

ALEKSI VALTANEN

INFRARAKENTAMISEN ESITTELY- MALLIN TEKNISET EDELLYTYKSET

Insinööri (AMK)

Rakennus- ja yhdyskunta-
tekniikka

Kevät 2018



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tiivistelmä

Tekijä(t): Valtanen Aleksi

Työn nimi: Infrarakentamisen esittelymallin tekniset edellytykset

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Asiasanat: Inframalli, havainnollistaminen, Infrarakentaminen, 3D-mallinnus, esittelymalli

Infrarakentamisen suunnittelu ja rakentaminen pyrkii siirtymään paperisista kuvista ja dokumenteista digitaaliseen muotoon sekä osaksi tietomallintamisen prosessia. Tietomallinnus mahdollistaa hankkeiden koko elinkaaren tiedonhallinnan yhtenä kokonaisuutena. Suurina osa-alueina tähän digitalisaatioon ovat 3D-suunnittelu sekä 3D-suunnittelusta saatavat erilaiset mallit.

Suunnittelun siirtyessä 3D-suunnitteluun tulee tärkeäksi hallita myös suunnitteluohjelmistoista ulos kirjoitettava data ja sen käyttökohteet. Data voidaan muokata edelleen erilaisiin käyttötarkoituksiin kuten esittelykäyttöön sopiviin malleihin tai mittausaineistoihin urakoitsijoille. Tässä työssä keskityttiin käsittelemään infrarakentamisen suunnittelun mallinnusta sekä siitä saatavia hyötyjä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ja tutkia infrarakentamisen esittelymallien valmistamisen teknisiä vaatimuksia ja edellytyksiä. Selvitystä vaadittiin aihepiireihin, jotka käsittelevät tiedonsiirtoa, formaatteja eri suunnittelun ja mallien valmistamisen yhteydessä sekä valmistusprosessiin käytettävistä ohjelmistoista. Työn tavoitteena oli saavuttaa perustason tietämys 3D-pohjaisen suunnittelun havainnollistavasta mallinnuksesta sekä saavuttaa erityisosaamista esittelymallien valmistamisesta.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin tietomallinnuksen yleisiä hyötyjä infrarakentamisen osalta sekä syvennyttiin erilaisiin suunnittelun aikaisiin malleihin ja niiden hyötyihin infrarakentamisen osalta niin suunnittelu-, rakennus- kuin ylläpitovaiheessa.

Työssä kävi ilmi, että suunnittelijan tai henkilön joka esittelymallia luo, on hallittava usea eri tiedostformaatti, ohjelmisto sekä 3D-mallinnuksen periaatteet, jotta lopputuotteista tulisi toimivia ja tarkoituksenmukaisia.

Abstract

Author(s): Valtanen Aleksi

Title of the Publication: Technical requirements for showcase model in civil engineering

Degree Title: Bachelor of Engineering, Construction and Civil Engineering

Keywords: Infrastructure model, illustrate, civil engineering, 3D modeling, showcase model

Civil engineering and especially planning is going towards a digital age and building information modeling instead of old paper drafting and documents. Two of the major areas of this digitalization include 3D based planning and different types of 3D models which are extracted from the 3D based plans.

When the whole planning and engineering process is moving towards 3D based planning, it becomes important for the engineer working on the draft to be able to control and manage the data output of various design programs. The data can be written in different output formats for different purposes. For example, survey data for land surveyors working with contractor or many types of models visualizing different types of information about the construction project.

The purpose of this thesis was to find out and research the technical requirements for constructing a showcase model in civil engineering. The areas which needed research were data formats, transferring data between design programs and programs itself vital to do 3D based planning or creating these 3D showcase models.

In this thesis I converse on general benefits of building information modeling and more specific into different types of information models from the perspective of different sectors of construction such as planning, constructing and upkeeping.

Thesis showed that the engineer who creates these showcase models, has to master several different programs, data formats and 3D modeling principles to make the end products functional and appropriate for the purpose.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Inframallit	3
2.1	Yleiset inframallivaatimukset	3
2.2	Tietomallipohjaisen infrahankkeen suunnittelun yleisiä periaatteita	4
2.3	Inframallit	5
2.3.1	Lähtötietomalli.....	6
2.3.2	Suunnittelumalli	8
2.3.3	Yhdistelmämalli.....	9
2.3.4	Toteutusmalli	10
2.3.5	Esittelymalli.....	11
2.4	Inframallien hyödyt rakentamisen eri vaiheissa	12
2.4.1	Suunnittelu.....	13
2.4.2	Rakentaminen.....	13
2.4.3	Ylläpito.....	14
2.4.4	Työturvallisuus.....	14
3	Esittelymallin valmistamisen tekniset edellytykset	15
3.1	Lähtötiedot	15
3.1.1	Lähtöaineisto	16
3.1.2	Suunnitteluaineisto	16
3.1.3	Esittelymalliin sijoitettava muu aineisto	17
3.2	Tiedonsiirto ja formaatit	18
3.2.1	LandXML ja inframodel	19
3.2.2	IFC.....	20
3.2.3	LAS.....	21
3.2.4	DXF	22
3.2.5	FBX	23
3.3	Valmistusprosessi ja käytettävät ohjelmistot.....	23
3.3.1	Autodesk ReCap.....	23
3.3.2	Trimble SketchUp	24
3.3.3	Autodesk Civil3d	25
3.3.4	Autodesk 3dsMax	27

3.4	Käyttöliittymä.....	28
3.4.1	Ohjelmistojen sisäänrakennetut 3D-katselusovellukset.....	29
3.4.2	Sketchfab.....	30
3.4.3	Pelimoottorit.....	31
4	Pohdintaa.....	33
	Lähteet.....	35

Symboliluettelo

3D-malli	Kolmiulotteinen malli, joka sisältää geometrista dataa x-, y- ja z-akselin suhteen.
buildingSMART	Rakennetun ympäristön tietomallintamisen yhteistyöfoorumi.
DXF	Tiedostoformaatti, joka sisältää kolmiulotteista dataa kuten viivoja sekä kolmiulotteisia pintoja.
FBX	Tiedostoformaatti kolmiulotteisille malleille.
Fotogrammetria	Kohteiden kolmiulotteista mittausta kohteesta otetuilla valokuvilla.
IFC	Rakennusalan standardi tiedon siirtoon tietokonejärjestelmästä toiseen.
Inframalli	Infra-alan tietomalli, joka sisältää suunniteltua ja olemassa olevaa tietoa rakennushankkeesta.
Infrarakentaminen	Infrastruktuurin rakentamista johon sisältyy muun muassa väylä-, silta- sekä verkostojen rakentamista.
LandXML	Tiedostoformaatti, joka on kehitetty infrarakentamisen suunnittelun tarpeisiin.
LAS	Tiedostoformaatti, joka käsittää laserskannaus-dataa.
Laserskannaus	Kohteen mittaamista laserin avulla, skannaus tuottaa pistejoukon mitatusta kohteesta.
Lisätty todellisuus	Näkymä, johon on lisätty tietokonegrafiikalla tuotettuja elementtejä, jota käyttäjä tarkastelee läpikatseltavien näyttöjen kautta.
Maastomalli	Maaston pintamalli, joka sisältää korkeustietoa sekä taiteviivoja maastosta.

Tietomalli	Digitaalisessa muodossa olevan rakennelman kolmiulotteista esittämistä ominaisuustietoineen.
Valokuvarenderointi	3D-mallinnusohjelmiston sisällä luotu valokuva mallista.
Virtuaalitodellisuus	Tietokoneen luoma ympäristö, johon käyttäjä pääsee käsisiksi erikoislaitteistolla. Käyttäjä kokee virtuaalitodellisuuden mittakaavat todellisina teknologian avulla.

1 Johdanto

Rakennusalan suunnittelu siirtyy kohti 3D-suunniteltuja hankkeita sekä ympäristöjä. Ennen asiakkaille toimitettiin 2D-kuvia rakenne-, sähkö- sekä viemärisuunnitelmista. Suunnitelmakuvat ovat hyvin yksityiskohtaisia ja sisältävät rakennusalan symboleja ja termistöä. Vain rakennusalan ammattilaisilla on valmiudet ymmärtää täysin edellä mainittuja merkintöjä. Rakennushankkeissa on mukana ihmisiä useilta eri koulutustaustoilta, eikä voida olettaa samaa teknistä asiantuntemusta suunnitelmakuvien tulkinnasta.

Avuksi havainnollistamiseen on otettu 3D-suunnittelu sekä 3D-mallit. Malleja käytetään rakennushankkeen eri vaiheissa. Mallien ollessa helposti lähestyttäviä ja havainnollistavia, saadaan rakennushankkeesta palautetta jo aikaisessa vaiheessa. Mahdollisista muutoksista ja vaihtoehtoisista ratkaisuista päästään keskustelemaan heti suunnittelutyön alkaessa.

Infrarakentamisen suunnittelutyön luonteen muuttuessa myös esitystavat suunnitelmista ovat muuttumassa. Kaksiulotteisten kuvien rinnalla käytetään enenevässä määrin inframalleja. 3D-suunniteltu hanke ja siitä työstetyt erilaiset 3D-mallit ovat työkaluja niin suunnittelijalle, rakentajalle, tilaajalle kuin käyttäjällekkin.

Inframallien käyttö Suomessa lisääntyy jatkuvasti, mutta mallien käyttö on pitkään rajoittunut vain suunnittelijoiden omien ohjelmistojen sisälle luoduiksi esittelytyökaluiksi, joita on harvoin mahdollisuus päästä tarkastelemaan. Suuri syy mallien vähäiselle tai rajoittuneelle käytölle on mallien valmistamiseen vaadittava osaamisen määrä. Suunnittelijoilta vaaditaan erityisosaamista niin suunnitteluohjelmistoista kuin 3D-mallinnusohjelmistoista. Opinnäytetyö kertoo inframallien hyödyistä, haasteista, toteutuksesta sekä jatkojalostamisesta infrarakentamisen osalta

Työn tilaaja oli Infrasuunnittelu Oy, kajaanilainen infrarakentamisen suunnitteluun, valvontaan sekä mittauspalveluiden tuottamiseen erikoistunut yritys. Työn tavoitteena on selvittää Infrasuunnittelu Oy:lle 3D-pohjaisen suunnittelun rinnalla käytettävistä 3D-malleista saatava hyöty sekä vaatimukset niiden tekemiseen. Tällä hetkellä yrityksessä käytetään esittelymalleja hyvin vähän varsinaisten 2D-kuvien rinnalla ja tavoitteena on tuottaa esittelykäyttöön malleja nopealla aikataululla suunnittelutyön ohessa.

Työ on rajattu käsittelemään mallien perustason teknistä toteutusta sekä työssä on esitelty mallin valmistukseen vaadittavia ohjelmistoja sekä formaatteja, joiden parissa mallin valmistajan tulee toimia. Ohessa käsitellään erityisesti inframallista jatkokäsiteltyä esittelymallia koskevia edellytyksiä. Jatkossa työtä laajennetaan yrityksen sisällä. Tämän selvitystyön pohjalta voidaan siirtyä käsittelemään mallien soveltuvuutta yrityksen suunnittelukohteisiin ja tilaajien tarpeisiin eikä aikaa tarvitse käyttää oikeiden formaattien ja ohjelmistojen etsimiseen.

Opinnäytetyössä on esitelty vain muutama käyttöliittymä ja ohjelmisto, joilla esittelymalleja voidaan tuottaa. Yrityksestä riippuen jokaisella suunnittelijalla ja mallintajalla on oma prosessinsa mallin luomiseen. Ohjelmistoyritykset haluavat myös tuoda omat 3D-mootorit ja käyttöliittymät mallien luomiseen, käyttöön sekä jakoon.

2 Inframallit

Inframalli on infra-alan tietomalli, 3D-ympäristössä vapaasti liikuteltava ja tarkasteltava malli, johon havainnollistetaan hankkeen ympäristö, suunnitelmat sekä vaihtoehtoiset ratkaisut yhdeksi kolmiulotteiseksi kokonaisuudeksi. Inframalleja käytetään työkaluna niin suunnittelussa, rakentamisessa kuin ylläpidossa.

2.1 Yleiset inframallivaatimukset

Rakennustietosäätiön erityispäätoimikunta buildingSMART Finland ja sen infratoimialaryhmä vastaa ”Yleiset inframallivaatimukset”-ohjeiston julkaisemisesta. Ohjeiston tarve on syntynyt suurimpien tilaajien tavoitteesta siirtyä tietomallintamisen laajamittaiseen käyttöön osana suunnittelua ja rakentamista. Tilaajilla ja palvelujen tarjoajilla tulee olla yhteinen näkemys siitä, mitä ja miten hankkeiden eri vaiheissa mallinnetaan [1, s. 3].

”Yleiset inframallivaatimukset” koostuu seuraavista osista:

1. Tietomallipohjainen hanke
2. Yleiset mallinnusvaatimukset
3. Lähtötiedot
4. Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa
5. Rakennemallit; Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päällys- ja pintarakenteet ja maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) ja toteumamallin laadintaohje
6. Rakennemallit, järjestelmät
7. Rakennemallit, rakennustekniset rakennusosat
8. Inframallin laadunvarmistus
9. Määrälaskenta, kustannusarviot
10. Havainnollistaminen
11. Infran hallinta
12. Inframallin hyödyntäminen eri suunnitteluvaiheissa ja infran rakentamisessa [1, s. 3]

2.2 Tietomallipohjaisen infrahankkeen suunnittelun yleisiä periaatteita

Suunnitteluhankkeen aloitusvaiheessa tulee suunnitella tietomallinnuksen toteutus, Yleisien inframallivaatimusten mukaan läpikäytäviä ja dokumentoitavia asioita ovat:

- mallintamisen tavoitteet
- inframallin käyttötarkoitukset
- mallintamisen laajuus, tarkkuustaso ja noudatettavat ohjeet
- mallin dokumentointi
- prosessin kuvaus: organisointi, yhteistyö ja tiedonvaihto, aikataulu
- määrälaskennan ja kustannushallinnan menettelyt
- laadunvarmistus

Hankintavaiheessa voidaan luoda erillinen tietomallinnussuunnitelma, joka pitää sisällään tietomallin laajuuteen ja tarkkuustasoon vaikuttavat asiat. Erillistä tietomallinnussuunnitelmaa ei ole välttämätöntä tehdä mutta hankkeen laajuudesta ja osallistuvien suunnittelijoiden määrästä riippuen se on hyvä ratkaisu pitää koko suunnittelutiimi ajan tasalla lähtökohdista ja tavoitteista [1, s.10].

2.3 Inframallit

Inframalli havainnollistaa nykytilanteen sekä suunnitelmat helposti lähestyttävällä tavalla. Vapaasti liikkumalla mallia voidaan tarkastella laajemmin kuin pelkästään 2D-kuvia. Mallia käytettäessä varhaisessa vaiheessa voidaan havainnollistaa vaihtoehtoisia suunnitelmia sekä käyttää mallia eräänlaisena kommunikaatiovälineenä hankkeeseen osallistuvien, suunnittelijan sekä tilaajan välillä.

Sovelluskohteita inframalleille ovat:

- kaupallisten rakennushankkeiden näkyvyydestarkastelut
- liikenneturvallisuuteen liittyvät näkemätarkastelut
- suunnittelun eri osa-alueiden yhteensopivuus
- suunnitelman sopivuus ympäristöönsä
- vaihtoehtovertailut [2]

Tietomallien lisääntymisen myötä todettuja hyötyjä tilaajille sekä omistajille ovat olleet tuottavuuden sekä laadun parantuminen, kustannussäästöt, prosessien nopeutuminen ja parempi hallinta, tehokkaampi sähköinen kilpailuttaminen, tuote- ja ohjelmistoriippuvuuden vähentyminen, parempi tiedonhallinta käytön aikaisessa johtamisessa sekä infra-alan vetovoimaisuuden lisääntyminen [3, s. 26]. Taulukossa 1 esimerkkejä tietomallien hyödyistä tierakennushankkeen eri vaiheissa.

Taulukko 1. Neljä esimerkkiä tietomallien hyödyistä tierakennushankkeen eri vaiheissa. Tummempi väritys tarkoittaa, että, mainittu asia tulee vahvemmin esille kyseisessä vaiheessa [3, s. 27].

	Esisuunnittelu	Yleissuunnittelu	Tiesuunnittelu	Rakennus-suunnittelu	Urakkatarjous-vaihe	Rakentaminen	Hoito ja ylläpito
Tiedon jälleenkäyttöarvo							
Suunnittelun laadunvarmistus							
Visualisointi ja vuorovaikutus							
Työmaaprosessien tehostaminen							

2.3.1 Lähtötietomalli

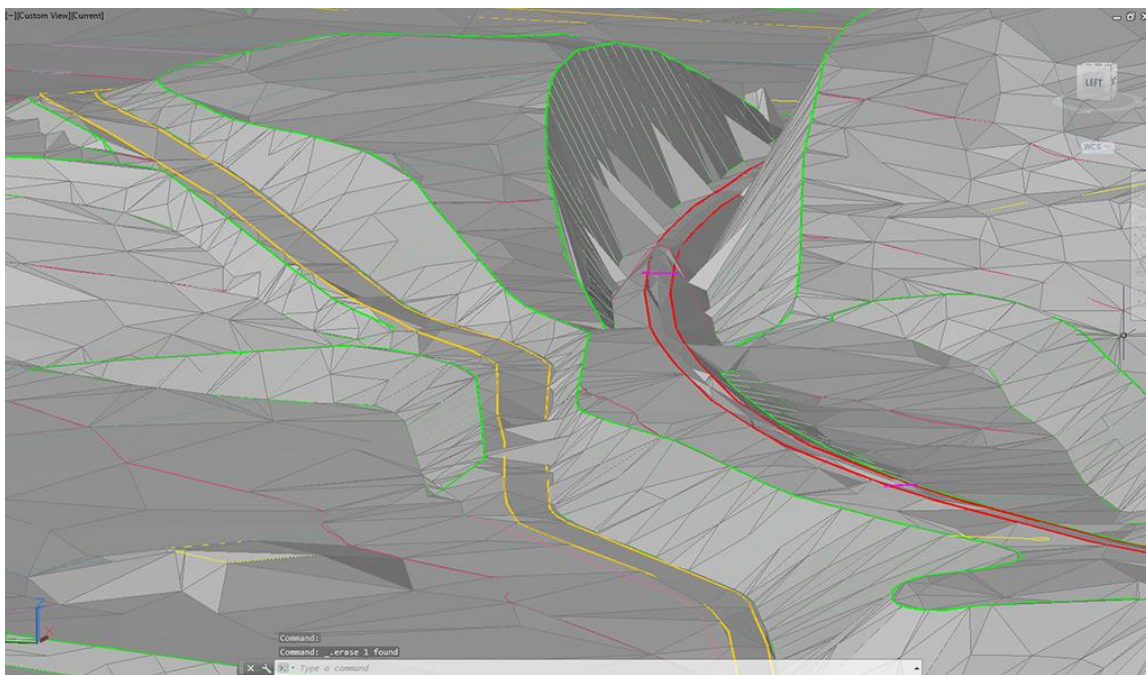
Lähtötietomalli sisältää hankkeen kaikki lähtötiedot dokumentoituna kokonaisuutena. Malli kuvaa nykytilannetta sisältäen mallinnettuja aineistoja kuten esimerkiksi olemassa olevia rakennuksia sekä kartta- ja maanpinta-aineistoja.

Lähtötietomalli on perustana suunnitteluvaiheelle ja varsinaisille suunnittelumalleille. Hankkeen laajuudesta riippuen lähtötietomallien koko vaihtelee. Yleissuunnitelmavaiheessa vaihtoehtotarkasteluja tehdään hyvinkin laajoille alueille. Mitä rajatumpaan alueeseen siirrytään, sitä tarkempaa ja luotettavampaa tulee lähtöaineiston olla [4, s. 17].

Suunnittelun edetessä lähtötiedot saattavat muuttua, jolloin lähtötietomalliakin täytyy päivittää. Muista aineistosta voi löytyä myöhemmin tarkempaa dataa tai kohteeseen suoritetaan tarkentavia mittauksia.

Useissa tilanteissa tietoja saadaan alussa niukasti maanalaisista rakenteista sekä maaperästä, jolloin suunnitelmia sekä tietoja täydennellään suunnittelun edetessä. Usein infrarakentamisen suunnittelun edetessä tehdään tutkimuksia muun muassa mahdollisen kalliopinnan selvittämiseksi.

Suunnitteluohjelmistoissa lähtötietomalliin syötetään pohjatutkimuspisteitä sekä kairausaineistoja, joiden perusteella ohjelman sisällä voidaan massanlaskennan yhteydessä selvittää louhintamääriä. Kuvassa 1 havainnollistettuna maastomallin mittausdataa 3D-mallin. Eriväriset viivat viittaavat rakenteiden eri osiin, kuten ajoradan reunaan (punainen) tai luiskan yläreunaan (vihreä).

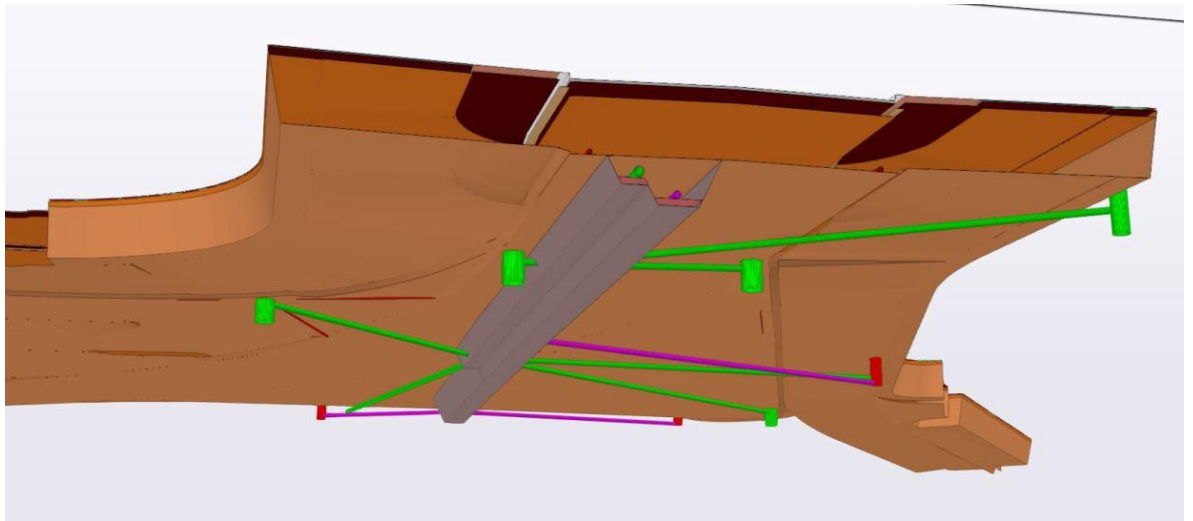


Kuva 1. Mittausdatasta koostettu maastomalli toimii lähtötietomallina [5].

2.3.2 Suunnittelumalli

Suunnittelumalli on infrarakenteen tai -järjestelmän malli, joka kattaa suunnittelijoiden tekemät suunnitteluratkaisut. Pohjana käytetään lähtötietomallia, jolloin saadaan luotua todennukainen käsitys suunnitellusta tilanteesta. Mallia voidaan myös vaiheistaa esimerkiksi esi-, yleis-, väylä- ja rakennus- tai rakentamissuunnittelumalleihin [6, s. 9].

Suunnittelumalleissa pyritään korostamaan väreillä eri rakenneosia, jotta osat ja pinnat erottuvat toisistaan sekä havainnollistavat tilannetta paremmin. Yleensä suunnittelumallit tulevat suoraan suunnitteluohjelmistoista niiden katselusovellusten kautta tarkasteltaviksi. Katseluohjelman sisällä niistä otetaan oheisen kuvan 2 mukaisia kuvankaappauksia. Suunnitteluohjelmistoista voidaan kirjoittaa ulos suunnittelumalleja, jotka käsitellään 3D-ohjelmistoilla käyttäjälle katselukelpoisiksi. Kuvassa 2 havainnollistettuna suunnittelumalli, jossa näkyy ajoradan rakenteita, putkikaivantoa sekä vesihuoltosuunnitelman putkistoja.



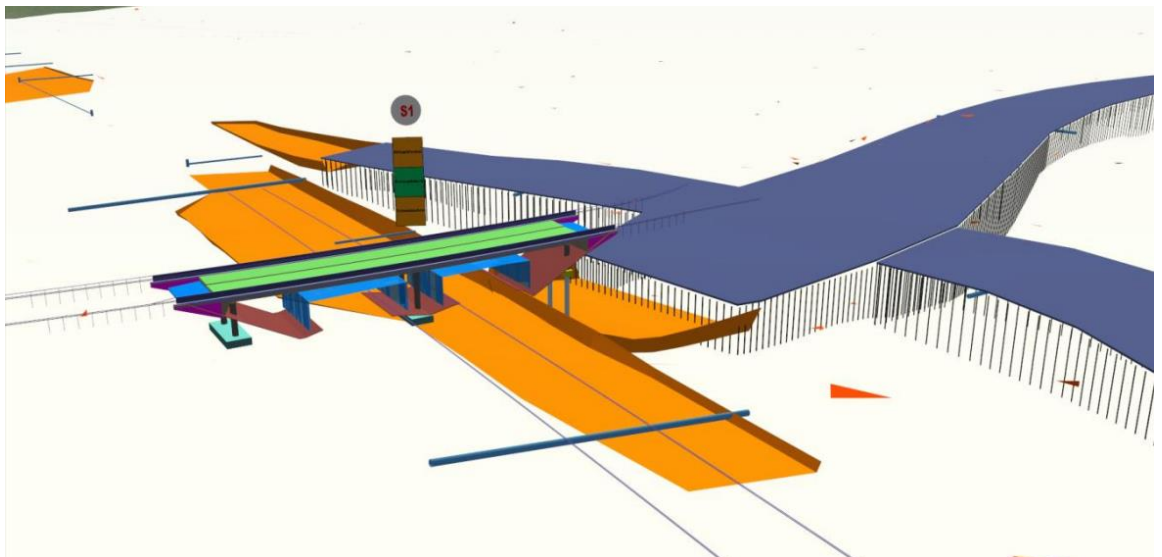
Kuva 2. Suunnittelumalli joka sisältää tien rakenne-, kaivanto- ja vesihuoltosuunnitelman [7].

2.3.3 Yhdistelmämalli

Yhdistelmämallissa on tuotu yhteen niin lähtötieto- kuin suunnittelumalli ja se pitää sisälleen kaiken mallinnetun datan kohteeseen liittyen. Yhdistelmämalliin voidaan lisätä dokumentteja ja määrätietoja kohteesta sekä jatkojalostaa malleja eri käyttöalustoille. Yhdistelmämallin tarkoitus on varmistaa eri tekniikkalajien ja eri hankeosien suunnitelmien yhteensopivuus. Rakennushankkeen laajuudesta, ohjelmistosta ja käyttötarkoituksesta riippuen yhdistelmämallilla on erilaisia näkökulmia:

- Väylähankkeessa erilliseen katseluohjelmaan eri tekniikkalajien mallit kokoava yhdistelmämalli.
- Suunnittelussa eri tekniikkalajit ovat pääosin yhteisessä mallissa, jota täydennetään lähinnä silloilla ja taitorakenteilla, jotka suunnitellaan eri ohjelmistolla.
- Laaja aluerakennuskohde jossa yhdistellään usean eri toimijan tuottamia rakennusten, infran ja taitorakenteiden malleja. [1, s. 11-12]

Kuvassa 3 havainnollistettuna yhdistelmämalli tiesuunnitelmavaiheesta. Kuvassa on esitetty sillan ja pohjanvahvistuksen rakenteita.

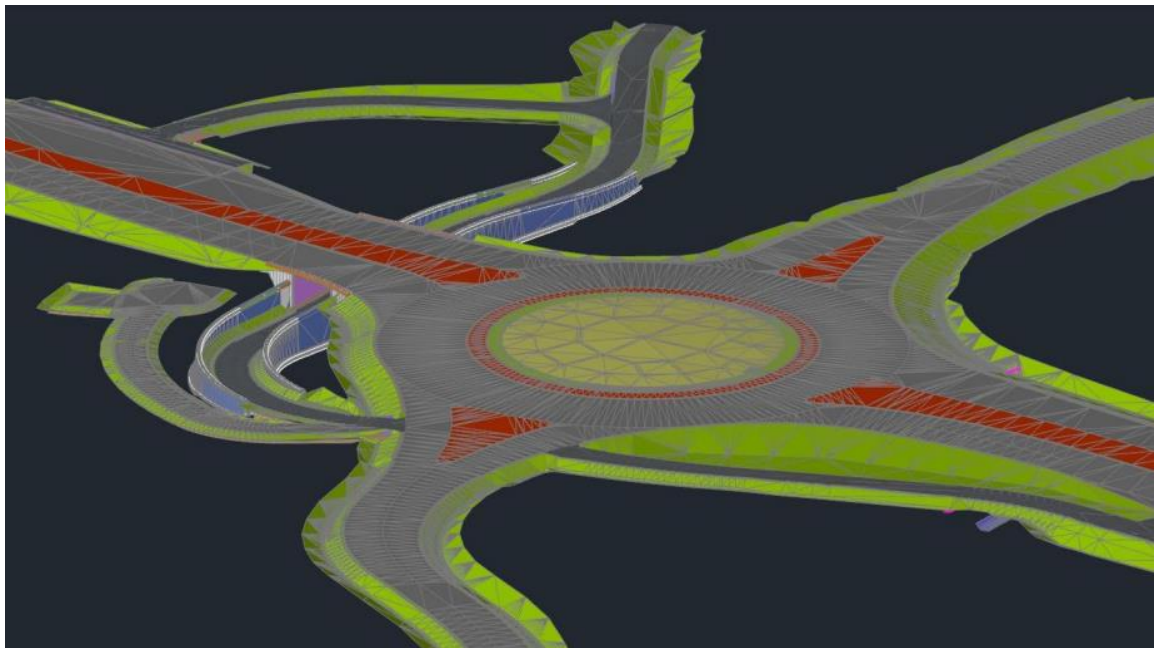


Kuva 3. Esimerkki tiesuunnitelmavaiheen yhdistelmämallista, jossa on esitetty sillan ja pohjanvahvistuksen rakenteet [8].

2.3.4 Toteutusmalli

Toteutusmalli on rakennettavan kohteen malli, joka sisältää rakennepinnat sekä muodot 3D-taiteviivoina sekä kolmioverkkomalleina. Malli on siis riisuttu versio suunnittelumallista ja sisältää ainoastaan oleellisen datan kohteen kannalta. Työmaa voi hyödyntää toteutusmallin sisältämää dataa esimerkiksi mittaus- ja merkintäaineistoissa sekä koneohjausmalleissa [4, s. 33].

Koneohjausmalleissa eri rakennepinnat luetaan maansiirtokoneisiin kolmioverkkoina, jolloin GPS-paikantimella varustetut koneohjausjärjestelmät näyttävät työntekijälle rakennesien tarkat paksuudet sekä korkoasemat. Kuvassa 4 kiertoliittymän ja väylien toteutusmalli kolmioverkkona. Kuvassa eri väreillä havainnollistetaan rakenteiden eri osia, harmaa väri viittaa päällysteeseen ja vihreä väri luiskarakenteisiin.



Kuva 4. Kiertoliittymän ja väylien toteutusmalli kolmioverkkona [9].

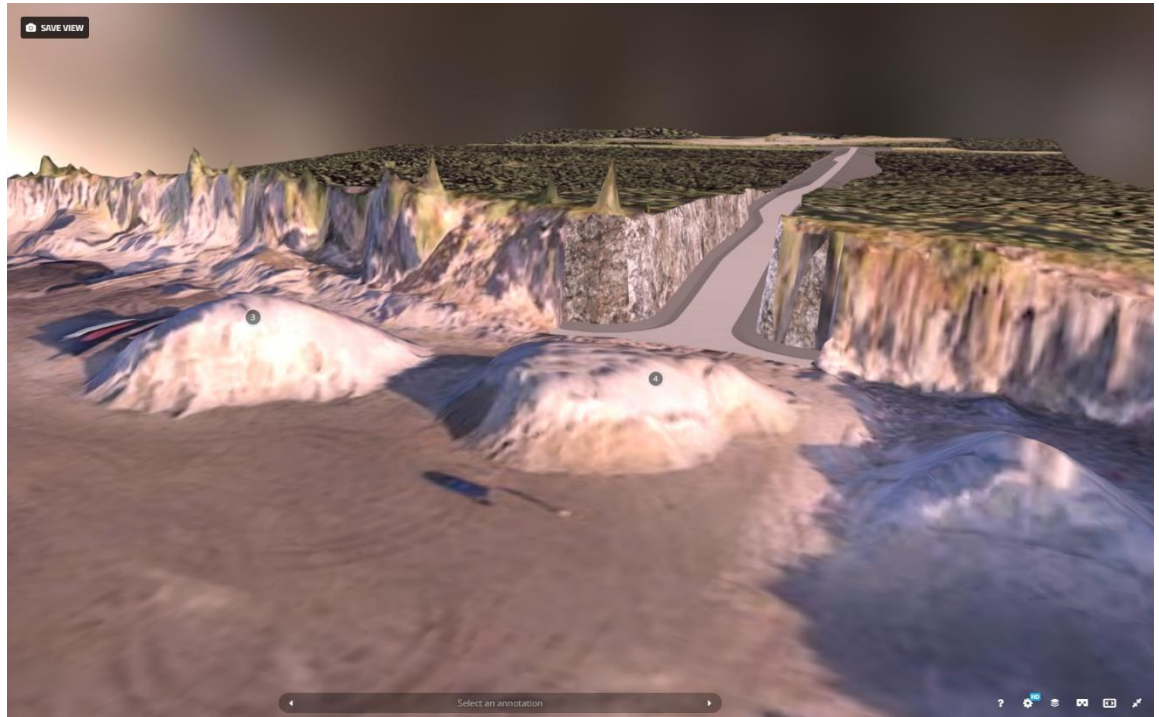
2.3.5 Esittelymalli

Esittelymalli on edellä mainituista malleista jalostettu, esittelykäyttöön ja havainnollistamiseen tehty malli. Malli sisältää rakennepintojen tekstuureja, valoa, varjoja ja muita yksityiskohtia, jotka tekevät mallista visuaalisesti mahdollisimman todellisuutta vastaavan. Esittelymalleista voidaan tehdä vapaasti pyöriteltäviä 3D-sovelluksia tai valokuvarenderointeja niin esittely- kuin markkinointitarkoituksiin. Kuvassa 5 valokuvarenderointi väylähankkeen esittelymallista.



Kuva 5. Valokuvarenderointi väylähankkeen esittelymallista [10].

Kuvassa 6 on kuvankaappaus selainpohjaisella katseluohjelmalla käynnissä olevasta 3D-esittelymallista.



Kuva 6. Kuvankaappaus selaimessa toimivasta 3D-esittelymallista [11].

2.4 Inframallien hyödyt rakentamisen eri vaiheissa

Inframallien keskeisin tehtävä rakennuksen vaiheissa on havainnollistaminen. Etuja ovat muun muassa:

- Eri suunnitelmavaihtoehtojen vertailun ja analysoinnin helpottuminen
- Eri osapuolten välisen vuorovaikutuksen tehostaminen
- Suunnitelman laadun optimointi
- Päätöksenteon tuki ja helpottuminen
- Ristiriitojen ja/tai epäjatkuvuuskohtien havaitseminen
- Toimii tiedottamisen ja markkinoinnin apuna medioissa [12, s.14]

2.4.1 Suunnittelu

Ennen asiakkaalle toimitettiin 2D-kuvat suunnittelukohteista niin rakenne-, sähkö- kuin viemärisuunnitelmista. Vain rakennusalan ammattilaisilla on valmiudet esimerkiksi ymmärtää täysin merkinnät, symbolit sekä tekniset detaljit eri kohteista. Jos keskusta-alueen katurakentamisessa on mukana kaupungin edustajia, jotka eivät välttämättä ole koulutukseltaan rakennusalan ammattilaisia, on kolmiulotteinen hahmottaminen helppo ja nopea tapa saada suunnitelmat visualisoitua ja havainnollistettua [13, s. 4].

Käyttäjä pääsee itse tutkimaan suunnitelmia eri näkökulmista, havainnoimaan eri vaihtoehtoja, niiden toimivuutta ja kustannusvaikutuksia sekä vaikuttamaan siihen, mitä on tilaamassa. Kun vuorovaikutus suunnittelijan ja tilaajan välillä lisääntyy, vähenee suunnitelmien ja korjausehdotusten edestakainen lähettäminen huomattavasti. Kun suunnittelu-työ on kolmiulotteista sekä mallit helposti saatavilla, ovat mahdolliset muutostoiveet helpommin selvitettävissä ja kerrottavissa suunnittelijalle [13, s. 5].

Etenkin toiminnallisuutta lisäävissä malleissa kuten virtuaaliodellisuusympäristöön valmistetussa mallissa käyttäjä kokee mittakaavat ja etäisyydet todellisina, jolloin virheet tai vaihtoehtoiset ratkaisut tulee helposti havainnoitaviksi. 2D-kuvien tulkinnessa voi olla eroja osallisten välillä, jolloin paperilla kaikki näyttää hyvältä, mutta virtuaaliodellisuus näyttää aivan toista.

Esittävä havainnollistaminen on osa hankkeen markkinointia, sillä se on visuaalista ja myyväää. Lopputuotteita, kuten 3D-malleja, havainnekuvia ja animaatioesityksiä voidaan esittää eri medioissa, esittelytilaisuuksissa ja tapahtumissa [12, s.12].

2.4.2 Rakentaminen

Etenkin tietomallit toimivat rakentamisen aikaisina seurantatyökaluina työmaan etenemisestä. Tietomalliin voidaan päivittää suoritettuja työvaiheita sekä dokumentoida toteutuneita menekkejä ja massoja. Vastaavaa dokumentointia voidaan myös ylläpitää inframalleissa esimerkiksi selainpohjaisella mallilla, johon mallia hallitseva taho voi lisätä dokumentteja ja huomioita rakentamisen aikana.

Rakentamisen aikana inframallien esittävä havainnollistaminen on tärkeää ja sitä hyödynnetään mm. pelastusviranomaisten koulutusmateriaaleissa sekä työmaan aikaisten liikenteenohjauksen sekä valmistuvan kohteen käyttöönottoon liittyvissä opasteissa ja opastusvideoissa [12, s. 22].

2.4.3 Ylläpito

Inframalliin voidaan myös sisällyttää tietoja sekä dokumentteja erilaisista komponenteista. Muuntoaseman komponentteihin voidaan lisätä tuotetietokortteja tai ohjeita huoltotoimenpiteisiin. Malleja pystyy tarkastelemaan kentältä käsin mobiililaitteista, jolloin huoltotoimenpiteiden osoittaminen tiettyihin komponentteihin on helpompaa. Tulevaisuudessa teknologia myös mahdollistaisi lisätyn todellisuuden käyttämisen ylläpitotoimenpiteissä. Lisätyn todellisuuden avulla huoltomiehelle voidaan osoittaa vaurioitunut tai huoltoa kaipaava komponentti suoraan mallista ja lisätyt tietoyhteydet toisivat reaaliaikaista dataa käyttäjän tai huoltohenkilön nähtäville [12, s 24].

2.4.4 Työturvallisuus

Inframallien tarkastelu tuo varhaisessa vaiheessa esille työturvallisuuteen liittyviä ongelmia sekä riskejä. Esimerkiksi malliin voidaan havainnollistaa suoja-aitoja sekä -etäisyyksiä tietyömaalla. Inframalliin voidaan myös liittää pelillisiä ominaisuuksia jotka tuovat simuloituja tilanteita käyttäjän nähtäville. Tällaisessa ympäristössä voidaan havainnollistaa puutteita työturvallisuudessa erilaisilla työmailla. Inframalleista saatuja havainnekuvia ja videoita käytetään koulutusmateriaalina pelastuslaitoksilla sekä työmaalla esittämään liikennejärjestelyjä. [12, s. 22].

Inframalleista jalostetuilla esittelymalleilla ja etenkin VR-tekniikalla tuotettuja sovelluksia voidaan käyttää työturvakoulutuksen apuna. Virtuaalinen koulutusympäristö voidaan toteuttaa virtuaalitodellisuus (Virtual Reality) -teknologialla, jolloin käyttäjä pääsee virtuaalimaailman sisälle ja kokee skenaariot todellisessa mittakaavassa. Käyttäjää voidaan perehdyttää työtehtäviin, työmaahan tai voimassaoleviin työturvallisuuslakeihin ja säädöksiin.

3 Esittelymallin valmistamisen tekniset edellytykset

Käytännössä mallien valmistamisen välillä ei ole niin selkeätä jakoa, että oheisia otsikoita voisi jaotella käsittelemään vain yhdenlaista mallia kerrallaan. Mallin valmistaja koostaa tarvittavan mallin tiedoista suunnitteluohjelmien ja mallinnusohjelmien kesken eikä varsinaisesti tarkkaa toteutuksellista jaottelua mallien välillä ole. Eri käyttötarkoituksiin halutaan muun muassa näkyville erilaista dataa sekä olemassa olevaa dataa karsittuna versiona varsinaisesta suunnittelutyöstä esimerkiksi maanpintamallit.

Seuraavissa otsikoissa on esitelty teknisiä vaatimuksia esittelymallin tekemiseen, mutta monet asiat liittyvät myös yleisesti inframallien valmistamiseen, aiheita on käsitelty esittelymallin tarpeiden näkökulmasta.

3D-suunnittelusta infrahankkeesta ja sen inframallista voidaan jalostaa esittelymalli, joka koostuu inframallin tapaan usean eri lähteen datasta kuten olemassa olevista maastomalleista, mallia varten mitatusta aineistosta, suunnitteluaineistosta sekä malliin mahdollisesti myöhemmin sijoitettavista aineistosta.

Seuraavassa läpikäydyt otsikot ja aihepiirit pätevät yleisesti inframallien valmistamiseen, mutta näkökulmaksi on otettu esittelymalliin soveltuva data ja sen käsittely. Vaikka Yleiset Inframallivaatimukset 2015 ja tämä opinnäytetyö jäsentää erilaiset mallit vaiheittain, todellisuudessa etenkin pienemmissä hankkeissa suunnittelutyön ohella malleja koostetaan tilannekohtaisesti eri tarpeisiin.

Pienessä suunnittelutoimistossa suunnittelija ylläpitää itse malleja ajan tasalla ja tekee tilannekohtaisia vedoksia ja esittelymalleja tarpeen mukaan. Suurissa hankkeissa työryhmä koordinoi inframallien ylläpitoa ja siihen on määrätty oma henkilöstö tekemään kyseistä työtä.

3.1 Lähtötiedot

Esittelymallin pohjana on lähtötietomalli, suunnitteluaineistot sekä muu malliin sijoitettava aineisto. Mallin tekijän täytyy tietää ja osata käsitellä, millaisessa muodossa data kirjoitetaan ulos mistäkin ohjelmistosta seuraavan prosessin jatkokäsittelyä varten.

3.1.1 Lähtöaineisto

Lähtöaineisto koostuu lähtötietomallista, joka sisältää dataa maastomallista, maaperämallista, rakenteista ja järjestelmistä sekä kartta ja paikkatietoaineistosta [6, s.14]. Maastomalli on kolmioitu verkko, joka vastaa olemassa olevaa maanpintaa. Maastomalli voidaan tuottaa itse mittaamalla tai esimerkiksi käyttämällä Maanmittauslaitoksen Avoimien aineistojen tiedostopalvelua.

Mittaamalla tuotettu maastomalli voidaan toteuttaa esimerkiksi GPS-mittausvälineistöllä, fotogrammetrialla tai laserkeilaamalla. Mitattu aineisto käsitellään mittaajan sekä mallin valmistajan toimesta mahdollisten virheiden varalta sekä yhtenäistetään data niiltä osin kuin on tarvetta. Itse tuotettu maastomalli takaa juuri sen tarkkuuden mitä kyseinen inframalli vaatii. Omien kokemuksieni pohjalta voin todeta eri lähteiden aineistojen laadun vaihtelevan suuresti, jolloin parhaan lopputuloksen saa, kun pääsee itse määrittämään maastomallin tarkkuutta jo mittausvaiheessa. Maastomalleja voi myös tulla inframallin tai esittelymallin tilanneelta asiakkaalta. Tällöin on tärkeää tarkastaa malli virheiden varalta ja selvittää mallin tarkkuus.

Esittelymallin tarpeisiin lähtötietomallista karsitaan ylimääräistä tietoa pois ja pyritään pitämään data mahdollisimman kevyenä jatkokäsittelyä varten. Kun haetaan lopputulokseen visuaalisuutta, ei ole järkevää tehdä mallista liian tarkkaa ja raskasta, jolloin jatkossa työstäminen vaikeutuu.

3.1.2 Suunnitteluaineisto

Esittelymalliin sijoitetaan suunnittelumallin sisältämiä aineistoja kuten teitä, alueita, putki-suunnitelmia ja ratasuunnitelmia. Ohjelmistoista ja suunnittelijoista riippuen uloskirjoitettava data on harvoin täydellistä. Mallin valmistajan tulee käsitellä suunnitteluaineisto ja korjata mahdolliset virheet. Usein uloskirjoitetuissa tiesuunnitelmissa 3D-formaatissa on päällekkäisyyksiä ja epäjatkuvuuksia, jotka tulee korjata ennen tietomalliin viemistä mahdollistaen virheettömän visuaalisen ilmeen.

Esittelymallissa voi olla näkyvillä rakenneosien eri pintoja kuten valmis yläpinta, rakennekerrosten pintoja tai kaivutason alapinta. Esittelymallin valmistajalla tulee olla kokonaisvaltainen käsitys rakennepinnoista, niiden paksuuksista sekä uloskirjoitusvaiheessa erottaa ne toisistaan, jotta malliin ei tule liikaa tai liian vähän dataa. Mikäli kyseessä on valmiin yläpinnan sisältämä havainnollistava esittelymalli, on turhaa lisätä pinnan alle muita rakennepinnoja jotka vaikuttavat mallin suorituskykyyn negatiivisesti.

Esittelymallin kannalta suunnitteluaineisto on hyvä käsitellä ja editoida pois ylimääräiset taiteviivat tai korjata virheelliset rakennepinnot. Suunnittelumalleissa kyseisiä epäjatkuuuksia esiintyy usein, sillä suunnitteluohjelmistot eivät kirjoita ulos täydellistä dataa ja mallit koostetaan nopeasti suunnitteluohjelmistojen sisällä.

3.1.3 Esittelymalliin sijoitettava muu aineisto

Esittelymalliin on hyvä sijoittaa suunniteltujen rakenneosien lisäksi myös olemassa olevia rakennuksia, väyliä tai rakenneosia havainnollistamisen parantamiseksi. Usein rakennukset esitetään karkeina mallinnuksina, jotta mittakaava, sijoittelu ja hankkeen kokoluokka tulee katselijalle selväksi.

Esittelymallin myöhemmästä käyttötarkoituksesta, jatkojalostuskohteesta ja formaatista riippuen voidaan lähtötietoihin myös kerätä aineistoa, jota voidaan sijoittaa visuaalisesti näkyville myöhemmässä vaiheessa. Tällaista aineistoa voi olla esimerkiksi työjärjestykseen tai määrälaskentaan liittyviä dokumentteja tai tietoja. Mikäli kyseessä on ylläpitoa koskeva malli, voidaan malliin liittää konekohtaisia huolto-ohjeita, asennusohjeita tai muita teknisiä dokumentteja [12, s. 24].

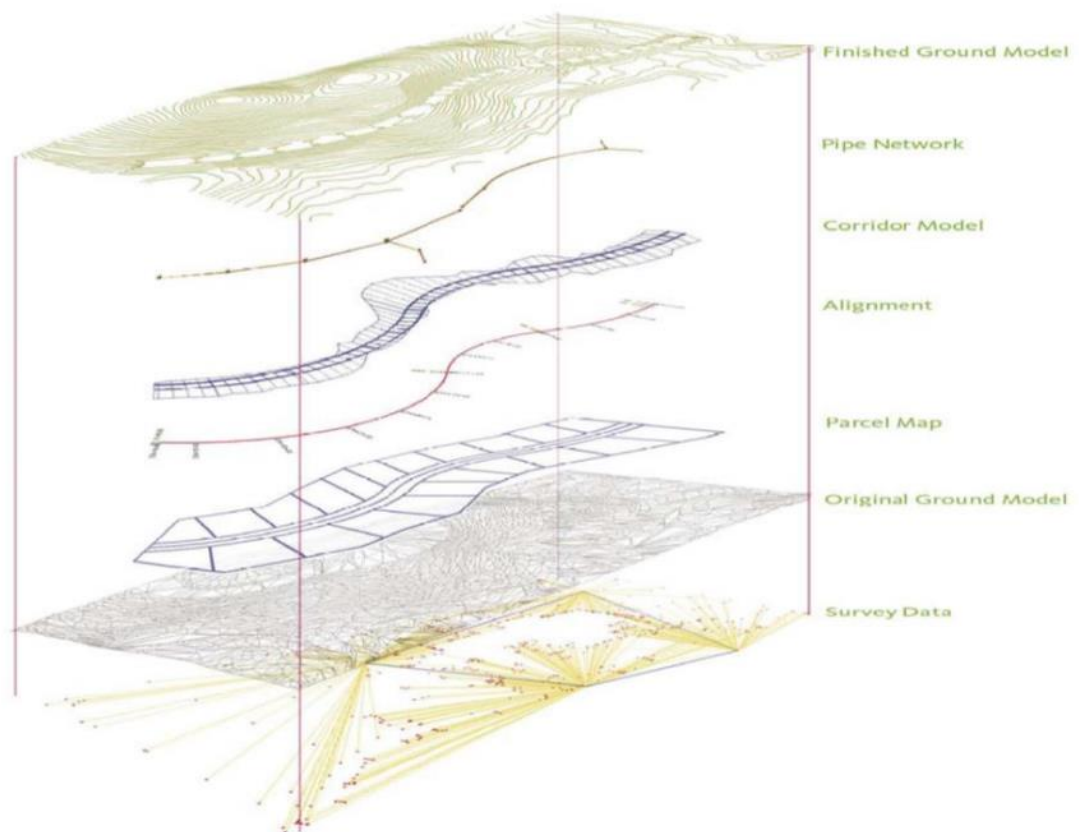
3.2 Tiedonsiirto ja formaatit

Inframallien toteutuksessa käytetään usein montaa eri suunnitteluohjelmistoa sekä aineistokäsittelyohjelmistoa. Esittelymallin valmistajan tulee osata käsitellä ja muuttaa eri lähteiden aineistot yhtenäisten formaattien mukaiseksi, jotta varsinaiset ohjelmistot mallin kokoamiseen lukevat tiedot oikein. Valmistajalla tulee myös olla käsitys eri ohjelmistojen toimintatavoista sekä uloskirjoitusformaateista. Formaatit vaihtelevat ohjelmistojen kesken; infrarakentamisen puolella käytetään eri formaatteja kuin talonrakennuksessa. Keskeisimpiä formaatteja mallintamisessa ovat LandXML, inframodel, IFC sekä yksi monista lopputuoteformaatteista FBX [14, s. 4].

Formaatit pätevät yleisellä tasolla inframallien valmistamiseen. Kuitenkin esittelymallia varten voidaan joutua koostamaan eri lähteiden dataa eikä varsinaista esittelymallia saada käännettyä yhdestä valmiista mallista.

3.2.1 LandXML ja inframodel

LandXML on infra-alan käyttöön suunniteltu avoin tiedonsiirtoformaatti. Formaatin pääasiallinen tarkoitus on antaa yhtenevä muoto mittausaineistolle sekä suunnitelluille väylille, putkistoille ja alueille. LandXML-formaatti sisältää tiedot tasoina, 3D-taiteviivoina sekä kolmioverkkopintoina. Havainnekuvasssa 7 esitettynä keskeiset suunnittelu- ja mittautustiedot.



Kuva 7. LandXML-tiedostoformaatin sisältämä data havainnoituna [15].

Havainnekuvan aineistot:

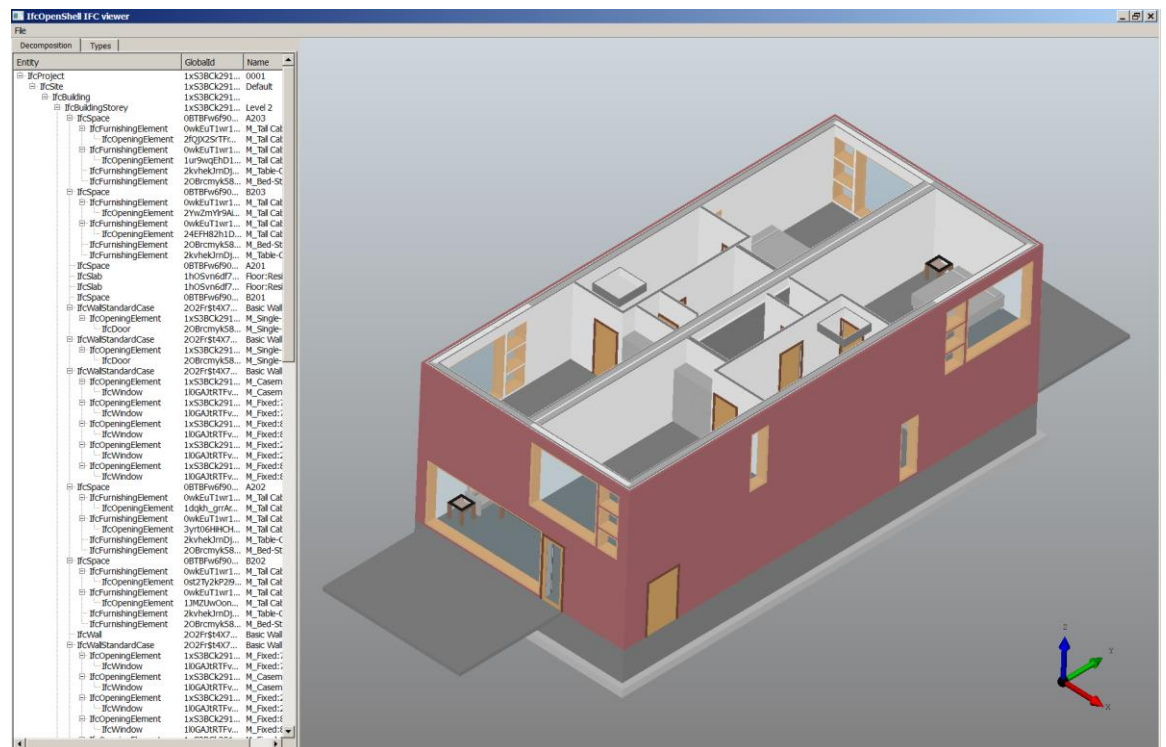
- Survey data: mittausaineisto sisältää GPS-mittausten tuloksia maanpinnasta, olemassa olevista väylistä, putkista, rummuista tai rakennuksista
- Original ground model: olemassa oleva maanpinta on kolmioitu pinta, joka edustaa maaston nykytilannetta
- Parcel Map: asemakaava
- Alignment: väylän keskilinja sisältää paalutuksen sekä väylän pysty- ja vaakageometrian
- Corridor model: väylän 3d-malli

- Pipe network: putkisuunnitelma
- Finished ground model: suunniteltu maanpinta, kolmioitu pinta, joka käsittää maanpinnan suunnitellun väylän rakentamisen jälkeen

Inframodel perustuu edellä mainittuun kansainväliseen LandXML-formaattiin. Inframodel on kehitetty tukemaan suomalaista suunnittelua ja tiedonhallintaa väylähankkeissa.

3.2.2 IFC

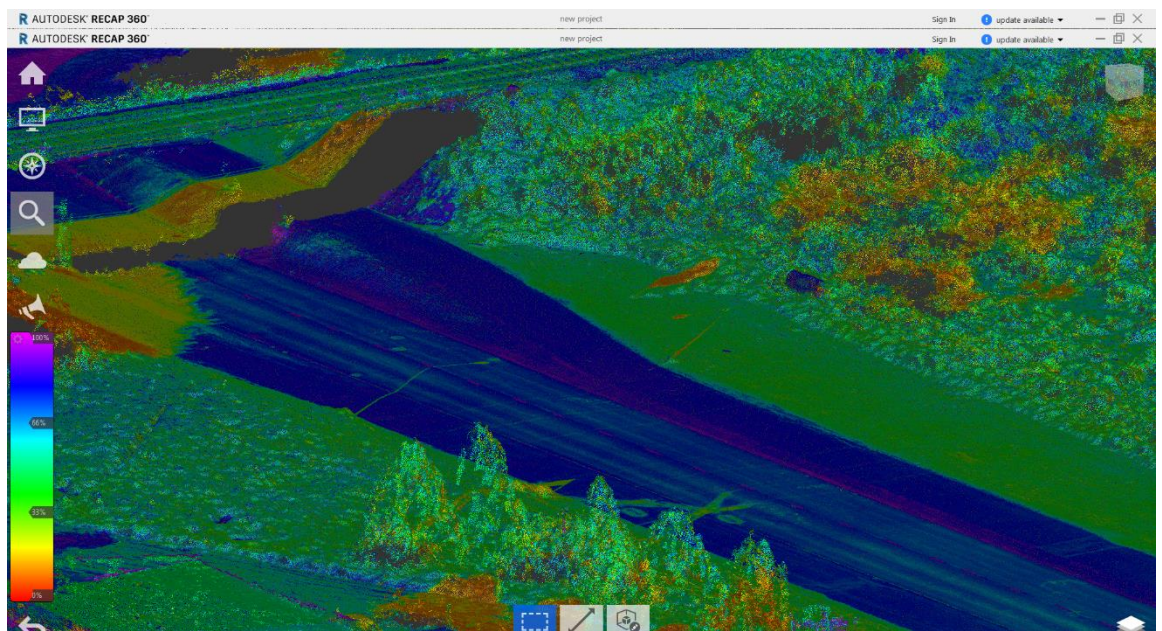
IFC (Industry Foundation Classes) on avoin formaatti pääasiassa talonrakentamisen tietomallinnuksessa. Inframallien osalta IFC-standardia hyödynnetään, kun malliin tuodaan suunniteltuja rakennuksia. IFC-standardia on myös käytetty joissain väylärakennesovelluksissa, mutta formaatin käyttö kyseisissä sovelluksissa on jäänyt taka-alalle. IFC-standardia kehittää kansainvälinen buildingSMART-organisaatio [16]. Kuvassa 8 on rakennus IFC-formaatissa suunnitteluohjelmiston katselusovelluksessa avattuna.



Kuva 8. Rakennus IFC-formaatissa katseluohjelmistossa avattuna [17].

3.2.3 LAS

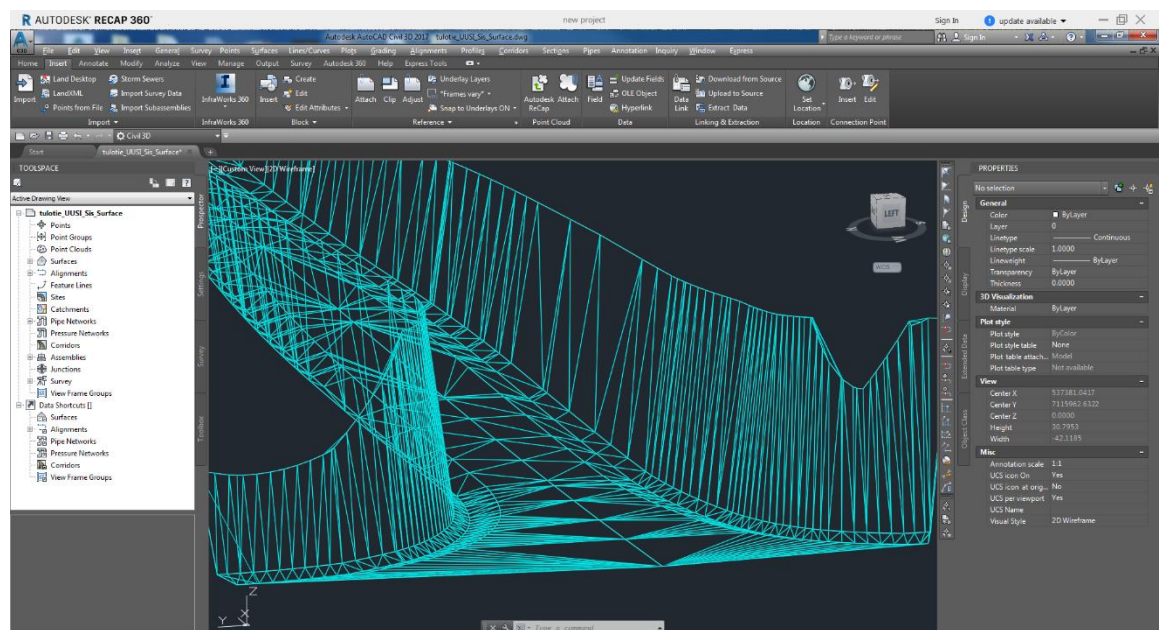
LAS on laserkeilausaineistojen formaatti, joka pitää sisällään pisteiden x-, y-, ja z-paikkatiedot kooten pisteistä yhtenäisen pistepilven. Pistepilvelle on myös määrätty koordinaattijärjestelmä, joka mahdollistaa eri lähteiden pistepilviaineistojen yhdistämistä. Lähtötietomallien pohjana käytettävän maastomallin tekeminen alkaa useimmiten pistepilvestä, jolloin LAS-formaatin aineistoja käsitellään suunnittelu- ja 3D-mallinnusohjelmistoja varten. Kuvassa 9 kuvankaappaus LAS-pistepilviaineistosta editointiohjelman sisällä [18].



Kuva 9. Laserskannaustulosten tarkastelua Autodesk Recap -ohjelmistossa [11].

3.2.4 DXF

DXF on Autodeskin kehittämä CAD-tiedostomuoto. Mallien valmistuksessa dxf-formaattia käytetään pääasiassa pintojen viemistä varten. Kuvassa 10 Tekla Civil-suunnitteluohjelmasta tuotu rakennepinta joka on edelleen käsitelty dxf-formaattiin soveltuen jatkokäytettäväksi inframallissa 3D-mallinnusohjelmiston puolella. Pinta muodostuu kallioleikkauksesta sekä valmiista tien pinnasta [19, s. 9].



Kuva 10. DXF-formaatin tarkastelua Autodesk Civil3D-ohjelmistossa [11].

3.2.5 FBX

FBX eli Flimbox on Kaydaran kehittämä mutta nykyään Autodeskin omistama formaatti 3d-mallinnukseen. Formaatti pitää sisällään 3d-objektit, tekstuurit sekä mallin sisäisen valaistuksen. Inframallien valmistuksessa lopputuotteet 3d-mallinnusohjelmistosta saadaan vietyä ulos eri jatkojalostuskohteisiin FBX-formaatissa. Esimerkiksi selainpohjainen SketchFab tukee FBX-muotoa, jolloin inframalli on helppo viedä mallinnusohjelmistosta katselu- ja käsittelyohjelmistoihin [20].

3.3 Valmistusprosessi ja käytettävät ohjelmistot

Suunnitteluohjelmistoja on laaja skaala. Ohessa käydään läpi muutama ohjelmisto, joita tarvitaan inframallin ja esittelymallin valmistamiseen sekä eri lähteiden datan käsittelyyn.

Ohjelmistoja käytetään suunnittelutyön osana, mutta erityisesti mallien kanssa toimivan henkilön tulee hallita eri ohjelmistojen hyödyt, sillä varsinkin esittelymallia ja jatkojalostettuja malleja varten täytyy usein olla tekemisissä lähtötietodatan kanssa, jolloin sitä täytyy muokata esittelymalliin sopivaksi.

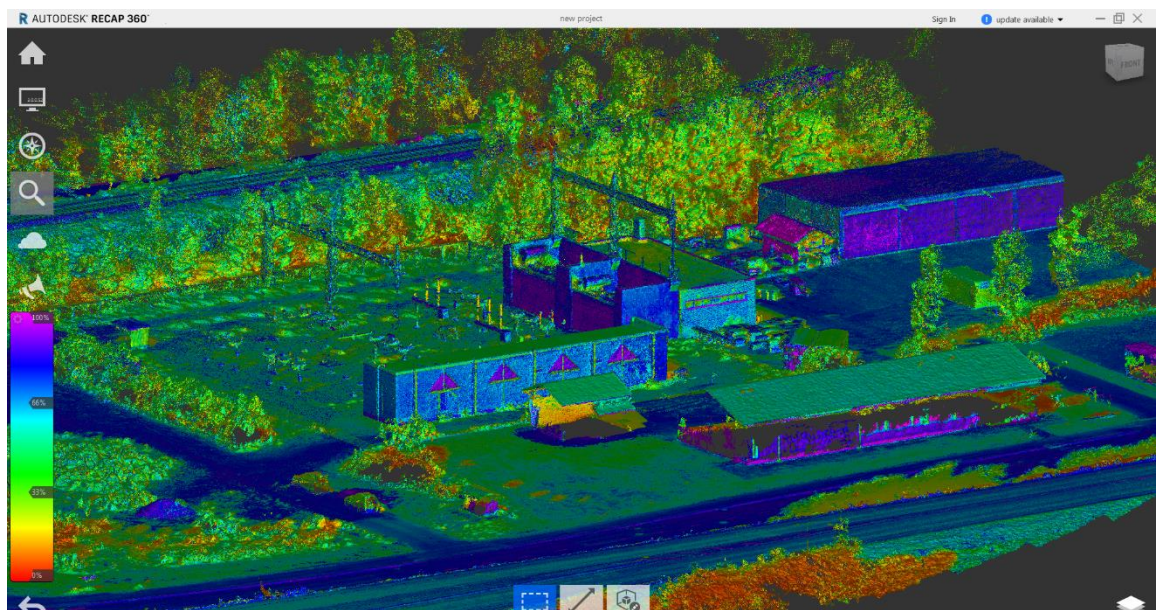
Tässä työssä on esitelty useita Autodeskin ohjelmistoja, sillä inframallin tuottamiskaari on huomioitu ohjelmistoissa ja keskustelu ohjelmistojen välillä on helppoa. Kun pitäydytään yhdessä ohjelmistovalmistajassa, ulkopuolisten apujen ja turhien formaattimuunnoksien tekeminen vähenee.

3.3.1 Autodesk ReCap

ReCap on laserskannaustulosten eli pistepilvien katseluun ja editointiin tehty sovellus. Kun inframallia varten valmistetaan maastomalli olemassa olevasta tilanteesta, on data tänä päivänä yhä useimmiten laserskannauksen tulos. Mittalaitteistosta tuleva raakadata on asetuksista riippuen hyvinkin tarkkaa. Mikäli tarkkuus on luokkaa 100 pistettä neliömetriä kohden, tulee siitä jatkokäsittelyssä tehtynä pintamallina käyttötarkoitukseen nähden niin raskas, ettei sen käyttö palvele inframallin tarkoitusta. Inframallin on tarkoitus olla kevyt ja jatkokäsittelyä ajatellen yksinkertainen 3D-malli.

Recapin sisällä mittausaineistosta voidaan ottaa pisteiden välisiä korkeus- sekä etäisyysmittoja. Näitä tietoja voidaan hyödyntää mittatietoina myöhemmin sijoitettavaan aineistoon kuten alueelta löytyviin aikaisempiin rakennuksiin ja niiden mallintamiseen.

ReCap:in avulla aineistoa voidaan harventaa sekä rajata vastaamaan haluttua aluetta. Kun maastomallia vastaava alue on rajattu, data uloskirjoitetaan RCP-formaattiin ja luettaan tässä kyseisessä esimerkissä Autodeskin Civil3D-ohjelmistoon [21]. Kuvassa 11 kuvankaappaus Autodesk ReCap -ohjelmistosta pistepilviaineiston käsittelystä.

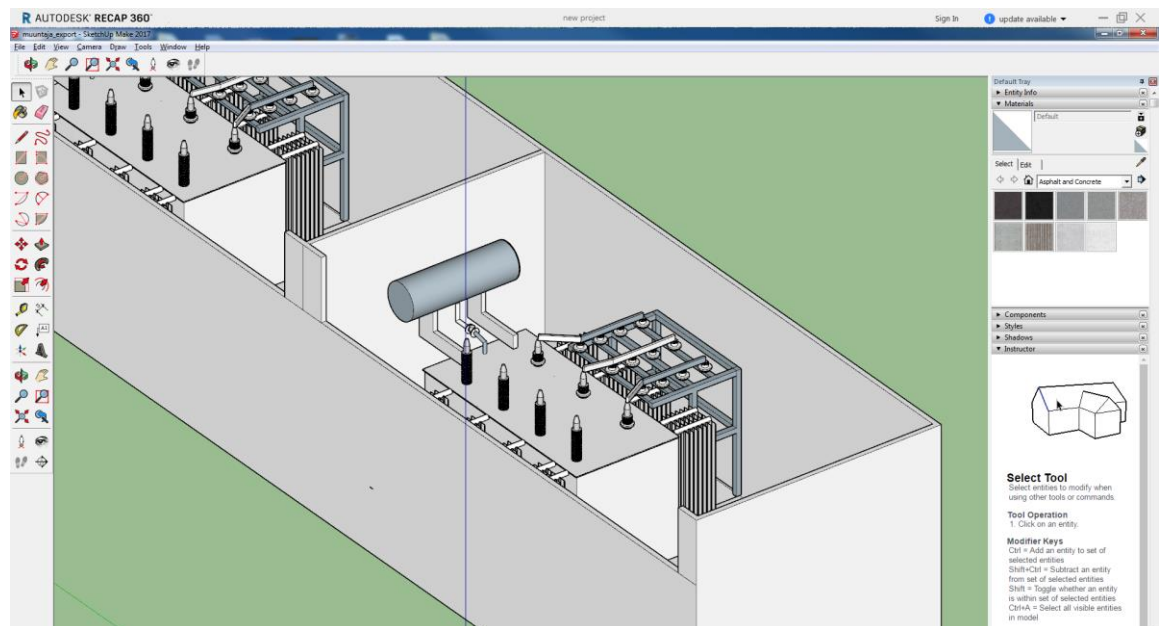


Kuva 11. ReCap-ohjelmistonäkymää pistepilviaineiston käsittelystä. Eri värit kuvaavat eri korkeusasemaa kyseiselle pisteelle [11].

3.3.2 Trimble SketchUp

SketchUp on Trimblen omistama 3d-mallinnusohjelma, jolla pystytään tuottamaan nopeasti ylimääräistä sisältöä virtuaalimalleihin. Pelkistetyn käyttöliittymän ansiosta ohjelman käytön aloittaminen on helppoa ja oppiminen nopeaa. SketchUpilla voidaan mallintaa rakennuksia, rakennelmia tai hakea valmiita, käyttäjien tekemiä malleja 3D Warehouse -palvelusta. Kun yhdistetään käyttäjän tekemiä malleja sekä 3D Warehousesta ladattuja

rojaltivapaita komponentteja, voidaan tuottaa lyhyessäkin ajassa tarkkaa ja havainnollistavaa materiaalia inframallien sisälle. Monipuolisten uloskirjoitusformaattien ansiosta malli voidaan tallentaa kevyeen SketchUpin omaan SKP-formaattiin tai kirjoittaa ulos suoraan inframallin koontia varten toiseen 3D-ohjelmistoon [22]. Kuvassa 12 kuvankaappaus Trimble SketchUp -ohjelmistosta.



Kuva 12. Valokuvien perusteella Trimble SketchUp:lla 3D-mallinnettu sähköaseman muuntaja [11].

3.3.3 Autodesk Civil3d

Civil3d on tie-, putki-, ja aluesuunnitteluun tehty ohjelmisto. Civil3d:llä voidaan tehdä varsinaiset suunnitelmat mallia varten tai käyttää ohjelmistoa aiemman suunnitteludatan koontiin sekä maastomallin luomiseen jatkokäsittelyä varten.

ReCapilla rajattu pistepilvi voidaan tuoda Civil3d:n sisälle ja luoda kolmioimalla aineistosta nykyinen maanpinta. Maanpintaa luodessa pistepilviaineistosta voidaan valita pinnan muodostamiseksi algoritmi, joka poistaa maanpintaan verrattuna olevat korkean aseman pisteet. Näin ollen pistepilviaineistosta poistuvat puut, sähköjohdot sekä virheelliset mitaustulokset ja valmis kolmioitu pinta vastaa todellista maanpintaa.

Algoritmi ja pisteiden tiheyden muuttaminen luo mallista harvennetun ja kevyemmän version. Kun malliin myöhemmin tuodaan lisää dataa, on tärkeää, että kolmiulotteinen aineisto pysyy mahdollisimman yksinkertaisena, jotta malli pysyy kevyenä.

Mikäli suunnittelun käytössä on Civil3d, voidaan kaikki yhdyskuntasuunnittelu tehdä tämän maanpintamallin päälle. Jos malli on tulossa pelkästään visuaaliseen käyttöön ja suunnitteluaineisto on luotu muulla ohjelmistolla, voidaan kyseinen aineisto tuoda LandXML-muodossa Civil3d:hen ja yhdistää maanpintamalliin.

Civil3d mahdollistaa koko suunnitellun aineiston uloskirjoituksen 3dsMax-ohjelmistoon. Ulos kirjoittaessa voidaan valita aktiiviseksi joko tietyt osa-alueet tai koko suunnitelma, jolloin mallin valmistaja voi tehdä muutoksia eri rakennepintaan tai pintoihin ja kirjoittaa ulos vain tarvitsemansa datan [23].

3.3.4 Autodesk 3dsMax

3dsMax on ohjelmisto mallinnukseen, animointiin ja renderointiin. Ohjelmistolla voidaan tuottaa korkealuokkaisia renderointeja niin kuvitteellisista kuin suunnitelluista tiloista, rakennuksista ja suunnitelmista. Renderoinnit käsittävät niin valokuvarenderoinnit kuin animaatiorenderoinnit kamera-ajoneen.

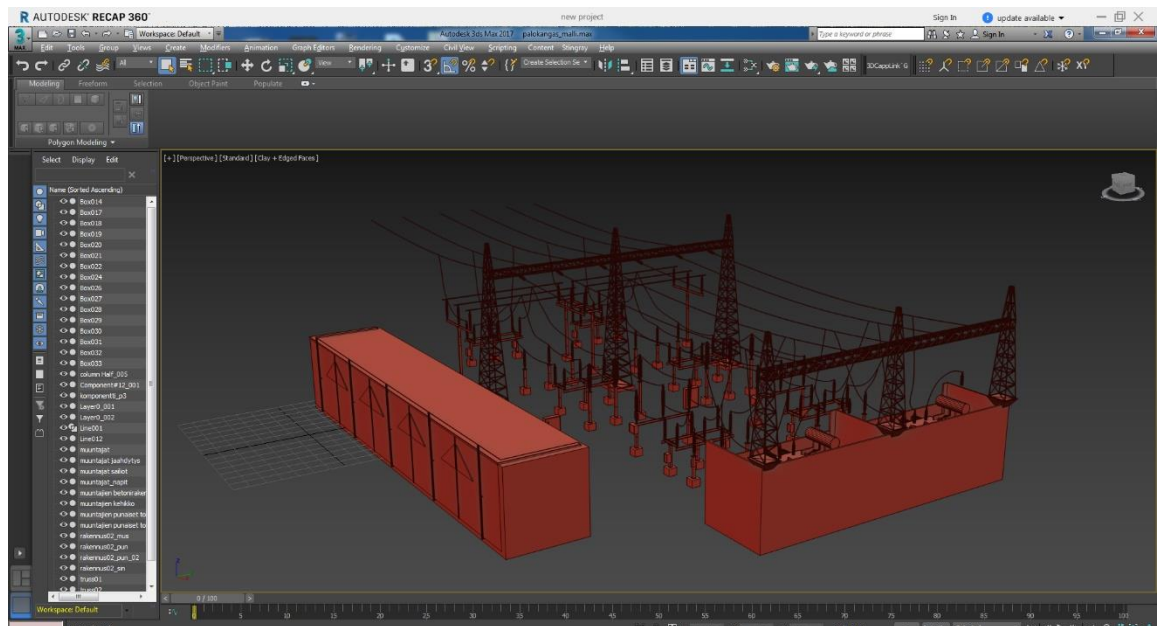
3dsMaxilla voidaan tuottaa mallin sisälle myös rakennuksia tai muita havainnollistavia 3D-komponentteja. Väyläsuunnitelman valokuvarenderointeihin voidaan lisätä valopylväitä, maalimerkintöjä, autoja sekä kasvustoa, jotta mallista saadaan todellisuutta vastaava ja mahdollisimman havainnollistava [24]. Kuvassa 13 valokuvarenderointi valtatiehankkeesta.



Kuva 13. 3dsMaxilla tehty valokuvarenderointi kuvitellusta valtatiehankkeesta [25].

Ohjelmiston sisälle on rakennettu työkalut civil3d:n suunnitteluaineistoa varten. Suunnitteluaineisto tuodaan ohjelmiston sisälle, jolloin 3dsMax lukee maanpinnat, tiemallit sekä putket omiksi malleiksi ja asettaa oletuksena vastaavat tekstuurit. Kuvassa 14 Autodesk

3dsMax-ohjelmistonäkymää mallinnusvaiheesta.



Kuva 14. Näkymää mallinnustilasta 3dsMax-ohjelmistossa [11].

Lopputuote kirjoitetaan ulos 3dsMax-ohjelmistosta jatkokäsittelyyn käyttöliittymää varten. Käyttöliittymästä riippuen uloskirjoitusformaatti valitaan sen mukaan.

3.4 Käyttöliittymä

Seuraavassa on esitelty käyttöliittymiä, joiden avulla malli saadaan ohjelmistojen sisältä katseltavaan muotoon. Käyttöliittymät ovat pohja, johon esittelymalli syötetään kolmiulotteisena datana ja lopputuotteena saadaan halutunlainen sovellus, jossa esittelymalli pyörii käyttäjän katseltavana.

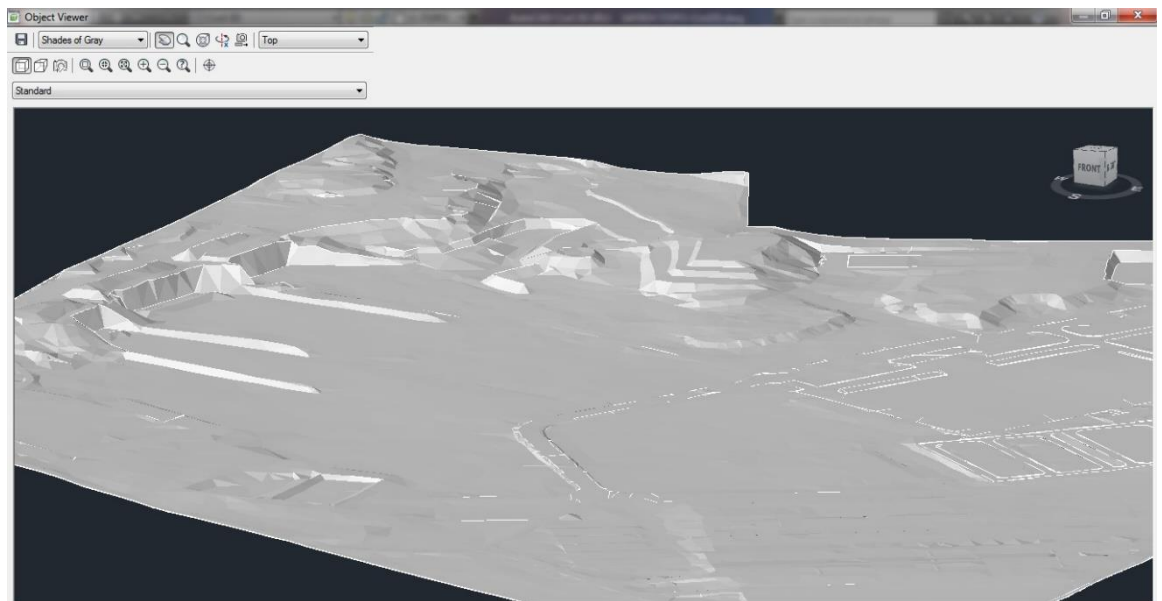
Riippuen käyttötarkoituksesta esittelymalli voidaan tehdä usealle eri alustalle ja käyttöliittymälle. Nopeaa visuaalista havainnointia varten esittelymalli on nopea toteuttaa selainpohjaisella 3D-katselualustalla. Kun taas halutaan viedä törmäystarkastelut sekä toiminnallisuus pidemmälle, voidaan käyttää pelimoottoria sekä Virtual Reality -teknologiaa (esitelty myöhemmin).

Mallin vapaa katselu esimerkiksi videoon tai kuviin verrattuna tuo paljon yksityiskohtaisemman ja tarkemman kuvan käyttäjälle. Vapaasti pyöriteltävät mallit kuten Sketchfab-

käyttöliittymän mallit yksinkertaisine kontrolleineen antavat myös nopean lähestymistavan mallin käyttöä varten. Esittelytilaisuuksissa kaikki osapuolet koulutustaustasta riippumatta pääsevät käsiksi mallin käyttöön ja saavat tarkastella sitä vapaasti haluamallaan tavalla.

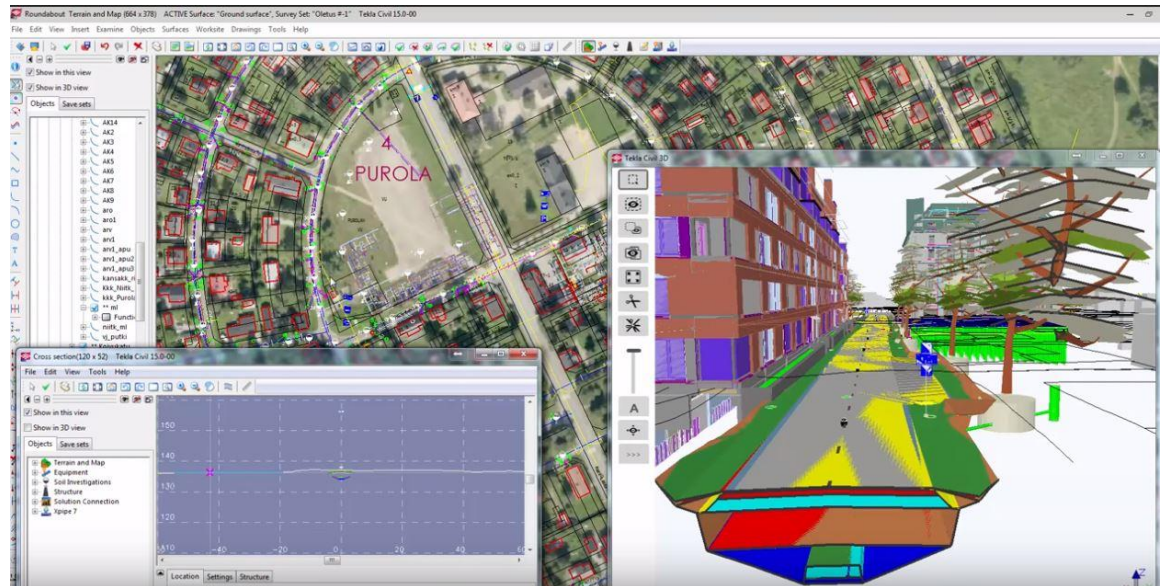
3.4.1 Ohjelmistojen sisäänrakennetut 3D-katselusovellukset

Suunnitteluohjelmistoihin kuten Autodesk Civil3D:hen on rakennettu sisälle 3D-katselusovellus. Sovellukseen pääsee käsiksi objectviewer-komennolla. Mallia ei voida katsella muuten kuin ohjelmiston sisällä, joten esittelykäytössä varsinainen 3D-mallin tarkastelu edellyttää tietokonetta ja ohjelmistoa. Suunnittelija voi kuitenkin ottaa kuvankaappauksia 3D-näkymästä ja toimittaa ne eteenpäin tarkasteltavaksi. Kuvassa 15 kuvankaappaus Autodesk Civil3D -ohjelmiston katselutoiminnosta.



Kuva 15. Kuvankaappaus Autodesk Civil3D -ohjelmiston Object Viewer -toiminnosta. Kuvassa maanpintamalli [26].

Kuvassa 16 kuvankaappaus Tekla Civil -suunnitteluohjelmiston 3D-katselusovelluksesta.



Kuva 16. Kuvankaappaus Tekla Civil -suunnitteluohjelmistosta, oikeassa alakulmassa esillä ohjelmiston 3D-näkymäikkuna [7].

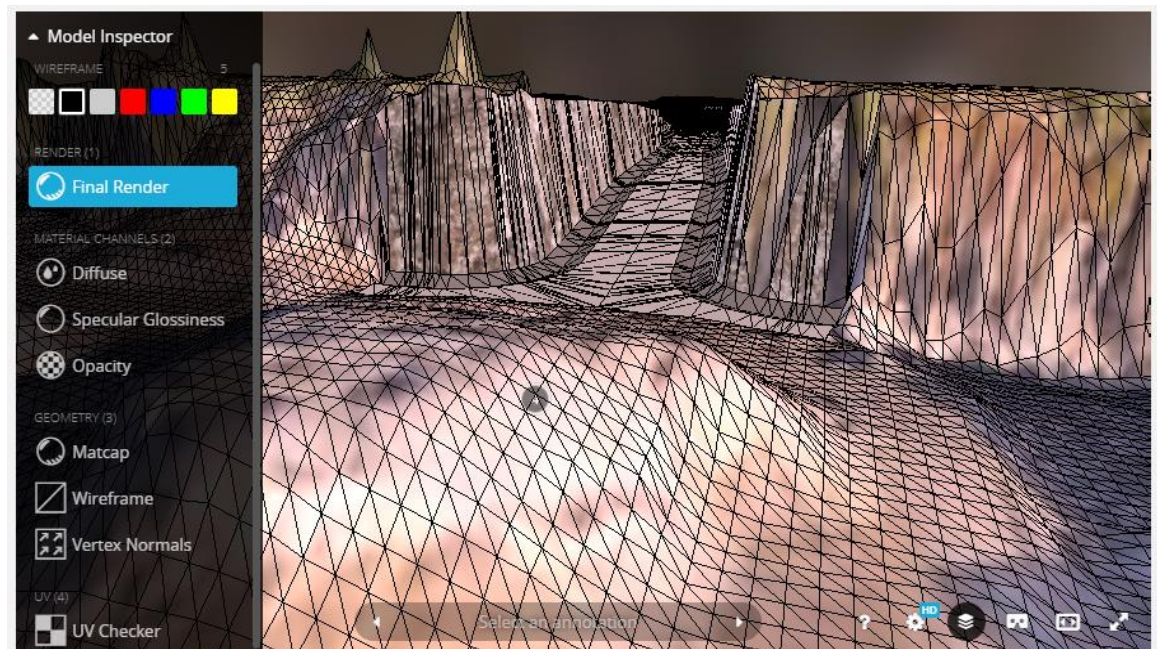
3.4.2 Sketchfab

Sketchfab on selainpohjainen 3d-mallien katselualusta. Käyttäjä lataa 3d-mallin omalle tililleen jonka jälkeen mallia voidaan jakaa usean henkilön kesken pelkästään linkkiä käyttämällä. Mallin tarkastelu tapahtuu selaimessa yksinkertaisilla kontrolleilla. Tämä metodi soveltuu parhaiten yksinkertaisten ja nopeasti tuotettavien havainnollistavien mallien esitelyyn ja jakoon.

Sketchfab-alustan etuja ovat helppokäyttöisyys sekä mallin muokattavuus. Malliin voidaan helposti lisätä tekstiä tai linkittää dokumentteja pilvipalvelusta mallin sisältävien infopisteiden kautta. Sketchfab-alusta tuo myös suuren valikoiman visuaalisia korjauksia sekä tehosteita.

Mallia hallinnoivan näkökulmasta käyttöliittymä soveltuu myös usean mallin ylläpitämiseen. Jokainen malli voidaan salasanasuojata, jolloin vain henkilöt, joilla on linkki sekä salasana, pystyvät tarkastelemaan mallia.

Käyttöliittymä on hyvin kevyt sekä toimii myös sulavasti mobiililaitteissa. Palveluun ladattaessa tulee malli kuitenkin tarkastaa useaan otteeseen, jotta visuaalinen ilme säilyy tarkoituksenmukaisena. Hyvin suuret mallit ovat moottorille raskaampia käyttää jolloin käyttäjän tulee tutkia ja yksinkertaistaa mallia tarvittavilta osin. Monimutkaiset mallit eivät välttämättä toimi sulavasti heikkotehoisilla tietokoneilla tai mobiililaitteilla. Kuitenkin mallien tarkastelu ja katselu onnistuu välttämättä. Palvelu on yhteensopiva yleisten 3d-ohjelmistojen formaattien kanssa sekä tukee kaikkia selaimia ja suurinta osaa VR-laitteistoista (Virtual Reality-laitteistoja ovat muun muassa Oculus Rift sekä HTC Vive [26]). Kuvassa 17 kuvankaappaus Sketchfab -sovelluksen näkymästä.



Kuva 17. Sketchfab sovellusnäköä, vasemmalla erilaisia asetuksia mallin visuaalisen ilmeen tarkasteluun. Kuvassa päällä asetus, jossa näkyy kolmioitu verkko pinnoista, joita malli sisältää [11].

3.4.3 Pelimoottorit

Virtuaalimalleja voidaan myös toteuttaa pelimoottorien kuten Unityn avulla käyttäen mallia ympäristönä. Pelimoottoreilla voidaan tuoda malliin erilaisia ominaisuuksia. Käyttäjä voi

tarkastella erilaisia tilanteita kuten törmäystarkasteluja ajoneuvojen hyteistä tai jalankulkijana kaupunkiympäristössä. Käyttäjän kulkiessa vapaasti mallin sisällä ajoneuvolla voidaan havainnollistaa liikennejärjestelyjä sekä vaaratilanteita käytön aikana.

Pelimoottorilla toteutettu sovellus käyttäen inframallia pohjana on aikaa vievä prosessi ja inframallia muokatessa pelimoottorin luoma sovellus täytyy kirjoittaa ulos uudelleen.

Pelimoottorit tuovat inframallit erityisen havainnollistaviksi virtuaalitodellisuuden keinoin. Virtuaalitodellisuus on tietokoneella toteutettu skenaario, jota katsellaan ja operoidaan käyttäjän toimesta VR-laseilla (HTC Vive, Oculus Rift). VR-tekniologia mahdollistaa mallien tarkkailun realistisessa koossa ja antaa käyttäjälle todentuntuisimman kuvan ja kokemuksen suunnitelmasta sekä tehdystä mallista. Virtuaalitodellisuudessa käyttäjä kokee ympäristön todellisen koon ja näkemä- sekä törmäystarkastelut ovat tarkkoja.

Mallien tarkastelu vaatii tietokoneen sekä erityislaitteiston, joka voidaan pystyttää mihin tahansa toimitilaan hyvinkin pienelle alueelle. Esittelytilaisuuksia on helppo järjestää paikasta riippumatta. Kuvassa 18 kuvankaappaus sovellusnäkyvästä, jossa inframalli toimii pelimoottorin avulla.



Kuva 18. Inframalli toimii pelimoottorin sisällä alustana törmäystarkastelulle, jossa käyttäjä voi ajaa yhdistelmäajoneuvoa ja tarkastella liikennejärjestelyjä [11].

4 Pohdintaa

Opinnäytetyöllä saavutettiin perustason tietämys yrityksen sisälle inframallien sekä erityisesti keskitasoa parempi tietämys esittelymallien valmistukseen liittyvistä teknisistä vaatimuksista. Työn aikana saatiin selvitettyä tarvittavia sovelluksia datan käsittelyyn, yhteensopivia formaatteja visuaalisen 3D-mallin tuottamiseen sekä käyttöliittymiä esittelymallien alustaksi.

Kirjallisen selvityksen lisäksi kokeilin ja kehitin paljon menetelmiä sovellusten sisäisen toiminnan parantamiseksi. Käytännössä formaattimuunnoksia ja menetelmiä datan siistimiseen joutui testaamaan sekä kokeilemaan yrityksen ja erehdyksen kautta. Esimerkiksi maanpintamallien keventäminen lopputuotteessa 3dsMax-ohjelmistossa vaati kolmannen osapuolen lisäosan, jolla tarvittavaan lopputulokseen päästiin. Opinnäytetyössä en kuitenkaan paneutunut yksityiskohtaisen selvitystyön menetelmiin, sillä sen pohjustaminen vaatisi laajaa tietämystä mallintamisen ja mallien valmistamisen osalta, eikä olisi näin palvelullut enää yleisen tason tietopakettia mallintamisen edellytyksistä.

Erilaiset 3D-mallit ovat suunnittelun, rakentamisen sekä ylläpidon tulevaisuutta. Ne tuovat teknologian avulla ratkaisut sekä ideat helposti eri osapuolten nähtäville sekä koettavaksi. Perinteiset pyöriteltävät 3D-mallit saavat rinnalleen tekniikan kehittyessä myös VR-malleja, jotka mahdollistavat interaktiivisen käytön sekä todentuntuiset mittakaavat käyttäjälle.

Mallien avulla havainnollistaminen on paljon selkeämpää kuin perinteisillä 2D-kuvilla, mutta mallin tuottaminen suunnittelutyön yhteydessä vie vielä aikaa. Mallinnustapa täytyisikin selvittää projektin alussa selkeäksi, jolloin pystytään täydentämään mallia suunnittelutyön edetessä. Kustannustehokkuuden ollessa avainasemassa suunnittelumalleilla päästään tarkasteluvaiheessa muuttamaan suunnitelmia jo aikaisessa vaiheessa, eivätkä mahdolliset virheet ehdi kertaantua myöhemmäksi.

Mallien tekninen toteutus vaatii mallin valmistajalta osaamista niin suunnittelu- kuin 3D-mallinnusohjelmistojen osalta. Data on koostettu useasta eri lähteestä ja mittaustuloksista. Omien kokemuksieni pohjalta selainpohjaiset tarkastelumallit ovat yleistymässä niiden helppokäyttöisten jako-ominaisuuksien sekä paikasta riippumattoman käytön ansiosta.

3D-pohjainen suunnittelu ja erilaiset mallit ovat vain ensiaskeleet rakentamisen digitalisaation kehitykseen, tulevaisuudessa inframallien ja niistä jatkojalostettujen sovellusten käyttö lisääntyy. Markkinoilla on teollisuuden seurantaan tarkoitettuja sovelluksia, joilla voidaan esimerkiksi visualisoida ja tarkastella tuotantolinjoja sekä prosesseja.

Kun arkkitehdeille, suunnittelijoille, tilaajille sekä muille hankkeiden osallisille saadaan esiteltä teknologian tuomia mahdollisuuksia, on todennäköistä, että lähitulevaisuudessa koemme suuria harppauksia teknologian kehityksessä rakentamisen ja suunnittelun osalla. Etenkin nuoret insinöörit ja rakentamisen alalla toimivat henkilöt ovat kiinnostuneita sovellusten tekemisestä, niiden kehittamisestä ja käyttöönotosta. Esimerkiksi kiinteistön ylläpidon seurannassa mobiilialustalla toimiva seurantasovellus antaa mahdollisuudet hallita usean kohteen ylläpitotehtäviä etänä.

Tulevaisuuden teknologiaa ovat myös virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus. Etenkin talonrakentamisen suunnittelua voidaan tehdä virtuaalimaailmassa todellisissa skaaloissa ennennäkemättömällä tarkkuudella. Todentuntuisen mittakaavan kolmiulotteisessa ympäristössä on helppo työstää erikoisetkin ja tarkat detaljit. Lisätty todellisuus tuo taas käyttäjälle näkymän, johon on lisätty tietokonegrafiikalla tuotettuja elementtejä, joita käyttäjä tarkastelee läpikatseltavien näyttöjen kautta. Käytännössä tällainen teknologia vaatii käyttäjälle erikoisvalmisteiset lasit, joista näkee läpi, mutta linssille heijastuu myös reaaliajassa grafiikkaa. Käyttäjä voi olla tehdasympäristössä ja katseellaan etsiä laitteita ja komponentteja, jolloin linssihin heijastuu esimerkiksi laitetietoja, huolto-ohjeita sekä muuta dataa.

Rakennusalan digitalisaatio on tervetullut ilmiö kohti tulevaisuutta ja suunnittelun siirtyminen kolmiulotteiseen maailmaan sekä suunnitelmien esittäminen erilaisin mallein on vasta ensimmäisiä askeleita tällä polulla.

Lähteet

- 1 Niskanen, J. /WSP Finland Oy. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa1 Tietomallipohjainen hanke. Saatavilla https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA1_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_0.pdf
- 2 Ramboll. Virtuaalimallinnus. Saatavilla http://www.ramboll.fi/palvelut/infra_ja_liikenne/virtuaalimallinnus
- 3 Kylmä, A. /Liikennevirasto. 2015. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä. Tietomallien hyödyntäminen tien yleissuunnittelussa. Saatavilla https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2015-03_tietomallien_hyodyntaminen_web.pdf
- 4 Liikennevirasto. 2017. Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. Saatavilla https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf
- 5 CGS Labs. Saatavilla <http://www.cgs-labs.com/Software/Plateia.aspx>
- 6 Mäkinen, E. Tieaho, I. Parkkari, J. /buildingSMART Finland. 2016. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 8 INFRAMALLIN LAADUNVARMISTUS. Saatavilla https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/02/YIV-2015_OSA_8_Inframallin-laadunvarmistus_20160211.pdf
- 7 Haataja, A. /Infrasuunnittelu Oy. Suunnitelmista sovelluksiin – virtuaalisen työturvallisuuden jäljillä. Kaivosten digitransformaatio-seminaari 13.3.2018
- 8 Janhunen, N. /Finnmap Infra, Pienimäki, M. Parantala, S./Ramboll Finland Oy. 2015. Yleiset Inframallivaatimukset Osa4 INFRAMALLI JA MALLINNUS HANKKEEN ERI SUUNNITTELUVAIHEISSA. Saatavilla <https://buildingsmart.fi/wp-con->

[tent/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA4_Mallinnus_hanken_eri_vaiheissa_V_1_0.pdf](#)

- 9 Snellman, S. /Destia Oy. buildingSMART Finland 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 5. RAKENNEMALLIT; MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET, PÄÄLLYS- JA PINTARAKENTEET, 5.2 Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje. Saatavilla https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_2_Vaylarakenteen_toteutusmallin_laatimisohe_V_1_0.pdf
- 10 Home Design 3D saatavilla <http://www.homedesign3d.org/wp-content/uploads/2015/09/flyover-design-modeling.jpg>
- 11 Valtanen, A. Infrasuunnittelu Oy
- 12 Luoma , S. /Viasys VDC Oy. buildingSMART Finland. 2016. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 10 HAVAINNOLLISTAMINEN. Saatavilla https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/02/YIV2015_OSA_10_Havainnollistaminen_250216.pdf
- 13 Pilari 2010. 3D-mallinnuksen erikoisnumero. Saatavilla http://www.lipsanen.com/pilarit/Pilari%202010_1.pdf
- 14 Liukas, J. Kemppainen, L. /Sito Oy. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 2 YLEISET MALLINNUSVAATIMUKSET. Saatavilla https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_0.pdf
- 15 The LandXML Project. Saatavilla <http://www.landxmlproject.org>

- 16 buildingSMART International home of openBIM. Saatavilla <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases>
- 17 Krijnen, T. Artikkele. TheBIMhub Saatavilla <https://thebimhub.com/2016/09/21/ifcopenshell/#.WrKOkKhua73>
- 18 The imaging & geospatial information society. Verkkajulkaisu. Saatavilla <https://www.asprs.org/committee-general/laser-las-file-format-exchange-activities.html>
- 19 Autodesk. AutoCAD 2012 DXF Reference. 2011. Saatavilla http://images.autodesk.com/adsk/files/autocad_2012_pdf_dxf-reference_enu.pdf
- 20 FBX binary file format specification. 2013. Verkkajulkaisu. Saatavilla <https://code.blender.org/2013/08/fbx-binary-file-format-specification>
- 21 Autodesk Recap Overview. Saatavilla <https://www.autodesk.com/products/recap/overview>
- 22 Sketchup. Saatavilla <https://www.sketchup.com>
- 23 Autodesk Autocad Civil 3D Yleiskatsaus. Saatavilla <https://www.autodesk.fi/products/autocad-civil-3d/overview>
- 24 Autodesk 3DS MAX Yleiskatsaus. Saatavilla <https://www.autodesk.fi/products/3ds-max/overview>
- 25 Ehrlich, M. Portfolio Civil3D. Saatavilla <https://me3d.myportfolio.com/civil-3d>

- 26 Autodesk keskustelufoorumi. Saatavilla <https://forums.autodesk.com/autodesk/attachments/autodesk/66/245371/2/SURFACE%20FROM%20OBJECT%20VIEWER.jpg>
- 26 Sketchfab. Saatavilla <https://sketchfab.com/about>