



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

VAHVAVIRTAELEMENTTIEN TIETOMALLINNUS JA SUUNNIT- TELUTYÖN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö

TEKIJÄ/T: Sami Rajalaakso

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Sami Rajalaakso			
Työn nimi Vahvavirtaelementtien tietomallinnus ja suunnittelutyön kehittäminen			
Päiväys	6.6.2019	Sivumäärä/Liitteet	30/0
Ohjaajat projektipäällikkö Mika Sikanen, lehtori Jari Ijäs, yliopettaja Juhani Rouvali			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Proxion Plan Oy			
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli tietomallinnus ja tilaajayrityksen toiminnan kehittäminen tietomallinnuksen saralla. Tavoitteena oli tuottaa Väyläviraston hankkeen projektille vahvavirtaelementtien tietomallit, selvittää CADs-ohjelmiston kyvykkyyksiä tietomallitoimintaan sekä laatia tilaajayrityksen suunnittelijoille sisäinen ohje tietomallintamisesta. Opinnäytetyön tilaaja oli Proxion Plan Oy.</p> <p>Työ aloitettiin tutustumalla tietomallintamisen perusteisiin, vallitseviin infrarakentamisen tietomalliohjeisiin sekä niiden asettamiin vaatimuksiin, käyttäen useita eri tietolähteitä. Alussa kartoitettiin myös yrityksen tämänhetkistä tietomallintamisen tilaa ja selvitettiin yrityksen tarpeita. Projektin käynnistyessä perehdyttiin aluksi vahvavirtasuunnittelun peruseräkkeisiin ja lähdettiin sitten etsimään CADs-ohjelmiston tarjoamia työkaluja tietomallien tuottamiselle. Mallinnusprosessi eteni tarpeiden, vastaan tulleiden ongelmien ja niihin löydettyjen ratkaisujen syklillä lähes alusta loppuun saakka. Hyväksi koetut ratkaisut otettiin käyttöön ja ne kirjattiin myös luotuun sisäiseen ohjeeseen. Sisäinen ohje rakennettiin yrityksen aiemman tietoperustan, tietomallintamisesta löytyvän informaation sekä projektin mallinnusprosessista saadun tiedon perusteella.</p> <p>Lopputuloksena tuotettiin projektin vaatimat mallit ja tuotiin esiin CADs-ohjelmiston vahvuudet ja puutteet tietomallintamistoiminnassa. Lisäksi laadittiin tietomallintamisen ohje tilaajayrityksen suunnittelijoiden toiminnan tueksi. Työn aikana esiin nousseisiin ongelmiin saadut ratkaisut ja tietomallintamisen sisäinen ohje vievät eteenpäin tilaajayrityksen suunnittelutoimintaa ja antavat perusteet tietomallintamisprosessille. Tämä opinnäytetyö toimii myös kokoavana tietolähteenä muille tietomallinnuksesta kiinnostuneille.</p>			
Avainsanat Tietomallintaminen, BIM, InfraBIM, ohje, CADs			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Sami Rajalaakso			
Title of Thesis Information modelling of power current elements and developing information modelling design activity			
Date	6 June 2019	Pages/Appendices	30/0
Supervisors Mr Mika Sikanen, Project Manager, Mr Jari Ijäs, Senior Lecturer, Mr Juhani Rouvali, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partner Proxion Plan Oy			
<p>Abstract</p> <p>The subject of this thesis was information modelling and the development of the commissioner's activity in the field of information modelling. The goal was to produce information models of power current elements found in The Finnish Transport Infrastructure Agency's project. The goal was also to find out the capability of CADS engineering software in information modelling and to create modelling instructions and guidelines for the commissioner, Proxion Plan Oy.</p> <p>The work was started by exploring a variety of data sources and learning the basics of information modeling in infrastructure engineering and guidelines and requirements prevailing in the sector. At the beginning, the company's current state of information modeling was also surveyed and the needs of the company were clarified. As the project started, the basic principles of power current design were explored. Subsequently, the tools for information modelling in the CADS engineering software were searched. From start to end, the modelling process was a cycle of having a need, encountering a problem and discovering solutions. The solutions found fit, were put into operation and entered in the company's internal instructions. The internal instructions were built on the basis of the company's previous knowledge base, information found about modelling and information from the project modeling process.</p> <p>As a result, the information models required by the project were produced and the strengths and weaknesses of the CADS software in information modeling were highlighted. In addition, information modeling instructions were developed to support the commissioner's design work in modelling projects. Solutions to problems encountered during the work and the internal instructions made, will take forward the design activity in the company and will provide the basis for the information modeling process. This thesis also serves as a compilation of information for others interested in information modeling.</p>			
Keywords Information modelling, BIM, InfraBIM, Instructions, CADS			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	TIETOMALLINTAMINEN	6
2.1	Tietomallintamisen peruskäsitteet Infra-alalla	7
2.2	Tiedonsiirtoformaattit	8
2.3	Tietomallintamisen edut ja haasteet	10
2.4	Tietomallipohjainen infrahanke ja sen vaiheet.....	11
2.5	Voimassa oleva ohjeistus.....	13
2.5.1	Yleiset inframallivaatimukset	14
2.5.2	InfraBIM-nimikkeistö	14
3	HANKKEELLE LUOTAVAT TIETOMALLIT	16
3.1	Projekti	16
3.2	Tilaaajayrityksen ohjelmistot	17
3.3	Mallintamisen prosessi.....	18
3.3.1	Lähtötiedot	18
3.3.2	2D-3D-vastaavuudet, uusien objektien luonti ja generointi 3D:hen	18
3.3.3	Korkotiedon saanti	19
3.3.4	Viimeistellyn materiaalin vienti yhdistelmämalliin	19
3.3.5	Kaapelointien mallintaminen	20
3.3.6	Mallintamisprosessin ongelmat ja prosessin kehittäminen	21
4	TIETOMALLIOHJEEN LAADINTA.....	23
4.1	Ohjeen yleinen osio.....	24
4.2	Esimerkkiprojekti & CADs	25
5	MALLINTAMISEN TULEVAISUUS	26
5.1	Yleisesti.....	26
5.2	Tilaaajayrityksessä	26
6	YHTEENVETO.....	27
7	LÄHDELUETTELO.....	28

1 JOHDANTO

Tietomallintaminen eli rakennekokonaisuuksien digitaalinen, ominaisuustietoja sisältävä kolmiulotteinen esittämistapa on tekniikan suunnittelutyössä jo pitkään mukana ollut asia. Teollisuudessa ja talorakentamisessa tämä on jo arkipäiväistä toimintaa, mutta infrarakentamisen, etenkin rautatierakentamisen alalla kehitys on vielä varsin varhaisessa vaiheessa. Edistyminen on kuitenkin näyttäytyntyt melko nopeanakin, minkä vuoksi paine pysyä kehityksessä mukana, on nostanut tietomallilähtöisyyden ajankohtaiseksi keskustelua herättäväksi aiheeksi.

Opinnäytetyön tilaajayrityksessä kattava tietomallintamistoiminta on tunnistettu tärkeäksi päämääräksi jo varhaisessa vaiheessa ja siksi sen kehittämiseen on päätetty lisätä resursseja. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena onkin kehittää tietomallitoimintaa yrityksessä ja kasvattaa yksittäisten suunnittelijoiden tietoisuutta aiheesta.

Opinnäytetyö koostuu kahdesta osa-alueesta, joista ensimmäisessä tarkoituksena on tuottaa ja toimittaa Väyläviraston eräälle hankkeelle tietomalleja rautateiden vahvavirtaelementeistä. Toisena osa-alueena on tilaajayrityksen tarpeita vastaavan, tietomallintamista käsittelevän sisäisen ohjeen luonti.

Tilaajayrityksenä toimii Proxion Plan Oy, joka on osa Proxion-konsernia. Proxion-konserni on perustettu vuonna 2005 ja se tuottaa suunnittelu-, projektitoimitus- sekä digi- ja koulutuspalveluita. Proxionin osaamisen keskiössä ovat julkisen ja yksityisen raideinfrastruktuurin projektit. Konsernissa toimii 65 alan osaajaa, määrän kasvaessa jatkuvasti. Konsernin liikevaihto vuonna 2018 oli noin 6,5 miljoonaa euroa. Proxionin pääkonttori on Helsingissä, ja muut toimipisteet sijaitsevat Pieksämäellä, Kuopiossa, Tampereella, Oulussa ja Mikkelissä. (Proxion Oy, 2019)

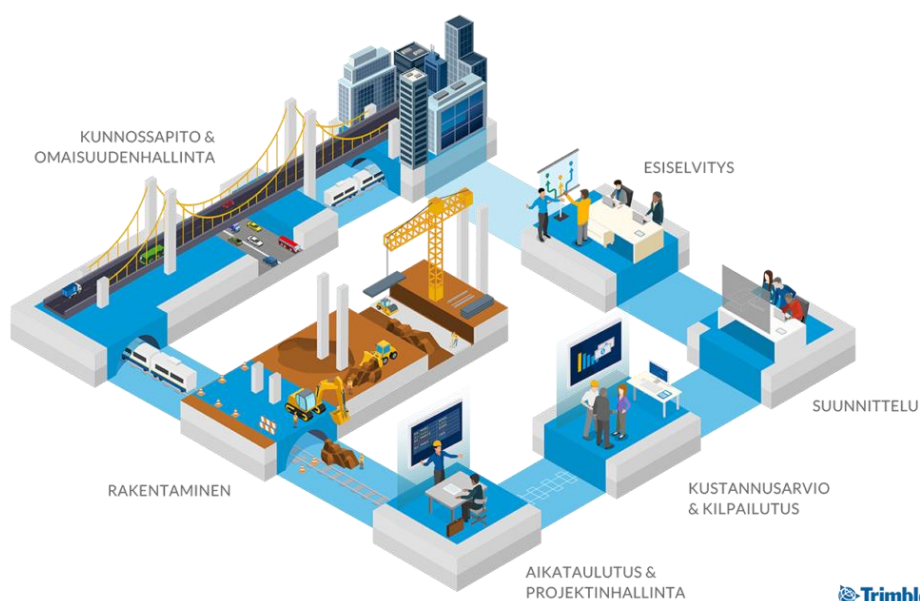
2 TIETOMALLINTAMINEN

Rakennelmakokonaisuuden digitaalisesta, kolmiulotteisesta ominaisuustietoja sisältävästä esittämismallista, tietomallista, käytetään lyhennettä BIM (Building Information Model). Infrarakentamisen puolella voidaan käyttää termiä InfraBIM (Infrastructure Built Environment Information Model). Tietoa tuotetaan ja havainnoidaan mallipohjaisesti. Mallipohjainen toiminta tarkoittaa luodun materiaalin käsittelyä tietokonesovelluksien ymmärtäminä malleina, joista sovellukset pystyvät automaattisesti tulkitsemaan sisällytettyjä tuotetietoja. (Serén, 2014)

Tietomallintamista on syytä käsitellä pidempiaikaisena kokonaisuutena, projektin koko elinkaaren aikaisena prosessina. Tietomallintaminen ei nykyään ole suunnittelun ja rakentamisen mullistava valine vaan enemmänkin tapa työskennellä ja hallita suuria tietomääriä.

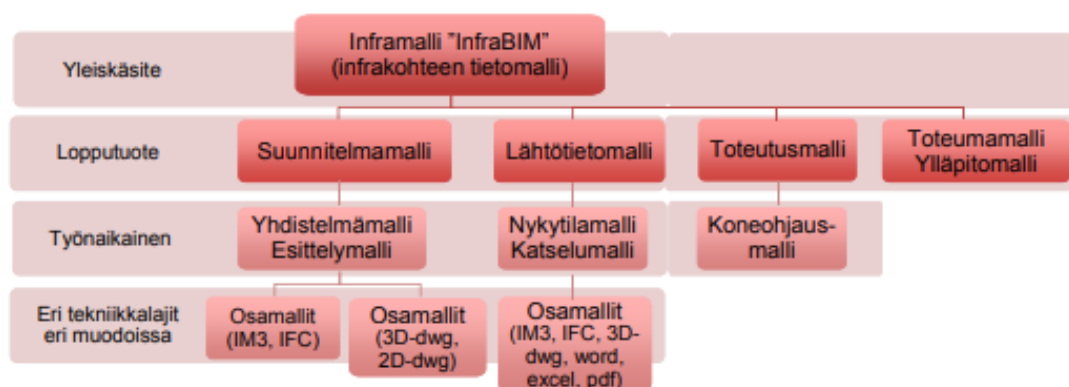
Tietomallinnuksen lähtökohtana on eri osapuolien yhteistyö ja projekteissa jokaisen tahon sekä tekniikka-alan on sitouduttava toimimaan standardoidusti ja yhtenäisesti tietomallintamisen osalta. Mallintamisen ansiosta kaikki hankeosapuolet näkevät kokonaisuuden ja pystyvät antamaan esityksiään ja mahdollisia parannusehdotuksiaan projektille, ikään kuin istuen saman pöydän ääressä. Tämä mahdollistaa nopeampaan ja selkeämpään päätösten tekoon sekä muuhun ajatusten vaihtoon ratkaisuja tehdessä, mikä näin ollen optimoi ja tehostaa lopputulosta (Bomtrado, n.d.). Parhaimmillaan mallintamisen ansiosta saavutetaan merkittäviä aikatauluhyötyjä ja resurssisäästöjä, parempia riskianalysejä sekä läheisempää ja parempaa yhteistyötä yritysten välillä.

Optimitilanteessa tietomallintaminen alkaa jo esisuunnitteluvaiheessa ja jatkuu eri suunnitteluvaiheiden, rakentamisen, käytön ja ylläpidon kautta aina purkuun asti. Tavoitteena on myös se, että kaikki tietopyynnöt ja rakenteeseen tapahtuvat muutokset voitaisiin käsitellä ja suorittaa yhtä tietomallia käyttävien alustojen välityksellä.



Kuva 1. Tietomallintamisen elinkaari (Louhi, 2017)

2.1 Tietomallintamisen peruskäsitteet Infra-alalla



Kuva 2. Tietomallinnuksen peruskäsitteet ja tiedonsiirtoformaatit infra-alalla (Kylmälä, 2015)

Tietomallilla on monia osajoukkoja ja osatekijöitä, jotka kuulostavat asiaan perehtymättömän korvaan hyvin samanlaisilta. Seuraavaksi on esiteltyä joitakin infrarakentamisen hankkeiden prosessivaiheiden ja kohteiden mukaisia termejä InfraBIM sanaston mukaan:

Lähtötietomalli on digitaaliseen muotoon jäsennelty kokonaisuus suunnittelun aloitusvaiheessa kerätyistä lähtötietoaineistosta. Lähtötietoaineistoa voivat olla esimerkiksi suunnittelualueen maastomalli, maaperämalli, alueen nykyisten rakenteiden mallit sekä viiteaineistot, kuten viranomaispäätökset. Lähtötietomalli täydentyy jatkuvasti hankkeen edetessä, jolloin myös muiden projektilla työskentelevien tekniikka-alojen luoma aineisto on tärkeätä lähtötietoa.

Suunnitelmamalli on suunnittelijoiden suunnitteluratkaisut käsittävä osamalli. Suunnitelmamalli voidaan tarvittaessa vaiheistaa esimerkiksi esi-, yleis-, väylä- (tie/katu/rata) ja rakennussuunnittelumalleihin sekä jakaa jokaisessa suunnitteluvaiheessa esimerkiksi eri tekniikkalajien mukaan.

Toteutusmalli on infrarakenteen tai -järjestelmän tuotemallin osa, joka käsittää rakentamisen toimet, resurssit, aikataulutukset jne. Toteutusmallilla voidaan tarkoittaa myös suunnitelmamallista jalostettuja koneohjausmalleja tai mittauksia varten laadittuja paikalleenmittausmalleja.

Toteumamalli on inframallin osa, joka sisältää informaation siitä, miten suunnitelmat todellisuudessa toteutettiin.

Ylläpitomalli on inframallin osa, joka sisältää ylläpidon näkökulman (käytön ja ylläpidon aikaiset tehtävät, muutokset jne.)

Yhdistelmämalli on eri tietomalleista jäsennelty yhdistelmä. Esimerkiksi maastomallista, maaperämallista sekä radan ja sen laitteiden tuotemalleista koostuva yhdistelmämalli. Yhdistelmämallia voidaan hyödyntää muun muassa törmäystarkasteluihin eri tekniikan alojen suunnitelmien välillä.

Virtuaalimalli / Esittelymalli on muista malleista jalostettu, enemmän detaljeja (valot, varjot, tekstuurit yms.) sisältävä malli. Esittelymalli vastaa parhaiten todellisuutta ja siksi sitä käytetään esimerkiksi tuotteen tai suunnitellun kokonaisuuden esittelyyn asiakkaalle. (buildingSMART Finland, 2014)

2.2 Tiedonsiirtoformaattit

Tietokonesovelluksilla tulkittavia tiedon tallentamisen, saannin, siirron ja arkistoinnin muotoja kutsutaan tiedonsiirtoformaateiksi. Tietomallien luontiin käytetään useita eri ohjelmistoja, laitteita ja muita tietomallintamisen työkaluja riippuen tekniikan alasta. Tämä tarkoittaa myös suurta formaattien kirjoa, mikä ei ole suotuisaa materiaalin hyödynnettävyyden ja yhteensovittamisen kannalta. Tietomallintamisessa tieto halutaan pitää hyödynnettävässä muodossa ja ehdottomana vaatimuksena on käyttää ensisijaisesti mallinnusta tukevia avoimia, eli ohjelmistosta riippumattomia formaatteja ja standardeja. Formaattien yhteneväisyys lisää materiaalin monikäyttöisyyttä ja säilymisaikaa sekä tehostaa suunnittelutyötä. (buildingSMART Finland, 2015)

Avoimien formaattien käyttäminen ei kuitenkaan aina ole paras vaihtoehto, sillä ne eivät ole tarpeeksi laaja-alaisia kattaakseen perusteellisesti kaikkia infrarakenteita. Siksi esimerkiksi siirtymävaiheissa on syytä käyttää mieluummin ohjelmistojen natiiviformaatteja tai yleisiä formaatteja, kuten dwg-formaattia. (buildingSMART Finland, 2015)

Inframallintamisessa nykyään yleisesti hyödynnettäviä formaatteja ovat:

- DWG
- DXF
- IFC
- LandXML
- INFRAMODEL
- GT

DWG on Autodeskin jo vuonna 1982 kehittämä binäärinen tiedostomuoto. DWG:llä voidaan tuottaa 2D ja 3D muotoista dataa, joka on pääasiassa vektori- ja metadataa kirjoitettuna binäärimuodossa. DWG on yksi täsmällisimmistä sekä virheettömmistä suunnittelukäyttöön soveltuvista formaateista ja siksi se onkin pääasiassa kaikkien CAD (Computer Aided Design) sovellusten natiiviformaatti. DWG ei kuitenkaan ole avoin tiedostomuoto ja näin ollen kaikkien tietojen siirtyminen eri ohjelmistojen välillä ei ole täysin varmaa, minkä takia DWG ei ole pitkällä tähtäimellä paras mallintamiseen soveltuva formaatti. (Autodesk, n.d.; CorelDRAW, n.d.)

DXF on kehitetty DWG:n rinnalle nimenomaan tukemaan DWG-natiiviformaatin kuvantamista muille ohjelmistoille. Formaatin tuomisessa eri ohjelmistoon oli kuitenkin pitkään ongelmia, formaatin määritelmien puutteen vuoksi. Nykyisellään määritelmät löytyvät PDF standardille, mutta PDF:ää ei kuitenkaan usein käytetä CAD-ohjelmistojen tukena. (CorelDRAW, n.d.)

IFC (Industry Foundation Classes) on luultavasti yksi informaatorikkaimmista tietomallintamisen avoimista formaateista ja sitä voidaan lukea useilla ohjelmistoilla. IFC:stä on havaittavissa samankaltaisuuksia tunnettuun PDF standardiin, sillä sitä on tarkoitus käyttää vain tiedostojen lukemiseen, eikä niinkään muokkaamiseen (Creach, 2013). IFC on buildingSMARTin luoma ja hallinnoima, yksi pisimmälle viedyistä standardeista, jonka viimeisin versio on IFC4. Nykyisin ohjelmistot kuitenkin vielä käyttävät vanhempaa versiota, eli IFC 2x3 standardia (buildingSMART Finland, n.d.). IFC standardin inframallintamisen formaattilaajennusten suppeuden takia, käyttö mallintamisessa rajoittuu kuitenkin suurimmaksi osaksi talonrakentamiseen ja taitorakenteisiin, eikä sitä juurikaan käytetä muuhun infrarakentamiseen (buildingSMART Finland, 2017).

LandXML on XML-pohjainen, useiden yritysten yhdessä kehittämä formaatti, joka toimii työkaluna tiedonsiirtoon eri ohjelmistojen välillä (vrt. DXF). Formaatti on geneerinen, tekstipohjainen tiedostomuoto, jota voidaan lukea millä tahansa nettiselaimella. LandXML tunnistaa projektidatasta muun muassa pisteet, pinnat, poikkileikkaukset sekä horisontaaliset suuntaukset. (Anderson, 2009)

Yleisimmin käytetty versio on LandXML 1.2. Formaattissa hyödynnetään rakennetekniikan sekä maanmittauksen dataa ja sitä käytetään kansainvälisesti muun muassa maankäytön ja kuljetusalan toimissa. LandXML-tietoa voidaan käyttää hyväksi suunnittelutehtävissä sekä työmaajärjestelmissä ja koneohjauksessa. (LandXML.org, n.d.)

Inframodel (IM) puolestaan on suomalainen, LandXML-standardin pohjalta kehitetty avoin standardi infratietojen siirtoon. Standardi on kansainvälisesti käytössä eri suunnitteluohjelmissa sekä koneohjaus- ja mittaussovelluksissa. Ratkaisevaa Inframodelin ja sen kehittymisen kannalta on ollut suurten julkisten tilaajayritysten vaatimus sen käytöstä. Liikennevirasto (nyk. Väylävirasto) sekä suuret kaupungit ovat edellyttäneet Inframodelin uusimman version (IM4) käyttöä kaikissa uusissa suunnittelu- ja toteutushankkeissa. (buildingSMART Finland, 2017)

Theseuksessa julkaistussa työssä (Kuusela, 2017) kerrotaan, että Gt-, Geonic-, TIEL-, Tielaitos-, rakentaja- ja Infra maastomalli-formaattia käytetään pistemäisen tiedon ja taiteviiva-muodossa olevan tiedon tiedonsiirtoformaattina. Kyse on samasta tiedonsiirtoformaattista, jonka nimeä on päivitetty vuosien aikana useampaan otteeseen. Formaattia hyödynnetään käytännössä esimerkiksi suunnittelussa, paikalleenmittauksessa sekä koneohjauksessa.

2.3 Tietomallintamisen edut ja haasteet

Mallintamisen ylivoimaisena etuna verrattuna 2D-suunnitteluun on törmäys ja tilavarausten tarkastelu, mikä pienentää merkittävästi virheiden määrää. Projektien edetessä eri suunnittelijaosapuolet voivat tarkastella suunnitelmien yhteensopivuutta ja sopia mahdollisista muutoksista. Perinteisellä kaksiulotteisella suunnittelulla etenkin kompleksisissä kohteissa, joissa eri järjestelmien elementit risteilevät keskenään, on hyvin vaikea hahmottaa elementtien tarkkoja keskinäisiä suhteita. (Hunt, 2015)

Rakennuspuolella toimivien, BIM-työkaluja käyttävien yritysten raportoimat edut näkyvät myös muun muassa aikataulutuksen, riskianalyyysien ja arvioiden parantumisessa. Tietomallitoimintaa käyttävien yritysten mukaan myös vaihtoehtoisten ratkaisuiden kokeilu on virtuaalisesti helpommin testattavissa (Tekla Oyj, n.d.) .

Tietomallilähtöisyys tuo lisäksi myös havainnollistavaa lisäarvoa tarkastelijalle, riippumatta tarkastelijan roolista hankkeessa. Rakennekompleksien kokonaisuutta on todella hankala hahmottaa pelkästä 2D kuvasta, etenkin jos piirrossymbolit ja niiden sisältämä tieto eivät ole tuttuja tarkastelijalle.

Esimerkiksi tulevaisuuden hankkeiden tai rakennusvaiheessa olevien projektien mahdollisesta lopputulomasta voidaan esittää hyvin havainnollistavia virtuaalimalleja suurellekin yleisölle. Virtuaalimallien avulla voidaan tuoda ihmisten tietoisuuteen hankkeiden yksityiskohtia ja voidaan muun muassa vaikuttaa päättäjiin sekä esimerkiksi alueella asuvien ihmisten mielipiteisiin. Parhaimmassa tapauksessa malli synnyttää myös kehitysajatuksia suunnittelijan ja rakennustoimijan suuntaan jo hankkeen alkuvaiheessa.

Tietomallintamisen tuoman lisäarvon puolesta puhuvia todisteita on monia, mutta kolikolla on tietysti kääntöpuolensakin. Mallintamisen edut tulevat näkyviin vasta viiveellä ja esimerkiksi suunnittelukonsulttien kynnyksenä ovat tietomallintamiseen siirtymisestä aiheutuvat kustannukset. Investoiminen tietomallitoiminnan jalkauttamiseen pitää sisällään tietomalliohjelmistojen hankinnat, tarvittavien laitteistojen hankinnat sekä yrityksen henkilöstön riittävän koulutuksen toimintatapoihin sopeutukseksi. Ohjelmistojen hankinnan lisäksi, on niihin luotava ja tuotava omia objektikirjastoja, joiden kustannukset muodostuvat työntekijöiden käyttämistä työtunneista. Tämä kehitystyö tulee usein toteuttaa muun arkisen yritystoiminnan ohessa, mikä luo yrityksille suuria aikataulullisia haasteita. (Becerik-Gerber & Rice, 2010)

Muina tietomallintamisen epäsuotuisina puolina on identifioitu tietomallintamisen ohjelmistojen yhteensopivuusongelmat ja esimerkiksi IFC-muotoisten tietojen siirtämisestä aiheutuvat riskit. Ongelmiksi voivat muodostua muun muassa informaatiohäviöt sekä rakennuselementtien vääränlaiset esiintymismuodot. (Bernstein & Pittman, 2004)

Toimintamallin tuoreuden takia, rakentamisen alalla toimivien tietomallitoimijoiden valmiuksien välillä voi olla suuriakin eroja. Toiset suunnitelmien tuottajat eivät käytä lainkaan tietomallipohjaisia

työkaluja, kun taas toisissa suunnitelmissa informaatiota on tuotettu liikaa. Jopa niinkin paljon, että se hidastaa tietomalli- ja suunnittelutoimintaa. (Hunt, 2015)

Tietomallitoiminnallinen hanke tai projekti vaatii tiettyjä valmiuksia suunnittelu- ja rakennuttajapuolen toimijoilta ja tärkeänä, ellei jopa tärkeimpänä osatekijänä on tilaaja, joka tietää mitä vaatia ja mitä odottaa. Täydellisen hankkeen tuottamiseksi, on kaikkien osapuolten oltava niin sanotusti samalla sivulla tietomallitoiminnan pelikirjassa, mutta toistaiseksi tämä on osoittautunut suureksi haasteeksi. (Hunt, 2015)

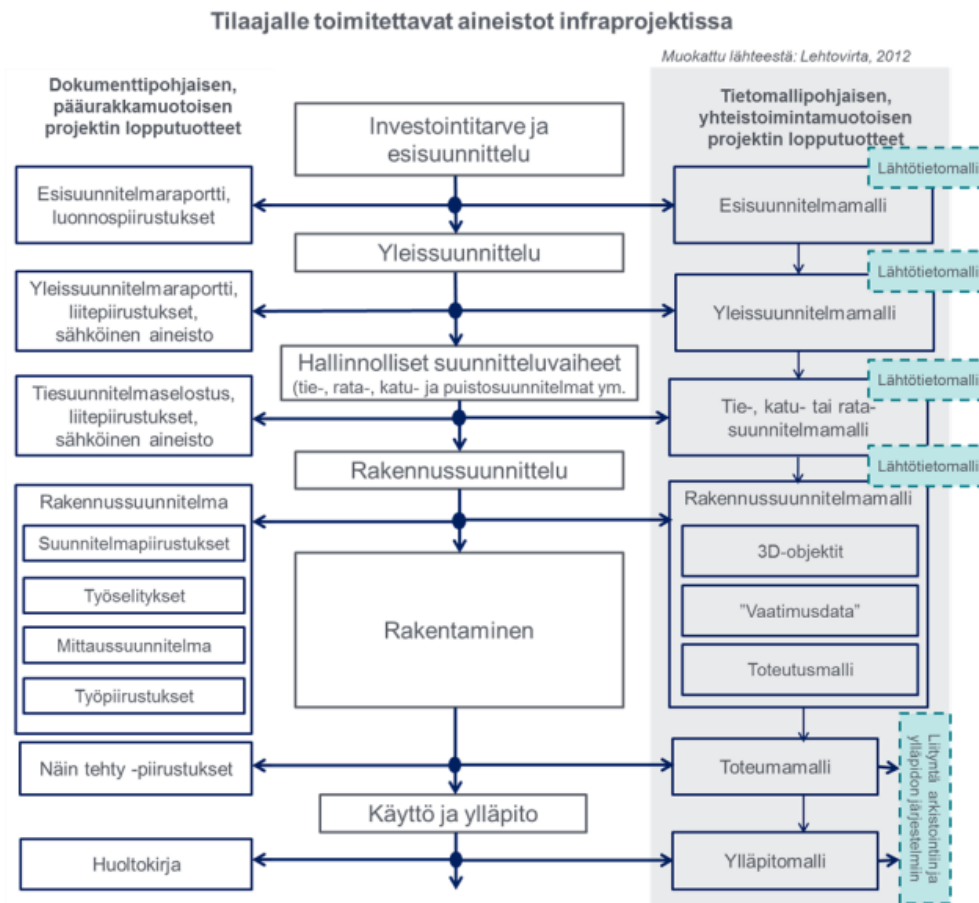
2.4 Tietomallipohjainen infrahanke ja sen vaiheet

Infrahankkeisiin kuuluu useita eri tehtäviä ja yleensä monia eri tekniikan alojen yrityksiä. Yritysten suunnittelijat laativat hankkeen suunnitteluperusteiden ja mahdollisesti erikseen laaditun tietomallisuunnitelman sekä muiden alan vaatimusten mukaiset tietomallit. Näitä aloittain syntyviä malleja kutsutaan osamalleiksi. Suunnittelijat vastaavat osamallien laadunvarmistuksesta.

Osamallit viedään yhteiseen ”projektipankkiin” eli yhdistelmämalliin, jonka avulla suunnitelmat yhteensovitetään. Yhdistelmämallissa hankkeen eri osapuolet pääsevät tarkastelemaan suunniteltujen elementtien keskinäisiä suhteita ja tekemään esimerkiksi törmäystarkastelua osamallien välillä.

Yhdistelmämallin koonti on yleensä tietomallikoordinaattoreiden vastuulla. Tietomallikoordinaattori on aina syytä nimittää tietomallipohjaisille hankkeille. Mainitun yhdistelmämallin koontin lisäksi tietomallikoordinaattori huolehtii aikataulutuksesta sekä mallien yhteensovittamisesta ja on vastuussa tilaajan asettamien vaatimusten ja tavoitteiden toteutumisesta tietomallin osalta. (buildingSMART Finland, 2015)

Tietomallihankkeiden suunnitelmien vaiheistaminen on tärkeä osa prosessia. Vaiheistuksella ja oikea-aikaisella sekä -tasoisella suunnittelulla mahdollistetaan muun muassa maan pohja-, alus- ja päällysrakenteiden optimaalinen suunnittelu. Infrahankkeiden edistymistä voidaan kuvata seuraavan kuvan mukaisella kaaviolla:



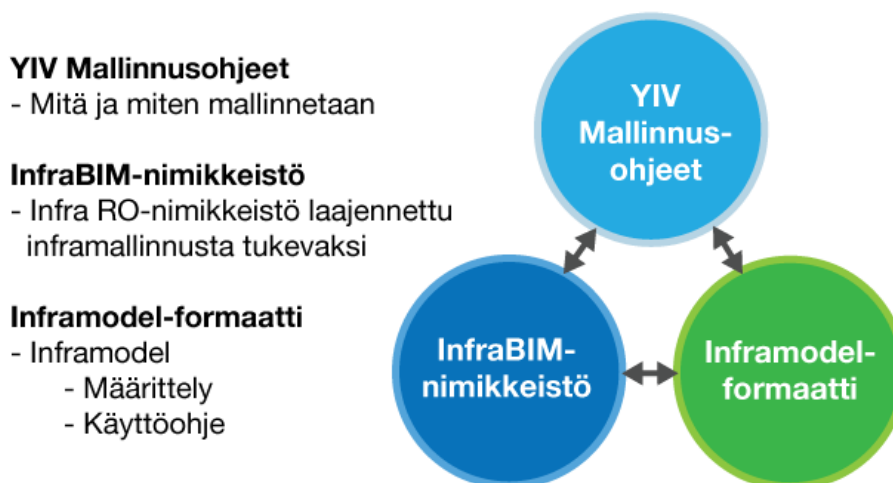
Kuva 3. Kaavio tuotettavasta aineistosta hankevaiheittain (buildingSMART Finland, 2015)

Tietomallipohjainen toiminta voidaan aloittaa hankkeen missä tahansa vaiheessa, mutta optimitilanteissa tietomallinnus alkaa samaan aikaan kuin hankkeen muukin suunnittelutyö. Kuten kuvasta 3 huomataan, tietomallimuotoiset suunnitelmat kulkevat käsi kädessä muun suunnittelun kanssa vaiheesta toiseen, täydentyen hankkeen edetessä. Alkuvaiheessa tärkeää on toteuttamiskelpoisuuden selvittäminen, työmääräarvion ja investointien sekä ylläpitokustannusten kunnollinen määrittäminen. Keskeisimpänä elementtinä on tuotettavuuden varmistamista tukeva yhdistelmämalli. Kaaviosta tärkeää on myös havaita, että termi "lähtötietomalli" pysyy mukana pitkälle hankkeen vaiheistuksessa. Lähtötiedot ja niiden saaminen sekä antaminen onkin peräänkuulutettu osa mallintamisprosesseissa. Vaikka yksittäisen suunnittelijan tuottamien osamallien ja yksittäisten elementtien merkitys voidaan kokea vähäisenä, se voi tarjota todella suurta lisäarvoa hankkeen toisen osapuolen näkökulmasta. Jaettavien mallien ei tarvitse olla täysin valmiita, kunhan ne vain vastaavat sen hetkistä suunnittelutilannetta. Mitä useammin ja mitä aiemmassa vaiheessa alustava esitys lähtötiedoista saadaan, sen parempi. Tämä helpottaa yhteensovitusta ja vähentää hankkeen loppuhetkillä tehtäviä muutoksia. Rakentamisen ja etenkin koneohjauksen tueksi luotavan toteutusmallin luominen on verrattain työläs prosessi, minkä vuoksi etenkin toteutusmallin luonnin jälkeen suunnitelmiin ei saisi tulla enää muutoksia. (buildingSMART Finland, 2015)

2.5 Voimassa oleva ohjeistus

Onnistuvan inframallihankkeen edellytyksenä on, että tilaajilla ja palvelujen tarjoajilla on yhteinen näkemys ja yhteiset pelisäännöt tietomallitoiminnassa. Tästä syystä inframallintamisessa noudatetaan Väyläviraston ja buildingSMART Finlandin voimassa olevia ohjeita ja vaatimuksia sekä infraBIM-nimikkeistöä. Tavoitteena on myös ohjelmistojen yhteinen tiedonsiirtoformaatti Inframodel. Nämä edellä mainitut inframallintamisen lähtökohdat ovat esiteltyinä tarkemmin kuvassa 4.

Inframallintamisen tuoreuden takia nämä ohjeet ja vaatimukset eivät kata täysin kaikkia infrarakentamisen tekniikka-aloja ja ne päivittyvät edelleen. Esimerkiksi vuonna 2017 ratamallintamista on lähdetty viemään eteenpäin ja ratamallintamiselle on luonnosteltu rakentamissuunnittelun pilottiohje, jota on tarkoitus käyttää sähkörata- ja turvalaitesuunnittelun hankkeissa. Hankkeilta, joissa kyseistä ohjetta käytetään ja noudatetaan, pyritään keräämään tietoa ja kokemuksia ohjeen jatkokehitystä varten.



Kuva 4. Inframallintamisen kulmakivet (buildingSMART Finland, 2019)

Yleisten mallivaatimusten ja ohjeistusten laatimisen suhteen ongelmaksi on havaittu kehitystyön kaksikerroksisuus. Kehitystyötä nimittäin tehdään sekä kansallisesti että kansainvälisesti. Esimerkiksi Väyläviraston pyrkimyksenä on ollut kasvattaa tietomallinnuksen tietämystä kansallisesti viraston sisällä sekä suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja muiden toimijoiden joukossa. Kansallisella tasolla kehitystyö on sisältänyt pilottiprojekteja sekä työpajatyöskentelyä parin vuoden ajan, erilaisin sidosryhmärakentein.

Vaikka kansalliset ja kansainväliset kehitysyhteisöt pyrkivät yhteistyöhön ja yhdenmukaisuuteen, on kansainvälisen tason toiminta usein paljon hitaampaa lukuisten komiteoiden ja yhdenmukaistusprosessien takia. Tällöin asioissa saatetaan kansallisesti edetä jo johonkin suuntaan ilman kansainvälisen yhdenmukaisuuden varmistumista. Nopeammat kehityksen askeleet ovat toki hyvä asia, mutta kansallisesti tehdyt päätökset voivat huonoimmassa tapauksessa lähteä haarautumaan täysin eri suuntaan kansainvälisen päätöksen kanssa, mikä voi aiheuttaa mittaviakin oikaisutöitä.

2.5.1 Yleiset inframallivaatimukset

Yleiset inframallivaatimukset (YIV) on buildingSMART Finlandin (bSF) vuonna 2015 julkaisema 12-osainen ohjesarja, jonka tarkoituksena on toimia yleisinä teknisinä viiteasiakirjoina ja inframallintamisen ohjeina. Vaatimusten tarve syntyi suurimpien infratilaajien tavoitteesta siirtyä tietomallipohjaiseen toimintaan. Ohje määrittelee sen mitä ja miten mallinnetaan (buildingSMART Finland, n.d.).

Yleisten inframallivaatimusten osa 2 *Yleiset mallinnusvaatimukset* vaatii, että ensisijaisesti on ehdottomasti käytettävä tietomallinnusta tukevia formaatteja ja avoimia standardeja. Lisäksi ohjeen mukaisia hankkeiden perusvaatimuksia ovat:

- "Ohjelma pystyy hyödyntämään ja tuomaan tietomallin avoimessa tietomallipohjaisessa formaatissa. Infrarakenteiden osalta avoin formaatti on Inframodel sisällön ja määrittelyn mukainen LandXML ja taitorakenteiden osalta IFC."
- "Tietomalli ja sen lopputuotteet sekä tulosteet perustuvat Infra-nimikkeistöjärjestelmään." (buildingSMART Finland, 2015)

2.5.2 InfraBIM-nimikkeistö

Nimikkeistöt ovat olleet arkipäivää infrasuunnittelussa ja -rakentamisessa jo pidemmän aikaa. Niiden yleisenä käyttökohteena ovat suunnitteluohjeet, kustannustiedostot, laatuvaatimukset ja muut sopimusasiakirjat. Esimerkiksi projektien työselostukset ja määräluetteloiden litterat perustuvat nimikkeistöihin. Tietomallintamiseen siirtyessä on katsottu tarpeelliseksi luoda myös inframallintamisen nimikkeistö. Niinpä YIV:n lisäksi bSF on julkaissut InfraBIM-nimikkeistön, jonka tavoitteena on luoda yhtenäinen numerointi- ja nimeämiskäytäntö, joka palvelee infrarakenteita ja -malleja koko elinkaaren ajan eri vaiheissa: lähtötietojen hankinnassa, suunnittelussa, toteutuksessa, toteuman mittauksessa sekä kunnossapidossa. InfraBIM-nimikkeistö perustuu vahvasti Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistöön sekä infra-alan yhdessä laatimaan, hyvää rakennustapaa määrittävään InfraRYL:iin.

Yhteinen nimikkeistö varmistaa tiedonkulkua ja vähentää väärinymmärrysten riskiä, lisäksi nimikkeistöön pohjautuvien termien käyttö varmistaa, että jokainen hankkeen osapuoli puhuu samasta asiasta. Käytettävä nimikkeistö on pysyvä, eikä siihen tehdä muutoksia hankkeiden elinkaaren aikana. Kuitenkin joidenkin tekniikka-alojen kohdalla olevia puutteita täydennetään ajan mittaan. Esimerkiksi kuvassa 6. on esiteltyinä vahvavirtaelementtien täydennysehdotuksia olemassa olevaan nimikkeistöön, pilottihankkeilla havaittujen tarpeiden perusteella (buildingSMART Finland, 2016).

Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät	
331000	Sähkön- ja tiedonsiirtorakenteet
331100	Maakaapelirakenteet
331200	Ilmajohtorakenteet
331300	Maadoitukset
331900	Muut sähkön- ja tiedonsiirtorakenteet
332000	Kaapeleiden putkien ja johtojen suojarakenteet
332100	Kaapelisuojausrakenteet
332200	Suojaelementit
332300	Kaapelikaivot
332900	Muut kaapeleihin liittyvät rakenteet
333000	Pylväs- ja tukirakenteet
333100	Pylväät
333200	Ilmajohtojen kannatinrakenteet
333300	Mastot
333400	Portaalit
333900	Muut kannatusrakenteet
334000	Muuntamot ja keskuskeskukset
334100	Sähkönjakelun muuntamot
334200	Sähkönjakelun erotinasemat
334300	Sähkönjakelun jakokaapit
334400	Sähkökeskukset
334900	Muut muuntamot ja keskuskeskukset
335000	Laitetilat, kojut ja kaapit
335100	Laitetilat ja kojut
335200	Kaapit
335900	Muut laitetilat, kojut ja kaapit
336000	Valaistusrakenteet
336100	Valaisinpylväät
336200	Valaisinvarret
336300	Valaisimet
336400	Lamput
336500	Sähkönjakolaitteet
336600	Valaistuksen keskuskeskukset
336900	Muut valaistusrakenteet
337000	Sähkö-, tele- ja konetekniset laitteet
337200	Sulkujen porttikoneistot
337300	Ilmapumppaamot
337400	Varavoimakoneet
337500	Apusähköjärjestelmät (UPS)
337600	Henkilö- ja tavarankuljetuslaitteet
337700	Erilliset järjestelmät
337900	Muut sähkö-, tele- ja konetekniset laitteet
338000	Eriyiset sähkön- ja tiedonsiirtorakenteet
338100	Radan sähkön- ja tiedonsiirtorakenteet
338200	Lentoliikenteen sähkön- ja tiedonsiirtorakenteet

Kuva 5. InfraBIM-nimikkeistön sähkö-, tele ja koneteknisten järjestelmien osio (buildingSMART Finland, 2016)

VAHVAVIRTA

Nimikkeistö	
Vahvavirta	
334910 Vaihteenlämmityskeskukset	Olemassa olevan tunnuksen 334900 Muut muuntamot ja keskuskeskukset täydennys ehdotus
336600 Valaistuskeskukset	Olemassa oleva InfraBIM-nimikkeistö
336100 Valaisinpylväät	Olemassa oleva InfraBIM-nimikkeistö
336910 Valaisinmastot	Olemassa olevan tunnuksen 336900 Muut valaistusrakenteet täydennys ehdotus
336920 Valaistuksen ohjauspainikkeet	Olemassa olevan tunnuksen 336900 Muut valaistusrakenteet täydennys ehdotus
131000 Perustukset	Olemassa oleva InfraBIM-nimikkeistö

Kuva 6. Ratamallintamisen pilottiohjeen luonnosversio, ehdotettavia täydennyksiä nimikkeistöön (Pulkkinen, 2019)

3 HANKKEELLE LUOTAVAT TIETOMALLIT

Opinnäytetyön ensimmäisessä osiossa tarkoituksena oli luoda ja toimittaa rakennussuunnitteluvaiheessa olevan projektin yhdistelmämalliin vahvavirran komponenteista sekä siihen liittyvistä muista rakenteista ja rakennuksista 3D-elementtejä tukemaan projektissa tehtyä muuta suunnittelua, kuten turvalaite-, geo- ja sähköratasuunnittelua. Termi vahvavirta ja vahvavirtasuunnittelu sisällöllisesti on hieman häilyvä. Vahvavirtasuunnittelusta puhuttaessa tarkoitetaan yleisesti radan infraan, tarkemmin radan vaihteiden vaihdevalaistukseen ja vaihteenlämmitykseen liittyvää sähkötekniistä suunnittelua. Vahvavirtaa ei pidä sekoittaa sähkörataan tai turvalaitteiden sähkötekniikkaan. Lisäksi esimerkiksi ratapihojen, asemalaitureiden tai -tunneleiden valaistuksen tai lämmityksen suunnittelu ei sinällään ole vahvavirtasuunnittelua vaan enemmänkin ”perinteistä” sähkösuunnittelua. Vahvavirrasta puhuttaessa tarkoitetaan yleisesti 12-60 VDC sekä 24 VAC – 25 kVAC jännitetasoja.

Projektille mallinnettavia elementtejä olivat valaisinpylväät ja niiden ohjaukset sekä oleelliset keskukset ja muuntajat perustuksineen. Lisäksi tavoitteena oli myös tuottaa mallit kaapeleista, kaapelireiteistä ja suojaputkista. Osa mainituista 3D-elementeistä oli jo luotu, mutta projektille vietävät osakokonaisuudet tuli koota ja toimittaa projektin yhdistelmämalliin.

Vahvavirran elementtien osamalleja luotaessa pyrkimyksenä oli myös aktiivisesti etsiä suunnittelutoimintaa tehostavia ratkaisuja eri suunnitteluohjelmistoista. Erityisesti toimintaa tehostavia ominaisuuksia pyrittiin tuomaan esille CADs-ohjelmistosta sekä sitä tukevista muista ohjelmistoista, sillä mallipohjainen toiminta CADsilla on tilaajayrityksessä täysin uutta.

3.1 Projekti

Yrityksen toimeksianto perustui Väyläviraston Luumäki-Imatra (LUIMA) ratahankkeeseen, jonka tavoitteena on parantaa radan toimintavarmuutta ja välityskykyä kyseisellä osuudella. Rataosuus Luumäki-Imatra on Suomen vilkkain yksiraiteinen osuus ja sen liikennemäärien odotetaan tulevaisuudessa kasvavan voimakkaasti vielä entisestään. Joutseno-Imatra välille tullaan rakentamaan nykyisen yksiraiteisen osuuden rinnalle kaksoisraide. Luumäki-Joutseno välille tullaan tekemään olemassa olevan raiteen perusparannuksia, sisältäen radan oikaisuja sekä routasuojusten ja vakautta tuovien vastapenkereitten lisäyksiä. Lisäksi rautatieliikenteen ohjauksen turvalaitteita, kuten releasetinlaitteita tullaan uusimaan. Joutsenon raiteenvaihtopaikka tullaan siirtämään ja Joutseno-Imatra välille tehdään vahvavirran muutos- ja päivitystöitä. (Väylävirasto, 2019)

Tarkemmin yrityksen sähkösuunnittelutiimin toimeksiantona oli Joutseno-Imatra välille tehtävien useiden vaihteiden vaihdevalaistusten ja -lämmitysten sekä erotinkaapelointien rakentamissuunnittelu. Vaihteet ovat rautatien ohjausmekanismeja, joilla saadaan ohjattua junan kulku halutulle raiteelle. Vaihdevalaistus on vaihdealueelle suunniteltava ja toteutettava valaistus. Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu -asiakirjassa todetaan, että vaihdealueelle toteutettava valaistus tehdään työntekoa varten ja että valaistuksen ohjauksen tulee tapahtua manuaalisesti paikan päällä.

Valaistuksella on tarkoitus varmistaa työntekijöiden turvallinen liikkuminen ja työnteke.
(Väylävirasto, 2015)

Vaihdelämmityksellä puolestaan tarkoitetaan vaihteen mekaanisten osien sulanapitojärjestelmää, jonka avulla varmistetaan, ettei lumi ja jää häiritse kääntölaitteiden toimivuutta talviaikoina. Vaihdelämmitysten komponentteina ovat sähköistetyllä radalla sähköratapylväisiin kiinnitetyt lämmitysmuuntajat, joiden kautta sähköenergia tuodaan vaihteenlämmitykselle, vaihteenlämmityskeskukset, jotka kytketään lämmitysmuuntajan toisiopiiriin ja joilla syötetään erotusmuuntajia sekä erotusmuuntajat, joista energia syötetään vaihteiden lämmitysvastuksille. (Väylävirasto, 2006)

Sähkösuunnittelun tehtäviin kuului myös suunniteltavien vaihdevalaistusten sekä vaihteenlämmitysten elementtien (pl. lämmitysmuuntajat) sekä niihin liittyvien kaapelointien, putkitusten ja kaapeli-reittien tietomallintaminen, vallitsevien ohjeiden mukaisessa formaatissa. Yritys on aiemminkin ollut mukana projekteissa, joissa on toimittu tietomallipohjaisesti. Inframallintamisen kehittymättömyyden vuoksi etenkin vahvavirtaelementtien mallintamiselle ei ole kuitenkaan muodostunut vielä selkeitä ohjeita tai tarkkoja vaatimuksia. Siksi vahvavirtasuunnittelun osalta mallintaminen on jäänyt melko vajavaiseksi ja loppuvaiheessa tuotettavaksi ”pakolliseksi” aineistoksi. Samasta syystä tätäkin projektia pidettiin pilottiprojektina, jossa kartoitettiin erilaisia toimintatapoja ja poimittiin jatkokäyttöön hyväksi koetut ratkaisut.

Kohteen sähkösuunnittelun perinteiset asiakirjat toteutettiin pääasiassa CADs-ohjelmistolla ja pyrkimyksenä olikin tuottaa projektin mallit samaa ohjelmistoa käyttäen. Mallintaminen jouduttiin edelleen tekemään vasta suunnittelun loppuvaiheessa ja vanhojen kaavojen mukaan, mutta pyrkimyksenä oli samalla selvittää, kuinka mallintaminen saataisiin toteutettua tehokkaimmin suunnittelun ohessa.

Opinnäytetyön kirjoitushetkellä yritys on saanut toimitettua toimeksiannon tähän mennessä vaatimat suunnitelmat hankkeelle onnistuneesti. Hankkeen muu suunnittelu- sekä rakennustoiminta jatkuu edelleen ja LUIMAn rakennushankkeen on aikataulullisesti määrä valmistua vuonna 2023.

3.2 Tilaajayrityksen ohjelmistot

Proxionilla on käytössään useita mallintamiseen taipuvia sekä mallintamista tukevia ohjelmistoja. Opinnäytetyön toimeksiantoon liittyen, tärkeimpänä mainittakoon Kymdatan CADs-, Autodeskin AutoCAD ja Inventor sekä 3D-system Oy:n 3D-win-ohjelmistot.

Yrityksen sähkösuunnittelun ryhmä käyttää pääasiassa CADs-suunnitteluohjelmistoa jokapäiväiseen suunnittelutyöhönsä. CADs on suomalaisen ohjelmistotalo Kymdata Oy:n tuottama sähkö-, automaatio-, LVI- sekä arkkitehti- ja rakennesuunnittelun työkalu. Yritys on kehittänyt alakohtaisia ohjelmistojaan jo 30:n vuoden ajan ja CADs-ohjelmiston uusin versio on CADs 18 (Kymdata Oy, 2019).

3D-win-ohjelmisto on suomalaisen 3D-system Oy:n tarjoama, maastonmittaustietojen tuottamiseen ja käsittelemiseen tarkoitettu ohjelmisto. Ohjelmisto kykenee yhtäaikaaisesti prosessoimaan useita päällekkäisiä rasteri- ja vektorikuvaelementtejä. Ohjelmaan tuotavien ja siitä uloskirjoitettavien tiedostojen formaateilla ei ole juurikaan väliä, sillä ohjelma kykenee tekemään lähes kaikki formaattimuunnokset molempiin suuntiin, kehittyneiden muunnostoimintojen ansiosta (3D-system Oy, 2019). Proxionilla tätä ohjelmistoa käytetään juurikin maastomallien luomiseen, muokkaamiseen ja mittamiseen sekä koordinaattimuunnoksiin. Muunninten sekä laajojen luku- ja kirjoitustoimintojen ansiosta sillä muutetaan muun muassa maastomateriaaleja paremmin luettavaksi esimerkiksi CADs-ohjelmistolle. Lisäksi sitä hyödynnetään suunnitelmien lopullisessa tarkastus ja luovutusvaiheessa.

Autodeskin tuottama AutoCAD-ohjelmisto on kattava 2D- ja 3D-suunnitteluun taipuva kokonaisuus. (Autodesk, 2019) Autodeskin Inventor puolestaan on enemmän tuotekehitykseen ja nimenomaan 3D-suunnitteluun paremmin soveltuva ohjelmisto. (Autodesk, 2019) Nykyisellään kyseisiä ohjelmia yrityksessä käytetään melko vähän ja käyttö rajoittuu pääasiassa eri tekniikka-alojen tarvitsemien 3D-objektien luomiseen, tarkasteluun ja muokkaamiseen.

3.3 Mallintamisen prosessi

Tässä luvussa käydään läpi mallintamisen prosessi vahvavirran elementtien osalta. Malliaineisto pyrittiin tuottamaan yrityksen sähkö- ja turvalaitesuunnittelun päätoimisesti käyttämällä CADs-suunnitteluohjelmalla.

3.3.1 Lähtötiedot

Objektien mallintaminen lähti liikkeelle pistemäisten elementtien sijoittamisella. Alustavan x- ja y-koordinaatin määrittäminen perustui hyvin pitkälle sähkösuunnittelun tekemisiin perinteisiin 2D suunnitelmiin. Suunnitelmissa esitettyihin x, y-koordinaatteihin vaikuttivat käytännössä suunnittelualueelle ominainen koordinaatisto (tässä tapauksessa ETRS-GK29) sekä Väyläviraston ohjeet elementtien sijoittamiselle. Sähkösuunnittelun lähtötietoina toimivat suunnittelualueesta luotu maastomalli, muiden tekniikka-alojen tuottamat suunnitelmamallit, sijoituskuvat, poikkileikkaukset ja muut suunnitelmat sekä alueelta otetut valokuvat.

3.3.2 2D-3D-vastaavuudet, uusien objektien luonti ja generointi 3D:hen

Perinteisiin suunnitelmiin asetetuille 2D-symboleille tuli ensimmäiseksi määrittää 3D-vastaavuudet 3D-symbolien generoitumisen mahdollistamiseksi. Vastaavuuksien määrittäminen tapahtui yksinkertaisten valikoiden kautta, mutta ongelmaksi muodostui tarvittavien 3D-symbolien puute. CADs-ohjelmisto nimittäin tarjoaa suuret määrät valmiita 3D-symboleita, mutta valtaosa niistä edustaa talotekniikan rakennuselementtejä. Tästä syystä 3D-objektit tuli hakea muusta lähteestä tai ne piti luoda itse siihen soveltuvilla ohjelmistoilla.

Ratahankkeiden mallintamista varten on luotu turvalaitteita, sähköratarakenteita ja vahvavirran elementtejä sisältävä 3D-objektikirjasto. Objektit ovat vapaasti kaikkien toimijoiden käytettävissä Väyläviraston hankkeissa. Kirjasto sisältää muun muassa erilaisia valo-opastimia, valaisimia, keskuksia sekä sähköratapylväitä 3D-objekteina IFC- ja dwg-formaateissa. Näin ollen objektit voitiin ladata objektikirjastosta CADSin tukemassa dwg-muodossa suunnittelun käyttöön.

Lisäksi mallintamisessa käytettiin hyväksi tuotevalmistajien sivuilta ladattavia, asiakkaiden käyttöön luotuja tuotteiden 3D-malleja. Sellaisenaan käyttöön otettujen valmiiden mallien esiintymissä kuitenkin ilmeni puutteita sekä vääristymiä, varsinkin viettäessä tietoja yhdistelmämalliin. Tästä syystä valmiiden mallien rakenne oli syytä tarkistaa ja muokata Ratamallintamisen pilotointiohjeen vaatimusten mukaisiksi. Ratamallintamisen pilotointiohje on rataan liittyville tekniikka-aloille luotu tietomallintamisen ohje ja tuki.

2D-3D-vastaavuuksien määrittelyn jälkeen 3D-symbolit voitiin generoida ja niille voitiin asettaa tarvittavat attribuutit sekä muut asettelua täsmentävät ominaisuudet. Generointien jälkeen kaikki 3D-symbolit vietiin omiin osamallitiedostoihinsa symboliryhmittäin (valaisimet omaan tiedostoon, erotusmuuntajat omaan tiedostoon jne.). Tällä toimenpiteellä parannettiin mallien luettavuutta sekä minimoitiin yksittäisten 3D-objektien esiintymissä mahdollisesti ilmeneviä virheitä. Tämän toimenpiteen nähtiin helpottavan myös korkotiedon saannin prosessia.

3.3.3 Korkotiedon saanti

CADSin generoimien 3D-symboleiden x- ja y-koordinaatit olivat tietomalliin vietäväksi oikeat ja hyvin pitkälle samat kuin niiden 2D-symboleidenkin. Valmiiksi generoitujen 3D-symboleiden Z-koordinaattitieto oli kuitenkin lähtökohtaisesti kaikilla symboleilla virheellinen. CADS-ohjelmisto ei osannut lukea Z-koordinaattia vektorimuotoisesta maastomallitiedostosta, joten korkotiedot haettiin 3D-win-ohjelmiston työkalujen avulla projektin maastomallista ja suunnitelmien tarkentuessa, suunnittelun välikerroksen pintamallista.

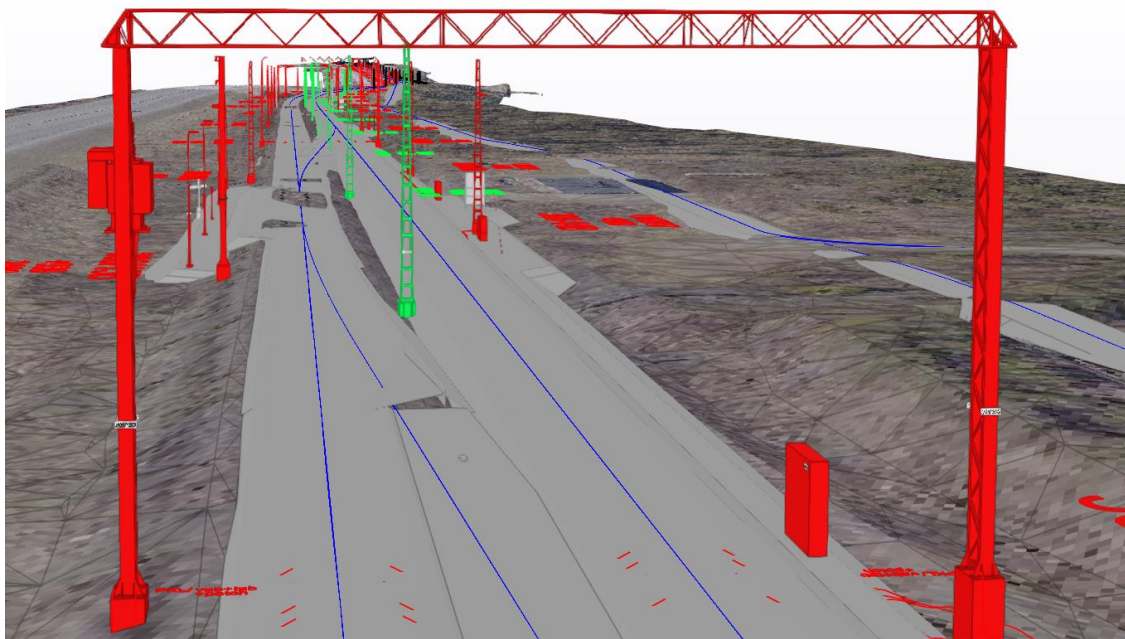
3.3.4 Viimeistellyn materiaalin vieni yhdistelmämalliin

Valmiit osamallit vietiin luonnin jälkeen projektin yhdistelmämalliin. Yhdistelmämallin kokoamis- ja tarkasteluohjelmisto voi vaihdella projekteittain, mutta tällä hetkellä yleisimmin käytössä oleva Trimble Connect toimi myös LUIMan mallien kokoamisalustana. Trimble Connect on yhdysvaltalaisen Trimblen tuottama pilvipohjainen alusta, joka yhdistää informaation ja ihmiset ajasta, paikasta tai laitteesta riippumatta. Ohjelmistolla voi jakaa ja vastaanottaa eri alustojen tuottamia kuvia, malleja ja muuta dokumentaatiota. Parhaiten ohjelmisto soveltuu törmäystarkasteluun, yhteensovittamisen ja arkistoinnin työkaluksi (Tekla Oyj, n.d.).

Ratamallintamisen pilotointiohjeen mukaan yhdistelmämalliin vietävien osamallien tulee olla IFC tai 3D-dwg muodossa. Dwg:llä lisävaatimuksena on, että kappaleet ovat solid-malleja, eikä esimerkiksi pinta/verkkomalleja (mesh-model). Vahvavirran mallit vietiin alun perin Trimble Connectiin dwg-muotoisina, mutta niitä tarkasteltaessa havaittiin, että kaikki elementit olivat rakenteeltaan vää-

ränlaisia. Tällöin selvisi, että CADs ei vielä toistaiseksi tue solid rakennetta, vaan muuttaa solid objektit CADs symboleiksi, jolloin niistä tulee pintamalleja. Tämä pakotti hakemaan ratkaisuja IFC-formaatista ja mahdollisista muista ohjelmistoista.

CADs tukee IFC2x3 ja IFC2x3 CV2.0 -formaatteja ja todettiin, että mallien uloskirjoittaminen IFC-formaatissa olisi mahdollista ja kaikin puolin järkevintä. CADs vaatii IFC mallin tuottamiseen 2D-symbolin, jolle on määritetty 3D-vastaavuus. Tässä vaiheessa projektia 3D-objektit oli erotettu niiden 2D "isäntäsymboleista", eikä näin ollen pelkkien 3D-objektien vienti IFC:hen onnistunut. Kymdatan tuen mukaan symbolien yhteydellä pyritään siihen, että malliin menee vain projektin sähkökomponentteja, ja niistäkin vain ne, joille on määritetty 3D-vastaavuus. Tämän ongelman korjaaminen olisi ollut mahdollista, mutta se olisi kuitenkin vaatinut verrattain paljon ylimääräisiä toimenpiteitä. Ajanpuutteen vuoksi luodut pistemäiset osamallit tyydyttiin lopulta viemään yhdistelmämalliin AutoCAD-ohjelmiston kautta. Tietyiltä objekteilta vaadittiin myös näkyviä tekstiattribuutteja, joita ei saatu IFC-formaatissa useista yrityksistä huolimatta näkymään oikein. Tämäkin haaste jouduttiin kiertämään AutoCAD-ohjelmistoa käyttämällä. Objektit sijoitettiin AutoCADissa paikoilleen yksitellen ja valmiiksi selvitettyt attribuutti- ja sijoittamisen ominaisuustiedot kopioitiin CADsista.



Kuva 7. Projektille suunniteltuja vahvavirran ja sähköradan elementtejä yhdistelmämallissa

3.3.5 Kaapelointien mallintaminen

Sähkösuunnittelun toimeksiantoon kuului myös kaapelointien, kaapelireittien ja suojaputkien mallintaminen. Ratamallintamisen pilotointiohjeen mukaan kaapeliputkille, kouruille, -kanaville ja -hyllyille tulee esittää 3D-objekti tai elementin vaatima tilavaraus. Kaapeloinneista vain sijainniltaan olennaiset kaapelit tulee mallintaa, mutta kouruissa ym. suojarakenteissa kulkevien yksittäisten kaapeleiden mallinnusta ei vaadita.

Jokaisen yksittäisen kaapelin mallintaminen on jo mahdollista, mutta nykyisillä ohjelmistoilla ja formaateilla se ei ole järkevää, sillä jokainen kaapeli on tehtävä erikseen, ja vasta siinä vaiheessa kun tiedetään kaikki reitissä kulkevat kaapelit. Tällöinkin tarkkuustaso on vain suuntaa antava, sillä suunnittelijalla ei ole tiedossa, missä järjestyksessä kaapelointeja tullaan todellisuudessa viemään. Kaapelireittien täyttöasteen mallinnuksesta olisi kuitenkin merkittävää hyötyä, joten toiminnan parantumiseksi, ohjelmistojen ja formaattien kehittyminen lyhyellä aikajänteellä olisi toivottavaa.

LUIMan projektilla mallinnettaviksi kaapeloinneiksi määriteltiin lopulta valaistusten, vaihteenlämmityskeskusten ja erotusmuuntajien maadoitukset sekä lämmitysmuuntajille tehtävät erotinkaapeloinnit. Kaapeleiden mallinnus CADSilla oli hieman ongelmallista, sillä 3D-generointi tehdään ohjelmistossa suorinta tietä kaapelin johdotuspisteestä toiseen, joten 3D-malli olisi poikennut merkittävästi 2D-kuvasta. Siksi kaapeloinnin mallinnusta projektilla lähdettiin työstämään johtotien piirtotyökalulla, käyttäen putkenpiirtotoimintoa. Piirtotyökalun tuottamat putkiobjektit voitiin uloskirjoittaa IFC-formaatissa. Kuten ongelmaksi todettiin, oli kaapeleiden mallintaminen myös tässä tapauksessa hankalaa ja paljon aikaa vievä prosessi. Suurena vaikeutena nähtiin kaapeleiden korkotiedon määrittäminen, muun muassa maastonmuotojen epäjohdonmukaisuuden takia. Lisävaikeuksia tuotti myös se, että sähkösuunnittelun käyttämän sijoituskartan mittakaavana oli 1:1000 ja tähän mittakaavaan suoraan piirrettyjen kaapeliobjektien IFC:hen kuvautumisessa havaittiin merkittäviä puutteita. Ongelman ratkaisemiseksi päädyttiin käyttämään sijoituskarttaa ja sen objekteja viitekuvana, joka sitten skaalattiin kerroinarvolla 1000. Tällaisella asettelulla laaditut kaapeliobjektit voitiin luoda CADSissa ns. normaalikokoisina, jolloin ne näyttäytyivät myös yhdistelmämallissa oikein ja halutulla tavalla.

3.3.6 Mallintamisprosessin ongelmat ja prosessin kehittäminen

Kuten mainittu, oli projektin mallinnustyön yhtenä tavoitteena etsiä ja tarkastella CADS-ohjelmiston työkaluja sekä pyrkiä tekemään kaikki vaadittava mallinnustyö kyseisellä ohjelmistolla, noudattaen vallitsevia inframallinnusta koskevia ohjeita ja sääntöjä. CADSin käyttö mallinnustyössä oli tilaajayrityksessä lähes täysin uutta, joten mallinnusprosessi eteni suurilta osin kokeilujen kautta. Ongelmiin törmätessä ratkaisuja haettiin niin ikään kokeilemalla eri työkaluja ja toimenpiteitä. Ongelmanratkaisussa auttoi myös Kymdatan tarjoama CADS-tuki, jonka piiriin tilaajayritys kuuluu. Loppujen lopuksi lähes kaikkiin vastaan tulleisiin ongelmiin löydettiin ratkaisu, vaikkakin osa ongelmista ratkesikin vasta aivan prosessin loppuvaiheilla. Tässä kappaleessa käydään tarkemmin läpi prosessin aikaisia ongelmia sekä kehitystoimenpiteitä niille.

3D-symbolien generointia on tehty tilaajayrityksen projekteilla erillisenä toimenpiteenä vasta muun suunnittelutyön lopuksi. Toiminnan nopeuttamiseksi ja mallintamisen yhtäaikaisuuden lisäämiseksi CADSista pyrittiin löytämään uusia, sopivampia asetuksia. Ratkaisuksi löytyi näytön ositus sekä asetus 3D-symbolien yhtäaikaiselle sijoittamiselle 2D-symbolin kanssa.

3D-symboleita sijoittaessa aikaa vievänä prosessina oli 3D-symboleiden kerroinarvojen muuttaminen oikeiksi. Alun perin symbolit olivat nimittäin 1000 kertaa haluttuja suurempia. Tämä aiheutti merkittäviä sijaintitietojen vääristymiä sekä mallien luettavuusongelmia sekä osittain että yhdistelmämallissa.

Kyseinen mittakaavoista johtuva ongelma on tiedostettu ongelma CADSiä käyttäessä, eikä siihen ole löydetty järkevää ratkaisua. Uusia 3D-symboleita luotaessa olisi toki mahdollista määrittää useita eri mittakaavoihin soveltuvia ratkaisuja, mutta tätä ei ole koettu järkeväksi toimeksi, sillä kyseinen luomisprosessi veisi merkittävän paljon aikaa ja resursseja.

Yhtenä rautatiealan mallintamisen suurimpana vaikeutena oli oikeiden korkotietojen määrittäminen objekteille. CADSiin sai tuotua vektorimuotoisia maastomallitiedostoja, mutta pinnanmuotojen tulkitseminen niistä oli kuitenkin hankalaa. CADS ei myöskään osannut lukea tällaista maastomallia elementtinä, josta korkotieto olisi voitu kätevästi lukea. Tästä syystä avuksi otettiin yrityksen käytössä oleva 3D-win-ohjelmisto, jonka avulla 3D-objektien (pl. kaapelit) korkotiedot saatiin lopulta kätevästi, ilman kovin suuria ponnisteluja. 3D-win tullaan todennäköisesti ottamaan käyttöön myös tulevaisuuden mallinnusprojekteissa, ainakin toistaiseksi, kunnes CADSin ominaisuudet kehittyvät paremmin tilaajayrityksen toimintaan soveltuviksi.

Kuten kappaleessa 3.6.4 jo todettiin, on CADSin mallitiedostojen paras uloskirjoittamisen formaatti IFC. IFC:llä ei kuitenkaan saada katettua kaikkia tarpeita, sillä esimerkiksi elementeillä, joihin halutaan näkyviä tekstiattribuutteja, kuten tunnuskilpien tekstejä, on havaittu IFC:hen uloskirjoittaessa kuvautumisvirheitä, minkä takia tämänkaltaisten 3D-objektien tuottaminen CADSilla on toistaiseksi poissuljettua.

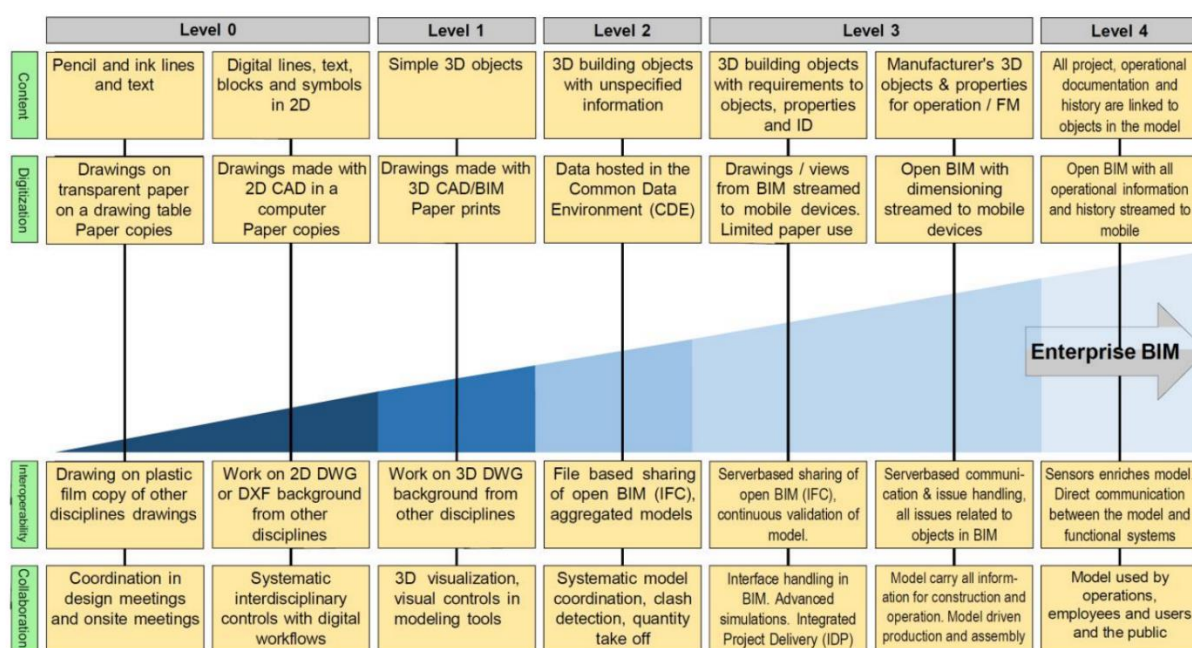
Osamallissa olevat symbolit tulisi asettaa InfraBIM-nimikkeistön mukaisille tasoille. Ongelmaksi muodostui kuitenkin se, että CADSista uloskirjoitettavan IFC-tiedoston tasot määräytyvät kullekin 2D-symbolille asetetun electric-järjestelmän mukaan, eikä tasonimitykset näin ollen vastanneet vaatimuksia. Tämä ongelma saadaan tulevaisuudessa kuitenkin ratkaistua, lisäämällä CADSin asetustiedostoihin uusia, InfraBIM-nimikkeistön mukaisia electric-järjestelmiä. Kun electric-järjestelmä määritetään kertaalleen, se säilyy tietokannassa myös muille käsiteltäville CADS-tiedostoille.

Rautatiealan suunnitelmissa käytetään värikoodausta, jonka avulla selvennetään, ovatko suunnitelmissa esiintyvät symbolit uusia, vanhoja/poistuvia vai säilyviä. Toisaalta tämäkään ei aina ole yksiselitteistä, sillä eri tekniikka-alat käyttävät vakioidusti täysin päinvastaisia värijärjestelmiä. Esimerkiksi vahvavirta- ja turvalaitetekniikan suunnittelussa käytetään punaista väriä uusille, vihreätä poistuville ja mustaa säilyville elementeille. Geometriasuunnittelussa vihreällä puolestaan kuvataan uutta suunnitelman osaa. LUIMAn projektilla värijärjestelmäksi sovittiin vastaava kuin vahvavirta- ja turvalaitesuunnittelussa.

Mallien värikoodaus aiheutti prosessin aikana hankaluuksia, sillä alun perin kaikki 3D-symbolit kuvautuivat niille, jo symbolien luomisvaiheessa asetetuin värein. Kymdatan tarjoaman tuen mukaan, CADS vie elementin IFC:hen sen värisenä kun se kuvaan on generoituna ja lopullinen väri 3D-generoinnissa määräytyy asetustiedostossa määritellyn 3D-järjestelmän värin perusteella. Tämäkin ongelma saadaan siis ratkaistua jo uusia electric-järjestelmiä, eli uusia asetuksia määrittäessä. Tällä projektilla värikoodaus saatiin toimimaan muokkaamalla alkuperäisten, objektkirjaston tarjoamien 3D-objektien väriominaisuuksia.

4 TIETOMALLIOHJEEN LAADINTA

Tietomallintamisen tasoja mitataan ja määritetään usein eri tavoin maailmalla. Tietomallintamisen kypsyysaste liittyy siihen realiteettiin, ettei siirtyminen raa’asti tavallisesta suunnittelutyöstä tietomallintamiseen ole mahdollista, vaan on edettävä pienin askelin kohti muutosta. Organisaation, yrityksen tai yksittäisen projektin BIM-kypsyys arvioimista varten on luotu erilaisia indikaattoreita, joista yksi esitetään kuvassa 8. Tällä mittarilla mitataan neljää eri aihepiiriä kehitymisessä. Aiheet ovat sisältö, digitalisaatio, yhteensovittaminen ja yhteistyö. Tämän kaltaisen mittarin perusteella voidaan esimerkiksi arvioida, mitä asioita voidaan ja täytyy tehdä, jotta saavutetaan seuraava askel kohti parempaa tietomallintamista (Bomtrado, n.d.).



Kuva 8. BIM kypsyysasteet Euroopassa (Bomtrado, n.d.)

Kuvassa 8. esitellyn indikaattorin perusteella voidaan todeta tilaajayrityksen mallinnustoiminnan sijoittuvan tasojen 2 ja 3 rajapintaan, riippuen tarkasteltavasta tekniikka-alasta. Opinnäytetyön kirjoitushetkellä malleja ei esimerkiksi viedä mobiililaitteisiin, vaikkakin se on täysin toteutettavissa nykyisillä työkaluilla. Tällä hetkellä tämä seikka ei kuitenkaan ole prioriteettilistan kärjessä, vaan aluksi on kiottava kuntoon kaikki perustoiminnallisuudet.

Tietomallilähtöinen toiminta ja sen vaatiminen projekteissa on lisääntynyt huomattavasti infrarakentamisessa lähiaikoina. Muun muassa tästä syystä Proxionilla on havaittu tarve lisätä kehitystyötä tietomallinnuksen osalta.

Opinnäytetyön toisena osiona olikin Proxionin tietomallintamistoiminnan kehittäminen ja mallintamista käsittelevän sisäisen ohjeen laatiminen. Aiheen rajauduttua, ryhdyttiin selvittämään ajan saatossa syntyneitä tarpeita sekä mahdollista sisäisen ohjeen sisältöä. Tilaajayrityksen tietomallintamiseen perehtyneiden henkilöiden kanssa käytiin palaveria ja mietittiin ohjeen mahdollista runkoa.

Mitään täysin yksiselitteistä ratkaisua ja ohjeen rakennetta ei kuitenkaan lyöty lukkoon, mutta havaittiin, että eräs mallintamistoiminnan kehittämisen ohjeistus oli aiemmin aloitettu ja sitä oli tarpeen lähteä kehittämään ja jatkojalostamaan. Uuden ohjeen tavoitteena oli saattaa yksittäisen suunnittelijan tietoisuuteen se, miten tietomallipohjaisen hankkeen vaatimukset vaikuttavat konkreettisesti yksilön omaan työhön. Tavoitteena oli myös antaa vastaukset seuraaviin kysymyksiin ja aiheisiin:

- Mitä on tietomallintaminen?
- Miksi ja kenelle mallinnetaan?
- Miten ja milloin mallinnetaan?
- Olemassa oleva ohjeistus.
- Mitä ja minkälaisia ovat suunnittelun aikaiset tarkastukset?
- Tiedonhallinta.

Ohjeen loppuun muodostettiin myös yksityiskohtaiset, vaiheittaiset ohjeet siitä, kuinka CADs-ohjelmistolla voidaan toimia rakennussuunnitteluvaiheessa olevalla tietomallipohjaisella projektilla. Kyseiset ohjeet muodostuivat LUIMAn projektista poimittujen hyväksi todettujen toimintatapojen pohjalta.

Tilaaajayrityksen toiveiden mukaisesti, opinnäytetyön aikana suunnittelun tueksi laadittua ohjeistusta ei julkaista tässä yhteydessä. Seuraavissa kappaleissa kuvataan kuitenkin karkeasti ne kokonaisuudet, mitä ohjeessa käsitellään.

4.1 Ohjeen yleinen osio

Ohjeen johdanto-osio käsittelee tietomallintamisen nykytilaa yleismaailmallisesti sekä tarkemmin yrityksen sisällä. Osiossa kerrotaan myös mallintamisen tämänhetkisestä arvosta sekä perusteita ja tavoitteita kyseiselle ohjeelle.

Yleinen osio lähtee liikkeelle perustiedoista ja lukijalle kerrotaan, mitä on mallintaminen, miksi sitä tehdään sekä miten ja missä vaiheissa mallintaminen näyttäytyy rakennushankkeilla. Yleisessä osiossa esitellään myös yrityksen käytössä olevia ohjelmistoja sekä yleisimmin ohjelmistoissa hyödynnettäviä, mallintamiseen liittyviä tiedostoformaatteja.

Seuraavaksi ohjeessa tuodaan esille mallintamista koskevat, voimassa olevat ohjeistukset, vaatimukset, nimikkeistöt sekä sanastot. Näitä asiakirjoja ovat muun muassa Yleiset inframallivaatimukset, InfraBIM-nimikkeistö sekä Ratomallintamisen pilottiohje, jotka on esitelty tämän dokumentin aiemmissa luvuissa. Ohjeen seuraavassa osiossa käydään läpi mallipohjaisen hankkeen rakenne, hankkeen vaiheistus, tiedonhallinta sekä mallien suunnittelun aikaiseen tarkistukseen liittyvät seikat.

4.2 Esimerkkiprojekti & CADs

Ohjeistuksen luonnin edetessä todettiin tarpeelliseksi esitellä mallinnusprosessi askel askeleelta alusta loppuun, käyttäen CADs-suunnitteluohjelmistoa. Esimerkkiprojektina käytettiin luvussa 3 esiteltyä LUIMAn projektia. Ohje muodostui lähinnä samalla kaavalla kuin projektille luotava mallinnuskin, eli ensin todettiin mallinnuksen tarve, kokeiltiin vaihtoehtoisia ratkaisuja ohjelmistolla ja poimitiin sitten hyväksi todetut käytännöt ja kirjattiin ne ohjeeseen.

Kyseinen ohjeen osio käsittelee

- CADsin näkymien hallinnan
- Symbolikirjaston hallinnan
- Symbolien 2D- ja 3D-vastaavuuksien määrittelyn
- 3D-symbolien generoinnin
- Korkotietojen noutamisen symboleille 3D-win-ohjelmalla
- IFC osamallien luontiprosessia
- Kaapeleiden mallintamisen ja sen työkalujen käytön
- Yhdistelmämalliin viemisen ja yhdistelmämallin työkalujen käytön
- Nimeämiskäytännöt
- Suunnitelmien tarkastuksen sekä yhteensovitusprosessin ja sen vaatimukset

Työn aikana luotua ohjetta on tulevaisuudessa tarkoitus kehittää käyttäjien kokemusten ja palautteen mukaisesti.

5 MALLINTAMISEN TULEVAISUUS

5.1 Yleisesti

Mallintamisen yleistä kehitystä vie eteenpäin meneillään oleva ratarakentamisen kehityshanke ja sen tuomat jatkuvat päivitykset muun muassa yleisiin ohjeisiin ja nimikkeistöihin. Myös ohjelmistotalojen tekemä formaattien ja ohjelmistojen kehittäminen osaltaan vauhdittaa mallinnustoiminnan vahvistamista. Luonnollisen kehityksen tärkeänä osana tulevat olemaan myös projektien tilaajat, jotka vaativat projekteilta lisää mallinnettua dataa.

5.2 Tilaajayrityksessä

Mallintaminen tulee odotettavasti näyttämään suhteellisen suurta roolia tilaajayrityksen seuraavissa kehityksen askelissa. Väyläviraston tilaamilta kaikilta suuremmilta projekteilta tullaan todennäköisesti vaatimaan tietomallintamista ja tämä tulee varmasti näkymään myös projektien luonteen muutoksena.

Opinnäytetyön aikana luodun tietoperustan pohjalta CADS-ohjelmiston mallintamistoiminta saadaan siirrettyä myös muiden suunnittelijoiden toimintaan. Näin ollen suunnitelmilla ei ole erillistä mallintajaa, vaan jokainen suunnittelija tekee mallinnustyötä muun suunnittelun ohessa. Yrityksen suunnittelijoiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella tietomallintaminen on myös mielenkiintoa herättävä aihe ja jatkokehitystä vauhdittavia ajatuksia varmasti syntyy, kun mallintaminen lisääntyy. Tavoitteena on myös muuttaa kaikki suunnittelutyö tietokanta ja -mallipohjaiseksi mahdollisimman pian. Lisäksi luotua sisäistä ohjetta tullaan varmasti kehittämään suunnittelijoiden saamien kokemusten kautta. Ohje vanheneekin osittain melko nopeasti, joten se tulee olemaan jatkuvaluonteinen prosessi ja päivitystyö. Nykyisellään mallinnustyö on melko manuaalista, mutta käsin tehtävän työn lisäksi myös uusia, entistä kehittyneempiä ja automatisoidumpia työkaluja sekä ratkaisuja pyritään luomaan tilaajayrityksessä jatkuvasti.

Kuten opinnäytetyössä esitellystä projektissa selviää, rajoittuu mallintaminen tällä hetkellä vain visuaalisuuteen ja sen avulla tehtävään törmäystarkasteluun ja yhteensovittamiseen. Tulevaisuudessa malleihin onkin pystyttävä yhdistämään lisää toimintaa tarkentavia ominaisuustietoja, joiden avulla elementtejä voidaan tarkemmin yksilöidä. Ominaisuustietojen avulla tilaajan on myös esimerkiksi helpompi saada luettelotietoja paremmin käyttöönsä.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli Luumäki-Imatra-ratahankkeen projektille tehtyjen vahvavirtasuunnitelmien kokonaisuuden tietomallintaminen sekä Proxionin tietomallitoiminnan kehittäminen, paneutuen tarkemmin CADS-ohjelmistoon. Tavoitteena oli luoda projektille visuaaliset mallit käyttäen tilaajayrityksen sen hetkisiä työkaluja ja samalla viedä tietomallitoimintaa eteenpäin. Tehtäväksi muodostui myös tietomallintamista käsittelevän, kattavan ohjeen luominen.

Lopputuloksena projektille saatiin tuotettua kaikki vaaditut vahvavirran laitteiston mallit ja tilaajayritykselle luotiin tarpeeseen tullut ohje. CADS-ohjelmistosta saatiin projektin aikaisella tutkimustyöllä paremmin esille mallintamista tukevia työkaluja ja sen tietokantoja saatiin muokattua paremmin mallipohjaiseen työskentelyyn sopivaksi.

Opinnäytetyön kirjoituksen hetkellä, on LUIMAn hankkeeseen liittyvä projekti osittain vielä kesken. Sähkösuunnittelutiimi odottaa lähtötietoja, suunnittelutoimien jatkamiseksi. Suunnittelun tueksi luotua mallintamisen ohjetta päästään siis todennäköisesti hyödyntämään jo kyseisen hankkeen seuraavassa suunnitteluvaiheessa ja näin ollen ohje saa tulikasteensa melko pian.

Opinnäytetyössä onnistuttiin tuottamaan tarvittavat materiaalit sekä yritykselle, että hankkeen projektille. Lähtötilanteessa tilaajayrityksessä hieman kyseenalaistettiin CADSin soveltuvuutta mallintamistyöhön, mutta opinnäytetyön aikana saatu tieto todisti toisin ja vankisti CADSin asemaa yrityksen toiminnassa. Tulevaisuudessa tilaajayrityksen suunnittelijat osaavat käyttää kyseistä ohjelmistoa entistä tehokkaammin ja monipuolisemmin ja yrityksen tietomallitoiminta oletettavasti parantuu. Opinnäytetyön prosessi oli tekijälle haastava, prosessin luonteen sekä työn aiheen tuntemattomuuden vuoksi. Työ kuitenkin opetti tekijälleen CADSin edistyneempää käyttöä ja antoi paljon oppia tietomallintamisesta sekä siihen liittyvistä seikoista.

7 LÄHDELUETTELO

- 3D-system Oy. (13. 4. 2019). *Etusivu: 3D-system*. Noudettu osoitteesta 3D-system Oy:n sivusto: <http://www.3d-system.fi/index.php/3d-win>
- Anderson, R. (16. 6 2009). AutoCAD Map 3D: What is LandXML? *AutoCAD Map 3D: What is LandXML?* Haettu 25. 4. 2019 osoitteesta <http://cadandgis.blogspot.com/2009/06/autocad-map-3d-what-is-landxml.html>
- Autodesk. (13. 4. 2019). *Yleiskatsaus; AutoCAD: Autodesk*. Noudettu osoitteesta Yleiskatsaus; AutoCAD: Autodesk: <https://www.autodesk.fi/products/autocad/overview>
- Autodesk. (13. 4. 2019). *Yleiskatsaus; Inventor: Autodesk*. Noudettu osoitteesta Autodeskin sivusto: <https://www.autodesk.fi/products/inventor/overview>
- Autodesk; CorelDRAW. (n.d.; n.d.). *Mikä on DWG?: Autodeskin yleiskatsaus; Need to open a DWG file?: CorelDRAWin yleiskatsaus*. Haettu 25.. 4. 2019 osoitteesta Autodeskin tuotesivusto; CorelDRAWin sivusto: <https://www.autodesk.fi/products/dwg>; <https://www.coreldraw.com/en/pages/dwg-file/>
- Becerik-Gerber;& Rice. (2010). *ITcon: The perceived value of building information modeling in the U.S. building industry*. Noudettu osoitteesta ITcon sivusto: <https://www.itcon.org/paper/2010/15>
- Bernstein, P.;& Pittman, J. (11. 2004). *Barriers to the Adoption of Building*. Noudettu osoitteesta Autodesk building solutionin sivusto: <http://academics.triton.edu/faculty/fheitzman/Barriers%20to%20the%20Adoption%20of%20BIM%20in%20the%20Building%20Industry.pdf>
- Bomtrado. (n.d.). *Bomtrado: Bim maturity levels*. Haettu 13.. 3 2019 osoitteesta Bomtradon sivusto: <https://bomtrado.dk/bim-maturity-levels/>
- Bomtrado. (n.d.). *Bomtrado: What is BIM?* Haettu 7. 3. 2019 osoitteesta Bomtradon sivusto: <https://bomtrado.dk/what-is-bim/>
- buildingSMART Finland. (1. 8. 2014). *buildingSMART Finland: Infrabim-sanasto*. Noudettu osoitteesta buildingSMART Finlandin sivusto: <https://buildingsmart.fi/infrabim/infrabim-sanasto/>
- buildingSMART Finland. (5. 5. 2015). *buildingSMART Finland: Yleiset inframallivaatimukset YIV2015 Osa 1 Tietomallipohjainen hanke*. Noudettu osoitteesta buildingSMART Finlandin sivusto: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA1_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_1_0.pdf
- buildingSMART Finland. (5. 5. 2015). *Yleiset inframallivaatimukset Osa 1: buildingSMART Finland*. Noudettu osoitteesta buildingSMARTin sivusto: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA1_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_1_0.pdf
- buildingSMART Finland. (5. 5. 2015). *Yleiset inframallivaatimukset osa 2, Yleiset mallinnusvaatimukset*. Noudettu osoitteesta buildingSMARTin sivusto: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_1_0.pdf
- buildingSMART Finland. (5. 5. 2015). *Yleiset inframallivaatimukset Osa 2: buildingSMART Finland*. Noudettu osoitteesta buildingSMARTin sivusto: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_1_0.pdf
- buildingSMART Finland. (11. 6. 2016). *IfraBIM -nimikkeistö (suunnittelu-, mittaus-, ja tietomallinimikkeistö) v1.71*. Noudettu osoitteesta buildingSMARTin sivusto: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2018/06/InfraBIM_nimikkeist%C3%B6_v1_71.pdf

- buildingSMART Finland. (12. 12. 2017). *Inframodel4 käyttöön 1.2.2018: buildingSMARTin sivusto*. Noudettu osoitteesta buildingSMARTin sivusto: <https://buildingsmart.fi/inframodel4-kayttoon-1-2-2018/>
- buildingSMART Finland. (2019). *Infrabim: buildingSMART Finland*. Haettu 25. 4. 2019 osoitteesta buildingSMART Finlandin sivusto: <https://buildingsmart.fi/infrabim/>
- buildingSMART Finland. (n.d.). *Standardit: buildingSMARTin sivusto*. Noudettu osoitteesta buildingSMARTin sivusto: <https://buildingsmart.fi/standardit/>
- buildingSMART Finland. (n.d.). *Yleiset inframallivaatimukset: buildingSMARTin sivusto*. Haettu 25. 4. 2019 osoitteesta buildingSMARTin sivusto: <https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/>
- CoreDRAW. (n.d.). *Need to open a DXF file?: CoreDRAWin sivusto*. Haettu 26. 4. 2019 osoitteesta CoreDRAWin sivusto: <https://www.coreldraw.com/en/pages/dxf-file/>
- Creach, Z. (31. 7. 2013). *Concrete construction*. Noudettu osoitteesta THE TOP FIVE BIM FILE FORMATS & HOW TO USE THEM: https://www.concreteconstruction.net/business/technology/the-top-five-bim-file-formats-how-to-use-them_o
- Hunt, S. (5. 8. 2015). *Modern Building Services*. Noudettu osoitteesta Modern Building Services - Portico Publishing Ltd: http://www.modbs.co.uk/news/fullstory.php/aid/14890/Why_is_the_building-services_sector_lagging_behind_in_BIM_.html
- Kuusela, P. (2017). *Theseus*. Haettu 25. 4. 2019 osoitteesta Theseus: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/137731/Kuusela_Petri.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kylmälä, A. (1. 2015). *Julkaisut: Väyläviraston*. Noudettu osoitteesta Väyläviraston sivusto: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-03_tietomallien_hyodyntaminen_web.pdf
- Kymdata Oy. (13. 4. 2019). *Etusivu: Kymdata Oy*. Noudettu osoitteesta Kymdata Oy:n sivusto: <http://www.cads.fi/>
- LandXML.org. (n.d.). *Tietoa meistä: LandXML.org*. Haettu 25. 4. 2019 osoitteesta LandXML.org sivusto: <http://www.landxml.org/About.aspx>
- Louhi, P. (4. 12. 2017). *INFRA-ALA KEHITTYY INFRAMALLIVAATIMUSTEN MÄÄRITTELEMÄLLÄ VAUHDILLA. INFRA-ALA KEHITTYY INFRAMALLIVAATIMUSTEN MÄÄRITTELEMÄLLÄ VAUHDILLA*. Civilpoint Oy. Haettu 25. Huhtikuu 2019 osoitteesta <https://civilpoint.fi/2017/12/blogi-infra-ala-kehittyy-inframallivaatimusten-maarittelmalla-vauhdilla/>
- Proxion Oy. (28. 3. 2019). *Tietoa meistä: Proxion Oy*. Noudettu osoitteesta Proxion Oy:n sivusto: <https://www.proxion.fi/tietoa-meista/>
- Pulkkinen, E. (18. 4. 2019). *Ratamallintamisen pilotointiohje. Ratamallintamisen pilotointiohje*. Haettu 6. 5. 2019
- Serén, K. (1. 8. 2014). *InfraFINBIM Mallinnusvaatimukset*. Noudettu osoitteesta Lyhyt sanasto - Infrarakentamisen tietomallintaminen: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2013/10/InfraBIM_LyhytSanasto_v0-6.pdf
- Tekla Oyj. (n.d.). *Mitä on BIM?* Haettu 14. 5. 2019
- Tekla Oyj. (n.d.). *Tuotteet, Trimble Connect: Tekla Oyj:n sivusto*. Haettu 26. 4. 2019 osoitteesta Tekla Oyj:n sivusto: <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/trimble-connect>
- Väylävirasto. (1. 12. 2006). *Ratahallintokeskuksen julkaisu B17: Vaihteenlämmityksen tekniset määreet*. Noudettu osoitteesta Ratahallintokeskuksen julkaisu B17: https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rhk_b17_vaihteenlammityksen_tekniset_maareet.pdf
- Väylävirasto. (13. 5. 2015). *Liikenneviraston ohjeita: Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu*. Noudettu osoitteesta Liikenneviraston ohjeita: Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-16_maantie_rautatiealueiden_web.pdf

Väylävirasto. (3. 4. 2019). *Hankkeet, Luumäki-Imatra-ratahanke: Väyläviraston sivusto*. Noudettu osoitteesta
Hankkeet, Luumäki-Imatra-ratahanke: Väyläviraston sivusto: <https://vayla.fi/luumaki-imatra-ratahanke#.XMrurugzZPa>