect -ohjelmistoa tutkittaessa havaittiin, että se sisältää mittaustyökalun, jolla voidaan mitata objektien välisiä etäisyyksiä. Työkalulla voidaan tarttua pisteisiin, objekteihin, reunoihin ja pintoihin. Väylän rakennekerrosten paksuuk-sien mittaaminen onnistuu työkalulla helposti. Trimble Connectissa on lisäksi työkalu törmäystarkasteluiden tekemiseen.

Trimble Connectia testattaessa todettiin, että sillä ei voida tehdä massalasken-toja, sillä se on tarkoitettu pääosin rakennushankkeen osapuolten väliseen kom-munikointiin, tiedonjakoon sekä mallien tarkasteluun.

Lisäksi kävi ilmi, että Trimble Connect lukee IFC-, XML- ja DWG- ja SKP-tiedos-toformaatteja. Ohjelma näyttää ainakin XML-pohjaiset geometrialinjat, pintamallit sekä putkistomallit. Etua olisi, jos ohjelma lukisi myös XYZ- ja GT-tiedostofor-maatteja.

5.4 VDC Explorer

VDC Explorer -ohjelmisto on suunniteltu laadunvarmistuksen apuvälineeksi eten-kin haastaviin infrarakennushankkeisiin. VDC Explorer on tietomalliohjelmisto, jolla voidaan koota osamallit helposti yhdeksi yhdistelmämalliksi, tehdä yhteen-sopivuustarkasteluja sekä simuloida infrakohteen rakentamista. Työssä tarkas-teltiin VDC Explorerin ensimmäistä versiota, joten uudemmat versiot voivat sisäl-tää enemmän ominaisuuksia. (Viasys, linkit Tuotteet -> VDC Explorer.)

VDC Explorerissa on työkalu, jolla voidaan tarkastella rakenteen poikkileikkauk-sia. Työkalun todettiin soveltuvan kuitenkin huonosti väylän poikkileikkausten tar-kasteluun. Ohjelma sisältää myös mittaustyökalun, jolla voidaan mitata esimer-iksi väylien leveyksiä, mutta rakennekerrospaksuuksien mittaamisen

poikkileikkausnäkömystä havaittiin tuottavan vaikeuksia. Ohjelmalla onnistuu myös törmäystarkasteluiden tekeminen.

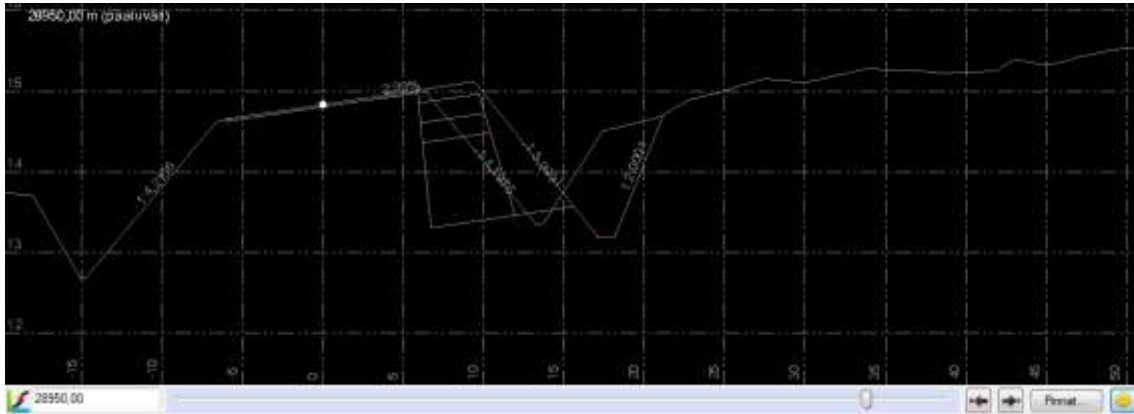
Lisäksi havaittiin, että VDC Explorer on pääosin tietomallien tarkasteluun suunniteltu ohjelmisto, eikä sitä voida hyödyntää massalaskennassa.

Tutkimuksessa käytetty versio VDC Explorerista lukee XML-muotoisia pintamalleja ja putkistomalleja sekä IFC-formaattia. Vuonna 2017 tullut versio on päivitetty lukemaan myös XML-muotoista geometrialinjaa sekä DWG-, IFC- ja OBJ-tiedostoformaattia. Eduksi olisi, jos ohjelma lukisi myös XYZ-, GT- ja SKP-tiedostoformaatteja.

5.5 Trimble Business Center – HCE

Trimble Business Center – HCE eli Heavy Construction Edition on 3D-aineistojen käsittelyyn sekä tietojen ja suunnitelmien hallintaan suunniteltu ohjelmisto. Ohjelmistolla voidaan laskea massoja tietomallista sekä tehdä massakuljetusten suunnittelua ja optimointia. Business Centerillä voidaan myös tarkastella ja viimeistellä toteutusmallia koneohjaukseen ja mittaukseen soveltuvaksi. (Civilpoint, linkit Ohjelmistot -> Trimble Business Center – HCE.)

Business Centerillä väylärakenteen poikkileikkauksia voidaan tarkastella usealla työkalulla. Todettiin, että poikkileikkauksen saa vaivattomasti näkyviin kursorilla osoittamalla juuri siitä kohtaa väylää, josta poikkileikkausta halutaan tarkastella. Poikkileikkausnäkömystä on helposti valittavissa, mitkä pinnat halutaan näkyviin poikkileikkaukseen. Asetuksista voidaan valita paaluväli, jolla liikutaan poikkileikkauksia tarkasteltaessa. Lisäksi kävi ilmi, että poikkileikkausnäkömystä nähdään rakenteen korkeusasema, leveys mittalinjan molemmin puolin sekä pintojen kaltevuuksia. Pintojen ominaisuuksista on mahdollista saada näkyviin pisteiden korkeuksia. (Kuva 20.)

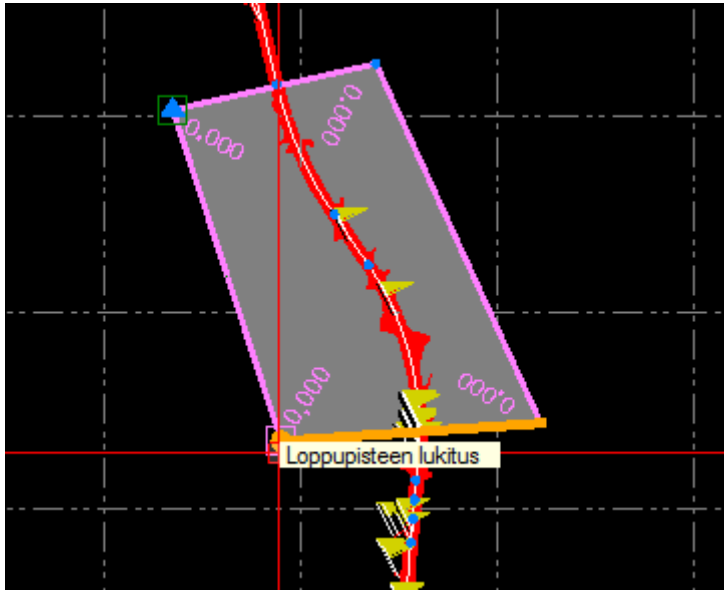


KUVA 20. Business Center poikkileikkausnäkö

Business Center -ohjelmistoa testattaessa todettiin, että mittaustyökalu on helpokäyttöinen. Esimerkiksi rakennekerrosten paksuuksien mittaaminen onnistuu helposti poikkileikkausnäköstä, koska mittaustyökalu tarttuu juuri siihen kohtaan, mihin kursorilla osoittaa. Business Centerillä voidaan mitata etäisyyden lisäksi muun muassa kaltevuuksia ja kulmia.

Business Centerin lisensoidulla versiolla voidaan laskea tierakenteiden massoja. Tätä työtä varten Trimble myönsi testilisenssin, joten massalaskentaominaisuuksia päästiin kokeilemaan. Todettiin, että ohjelmalla on mahdollista laskea paalu-kohtaisia massoja, mutta tässä työssä testattiin kahden pinnan välistä massojen laskentaa rajatulta alueelta.

Alueen rajaaminen tehdään luomalla monikulmio (kuva 21). Havaittiin, että poikkileikkausnäköä voidaan käyttää apuna, jos alue halutaan rajata erittäin tarkasti. Kun kursoria liikuttaa väylällä, se näkyy samalla poikkileikkausnäkössä, mikä helpottaa alueen tarkkaa rajaamista. Alueen tarkalla rajauksella voidaan minimoida laskentavirheet. Kun haluttu alue on rajattu, Maanrakennustyöraporttikohdasta valitaan raporttityypiksi pinnasta pintaan sekä pinnat, joiden väliltä massat halutaan laskea. Valitaan vielä alue, josta massat halutaan laskea, jolloin ohjelma tulostaa maanrakennustöiden tilavuusraportin (liite 2).



KUVA 21. Rajattu massalaskenta-alue

Massalaskenta onnistuu myös pelkän taiteviiva-aineiston pohjalta, sillä ohjelma luo taiteviivoille kolmioverkon. Joskus kolmioverkossa voi olla karkailuja, mutta kolmioverkon siistiminen onnistuu ohjelmalla helposti. Business Centerin oman kolmioverkon pohjalta lasketut massat vastasivat lähes esimerkkihankkeiden pinnoilla laskettuja massoja.

Business Centerin havaittiin sisältävän kattavat ominaisuudet rakennushankkeen massankuljetusten optimointiin ja suunnitteluun. Ohjelmalla voidaan esimerkiksi määritellä maanottopaikkojen ja läjitysalueiden paikat, kapasiteetit, kuljetustiet, kuljetusesteet sekä maksimietäisyydet, jolloin massojen kuljetus on taloudellista. Massankuljetusraportin luominen vaatii kuitenkin paljon määrittelyä, joten tässä työssä ominaisuutta ei lähdetty kokeilemaan.

Jos esimerkiksi tien rakennekerrospaksuudet muuttuvat rakennushankkeen aikana, ohjelmalla on mahdollista muuttaa pinnan korkeuksia. Pinnan korkeuden muuttaminen onnistuu taiteviivojen korkeutta muuttamalla. Taiteviivoja siirretään korkeussuunnassa, minkä jälkeen pinta kolmioidaan uudelleen. (Lyytikäinen 2018.)

Business Centeriä testattaessa kävi ilmi, että sillä voidaan lukea IFC-, XML-, DWG-, XYZ-, GT- ja SKP-tiedostoformaatteja. XML-formaatin osalta Business Center lukee ainakin putkistomalleja, geometrialinjoja sekä pintamalleja.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten tietomallia voidaan hyödyntää tierakenteita koskevan ST-urakan laskennassa sekä mitä eri suunnitteluohjelmistoilla voidaan tehdä. Työn alkuvaiheessa tutkittiin, mitä ilmaisia ohjelmistoja internetissä on saatavilla ja miten niillä voidaan hyödyntää tietomallia. Tarkemman tarkastelun kohteeksi päädyttiin ottamaan Plaana Oy:ssä jo nykyisellään olevat suunnitteluohjelmistot. Ohjelmistoissa tarkasteltavia ominaisuuksia olivat esimerkiksi tietomallien katselu ja tarkastelu, mittausominaisuudet sekä massalaskenta.

Tietomallin avulla voidaan tehdä rakenteiden yhteensovituslaskentaa ja massalaskentaa. Lisäksi sitä voidaan hyödyntää massataloustarkasteluja tehtäessä. Merkittävin hyöty tietomallista ST-urakan tarjouslaskentavaiheessa saadaan, jos sitä voidaan hyödyntää rakennushankkeen massalaskennassa. Tietomallipohjainen massalaskenta on huomattavasti nopeampaa sekä sillä päästään tarkempiin tuloksiin. Tietomallipohjainen massalaskenta perustuu kahden pinnan välisen tilavuuden laskemiseen, mutta tulevaisuudessa olisi toivottavaa, että tilavuuksia voitaisiin laskea useampien pintojen rajaamilta alueilta.

Työssä käytettyjen esimerkkihankkeiden tietomalliaineistot osoittivat hyvin, että tietomalliaineiston laatu vaikuttaa merkittävästi siihen, miten paljon tietomallia voidaan hyödyntää ST-urakan tarjouslaskentavaiheessa. Jos väylämallien pinnat ovat huonoja tai kaikkia vaadittuja pintoja ei ole mallinnettu, massalaskennan tarkkuus kärsii tai sitä ei voida tehdä tietomallipohjaisesti.

Tietomalliaineistojen laatu vaihtelee rakennushankkeiden välillä huomattavasti. Jotta tietomallia voidaan hyödyntää mahdollisimman paljon, täytyy tietomallin olla yleisten inframallivaatimusten mukainen. Tästä syystä tilaajien tulisi kiinnittää erityistä huomiota tietomalliaineistojen laatuun ja siihen, että aineistot noudattavat yleisiä inframallivaatimuksia.

Internetistä löytyvät ilmaiset tietomalliohjelmistot ovat pääosin niin sanottuja tietomallien katseluohjelmia, joten tultiin siihen tulokseen, että niistä ei saada lisähyötyä Plaana Oy:ssä jo käytössä oleviin ohjelmistoihin verrattuna. Jotta

ohjelmistoista olisi voitu saada mahdollista lisähyötyä, olisi niihin täytynyt ostaa kalliit lisenssit.

Niin sanotut rakennushankkeen osapuolten yhteistyötä helpottavat katseluohjelmistot, kuten Tekla BIMsight, VDC Explorer ja Trimble Connect ovat hyvin samankaltaisia keskenään ja sisältävät pääpiirteittäin samat ominaisuudet. Ohjelmistojen ominaisuuksien helppokäyttöisyydessä ja havainnollistavuudessa on kuitenkin eroja.

BIMsightilla sekä VDC Explorerilla etäisyyksien mittaaminen on vaikeaa, sillä mitaustyökalulla on vaikea tarttua haluttuun kohtaan. Väylän poikkileikkauskohdan valitseminen onnistuu Trimble Connectilla sekä VDC Explorerilla hyvin, mutta BIMsightilla kohdan valitseminen on vaikeaa. Poikkileikkausnäkymissäkin on eroja. Trimble Connectissa ja Tekla BIMsightissa poikkileikkausnäkyminen on hyvä ja havainnollistava, mutta VDC Explorerin poikkileikkausnäkyminen ei sovellu väylän poikkileikkausten tarkasteluun. Millään näistä ohjelmista ei voida tehdä massalaskentoja. Nämä seikat huomioon ottaen Trimble Connect soveltuu parhaiten väylämallin tarkasteluun sen havainnollistavuuden ja helppokäyttöisyyden vuoksi.

AutoCAD Civil 3D ja Trimble Business Center sisältävät kattavat määrät ominaisuuksia sekä erilaisia työkaluja tietomallin käsittelyyn. Molemmilla ohjelmilla poikkileikkausten tarkastelu onnistuu vaivattomasti halutusta kohdasta ja erilaisten mittausten teko on helppoa.

Ohjelmilla voidaan laskea pintojen välisiä tilavuuksia rajatulta alueelta tai paalu-kohtaisesti. Jos rakennekerrospaksuuksia halutaan muuttaa ST-urakan tarjouslaskentavaiheen aikana, voidaan molemmilla ohjelmilla nostaa tai laskea pintojen korkeuksia. AutoCAD Civil 3D:llä pinnan korkeuden muutos onnistuu helposti siirtämällä pintaa korkeussuunnassa. Business Centerillä korkeuden muutos joudutaan tekemään taiteviivojen korkeuksia muuttamalla ja kolmioimalla pinta uudelleen.

Ohjelmilla onnistuu myös törmäystarkasteluiden tekeminen. Sovellusteknisestä törmäystarkastelusta kuitenkin puhutaan enemmän kuin sitä todellisuudessa

tehdään. Törmäystarkastelun asetusten määrittäminen on hankalaa ja halutun tiedon ulos saaminen vaikeaa. Usein tietomallisovellukset antavat pitkän listan kohteista, jossa törmäyksiä tapahtuu ja sen läpikäyminen vie kohtuuttoman paljon aikaa. Helpommin haluttu ja olennainen tieto saadaan selville silmämääräisesti mallia tarkastelemalla, jolloin vältetään ylimääräiseltä työltä.

Vielä toistaiseksi suunnitteluohjelmistot sisältävät enemmän toimintoja tietomallin luomiseen kuin sen hyödyntämiseen. Koska tietomallinnusta ja sen käyttömahdollisuuksia kehitetään koko ajan, tulevat suunnitteluohjelmistot mahdollisesti tulevaisuudessa sisältämään enemmän ominaisuuksia myös tietomallin hyödyntämiseen.

LÄHTEET

Civilpoint. Saatavissa: <https://civilpoint.fi/ohjelmistot/autodesk/autocad-civil-3d/>.
Hakupäivä 10.5.2018.

Civilpoint. Saatavissa: https://civilpoint.fi/ohjelmistot/trimble/business-center-hce/?gclid=EAlalQobChMI3arYrrTr2gl-VEYmyCh1ZAA4gEAAYASAAEgLG1PD_BwE. Hakupäivä 10.5.2018.

Erho, Jarmo 2018. Re: ST-urakan laskenta. Sähköpostiviesti. 19.4.2018.

Google Play. Saatavissa: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.trimble.buildings.connect&hl=fi>. Hakupäivä 10.5.2018.

InfraBIM -nimikkeistö. 2016. buildingSmart Finland. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/InfraBIM_nimikkeisto_v1_6.pdf. Hakupäivä 16.4.2018.

Inframodel 4 – Uudet ominaisuudet. 2016. buildingSmart Finland. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2014/04/Inframodel_4_uudet_osat.pdf. Hakupäivä 19.4.2018.

Infrarakentaminen. Parma Oy. Saatavissa: <http://www.parma.fi/ratkaisut-ja-palvelut/infrarakentaminen>. Hakupäivä 18.3.2018.

InfraTM hanke lyhyesti. Rakennustietosäätiö RTS. Saatavissa: http://www.rts.fi/infrabim/infrabim_uusi/infratm_hanke_lyhyesti.html. Hakupäivä 12.4.2018.

Janhunen, Niko – Parantala, Seppo – Pienimäki, Markku 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015. Osa 4: Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa. buildingSmart Finland. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA4_Mallinnus_hankkeen_eri_vaiheissa_V_1_0.pdf. Hakupäivä 4.4.2018.

Janhunen, Niko – Pienimäki, Markku – Ruuti, Pekka 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015. Osa 9: Määrälaskenta ja kustannusarviot. buildingSmart

Finland. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA_9_Maeaeraelas-kenta_ ja_kustannusarviot.pdf. Hakupäivä 1.6.2018.

Junnonen, Juha-Matti 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. Helsinki: Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy.

Kankainen, Jouko – Seppänen, Olli. Infrahankkeiden massatalous. Rakennustieto. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030503.pdf>. Hakupäivä 1.6.2018.

Kempainen, Liisa – Liukas, Juha 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015. Osa 2: Yleiset mallivaatimukset. buildingSmart Finland. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_0.pdf. Hakupäivä 17.4.2018.

Kylmä, Annukka 2015. Tietomallien hyödyntäminen tien yleissuunnittelussa. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2015-03_tietomallien_hyodyntaminen_web.pdf. Hakupäivä 18.3.2018.

Kämäräinen, Toivo 2018. Projektipäällikkö, Plaana Oy. Kevään 2018 aikana käyty keskustelut.

LandXML.org. Saatavissa: <http://www.landxml.org/About.aspx>. Hakupäivä 15.4.2018.

Liukas, Juha – Virtanen, Juuso 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 3: Lähtötiedot. buildingSmart Finland. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA3_Lah-totiedot_V_1_0.pdf. Hakupäivä 2.4.2018.

Lyytikäinen, Eero 2018. Re: Business Center asiaa. Sähköpostiviesti. 7.5.2018.

Palviainen, Petteri 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 5.3: Maarakennustöiden toteumamallin laadintaohje. buildingSmart Finland. Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/wp->

[content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_3_Maarakennustoiden_toteumamallin_laadintaohje_V_0_9.pdf](#). Hakupäivä 12.4.2018.

Salmi, Juha 2015. Infra FINBIM vauhditti inframallintamisen läpimurtoa. Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/infra-finbim-vauhditti-inframallintamisen-lapimurtoa/>. Hakupäivä 15.4.2018.

Snellman, Sami – Suntio, Ville 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015. Osa 5.2: Maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje. buildingSmart Finland. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_2_Vaylarakenteen_toteutusmallin_laatimisohe_V_1_0.pdf. Hakupäivä 4.4.2018 ja 17.4.2018.

ST-urakan lähtötietojen sitovuus, rinnakkaiset tarjoukset ja innovaatiot. 2009. Liikennevirasto. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf2/4000701-v-st-urakan_lahtotiedot.pdf. Hakupäivä 24.4.2018.

Tekla. Saatavissa: <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-bimsight>. Hakupäivä 10.5.2018.

Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. 2017. Liikennevirasto. Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf. Hakupäivä 2.4.2018.

Tietomallintaminen uudistaa infra-alan. Rakennustietosäätiö RTS. Saatavissa: http://www.rts.fi/infrabim/infrabim_uusi/index.html. Hakupäivä 18.3.2018.

Valtatien 4 parantaminen välillä Joutsa–Kanavuori. Tiesuunnitelmaselostus. 30.6.2017. Laatija Sito Oy. Tilaaja Keski-Suomen ELY-keskus.

Valtatien 4 parantaminen välillä Kello–Räinänperä. Tiesuunnitelmaselostus. 15.2.2017. Laatija Destia Oy. Tilaaja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus.

Viasys. Saatavissa: <https://www.viasys.com/fi/tuotteet/>. Hakupäivä 10.5.2018.

Yleiset inframallivaatimukset. 2015. buildingSmart Finland. Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/>. Hakupäivä 15.4.2018.

Volume Report

Project: C:\Users\harjoittelija_1\Desktop\Oppari\Civil 3D\Ohituskaistatietesti.dwg

Alignment: ml

Sample Line Group: SL Collection - 1

Start Sta: 23+520.000

End Sta: 24+160.000

Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
23+520.000	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23+540.000	0.00	0.00	0.00	1.16	23.27	0.00	0.00	23.27	-23.27
23+560.000	0.00	0.00	0.00	1.16	23.18	0.00	0.00	46.45	-46.45
23+580.000	0.00	0.00	0.00	1.10	22.54	0.00	0.00	68.99	-68.99
23+600.000	0.00	0.00	0.00	1.20	22.93	0.00	0.00	91.92	-91.92
23+620.000	0.00	0.00	0.00	1.05	22.50	0.00	0.00	114.42	-114.42
23+640.000	0.00	0.00	0.00	1.10	21.53	0.00	0.00	135.95	-135.95
23+660.000	0.00	0.00	0.00	1.08	21.76	0.00	0.00	157.72	-157.72
23+680.000	0.00	0.00	0.00	0.83	19.09	0.00	0.00	176.81	-176.81
23+700.000	0.00	0.00	0.00	0.85	16.82	0.00	0.00	193.63	-193.63
23+720.000	0.00	0.00	0.00	0.88	17.28	0.00	0.00	210.91	-210.91
23+740.000	0.00	0.00	0.00	0.88	17.59	0.00	0.00	228.50	-228.50
23+760.000	0.00	0.00	0.00	0.84	17.21	0.00	0.00	245.71	-245.71
23+780.000	0.00	0.00	0.00	0.82	16.62	0.00	0.00	262.33	-262.33
23+800.000	0.00	0.00	0.00	0.83	16.54	0.00	0.00	278.88	-278.88
23+820.000	0.00	0.00	0.00	0.86	16.94	0.00	0.00	295.82	-295.82
23+840.000	0.00	0.00	0.00	0.92	17.87	0.00	0.00	313.69	-313.69
23+860.000	0.00	0.00	0.00	0.92	18.48	0.00	0.00	332.17	-332.17
23+880.000	0.00	0.00	0.00	0.91	18.38	0.00	0.00	350.56	-350.56
23+900.000	0.00	0.00	0.00	0.93	18.41	0.00	0.00	368.96	-368.96
23+920.000	0.00	0.00	0.00	0.94	18.70	0.00	0.00	387.66	-387.66
23+940.000	0.00	0.00	0.00	0.92	18.59	0.00	0.00	406.25	-406.25
23+960.000	0.00	0.00	0.00	0.90	18.21	0.00	0.00	424.46	-424.46
23+980.000	0.00	0.00	0.00	0.91	18.17	0.00	0.00	442.63	-442.63
24+000.000	0.00	0.00	0.00	0.89	18.05	0.00	0.00	460.68	-460.68
24+020.000	0.00	0.00	0.00	0.89	17.87	0.00	0.00	478.55	-478.55
24+040.000	0.00	0.00	0.00	0.92	18.16	0.00	0.00	496.72	-496.72
24+060.000	0.00	0.00	0.00	0.97	18.96	0.00	0.00	515.67	-515.67
24+080.000	0.00	0.00	0.00	0.93	19.05	0.00	0.00	534.72	-534.72
24+100.000	0.00	0.00	0.00	0.91	18.43	0.00	0.00	553.16	-553.16
24+120.000	0.00	0.00	0.00	0.92	18.33	0.00	0.00	571.49	-571.49
24+140.000	0.00	0.00	0.00	0.94	18.60	0.00	0.00	590.08	-590.08
24+160.000	0.00	0.00	0.00	0.90	18.35	0.00	0.00	608.43	-608.43

Projektitiedoston tiedot	Koordinaattijärjestelmä
Nimi:	Nimi: Oletus
Koko:	Datum: WGS 1984
Muutettu:	Alue: Oletus
Aikanalyysi:	Geoidi:
Virtensnumero:	Korkeusdatumi:
Kuvaus:	Kalibrointi työmaa:
Kommentti 1:	
Kommentti 2:	
Kommentti 3:	

Maanrakennustöiden tilavuusraportti

Luokittelematon pinta verrattuna Luokittelematon pinta

Pinnat	
Jakava kerros, yläpinta #212100	Jakava kerros, yläpinta
Sitomaton kantava kerros, yläpinta #213100	Sitomaton kantava kerros, yläpinta
	Luokitus: Luokittelematon
	Luokitus: Luokittelematon

Vain pintageometriaan perustuvat penkan tilavuudet

Leikkausmateriaali:	0,0 m ³
Täyttömateriaali:	1 374,8 m ³
Vaje:	1 374,8 m ³

Huom: "Leikkausmateriaali" määritellään materiaaliksi, jossa [Sitomaton kantava kerros, yläpinta #213100 Sitomaton kantava kerros, yläpinta] on alempiä kuin [Jakava kerros, yläpinta #212100 Jakava kerros, yläpinta]. "Täyttömateriaali" määritellään materiaaliksi, jossa [Sitomaton kantava kerros, yläpinta #213100 Sitomaton kantava kerros, yläpinta] on ylempiä kuin [Jakava kerros, yläpinta #212100 Jakava kerros, yläpinta].

Huom: yllä mainitut tilavuudet lasketaan ainoastaan valittujen pintojen geometrian perusteella. Materiaalien ominaisuuksia ei sovelleta yllä mainittuihin lukuihin.

Raportoidut tilavuudet rajoittuvat rajauksen sisäpuolelle oleviin.

Rajauksen nimi:	Testi
Rajan sisällä oleva alue:	124 863,8 m ² (12,5 ha)
Koko kolmioma alue:	7 046,5 m ² (0,7 ha)

Päiväys: 4.5.2018 11:25:14	Projekti:	Business Center - HCE
----------------------------	-----------	-----------------------