

MALLIPOHJAISEN SUUNNITTELUN HYÖDYNTÄMINEN SAVARI 3 -ALUEEN SUUNNITTELUPROJEKTISSA

Toteutusmallien laatiminen

Toteutusmallin laatiminen suunnitelmamallista – ohjeen päivittäminen

Kurkinen Jonne

Opinnäytetyö
Tekniikan ala
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

2017

Tekniikan ala
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Jonne Kurkinen	Vuosi	2017
Ohjaaja(t)	Janne Poikajärvi		
Toimeksiantaja	Destia Oy, Ville Suntio		
Työn nimi	Mallipohjaisen suunnittelun hyödyntäminen Savari 3 -alueen suunnitteluprojektissa		
Sivu- ja liitesivumäärä	54 + 3		

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella mallipohjaisesta suunnittelusta saatavia hyötyjä Ylivieskan Savari 3 -alueen suunnitteluhanketta hyväksi käyttäen. Työ toteutettiin elokuun 2016 ja tammikuun 2017 välisenä aikana, ja sen tuloksena päivitettiin Destia Oy:n sisäisessä käytössä ollut ”Suunnitelmasta toteutusmalliksi”-ohje. Lisäksi Savari 3 - hankkeelle laadittiin toteutusmalliaineisto työkoneautomaation käyttöön ja tarkasteltiin toteutusmallien laatuun vaikuttavia tekijöitä sekä malliaineistolle asetettuja odotuksia elo– syyskuussa 2016 toteutetun kyselyn avulla.

Savari 3 -alueen suunnitteluhankkeella hyödynnettiin Tekla Civil - suunnitteluohjelmaa, minkä lisäksi toteutusmallien viimeistelyssä ja laadunvarmistuksessa käytettiin 3d-Win -ohjelmaa sekä LandNova-simulaattoria. Suunnitelmapiirustusten viimeistelyssä hyödynnettiin AutoCAD-suunnitteluohjelmistoa. Suunnittelutyössä kohde mallinnettiin tarvittavassa laajuudessa myös alueelle aiemmin laadittujen suunnitelmien osalta yhteensopivuuden varmistamiseksi. Väylien rakennekerrokset mallinnettiin mahdollisimman tarkasti Tekla Civil -ohjelmaan, ja uudelleen nimetty ”Toteutusmallin laatiminen suunnitelmamallista” - ohje päivitettiin toteutusmallien viimeistelyn yhteydessä. Opinnäytetyön yhteydessä toteutetun, konekuskeille ja toteutusmalliaineistoa käsitteleville operaattoreille kohdennetun, kyselyn avulla kartoitettiin toteutusmalleissa tähän mennessä havaitut suurimmat puutteet, ja näihin epäkohtiin pyrittiin puuttumaan Savari 3 – alueen toteutusmalleja luotaessa.

Työn tuloksena saatiin Savari 3 -alueelle luotua perinteiset suunnitelmapiirustukset sekä -asiakirjat, minkä lisäksi kohteen rakentamista tukeva toteutusmalliaineisto luovutettiin tilaajalle tammikuussa 2017. Destia Oy:n sisäisessä käytössä ollut toteutusmallien luomista käsittelevä ohje päivitettiin ja toteutusmallien laadunvarmistukseen käytössä olevia menetelmiä ja työkaluja tarkasteltiin organisaation yksiköissä osana laajempia kehittämishankkeita.

Technology, Communication and Transport
Civil Engineering Degree Programme

Author	Jonne Kurkinen	Year	2017
Supervisor	Janne Poikajärvi		
Commissioned by	Destia Oy, Ville Suntio		
Subject of thesis	Utilisation of model-based planning in Savari 3- area planning project		
Number of pages	54 + 3		

This thesis discussed the utilization of model- based planning, creating of machine control models and their quality assurance. Savari 3 area planning project was used as a practical example. The purpose was also to update the instructions for “Creating a machine control model” used by Destia Oy.

The planning project was executed by using the Tekla Civil planning software, as well as 3d Win and AutoCAD applications. Planning was done by following the common InfraBIM Requirements YIV 2015 and the common guidelines of infrastructure construction. The project covered the construction planning of four different streets, located in Ylivieska in Northern Ostrobothnia. In addition to structural planning the project also covered the planning of water supply lines and trenches. During the planning process the benefits of model- based planning were constantly taken into account and they were also discussed as their own subject in this thesis.

The main result of this project was that not only the traditional construction planning documents for Savari 3 area were made, but also the machine control models for the excavators and surveyors to use during the construction process. The “Creating a machine control model” instructions were updated. The instructions were updated alongside the planning process and the finished product will be used in Destia Ltd. as the model- based production of construction planning is increasingly growing. Alongside the planning process and finished product will be used in Destia Ltd. as the model- based production of construction planning is increasingly growing. To summarize model- based planning improves the quality of construction planning and offers cost- effectivity especially in sites, where there are existing structures that need to be taken into account to ensure the best possible outcome.

Key words model- based planning, machine control, construction planning, structural planning

SISÄLLYS

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO.....	6
1 JOHDANTO	10
2 INFRAMALLINNUS	12
2.1 Yleiset inframallivaatimukset.....	12
2.2 Mallipohjainen suunnittelu.....	13
2.3 Inframallipohjainen hanke	13
2.3.1 Toimijat mallipohjaisessa hankkeessa	15
2.3.2 Lähtötietomalli	16
2.3.3 Suunnitelmamalli	18
2.3.4 Toteutusmalli	19
2.3.5 Toteumamalli.....	22
2.3.6 Ylläpitomalli	23
2.3.7 Yhdistelmämalli	23
2.3.8 Esittelymalli	24
2.3.9 Projektin dokumentointi, digitaalinen luovutusaineisto	25
2.3.10 Mallipohjaisen hankkeen tiedonsiirto.....	27
2.4 Tietomallipohjaisen hankkeen erot perinteiseen toteutukseen.....	29
3 SAVARI 3 -ALUEEN SUUNNITTELUPROJEKTI.....	31
3.1 Hankkeen esittely.....	31
3.2 Suunnitteluprosessin kulku	32
3.3 Aiempiin suunnitelmiin ja nykyisiin järjestelmiin liittyminen	36
3.4 Toteutusmallin laatiminen	38
4 TOTEUTUSMALLIN SISÄLTÖ	41
4.1 Mallinnettavat kohteet	41
5 TOTEUTUSMALLIEN LAADUNVARMISTUS SUUNNITTELUSSA.....	42
5.1 Kyselytutkimuksen taustat	42
5.2 Kyselyn tulokset.....	42
5.3 Keinot toteutusmallien laadunvarmistukseen.....	46
6 POHDINTA	50
LÄHTEET	52

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Yleiset inframallivaatimukset osana tietomallintamisen standardeja (BuildingSMART Finland 2015a)

Kuvio 2. Infraprojektin eteneminen (buildingSMART Finland 2015d)

Kuvio 3. Lähtötietomalli suunnitteluprosessissa (buildingSMART Finland 2015e)

Kuvio 4. Toteutusmallin taiteviivat, tien maaliviivat jätetään mallintamatta (BuildingSMART Finland 2015c)

Kuvio 5. Säännönmukainen kolmioverkko on tärkeä osa käyttökelpoista toteutusmallia

Kuvio 6. Ylläpitomalli hankkeen ylläpitovaiheessa (BuildingSMART Finland 2015d)

Kuvio 7. Yhdistelmä- ja esittelymallit osana suunnitteluhanketta (BuildingSMART Finland 2015d)

Kuvio 8. Yhdistelmämallista johdettu esittelymalli (BuildingSMART Finland 2015d)

Kuvio 9. Digitaalisen luovutusaineiston kansiorakenne

Kuvio 10. Alimman yhdistelmäpinnan toteutusmalli ja työkoneen mittaamat toteumapisteet Infrakit- sovelluksen poikkileikkaustarkastelussa

Kuvio 11. Toteumapisteiden tarkastelu taulukkomuodossa Infrakit-sovelluksella.

Kuvio 12. Savari 3- alueen lähestymiskartta (Paikkatietoikkuna 2016)

Kuvio 13. Murskakadun ja Savarinväylän alustavia linjauksia Tekla Civil-ohjelmassa. Taustalla kaavaehdotus ja Pohjolantien katuasemapiirustus.

Kuvio 14. Alumiinikadun rakenteen pinnat ja riippuvuudet Tekla Civil-suunnitteluohjelmassa

Kuvio 15. Ylimmän yhdistelmäpinnan johdetut ketjut piirtyvät näytölle lajikoodauksen mukaisina taiteviivoina, korkeuskäyrien säännöllisyys on merkki yhtenäisestä pinnasta.

Kuvio 16: Näkymä aiempaan suunnitelmaan liitettävien putkilinjojen 3d-törmäystarkastelusta

Kuvio 17. Liittymäalueen tarkastelu Tekla Civil-ohjelmassa.

Kuvio 18. Toteutusmallin tarkastelu 3d- ja poikkileikkausnäkymissä Tekla Civil-suunnitteluohjelmassa

Kuvio 19. Savari 3- alueen toteutusmallin runko

Kuvio 20. Koodaamaton ja lajikoodattu taiteviiva- aineisto 3d- Win- ohjelmassa

Kuvio 21. Liittymäalueen pintojen yhteensopivuustarkastelu Tekla Civil-suunnitteluohjelmalla

Kuvio 22. Kauniskallionkadun ja Alumiinikadun liittymäalue 3d- Win: n 3d- ja poikkileikkaustarkastelussa

Kuvio 23. Savarinväylän toteutusmallipintojen tarkastelu LandNova-simulaattorilla

Taulukko 1. Lähtötiedon kansiorakenne (buildingSMART Finland 2015e)

Taulukko 2. Mallinnustarkkuus eri mallinnustasoilla (BuildingSMART Finland 2015b)

Taulukko 3. Taiteviivojen enimmäispituudet kaarteissa ja siirtymäkaarilla (BuildingSMART Finland 2015c)

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

im3	Inframodel 3- tiedonsiirtoformaatti
BIM	Building information model, tietomalli
Vt 27	Valtatie 27
YIV- ohjeet	Yleiset Inframallivaatimukset- ohjekokonaisuus
3D	Kolmiulotteinen

1 JOHDANTO

Infra-ala elää tällä hetkellä murroskautta. Hankkeen perinteisten toteutustapojen lisäksi tietomallintaminen on alkanut yleistyä. Siinä papereihin keskittynyt prosessi on korvattu digitaalisella aineistolla aina suunnittelusta valmiin työn luovuttamiseen ja ylläpitovaiheeseen. Monilla hankkeilla onkin keskusteltu siitä, voitaisiinko esimerkiksi suunnitteluvaiheessa osa suunnitelmapiirustuksien paperisista versioista korvata puhtaasti sähköisellä aineistolla, ja näin ollen helpottaa tiedon käsittelyä sekä nopeuttaa suunnitelmamuutoksiin reagointia.

Työkoneautomaation yleistymisen myötä inframallihankkeelle kuuluvien toteutusmallien luomisesta on tullut osa suunnittelijoiden ja mittaushenkilöstön arkea. Työkoneautomaation käytöstä saavutettavat hyödyt ovat kiistattomia, ja tämän vuoksi yritysten sisällä olisikin hyvä luoda vakiintuneet käytännöt mallien luomiseksi ja tarkastamiseksi, YIV -ohjeiden toimiessa mallintamisen yleisenä ohjenuorana. Tämän avulla voitaisiin kaikilta osin varmistua siitä, että työkoneiden käyttöön luovutettava aineisto on yhdenmukaista ja sitä luotaessa on noudatettu samoja käytäntöjä niin laadunvarmistuksen kuin sisällönkin suhteen.

Destia Oy:n sisäisessä käytössä oleva ”Toteutusmallin luominen suunnitelmamallista”-ohje sisältää ohjeistuksen siitä, kuinka Tekla Civil -suunnitteluohjelmalla saadaan luotua suunnitelma-aineistosta pintamallit työkoneautomaation käyttöön. Ohje on luotu vuonna 2009, ja esimerkiksi InfraModel3 -tiedonsiirtoformaatin käyttöönoton aiheuttamien toimintatapojen muutosten myötä tarve sen päivittämiselle on ilmeinen.

”Toteutusmallin luominen suunnitelmamallista”-ohjeen päivittäminen suoritettiin tammikuun 2017 aikana, ja siinä hyödynnettiin Destia Oy: n Savari 3 -alueen suunnitteluhanketta, jolle luotiin suunnitelma -aineistosta toteutusmallit työkoneautomaation käyttöön. Mallintaminen suoritettiin hyödyntäen Yleisiä inframallivaatimuksia (YIV2015), minkä lisäksi pintojen ja taiteviivojen koodaus suoritettiin buildingSMART Finlandin InfraBIM -nimikkeistön mukaisesti. Mallintamisessa tehtiin lisäksi tiivistä yhteistyötä tilaajan edustajien kanssa, ja

haastattelujen avulla selvitettiin mallien sisällölle ja käyttökohteille asetettuja odotuksia.

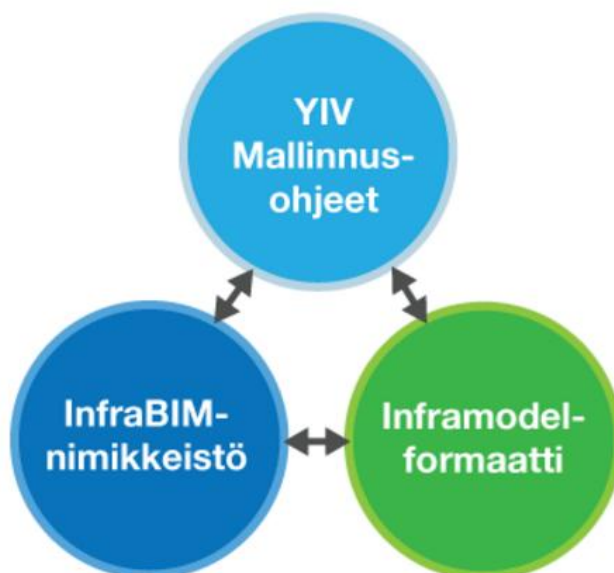
Ohjeen päivittämisen lisäksi työn keskeinen tavoite on käydä läpi toteutusmallien laadunvarmistukseen käytössä olevia työkaluja ja toimintatapoja, sekä kartoittaa toteutusmalliaineiston laatimisessa yleisimmin tehtävät virheet. Myös laadunvarmistuksen osalta käyttöön olisi hyvä saada yhtenäinen ohjeistus, jonka avulla eri toimijoiden välinen saumaton yhteistyö aina suunnittelupöydistä työkoneen ohjaamoon olisi taattu.

Työn toteuttamiseen käytettiin pääasiallisesti Tekla Civil -suunnitteluohjelmaa (pääsovelluksen versio 16.1), minkä lisäksi toteutusmallien tarkastelussa ja laadunvalvonnassa apuna käytettiin 3d-Win-ohjelmaa ja Landnova-simulaattoria. Lisäksi luovutettujen suunnitelmapiirustusten viimeistelyssä hyödynnettiin AutoCad -suunnitteluohjelmaa.

2 INFRAMALLINNUS

2.1 Yleiset inframallivaatimukset

”Yleiset inframallivaatimukset” on 12 osasta koostuva ohjekokonaisuus, johon on koottu mallintamiseen liittyvät tekniset vaatimukset, sekä esimerkkejä ohjeiden soveltamisesta. Ohjejärjestelmän tavoitteena on luoda infra- alalle yhtenäinen toimintamalli, jota hyödyntämällä mallipohjaiset hankkeet voidaan toteuttaa eri toimijoiden välillä saumattomasti ja samoja käytäntöjä noudattaen. Ohjeen päivittämisestä ja ylläpidosta vastaavat alalla toimivat tahot itse, ja muutokset hyväksytään infra -alan toimijoiden lausuntokierrosten kautta. Koska kyseessä on yleinen ohje, tulee tilaajaorganisaatioiden omat ohjeet huomioida ennen YIV -ohjeiden noudattamista. Myös hankekohtaisesti laaditut ohjeet ja vaatimukset tulee ottaa huomioon jo mallinnusprosessin alusta lähtien. YIV-ohjeiden tukena tietomallipohjaisella hankkeella toimivat lisäksi InfraBIM-nimikkeistö ja Inframodel -tiedonsiirtoformaatti (Kuvio 1).



Kuvio 1. Yleiset inframallivaatimukset osana tietomallintamisen standardeja (BuildingSMART Finland 2015a)

2.2 Mallipohjainen suunnittelu

Mallintamisella yleisesti tarkoitetaan rakennuskohteen tietojen esittämistä digitaalisessa muodossa ja siihen sisältyvät niin datan taulukkomuotoinen esittäminen, kuin kohteesta laadittavat mallit. Mallintamisen avulla pyritään saavuttamaan jo hankkeen alkuvaiheessa eri suunnittelualojen tuotteiden saumaton yhteensovittaminen sekä yhteistoiminnan tehostaminen ja tätä kautta toteutusvaiheen parannettu tuottavuus. Jo ennen rakentamisen aloittamista laadittavan mallin avulla voidaan lisäksi reagoida normaalisti työn aikana ilmeneviin epäkohtiin jo hankkeen alkuvaiheessa (RIL 2016.)

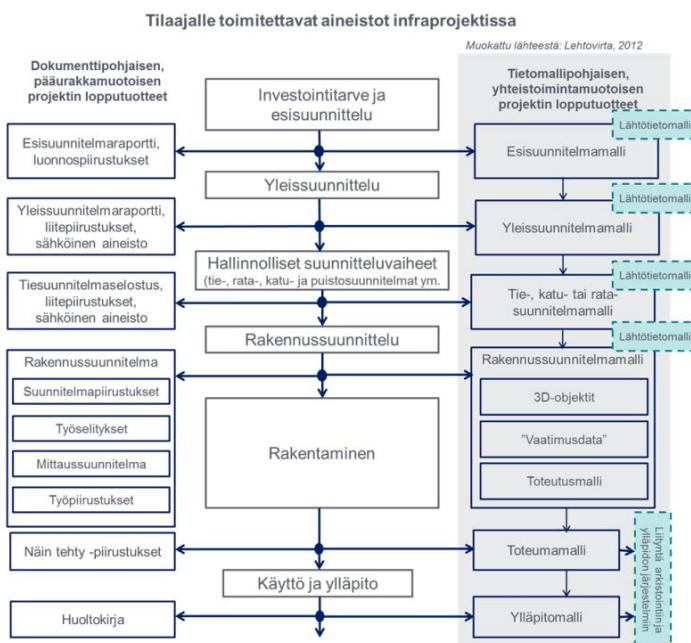
Mallipohjaisen suunnitteluprosessiin pääasiallisena tavoitteena on, että jossakin vaiheessa voitaisiin siirtyä perinteisiin suunnitelmapiirustuksiin ja -asiakirjoihin pohjautuvasta toimintamallista digitaalista aineistoa hyödyntävään prosessiin. Ajatuksen mukaisesti mallit suunnitelmista ja niiden muutoksista ovat virtuaalisessa tietokannassa kaikkien hankkeen osapuolten saatavilla, eikä suunnitelmien luovuttamista piirustusten muodossa enää nykyisessä laajuudessaan tarvita. Myös rakentamisen aikana ja sen jälkeen kerätty toteumatieto kerättäisiin samaan tietokantaan suunnitelmamallien kanssa yhtenäiseksi ylläpitomalliksi. Tilanteen saavuttamiseksi tulee nykyisiä tiedonhallinnan menetelmiä ja siihen liittyviä ohjelmia kuitenkin merkittävästi kehittää. Myös aineiston dokumentointiin liittyvien hallinnollisten syiden vuoksi siirtymä tullaan todennäköisesti tekemään porrastetusti, eikä suunnitelmien paperiversioista tulla kokonaan luopumaan vielä vuosiin. (Liikennevirasto 2014)

2.3 Inframallipohjainen hanke

Mallipohjaisen hankkeen käynnistyessä on työn tilaajalla suunnitteluvaiheessa yleensä omat vaatimuksensa suunnitelmien sisällöstä ja ulkoasusta, eikä kriteerejä edellä mainittuihin seikkoihin ole lainsäädännössä tarkoin mainittu. Aktiivinen vuorovaikutus eri osapuolten välillä onkin tärkeää, sillä esimerkiksi eri tekniikka- alojen suunnitelmien tulee kaikilta osin sopia saumattomasti yhteen. Myös tilaajan vaatimukset mallintamisen laajuuden ja mallien sisällön suhteen tulee huomioida halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi. Tätä kautta vältytään myös saman työn tekemiseltä useaan kertaan.

Mallipohjaiseen hankkeeseen liittyy tärkeänä osana tiedonhallinta yhtenäisesti nimettyjen aineistojen ja kansiorakenteiden kautta. YIV -ohjeissa on annettu ohjeistus mallipohjaisen hankkeen kansiorakenteesta, sekä aineistojen nimeämiskäytännöistä. Yhtenäisen nimeämiskäytännön avulla varmistetaan tiedon säilyminen ja yhdenmukaisuus, sekä helpotetaan aineiston käsittelyä eri toimijoiden välillä. Mallipohjaisen hankkeen tiedonhallinnassa avaintyökaluna toimii hankkeen alussa, joskus jo tarjousvaiheessa laadittava inframallisuunnitelma, josta käyvät ilmi kaikki inframallien nimeämiseen, laadunhallintaan ja laajuuteen liittyvät suunnitelmat. Tarvittaessa inframallisuunnitelmaa voidaan hankkeen aikana päivittää, kuitenkin siten, että muutokset ovat välittömästi sekä tilaajan, että urakoitsijan tiedossa.

Kuviossa 2 on esitetty mallintamisen rooli infraprojektin eri vaiheissa. Ennen suunnittelun aloittamista laaditaan suunnittelutyön pohjana toimiva ja läpi hankkeen päivittyvä lähtötietomalli, jota hyödynnetään eritasoisten suunnitelmamallien luomiseksi. Rakennussuunnitteluun sisältyviä toteutusmalleja ja yksityiskohtaisia rakennusosamalleja käytetään apuna rakentamisvaiheessa. Rakentamisen aikana kerätyistä toteumatiedoista muodostettava toteumamalli on osa käyttö- ja ylläpitovaiheen dokumentaatiota. Toteumamallista ja ylläpitovaiheessa tehdyistä muutoksista koottava ylläpitomalli toimii pohjana tulevissa suunnitteluhankkeissa.



Kuvio 2. Infraprojektin eteneminen (buildingSMART Finland 2015d)

2.3.1 Toimijat mallipohjaisessa hankkeessa

Mallipohjaisessa hankkeessa kullakin osapuolella on oma roolinsa projektin läpiviennissä. Tilaaja on projektissa päätöksiä tekevä osapuoli, jonka vastuulla on lisäksi rahoituksesta ja hankinnoista vastaaminen. Myös mallintamista koskevat päätökset ovat viime kädessä tilaajan vastuulla. Hankkeelle asetetut tavoitteet ja tarpeet vaikuttavat tilaajan hankkeelle asettaman organisaation rakenteeseen, ja tarvittaessa voidaankin palkata ulkopuolista asiantuntija- apua esimerkiksi laadunvalvonnan tarpeisiin. Tilaajan tarpeet mallien osalta rajoittuvat yleensä pelkkään visuaaliseen tarkasteluun.

Pääsuunnittelija on suunnittelusta vastaava toimija, jonka tehtäviin mallipohjaisella hankkeella kuuluvat suunnittelutyön lisäksi kokonaisvaltainen suunnitteluprosessin hallinta ja aikatauluttaminen, sekä tiivis tiedonvaihto suunnittelusta vastaavan projektipäällikön ja tilaajan kanssa tämän suunnitelmille asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi. Tarvittaessa pääsuunnittelijan vastuita voidaan jakaa tietomallikoordinaattorille tai eri suunnittelualojen vastuuhenkilöille.

Tietomallikoordinaattorin rooli vaihtelee riippuen siitä, onko kyseessä suunnittelu-, vai rakennushanke. Suunnitteluhankkeessa tietomallikoordinaattori vastaa tilaajan mallintamiselle asettamien tavoitteiden täyttymisestä, sekä eri tekniikka- alojen mallien yhteensopivuuden varmistamisesta ja yleisestä laadunvarmistamisesta. Lisäksi tietomallikoordinaattori laatii ja ylläpitää projektikohtaista tietomallisuunnitelmaa, tietomalliselostusta sekä aineistoluettoa.

Rakentamishankkeella tietomallikoordinaattorin tärkeimpiin tehtäviin kuuluvat toteutusmallien laadunvarmistus, sekä toteuma- aineiston tiedonhallinta. Koska hankkeella voi työskennellä kymmeniä toteumatietoa kerääviä, eri rakennepintoja työstäviä koneita, on tiedonhallinta iso osa tietomallikoordinaattorin työnkuvaa. Myös suunnitelmamuutoksiin reagointi ja muuttuneiden aineistojen välittäminen työkoneille, sekä toteumatiedoista

rakentuvan toteumamallin ylläpito kuuluvat niin ikään tietomallikoordinaattorin työhön. (BuildingSMART Finland 2015d).

Toteutusmallien loppukäyttäjä, koneenkuljettaja, vastaa mittaushenkilöstön kanssa hankkeen suunnitelmienmukaisesta toteuttamisesta, sekä toteumatiedon keräämisestä. Työmaalle nimetty mittauspäällikkö vastaa koneohjausjärjestelmien huolto-, ylläpito ja tarkistustehtävistä, sekä toteutusmalleihin liittyvistä tarkastus- ja tiedonsiirtotehtävistä.

2.3.2 Lähtötietomalli

Kattavat ja luotettavat lähtötiedot ovat laadukkaan suunnittelun perusedellytys. Hankealueen nykytilaa kuvaava lähtötietomalli antaa lähtökohdan uusien rakennusosien suunnittelulle, minkä lisäksi sen avulla voidaan havainnoida suunniteltujen ratkaisujen suhtautumista nykyiseen tilanteeseen. Lähtötietomalli kootaan eri toimijoilta saadusta raaka- aineesta, esimerkiksi kaapeli- ja johtotiedoista sekä maastomallista, joka muokataan ja yhdenmukaistetaan läpi suunnitteluprosessin ylläpidettäväksi lähtötietomalliksi.

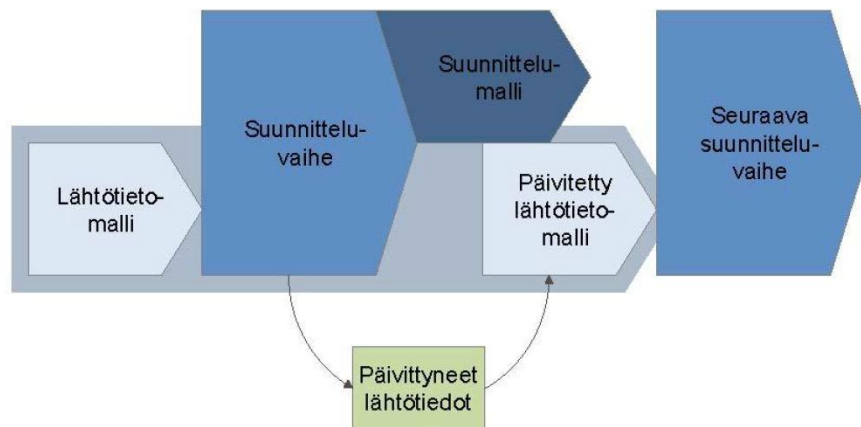
Lähtötietomallin kokoamiseen olennaisena osana sisältyy aineiston lajittelu tietyn kansiorakenteen mukaan. YIV- ohjeiden osassa 3 on kuvattu hankkeelle luotava kansiorakenne, jonka avulla lähtötiedot ovat helpommin hallittavissa (Taulukko 1).

Lähtöaineistoluettelo on tiedonhallinnan työkalu, johon kootaan kaikki lähtötietomallin osat, niihin tehdyt muutokset ja aineistossa havaitut epäkohdat. Esimerkiksi 2d -muodossa saatujen kaapelitietojen mallintaminen 3d -muotoon mainitaan lähtöaineistoluettelossa. Lähtötietomallin sisältö ja sille asetettavat vaatimukset on kuvattu YIV -ohjeiden osassa 3.

Taulukko 1. Lähtötiedon kansiorakenne (buildingSMART Finland 2015e)

Alakansio	Esimerkit (suunnitteluvaiheesta riippuen)
A_Maastomalli	<ul style="list-style-type: none"> • Maanpintamalli • Pintavesitiedot ja/tai -malli • Tarkentavat maastotiedot (puusto ja muu kasvillisuus) • Yms.
B_Maaperamalli	<ul style="list-style-type: none"> • Pohjatutkimustiedot • Tulkittu kalliopinta ja maalajirajapinnat • Pohjavesitiedot • Maaperäkartat
C_Rakenteet	<ul style="list-style-type: none"> • Olemassa olevien rakenteiden ja järjestelmien tiedot, esim.: <ul style="list-style-type: none"> o Vesihuoltoverkostot, kaivot o Turvallisuusrakenteet ja opastusjärjestelmät o Johto- ja laitetiedot o Sillat o Laiturit o Valaistus o Viitoitus ja opastustaulut o Vesiväylien turvalaitteet o Aita- ja kaiderakenteet o Pohjavedensuojaus yms.
D_Temaattiset	<ul style="list-style-type: none"> • Sisältää sekä fyysisesti olemassa olevia aineistoja (esim. muinaismuistot) että ei-fyysisiä aineistoja (esim. kaavatiedot tai liito-oravien elinalueet aluerajauksena). Aineistoja ovat mm: <ul style="list-style-type: none"> o Kartta-aineistot (pohjakartat yms.) o Ilmakuvat o Kaava-aineistot o Ympäristöaineistot (luonto, uhanalaiset lajit, kulttuuriperintö yms.) o Liikenneaineistot <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nykyinen liikenneverkko ▪ Erikoiskuljetusreitit yms. o Pilaantuneet maat o Kiinteistörajat ja maanomistajatiedot o Rakennus- ja huoneistorekisteri o Toteuttamiseen liittyvät alueiden käyttöoikeudet (tie-, katu- ja rata-alueen rajat, läjitysalueet, väliaikaiset käyttöoikeudet, laskuoja-alueet, suojat alueet ja -vyöhykkeet) o Vesiväyläalueet
E_Viiteaineisto	<ul style="list-style-type: none"> • Muut hankkeeseen liittyvät suunnitelmat • Maastokäynnit ja valokuvat

Lähtötietomalli päivittyy suunnitteluvaiheen edetessä esimerkiksi uusilla maastomalli- tai pohjatutkimustiedoilla, ja mallin ajantasaisuus tulee varmistaa läpi suunnitteluprosessin elinkaaren aina seuraavaan vaiheeseen saakka (Kuvio 3). Suunnitteluprosessin kannalta on tärkeää kerätä raaka -aine lähtötietomallia varten mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta suunnittelun alkaessa käytössä on mahdollisimman kattava ja laadukas lähtötietomalli. Raaka- ainetta kerätessä tulee kuitenkin huomioida tiedon ajantasaisuus, ja arvioida elementtikohtaisesti päivittämisen tarve. Myös aineiston harmonisointiin vaadittava aika tulee huomioida suunnitteluprosessin ajankäyttöä suunniteltaessa. Tarvittaessa lähtötietomallin luominen voidaan myös eriyttää varsinaisesta suunnittelutyöstä erilliseksi toimeksiannoksi. Lähtötiedot ja siihen liittyvät dokumentit luovutetaan lopuksi tilaajalle.



Kuvio 3. Lähtötietomalli suunnitteluprosessissa (buildingSMART Finland 2015e)

2.3.3 Suunnitelmamalli

Suunnittelutyön yhteydessä luotava suunnitelmamalli sisältää hankekohtaisesti sovitussa laajuudessa suunnitellut rakennusosat. Suunnitelmamalli koostuu useista eri osamalleista, joista kukin kuvaa tiettyä tekniikkalajia. Osamalleissa voidaan kuvata esimerkiksi hallinnolliset rajat ja työnaikaiset rakenteet, minkä lisäksi malleihin sisällytetään omina kokonaisuuksinaan suunniteltujen väylien ja järjestelmien osamallit.

Suunnitelmamallin tarkkuuteen vaikuttavat muun muassa kyseessä oleva suunnitteluvaihe, lähtötietomallin tarkkuustaso ja hankekohtaisesti tietomallintamiselle asetetut tavoitteet. Esimerkiksi yleissuunnitelmasta ei ole syytä laatia rakennussuunnitelmavaiheen tasoista mallia, vaan mallintaminen tulee suorittaa vain tarpeellisessa laajuudessa ja tarkkuudessa. Myös eri suunnittelualueiden välisten mallien välillä saattaa olla tarkkuuseroja ja suurempien projektien kohdalla hanke voidaan jaotella käsiteltävyyden parantamiseksi osamalleihin, joiden tarkkuudet saattavat keskenään vaihdella. Tärkeintä on kuitenkin, että hankkeen kaikki osapuolet ovat tietoisia käsitellyssä olevan malliaineiston tarkkuustasosta. YIV- ohjeiden osassa 4 on määritelty eri rakennusosien mallinnustarkkuudet suunnitteluvaihekohtaisesti. Taulukossa 2 on esitetty eri mallinnustasoille asetetut tarkkuusvaatimukset. (BuildingSMART Finland 2015b)

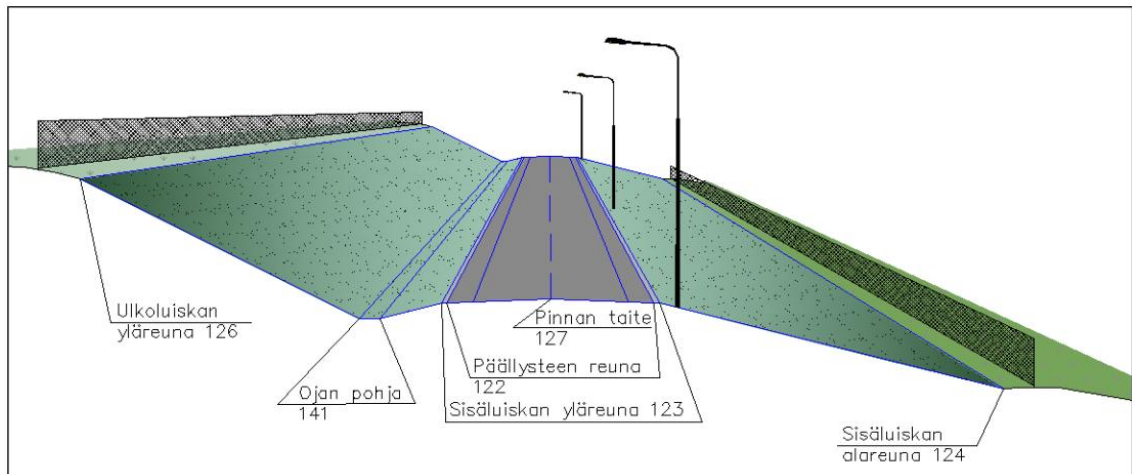
Taulukko 2. Mallinnustarkkuus eri mallinnustasoilla (BuildingSMART Finland 2015b).

Mallinnustaso	Mallinnustarkkuus
0	Lähtökohtaisesti ei mallinneta. Voidaan sopia hankekohtaisesti.
1	Mallinnetaan osan ulkopinnat. Ei vaadita tilavuusominaisuuksia, 2D-pinta, aluerajaus tai taiteviiva riittää.
2	Mallinnetaan osat 3-uloitteisina kappaleina, pintoina tai taiteviivoina. Malli toimii määrälaskennan perusteena, mutta tarkentuu jatkosuunnittelussa. Objektien ominaisuustiedoista kerrotaan vain ko. suunnitteluvaiheessa olennaiset asiat.
3	Mallinnetaan osat kokonaisuudessaan. Sisältää täydellisen kuvauksen rakenteesta. (Tarvittavat ominaisuustiedot on kerrottu YIV-ohjeiden osissa 5-7)
H	Mallinnus ja sen tarkkuustaso sovitaan hankekohtaisesti

2.3.4 Toteutusmalli

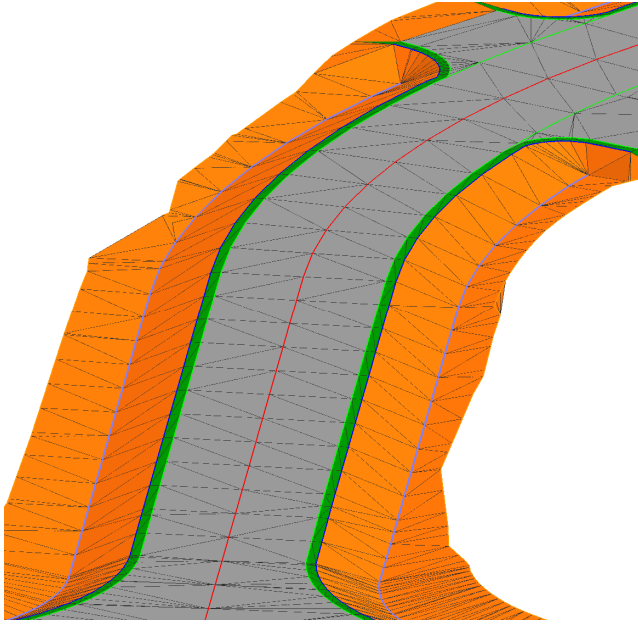
Toteutusmalli on suunnitelmamallista johdettu rakentamisessa hyödynnettävä malli, joka yleensä koostuu useista erillisistä mallinnetuista rakennepinnoista. Toteutusmallit sisältävät 3D -taiteviivoja ja niiden välille muodostuvia pintoja, kolmioverkkoja, ja niitä hyödyntävät koneohjauslaitteilla varustetut työkoneet, sekä mittalaitteet. Toteutusmallien laatimiselle ja laadunvarmistamiselle laaditut ohjeet on esitetty YIV -ohjeiden osassa 5.2 ja laadittavien mallien taiteviivojen ja rakennepintojen osalta noudatetaan InfraBIM- nimikkeistön mukaista koodausta (Kuvio 4). Lähtökohtana on, että kaikki pinnat, joiden rakentamisessa hyödynnetään koneohjausta, tulee mallintaa. Leikkaus -tyyppisissä rakenneosissa mallinnetaan alapinta, pengerrakenteissa ja rakennekerroksissa yläpinta. Myös rakennekerrosten paksuudessa olevat muutokset, esimerkiksi päätien ja sivutien liitoskohdissa, mallinnetaan yleisten ohjeiden ja vaatimusten mukaisesti. Pintojen lisäksi toteutusmalli voi sisältää geometrialinjoja, sekä pistemäistä varustetietoa, kuten kaivoja ja valaisinpylväiden jalustoja. Myös putkilinjat voidaan mallintaa viivamaisena aineistona koneohjauksen tarpeisiin varsinkin haastavammissa kohteissa. Mallia laadittaessa tulee kuitenkin pitää koko ajan mielessä sen käytettävyys, turhan tiedon sisällyttämistä malliin tulee välttää.

Toteutusmalliselostus on toteutusmallin laatimisen yhteydessä laadittava asiakirja, josta käyvät ilmi kaikki kyseisen toteutusmallin perustiedot. Selostuksessa kuvataan esimerkiksi mallissa ilmenevät poikkeamat ja niiden perustelut, sekä tiedostojen nimeäminen. Mikäli malli on esimerkiksi laadittu tulkitun pinnan perusteella, tulee siitä mainita toteutusmalliselostuksessa.



Kuvio 4. Toteutusmallin taiteviivat, tien maaliviivat jätetään mallintamatta (BuildingSMART Finland 2015c)

Pintamalliin kuvataan vain sellaiset taiteviivat, joiden kohdalla pinnassa on taite. Työkoneen kuljettaja ei pintaa rakentaessaan tarvitse tietoa esimerkiksi tien maaliviivoista, joten tällainen ylimääräinen tieto jätetään toteutusmallista pois (BuildingSMART Finland 2015c). Muutenkin toteutusmallia laadittaessa tulisi pyrkiä käyttäjäystävälliseen ajattelutapaan ja laatia käytettävyydeltään mahdollisimman selkeitä ja tarkkuusvaatimukset täyttäviä malleja (Kuvio 5).



Kuvio 5. Säännönmukainen kolmioverkko on tärkeä osa käyttökelpoista toteutusmallia

Toteutusmallin tarkkuusvaatimukset voidaan jakaa sekä taiteviivojen että pintojen osalta jatkuvuus- ja geometriavaatimuksiin, ja samat tarkkuustasot pätevät kaikkiin rakennepintoihin. Jatkuvuuden osalta tulee varmistaa, että toteutusmallin pinnat ja taiteviivat ovat kauttaaltaan mahdollisimman jatkuvia, pintoihin ei muodostu pystysuoria osia tai pinnoissa ei ole päällekkäisiä taiteviivoja. Geometrisen tarkkuuden osalta tulee varmistua, ettei toteutusmallin taiteviiva poikkea yli kolmea millimetriä suunnitelman laskennallisesta geometrialinjasta. Myös liian lyhyet tai pitkät taiteviivat tulee muokata soveltuvaan pituuteen aineiston käytettävyyden parantamiseksi. (BuildingSMART Finland 2015c).

Koska taiteviivojen välille muodostettavan kolmioverkon kulmat kiinnittyvät taiteviivojen pisteisiin, on kolmioverkon säännönmukaisuus suoraan riippuvainen taiteviivojen yhdenmukaisuudesta. Riittävä säännönmukaisuus ja tarkkuus saavutetaan noudattamalla YIV- ohjeen osassa 5.2 esitettyjä taiteviivapituuksia (Taulukko 3). (BuildingSMART Finland 2015c).

Taulukko 3. Taiteviivojen enimmäispituudet kaarteissa ja siirtymäkaarilla (BuildingSMART Finland 2015c)

Kaarresäde R / Pyörästysäde S	Taiteviivan enimmäispi- tuus (m)	Klotoidin para- metri A (m)	Taiteviivan enimmäispi- tuus (m)
1–39	R / 40 (0,5 m minimi)	40–79	1 m
40–149	1 m	80–499	2 m
150–999	2 m	500–999	5 m
1000–3999	5 m	1000–	10 m
4000–	10 m		

2.3.5 Toteumamalli

Toteumamalli on tarke- ja toteumatiedoista koostuva rakennetun kohteen toteumaa kuvaava malli, jonka pääasiallinen tarkoitus on toimia rakentamisen suunnitelmienmukaisen toteutuksen todentamisen työkaluna. Toteumamalli koostuu toteutusmallin tavoin taiteviivoista ja niiden välille muodostuvasta kolmioverkosta, minkä lisäksi malliin voidaan sisällyttää toteuma- ja tarkepisteitä esimerkiksi mitatuista kaivoista ja valaisinpylväistä. Toteumapisteellä tarkoitetaan työkoneen työn aikana mittaamaa xyz -koordinaatistossa olevaa tietoa, kun taas tarkemittaukset ovat työmaalla toimivan mittaushenkilön keräämää, kohteen suunnitelmienmukaisen toteuttamisen todentavaa tietoa.

Rakennetun kohteen toteumamalli muodostuu erillisistä rakennusosien toteumamalleista, esimerkiksi tierakenteessa kutakin rakennepintaa käsitellään omana elementtinään. Pengerrakenteissa ja rakennekerroksissa mallinnetaan yläpinta, leikkaustyyppisissä rakenneosissa alapinta. Väylärakenteen toteumamallin sisältö ja laatuvaatimukset on esitetty YIV -ohjeen osassa 5.3. Vaatimuksena on, että toteumamalliin mallinnetaan kaikki sellaiset kohteet, jotka poikkeavat toteutusmallista. Näin ollen vaadittuun tarkkuuteen rakennetun pinnan toteutusmallia voidaan jo itsessään pitää toteumamallina, kuitenkin sillä erotuksella että toteumamalli sisältää tarke- ja toteumapisteet. (buildingSMART Finland 2015f).

2.3.6 Ylläpitomalli

Rakentamisen aikana kerätystä toteumatiedosta, toteumamallista, ja suunnitelmamalleista koottu ylläpitomalli toimii lopputuotteen huoltokirjana, johon päivitetään kaikki hankealueen ylläpitovaiheessa tehdyt toimenpiteet (Kuvio 6). Tiehankkeessa ylläpitomalliin voidaan päivittää esimerkiksi pintavesien ohjaukseen tehdyt muutokset tai päällystekorjaukset, jolloin se sisältää ajantasaisen tiedon seuraavaa suunnitteluhanketta silmällä pitäen. Samalla ylläpitomalli toimii kunnossapidon organisoinnin työkaluna, ja sen avulla kunnossapidon tarpeita voidaan arvioida etukäteen. (Liikennevirasto 2014a) Ylläpitomallin sisältöön liittyviä seikkoja on esitetty YIV- ohjeen osassa 1, mutta koska mallin käyttöä on pilotoitu suhteellisen vähän, ei sen käyttöön ole kuitenkaan vielä muodostettu yhtenäistä ohjeistusta, eikä sisältövaatimuksia ole näin ollen esitetty YIV- ohjeessa.

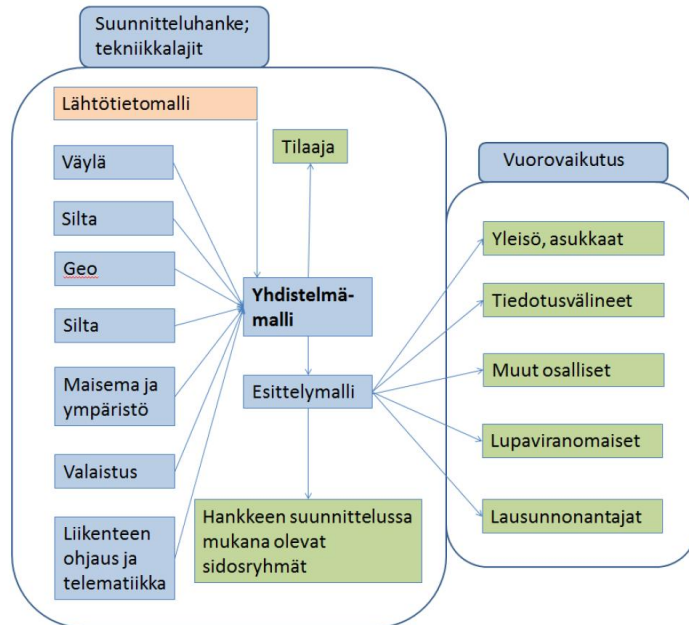


Kuvio 6. Ylläpitomalli hankkeen ylläpitovaiheessa (BuildingSMART Finland 2015d)

2.3.7 Yhdistelmämalli

Suunnittelun alkuvaiheessa mallintamisen avulla selvitettäviä asioita ovat muun muassa investointeihin liittyvien arvioiden luotettava määrittely sekä hankkeen yleisen toteuttamiskelpoisuuden arviointi. Suunnitteluvaiheessa hankkeen toteutuksen arviointiin voidaan käyttää yhdistelmämallia, johon on koottu kaikki hankkeeseen kuuluvat rakennustekniset osat lähtötiedoista eri suunnitelmamalleihin (Kuvio 7). Yhdistelmämallin tärkein tehtävä onkin

varmistaa eri tekniikkalajien suunnitelmamallien välinen ristiriidattomuus ja taata visuaalisen tarkastelun kautta niiden yhteensopivuus. Suunnitelman tarkasteluun voidaan lisäksi käyttää näkyviä osia havainnollistavaa esittelymallia, jonka hyödyt nousevat esiin varsinkin vuorovaikutuksessa hankkeen eri osapuolten välillä. (buildingSMART Finland 2015d).



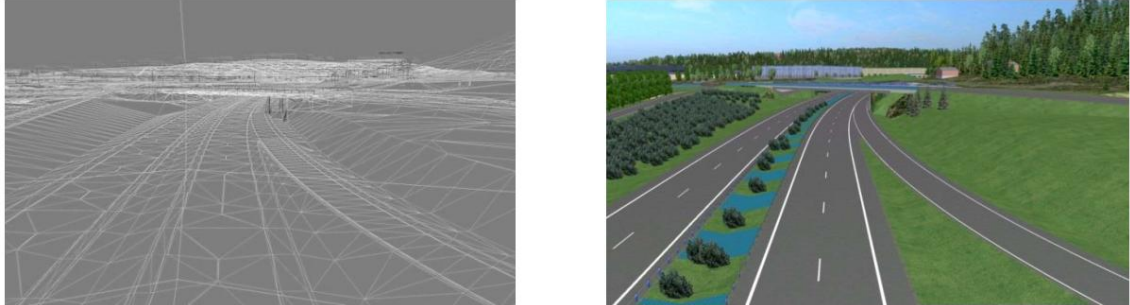
Kuvio 7. Yhdistelmä- ja esittelymallit osana suunnitteluhanketta (BuildingSMART Finland 2015d)

Yhdistelmämallin sisältö ja esitystapaan liittyvä ohjeistus on kuvattu YIV- ohjeen osissa 1 ja 10. Rakennusosat tulisi kuvata Infra 2006- nimikkeistön mukaisilla väreillä, nykytila tulisi erottaa suunnitellusta ja epävarma tieto ilmoittaa läpinäkyvyydellä. Värisävyjä voidaan tapauskohtaisesti muuttaa, kuitenkin siten, että mallinnusosat ovat erotettavissa toisistaan.

2.3.8 Esittelymalli

Havainnollistamisen tarkoituksena on tuottaa katselijalleen selkeä kuva muutoin vaikeasti esitettävistä, monimutkaisista kohteista esimerkiksi havainnollistavan kuva- ja videomateriaalin avulla (Junnonen 2009). Esittelymalli eli havainnollistamismalli on muista malleista johdettu versio, josta on tehty mahdollisimman todenmukainen valoa, varjoja ja tekstuureja hyväksi käyttäen. Esittelymallin pääasiallinen tarkoitus on simuloida erilaisia tilanteita, tai havainnollistaa eri vaihtoehtoja sidosryhmien välisen tiedottamisen osana. Malli

voidaan johtaa esimerkiksi yhdistelmämallista ja sitä voidaan käyttää hankkeen tiedottamiseen liittyvissä yleisötilaisuuksissa (kuvio 8). Yleensä esittelymallin käyttö rajoittuu hankkeen hallinnolliseen suunnitteluvaiheeseen.



Kuvio 8. Yhdistelmämallista johdettu esittelymalli (BuildingSMART Finland 2015d)

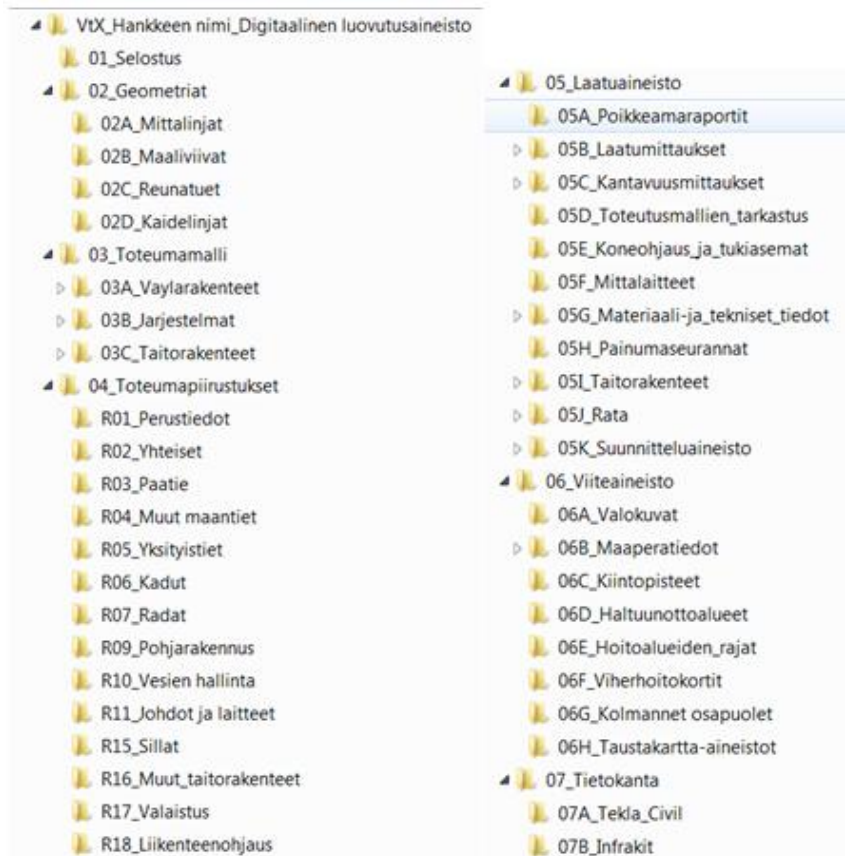
Koska havainnollistamismallin tärkein tavoite on asioiden esittäminen ymmärrettävästi, ei realistisuuteen tarvitse kaikkien kohteiden osalta kiinnittää erityistä huomiota. Infrahankkeissa havainnollistamisessa keskitytään useimmiten väylien viimeistelyyn, kun taas rakennukset ja kasvillisuus voidaan esittää yleisluontoisemmin (BuildingSMART Finland 2015g). Esittelymallin sisältöön ja tarkkuuteen liittyvä ohjeistus on esitetty YIV- ohjeen osassa 10.

2.3.9 Projektin dokumentointi, digitaalinen luovutusaineisto

Digitaalisen luovutusaineiston tavoitteena on korvata perinteinen, papereihin pohjautuva valmiin työmaan luovutus. Keskeisiä tavoitteita ovat myös lähtötietojen tuottaminen hankkeen ylläpitovaiheelle ja kerätyn tiedon jälleenkäytön helpottaminen. Perinteisessä, nykyäänkin käytössä olevassa mallissa projektin laatu todennetaan urakoitsijan ja tilaajan välisen työnaikaisen raportoinnin avulla, minkä lisäksi rakennetusta kohteesta kerätyt tiedot kootaan laatukansioihin ja –tietokantoihin. Tilaajalle luovutettavaan laaturaporttiin kootaan toteutetun hankkeen rakentamisen- ja takuuajan laatumittaukset.

Perinteisessä raportointimallissa on paitsi runsas paperidokumenttien määrä, myös raportointivelvoitteiden kasaantuminen hankkeen loppuvaiheeseen. Kun kaikki tieto kootaan tilaajalle vasta hankkeen

lopuksi, on riski tiedon katoamiselle suurempi, kuin osavaihe- ja pikaraportointiin pohjautuvassa toteutuksessa. Digitaalisen luovutusaineiston tavoitteena on vastata näiden ongelmien lisäksi tarpeeseen luovutusaineiston yhdenmukaistamiseksi. Tässä vielä suhteellisen vähän pilotoidussa luovutuskäytännössä kaikki työmaan laaturaportointiin liittyvät aineistot luovutetaan tilaajalle sähköisessä muodossa tiettyä kansiorakennetta noudattaen. Esimerkiksi Destia Oy: n toteuttamassa Vt8 Luostarinkylän ST-hankkeessa pilotoitu digitaalinen luovutusaineisto on sidottu kuvion 9 mukaiseen kansiorakenteeseen.



Kuvio 9. Digitaalisen luovutusaineiston kansiorakenne

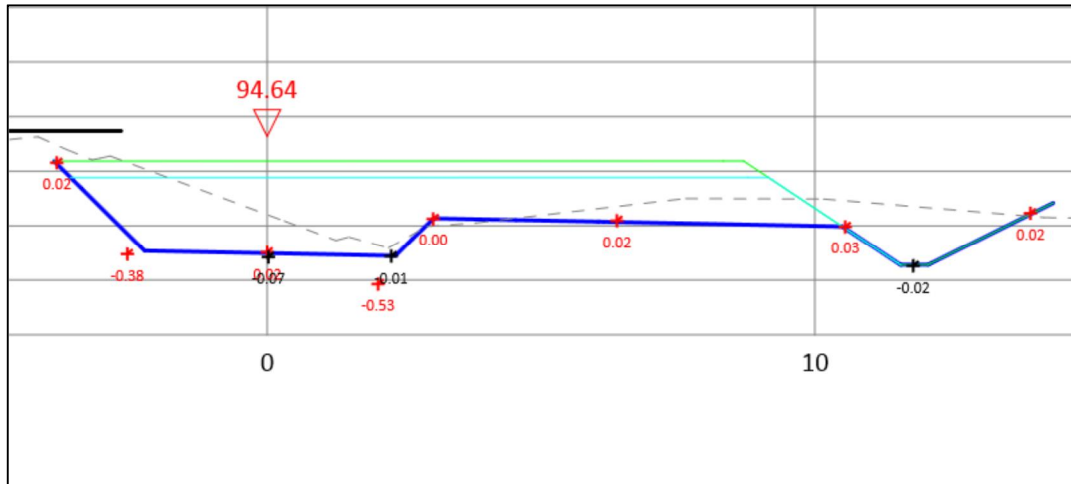
2.3.10 Mallipohjaisen hankkeen tiedonsiirto

Mallipohjaisella hankkeella tiedonsiirron apuvälineenä toimivat rakentamisen pilvipalvelut, joiden tarkoituksena on helpottaa työmaan tiedonsiirtoa, selkeyttää laadunhallintaa ja toimia yleisen dokumentoinnin työkaluina läpi hankkeen elinkaaren. Pilvipalveluiden käytön hyödyt onkin tiedostettu etenkin työmaan rakentamisen aikaisessa tarkastelussa ja työkoneiden sijainnin seurannassa.

Suunnitteluvaiheessa pilvipalveluita voidaan käyttää dokumentoinnin työkaluna rakennusvaiheen tavoin. Esimerkiksi kohteesta otetut valokuvat voidaan tallentaa palveluun, ja niihin voidaan lisätä muistiinpanoja tukemaan toimistossa tapahtuvaa suunnittelutyötä. Rakentamisen aikana toteutettujen maastokäyntien yhteydessä suunnittelija voi esimerkiksi tabletilla havainnoida suunnitelmansa toteutumisen maastossa.

Hankkeen toteutusvaiheessa rakentamisen pilvipalveluita voidaan käyttää useisiin eri tarkoituksiin. Hankkeen alkaessa ne soveltuvat esimerkiksi toteutusmallien viemiseen työkoneille. Laadukkaan tiedonkeruun perusedellytys on, että automaatiolla varustellun työkoneen saapuessa hankkeelle tälle tehdään normaalin vastaanottotarkastuksen lisäksi mittalaitetarkastus, jonka avulla varmistetaan, että kyseisen koneen tallentama toteumatieto on paikkansapitävää. Lisäksi varmistetaan, että koneella on käyttöoikeus tarvittaviin malleihin ja että kuljettaja tuntee toteumapisteiden mittauksen periaatteet. Toteutusmallit ja muut tarvittavat ohjaustiedostot voidaan ladata työkoneelle verkkoyhteyksiä käyttäen tai muistilaitteelta.

Hankkeen edetessä pilvipalveluita voidaan käyttää perinteisen tiedonsiirron lisäksi työnjohdon tarpeisiin. Esimerkiksi Infrakit- sovellusta voidaan käyttää mobiililaitteella, ja näin ollen havainnoida suunnitelmaa maastossa rakentamisen yhteydessä (Kuvio 10). Myös työvaiheiden suunnittelun kannalta pilvipalveluista saatava hyöty on ilmeinen, sillä työkoneiden seurannan ja aikataulujen hallinnan kautta voidaan seuraavat työvaiheet suunnitella entistä tarkemmin. Työn aikana ilmenneisiin epäkohtiin voidaan lisäksi tarttua työnjohdon toimesta jo aiempaa varhaisemmassa vaiheessa.



Kuvio 10. Alimman yhdistelmäpinnan toteutusmalli ja työkoneneen mitaamat toteumapisteet Infrakit- sovelluksen poikkileikkaustarkastelussa

Laadunhallinnan kannalta pilvipalvelut tuovat suurta hyötyä, sillä esimerkiksi Infrakit- järjestelmässä on mahdollistettu toteumatiedon ja toteutusmallien yhtäaikainen tarkastelu. Työmaan valvontakäytäntöjen kannalta hyötyä saadaan esimerkiksi siitä, että valvoja voi hyväksyä kohteen vaatimusten mukaan toteutetuksi palvelimeen vietyjen, työkoneneista ja mittalaitteista kerättyjen toteumatietojen pohjalta (Kuvio 11). Valvontaa tukevat lisäksi työmaalta otetut valokuvat ja muistiinpanot. (Infrakit 2016).

Vaihda Näytä sarakkeet

Lisää toteumapisteitä

Toteinnimet	Päivitys	Pisteenumero	Koodi	Pintatunnus	Viivetunnus	x	y	z	dz	Tallosnro	Tila	Hyväksyntä	Tyyppi	Modin nimi	Konnen nimi	Hakemisto	konetta	M
07.07.2016 18:24:19	Ref	201200	201200	6920952.654	481316.354	138.862	0.032				PUBLIC	Hyväksyntä	VEHICLE	Allin_yhdistelmäpinta.xml	Uustalo Cobelco 260	/		
07.07.2016 18:23:48	Ref	201200	201200	6920958.464	481329.584	138.362	-0.029				PUBLIC	Hyväksyntä	VEHICLE	Allin_yhdistelmäpinta.xml	Uustalo Cobelco 260	/		
07.07.2016 18:22:00	Ref	201200	201200	6920956.795	481328.785	138.362	-0.037				PUBLIC	Hyväksyntä	VEHICLE	Allin_yhdistelmäpinta.xml	Uustalo Cobelco 260	/		
07.07.2016 18:11:06	Ref	201200	201200	6920961.559	481335.711	138.810	-0.015				PUBLIC	Hyväksyntä	VEHICLE	Allin_yhdistelmäpinta.xml	Uustalo Cobelco 260	/		
07.07.2016 00:38:32	Ref	201200	201200	6920931.686	481368.490	139.916	0.041				PUBLIC	Hyväksyntä	VEHICLE	Allin_yhdistelmäpinta.xml	Uustalo Cobelco 260	/		

Kuvio 11. Toteumapisteiden tarkastelu taulukkomuodossa Infrakit- sovelluksella

2.4 Tietomallipohjaisen hankkeen erot perinteiseen toteutukseen

Tietomallintamiseen pohjautuva hanke eroaa läpi elinkaarensa perinteisestä, dokumenttipohjaisesta hankkeesta. Esittely- ja yhdistelmämallien avulla voidaan jo hankkeen alkutaipaleella tehostaa eri sidosryhmien välistä yhteisymmärrystä, ja esimerkiksi tiehankkeella tiedottamisen laatu alueen asukkaille paranee huomattavasti, kun muun muassa eri linjausvaihtoehdot voidaan havainnollistaa 3d-näkymässä. Suunnitteluprosessin edetessä suunnitelmamallien ja lähtötiedon yhteensovittamisen avulla voidaan varmistua jo ennen rakentamista siitä, että valitut ratkaisut ovat toteutettaessa toimivia. Vuorovaikutus hankkeen eri osapuolten välillä on ensiarvoisen tärkeää, ja tulevaisuudessa yhteen tietokantaan tallennettava, kaikkien saatavilla oleva data parantaa tiedonkulkua ja sitä kautta esimerkiksi muutoksiin reagointia verrattaessa papereihin pohjautuvaan toteutukseen.

Mallipohjainen hanke eroaa perinteisestä myös hankkeelta kertyvän tiedon osalta. Haasteita mallipohjaisen hankkeen hallinnassa aiheuttaakin tiedon suuri määrä, ja lisääntynyt tarve sähköiselle dokumentaatiolle. Mallipohjaisella hankkeella onnistuneen laadunvalvonnan edellytyksenä voidaankin pitää hyvää tiedonhallintaa, sekä aktiivista vuorovaikutusta hankkeen toimijoiden välillä. Toteutusmallien käytöstä saatavat hyödyt ovat kiistattomia. Sen lisäksi, että mallipohjainen rakentaminen parantaa työn tuottavuutta, sen mukanaan tuomat rakentamisen pilvipalvelut parantavat osaltaan työmaan laadun- ja tiedonhallintaa, sekä rakentamisvaiheessa työturvallisuutta, kustannustehokkuutta ja yleistä mielekkyyttä. Toteutusmallien käyttöönoton myötä tarve perinteisille maastonmerkintämittauksille on vähentynyt, ja työmaan mittaushenkilöstön työnkuva onkin alkanut enenevässä määrin painottua työkoneautomaation huolto- ja ylläpitotehtäviin. Myös toteuma- ja ylläpitomallien käyttö parantaa osaltaan työmaan laadunhallintaa hankkeen elinkaaren ylläpitovaiheessa.

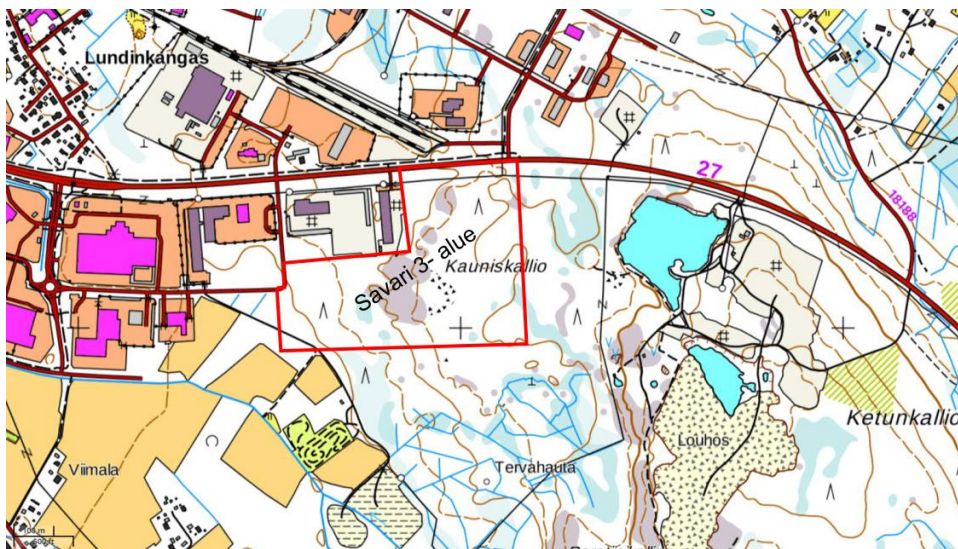
Hankkeen tiedonhallinnan kannalta tietomallintaminen tuo uusia mahdollisuuksia, sillä tulevaisuudessa kaikki projektin elinkaaren aikana hankittu tieto voidaan säilyttää yhdessä tietokannassa, missä se on kaikkien

hankkeen osapuolten saatavilla. Koska mallipohjaiselta hankkeelta kertyvän tiedon määrä on niin suuri, tulee sen jakamisessa huomioida jatkokäyttäjän tarpeet, ja luovuttaa eteenpäin vain tarpeellista tietoa. Verrattaessa perinteisiin arkistointikäytäntöihin myös tiedon säilyminen koko hankkeen elinkaaren ajan on varmempaa. Myös hankkeen laatu- ja kustannustietous paranevat tiedon sijaitessa yhdessä tietokannassa.

3 SAVARI 3 -ALUEEN SUUNNITTELUPROJEKTI

3.1 Hankkeen esittely

Työssä käytettäväksi hankkeeksi valikoitui Ylivieskassa sijaitsevan Savari 3-alueen katu- ja vesihuoltosuunnitelman laatiminen (Kuvio 12). Suunnittelun toimeksianto sisälsi neljän eri kadun, Savarinväylän, Kauniskallionkadun, Alumiinikadun ja Murskakadun rakentamissuunnitelmien ja toteutusmallien laatimisen. Toimeksiannon tilaajana toimi Ylivieskan kaupunki. Suunniteltujen katujen yhteispituus oli noin 1500 metriä, minkä lisäksi alueelle tuli suunnitella vesihuoltoverkosto hule- ja jäteveden osalta. Kaivantosuunnitelmissa vesijohdon rakentaminen tuli huomioida kaivannon mitoituksessa. Suunnitelmien tuli Savarinväylän osalta liittyä vuonna 2013 laadittuihin Savarinväylän alkupään suunnitelmiin ja Kauniskallionkadun osalta Savontielle ELY- keskuksen toimesta laadittuihin Vt27: n viitoituksen yleissuunnitelmiin. Toimeksiannon mukaisesti kohteesta tuli perinteisten suunnitelma-asiakirjojen lisäksi laatia toteutusmalliaineisto työkonemaatonta käyttöön.



Kuvio 12. Savari 3- alueen lähestymiskartta (Paikkatietoikkuna 2016)

3.2 Suunnitteluprosessin kulku

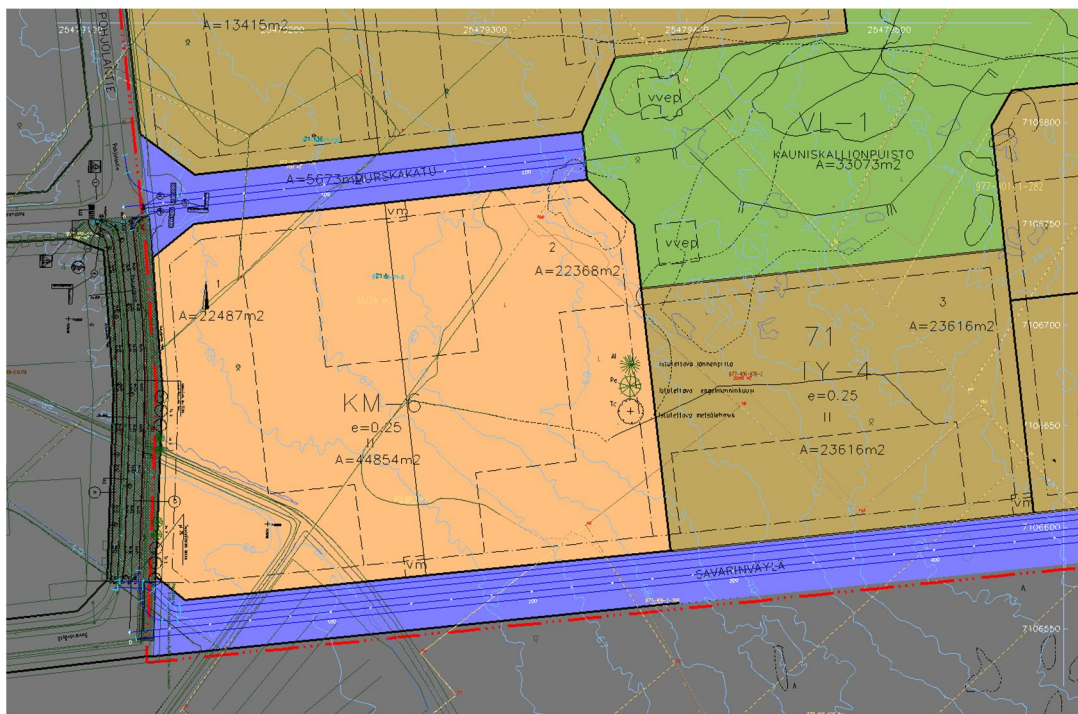
Suunnitteluprojekti alkoi sekä perinteiselle, että tietomallipohjaiselle suunnitteluhankkeelle yhteisellä tavalla; lähtöaineiston vastaanottamiselle ja tarkastamisella. Tässä tapauksessa lähtöaineistoon sisältyivät Ylivieskan kaupungilta saatu laserkeilaukseen pohjautunut maastomalli, kaavaluonnos ja pohjakartta rajatietoineen sekä pohjatutkimukset ja nykyisestä vesihuoltoverkostosta ja kaukolämpölinjasta tehdyt kartoitukset. Lisäksi tilattiin alueen verkonhaltijoilta tiedot tietoliikenne- ja sähkökaapeleista. Koska suunnitelmien tuli liittyä saumattomasti nykyisiin väyliin ja niistä laadittuihin suunnitelmiin, pyydettiin kohteesta lisäksi aiemmin laaditut Savarinväylän alkupään rakennussuunnitelma ja Vt27: n viitoituksen yleissuunnitelma. Saadut lähtötiedot jaoteltiin YIV- ohjeiden osan 3 mukaisesti erillisiin raaka-ainekansioihin ja tiedostot kirjattiin muokkaustoimenpiteineen lähtöaineistoluetteloon (Liite 1).

Lähtöaineiston muokkaamisen jälkeen aloitettiin suunnitteluprosessi. Tilaajan kanssa käytyjen keskustelujen myötä voitiin kaduille luonnostella alustavat pysty- ja vaakageometriat, joita esiteltiin suunnittelun aloituskokouksessa (Kuvio 13). Samalla käytiin läpi esimerkiksi katujen rakennesuunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, kuten sivuojen syvyyksiä, hulevesien purkua ja aiempiin suunnitelmiin liittymistä. Tietomallipohjaisella suunnitteluprojektilla tiivis yhteistyö tilaajan kanssa nousee ensiarvoisen tärkeään asemaan, sillä varsinkaan pienempien projektien budjetti ei kestä saman työn tekemistä kahteen kertaan.

Aloituskokouksen myötä varmistuttiin alueelle suunniteltavien katujen mitoituksista, ja esimerkiksi alueelle kohdistuvan liikenteen vaikutuksista katujen mitoitukseen. Tässä tapauksessa kyseessä oli teollisuusalue, jolla raskaan liikenteen todennäköisyys oli ilmeinen. Tästä syystä esimerkiksi liittymäkaaret mitoitettiin Tiehallinnon ”Tasoliittymät”- ohjeen avoimen liittymän LA-I- tyyppiin rakennuksen mukaisesti. Sivuojat pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman syviksi siten, että tulevaisuudessa rakennettavilta tonteilta syntyvät salaojavedet voitaisiin johtaa niihin. Rajoittavana tekijänä pidettiin

kuitenkin kaavan mukaista katualueen rajaa, sekä kevyenliikenteen turvallisuutta ja yleistä esteettisyyttä.

Alueen kuivatuksen osalta periaatteet olivat yksinkertaiset. Savarinväylälle sekä Kauniskallionkadulle suunniteltiin välikaistalle uusi huleveden runkolinja ritiläkantisine kaivoineen, muutoin kuivatus suunniteltiin toteutettavaksi avo-ojin. Runkolinja suunniteltiin liitettäväksi aiempaan Savarinväylän alkupään suunnitelmassa esitettyyn huleveden runkolinjaan. Tässä huomiota tuli kiinnittää erityisesti suunnitelmien väliseen korkeusjärjestelmäeroon ja siihen, että muunnos otettiin huomioon suunnitelmakorkeuksissa.

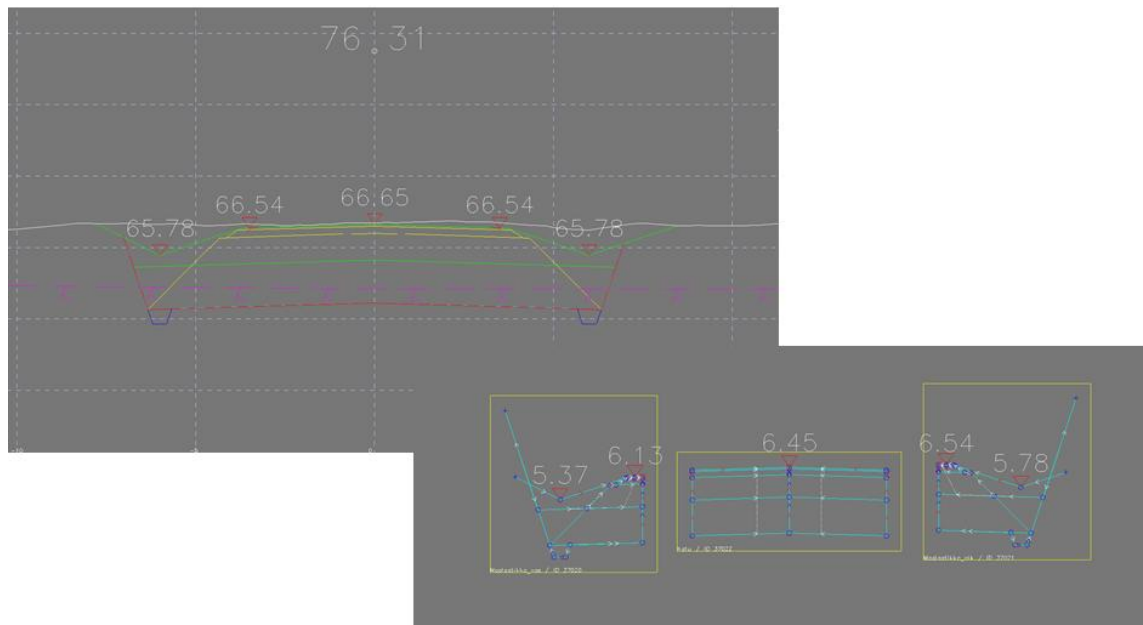


Kuvio 13. Murskakadun ja Savarinväylän alustavia linjauksia Tekla Civil-ohjelmassa. Taustalla kaavaehdotus ja Pohjolantien katuasemapiirustus.

Pohjatutkimusten perusteella voitiin päätellä, että suurella osalla suunnitelma-alueesta kallionpinta sijaisi rakentamisen kannalta lähellä maanpintaa. Louhintamassojen määrittämiseksi tuli arvioitu kallionpinta mallintaa tarpeellisilta osin Tekla Civil-ohjelmaan. Katurakenteina sovittiin käytettäväksi päällysrakenteen rajoittuessa pohjamaahan masuunihiekkarakennetta, kallioon rajoittuvilla osilla InfraRYL:n vaatimukset täyttävää irtilouhintaa ja louherakennetta.

Aloituskokouksen seurauksena voitiin suunnitelma- alueen kaduille alkaa suunnitella rakenteita. Tekla Civil- ohjelmalla luotu rakenne koostui pisteiden välille luoduista riippuvuuksista, ja niiden välille muodostetuista pinnoista (Kuvio 14). Tässä tapauksessa kadun rakennepinnat nimettiin BuildinSmart Finland: n julkaiseman InfraBIM- nimikkeistön mukaan seuraavasti:

162100	Putki- ja johtokaivannot, alapinta
171700	Irtilouhittu rakenne, yläpinta
201000	Ylin yhdistelmäpinta
201100	Väylärakenteen alapinta
201200	Alin yhdistelmäpinta
213100	Sitomaton kantava kerros (yläpinta)

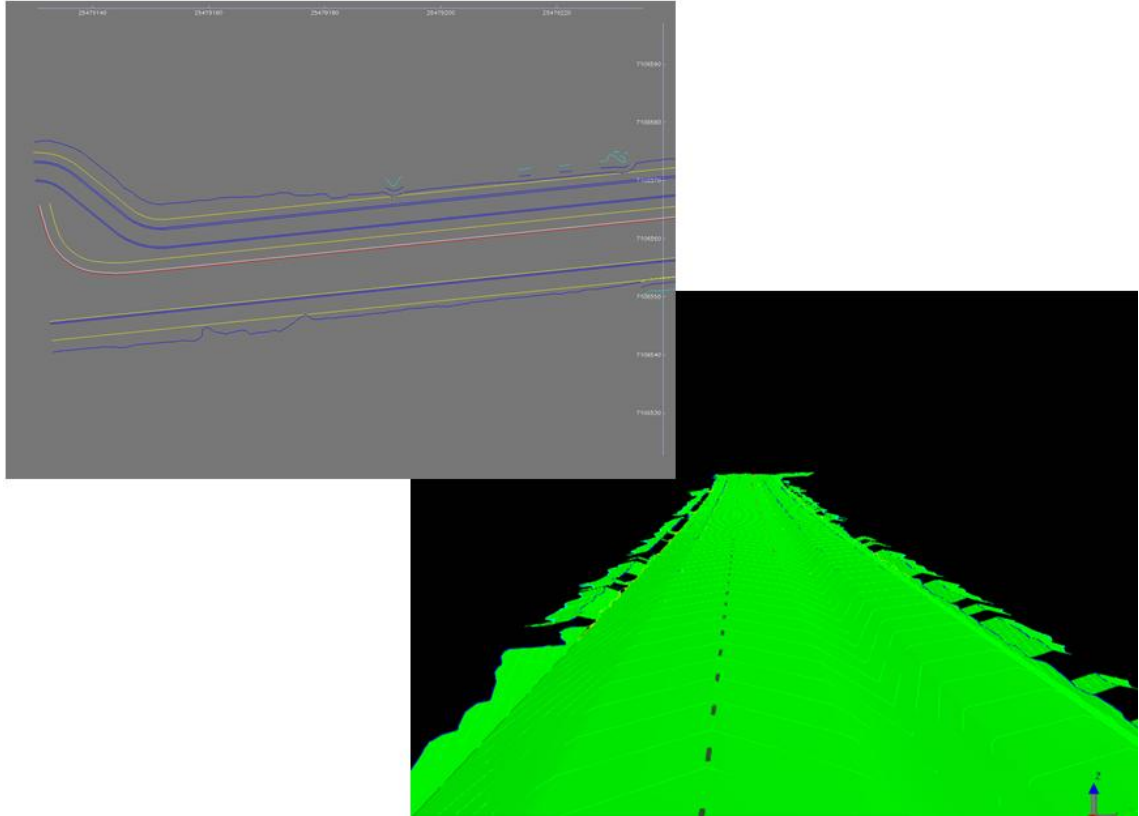


Kuvio 14. Alumiinikadun rakenteen pinnat ja riippuvuudet Tekla Civil-suunnitteluohjelmassa

Toteutusmallien luomisen kannalta on tärkeää, että pintojen koodauksen ohella myös muodostuvat taiteviivat sisältävät oikean lajikoodin. Savari 3- projektilla kullekin pinnan taitepisteelle asetettiin InfraBIM- nimikkeistön mukainen laji, minkä seurauksena toteutusmallin taiteviivat sisälsivät automaattisesti oikean lajitiedon. YIV- ohjeiden mukaisesti alin yhdistelmäpinta mallinnettiin siten, että se sisälsi myös väylärakenteessa sijaitsevien putki- ja johtokaivantojen

alapinnat. Myös väylärakenteen alapinta mallinnettiin. Koska kallionpinta kulki koko suunnittelualueella suhteellisen lähellä maanpintaa, tuli kaivantoluiskien kaltevuuksia vesihuoltokaivannoissa muuttaa sen mukaan, kulkiko kaivanto kallio- vai maakaivannossa. Tekla Civil- ohjelmassa tämä seikka voidaan huomioida asettamalla luotujen rakenneosien piirtymiselle ehtoja, joiden mukaan esimerkiksi kaivantoluiska saadaan automaattisesti vaihtumaan maaperäolosuhteiden mukaisesti. Toteutusmalleja luotaessa tulee tähän ominaisuuteen kuitenkin kiinnittää erityistä huomiota taiteviivojen yhtenäisyyttä ja pintojen kolmioitumista silmällä pitäen. Normaalien rakennepintojen lisäksi Savari 3- alueen väylille mallinnettiin InfraRYL:n mukainen, metrin syvyyteen tasausviivasta ulottuva irtilouhintasyvyys.

Riippuen siitä, onko hankkeelle määrä luoda toteutusmalliaineisto, kannattaa siihen kiinnittää huomiota koko suunnittelutyön ajan. Näin ollen minimoidaan toteutusmalliaineistolle tehtävät muokkaustoimenpiteet ja vältetään saman työn tekemiseltä useaan kertaan. Hyvänä tapana voidaankin pitää, että esimerkiksi väylien rakenteet viimeistellään mahdollisimman pitkälle jo suunnittelutyön edetessä ennen toteutusmallien editoinnin aloittamista. Huomiota kannattaa kiinnittää esimerkiksi katujen liittymäkohdissa linjojen yhteensovittamiseen ja niin vaaka- kuin pystygeometriankin osalta. Tekla Civil –ohjelmassa pintojen taitteiden piirtymistä voidaan valvoa esimerkiksi piirtämällä pinnoista johdetut ketjut näytölle tai tarkastelemalla pinnan korkeuskäyriä. Myös tasauksia tarkastelemalla voidaan varmistua liittyvien väylien yhteensopivuudesta. (Kuvio 15).



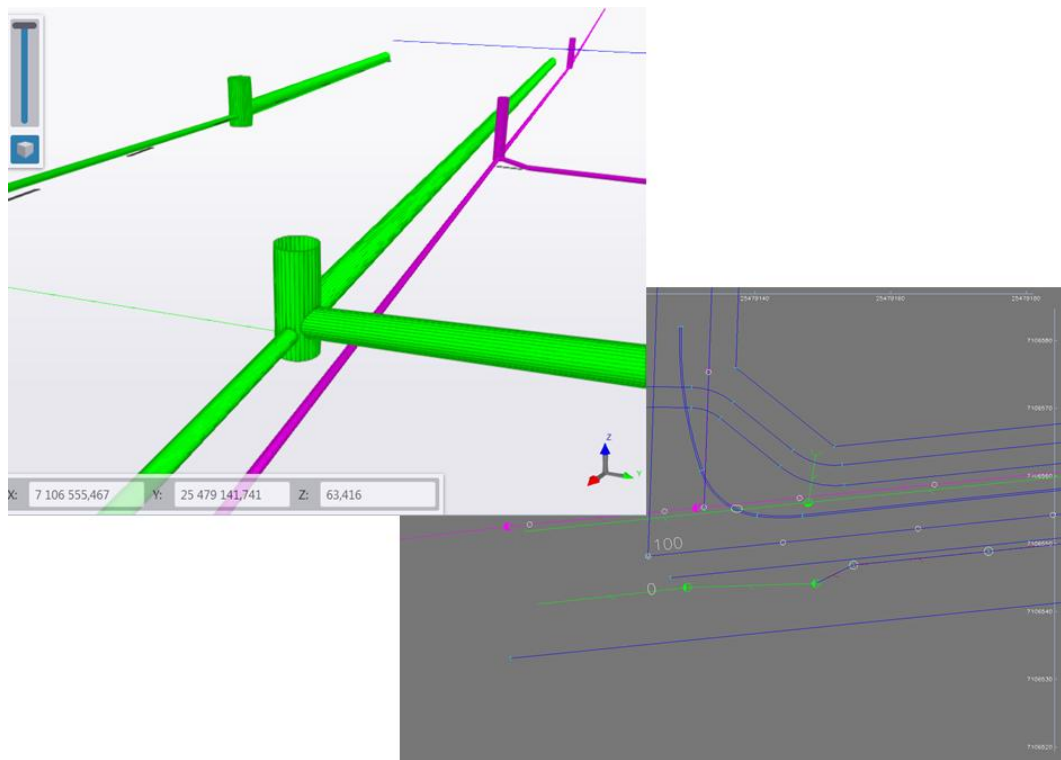
Kuvio 15. Ylimmän yhdistelmäpinnan johdetut ketjut piirtyvät näytölle lajikoodauksen mukaisina taiteviivoina, korkeuskäyrien säännöllisyys on merkki yhtenäisestä pinnasta.

3.3 Aiempiin suunnitelmiin ja nykyisiin järjestelmiin liittyminen

Kuten jo mainittua, osa tietomallipohjaisen suunnitteluprosessin eduista on sen tuoma mahdollisuus suunnitelmien laadunvarmistukseen jo suunnittelupöydän ääressä. Esimerkiksi korkeusjärjestelmien osalta eletään edelleen vuosia kestänyttä murrosta, jossa varsinkin useat julkisen sektorin toimijat käyttävät edelleen vanhempia N43- ja N60- korkeusjärjestelmiä. Mikäli uudet rakennushankkeet suunnitellaan N2000- järjestelmään, on tärkeää, että korkeusjärjestelmien välinen muunnos otetaan huomioon kaikissa sitä vaativissa vaiheissa. Suunnitteluvaiheessa huomioitu muunnos on taloudellisestikin halvempi, sillä rakentamistyön yhteydessä huomattu kadun tasauksen virheellisyys tai kuivatuksen toimimattomuus aiheuttavat usein työmaalla kalliita työnseisauksia. Savari 3- hankkeella tämä tuli huomioida esimerkiksi N43- korkeusjärjestelmässä toimitettujen pohjatutkimusten

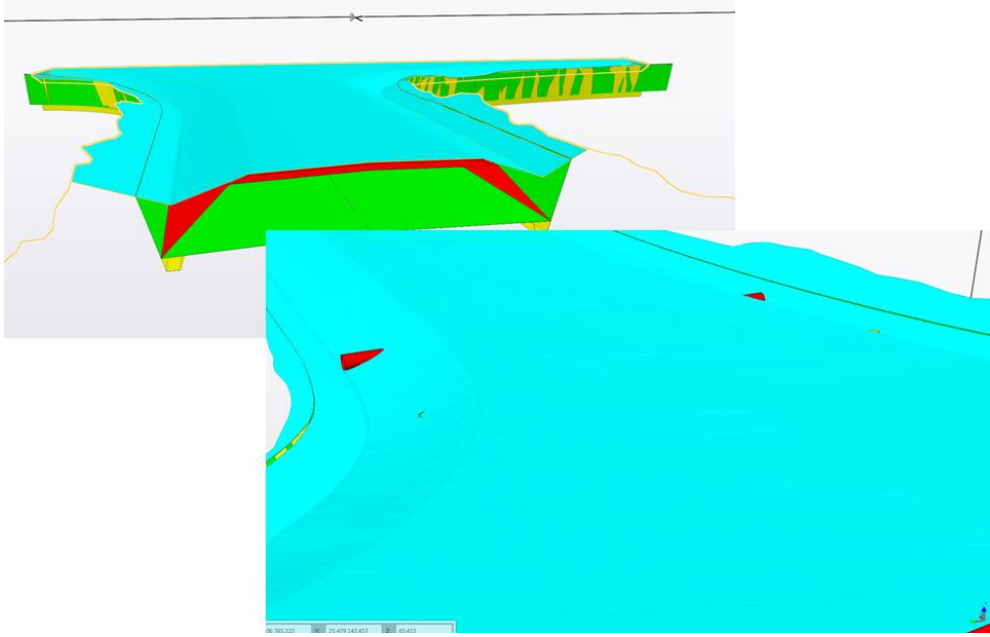
muunnoksessa ja aiempien, Savarinväylän alkupään ja Pohjolantien liittämiseksi uuteen suunnitelmaan.

Koska Savarinväylän vesihuoltolinjat tuli suunnitella liitettäväksi suunnitelma-alueen länsipäässä Pohjolantielle vuonna 2013 laadittuun rakennussuunnitelmaan, oli kannattavaa mallintaa tarvittavilta osin myös aiemman suunnitelman jäte- ja hulevesilinjoja. Mallinnuksen avulla voitiin suorittaa 3d- näkymässä putkilinjojen törmäystarkasteluja ja arvioida näin ollen suunnitelman toimivuutta käytännössä (Kuvio 16).



Kuvio 16. Näkymä aiempaan suunnitelmaan liitettävien putkilinjojen 3d-törmäystarkastelusta

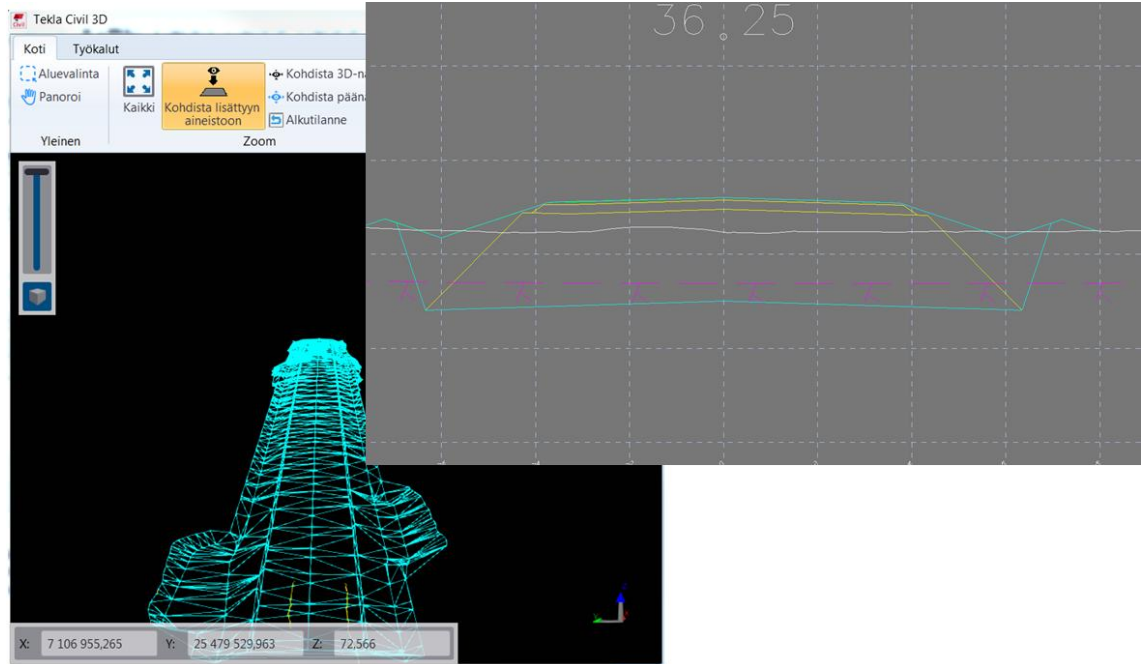
Uusien vesihuoltovarusteiden suunnittelussa mallinnusta hyödynnettiin esimerkiksi 3d- tarkastelujen kautta kuivatuksen toimivuuden varmistamisessa. Liittymäalueilla pelkkä valmiin rakenteen kytkentä mittalinjaan ei riitä, vaan esimerkiksi ojanpohjien virtaussuunnan suhteen tulee noudattaa erityistä tarkkavaisuutta pintakuivatuksen takaamiseksi (Kuvio 17).



Kuvio 17. Liittymäalueen tarkastelu Tekla Civil- ohjelmassa.

3.4 Toteutusmallin laatiminen

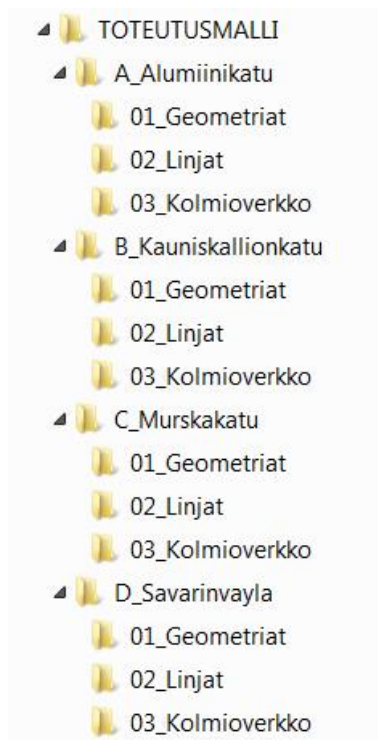
Kun suunnitteluvaihe oli saatu suoritettua, voitiin aloittaa toteutusmallien luominen. Koska osana opinnäytetyötä tuli päivittää Destia Oy: n sisäisessä käytössä oleva ”toteutusmallin luominen pintamallista”- ohje, käytettiin mallin luomiseen tässä tapauksessa pääosin Tekla Civil- suunnitteluohjelmaa. Rakennepintojen ja pisteiden koodaus oli suoritettu jo rakennesuunnitteluvaiheessa, joten toteutusmallit saatiin johdettua suoraan InfraBIM- nimikkeistön mukaisilla lajitunnuksilla. Toteutusmallien laatua valvottiin 3d- ja poikkileikkaustarkastelujen kautta, sekä kolmioverkon piirtymistä seuraamalla (Kuvio 18). Poikkileikkaustarkastelun vahvuutena Tekla Civil- ohjelmassa on se, että samanaikaisesti näytölle voidaan piirtää sekä suunnitelma-, että toteutusmallipintoja, ja varmistua näin ollen pintojen ristiriidattomuudesta.



Kuvio 18. Toteutusmallin tarkastelu 3d- ja poikkileikkausnäkymissä Tekla Civil-suunnitteluohjelmassa

Tekla Civil- ohjelman lisäksi laadunvarmistusta suoritettiin esimerkiksi 3d-Win-ohjelmalla, jossa pintamalleja voidaan niin ikään tarkastella useiden eri näkymien kautta. Useita eri ohjelmia käytettäessä laadunvarmistusprosessissa varmistuttiin myös siitä, että Inframodel-tiedonsiirtoformaattiin kirjoitetut tiedostot aukeavat moitteetta myös rakentamisen alkaessa.

Kun aineiston laadunvarmistus oli suoritettu, kirjoitettiin toteutusmalliaineisto LandXML- standardin mukaiseen, YIV- ohjeissa suositeltuun Inframodel-tiedonsiirtoformaattiin. Yleisten inframallivaatimusten mukaisesti toteutusmallin kansiorakenne jaettiin väyliin, joista kukin sisälsi kolme alikansiota; geometriat, taiteviivat ja kolmioverkot (Kuvio 19). Lisäksi mukaan liitettiin vaadittava toteutusmalliselostus, josta ilmenivät toteutusmallissa havaitut puutteet tai erityistä tarkkaavaisuutta vaativat kohteet, sekä projektin yleistiedot ja tiedostojen nimeämisessä käytetyt periaatteet.



Kuvio 19. Savari 3- alueen toteutusmallin runko

4 TOTEUTUSMALLIN SISÄLTÖ

4.1 Mallinnettavat kohteet

YIV- ohjeiden osassa 5 määritellään, että toteutusmalliin tulee sisällyttää kaikki sellaiset rakennepinnat, joiden rakentamisessa käytetään työkoneautomaatiota. Vaikka YIV- ohjeissa toteutusmalliaineiston laatu- ja tarkkuusvaatimukset määritellään hyvinkin tarkoin, vaihtelee tilaajalle toimitettavan toteutusmalliaineiston kattavuus vielä tänä päivänä hyvin paljon. Suurimpana syynä tähän lienee se, että yhtenäisiä toimintatapoja tietomallintamisen suhteen ei ole vielä täysin omaksuttu, eikä kaikilla tilaajaorganisaatioillakaan ole täysin selvillä, mitä toteutusmallin tulisi sisältää.

YIV- ohjeissa määritellään myös, että esimerkiksi väylien liittymäalueilla toteutusmallin taiteviivoissa sallitaan enimmillään metrin rako. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että myös liittymäalueet tulee poikkeuksetta mallintaa liittymäkaarineen siten, että toisiinsa liittyvien väylien mallit sopivat saumattomasti yhteen. Vaatimuksesta huolimatta suunnittelijan työmaalle toimittamasta aineistosta puuttuu usein liittymäalueiden mallinnus kokonaan. Pahimmillaan väylien pintamallit liittyvät yhteen ilman liittymäkaaria pintojen leikatessa toisensa ja aiheuttaen työkoneen näytöllä täysin toteuttamiskelvottoman mallin. Suunnitteluprojekteilla tulisikin mallintamisen vaatimaan työmäärään kiinnittää huomiota jo tarjousvaiheessa, ja tehdä tilaajaorganisaatiolle selväksi, että toimitettava toteutusmalli sisältää YIV- ohjeiden mukaisen, saumattoman mallin.

Poikkeuksen YIV- ohjeisen vaatimukseen muodostaa kuitenkin pohjatutkimusten perusteella arvioidun kallionpinnan pohjalta tuotetut pintamallit. Esimerkiksi putkikaivannon mallin sisältäessä kalliohyllyn tulisi arvioida, onko mallintaminen tällä tarkkuudella järkevää, vai voitaisiinko kyseinen malli laatia rakentamisen aikana toteutettujen kartoitusmittausten pohjalta työmaapalveluna. Toisena ratkaisuna voidaan kaivannot ja kanaalit mallintaa erikseen koko putkilinjan matkalta, jolloin työmaa voi käyttää tilanteeseen sopivaa mallia todellisen kallionpinnan mukaisesti.

5 TOTEUTUSMALLIEN LAADUNVARMISTUS SUUNNITTELUSSA

5.1 Kyselytutkimuksen taustat

Heinä- syyskuun 2016 aikana toteutettiin toteutusmalliaineiston käsittelyyn ja laadunvalvontaan erikoistuneille automaatio- operaattoreille, sekä aineiston loppukäyttäjille, työkonekuljettajille kohdennettu kysely, jonka tarkoituksena oli kartoittaa työkoneautomaation hyödyntämisen nykytilaa, sekä havainnoida mahdollisia kehittämiskohteita mallien laatuun ja esitystapaan liittyen. Lisäksi kyselyn lopputuloksena oli tarkoitus tiedostaa kompastuskivet, joihin suunnittelupöydän ääressä helposti takerrutaan toteutusmalleja laadittaessa. Tutkimusta varten laadittiin kaksi erillistä kyselylomaketta, joista toinen lähestyi aihetta työkoneen kuljettajan näkökulmasta, toinen toteutusmalliaineistoa editoivan operaattorin kannalta. Kyselylomakkeiden jakaminen toteutettiin sähköpostin välityksellä, ja otantaan valikoitui tiedossa olevia alan toimijoita niin Destia Oy: stä, kuin muistakin alalla toimivista yrityksistä. Kyselylomakkeiden rungot on esitetty liitteissä 2 ja 3.

Työkonekuskeille suunnattuun kyselyyn vastauksia antoi viisi kuljettajaa, operaattoriverkostosta vastauksia saatiin kahdeksan. Kyselyistä saatujen vastausten perusteella voitiin päätellä, että malliaineistossa havaitut puutteet toistuvat riippumatta kyseessä olevasta työmaasta tai mallinnuksen laajuudesta. Myös automaation käytöstä saatavat hyödyt nähtiin vastaajien välillä hyvin samankaltaisina.

5.2 Kyselyn tulokset

Työkoneen kuljettajille suunnatun kyselyn tuloksena voidaan todeta, että käytössä olevan laitteiston osalta Novatron Oy: n ja Leica Geosystems: n valmistamat järjestelmät ovat yleisesti käytössä. Näiden lisäksi työmailla voidaan työskennellä esimerkiksi Trimblen tai Topconin automaatoratkaisuja hyödyntäen. Koneenkuljettajan kannalta laitteistovalmistajalla ei välttämättä ole suurta merkitystä, sillä yleensä riittää kun kuljettaja omaksuu käytössä olevan laitteiston ominaisuudet, sekä esimerkiksi toteumamittauksen ja tiedonsiirron periaatteet.

Operaattoreille useat käytössä olevat valmistajat synnyttävät haasteita, sillä työmaalla saattaa kohdata usean eri laitevalmistajan koneita, joista jokaisen käytössä tulisi operaattorilla olla vähintäänkin perustason tiedot ja taidot. Kunkin valmistajan paikannusratkaisut poikkeavat hieman toisistaan, ja esimerkiksi rakentamisen pilvipalveluiden osalta joudutaan ottamaan huomioon laitevalmistajan tarpeet. Leica Geosystems: n laitteistolla käytössä on viime hetkiin saakka ollut iCon telematics- palvelu, kun taas Novatronin laitteistolla tiedonsiirto on hoidettu Infrakit- palvelimen kautta. Vuoden 2015 lopulla toteutettu Infrakitin ja Leica Geosystems:n integraatio mahdollisti kuitenkin Infrakit- palvelimen käytön myös Leican valmistamilla laitteistoilla. Operaattoreille suunnatussa kyselyssä ilmeni, että Infrakit- palvelin on vallannut alaa muilta pilvipalveluilta. Tähän yhtenä syytä lienee esimerkiksi se, että työmaalla toimintaa helpottaa huomattavasti, kun käytössä on kaikkiin työmaan koneohjauslaitteisiin sopiva tiedonsiirtopalvelu.

Myös laitevalmistajien vaatima oikea tiedonsiirtoformaatti on toimivan toteutusmallin perusedellytys, ja operaattorilla tulisi olla viimeisin tieto kullekin laitteistolle parhaiten sopivasta formaatista. InfraBIM- hankkeen myötä tiedonsiirtoformaattit ovat kuitenkin yhtenäistyneet ja IM3- tiedonsiirtoformaatin käyttöönoton positiiviset tulokset ovatkin vauhdittaneet yhdenmukaistumista.

Kyselyn perusteella työkoneautomaatio on käytössä monipuolisesti niin pienemmillä vesihuoltohankkeilla, kuin massiivisilla suurprojekteillakin. Automaatioon varustellut työkoneet ovatkin yleistyneet räjähdysmäisesti, ja perinteistä merkintämittauksiin tukeutuvaa toteutustapaa tarvitaan koko ajan vähemmän. Automaation avulla voidaan toteuttaa haastavatkin aluerakenteet, rajoittavana tekijänä tässä kuitenkin on toteutusmallin tarkkuus ja laatu. Operaattoreille suunnatussa kyselystä ilmeni useita toteutusmalliaineistossa havaittuja puutteita, jotka sekä lisäävät työmaalla tehtävän editoinnin määrää, sekä pahimmillaan antavat virheellistä tietoa kohdetta toteutettaessa esimerkiksi kerrospaksuuksien osalta. Inframallipohjaisella hankkeella olisikin toteutusmalliaineistosta ensiarvoisen tärkeää laatia toteutusmalliselostus, josta ilmenevät kaikki malliaineistossa havaitut puutteet ja huomionarvoiset seikat. Selostuksen pohjalta työmaan mittausorganisaatio voi tarvittaessa reagoida

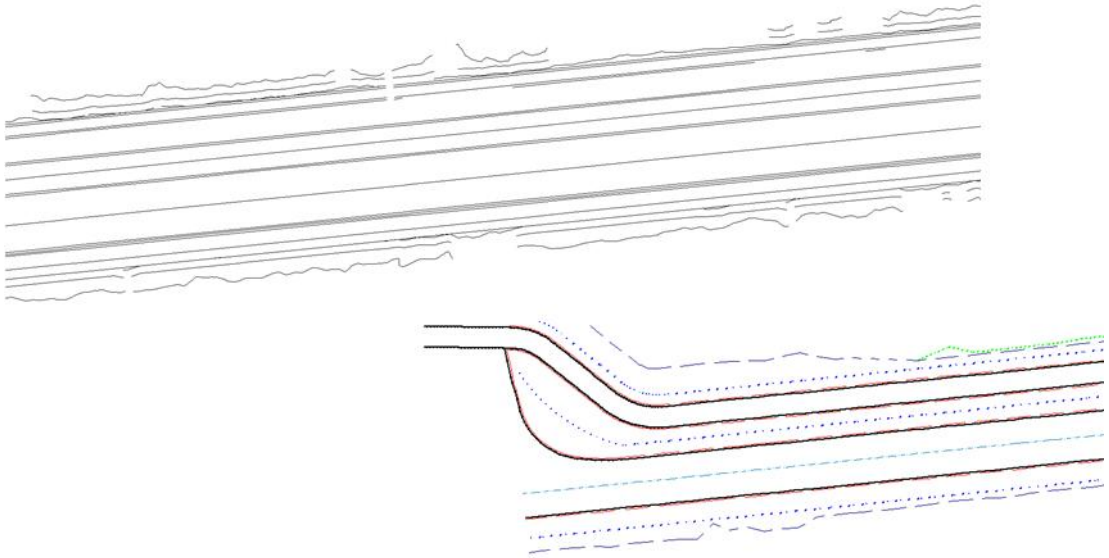
puutteisiin jo ennen kuin ne ovat syntyneet maastoon. YIV- ohjeissa toteutusmalliselostuksen toimittaminen on poikkeuksetta vaadittavaa, mutta tästä huolimatta suurimmalle osasta rakennushankkeita kyseistä selostusta ei vielä tänäkään päivänä toimiteta, tai vaihtoehtoisesti se ei sisällä selvitystä malliaineiston puutteista. Yhtenäisten käytäntöjen kautta tulisikin toteutusmalliselostuksen laatimisesta tehdä luontainen osa toimitettavaa aineistoa.

Puutteena koettiin myös malliaineiston koodauksen virheellisyys tai sen täydellinen puuttuminen. Esimerkiksi Novapoint- suunnitteluohjelmasta uloskirjoitettavat pinnat eivät oletuksena sisällä informatiivista pintatunnusta, vaan ne koodautuvat juoksevilla numeroinnilla kirjoitusjärjestyksessä. Tämä aiheuttaa jälleen lisätöitä operaattoriverkostolle, sillä ilman mainintaa toteutusmalliselostuksessa juoksevilla pintatunnuksella varustetut pinnat joudutaan päättelemään korkeuslukemien ja erilaisten tarkastelutyökalujen avulla. Joskus työmaan käyttöön on toimitettu pelkästään kolmioverkkoaineisto, jota on huomattavasti vaikeampi editoida, kuin jatkuvista taiteviivoista koostuvaa aineistoa. YIV- ohjeiden mukaisesti työmaalle toimitettavaan toteutusmalliaineistoon sisältyy aina kunkin pinnan pintamalli, mutta myös pinnan muodostavat taiteviivat nimikkeistön mukaisesti koodattuna. Toimitetut taiteviivat antavat työmaalla toimiville operaattoreille mahdollisuuden toteutusmalliaineiston käsittelyyn muutostilanteissa, sekä ovat osa aineistolle suoritettavaa laadunvarmistusta. Taiteviivat ovatkin tärkein osa työmaalle toimitettavaa toteutusmalliaineistoa.

Kuten jo mainittua, toteutettavan kohteen koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä tulisivat olla tiedossa läpi suunnitteluvaiheen aina toteutusvaiheen loppuun saakka. Useissa tapauksissa on törmätty siihen, että toimitettu aineisto ei ole vastannut työmaalla käytössä olevia järjestelmiä, jolloin muunnoksen tekeminen kuormittaa jälleen työmaan henkilökuntaa. Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmien tarkastaminen on osa operaattoreiden toteuttamaa laadunvarmistuskaavaa, mutta työkoneelle joutuessaan esimerkiksi väärää korkeustietoa sisältävä toteutusmalli voi jo päivän työskentelyn tuloksena aiheuttaa suuriakin lisäkustannuksia ja -töitä.

Yhteenvedona kyselyn tuloksista voidaan todeta, että työkoneenkuljettajien keskuudessa automaatio on tarjonnut suurta hyötyä muun muassa työn tehokkuuden parantuessa ja omatoimisen työskentelyn lisääntyessä. Ennen työkoneesta saattoi joutua nousemaan maastoon useita kertoja työvaiheen aikana korkolappuja tarkastamaan, kun taas automaatiossa kaikki tarvittava tieto löytyy koneen näytöltä. Tällä on suoria vaikutuksia myös työturvallisuuteen ja yleiseen sujuvuuteen. Kynnyskysymykseksi automaation toimivuudessa nousee kuljettajien osalta kuitenkin laitteistoon perehdyttäminen ja mittausperiaatteiden omaksuminen. Kyselyn perusteella voidaankin todeta, että aina uuden työmaan alkaessa tulisi koneenkuljettajat tarvittavilta osin perehdyttää automaatioon ja kyseessä olevalla työmaalla vaadittujen toteumamittausten laajuuteen. Myöhemmin laadittavan toteumamallin kannalta on tärkeää myös, että toteumapisteet on mitattu järjestelmällisesti pinnan taitteista, eikä summittaisista sijainneista.

Operaattorit ovat avainasemassa toimivassa automaatiotyömaassa. Mallien editoinnista ja laadunvarmistuksesta vastatessaan operaattorit törmäävät vielä tänäkin päivänä liian usein puutteelliseen malliaineistoon, jota editoidessa käytetään suuria määriä työtunteja. Olisikin erittäin tärkeää, että kaikilla alan toimijoilla aina suunnittelupöydästä rakentajiin ja tilaajaan olisi yhtenäinen kuva siitä, mitä toteutusmallilta vaaditaan, mitkä ovat sen sisältövaatimukset ja kuinka malleja tulisi käsitellä parhaan mahdollisen lopputuloksen aikaansaamiseksi mahdollisimman kustannustehokkaasti. Hyvänä esimerkkinä tästä mainittakoon rakennepintojen koodaus, joka voidaan suunnittelutyön yhteydessä suorittaa suhteellisen pienellä vaivalla, mutta joka työmaalla tehtynä vie muiden toteutusmalliaineistossa havaittujen epäselvyyksien tavoin huomattavasti enemmän aikaa. Tämä johtuu siitä, että toteutusmalleja luova toimija on usein jatkuvasti tietoinen siitä, mitä pintaa kulloinkin työstetään, kun taas työmaalle toimitettu koodaamaton aineisto vaatii runsaasti päättelytyötä ja editointia ennen työkoneelle viemistä (Kuvio 20).

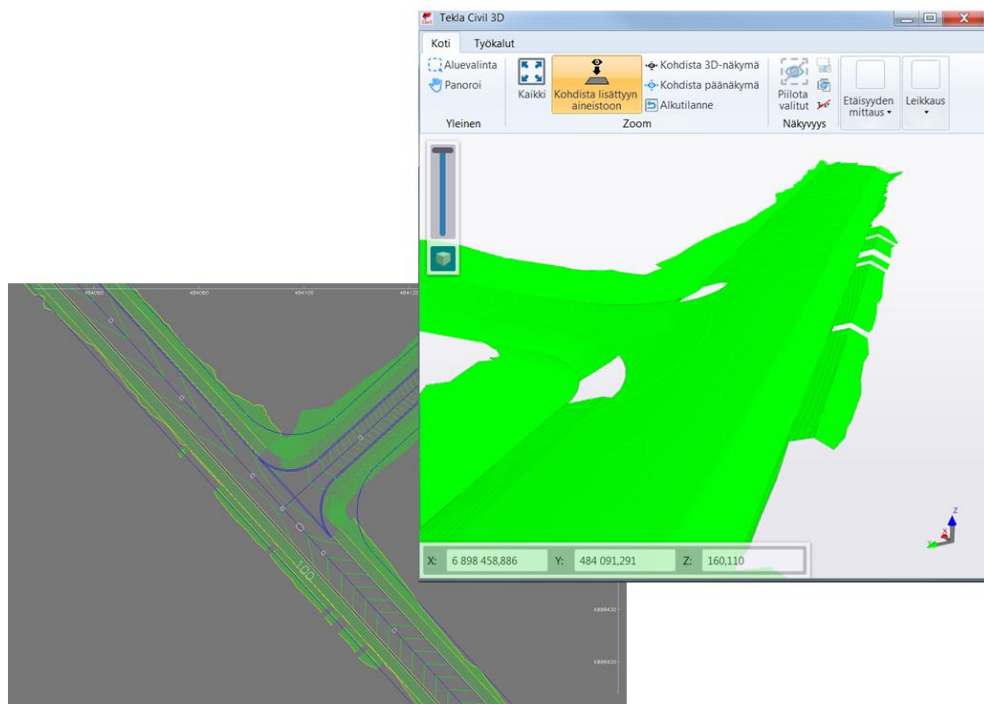


Kuvio 20. Koodaamaton ja lajikoodattu taiteviiva- aineisto 3d- Win- ohjelmassa

5.3 Keinot toteutusmallien laadunvarmistukseen

Toteutusmallien laadunvarmistukseen on käytössä useita eri työkaluja ja toimintatapoja, joiden avulla virheet aineistossa saadaan poistettua jo suunnitteluvaiheessa. Yhtä oikeaa keinoa tarkastamiseen ei ole, vaan ohjelmia ja palveluita voidaan käyttää sen mukaan, mikä on käyttäjälle luontevinta. Tärkeintä on kuitenkin lopputulos; virheetön, kattava ja YIV- ohjeiden vaatimukset täyttävä toteutusmalli. Myöskään työmaalla toimivan tietomallikoordinaattorin roolia laadunvarmistuksessa ei sovi unohtaa, sillä tämä on osa laadunvarmistusketjua suunnittelijan ja työkoneenkuljettajan välillä. Myös suunnittelutyön loppuvaiheessa suoritettava itselle luovutus on osa toimivaa laadunvarmistusprosessia ja lähtökohtaisesti ajattelutapana onkin, että jokainen suunnittelija vastaa laatimastaan mallista. Ennen tilaajalle luovuttamista tulisi malli kuitenkin tarkastuttaa myös toisella mallintamiseen perehtyneellä suunnittelijalla.

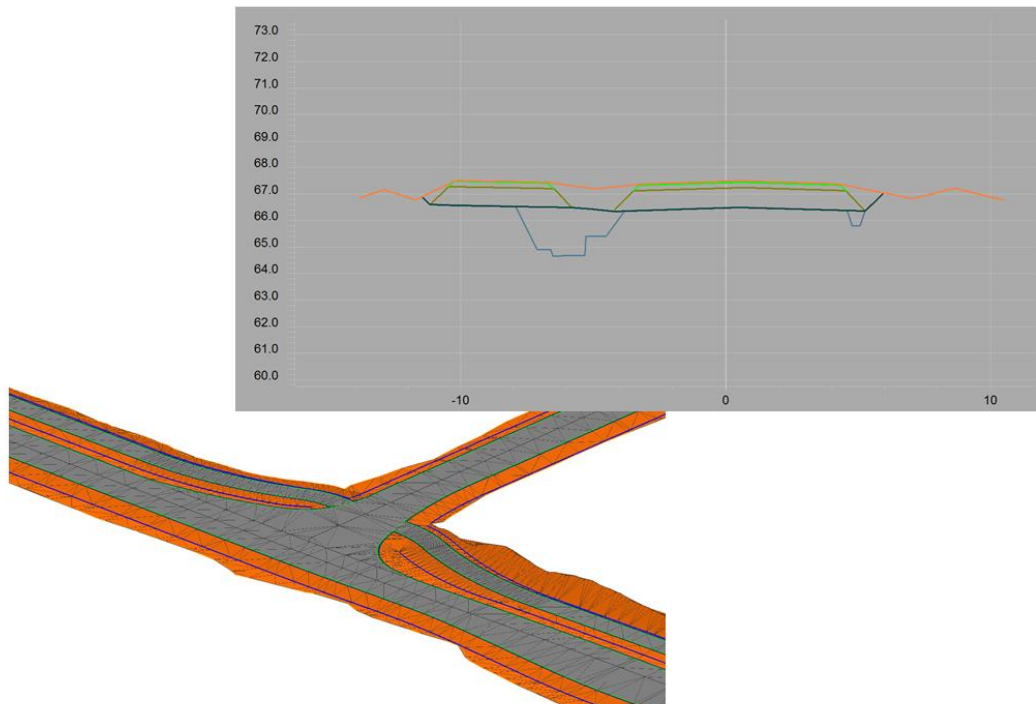
Korkeuskäyrätarkastelu on suunnitteluvaiheessa erinomainen työkalu luotujen suunnitelmamallin pintojen säännöllisyyden tarkasteluun. Esimerkiksi Tekla Civil- tai 3d-Win- suunnitteluohjelmilla saadaan kolmioidusta pinnasta johdettua korkeuskäyrät, jotka indikoivat helposti pinnassa olevista epätasaisuuksista. Toteutusmallipintojen tarkastelu poikki- ja pituusleikkausten kautta on korkeuskäyrätarkastelun ohella erinomainen tapa varmentua pintojen oikeellisesta kolmioitumisesta. Poikkileikkaustarkasteluja voidaan suorittaa useiden eri suunnitteluohjelmien avulla, ja samaan poikkileikkaukseen voidaan piirtää useita eri pintamalleja samanaikaisesti. Tämä antaa mahdollisuuden rakennepintojen välisten ristiriitojen ja päällekkäisyyksien havaitsemiselle ja korjaamiselle. Myös pintojen 3d- tarkastelu antaa hyvän käsityksen pintojen muodoista, sekä esimerkiksi toisiinsa liittyvien pintamallien yhteensopivuudesta (Kuvio 21).



Kuvio 21. Liittymäalueen pintojen yhteensopivuustarkastelu Tekla Civil-suunnitteluohjelmalla

Suunnitteluvaiheessa toteutusmallien luomiseen yleisimmin käytetyt ohjelmat ovat Tekla Civil ja Novapoint. Vaikka näistä suunnitteluohjelmista saataisiinkin uloskirjoitettua viimeisteltäviä ja tekijänsä mielestä valmiita malleja, on aineistoa

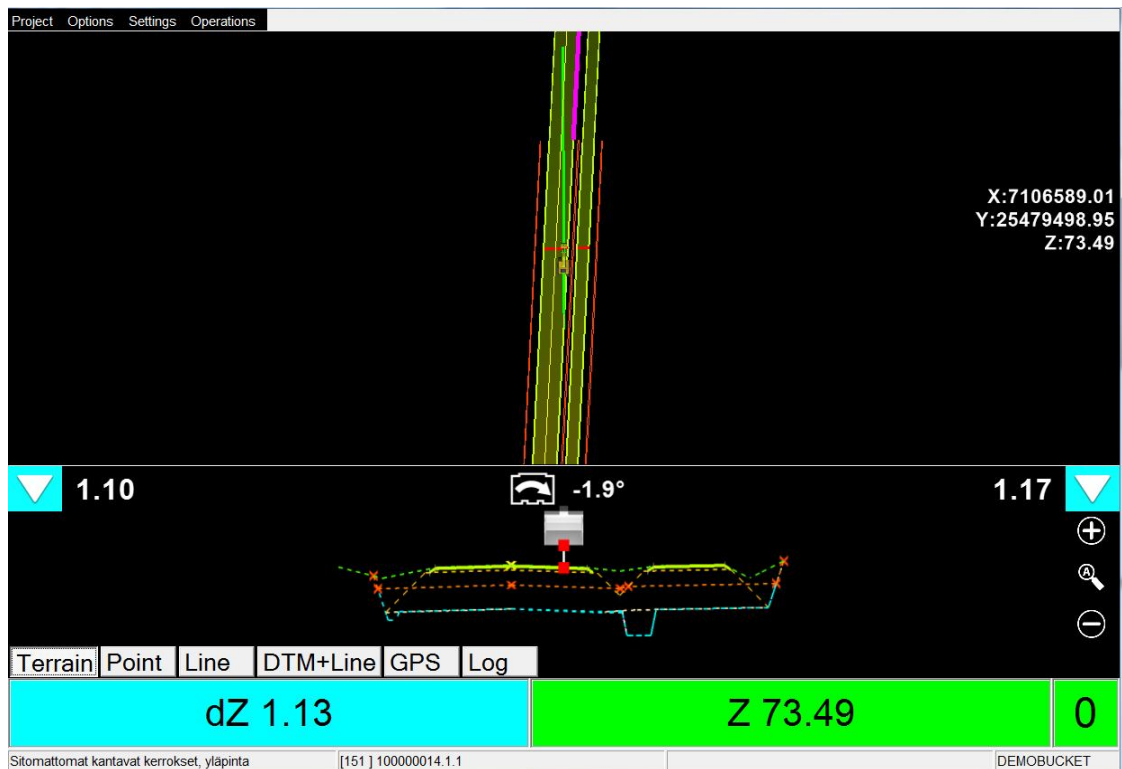
tärkeä tarkastella myös muilla tiedostomuotoa tukevilla ohjelmilla. Työmaakäytössä erinomaisesti havaittu 3d- Win tarjoaa kattavat mahdollisuudet toteutusmalliaineiston oikeellisuuden tarkasteluun esimerkiksi 3d- ja poikkileikkaustarkastelujen kautta (Kuvio 22). Ohjelmien välisen sisäänluvun kautta voidaan toteutusmalleissa havaita esimerkiksi edellä mainittujen tarkastelutoimintojen kautta malleissa piilevät puutteet, tai mahdollisessa formaatinmuunnoksessa tapahtuneet virheet. Toteutusmallipintojen pohjalta voidaan lisäksi suorittaa esimerkiksi massalaskentoja, ja varmistua näin ollen aiemmin Tekla Civil- ohjelmalla laskettujen määrien suuruusluokasta.



Kuvio 22. Kauniskallionkadun ja Alumiinikadun liittymäalue 3d- Win: n 3d- ja poikkileikkaustarkastelussa

Uusimpana keinona toteutusmallien laadunvarmistuksessa on otettu käyttöön LandNova- simulaattori, joka laadunvarmistuksen ohella antaa suunnittelijalle hyvän käsityksen työkoneessa olevasta työskentelynäkymästä. Savari 3- projektilla viimeistelty toteutusmalliaineisto vietiin ennen tilaajalle luovuttamista simulaattoriin, jolloin varmistuttiin siitä, että LandXML- standardin mukaiseen

Inframodel 3- tiedonsiirtoformaattiin kirjoitetut pinta-, linja-, ja geometriatiedot, sekä kirjoitetut varusteet aukeavat rakentamisen aikana moitteetta työkonella (Kuvio 23). Hyvänä ominaisuutena LandNova- simulaattorissa on myös sen synkronointimahdollisuus Infrakit- palvelimeen, jolloin tiedonsiirto simulaattoriin voidaan suorittaa myös tätä kautta. Tietomallipohjaisen suunnittelutyön tulisivin olla enemmän kytköksissä automaatio- operaattoreiden toimintaan, jotta saataisiin muodostettua yhdenmukainen kuva siitä, mitä toteutusmalliaineistolta työmaalle toimitettaessa odotetaan.



Kuvio 23. Savarinväylän toteutusmallipintojen tarkastelu LandNova- simulaattorilla

6 POHDINTA

Työn tuloksena Ylivieskan kaupungin tilaama Savari 3- suunnitteluprojekti saatiin toteutettua aikataulun mukaisesti ja tietomallintamisen työkaluja hyödyntäen. Rakentamisvaiheessa hyödynnettävä toteutusmalli laadittiin YIV-ohjeita sekä InfraBIM- nimikkeistöä ja tilaajan tarpeita noudattaen. Työtä toteutettaessa kävi selväksi, että tietomallipohjaisesta suunnittelusta saatavat hyödyt ovat ilmeisiä varsinkin sellaisissa kohteissa, joissa suunnittelussa täytyy huomioida jo olemassa olevia rakenteita tai liittyviä rakennussuunnitelmia. Mallintamisen avulla vältetään tällaisissa kohteissa ristiriidoilta esimerkiksi 3d-tarkastelun kautta suoritettavien törmäystarkastelujen avulla. Lähtötietojen paikkansapitävyydellä on mallipohjaisessa suunnittelussa kuitenkin ensiarvoisen tärkeä rooli, ja esimerkiksi suunnittelussa käytettävät koordinaattija korkeusjärjestelmä tulisivat olla kaikkien hankkeen osapuolten tiedossa läpi sen elinkaaren.

Osana tietomallipohjaista hanketta toteutusmallit parantavat hankkeen toteutusvaiheen kustannustehokkuutta, sekä tarjoavat mahdollisuuden entistä yksityiskohtaisempaan suunnitteluun ja rakentamiseen. Yleisiä inframallivaatimuksia noudattaen saadaan kohteet toteutettua tarkemmin, tehokkaammin ja turvallisemmin, ilman turhia työnseisauksia tai saman työvaiheen toistoja. Vaikka panostus hankkeen suunnitteluvaiheeseen kasvattaakin hankeosan taloudellista osuutta koko projektia silmällä pitäen, maksaa se itsensä takaisin moninkertaisesti toteutusvaiheessa syntyneinä säästöinä. Koska vaatimusten noudattamisaste on vielä nykyään varsin vaihteleva, olisi seuraava askel mallipohjaiseen suuntaan kehittyvällä infra-alalla keskittyä yhtenäisten toimintatapojen luomiseen aina työn tilauksesta luovuttamiseen ja ylläpitovaiheeseen saakka. Uutta opittua tietoa tulisi jakaa työpaikoilla koulutusten ja erikseen laadittavien, työvaihetta kuvaavien ohjeiden kautta. Myös suunnittelijoiden ja työmaalla toimivien automaatio-operaattoreiden yhteistyötä tulisi varsinkin tietomallintamisen kehittämisvaiheessa tiivistää, sillä tämän kautta saataisiin tehokkaammin tietoon esimerkiksi toteutusmalliaineiston kehittämistarpeet. Lisäksi vaihtoehtoisia, parempaan lopputulokseen johtavia ratkaisuja tulisi kehittää

ennakkoluulottomasti esimerkiksi aiheelle omistautuneissa pienryhmissä. Rohkea toimintamalli ja halu uuden oppimiselle ovatkin tietomallipohjaisen rakentamisprosessin perusedellytykset.

LÄHTEET

BuildingSMART Finland 2015a. InfraBIM.

Viitattu 15.6.2016

<http://buildingsmart.fi/infrabim/>.

BuildingSMART Finland 2015b, Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, Osa 4.

Viitattu 15.6.2016

http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA4_Mallinnus_hankkeen_eri_vaiheissa_V_1_0.pdf.

BuildingSMART Finland 2015c, Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, Osa 5.2.

Viitattu 15.6.2016

http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_2_Vaylarakenteen_toteutusmallin_laatimisolje_V_1_0.pdf.

BuildingSMART Finland 2015d, Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, Osa 1.

Viitattu 15.6.2016

http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA1_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_0.pdf.

BuildingSMART Finland 2015e, Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, Osa 3.

Viitattu 22.6.2016

http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA3_Lahtotiedot_V_1_0.pdf.

BuildingSMART Finland 2015f, Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, Osa 5.3.
Viitattu 23.6.2016

[http://buildingsmart.fi/wp-](http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_3_Maarakennustoiden_toteumamallin_laadintaohje_V_0_9.pdf)

[content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_3_Maarakennustoiden_toteumamallin_laadintaohje_V_0_9.pdf](http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_3_Maarakennustoiden_toteumamallin_laadintaohje_V_0_9.pdf).

BuildingSMART Finland 2015g, Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015, Osa 10.
Viitattu 9.8.2016

[http://buildingsmart.fi/wp-](http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/02/YIV2015_OSA_10_Havainnollistaminen_250216.pdf)

[content/uploads/2016/02/YIV2015_OSA_10_Havainnollistaminen_250216.pdf](http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/02/YIV2015_OSA_10_Havainnollistaminen_250216.pdf).

Infrakit 2016. Ominaisuudet. Viitattu 16.6.2016

<https://infrakit.com/fi/ominaisuudet/>.

Junnonen, J.M. 2009. Tietotekniikkaa hyödyntävä infrasuunnittelu. Helsinki.
Rakennusteollisuuden kustannus RTK Oy.

Liikennevirasto 2014. Tiehankkeiden mallipohjaisen suunnittelun hankinta,
koekäytössä oleva ohje. Viitattu 15.6.2016

[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-20_tiehankkeiden_mallipohjaisen_web.pdf)

[20_tiehankkeiden_mallipohjaisen_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-20_tiehankkeiden_mallipohjaisen_web.pdf).

Paikkatietoikkuna 2016. Paikkatietoikkunan karttaikkuna, Viitattu 4.12.2016

<http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/kartta>.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL 2016. Tietomallinnus. Viitattu 15.6.2016

<http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>.

LIITTEET

Liite 1: Savari 3- alueen lähtöaineistoluettelo

Liite 2: Kyselyrunko toteutusmallien loppukäyttäjille

Liite 3: Kyselyrunko toteutusmalliaineiston käsittelijöille

Liite 2: Kyselyrunko toteutusmallien loppukäyttäjille

Kysely toteutusmallien loppukäyttäjille

1. Käytössä oleva laitteisto?
2. Minkälaisissa kohteissa olet käyttänyt automaatiota? Aiempi kokemus koneohjautuista työmaista?
3. Mitä hyötyjä olet automaation käytössä havainnut verrattaessa perinteiseen toteutustapaan?
4. Mitä tulisi kehittää? (tiedon esitystapa, käyttöympäristö...?) Oletko havainnut toteutusmalleissa ns. "turhaa tietoa", jonka voisi jättää pois?
5. Onko automaation käyttöön liittyvä koulutus ollut mielestäsi riittävää? Kuinka hyvin olet mielestäsi omaksunut automaation käytön?

Liite 3: Kyselyrunko toteutusmalliaineiston käsittelijöille

KYSELY

Jonne Kurkinen
25.8.2016

Tämä kysely on osa Destia Oy: lle laadittavaa opinnäytetyötä, työotsikkona ”Mallipohjaisen suunnittelun hyödyntäminen ja toteutusmallien laadunvarmistus” Kyselyn tarkoituksena on kartoittaa työkoneautomaation hyödyntämisen nykytilaa ja etsiä mahdollisia kehittämiskohteita toteutusmallien laatuun liittyen. Vastaukset käsitellään nimettöminä ja ne julkaistaan osana opinnäytetyötä.

Vastaukset pyydetään toimittamaan sähköpostitse Jonne Kurkiselle osoitteeseen jonne.kurkinen@destia.fi

Urakoitsijan näkökulma (aineiston käsittelijä)

Aiempi kokemus mallipohjaisista hankkeista; Miten mallintamista on hyödynnetty toteutetuilla hankkeilla?

Listaa viisi tärkeintä toteutusmallien laatuun ja käytettävyyteen vaikuttavaa tekijää.

Onko suunnittelijan tuottamassa toteutusmalliaineistossa havaittu puutteita tai kehittämiskohteita? Mitä?

Ovatko koneohjausmallien avulla rakennetut kohteet täyttäneet yleisesti annetut tarkkuusvaatimukset verrattaessa tarkemittauksiin?

Rakentamisen pilvipalveluiden (esim. Infrakit, iConTelemastics) käyttöaste työmailla? Miten kyseisiä palveluita on hyödynnetty ja onko toiminnoissa havaittu kehittämistarpeita?