



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

TIETOMALLIN KÄYTTÖ PAIKALLAVALU- URAKOINNISSA

Töölönkadun pysäköinti

Veetu Helkiö

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2017
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentaminen

Helkiö Veetu:
Tietomallin käyttö paikallavalu-urakoinnissa
Töölönkadun pysäköinti

Opinnäytetyö 43 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Huhtikuu 2017

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia tietomallin käyttöä YIT Rakennus Oy:n työmaolosuhteissa Töölönkadun pysäköinnissä Helsingissä. Tietomallipohjainen projekti on yleistymässä infrarakennuskohteille, mutta ei ole täysin korvannut perinteistä dokumenttipohjaista projektia. Muutos tapahtuu vähitellen tekniikan kehittyessä ja osaavan työmaatoimihenkilöstön määrän kasvaessa.

Tietomallin käyttö edellyttää tietomallipohjaisen hankkeen teorianäytetyön alussa käsitellään tietomallintamisen keskeisiä asioita, kuten tietomalliprojektin eri vaiheita, mallintamisen käsitteitä ja mahdollisia hyötyjä dokumenttipohjaiseen hankkeeseen verrattuna. Opinnäytetyössä pohjustetaan myös tietomallia urakka-asiakirjoissa ja eri tietomallia käyttäviä ohjelmistoja. Työssä tutkitaan erityisesti mallien katselu- ja tarkasteluohjelmien käyttöä.

Töölönkadun pysäköintilaitoksen työmaa ei ole tietomallipohjaisen hankkeen pilottikohde. Dokumenttipohjaiset suunnitelmat ovat suunnittelijoiden sopimuksissa pätevämmät, mutta suunnittelua on tehty myös tietomallipohjaisesti. Töölönkadun tietomalli on melko hyvin tehty, mutta siitä löytyy toteutuksen kannalta ongelmia. Tutkimuksessa käsitellään tietomallin käyttöä paikallavalu-urakoinnin toteutuksen suunnittelussa, työn aikaisessa valvonnassa ja jälkilaskentatiedon saannissa. Tietomallin käytön nykytilanne on pyritty dokumentoimaan mahdollisimman hyvin. Työssä kerrotaan keskeisimmät käyttömenetelmät ja työhön on tehty omia havaintoja käyttöön liittyen. Myös tietomallin ongelmia ja kehitysideoita on pyritty dokumentoimaan. Opinnäytetyössä vertaillaan tietomallipohjaista ja dokumenttipohjaista määrälaskentaa sekä työnaikaista valvontaa varten tehtiin Excel-pohjaisia toteuman seurantataulukkoja. Opinnäytetyön julkaistavasta versiosta on salattu työmaata koskeva tutkimuskappale ja osa liitteistä.

Asiasanat: tietomalli, teräsbetoni, mallien katselu- ja tarkasteluohjelmat

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction Engineering
Infra Construction

Veetu Helkiö:
The use of BIM In-Situ-Contracting
Töölönkatu parking

Bachelor's thesis 43 pages, appendices 5 pages
April 2017

The purpose of this thesis is to investigate the use of the BIM model in YIT Construction Ltd's construction site in Töölönkatu car park in Helsinki. BIM-based project is becoming more common in infrastructure construction sites, but has not completely replaced the traditional documentary based project. The change occurs gradually as the technology advances and part of the heavy white collar personnel accumulates.

The use of BIM requires a BIM-based project theory of knowledge. At the beginning of the thesis is treated with BIM-essential concepts, such as BIM-based project's various stages of modeling concepts and potential benefits compared to documentary based project. Thesis also sets up BIM usage in contract agreements and different BIM-using software. Study was made especially concerning on BIM viewing and analysis software.

Töölönkatu parking facility construction is not a BIM-based project pilot-target. Document-based plans are the higher priority in designer's agreements, but the design is also done in BIM. Töölönkatu BIM is well made, but there can be found problems in terms of implementation. The study deals with the usage of the BIM In-Situ-Contracting in implementation planning, work supervision and gathering of post-processing data. The current situation of BIM usage was documented as well as possible. The thesis describes the key BIM usage methods, as well as my own perceptions in usage. Also, problems in BIM and BIM applied development ideas are documented. Thesis compares BIM-based and documentary based quantity measurement and for work supervision some Excel-based result tracking tables were made. Public version of thesis has been hidden concerning the work site research and some of the appendices.

Key words: BIM, reinforced concrete, BIM viewing and analysis software

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TIETOMALLINTAMINEN.....	8
2.1	Yleiset inframallivaatimukset YIV2015 ja YTV2012.....	8
2.2	Tietomallintaminen suunnittelussa	8
2.2.1	Tietomallintamisen hyödyt suunnittelussa.....	9
2.3	Tietomalliprojektin vaiheet.....	10
2.3.1	Lähtötietomalli	11
2.3.2	Suunnitelmamalli	12
2.3.3	Yhdistelmämalli ja esittelymalli	13
2.3.4	Toteutusmalli	14
2.3.5	Toteumamalli	15
2.3.6	Ylläpitomalli	16
2.4	Tietomallintamisen tarkkuustasot	16
2.5	Suunnitelmien laadunvarmistus.....	18
2.6	Paikallavalurakenteiden mallintaminen.....	18
2.7	Infra-BIM nimikkeistö.....	19
2.8	Tietomallintamisen formaatit.....	19
2.9	Koordinaatisto.....	20
2.10	Tietomalliselostus	20
3	TIETOMALLIT TYÖMAALLA	21
3.1	Tietomallit eri urakkamuodoissa	21
3.1.1	Urakointikilpailu	21
3.1.2	Omaperusteinen hanke	21
3.2	Suunnittelun ohjaus tietomalliprojektissa.....	22
3.3	Tietomallintaminen urakka-asiakirjoissa.....	23
3.4	Tietomallit rakentamisen valmistelussa.....	23
3.5	Tietomallien käyttömahdollisuudet työmaalla.....	24
3.6	Työmaatoimihenkilöiden tehtävät tietomallihankkeessa.....	25
3.7	Ohjelmat.....	25
3.8	Mallien katselu- ja tarkasteluohjelmat.....	26
3.8.1	Solibri Model Checker	26
3.8.2	Tekla BIMSight.....	28
3.9	Tekla Structures	29
3.10	Mobiililaitteiden käyttömahdollisuudet työmaalla.....	31
4	TIETOMALLIN KÄYTTÄMINEN	32
4.1	Töölönkadun pysäköinti	32

4.2	Töölönkadun tietomalli	32
4.3	Vuorovaikutus tietomallin avulla.....	32
4.4	Toteutuksen suunnittelu	32
4.4.1	Paikallavalurakenteiden toteutuksen suunnittelu	32
4.4.2	Tietomallin ongelmat toteutuksen suunnittelussa	32
4.4.3	Määrälaskenta tietomallin avulla	33
4.4.4	Tietomallilla ja dokumenteista tehdyn määrälaskennan vertailu..	33
4.5	Työnaikainen valvonta.....	33
4.5.1	Paikallavalurakenteiden työnaikainen valvonta.....	33
4.5.2	Toteuman seuranta tietomallin katseluohjelman avulla.....	33
4.5.3	Tietomallin ongelmat työnaikaisessa valvonnassa	33
4.5.4	SAMPO-louhinnan seurantajärjestelmä.....	33
4.6	Jälkilaskentatiedon saaminen.....	34
4.6.1	Jälkilaskentatiedon saaminen tietomallin avulla.....	34
4.7	Tietomallintamisen hyödyt ja haasteet	34
5	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	39
	Liite 1. Rakennusteknisten rakenneosien nimikkeistöluettelo (BuildinSMART Finland 2016, 49-51).....	39
	Liite 2. Dokumenttipohjaisen määrälaskennan laskentataulukot rakenneosittain.	40
	Liite 3. Excel-pohjaiset tietomallia hyödyntävät toteuman seurantataulukot viikoilta 28-37.....	41
	Liite 4. Pysäköintihallin paikallavalurakenteiden muottipinta-alojen laskeminen rakenneosittain.	42
	Liite 5. Pysäköintihallin paikallavalurakenteiden harjateräsmäärät rakenneosittain.	43

LYHENTEET JA TERMIT

BIM	Rakennuksen tietomalli / rakennuksen tietomallinnus.
bSF	Rakennustietosäätiö buildingSMART Finland (bSF) on säätiö, joka pyrkii parantamaan tiedonjakoa rakennusalalla. Yritys on edelläkävijä tietomallipohjaisen projektin kehittämisessä.
EUREF-FIN	EUREF-FIN-koordinaatisto on ETRS89-koordinaattijärjestelmän suomalainen realisaatio.
IFC	(Industry Foundation Classes) Tietomalliohjelmistojen yhteinen mallien kuvaustapa. Myös avoin tiedonsiirtoformaatti, jolla siirretään malleja ohjelmistosta toiseen.
InfraBIM	Infrarakenteen tietomalli.
LandXML	Yleisesti käytetty kansainvälinen maanrakentamisen XML-pohjainen määrittely infra- ja maanmittaustiedolle.
N2000	Uusin suomalainen käytössä oleva tarkkavaaitukseen perustuva korkeusjärjestelmä. Korkeusjärjestelmää päivitetään jatkuvasti jääkaudesta johtuvan maankohoamisesta aiheutuvan korkeudenmuunnosten takia.
SMC	Solibri Model Checker- mallien katselu ja tarkasteluohjelma. Ohjelma on kätevä ja monipuolinen tietomallien käytössä erityövaiheissa.
YIV2015	BuildingSMART Finland- säätiön julkaisut tietomallintamisen ohjeiksi ja yhteisiksi pelisäännöiksi rakennuttajille, suunnittelijoille ja urakoitsijoille infra-alan näkökulmasta.
YSE1998	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. Käytetään rakennusalalla elinkeinoharjoittajien välisiin rakennusurakkasopimuksiin.
YTV2012	BuildingSMART Finland- säätiön vastaavat julkaisut talonrakennusalan näkökulmasta.

1 JOHDANTO

Infra-ala on monipuolisuudeltaan kattava ja erilaisia rakennuskohteita ovat esimerkiksi liikenneväylät, vesihuolto, energia-alan rakentaminen, tietoliikenneyhteydet, ympäristörakentaminen, teollisuusrakentaminen ja kalliotilat. Tietomallipohjainen suunnittelu ja rakentaminen ovat yleistymässä infrarakentamisessa. Tietomallintaminen on osa tulevaisuuden rakennushanketta, mutta ei ole vielä korvannut perinteistä dokumenttipohjaista suunnittelua. Uusia tietomallipohjaisia suunnitelmia hyödynnetään jo urakkalaskennassa ja hankinnassa. Rakenteen toteutuksessa, eli työmaaolosuhteissa, tietomallin hyödyntäminen on kuitenkin vielä vähäistä, mutta vähitellen yleistymässä. Aihe on tuoreudeltaan vaativa osaavien toimihenkilöiden puuttuessa. Myös eri oppilaitoksissa tietomallintamista ja mallin hyödyntämistä opetetaan vähän tai ei ollenkaan. Uusia asioita omaksutaan hitaasti ja muutoksille on tyypillistä vastarinta.

Opinnäytetyö käsittelee tietomallin käyttöä paikallavalu-urakoinnissa rakentamisvaiheessa. Aihetta tutkitaan YIT Rakennus Oy:n työmaalla Töölönkadun pysäköintilaitoksella Helsingissä. Konkreettisenä tutkimuskohteena on, miten tietomallia voidaan käyttää hyödyksi urakan toteutuksen suunnittelussa, työnaikaisessa valvonnassa ja jälkilaskentatiedon saamisessa. Työn tavoitteena on dokumentoida mahdollisimman tarkasti tietomallin käytön nykytilanne, ongelmia ja mahdollisesti kehittää soveltavia tapoja tietomallien käyttöön. Työ rajoittuu paikallavalu-urakointiin ja urakoitsijan näkökulmaan tietomallin käytössä. Käytettäviä tutkimusmenetelmiä ovat aihetta käsittelevä kirjallisuus ja työmaa-toimihenkilöiden haastattelut. Tärkeä tutkimusmenetelmä on myös Töölönkadun tietomallin henkilökohtainen havainnointi ja käyttö tietomallin katseluohjelmilla.

2 TIETOMALLINTAMINEN

Tietomallilla tarkoitetaan rakennuksesta tai rakenteesta digitaalisessa muodossa tuotettavaa kokonaisuutta. Siitä käytetään myös englannin kielistä lyhennettä BIM (Building Information Model) ja infrahankkeissa tyypillisesti termiä InfraBIM. Infrarakenteen tietomallia kutsutaan myös yleisesti inframalliksi. Tietomallin esitystapa on kolmiulotteinen malli, josta selviää geometriatietojen lisäksi oleellista tietoa rakenteiden eri osista. Digitaalinen muoto mahdollistaa tiedon jakamisen yhteisesti sovitulla tavalla koko hankkeen ajan kaikkien osapuolten välillä. Tietomalli kattaa rakennusprosessin koko elinkaaren ja sitä hyödyntävät kaikki eri rakennushankkeen osapuolet. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 23)

2.1 Yleiset inframallivaatimukset YIV2015 ja YTV2012

Rakennustietosäätiön buildingSMART Finland (bSF) ja sen infratoimialaryhmä on tuottanut ja julkaissut ohjeet infrarakentamisen tietomallintamiseen. Tietomallintamisen yleistyminen ja suurempien infratilaajien halu siirtyä tietomallipohjaiseen projektiin on luonut tarpeen ohjeistukselle. Yhtenäinen ohjeistus helpottaa tilaajan, suunnittelijan ja urakoitsijan yhteistoimintaa. YIV-ohjeet luovat pohjan mitä, miksi, miten ja kuinka laadukkaasti mallinnetaan hankkeen eri vaiheissa. Ohjeet sisältävät myös paljon yleistietoa tietomalliprojektin jokaisen osapuolen käyttöön. BuildingSMART Finland vastaa myös talonrakentamisen vastaavista tietomalliohjeista YTV2012. Niiden tarkoitus on sama kuin YIV-ohjeiden, mutta talonrakentamisen näkökulmasta. YTV- ohjeita sovelletaan myös infra-alalla rakennusteknisissä töissä, kuten silloissa ja muissa paikallavalurakenteissa. (Niskanen 2015, 3)

2.2 Tietomallintaminen suunnittelussa

Suunnittelun keskeinen tavoite on suunnitella rakenteet ja tuottaa tietomallit tilaajalle. Suunnittelun organisointiin vaikuttaa huomattavasti projektin sisältö, laajuus ja suunnitelmavaihe. Tietomallintamisessa keskeisessä roolissa on tietomallikoordinaattori, joka kannattaa nimitä suunnittelun varhaisessa vaiheessa. Tietomallikoordinaattorin keskeisimmät tehtävät suunnittelussa on aikatauluttaminen ja yhteensovittaminen. Suunnitteluhankkeessa on useita eri tekniikanaloja ja vaiheita, jolloin tietomallikoordinaattorin tulee

yhteen sovittaa prosessin eri vaiheet sekä laatia ja ylläpitää tietomallinnussuunnitelmaa. Lisäksi tietomallikoordinaattori tekee projektinaikaista tietomallin laadunvarmistusta ja vastaa yhdistelmämallin ja tietomalliselostuksen kokoamisesta.

Hankkeen käynnistysvaiheessa tulee suunnitella tietomallinnuksen toteutus. Läpikäytäviä ja dokumentoitavia asioita ovat muun muassa:

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

(Niskanen 2015, 8-10).

2.2.1 Tietomallintamisen hyödyt suunnittelussa

Suunnittelutyö on mallipohjaisesti tarkempaa kuin perinteinen dokumenttipohjainen suunnittelu. Lisäksi tietomallipohjainen suunnittelu helpottaa itse suunnittelutyötä merkittävästi perinteiseen dokumenttipohjaiseen suunnitteluun verrattuna, kun kaikki suunnittelutyö tehdään saman mallin pohjalta. Kaikki oleellinen tieto on tallennettuna samaan paikkaan ja tietomallista tuotettavat tulosteet, näkymät ja dokumentit ovat peräisin samasta mallista. Yhden mallin päivittäminen vaikuttaa koko tietomallissa lukuisiin piirustuksiin, laskelmiin ja mallinäkyymiin automaattisesti. Tämä mahdollistaa ajantasaisen mallin esittämisen kaikille hankkeen osapuolille, mikä edistää tiedonkulun ja yhteistyön parantamista. Dokumenttipohjaisessa suunnittelussa suurin osa muutoksista pitää tehdä erikseen jokaiseen tarpeelliseen dokumenttiin. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 30)

Rakenteiden visualisointi ja hahmottaminen helpottuu oleellisesti kolmiulotteisen suunnittelun ansiosta. Suunnittelun laadunhallinta ja virheiden ajoissa löytäminen tehostuu. Suunnittelun eri osa-alueiden parempi yhteensovittaminen on helpommin toteutettavissa myös esimerkiksi yhdistelmämallin avulla. Yhdistelmämallien avulla pystytään tekemään myös rakenteellinen törmäystarkastelu. Siinä pystytään havainnoimaan eri suunnittelualojen mahdolliset toisiinsa törmäävät osat, kuten esimerkiksi palkit ja putket. Lisäksi

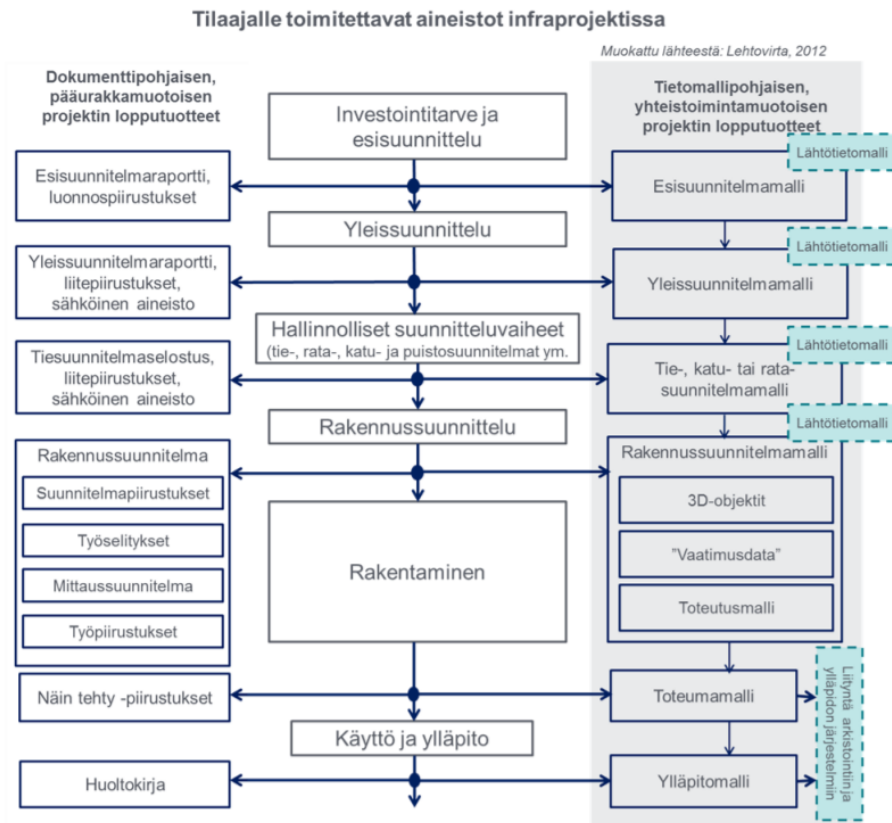
rakentamiseen kohdistuvia voimia mallintavissa ohjelmissa voidaan käyttöön tietomallia pohjana. Tietomallintaminen on vielä melko uutta myös suunnittelussa, eikä se ole vielä täysin jalkautunut kaikille suunnittelijoille. Suunnitelmat tuotetaan pääosin tietomallia tukevilla ohjelmilla, mutta niistä ei aina tuoteta toteutusmallia urakoitsijan käyttöön. Tällöin urakoitsija ei luonnollisesti pysty hyödyntämään suunnitelmien tietomalliominaisuuksia. Toteutusmallia ei monesti tuoteta, koska se lisää suunnitelmien kustannuksia.

2.3 Tietomalliprojektin vaiheet

Rakennushanke on aina vaativa ja monivaiheinen prosessi. Tyypillisimpiä vaiheita on lähtöselvitykset, suunnittelu, toteuttaminen sekä käyttö ja ylläpito. Sekä dokumenttipohjaisessa, että tietomallipohjaisessa projektissa syntyy erilaisia lopputuotteita. Dokumenttipohjaisessa urakassa syntyy muun muassa lukuisia piirustuksia, selvityksiä, todistuksia. Kuvassa 1 on esitetty infrahankkeen keskeisimmät työvaiheet. Lisäksi siinä on esitetty vertailuna tietomallipohjaisen projektin- ja dokumenttipohjaisen projektin lopputuotteet kussakin vaiheessa. Tietomallipohjaisessa urakoinnissa hankkeen läpikäyntiä halutaan selkeyttää ja tehostaa. Tietomallipohjainen projekti on kannattavaa etenkin isoissa ja vaativissa infrahankkeissa. (Niskanen 2015, 4)

Tietomallipohjaiseen rakentamiseen sisältyy erilaisia tietomalleja. Jokaisessa vaiheessa tuotetaan tietomalli erilaisiin käyttötarkoituksiin. Tyypillisimmät eri mallinnettavat mallit ovat:

- lähtötietomalli
- suunnitelmamalli
- yhdistelmämalli
- toteutusmalli
- toteumamalli
- ylläpitomalli.



KUVA 1. Infrahankkeessa tuotettava aineisto hankevaiheittain. (Niskanen 2015, 4)

2.3.1 Lähtötietomalli

Lähtötietomalli sisältää eri tietolähteistä saadut tai mitatut suunnittelua varten hankitut lähtötiedot jäsennehtynä digitaalisessa muodossa. Lähtötietojen pohjana voidaan käyttää myös nykytilamallia, joka kuvaa infran nykyistä tilaa sellaisenaan. Siihen voidaan mallintaa muun muassa olemassa olevat rakenteet, maaston muodot, olemassa oleva infra, geotekniset olosuhteet yms. Lähtötietomalli edustaa tärkeintä aineistoa, jonka pohjalta varsinainen suunnittelutyö tehdään. Aineisto pyritään keräämään mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jotta suunnittelijalla on käytössä kattavat aineistot suunnittelua varten. Tällöin suunnittelu on tehokkainta ja vältetään virheitä ja muutoksia jo varhaisessa vaiheessa. (Liikennevirasto 2014a, 7-8)

Prosessissa on tärkeää dokumentoida lähtöaineistojen alkuperä- ja metatiedot ja tarvittavat muokkaustoimenpiteet. Lähtötietoja, eli raaka-ainetta harmonisoidaan muotoon, joka tukee tietomallipohjaista suunnittelua. Mallia pyritään päivittämään hankkeen edetessä uusilla lähtötiedoilla. Lähtötietoja kerätään myös suunnitteluaineistoon muiden tekniikalajien suunnittelijoilta. Taitorakenteiden osalta tärkeimpiä kerättäviä lähtötietoja on:

- maastomalliaineisto
- maaperämalliaineisto
- rakenteet ja järjestelmät
- kartta- ja paikannusaineisto
- viiteaineisto.

Raaka-aineesta kerättäviä lähtötietoja on runsaasti ja esimerkiksi maastomalli todenneetaan maastomittauksella. Maaperämallit sisältävät mm. pohjatutkimukset ja maaperäkartat. Lähtötiedot kansioidaan huolellisesti edellä mainittujen pääkohtien mukaan. (Liikennevirasto 2014b, 21-23; Liukas & Virtanen 2015, 4-8)

2.3.2 Suunnitelmamalli

Suunnitelmamalli on toiselta nimeltään rakennesuunnittelijan tuottama rakennemalli. Suunnitelmamalliin tuotetaan rakentamisen kannalta oleellisin aineisto teknisine yksityiskohtineen. Rakennussuunnitteluvaiheen malli tehdään kohteesta siinä tarkkuudessa, että sen perusteella pystytään laskemaan määrät ja rakenne voidaan toteuttaa mallin perusteella. Suunnitelman valmistuttua ratkaisusta voidaan olla varmoja ja lopputuloksena syntyy rakenteen tuotemalli (Salonsaari, Savolainen & Myllymäki 2015, 8; Jäväjä & Lehtoviita 2016, 23)

Suunnittelutyötä voidaan vaiheistaa esisuunnittelulla, yleissuunnittelulla ja rakennesuunnittelulla. Rakennussuunnitteluvaiheessa mallintaminen tukee havainnollistamista, yhteensovittamista, määrälaskentaa sekä työmaan hankintoja, aikataulutusta, mittaus-, laadunvarmistus- ja koneohjaustoimintaa. Mallintamalla havaitaan myös suunnitelmien virheitä etukäteen, jolloin niihin voidaan puuttua jo suunnitteluvaiheessa. Rakennussuunnitelmamallissa rakenteet, rakenneosat ja -kerrokset esitetään yksityiskohtineen. Tällöin rakennussuunnitelmamallilla pyritään korvaamaan detaljipiirustukset. Tyypipiirustuksia laaditaan tarvittaessa. Rakennussuunnitteluvaiheessa taitorakenne mallinnetaan kokonaisuudessaan geometrisin paikka- ja mittatietoineen, varusteineen, raudoituksineen ja perustus- ja maaperätietoineen. Lisäksi taitorakenteen rakenneosat nimetään ja numeroidaan yhdenmukaisesti. Suunnitelmavaiheessa tietomallin rakenneosille annetaan myös tarpeelliset tieto-osuudet. Lisäksi rakenneosille ja objekteille suunnitellaan nimikkeistö.

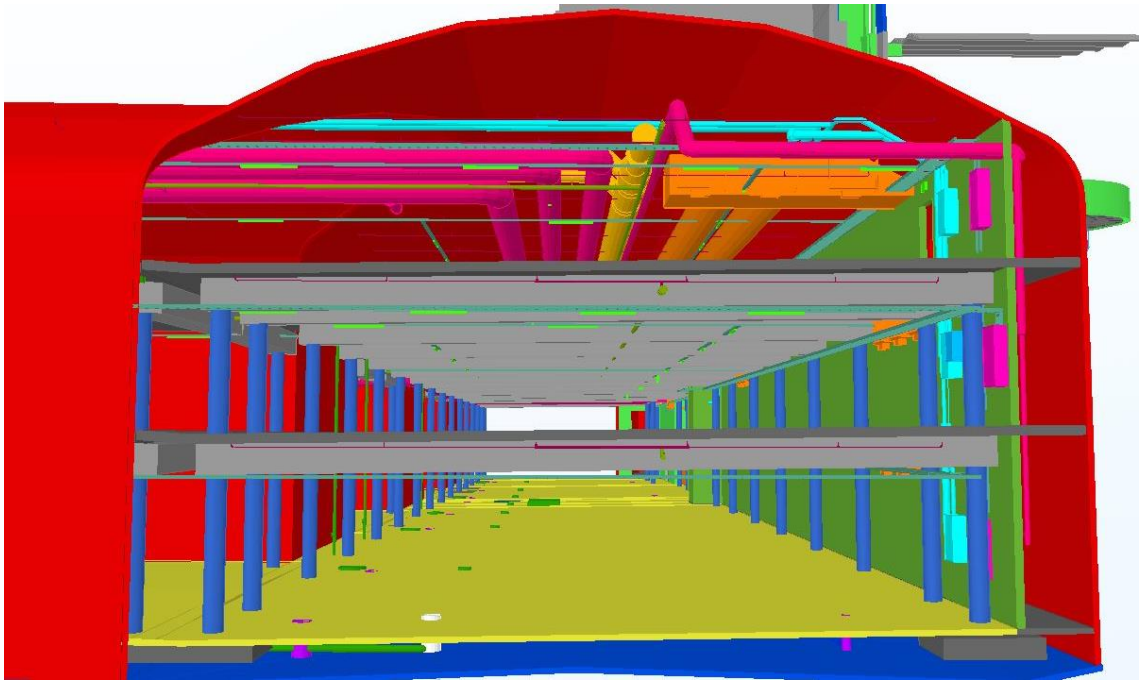
Nimikkeistön avulla suunnitelmien rakenneosia tunnustetaan toisistaan. Rakennusteknisten rakennusosien osalta käytetään YIV-ohjeiden mukaista nimikkeistöä välillä 4000-4729. YTV-ohjeissa käytetään osittain erilaista nimikkeistöä, mitä hyödynnetään paikallavalurakenteissa. Tyypillisesti suunnitelmamallit vaiheistetaan tai jaetaan kussakin suunnitteluvaiheessa eri tekniikkalajien mukaan. Erilaisia suunnitelmamalleja on esimerkiksi arkkitehtimalli, rakennustekninenmalli, LVI-malli, sähkösuunnitelmamalli ja kaltilotilamalli. (Niskanen 2015, 11-15; Salonsaari, Savolainen & Myllymäki 2015, 8-14)

2.3.3 Yhdistelmämalli ja esittelymalli

Suunnittelutyön edetessä eri tekniikan alojen suunnitelmat kerätään niin sanottuun yhdistelmämalliin. Siinä selvitetään suunnitteluratkaisuiden toteutettavuus ja suunnitelmien ristiriidattomuus varmistetaan. Konkreettisenä esimerkkinä ristiriidattomuudelle on esimerkiksi eri putkien törmäämättömyys ja tilojen riittävyys. Yhdistelmämalli on rakenteen kokonaisuuden kannalta oleellisin malli. Yhdistelmämallilla tehdään myös suunnittelussa tietomallin laatuun liittyen tärkeimmät tarkastustoimenpiteet. (Niskanen 2015, 5-10)

Yhdistelmämallista voidaan jalostaa esittelymalli, joka kuvaa kohteen visuaalisesti mahdollisimman todenmukaisena. Esittelymallia käytetään havainnollistamisessa suunnitteluprosessin kaikissa vaiheissa eri sidosryhmille, kuten asiakkaalle tai asukkaille. Esittelymalli voi olla teknillisesti havainnollistava tai visuaalisesti havainnollistava. Teknistä havainnollistamista tehostetaan kuvaamalla eri teknisiä rakenneosia eri värein tai muilla visuaalisilla tehosteilla. Visuaalisessa havainnollistamisessa pyritään kuvaamaan lopullinen suunnitelma rakenteineen mahdollisimman tarkasti, jotta saadaan hyvä yleiskäsitys rakennuskohteesta. (Luoma 2016, 4-5)

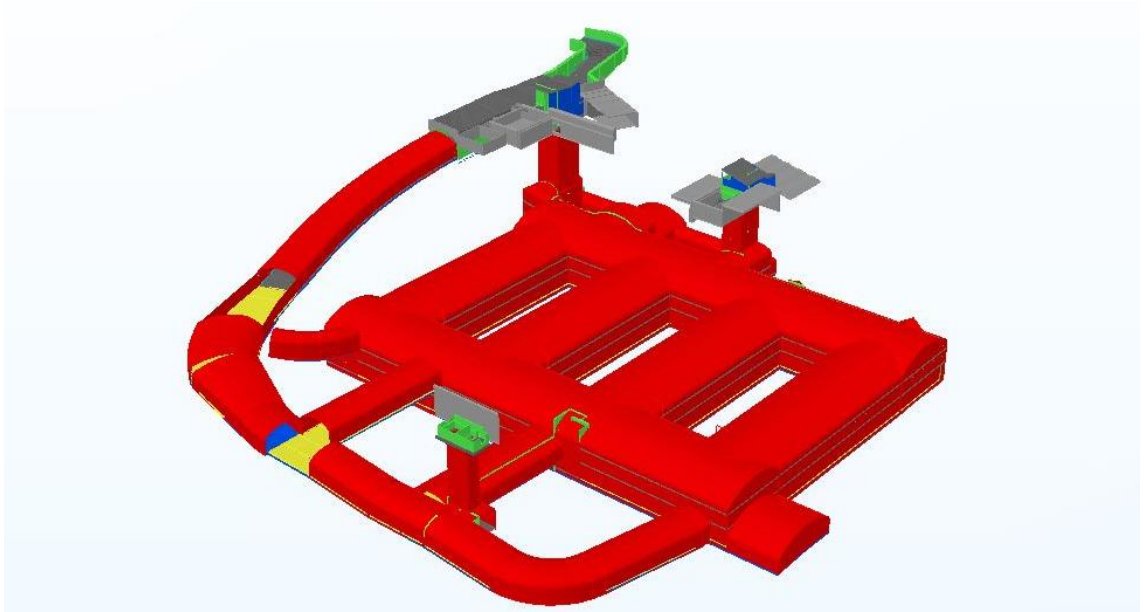
Kuvassa 2 on esitetty Töölönkadun pysäköinnin yhdistelmämalli Tekla BIMSight-ohjelmalla avattuna. Samaa malliin on tuotu rakennemalli ja talotekniikkamalli. Tietomallista on helppo havainnollistaa eri tekniikkalajien putket ja niiden vaatimat tilat.



Kuva 2. Töölönkadun pysäköintilaitoksen yhdistelmämalli leikkausnäkymässä.

2.3.4 Toteutusmalli

Suunnitelman pohjalta tuotettava tietomalli, jota käytetään toteutusvaiheessa eli työmaalla rakentamisessa. Sitä käytetään tuotannonohjauksen lähtökohtana, ja siihen kootaan rakenteen tietomallit, työmaan aluemalli, työnaikaiset järjestelyt ja muuta työmaalla hyödynnettävää. Toteutusmallista voidaan myös jalostaa maanrakentamisessa koneohjaukselle ja mittauksia varten laadittuja paikalleenmittausmalleja. Toteutusmalleja havainnoidaan työmaalla erilaisten mallien katselu- ja tarkasteluohjelmilla (Niskanen 2015, 13). Kuvassa 3 on esitetty työmaan käytössä oleva tietomalli Tekla BIMSight-mallinkatseluohjelmassa.



KUVA 3. Töölönkadun pysäköintilaitoksen toteutusmalli Tekla BIMSight-katseluohjelmassa.

2.3.5 Toteumamalli

Projektissa käytetyn tietomallin lopullinen, toteutusta vastaava tietomalli, jota on täydennetty rakentamisvaiheessa tehtyjen muutosten mukaiseksi. Periaatteena on, että kun suunnittelu on tilaajan vastuulla, urakoitsija toimittaa tuotannon toteumatiedot suunnittelijoille, jotka laativat toteumamallit tilaajalle. Toteumamalli koostetaan työmaalla mittaus-tietojen perusteella. Mittaustietoja kerätään pistemäisesti XYZ- koordinaatistossa ja mitattua pisteaineistoa verrataan suunnitelmien tietomalliin. Mittaustapoja on useita, esimerkiksi mittamiehen takymetrillä tai muulla mittalaitteella suorittama mittaus. Myös maanrakentamisessa koneohjatut kaivurit voivat suorittaa itsenäisiä mittauksia ottamalla toteumapisteitä. Lisäksi toteumamittaus voidaan suorittaa laserskannaamalla. (Palviainen 2015, 4-5; Jäväjä & Lehtoviita 2016, 24)

Toteumamallin tuottaminen on tärkeää, koska se antaa tarkimman kuvauksen toteutuneesta rakenteesta tai järjestelmästä. Sillä osoitetaan tilaajalle rakenteen geometrinen laatu ja vaatimusten mukainen toteutuksen todentaminen. Tavoitteena on vähentää laadunvarmistukseen liittyvän mittaustiedon paperidokumentaation laatimiseen käytettävää työmäärää. Tuotettu tietosisältö kootaan InfraBIM-nimikkeistöön perustuvaan hakemistorakenteeseen. Mitatut tiedot kootaan ja kansioidaan tällöin rakennusosittain. Jokaiselle

rakennusosan toteumamallinnuksen dokumentoinnilla on asetettu mittaus- ja mallinnusvaatimuksia. Vaatimuksia on esitetty YIV-ohjeissa. Joidenkin rakennusosien toteumamallihakemistoon sisällytetään myös erilaisia laadunvarmistusdokumentteja. Esimerkiksi perustusrakenteisiin sisällytetään paalutuspyötkirjat ja kantavuusmittausraportit sähköisessä muodossa. Valmis toteumamalli tuotetaan tilaajalle, ja sitä voidaan käyttää tulevien hankkeiden suunnittelun lähtötietona tai sen pohjalta voidaan tehdä ylläpitomalli. (Mäkinen, Tieaho & Parkkari 2015, 13) (Palviainen 2015, 4-7)

2.3.6 Ylläpitomalli

Infrarakenteen tai -järjestelmän ylläpidon ja hoidon toteutuksen prosesseissa käytettävä tietomalli, joka sisältää käytön ja ylläpidon aikaiset tehtävät, muutokset ja tarkastukset. Ylläpitomallin laaditaan suunnitelma tai toteumamallin pohjalta ja kuuluu osaksi suunnittelun ja toteuttamisen toimeksiantoa. Tietomalli liitetään taitorekisteriin ja käytetään mahdollisesti lähtötietona korjaushankkeessa. (Niskanen 2015, 7)

2.4 Tietomallintamisen tarkkuustasot

Tietomallintamisen tarkkuustaso vaihtelee rakennushankkeen eri vaiheissa. Tietomallia hyödynnetään eri tavoin eri rakennusvaiheissa, jolloin suunnitelmalta vaaditaan enemmän. Tarkkuustasojen määrittely on myös tarpeen, jotta suunnittelun varhaisessa vaiheessa ei mallintamiselle aseteta liian tarkkoja vaatimuksia, ja sitä kautta työllistetä suunnittelijoita liikaa. Tyypillisesti tarkkuustaso kasvaa, mitä pidemmälle suunnittelu on edennyt. Tarkkuustasoon vaikutta rakennushankkeen koko ja rakenneosalta vaadittava suunnittelun tarkkuus toteutuksen näkökulmasta.

Tarkkuustason määrittelyksi on katsottu tarpeelliseksi määrittää suunnitteluvaihekohtaiset mallinnustarkkuudet. Ne on määritetty mm. YIV2015-ohjeissa osassa 4 ja 7. Kuvassa 4 on esitetty taulukkomuodossa eri mallinnustasot tarkkuusmäärittelyineen. Mallinnustarkkuus voidaan myös määrittellä erikseen hankekohtaisesti. Kuvassa 5 on esitetty taulukkomuodossa perustus- ja tukirakenteiden mallinnustarkkuus eri suunnitteluvaiheissa, esimerkin omaisesti. Muillekin rakennusteknisille rakennusosille on määritetty kuvan 3

vastaavalla tavalla mallinnustarkkuus YIV-ohjeessa osassa 7. (Janhunen, Pienimäki & Parantala 2015, 6; Salonsaari, Savolainen & Myllymäki 2015, 9)

Mallinnustaso	Mallinnustarkkuus
0	Ei mallineta
1	Mallinnetaan näkyviin jäävät pinnat vain merkittävässä kohteissa*. Ei vaadita tilavuusominaisuuksia, pintamalli riittää. (vrt. esi- ja yleissuunnittelu)
2	Mallinnetaan näkyviin jäävät osat kaikissa kohteissa. Ei vaadita tilavuusominaisuuksia, pintamalli riittää. (vrt. esi- ja yleissuunnittelu)
3	Mallinnetaan osat kokonaisuudessaan kaikissa kohteissa. Tilavuusominaisuudet vaaditaan, nk. tilavuusmalli. (vrt. siltasuunnittelu)
4	Mallinnetaan osat kokonaisuudessaan kaikissa kohteissa. Täydellinen kuvaus rakenteesta. (vrt. rakennussuunnittelu)

KUVA 4. Mallinnustasot ja mallinnustarkkuus (Salonsaari, Savolainen & Myllymäki 2015, 9).

	Esisuunnittelu	Yleissuunnittelu	Väyläsuunnittelu	Rakennussuunnittelu
4411 Kasuuniperustukset	0	0	3	4
4412 Siirtymälaatat	0	0	3	4
4419 Muut perustusrakenteet	0	0	3	4

	Esisuunnittelu	Yleissuunnittelu	Väyläsuunnittelu	Rakennussuunnittelu
4421 Tukimuurit (>700mm)	1	1	2	4*
4422 Tukiseinät	0	1	3	4*
4423 Kivikorit	0	1	2	4
4424 Portaat	0	0	2	4
4429 Muut tukirakenteet	0	0	2	4

* Verhoukset mallinnetaan ominaispaksuuden mukaisesti

	Esisuunnittelu	Yleissuunnittelu	Väyläsuunnittelu	Rakennussuunnittelu
4490 Muut perustus- ja tukirakenteet	0	1	3	4

KUVA 5. Mallinnustarkkuus nimikkeistön 4400 perustus- ja tukirakenteet suunnittelu- vaiheittain (Salonsaari, Savolainen & Myllymäki 2015, 12).

2.5 Suunnitelmien laadunvarmistus

Tietomallien laadunvarmistuksen keskeisin tavoite on varmistaa, että tietomallit on tehty ohjeiden ja vaatimusten mukaisesti ja että ne ovat sopivia käyttötarkoitukseensa. Inframalleja ja niiden sisältöä voidaan tarkastella kolmesta lähtökohdasta:

- Tekninen mallisisältö: Onko inframalli tuotettu suunnitteluohjelmasta vaaditun standardin ja nimikkeistön mukaisesti?
- Inframallin tietosisältö: Onko kaikki vaadittava suunnittelu-, rakentamis- ja ylläpitovaiheeseen kuuluva tietomalleissa?
- Inframallin laadun arviointi: Onko kokonaisratkaisu toimiva ja toteutuskelpoinen? Havaitaanko tekniikka- ja osamallien yhteensovituksessa virheitä ja ristiriitoja? (Mäkinen, Tieaho & Parkkari 2016, 5)

Laadunvarmistuksessa tärkeintä on havaita mahdolliset virheet, puutteet ja ristiriidat mahdollisimman aikaisin. Näiden havaitseminen ajoissa on tärkeää hankkeen taloudellisen toteutuksen kannalta. Lähtökohtaisesti tuottaja eli suunnittelija on vastuussa tuottamansa aineiston laadusta. Myös tilaaja voi tehdä inframallien laadunvarmistuksen itse tai tilata tietomallinnuksen erikoisasantuntijalta. (Mäkinen, Tieaho & Parkkari 2016, 6-10)

2.6 Paikallavalurakenteiden mallintaminen

Paikallavalurakenteet mallinnetaan geometrian ja sijainnin osalta oikein, siten että törmäyksiä ei synny ja tieto rakenteiden kokonaismäärästä selviää mallista. Lisäksi mallinnetaan liittymät, raudoitteet ja muut valutarvikkeet. Tietomallin tieto-osuus sisältää myös tarvittavat tiedot betonista, kuten pinta-ala, tilavuus, ja betoniluokka. (Kautto 2012, 18-23)

Paikallavaluraudoitusten osalta voidaan sopia projektikohtaisesti, tehdäänkö suunnitelmat mallintamalla vai piirustuksina ja raudoitusluetteloina. Raudoituksen mallintamisesta tulee selvittää teräksen halkaisija, jakoväli, laatu, taivutustyyppi, ankkurointi ja jatkospietus. Mallintamisessa huomioidaan myös suojaetäisyydet, työteräkset ja raudoituksen keskinäinen yhteensovitus. Raudoituksen määrät ilmaistaan yksikössä kg/m^3 . (Liikennevirasto 2014a, 25).

2.7 Infra-BIM nimikkeistö

InfraBIM-nimikkeistö kattaa infrarakenteiden ja – mallien numerointi- ja nimeämiskäytännöt (Liukas & Kemppainen 2015, 13). Sen käyttö on perusedellytys laadukkaiden mallien tuottamisessa, mikä helpottaa eri osapuolten yhteistyötä. Nimikkeistö pohjautuu Infra-rakennusosa nimikkeistöön ja laajentaa sitä. Yhtenäinen nimeämiskäytäntö on tärkeää, koska se palvelee infrarakenteita ja -malleja koko niiden elinkaaren ajan sen eri vaiheissa.

Tietomallit sisältävät objekteja, jotka nimetään nimikkeistön mukaisesti. Objekteilla annetaan myös nimeämistä vastaava moninumeroinen koodi tunnistamisen helpottamiseksi. Tällöin eri objektit ja rakenneosat erotetaan toisista, jolloin malleista voidaan esimerkiksi suorittaa määrälaskelmia yhtenäisen nimikkeistön avulla. Esimerkiksi rakennusteknisten rakenneosien, kuten siltojen, laitureiden ja perustus- ja tukirakenteiden osalta käytetään YIV-ohjeiden mukaisesti nimikkeistökoodeja 4000-4729. Liitteessä 1 on esitetty esimerkin mukaisesti rakennusteknisten rakenneosien nimikkeistöt taulukkomuodossa. (Liukas & Kemppainen 2015, 13-15)

2.8 Tietomallintamisen formaatit

Mallintamisen perusvaatimuksia on käyttää avoimia standardeja ja tietomallinnusta tukevia yhtenäisiä formaatteja. Sähköiseen muotoon tallennetussa tiedossa yhtenäinen formaatti mahdollistaa eri suunnitteluohjelmilla tehdyn työn ja eri tekniikanlajien tekemän työn yhteensovittamisen. Avoin tiedonsiirtoformaatti mahdollistaa mallien siirtämisen ohjelmistosta toiseen. Yhtenäinen formaatti parantaa myös tiedon monikäyttöisyyttä ja säilymisaikaa sekä antaa yksityiskohtaisempaa tietoa sisällöstä kaikkien suunnitteluosapuolten käytettäväksi. (Liukas & Kemppainen 2015, 6-8)

Infrarakenteiden osalta avoin formaatti on Inframodel sisällön ja määrittelyn mukainen LandXML ja IFC. LandXML:ä käytetään yleisesti kansainvälisesti maanrakentamisen määrittelyyn infra- ja maanmittaustiedolle. IFC (Industry Foundation Classes) on kansainvälinen ja yleisimmin käytetty tiedonsiirtostandardi talonrakentamisessa ja kiinteistöpidossa. IFC-formaattia käytetään infrarakentamisessa taitorakenteiden suunnittelussa, kuten silloissa. IFC-formaattia käytetään myös yhteisenä tiedonsiirtoformaattina

eri tekniikkalajien välillä. Yhtenäistä tiedonsiirtotapaa käytetään tietomallien katselu- ja tarkasteluohjelmissa yksittäisten mallien katseluun, sekä yhdistelmämallien katseluun. (Liukas & Kemppainen 2015, 6-8)

2.9 Koordinaatisto

Käytettäviä koordinaatistoja on erilaisia, ja jo suunnitteluhankkeiden alussa tulisi käyttää yhtenevää koordinaatistoa virheiden ja ristiriitaisuuden välttämiseksi. Ensisijaisesti tulisi käyttää EUREF-FIN- koordinaattijärjestelmää ja N2000- korkeusjärjestelmää. Ne ovat seudullisesti yhteneväisiä ja valtakunnallisten suositusten mukaisia. Esi- ja yleissuunnitelmavaiheessa voidaan käyttää myös ETRS-TM35FIN- koordinaatistoa. Esi- ja yleissuunnittelu on yleensä melko epätarkkaa, eikä niiden pohjalta vielä toteuteta mitään. Tarkempaa suunnittelua vaativissa vaiheissa käytetään ETRS-GK- koordinaatistoa. Kyseisessä koordinaatistojärjestelmässä käytetään paikallistasolla tarkoitukseen sopivaa projektiokaistan leveyttä ja alueelle parhaiten soveltuvaa keskimeridiaania tasa-asteella 19°, 20°, 21°, ..., 31°. Esimerkiksi pääkaupunkiseudun kunnat käyttävät ETRS-GK25- tasokoordinaatistoa. (Liukas & Kemppainen 2015, 9)

2.10 Tietomalliselostus

Valmiin tietomallin luovutuksen yhteydessä tilaajalle annetaan tietomalliselostus. Se on tärkeä laadittu dokumentti, joka kuvaa tarkimmin tietomallin ja sen osien tilaa luovutusvaiheessa. Selostuksen avulla myös muut osapuolet voivat tulkita mallin yleistä rakennetta, nimeämiskäytäntöjä ja mallin valmiusastetta. Selostus kattaa kaiken mallin käyttöön ja luotettavuuteen liittyvät asiat. Tärkeimpiä selostukseen liitettäviä asioita ovat muun muassa:

- keskeinen sisältö, mallin tarkoitus, keskeiset lähtökohdat ja tarkkuustaso
- laadunvarmistustoimenpiteet ja mahdolliset puutteet ja poikkeamat tietomallista
- käytetty koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä
- rakennusosien nimeämisen- ja numerointikäytännöt
- eri tekniikkalajien mallinnukseen käytetyt ohjelmistot ja niiden versiot
- yhdistelmämallin ohjelmisto, yhdistämistapa ja formaatti.

(Liukas & Kemppainen 2015, 14)

3 TIETOMALLIT TYÖMAALLA

Tietomallipohjaisen rakennushankkeen läpiviennissä tilaaja on aina keskeisessä roolissa. Tilaajan tulisi edellyttää tietomallipohjaista suunnittelua jo rakennushankkeen varhaisessa vaiheessa. Tilaajalla tulisi olla tietomalliosaamista ja -ymmärrystä niin paljon, että tilaaja kykenee määrittelemään tietomallinnukselle asetettavat tavoitteet ja käyttötarkoitukset, koska ne luovat pohjan tietomallipohjaisen rakennushankkeen onnistumiselle (Järväjä & Lehtoviita 2016, 25). Tilaajan tekemät päätökset rakennushankkeen varhaisessa vaiheessa määrittelevät, miten urakoitsija pääsee hyödyntämään tietomallia rakentamisessa.

3.1 Tietomallit eri urakkamuodoissa

3.1.1 Urakointikilpailu

Rakennushankkeessa urakkamuodon valinta vaikuttaa myös urakoitsijan mahdollisuuksiin käyttää tietomallia. Perinteisessä urakointikilpailussa urakoitsijan vaikutusmahdollisuudet tietomallien käyttöön ovat vähäisemmät. Urakointikilpailussa rakennuttaja suunnitteluttaa hankkeen itse ja valitsee rakennusurakoitsijan tarjouskilpailun perusteella. Tilaaja on tällöin keskeisessä roolissa suunnittelunohjauksessa. Onnistuneiden tietomallipohjaisten suunnitelmien avulla urakoitsija voi suorittaa määrä- ja kustannuslaskentaa sekä auttaa havainnollistamaan riskien kartoitusta ja työsuunnittelua. (Järväjä & Lehtoviita 2016, 56)

Hankkeissa, joissa toistuvuus on vähäistä ja organisaatio kootaan hankekohtaisesti, on mallinnuksen hyötykäyttö huomattavasti omaperusteisia hankkeita heikompaa. Erityisen vähäistä mallinnus on kilpailu-urakoinnilla toteutettavissa kohteissa (Latvala 2012, 22).

3.1.2 Omaperusteinen hanke

Omaperusteisissa hankkeissa, kuten suunnittele ja toteuta- urakoinnissa urakoitsijalla on parhaat vaikutusmahdollisuudet tietomallin käyttöön. Suunnittele ja toteuta- urakka on

tyypillinen isommissa hankkeissa, jossa urakoitsija vastaa suunnittelun ohjauksesta ja rakentamisesta. Rakennusyrittäjä valitsee itse suunnittelijat, joille määrittelee suunnittelun tavoitteet, tietosisällön, organisoinnin ja työmenetelmät, joilla tietomalleja tullaan hankkeissa käyttämään. Urakoitsijan toteuttaman suunnittelunohjauksen ansiosta työmaatoimintojen vaatimukset huomioidaan tuotannossa tehokkaasti. Urakoitsijalta vaaditaan kuitenkin kokemusta tietomallipohjaisen hankkeen suunnittelun ohjauksesta kyseisessä urakkamuodossa. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 56)

Tarkasteltaessa esimerkiksi BIM-kilpailuihin osallistuvia töitä, on huomattava osa mallinnetuista kohteista omaperusteisia hankkeita. Tämän seurauksena työmaatoimintojen vaatimukset on otettu huomioon tietomallin käytössä ja tietomallia pystytään soveltamaan tuotannossa jopa työsuojelussa (Latvala 2012, 22).

3.2 Suunnittelun ohjaus tietomalliprojektissa

Vastuu suunnittelun ohjauksesta kuuluu suunnitelmien tilaajalle. Tyypillisesti se on rakennuttaja, mutta omaperusteisissa hankkeissa suunnittelun ohjauksen vastuu kuuluu urakoitsijalle. Tietomallintamisen onnistumisen edellytykset määritellään sopimuksissa. Kun sopimuksissa on määritelty vastuurajat, rakennushankkeen keskeiset tavoitteet sekä suunnittelutyön sisältö selkeästi, on suunnittelijoiden mahdollista sopeuttaa työtapaansa vastaamaan projektin tavoitteita ja varata hankkeelle riittävät aika- ja henkilöresurssit (Snellman 2014, 25).

Suunnittelun ohjaukseen sisältyy hankkeen suunnittelutavoitteiden tarkastaminen, tavoitteiden vertaaminen vaatimusmalleihin sekä suunnitelmien tavoitteiden mukaisuuden valvonta ehdotus-, yleissuunnittelu- ja toteutussuunnitteluvaiheissa. Suunnittelun ohjauksessa järjestetään suunnittelijoiden ja muiden osapuolten välinen yhteistyö esimerkiksi laadunvarmistuksen osalta sekä sovitaan suunnitelmakatselmuksista, hyväksyttämisen- ja raportointimenettelyistä. Suunnittelun ohjauksella varmistetaan tavoitteiden mukaisten ja keskenään yhteensopivien suunnitteluratkaisujen saavuttaminen, jotta suunnitelmia voidaan käyttää mahdollisimman tehokkaasti toteutusvaiheessa. (Karjula & Mäkelä 2012, 15-20).

3.3 Tietomallintaminen urakka-asiakirjoissa

Urakka-asiakirjoissa on syytä tarkentaa, että rakennushanke on tietomallia hyödyntävä hanke, jossa nimettyjen suunnittelualojen suunnittelu on tehty mallintamalla, eikä niin, että mallit olisivat muista suunnitelma-asiakirjoista erillisiä. Täsmällisempi vaihtoehto on nimetä luovutettavat tietomallit urakkasopimuksen teknisiksi asiakirjoiksi ja määrittää niiden keskinäinen pätevyysjärjestys suhteessa muihin asiakirjoihin (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 58). Tilaajan tulee huomioida hankkeen suunnittelussa, että yleiset sopimusehdot (YSE 1998) ja rakennushankkeen viranomaismääräykset eivät tunne tietomallia. Infra-hankkeissa YIV2015 ja talohankkeissa YTV2012 tulkitaan rakennushankkeissa yleensä asiakirjana, joihin urakka-asiakirjoissa viitataan.

Tilaaja voi velvoittaa urakkasopimuksissa urakoitsijaa tarkastamaan suunnitelmien rakennettavuus. Urakoitsija voi tarkasteluohjelman avulla havaita mahdolliset rakentamishaasteet ja esittämään ne aikaisempaa tarkemmin muille hankkeen osapuolille. Tilaaja voi myös määrittää urakkatarjouksien arviointikriteeriksi urakoitsijan tietomallien hyödyntämisen osaamistason. Tällöin urakoitsijan tulee tarjouksessaan kertoa, kuinka aikoo hyödyntää tietomalleja hankkeessa, ja nimetä tietomallin käytön vastuuhenkilö. Urakkasopimuksessa täytyy myös tarvittaessa velvoittaa urakoitsija toimittamaan toteumatiedot suunnittelijoille. Toteumatietojen kerääminen on kannattavaa varsinkin pitkäkestoisissa ja isoissa rakennushankkeissa, jotta suunnitelmat pysyvät jatkuvasti ajantasaisina. Ajantasainen suunnittelu helpottaa rakennushankkeen läpivientä ja muutoksiin pystytään reagoimaan nopeammin. Lisäksi toteumamalli muodostuu hankkeen aikana eikä sen jälkeen ja tarvittaessa saadaan myös ylläpitomalli luotua. Urakka-asiakirjoihin kirjataan urakoitsijan oikeus luovuttaa tietomalli kolmansille osapuolille, kuten aliurakoitsijoille. Urakoitsijaa veloitetaan siirtämään tietomallin käyttöä ja luovuttamista koskevat rajoitukset aliurakoitsijalle. (Karjula & Mäkelä 2012, 21; Jäväjä & Lehtoviita 2016, 59)

3.4 Tietomallit rakentamisen valmistelussa

Rakentamisen valmistelussa organisoidaan rakentaminen, määritetään urakoitsijan tietomallintamistavoitteita tukevat tehtävät, vastuut ja velvollisuudet sekä kilpailutetaan

hankinnat, käydään sopimusneuvottelut ja tehdään hankintasopimukset (Karjula & Mäkelä 2012, 20). Urakoitsijalle voidaan luovuttaa tietomalli jo urakkalaskentaa varten, mikäli se käy suunnittelijoille. Luovuttamiseen liittyy vastuukysymys tietomallin määrien ja määräluetteloiden oikeellisuudesta. Tämä on hidastava seikka mallien käytössä rakentamisvaiheessa. Mikäli urakoitsijan edellytetään käyttävän tietomalleja työmaatoteutuksessa, mallit tulee toimittaa tältä osin tilaajaa ja suunnittelijaa sitovina. Urakoitsijoille annetaan myös tarkastuspöytäkirjat ja tietomalliselostukset, joista selviää tietomallien tarkkuus, laajuus ja valmiusaste. Tietomallit nimetään urakkasopimuksen teknisiksi asiakirjoiksi ja niille määritellään keskinäinen pätevyysjärjestys muihin asiakirjoihin nähden. Vastuu suunnitelmien muutosten dokumentointi tietomalleihin tulee viimeistään sopia rakentamisen valmisteluvaiheessa. (Karjula & Mäkelä 2012, 20-21)

3.5 Tietomallien käyttömahdollisuudet työmaalla

Tietomalli tuottaa rakentamiselle useita yleisesti tunnistettuja hyötyjä. Tärkeimpänä tietomallin hyötynä pidetään tietomallin kolmiulotteista esitystapaa, joka lisää visuaalisuutta ja helpottaa suunnitelmien havainnollista tulkintaa. Urakoitsijat voivat käyttää tietomalleja rakentamisen valmistelussa ja rakentamisessa esimerkiksi:

- kohteeseen ja suunnitelmiin perehtymisessä ja työmaatoteutuksen suunnittelussa
- tarjousvaiheen ja hankintojen tiedonhaussa
- määrien laskennassa ja rakennettavuustarkasteluissa tarjousvaiheessa
- tuotannon suunnittelussa ja työjärjestyksen suunnittelussa
- määrien laskennassa hankintoja ja tuotannosuunnittelua varten
- toimenpiteiden koordinoinnissa ja tietojenvaihdossa
- työmaan aluesuunnittelussa ja turvallisuussuunnittelussa
- tuotannon aikataulutuksessa ja seurannassa
- työjärjestyksen suunnittelussa
- toteumatilanteen havainnollistamisessa
- vertaillessaan ristiin eri suunnittelualojen malleja muun muassa talotekniikan asennusjärjestyksen ohjaamista varten
- siirtäessään rakenteiden sijaintitietoa mittalaitteisiin.

(Jäväjä & Lehtoviita 2016, 56)

3.6 Työmaatoimihenkilöiden tehtävät tietomallihankkeessa

Tietomallipohjaisen rakennushankkeen onnistuneen läpikäynnin edellytyksenä on tietomallin käyttämisen vastuuttaminen oikeille henkilöille. Vastuut jakautuvat eri tavalla hankkeen koosta riippuen, mutta keskeisiä rooleja ovat:

- tietomalliasiantuntija
- mittaustyönjohtaja
- työmaainsinööri
- työnjohtaja.

Tietomalliasiantuntijan rooli on keskeisin tietomallin onnistuneen ja tehokkaan käytön kannalta. Hänen tulisi koordinoida tietomallin käyttöä ja suorittaa vuoropuhelua mallin avulla tilaajan ja suunnittelijoiden kanssa. Hän myös neuvoa ja opastaa mallin käyttöä muille toimihenkilöille. Mittaustyönjohtaja koordinoi myös mallin käyttöä ja luo mallin käyttökuntoon, tarkistaa koordinaatiston ja päivittää mallia muutosten mukaan. Mittaustyönjohtaja myös tuo tarkemittaustiedostot malliin ja vertaa niitä alkuperäistiedostoihin. Työmaainsinööri jakaa mallin työmaan toimintoja parhaiten palvelevan litterointiluettelon mukaisesti ja osittaa mallin osat tarpeen mukaisesti. Hän myös tarkistaa, että kaikki on laskutettu seuraamalla määriä tietomallista ja suorittaa malliin perustuvaa jälkilaskentaa. Työnjohtaja aikatauluttaa mallin objektit, merkitsee malliin rakenteiden valmistumisaajat ja lisää malliin tarvittavat liitteet sähköiseen muotoon. Työnjohtaja myös tallentaa malliin lisätöinä tehdyt muutokset. (Vimb 2014, 19)

3.7 Ohjelmat

Tietomallipohjaisessa hankkeessa tarvitaan useita erilaisia tietokoneohjelmia. Opinnäytetyössä tarkastellaan lähinnä tuotantovaiheessa käytettäviä ohjelmistoja. Ne voidaan jakaa esimerkiksi seuraaviin ryhmiin:

- mallipohjaiset suunnitteluohjelmat
- mallien katselu- ja tarkasteluohjelmat
- malleja hyödyntävät projektinhallintaohjelmistot
- malleja lähtötietona käyttävät analysointi- ja simulointiohjelmat.

(Jäväjä & Lehtoviita 2016, 38)

3.8 Mallien katselu- ja tarkasteluohjelmat

Mallien katselu- ja tarkasteluohjelmat soveltuvat hyvin mallien katseluun ja niiden sisältämän informaation analysointiin. Ohjelmat ovat helposti hallittavissa ja niiden käyttö on opittavissa muutamassa tunnissa. Moni tarkasteluohjelma on myös maksuton ja ladattavissa valmistajan nettisivuilta.

Mallien katselu- ja tarkasteluohjelmia ovat mm:

- Solibri Model Checker
- Solibri Model Viewer
- Tekla BIMsight
- SimpleBIM.

3.8.1 Solibri Model Checker

Solibri Model Checker (SMC) on yksi eniten käytetyistä tietomallien katselu- ja tarkasteluohjelmista työmaalla. Ohjelmalla havainnoidaan tietomallia ja analysoidaan tietomallin oikeellisuutta, laatua, törmäystarkastelua ja turvallisuutta. Lisäksi ohjelman avulla voidaan käydä vuoropuhelua tilaajan, suunnittelijan ja urakoitsijan välillä mallin tarkastusvaiheessa. Ohjelma on helppo käyttää ja sisältää ohjeita ja ohjevideoita tarkastelun helpottamiseksi. Solibri Model Checker on yksi harvoista ohjelmista, jolla voidaan avata suuria tiedostoja. Se on tärkeä ominaisuus avattaessa useita malleja samanaikaisesti (Solibri Inc 2016, 1)

Solibri Model Checker avaa malleja IFC-, dwg- ja SMC-muodossa. Ohjelman tärkeimpiä välilehtiä ovat tiedosto, malli, tarkastus, kommunikointi ja informaation talteenotto. Mallin tarkastamista ja analysointi tehdään valitsemalla rooli, joka pitää sisällään säännöstöjä ja muita resursseja. Säännöstöllä voidaan tarkastella tietomallia tietystä näkökulmasta. Esimerkiksi sääntö voi tarkastella yksittäistä asiaa, kuten onko komponentilla määritelty rakennetyyppi. Tietomallia voidaan tarkastella, liikutella ja mallien sisällä voidaan liikkua monipuolisesti kolmiulotteisessa näkymässä. Yksittäinen mallin rakenneosaa voidaan valita, jolloin siitä saadaan info-välilehdellä erilaista tietoa, kuten tilavuus, pinta-ala ja materiaali. Tietomallin tarkastelua helpottaa mallipuun käyttö, joka näyttää mallin rakenteen mukaisen hierarkian. Mallipuun avulla voidaan tarkastella vain tiettyä rakenneosaa

tai tiettyä hierarkiaa, kuten tiettyä kerrosta. Lisäksi ohjelma sisältää monenlaisia työkaluja tietomallin tarkastelun helpottamiseksi, kuten mittaus-, merkintä-, piilota- ja leikkaustyökalut. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 42; Solibri Inc 2016, 6-11)

Tarkastustoimenpiteet vaativat joissakin tietomalleissa rakennusosien luokittelun ja tiedon tuonnin määrittelemällä rakennetyyppien parametrit. Ohjelma neuvoo näiden tekemisen yksityiskohtaisesti. Mallin tarkastaminen suoritetaan tarkastus välilehdeltä. Ohjelma mahdollistaa sääntöpohjaisen tarkastelun ja identifioi ja raportoi mahdolliset virheet ja ongelmakohtat tietomallista. Tarkastuksen jälkeen voidaan suorittaa tulosten analysointi. Kriittisimpiä puutteita voidaan havainnoida ja tarvittaessa kommunikoida suunnittelijan ja tilaajan välillä tekemällä teksti- ja kuvaraportteja. Solibri Model Checker-ohjelmalla voidaan tuottaa mallista Excel-taulukkomuotoisia raportteja informaation talteenotossa. Laskenta voidaan suorittaa koko mallille tai valintakorin avulla vain tietyille rakenneosille. Informaation talteenotto laskee eri rakenneosien mukaan yhteenlasketun pinta-alan, pituuden, tilavuuden ja lukumäärän. Laskentatuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi määrälaskennassa. Kuvassa 6 on esitetty yleinen mallinäköymä ja suoritettu määrälaskenta koko mallille. Kuvassa 7 on ohjelmalla luotu Excel-pohjainen raportti määrälaskennan tarpeisiin. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 44; Solibri Inc 2016, 12-16)

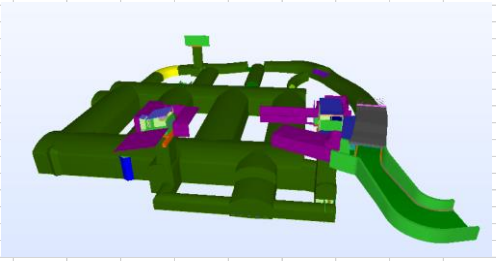
The screenshot displays the Solibri Model Checker interface. On the left, there are panels for 'Luokittelu' (Classification) and 'Valintakorin' (Selection). The main area shows a 3D model of a building structure. On the right, there is a table titled 'Informaation talteenotto' (Information Extraction) with columns for 'Kokonaisnimi' (Full Name), 'Pinta-ala' (Area), 'Pituus' (Length), 'Pölypinta-ala' (Dust Area), 'Korkeus' (Height), 'Tilavuus' (Volume), 'Lukumäärä' (Quantity), and 'Väri' (Color). The table lists various components of the building structure, such as 'Kokoonpano ALUSVALU' and 'Kokoonpano ANTURA', with their respective values and colors.

Kokonaisnimi	Pinta-ala	Pituus	Pölypinta-ala	Korkeus	Tilavuus	Lukumäärä	Väri
Kokoonpano ALUSVALU	49,91 m ²				49,91 m ³	32	Yellow
Kokoonpano ALUSVALU	2,43 m ²				2,43 m ³	1	Red
Kokoonpano ANTURA	208,66 m ²				208,66 m ³	103	Blue
Kokoonpano BEINI	37,08 m ²				37,08 m ³	1	Green
Kokoonpano JALUSVALU	20,51 m ²				20,51 m ³	14	Purple
Kokoonpano KIDISEIVY						1	Orange
Kokoonpano KIDISEIVY	3981				3981	1	Light Blue
Kokoonpano KIDISEIVY	54,89 m ²				54,89 m ³	46	Light Green
Kokoonpano LUKKAITA	1 047,46 m ²				1 047,46 m ³	70	Light Yellow
Kokoonpano LUKKAITA	76,26 m ²				76,26 m ³	46	Light Blue
Kokoonpano MAARKARAIKEN COIF...	262,65 m ²				262,65 m ³	21	Light Green
Kokoonpano MAARKARAIKEN KULTU...	4,58 m ²				4,58 m ³	3	Light Blue
Kokoonpano MAARKARAIKEN KULTU...	24,94 m ²				24,94 m ³	14	Light Green
Kokoonpano MAARKARAIKEN LAATTA	1 251,67 m ²				1 251,67 m ³	69	Light Blue
Kokoonpano MAARKARAIKEN LAATTA	7631				7631	1	Light Green
Kokoonpano MASSIIVILAATTA	2,09 m ²				2,09 m ³	1	Light Blue

KUVA 6. Solibri Model Checker-ohjelman mallinäköymä ja informaation talteenotto.

Tietomallitoimituksen tarkistus - Rakenne.cset'-säännöstössä on 157 kriittistä ilmoitusta ilman päätöstä.

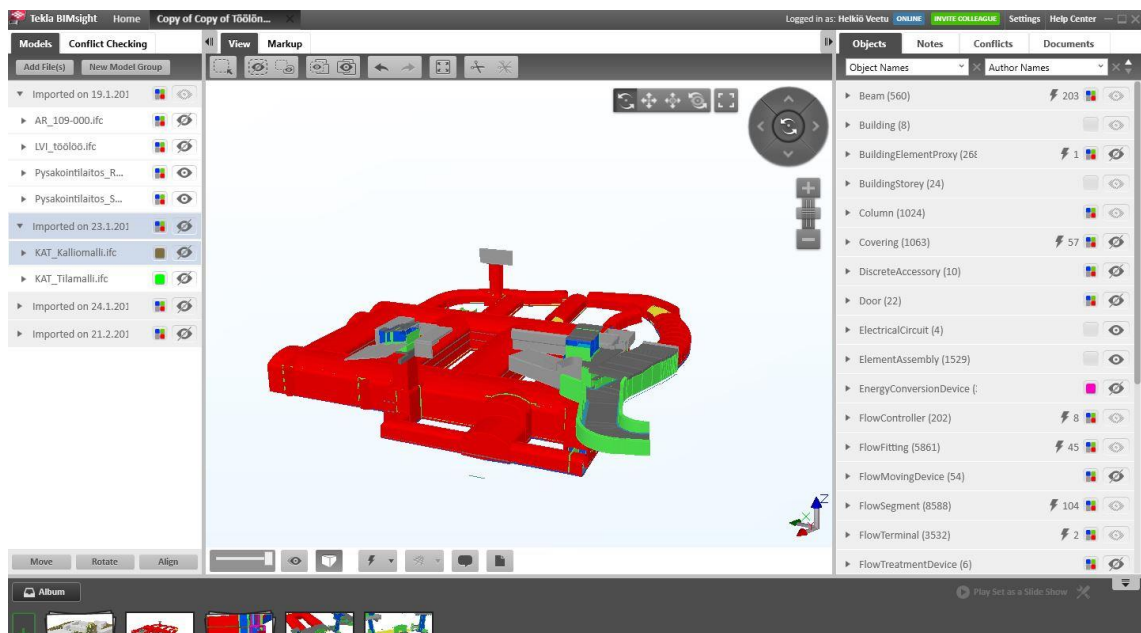
Komponentti	Nimi	Pinta-ala	Pituus	Pohjan pii	Korkeus	Tilavuus	Lukumäärä	Väri
Kokoonpano						49,91	22	
Kokoonpano	ALUSVALU					2,43	1	
Kokoonpano	ANTURA					208,66	153	
Kokoonpano	BEAM					37,08	3	
Kokoonpano	JÄLKIVALU					20,51	54	
Kokoonpano	KIVILEVY					0,786	1	
Kokoonpano	KUORILAATTA					54,89	46	
Kokoonpano	LOUHINTA					1047,46	70	
Kokoonpano	LOUHINTAPALKKI					75,16	16	
Kokoonpano	MAANVARAINEN CONFALT					160,65	21	
Kokoonpano	MAANVARAINEN KUITU					4,58	3	
Kokoonpano	MAANVARAINEN KUITUBET					24,04	14	
Kokoonpano	MAANVARAINEN LAATTA					1251,67	69	
Kokoonpano	MAANVARAINEN_LAATTA					0,763	1	
Kokoonpano	MASSIIVILAATTA					2,09	1	
Kokoonpano	NYKYINEN					539,97	52	
Kokoonpano	PALKKI					0,541	1	
Kokoonpano	PERUSPILARI					0,044	1	
Kokoonpano	PERUSTUS					4,33	10	
Kokoonpano	PV LAATAT					3,92	2	
Kokoonpano	PV LAATTA					2593,17	42	
Kokoonpano	PV PALKKI					753,82	138	
Kokoonpano	PV PILARI					92,67	255	
Kokoonpano	PV SEINÄ					1049,29	209	
Kokoonpano	PV YLÄPOHJALAATTA					30,18	13	
Kokoonpano	PV YLÄPOHJALAATTA					53,68	3	
Kokoonpano	PV-SEINÄ					2,24	8	
Kokoonpano	PVSEINÄ					0,337	2	
Kokoonpano	REUNAKIVI					13,61	23	
Kokoonpano	RUIKUBETONI					2263,57	81	
Kokoonpano	SEINÄ					1,51	2	
Kokoonpano	SLAB					1,01	2	
Kokoonpano	Steel Assembly					6,57	48	
Kokoonpano	VÄLUSEINÄ					188,17	89	
Kokoonpano	betoniholvi					303,91	2	



KUVA 7. Solibri Model Checker-ohjelmalla tehty Excel-pohjainen määrälaskenta raportti.

3.8.2 Tekla BIMSight

Tekla BIMSight-ohjelmalla pystytään tutkimaan lähinnä IFC-muodossa tallennettuja tiedostoja, mutta ohjelma avaa myös dgn- ja dwg-tiedostoja. Ohjelmalla voidaan avata yksittäisiä tiedostoja tai yhdistää useita tiedostoja yhdeksi projektiksi tarkastelua varten. Kuvassa 8 on esitetty Tekla BIMSight:n käyttöliittymä.

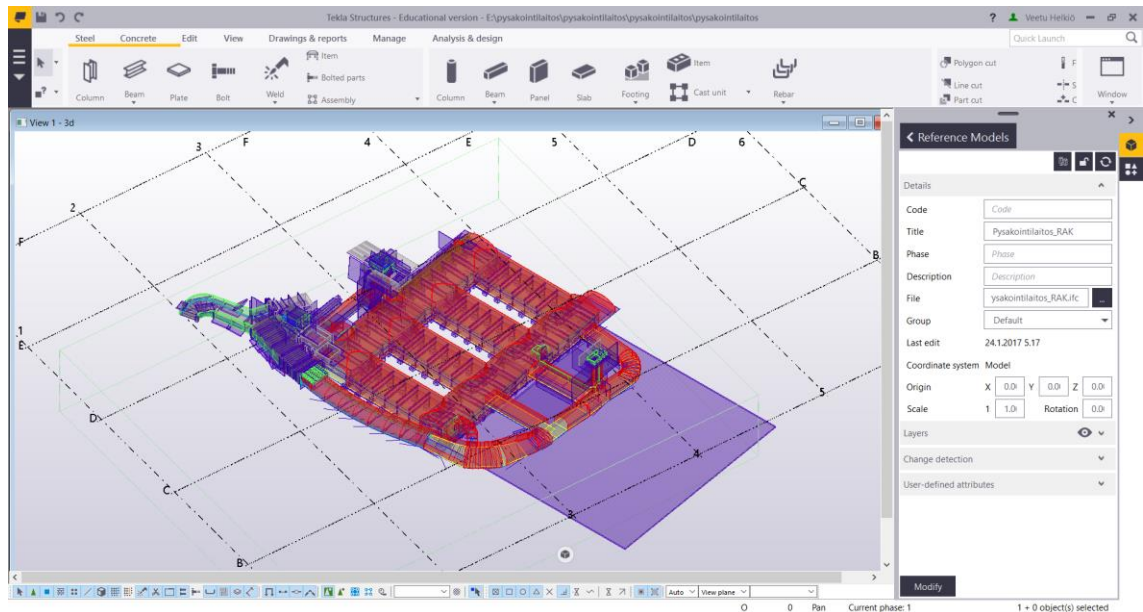


KUVA 8. Tekla BIMSight-ohjelman käyttöliittymä.

Tekla BIMSight-ohjelma sisältää useita työkaluja tarkasteluominaisuuksien lisäksi. Ohjelmalla voidaan sulkea eri tietomallitiedostojen tai rakenneosien näkyvyys silmä- ikonia painamalla. Lisäksi objekteja voidaan valita suoraan näytöltä piilotettavaksi tai esitettäväksi. Tällöin voidaan tarkastella vain tiettyä osaa mallista. Ohjelmalla pystytään myös luomaan leikkaustasoja ja tarkastelemaan rakennetta tarkemmin. Markup-välilehdellä voidaan käyttää mittaustyökalua mittojen ottamiseen tietomallista, tekemään marker-työkalulla merkintöjä malliin ja lisäämään muistilappuja kommentoitavaksi. Lisäksi yksittäisistä valituista objektista saadaan tietovalikossa runsaasti tietoa, muun muassa sijaintitiedot, tilavuus, pinta-ala ja paino sekä materiaalitietoja. Yhtenä tärkeimpänä ominaisuutena on törmäystarkastelu, jonka ohjelma suorittaa ja etsii mahdollisia konfliktipisteitä. Tällaisia voivat olla rakenneosat, jotka törmäävät toisiinsa, esimerkiksi erilaiset putket ja palkistot. Mallien tarkastelussa esille tulevat huomiot voi tallentaa viestinä ja lähettää edelleen sähköpostilla kommentoitavaksi. Malliin voi liittää eri mallien osia koskevia sähköisiä dokumentteja, kuten valokuvia ja tekstidokumentteja. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 45)

3.9 Tekla Structures

Tekla Structures on myös työmaalla paljon hyödynnetty tietomalliohjelma. Ohjelma on eniten käytössä suunnittelussa, mutta sen käyttöä on laajennettu rakennustuotannon käyttöön. Myös rakennusteollisuudessa, kuten betonielementtitehtaat ja raudoitusten valmistajat voidaan hyödyntää Tekla Structures -ohjelmalla tehtyjä tietomalleja. Tuotantotiedot voidaan siirtää suoraan tuotannon- ja koneiden ohjausjärjestelmiin eri tuotteiden valmistusta varten. Tekla Structures -ohjelmaa voidaan käyttää myös määrälaskentaan, aikataulujen visualisointiin, materiaalitalauksiin ja maksupyyntöihin. Työmaalla piirustuksia voidaan hakea mallista, jotka päivittyvät mallin mukana. Kuvassa 9 on Tekla Structures-ohjelman käyttöliittymä. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 39-41)



KUVA 9. Tekla Structures- ohjelman käyttöliittymä

Db1-tiedosto on Tekla Structures -ohjelmiston tiedosto. Tiedoston mukana siirtyy 3d -malli sekä mallin syötetyt tiedot. Db1- tiedoston käyttö edellyttää oikeanlaisen kansiorakenteen luomisen uudelle projektille. Tekla Structures tukee myös IFC- tiedostoa, mutta se ei tunnista tiedoston objekteja. Ohjelmalla voidaan suorittaa objektien muunnos, mutta se saattaa aiheuttaa virheitä tiedostossa. Objekteille pitää suorittaa tarpeiden mukainen litterointi rakenneosittain. Työmaakohtainen lajittelu on hidas työvaihe, mutta kun se on tehty, kaikki muut Tekla Structures- ohjelmalla tehtävät prosessit ovat helpommin tehtävissä. Tällaisia prosesseja on muun muassa määrälaskenta, aikataulutusta ja seuranta.

Organizer- työkalulla saadaan luotua samankaltainen määrälaskennan tuloste kuin Solibri Model Checker- ohjelmalla tehty. Aikataulutusta ja toteuman seuranta voidaan tehdä Task Manager- työkalulla esimerkiksi työmaan yleisaikataulun pohjalta. Aikatauluun luodaan työvaiheita ja arvioidaan niiden kestoja kuten Planet- ohjelmassa. Työvaiheisiin kiinnitetään objekteja, jolloin ne on linkitetty aikatauluun. Työn etenemää voidaan seurata lisäämällä objekteihin tietoja esimerkiksi valupäivistä. (Rantanen 2017)

3.10 Mobiililaitteiden käyttömahdollisuudet työmaalla

Mobiililaitteet, kuten älypuhelimet ja tablettitietokoneet ovat viime vuosina yleistyneet työmaakäytössä. Ne helpottavat työnjohdossa useita työmaakäytäntöjä, joita on tehty aikaisemmin dokumenttipohjaisesti. Tablettitietokoneeseen voi ladata mallien katseluohjelmia, jolloin niillä voidaan tarkastella myös tietomallipohjaisia suunnitelmia. Mobiililaitteiden avulla voidaan työmaalle tuoda kaikki suunnitelmat, tietomallit ja muut työohjeet tarkastelua varten. Mobiililaitteilla voidaan täyttää erilaisia dokumentteja työmaalla, kuten TR- tai MVR- mittareita ja työkohteen luovutus dokumentteja. Myös kalenterit ja sähköposti ovat käytettävissä mobiililaitteissa. Tällöin työmaan tavarantoimituksen aikataulut, nostoaikataulut ym. logistiset toimenpiteet ovat työnjohdon käytössä työmaalla. Työn toteuman tai virheiden valokuvaaminen mobiililaitteilla helpottaa myös työnjohdon arkea. (Jäväjä & Lehtoviita 2016, 72-73)

4 TIETOMALLIN KÄYTTÄMINEN

4.1 Töölönkadun pysäköinti

Ei julkinen kappale.

4.2 Töölönkadun tietomalli

Ei julkinen kappale.

4.3 Vuorovaikutus tietomallin avulla

Ei julkinen kappale.

4.4 Toteutuksen suunnittelu

Ei julkinen kappale.

4.4.1 Paikallavalurakenteiden toteutuksen suunnittelu

Ei julkinen kappale.

4.4.2 Tietomallin ongelmat toteutuksen suunnittelussa

Ei julkinen kappale.

4.4.3 Määrälaskenta tietomallin avulla

Ei julkinen kappale.

4.4.4 Tietomallilla ja dokumenteista tehdyn määrälaskennan vertailu

Ei julkinen kappale.

4.5 Työnaikainen valvonta

Ei julkinen kappale.

4.5.1 Paikallavalurakenteiden työnaikainen valvonta

Ei julkinen kappale.

4.5.2 Toteuman seuranta tietomallin katseluohjelman avulla

Ei julkinen kappale.

4.5.3 Tietomallin ongelmat työnaikaisessa valvonnassa

Ei julkinen kappale.

4.5.4 SAMPO-louhinnan seurantajärjestelmä

Ei julkinen kappale.

4.6 Jälkilaskentatiedon saaminen

Ei julkinen kappale.

4.6.1 Jälkilaskentatiedon saaminen tietomallin avulla

Ei julkinen kappale.

4.7 Tietomallintamisen hyödyt ja haasteet

Ei julkinen kappale.

5 POHDINTA

Opinnäytetyössä tutkittiin tietomallin käyttöä paikallavalu-urakoinnissa työmaalla. Paikallavalu-urakoinnin tutkimusta suoritettiin työn toteutuksesta, työnaikaisesta valvonnasta ja jälkilaskentatiedon saamisesta tietomallin avulla. Töölönkadun pysäköinti ei ollut täysin tietomallipohjainen projekti, vaan eräänlainen välimuoto dokumenttipohjaista ja tietomallipohjaista. Tietomallia oltaisiin voitu hyödyntää enemmänkin, jos sen käyttöön oltaisiin sitouduttu hankkeen alusta lähtien suunnittelijoiden sopimuksissa. Täydellinen käyttöönotto vaatisi sitoutumista ja kokemusta tietomallin käytöstä kaikilta osapuolilta. Uuden toimintatavan käyttöönotossa on omat riskinsä, kun sitä ei olla täysin omaksuttu. Tietomalli on kuitenkin jo osa työmaan arkea, ja sitä käytetään työmaalla päivittäin.

Tietomallin parhaita puolia on sen visuaalisuus. Kolmiulotteinen esitystapa on huomattavasti havainnollisempi kuin paperille tulostetut suunnitelmat. Määrälaskennan ominaisuudet ja tietomallin tieto-osuus ovat erittäin hyviä tietomallin ominaisuuksia, mutta vaativat mallin virheettömyyttä toimiakseen. Määrälaskenta on merkittävästi paljon nopeampaa dokumenttipohjaiseen määrälaskentaan verrattuna. Työnaikaisessa valvonnassa työtä pystytään mallin avulla dokumentoimaan paremmin kuin ennen. Tietomallintaminen on osa tulevaisuuden rakentamista ja erittäin hyvä apuväline. Tietomallin täydellinen käyttö edellyttää tarkempaa ja laadukkaampaa mallintamista. Mallin epätarkkuus ja virheet haittaavat työntekemistä ja vievät uudesta työmenetelmästä luotettavuutta pois. Tietomallin tarkkuus on suoraan verrannollinen sen käytettävyyteen. Dokumenttipohjaisia suunnitelmia tietomalli ei täysin korvaa, sillä detaljeja on helpompi suunnitella ja toteuttaa paperisten suunnitelmien avulla. Detaljisuunnitelmia on kuitenkin mahdollista jo nyt viedä sähköisenä dokumenttina suoraan mallissa olevaan objektiin, mistä se löytyy kätevästi.

Tietomallin käyttö paikallavalu-urakoinnissa on vaativaa saada samalle tasolle, kuin esimerkiksi louhinnassa SAMPO-järjestelmä. Louhintaa tehdään koneellisesti, jotka ovat linkitettyinä paikannusjärjestelmiin. Paikallavalun eri työvaiheet, kuten muotitus, raudoitus ja valu taas tehdään perinteisesti käsin. Valmiista rakenteesta voidaan ottaa tarkkeita takymetrillä, josta toteuman siirto saataisiin suoraan malliin aikatietoineen. Tietomallin käyttö osittain lisää työtä dokumentoinnin muodossa, mutta helpottaa selkeästi työn organisointia. Vain tietomallipohjaiseen projektiin siirtymiseen menee varmasti vielä aikaa, mutta se ei ole mahdonta. Rakennusliikkeet tarvitsisivat pilottikohteita tietomalliprojektin käytäntöjen jalkautumisen mahdollistamiseksi. Pelkäämään tietomallipohjaisten

suunnitelmien tilaaminen on varmasti kalliimpaa kuin dokumenttipohjaisten, mutta suunnittelun kustannukset säästyisivät muissa työvaiheissa. Esimerkiksi muutos- ja lisätöiden määrän vähenemisellä ja työn organisoinnin helpottumisella saavutettaisiin säästöjä kustannuksissa. Tietomallin jalkautumista paremmin työmaan arkeen parantaisi muun muassa koulutusten järjestäminen, työmaatoimihenkilöille ajan varaaminen mallin käytön opetteluun ja tiiviimpi vuorovaikutus tietomallia tuottavien suunnittelijoiden kanssa. Myös uudet toteutusmuodot, kuten allianssi voisi parantaa tietomallin asemaa. Siinä rakennuttaja, suunnittelija ja urakoitsija yhdessä miettivät työn toteutusta, jolloin tietomalliprojektissa urakoitsijan tietomallivaatimukset otettaisiin jo suunnitteluvaiheessa huomioon.

LÄHTEET

Lähde

BuildingSmart Finland. 2016. InfraBIM- nimikkeistö (suunnittelu, mittaus ja tietomallinimikkeistö) v. 1.6

Enkovaara, E, Haveri, H & Jeskanen, P. 1998. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy

Janhunen, N & Pienimäki, M. Finnmap Infra. Parantala, S. Ramboll Finland Oy. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015 Osa 4 Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa.

Jäväjä, P & Lehtoviita, T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Rakennustieto.

Karjula, J & Mäkelä, E. Pöyry CM Oy. 2012. Yleiset Tietomallivaatimukset YTV 2012 Osa 11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen

Kautto, T. Finnmap Consulting Oy. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012 Osa 5 Rakennesuunnittelu.

Latvala, J. Fira Oy. 2012. Tietomallinnuksen hyödyntäminen työmaatoiminnoissa. Aalto University Professional Development – Aalto PRO.

Liikennevirasto. 2014a. Siltojen tietomalliohje 6/2014a. Luettu 23.12.2016. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-06_siltojen_tietomalliohje_web.pdf

Liikennevirasto. 2014b. Taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohje 21/2014b. Luettu 23.12.2016. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-21_taitorakenteiden_suunnittelun_web.pdf

Liukas, J & Kemppainen, L, Sito Oy. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015 Osa 2 Yleiset mallinnusvaatimukset

Liukas, J & Virtanen, J. Sito Oy. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015 Osa 3 lähtötiedot.

Luoma, S. Viasys VDC Oy. 2016. Yleiset Inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 10 Havainnollistaminen.

Mäkinen, E, Tieaho, I & Parkkari, J. 2016. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 8 inframallin laadunvarmistus.

Niskanen, J. WSP Finland Oy. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015 Osa 1 tietomallipohjainen hanke.

Palviainen, P. Destia Oy. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 5.3 Maarakennustöiden toteumamallin laadintaohje Koekäyttöön ja pilotointiin.

Rantanen, T. YIT Rakennus Oy. Tietomallikoordinaattori. Haastattelu 9.3.2017. Haastattelija Helkiö, V. Helsinki. Töölönkadun pysäköintilaitos.

Salonsaari, M & Savolainen J. A-Insinöörit suunnittelu Oy. Myllymäki, H. Liikennevirasto. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 Osa 7 Rakennustekniset rakennusosat.

Snellman, V. Arkkitehtitoimisto Stefan Ahlman Oy. 2014. Resurssitehokas tietomallintaminen. Aalto University Professional Development – Aalto PRO.

Solibri, Inc. 2016. Aloittajan opas Solibri Model Checker™. Luettu 20.2.2017.
<https://www.solibri.com/wp-content/uploads/2016/03/9.6-Aloittajan-opas.pdf>

Talonrakennusteollisuus ry. 2015. Rakennustöiden menekit 2015. Rakennustieto.

Vimb, M. 2014. Tietomallin hyödyntäminen paikallavalettavien betonirakenteiden mitaus- ja määräseurantatyökaluna. Opinnäytetyö, AMK. Metropolia ammattikorkeakoulu, rakennusalan työjohto, construction site management. Viitattu 31.3.2017.
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/82299/Tietomal.pdf?sequence=1>

Vuokila, A. YIT Rakennus Oy. Projektipäällikkö. Haastattelu 9.3.2017. Haastattelija Helkiö, V. Helsinki. Töölönkadun pysäköintilaitos.

LIITTEET

Liite 1. Rakennusteknisten rakenneosien nimikkeistöluettelo (BuildinSMART Finland 2016, 49-51).

Tunnus	Otsikko	Tunnus	Otsikko
	Erittelemättömät rakennustekniset rakennusosat	439000	Muut laiturirakenteet
411000	Betonirakenteet		Perustus- ja tukirakenteet
412000	Teräsrakenteet	441000	Perustukset ja siirtymälaatat
413000	Puurakenteet	441100	Kasuuniperustukset
	Sillat	441200	Siirtymälaatat
421000	Sillan tukirakenteet	441900	Muut perustusrakenteet
421100	Päätytuet	442000	Tukimuurit, -seinät ja portaat
421200	Välituot	442100	Tukimuurit (> 700 mm)
421300	Sillan tukirakenteiden eristykset	442200	Tukiseinät
421400	Sillan tukirakenteiden verhoukset	442300	Kivikorit
421900	Muut sillan tukirakenteet	442400	Portaat
422000	Sillan päällysrakenteet	442900	Muut tukirakenteet
422100	Betonirakenteet päällysrakenteessa	449000	Muut perustus- ja tukirakenteet
422200	Betonielementtirakenteet päällysrakenteessa		Ympäristörakenteet
422300	Teräsrakenteet päällysrakenteessa	451000	Suojaus- ja vaimennusrakenteet
422400	Puurakenteet päällysrakenteessa	451100	Meluseinät
422500	Kivirakenteet päällysrakenteessa	451200	Melukaiteet
422600	Päällysrakenteen pintojen verhoukset	451300	Tärinänvaimennusrakenteet
422900	Muut sillan päällysrakenteet	451900	Muut vaimentavat rakenteet
423000	Sillan kannen pintarakenteet	452000	Ympäristön taidarakenteet
423100	Eristys	452100	Ympäristötaide
423200	Eristyksen suojaus		Rakennelmat ja kalusteet
423300	Sillan päällyste	461000	Suojat
423900	Muut sillan kannen pintarakenteet	461100	Katokset
424000	Sillan varusteet ja laitteet	461200	Varastot
424100	Liikuntasaumat	461300	Suojien varusteet ja kalusteet
424200	Laakerit ja nivelet	461900	Muut suojat
424300	Koneistot ja ohjaamot	462000	Kalusteet ja varusteet
424400	Siirtymälaatat	462100	Leikki- ja oleskelualueiden kalusteet ja varusteet
424500	Suojalaitteet	462200	Liikunta- ja virkistyspaikkojen kalusteet ja varusteet
424600	Sillan maadoitus	462300	Liikennealueiden kalusteet ja varusteet
424700	Tukikerroksen katkaisulaite	462400	Taideteokset
424800	Kuivatuslaitteet	462900	Muut kalusteet ja varusteet
424900	Muut sillan varusteet ja laitteet		Vesiliikenteen rakenteet ja padot
	Laiturit	471000	Padot ja patorakenteet
431000	Laiturien tukirakenteet	471100	Säännöstelypadot
432000	Laiturien päälly- ja pintarakenteet	471200	Tulvapumppaamot
432100	Laituritaso	471900	Muut padot ja patorakenteet
433000	Laiturien varusteet ja laitteet	472000	Sulkurakenteet
433100	Tihtaalit ja paalut	472100	Sulkuportit
433200	Nosturiradat	472200	Sulkukammiot
433300	Logistiset järjestelmät	472900	Muut sulkurakenteet
433900	Muut laiturien varusteet ja laitteet	-	-

Liite 2. Dokumenttipohjaisen määrälaskennan laskentataulukot rakenneosittain.

Ei julkinen liite.

Liite 3. Excel-pohjaiset tietomallia hyödyntävät toteuman seurantataulukot viikoilta 28-37.

Ei julkinen liite.

Liite 4. Pysäköintihallin paikallavalurakenteiden muottipinta-alojen laskeminen rakennesittain.

Ei julkinen liite.

Liite 5. Pysäköintihallin paikallavalurakenteiden harjateräsmäärät rakenneosittain.

Ei julkinen liite.