

Laura Hypén

**MALLIPOHJAISEN SUUNNITTELUN LAADUNVARMISTUKSEN KEHITTÄMI-
NEN DESTIASSA**

MALLIPOHJAISEN SUUNNITTELUN LAADUNVARMISTUKSEN KEHITTÄMI- NEN DESTIASSA

Laura Hypén
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, Yhdyskuntatekniikka

Tekijä(t): Laura Hypén

Opinnäytetyön nimi: Mallipohjaisen suunnittelun laadunvarmistuksen kehittäminen Destiassa

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Development of Quality Assurance in Model-based Design at Destia

Työn ohjaaja(t): Destia Oy kehityspäällikkö Olli Planting, Oamk lehtori Terttu Sipilä

Työn valmistusluku ja -vuosi: Kevät 2021 Sivumäärä: 27 + 1 liite

Tietomallien käyttö infra-alalla on jo yleistä Suomessa. Suuri osa infrahankkeista suunnitellaankin nykyään mallipohjaisesti. Oleellinen osa mallipohjaista suunnittelua on inframallien laadunvarmistus. Inframallien laadunvarmistuksen tavoitteena on tuottaa sovitut aineistot hankekohtaisten ja alan yleisten ohjeiden sekä vaatimusten mukaisesti.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, millaisia mallipohjaisen suunnittelun laadunvarmistuksen käytäntöjä Suomessa on sekä mitä työkaluja tietomallien kehittämiseen on luotu maailmalla. Työn tarkoituksena oli luoda ehdotuksia opinnäytetyön tilaajayrityksen, Destia Oy:n mallipohjaisen suunnittelun laadunvarmistuksen kehittämiseksi.

Työssä perehdyttiin Suomessa infra-alalla käytössä olevaan Yleiset inframallivaatimukset 2019 -ohjeistukseen. Erityisesti perehdyttiin mallipohjaisen suunnittelun laadunvarmistukseen liittyviin osioihin. Työssä tutkittiin myös, löytyykö maailmalta tai Suomesta käytössä olevia maturiteettiasteikoita tietomalleille.

Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin laadittua työkalu Destian mallipohjaisen suunnittelun laadunvarmistuksen kehittämiseksi. Lopputuloksia ei tässä työssä julkaista salassapitosyistä.

Asiasanat: inframallinnus, inframalli, laadunvarmistus, mallipohjainen suunnittelu, tietomalli

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering, Option of Municipal Engineering

Author(s): Laura Hypén

Title of thesis: Development of Quality Assurance in Model-based Design at Destia

Supervisor(s): Destia Oy Development Manager Olli Planting, OUAS Lecturer Terttu Sipilä

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021

Number of pages: 27 + 1 appendix

The use of building information models in the infrastructure sector is already common in Finland, and a large part of infrastructure projects utilize model-based design. An essential part of the model-based design is the quality assurance of infrastructure information models. The quality assurance of infrastructure information models aims to produce the agreed materials by project-specific and general guidelines and requirements in the field.

This thesis aimed to find out the quality assurance practices of model-based design in Finland and what tools have been created for the development of building information models in the world. The purpose of the thesis was to create proposals for the development of quality assurance in model-based design for Destia Oy.

In this thesis, the Common InfraBIM Requirements 2019 guidelines used in the infrastructure sector in Finland were examined. In particular, the sections related to the quality assurance of model-based design were examined. Also, whether maturity scales for building information models can be found in the world or Finland was examined.

As a result, a tool was created to develop Destia's quality assurance in model-based design. The results are not published in this work for confidentiality reasons.

Keywords: InfraBIM, infrastructure information model, model-based design, quality assurance

SISÄLLYS

SANASTO	6
1 JOHDANTO.....	8
2 INFRAMALLINNUS JA MALLIPOHJAISEN SUUNNITTELUN LAADUNVARMISTUS	10
2.1 Yleiset inframallivaatimukset.....	10
2.2 Mallipohjainen suunnittelu.....	11
2.2.1 Inframallinnuksen vaatimukset ja tavoitteet eri suunnitteluvaiheissa	13
2.2.2 Luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimukset.....	14
2.3 Mallipohjaisen suunnittelun laadunvarmistus	16
2.3.1 Roolit ja tehtävät.....	17
2.3.2 Laadunvarmistusprosessi	18
2.4 Tietomallien maturiteetteja maailmalta	19
2.4.1 Yhdysvallat.....	19
2.4.2 Iso-Britannia	21
2.4.3 Norja	22
2.4.4 Tanska	23
3 MALLIPOHJAISEN SUUNNITTELUN LAADUNVARMISTUSTYÖKALU DESTIALLE	25
4 POHDINTA.....	26
LÄHTEET	27

SANASTO

Aineistoluettelo	luettelo, johon on listattu kaikki hankkeesta luovutettava aineisto
BIM	Building Information Model tai Building Information Modelling, rakennuksen tietomalli. Käytetään myös yleisemmin kuvaamaan rakentamisen tietomallintamista.
InfraBIM	rakennetun ympäristön tuotemallin, inframallin ja siihen liittyvien rakenteiden ja ympäristön tietojen, englanninkielinen lyhenne
Inframalli	infrakohteen tietomalli
Itselleluovutus	suunnittelijan tekemä tarkastus tuottamalleen aineistolle
LOD	Level of Development, termi, joka kuvaa tiedon ja tietomallin sisältöä ja luotettavuutta
Lähtötietoaineisto	Eri tietolähteistä saadut tai mitatut tuotteiden, toiminnan ja palveluiden suunnittelua varten hankitut lähtöaineistot digitaalisessa muodossa jäseneltyinä. Sisältää raaka-aineen ja lähtötiedon sekä lähtöaineistoluettelon.
MMI	Model Maturity Index, tietomallin maturiteetti-indeksi
PAS	Publicly Available Specifications, julkisesti saatavilla olevat määrittelyt. Ovat nopeasti kehitettäviä standardeja, määrittelyjä, käytännesääntöjä tai ohjeita.
Tietomalliselostus	selostus, jossa kerrotaan, miten mallinnus on hankkeessa toteutettu
Tiedonsiirtoformaatti	tietokonesovelluksilla tulkittava muoto tiedolle tiedon tallentamiseksi, saantiin, siirtoon ja arkistointiin

YIV 2019

Yleiset inframallivaatimukset 2019, yleinen ohjekokonaisuus
tietomallintamiseen infra-alalla Suomessa

1 JOHDANTO

Suomessa tietomallien käyttö infra-alalla on jo yleistä ja suuri osa infrahankkeista suunnitellaan nykyään mallipohjaisesti. Tietomallintamisesta käytetään infra-alalla termiä inframallintaminen ja termiä inframalli tietyn infrakohteen tietomallista. Mallipohjainen suunnittelu mahdollistaa laadukkaan suunnittelun sekä monipuolisemman ja visuaalisemman vuorovaikutuksen osapuolien välillä hankkeen aikana. Esimerkiksi Väylävirasto, joka vastaa Suomessa tie-, rata ja vesiväylistä, edellyttää, että kaikki nykyiset infrahankkeet tehdään mallintamalla. Suomessa on käytössä Yleiset inframallivaatimukset 2019 -ohjekokonaisuus, joka toimii yleisinä ohjeina ja vaatimuksina mallipohjaiselle suunnittelulle ja rakentamiselle. (BuildingSMART Finland 2020a, 9, 76; Savolainen 2020.)

Yksi oleellinen osa mallipohjaista suunnittelua on inframallien laadunvarmistus. Tavoitteena inframallien laadunvarmistuksessa on tuottaa sovitut kokonaisuudet ja tieto hankekohtaisten sekä rakennusalan yleisten ohjeiden ja vaatimusten mukaisesti. Laadunvarmistuksen toimenpiteillä voidaan lyhentää hankkeen kestoa, parantaa suunnitelmien laatua sekä supistaa kustannuksia. (BuildingSMART Finland 2020a, 29.)

Tietomallinnuksen (BIM, Building Information Modelling) ollessa jo yleisesti käytössä rakennus-alalla on maailmalla luotu tietomallien kehittämiseen tarkoitettuja työkaluja. Näillä työkaluilla voidaan esimerkiksi ilmaista tietomallien sisältämän tiedon ja teknisen sisällön tarkkuus ja luotettavuus sekä parantaa tietomallien ominaisuuksiin liittyvän viestinnän laatua.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda työkalu Destia Oy:n mallipohjaisen suunnittelun laadunvarmistuksen kehittämiseksi. Työn aluksi perehdytään Suomessa infra-alalla käytössä olevaan Yleiset inframallivaatimukset 2019 -ohjekokonaisuuteen ja sen sisältämiin ohjeisiin ja vaatimuksiin mallipohjaisesta suunnittelusta sekä laadunvarmistuksesta. Seuraavaksi työssä tarkastellaan maailmalla käytössä olevia tietomallien tarkkuustasojen määrittelyyn liittyviä työkaluja. Työn lopussa esitellään työn toteutusprosessi. Lopputuloksia ei tässä työssä julkaista salassapitosyistä.

Työn tilaajana toimi Destia Oy. Destia Oy on infra- ja rakennusalan palveluyhtiö, ja se on suurin infra-alaan keskittynyt yhtiö Suomessa. Destian palvelut kattavat liikenneväylien, ratojen, liikenne- ja teollisuusympäristöjen sekä elinympäristöjen suunnittelun, rakentamisen sekä ylläpidon. Destian organisaatio muodostuu kuudesta valtakunnallisesta liiketoimintaryhmästä sekä tukitoiminnoista.

Liiketoimintaryhmiä ovat väyläpalvelut, kunnossapitopalvelut, ratapalvelut, maa- ja kalliopalvelut, rakennustekniset palvelut sekä kaupunkikehitys ja asiantuntijapalvelut. (Destia Oy 2020.)

2 INFRAMALLINNUS JA MALLIPOHJAISEN SUUNNITTELUN LAADUN- VARMISTUS

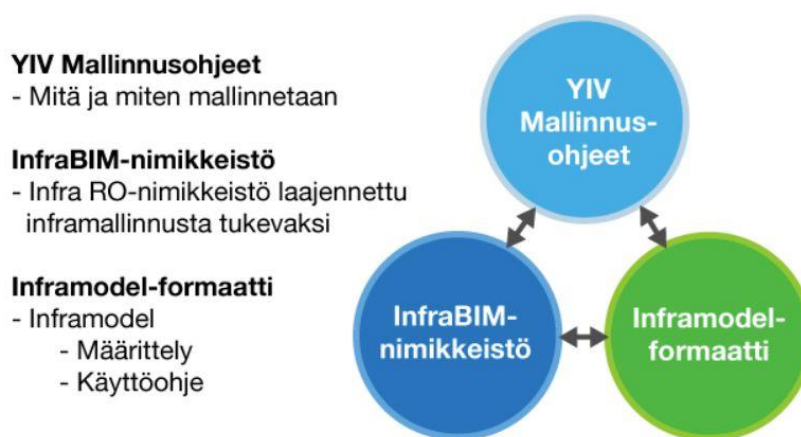
Tietomallinnuksessa tuotetaan digitaalisessa muodossa oleva kolmiulotteinen malli ominaisuustietoineen (Väylävirasto 2020a). Tietomallintamisesta käytetään infra-alalla termiä inframallintaminen ja termiä inframalli tietyn infrakohteen tietomallista (BuildingSMART Finland 2020a, 9).

Tavoitteena inframallinnuksessa on tukea suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestäväen kehityksen mukaista hanke- ja elinkaari prosessia. Tavoitteena on myös hyödyntää inframalleja suunnittelun alusta aina rakentamisen jälkeiseen käyttöön ja kunnossapitoon asti. Suomessa on käytössä Yleiset inframallivaatimukset -ohjekokonaisuus, joka toimii yleisinä ohjeina ja vaatimuksina inframallintamiselle. (BuildingSMART Finland 2020a, 6, 14.)

Tavoitteena inframallien laadunvarmistuksessa on tuottaa sovitut aineistot hankekohtaisten ja alan yleisten ohjeiden sekä vaatimusten mukaisesti. Inframallien laadunvarmistuksen toimenpiteillä voidaan lyhentää hankkeen kestoa, parantaa suunnitelmien laatua sekä supistaa kustannuksia. Inframalliaineiston dokumentaatio on oleellinen osa laadunvarmistusta. (BuildingSMART Finland 2020a, 25, 29.)

2.1 Yleiset inframallivaatimukset

Yleiset inframallivaatimukset (YIV) on buildingSMART Finlandin ja sen Infra-toimialaryhmän julkaisema ohjeistus, joka toimii yhdessä InfraBIM-nimikkeistön ja tiedonsiirtoformaattien määrittelyjen kanssa inframallintamisen yleisinä ohjeina ja vaatimuksina (kuva 1). Ohjeistusta on myös tarkoitettu käytettäväksi hankintojen yleisinä teknisinä viiteasiakirjoina. BuildingSMART Finland (bSF) on Rakennustietosäätiön erityispäätoimikunta. Tällä hetkellä ohjeistuksesta on käytössä Yleiset inframallivaatimukset 2019, joka on päivitetty versio aikaisemmasta YIV 2015 -ohjekokonaisuudesta. (BuildingSMART Finland 2020b, 6.)



KUVA 1. Yleiset inframallivaatimukset, InfraBIM-nimikkeistö ja tiedonsiirtoformaattien määrittelyt toimivat yhdessä inframallintamisen yleisinä ohjeina ja vaatimuksina Suomessa (BuildingSMART Finland 2020b)

Yleisten inframallivaatimusten 2019 tavoitteena on koko infra-alan mallinnuskäytäntöjen ohjaaminen, yhdenmukaistaminen ja kehittäminen. Ohjekokonaisuus kattaa koko tietomallipohjaisen hankkeen elinkaaren lähtöaineiston keräämisestä rakennuttamisen todentamiseen ja tulevaisuudessa myös kunnossapidon. Yleiset inframallivaatimukset 2019 koostuu tällä hetkellä neljästä eri osasta: yleinen osa, lähtötietoaineisto, suunnittelu ja rakentaminen. Kunnossapitoon liittyvää osiota (osa 5) päivitetään tällä hetkellä ja se tullaan liittämään osaksi ohjeistusta myöhemmin. Yleinen osa sisältää yleisen johdannon mallipohjaisen infrahankkeen toimintamalliin, ja siinä annetut vaatimukset ja ohjeet on annettu yleisellä tasolla. Muissa osissa annetaan tarkempia vaatimuksia sekä ohjeita mallinnusta hyödyntävälle lähtötietoaineistolle, suunnittelulle ja rakentamiselle. (BuildingSMART Finland 2020a, 6–8.)

2.2 Mallipohjainen suunnittelu

Suomessa suuri osa infrahankkeista suunnitellaan nykyään jo mallipohjaisesti. Mallipohjainen suunnittelu mahdollistaa laadukkaan suunnittelun sekä monipuolisemman ja visuaalisemman vuorovaikutuksen osapuolien välillä hankkeen aikana. Mallipohjaisessa suunnittelussa kaikki suunnit-

telu tapahtuu suunnittelujärjestelmässä, joka tuottaa aineistoa digitaalisessa muodossa. Suunnittelut mallit ja niiden tiedot ovat katseltavissa eri tavoin kolmiulotteisina, karttanäkymänä tai leikkauksina. (BuildingSMART Finland 2020a, 76; Väylävirasto 2017, 9.)

Tilaaajan tulee määrittellä tarjousvaiheessa mallintamisen tavoitteet ja käyttötarkoitukset hankkeen aikana. Tarjousvaiheessa tulee myös mainita, riittääkö suunnittelijan oma vastaanottotarkastus vai tarvitaanko ulkopuolista aineiston tarkistusta suunnitelmamallien ja dokumentoinnin osalta. Mallipohjaisen suunnittelun laajuus ja tarkkuustaso määräytyvät hankevaiheen mukaan ja tarkempaa mallinnusta vaativat kohteet tulee tuoda esiin tehtävänmäärittelyssä. (BuildingSMART Finland 2020a, 16.)

Lähtötietoaineisto kootaan heti suunnitteluprosessin aluksi tai jo ennen sen alkua. Siinä kuvataan infrahankkeen nykytila ja se toimii pohjana suunnittelulle. Lähtötietoaineisto koostuu digitaalisessa muodossa jäsennellyistä, eri lähteistä saaduista tai mitatuista lähtöaineistoista. Se sisältää raaka-aineen, lähtötiedon sekä lähtöaineistoluettelon. Lähtötietoaineistoa päivitetään koko hankkeen ajan ja sitä tulee muokata mahdollisimman hyvin suunnittelua tukevaan muotoon. Lähtöaineistojen alkuperätiedot sekä niihin tehdyt muokkaustoimenpiteet tulee dokumentoida lähtötietoaineistoon. (BuildingSMART Finland 2020a, 16.)

Mallinnusta hyödynnetään erikokoisilla hankkeilla ja eri hanketyypit eroavat toisistaan mallinnusvaatimuksiltaan. Kuitenkin eri tekniikkalajit mallinnetaan suhteellisen samanlaisena, vain suunnitelmamallien tarkkuustaso ja tietosisältö vaihtelevat. Kaikissa tekniikkalajeissa tulee toimia hankkeen virallisessa koordinaatistossa ja korkeusjärjestelmässä. Keskeisenä osana suunnittelua on myös mittausperusta, jonka avulla muodostetaan hankkeelle koordinaatisto. Kaikki suunniteltu aineisto tulee aina muuntaa hankkeen viralliseen koordinaatistoon. (BuildingSMART Finland 2020a, 76–77.)

Tuotetun inframalliaineiston dokumentointi on oleellinen osa suunnittelun mallinnusprosessia sekä laadunvarmistusta. Dokumentointi on myös pakollinen osa luovutusaineistoa ja sen tarkoituksena on kuvata ja selkeyttää aineiston jälleenkäyttöä. Dokumenteissa kuvataan hankkeen kannalta oleellista sisältöä, laatua, metatietoja sekä inframalleja käsittävää tietoa. (BuildingSMART Finland 2020a, 25, 77.)

Yhdistelmämalli tulee tehdä hankkeen koosta riippumatta ja sen säännöllinen kokoaminen on osa jatkuvaa laadunvarmistusta. Yhdistelmämalliin kootaan tuotetut suunnitelmat, tietomallit ja osamallit yhdeksi kokonaisuudeksi. Yhdistelmämallin tarkoituksena on havainnollistaa esimerkiksi suunnitteluhankkeen vaikutuksia nykytilaan. (BuildingSMART Finland 2020a, 42, 83.)

Mallintamisen lisäksi on keskeistä tuottaa luovutusaineisto. Luovutusaineisto sisältää mallien ominaisuuksia, sen tulee olla avoimessa tietomuodossa, dokumentoitu sekä itselleluovutettu. Itselleluovutus tarkoittaa suunnittelijan tekemää tarkastusta tuottamalleen aineistolle. Mallipohjaisen luovutusaineiston tarkkuusvaatimukset vaihtelevat suunnitelmavaiheen mukaan. Hankkeessa tuotetulle tiedolle ja sen jälleenkäytölle on olennaista myös yhdenmukainen luovutustapa. Hankkeesta tulee laatia tiedonhallintadokumentti, jossa tulee kuvata luovutettava aineisto kokonaisuudessaan. (BuildingSMART Finland 2020a, 76, 78.)

2.2.1 Inframallinnuksen vaatimukset ja tavoitteet eri suunnitteluvaiheissa

YIV 2019 on annettu tavoitteet inframallinnukselle eri suunnitteluvaiheissa. Suunnitteluvaiheita ovat esi- ja tarveselvitysvaihe, yleissuunnitelmavaihe, viranomaiskäsittelyvaihe sekä rakennussuunnitelmavaihe.

Esi- ja tarveselvitysvaiheessa usein pääpainona inframallinnuksessa on esimerkiksi vaihtoehtovertailujen havainnollistaminen sekä sidosryhmätyöskentely. Tässä vaiheessa pyritään löytämään kaikki toteutettavissa olevat vaihtoehdot ja alustavasti selvittämään vaihtoehtojen vaikutukset. (BuildingSMART Finland 2020a, 84.)

Yleissuunnitelmassa tulee määritellä keskeiset suunnitelmaratkaisut. Tässä vaiheessa varmistetaan myös suunnitelmien yhteensopivuus ympäröivän maankäytön tai liikennejärjestelmän kanssa. Keskeistä on myös tuotettujen suunnitelmien vaikutusten selvittäminen. Yleissuunnitelmavaiheessa yleensä jatketaan vaihtoehtojen suunnittelua ja vertailua. Inframalli on tässä vaiheessa vielä varsin pelkistetty ja yksinkertaistettu, eikä sen tarvitse olla kaikilta osin jatkuva. (BuildingSMART Finland 2020a, 85–86.)

Viranomaiskäsittelevä vaiheessa (Tie-, rata-, katu- ja puistosuunnitelmavaihe) inframallinnuksen tulee olla riittävän yksityiskohtaista. Esimerkiksi väylien mallien on oltava tarpeeksi tarkkoja, jotta geometriat, tilavaraukset sekä sovittaminen ympäristöön voidaan suunnitella tarkasti. Myös massataloutta tulee voida arvioida luotettavasti. Kuitenkaan tässä vaiheessa eri tekniikkalajien mallien ei tarvitse olla kaikilta osin viimeistelyjä tai täysin jatkuvia. Riittää, että malleista löytyy suunnittelun kannalta oleellinen tieto. Kuitenkin aluerajaukset, joilla on oikeudellisia vaikutuksia, tulee olla täysin viimeistelyjä tässä vaiheessa. Malliaineistosta tulee käydä ilmi suunnittelussa huomioitu yhteensovitus ja ristiriidattomuus tie- ja katusuunnitelmien ominaiseen tasoon. Tässä vaiheessa voidaan vielä tehdä vaihtoehtoverailuja. (BuildingSMART Finland 2020a, 86–87.)

Rakennussuunnitelmavaiheessa tulee mallintaa kaikki rakentamisessa tarvittavat osat. Tässä vaiheessa on olennaista yksityiskohtien ratkaiseminen ja suunnitleminen sekä tuottaa mallit riittävän tarkasti. Lopputuotteena syntyy rakennussuunnitelmamalli, joka koostuu eri rakenneosien osamalleista. Rakennussuunnitelmamallit voidaan jalostaa muun muassa toteutusmalleiksi, joilla mallipohjainen rakentaminen mahdollistetaan. Samalla ne toimivat rakentamisasiakirjana. Malleissa tulee esittää yksityiskohtaisesti rakennusosien geometria ja ominaisuustiedot sekä lisäksi niihin tulee sisällyttää hankkeessa oleelliset rakenteet, kuten esimerkiksi varusteet, kasvillisuus ja alueet. Tässä vaiheessa mallintamisen tulee tukea suunnitelmien yhteensovittamista, määrä- ja kustannuslaskentaa, tiedonhallintaa, havainnollistamista, työmaan hankintoja ja aikataulutusta sekä mittaus-, laadunvarmistus- ja koneohjaustoimintaa. Inframallien tulee olla mahdollisimman jatkuvia ja ehjiä, eikä pinnoissa saa olla pystysuoria muutoksia. (BuildingSMART Finland 2020a, 88–89.)

2.2.2 Luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimukset

YIV 2019 liitteessä 3.1 Luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimukset esitetään infran tietomallimuotoisen luovutusaineiston tiedonsiirron vähimmäisvaatimukset suunnitteluvaiheittain. Vaatimukset vaihtelevat suunnitteluvaiheittain, koska aina ei ole tarpeenmukaista mallintaa rakennusosaa samalla tarkkuustasolla. Tietyillä rakennusosilla voi kuitenkin olla suurempi painoarvo suunnittelun kannalta, jolloin voi olla perusteltua mallintaa ne vähimmäisvaatimuksia suuremmalla tarkkuudella. Mikäli tilaajan tarjouspyynnössä viitataan yleisesti YIV 2019 -ohjeistukseen, tulee tarjouspyynnössä myös eritellä tarkemmin millä tarkkuudella rakenneosia mallinnetaan. (BuildingSMART Finland 2020c, 3; Planting 2020.)

Yleiset inframallivaatimukset 2019 liite 3.1 sisältää rakennusosakohtaisia luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimuskortteja. Korttien ensimmäisessä osassa kuvataan, mitä rakennusosaa tai -osia vaatimukset koskevat, missä muodossa geometria on luovutettava hankevaiheittain sekä mallinnusvaatimukset eri suunnitelmavaiheissa. Mallinnusvaatimukset on jaettu kolmeen luokkaan: ”ei mallinneta”, ”hankekohtaisesti” ja ”pakollinen”. Hankekohtaisesti tarkoittaa käytännössä tilaajan ja konsultin välistä vuoropuhelua, jossa ratkaistaan keskustelemalla, tuleeko kohde mallintaa vai ei. Suunnitteluvaiheet on myös jaettu eri kokonaisuuksiin, ja niiden mukaan määräytyvät mallinnus-tarkkuus ja vaatimukset. Lisäksi korteista löytyy vaatimukset toteumamalleille. (BuildingSMART Finland 2020c, 5.)

Korttien toisessa osassa kuvataan rakennusosaan liittyvät ominaisuus- ja metatiedot. Ominaisuudet-kentässä kuvataan rakennusosaa kuvaava suunnitelmallinen tieto, joka siirtyy vielä tällä hetkellä perinteisten suunnitelmadokumenttien ja piirustusten mukana. Tiedonsiirto-kentässä kuvataan ominaisuustieto, joka on Inframodel-määritysten mukaan pakollinen osa luovutusaineiston sisältöä. Inframodel on avoin tiedonsiirtoformaatti, joka on Suomessa infra-alalla käytössä (BuildingSMART Finland 2020a, 10). Korttien lopusta löytyy lisäksi lisätietoja-kenttä, jonne voidaan kirjata rakennusosaan liittyvät mahdolliset erityispiirteet ja huomiot. Esimerkki vaatimuskorteista on esitetty kuvassa 2. (BuildingSMART Finland 2020c, 6.)

143100 Salaajaputket 1431 Salaajaputket		
Luovutettava geometria		
HS, YS	<ul style="list-style-type: none"> Ei mallinneta 	E
TS, RS, KS, PS	<ul style="list-style-type: none"> Putken geometria mallinnetaan taiteviivana (xyz) solmupisteiden välille. Korkotieto määritetään vesijuoksusta. 	H
RS	<ul style="list-style-type: none"> Putken geometria mallinnetaan taiteviivana (xyz) solmupisteiden välille. Korkotieto määritetään vesijuoksusta. kaivanto mallinnetaan litteran 1621 mukaisesti 	P
TM	<ul style="list-style-type: none"> Mallinnetaan 3D- taiteviivoina solmukodista ja putken liitoskohdista xyz-koordinaatistossa, korkeutena vesijuoksun korkeus. 	P
Ominaisuudet		
<ul style="list-style-type: none"> Pituus Liitostapa Paineluokka 	<ul style="list-style-type: none"> Ominaisuustiedot, jotka eivät siirry im4-formaatin mukana, mutta ovat normaalia suunnitelmallista tietoa joka esitetään muissa suunnitelmadokumenteissa. 	
Tiedonsiirto (ks. 4. Luovutusvaihe ja tiedonsiirto)		
<ul style="list-style-type: none"> Geometria Poikkileikkauksen mitat: <ul style="list-style-type: none"> -Poikkileikkaus: sisähalkaisija -Soikea Pyöreä poikkileikkaus: korkeus ja sisäjänne -Suorakulmainen putki: korkeus ja leveys -Kouru: korkeus, yläosan leveys ja alaosan leveys Seinämäpaksuus Putken yksilöllinen tunnus Putken loppupisteen yksilöllinen tunnus Putken alkupisteen yksilöllinen tunnus Kaltevuus [%] Tila (esim. poistettu, nykyinen, suunniteltu) Kuvaus Materiaali Alkupisteen koordinaatit Loppupisteen koordinaatit Korkeusaseman esitystyyppi (putken päältä, keskeltä, vesijuoksusta) 	<ul style="list-style-type: none"> Pakollinen IM4- määritysten mukainen luovutusaineiston osa. 	
Lisätietoja		

KUVA 2. Salaajaputkien luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimuskortti (BuildingSMART Finland 2020c, 37)

2.3 Mallipohjaisen suunnittelun laadunvarmistus

Tavoitteena inframallien laadunvarmistuksessa on tuottaa sovitut kokonaisuudet ja tieto hankekoh- taisten sekä rakennusalan yleisten ohjeiden ja vaatimusten mukaisesti. Tavoitteena on myös tuot- ta mallien katkeamaton ketju, jossa tiedonsiirto on jatkuvaa sekä aikaisemmissa hankkeissa tuo- tetut mallit toimivat lähtötietoina tuleville hankkeille. Suunnitelma-aineiston tekijän tekemä doku- mentoitu itselleluovutus on perustana laadunvarmistukselle. Aineiston tekijällä on vastuu tuotta- miensa aineistojen ja inframallien laadusta sekä tietosisällöstä. (BuildingSMART Finland 2020a, 29.)

Tavoitteena on mallinnetun aineiston luominen sellaisessa muodossa, että se voidaan täysimittaisesti käyttää suunnitteluprosessin myöhemmissä vaiheissa. Laadunvarmistuksen ja tiedonhallinnan lähtökohtana on myös tiedon siirtäminen avoimilla tiedonsiirtoformaateilla, jotta tuotettu tieto on kaikkien käytettävissä sekä hyödynnettävissä. (BuildingSMART Finland 2020a, 29–30.)

Perinteisiin dokumentteihin verrattuna inframallien avulla saadaan välitettyä havainnollisempaa tietoa eri hankeosapuolien välillä. Mallipohjainen suunnittelu lisäksi helpottaa osapuolien välistä kommunikointia ja on suunnitteluprosessina läpinäkyvä. Suunnitelmissa olevia virheitä pystytään myös havaitsemaan aikaisemmin, kun mallinnettavat kokonaisuudet on tehty täysimittaisesti eikä malleihin jää suunnittelematonta aluetta. (BuildingSMART Finland 2020a, 29.)

Inframallien laadunvarmistuksen toimenpiteillä voidaan lyhentää hankkeen kestoa, parantaa suunnitelmien laatua sekä supistaa kustannuksia. Aineistot tulee tuottaa Yleisten inframallivaatimukset 2019, InfraBIM-nimikkeistön sekä avoimien tiedonsiirtoformaattien määrittelyiden mukaisesti, jotta inframallien laadunvarmistus voidaan toteuttaa. (BuildingSMART Finland 2020a, 29.)

2.3.1 Roolit ja tehtävät

Jokainen suunnittelija vastaa omasta tekniikkalajistaan ja pääsuunnittelija suunnitelmien yhteensovitukselta. Suunnittelijan tehtävänä on tuottaa sovitut inframallit YIV 2019 -ohjeiden ja hankekohtaisten vaatimusten mukaisesti sekä valvoa malliaineiston laatua koko hankkeen ajan. Suunnittelija on siis vastuussa mallien teknisestä sisällöstä ja oikeellisuudesta. Laadunvarmistuksen aikana inframalleista löydetyt virheet ja puutteet tulee suunnittelijan korjata sekä kirjata sisäiseen tarkastusdokumenttiin. Suunnittelija ja tietomallikoordinaattori vastaavat yhdessä mallien laadunvarmistuksesta. (BuildingSMART Finland 2020a, 103.)

Tietomallikoordinaattori vastaa tekniikkalajien yhteensovitukselta, yhdistelmämallin kokoamisesta ja ylläpidosta sekä varmistaa mallien vaatimustenmukaisuuden. Tietomallikoordinaattori tarkastaa tietomalliselostuksen, aineistoluettelon sekä sisäiset tarkastusdokumentit. Tietomallikoordinaattori yhteensovittaa myös suunnittelijoiden tekemiä korjauksia alkuperäismalleihin. (BuildingSMART Finland 2020a, 103–104.)

Tilaaajan tulee tarkastaa, että laadunvarmistus ja suunnittelijan itselleluovutus on tehty sekä dokumentoitu. Tilaaja voi myös tilata inframallien laadunvarmistuksen tietomallinnuksen erikoisasiantuntijalta. Tietomallien tarkastuksessa löydetyt puutteet tilaaja raportoi aineiston suunnittelijalle. Inframallit luovutetaan sovituissa laajuudessa, kun tilaaja tai hänen edustajansa on hyväksynyt ne. (BuildingSMART Finland 2020a, 104.)

2.3.2 Laadunvarmistusprosessi

Laadunvarmistus on normaali osa suunnittelua. Jotta voitaisiin varmistua aineiston yhteensopivuudesta, kattavuudesta sekä inframallien teknisestä tietosisällöstä, tulee inframalleja tarkastaa tasaisesti koko suunnitteluprosessin ajan. Inframallien laadunvarmistus ei kuitenkaan korvaa perinteistä suunnitelmien laadunvarmistusta vaan se on vain yksi osa sitä. Tapaan tuottaa standardin mukaisia inframalleja ei kuitenkaan puututa inframallien laadunvarmistuksessa. (BuildingSMART Finland 2020a, 104–105.)

Yleisissä inframallivaatimuksissa esitetään neljä näkökulmaa, joista tuotettuja inframalleja tulee tarkastella:

- inframallin laadun arviointi ja yhteensopivuus: kokonaisratkaisun toimivuus ja toteutuskelpoisuus, onko tekniikka- ja osamallien yhteensovituksessa virheitä ja ristiriitoja, mallien yhteensopivuus
- inframallin tietosisältö ja kattavuus: löytyykö malleista kaikki suunnittelu-, rakentamis- ja kunnossapitovaiheeseen kuuluva vaadittava tieto
- inframallin tekninen tietosisältö: onko mallit tuotettu vaaditun standardin ja nimikkeistön mukaisesti
- tiedonhallinta: onko tuotettu ja luovutettu aineisto dokumentoitu oikein ja sisältävätkö ne vaiheeseen liittyvät tietomalliselostukset, aineistoluetellot ja itselleluovutusdokumentit (BuildingSMART Finland 2020a, 105).

2.4 Tietomallien maturiteetteja maailmalta

Tämän työn yhtenä osana oli selvittää, löytyykö Suomesta tai ulkomailta käytössä olevia tietomallien maturiteettiasteikkoja tai muita tietomallien sisältöön ja tarkkuuteen soveltuvia arviointiasteikkoja tai määrittelyjä. Suomesta ei löydetty esimerkkejä käytössä olevista asteikoista tai määrittelyistä. Maailmalta löydettiin tietomallien tarkkuustasojen määrittelyyn tarkoitettuja asteikoita, joista seuraavaksi esitellään esimerkit Yhdysvalloista, Iso-Britanniasta, Norjasta sekä Tanskasta.

2.4.1 Yhdysvallat

Vuonna 2004 Vico Software aloitti kehittämään Model Progression Specification (MPS) -määrittelyä. MPS:n ydin on Level of Detail -määrittely, joka sisältää eri vaiheiden kuvauksia, joiden kautta BIM-elementti voi edetä loogisesti tasolta toiselle. American Institute of Architects (AIA) alkoi jatkokehittää Level of Detail -määrittelyä vuonna 2008 ja muutti samalla sen nimen Level of Developmentiksi (LOD). Vuonna 2011 BIMForum (buildingSMART Internationalin nykyinen Yhdysvaltain osasto) alkoi laajentaa AIA:n LOD-perusmäärittelyä ja lopputuloksena kokosi Level of Development -määrittelyn. (Bedrick 2008; BIMForum 2020.)

BIMForum Level of Development (LOD) -määrittely on viitetyökalu, jonka avulla AEC-alan (arkkitehtuurin, teknisen suunnittelun ja rakentamisen ala) ammattilaiset voivat määritellä ja ilmaista selkeästi tietomallien sisällön ja luotettavuuden suunnittelun sekä rakentamisen eri vaiheissa. LOD-määrittely antaa tietomallien tekijöille mahdollisuuden määritellä malliensa luotettavuuden ja jatkokäyttäjille mahdollisuuden ymmärtää vastaanottamiensa mallien käytettävyyden sekä rajoitukset. LOD-määrittely sisältää kuusi tasoa vaatimuksineen (BIMForum 2020, 265–266):

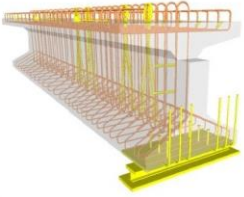
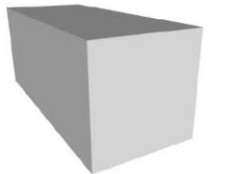
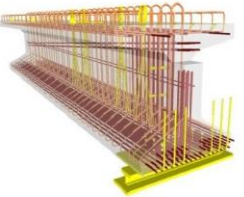
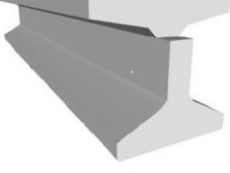
- LOD100-komponentti voidaan esittää mallissa graafisesti symbolilla tai muulla yleisellä esitystavalla, mutta se ei täytä LOD200-tason vaatimuksia. Symbolilla osoitetaan komponentin olemassaolo, mutta ei komponentin muotoa, kokoa tai tarkkaa sijaintia.
- LOD200-komponentti on esitetty graafisesti mallissa erityisenä järjestelmänä, objektina tai kokoonpanona, jolla on suuntaa antava määrä, koko, muoto, sijainti ja suunta. Komponenttiin voidaan liittää myös muita kuin graafisia tietoja.

- LOD300-komponentti on esitetty graafisesti mallissa erityisenä järjestelmänä, objektina tai kokoonpanona ja sen koko, muoto, sijainti ja suunta voidaan mitata suoraan mallista. Komponenttiin voidaan myös liittää muita kuin graafisia tietoja.
- LOD350-komponentti on esitetty graafisesti mallissa erityisenä järjestelmänä, objektina tai kokoonpanona, ja sen koko, muoto, sijainti ja suunta voidaan mitata suoraan mallista. Lisäksi komponentilla on riippuvuussuhteet ja rajapinnat (esimerkiksi tuet ja liitännät) läheisten tai siihen liitettyjen komponenttien kanssa.
- LOD400-komponentin tulee olla LOD350-tason vaatimusten lisäksi vielä tarkemmin mallinnettu niin, että se on mahdollista valmistaa, kokoonpanna ja asentaa.
- LOD500-komponentti ei kuulu enää suunnittelutyöhön vaan se on tehty kohteesta sen valmistumisen jälkeen. Komponentti on mallinnettu oikeassa koossa, muodossa sekä tarkalla sijainnilla. (BIMForum 2020, 268–269.)

LOD-tasoa ei ole määritelty suunnitteluvaiheittain. Tämä johtuu siitä, että Yhdysvalloissa ei tällä hetkellä ole olemassa tarkkaa standardia suunnitteluvaiheille, vaan yritykset ovat luoneet omia standardejaan. Toisena syynä on se, että eri komponentit eivät aina välttämättä ole samalla LOD-tasolla mallin sisällä. Esimerkiksi suunnitteluvaiheen lopussa malli saattaa sisältää monia komponentteja LOD200-tasolla, mutta myös komponentteja, jotka ovat tasolla LOD300 ja tasolla LOD400. LOD-tasoa tulisi käyttää ainoastaan mallien komponenttien kuvaamiseen, minkä vuoksi ei ole olemassa ”LOD ### -mallia”. Kuvassa 3 on esitetty moottoritiesillan betonisen rakennepalkin eri LOD-tasoja. (BIMForum 2020, 266.)

CIVIL

Highway Bridges Precast Structural I Girder (Concrete)

100			350	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reinforcing Post-tension profiles and strand locations Reinforcement called out, modeled if required by the BXP, typically only in congested areas Chamfer Pour joints and sequences to help identify reinforcing lap splice locations, scheduling, etc. Expansion Joints Lifting devices Embeds and anchor rods Post-tension profile and strands modeled if required by the BXP Penetrations for items such as MEP Any permanent forming or shoring components 	 <p>LOD 350 Highway Bridges Precast Structural I Girder (Concrete), From Ikerd.com</p>
200	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> Type of structural concrete system Approximate geometry (e.g. depth) of structural elements 	 <p>LOD 200 Highway Bridges Precast Structural I Girder (Concrete), From Bent.com</p>	400	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> All reinforcement including post tension elements detailed and modeled 	 <p>LOD 400 Highway Bridges Precast Structural I Girder (Concrete), From Ikerd.com</p>
300	<p>Element modeling to include:</p> <ul style="list-style-type: none"> Specific sizes and locations of main concrete structural members modeled per defined structural grid with correct orientation Concrete defined per spec (strength, air entrainment, aggregate size, etc.) All sloping surfaces included in model element with exception of elements affected by manufacturer selection 	 <p>LOD 300 Highway Bridges Precast Structural I Girder (Concrete), From Bent.com</p>			

KUVA 3. Moottoritiesillan betonisen rakennepalkin LOD-tasot (BIMForum 2020, 246)

2.4.2 Iso-Britannia

PAS 1192-2 (Publically Available Specification, julkisesti saatavilla oleva määrittely) antaa tarkat ohjeet tiedonhallintavaatimukseen, jotka liittyvät rakennusprojekteihin, joissa käytetään tietomalleja. PAS:ssä olevat vaatimukset perustuvat olemassa oleviin rakennusalan standardeihin ja se keskitetty erityisesti projekteihin, joissa suurin osa graafisista tiedoista, ei-graafisista tiedoista sekä asiakirjoista on kertynyt suunnittelu- ja rakennustoiminnasta. Määrittelyä sponsoroiti Construction Industry Council (Iso-Britannian rakennusteollisuusneuvosto), ja sen on julkaissut The British Standards Institution (Iso-Britannian standardointilaitos). PAS 1192-2 otettiin käyttöön helmikuussa 2013. (The British Standards Institution 2013, iii, vi, 1.)

PAS 1192-2 sisältää Level of model definition (mallin taso) -matriisin, jota voidaan verrata BIMForum LOD -määrittelyyn. Level of Definition on yhteistermi käsitteille level of model detail (mallin yksityiskohtien taso) sekä level of information detail (mallitietojen taso). Mallin yksityiskohtien taso on mallien graafisen sisällön kuvaus ja mallitietojen taso on mallien ei-graafisen sisällön kuvaus kussakin projektin vaiheessa. Level of Definition -matriisi (kuva 4) sisältää seitsemän tasoa, jotka sisältävät vähimmäisvaatimuksia mallien graafiselle sekä ei-graafiselle sisällölle. Tasojen vaatimukset perustuvat Iso-Britannian rakennusallalla käytössä oleviin standardeihin. (The British Standard Institution 2013, 5, 33.)

Figure 20 – Levels of model definition for building and infrastructure projects

Stage number	1	2	3	4	5	6	7
Model name	Brief	Concept	Definition	Design	Build and commission	Handover and closeout	Operation
Systems to be covered	N/A	All	All	All	All	All	All
Graphical illustration (building project)							
Graphical illustration (infrastructure project)							
What the model can be relied upon for	Model information communicating the brief, performance requirements, performance benchmarks and site constraints	Models which communicate the initial response to the brief, aesthetic intent and outline performance requirements. The model can be used for early design development, analysis and co-ordination. Model content is not fixed and may be subject to further design development. The model can	A dimensionally correct and co-ordinated model which communicates the response to the brief, aesthetic intent and some performance information that can be used for analysis, design development and early contractor engagement. The model can be used for co-ordination, sequencing and estimating purposes including the agreement of a first	A dimensionally correct and co-ordinated model that can be used to verify compliance with regulatory requirements. The model can be used as the start point for the incorporation of specialist contractor design models and can include information that can be used for fabrication, co-ordination, sequencing and estimating	An accurate model of the asset before and during construction incorporating co-ordinated specialist sub-contract design models and associated model attributes. The model can be used for sequencing of installation and capture of as-installed information	An accurate record of the asset as a constructed at handover, including all information required for operation and maintenance	An updated record of the asset at a fixed point in time incorporating any major changes made since handover, including performance and condition data and all information required for operation and maintenance The full content will be available in the yet to be published PAS 1192-3

PAS 1192-

KUVA 4. Levels of model definition -matriisi sisältää seitsemän tason lisäksi 13 kategoriaa, joista kuvassa näkyy neljä ensimmäistä (The British Standard Institution 2013, 35)

Level of Definition -tasot ja niiden epäviralliset suomennokset ovat seuraavat:

- brief = tiedotus
- concept = käsite
- definition = määrittely
- design = suunnittelu
- build and commission = rakennus ja käyttöönotto
- handover and closeout = luovutus ja sulkeminen
- operation = käyttö (The British Standard Institution 2013, 35).

2.4.3 Norja

Norjassa on myös luotu oma versio BIMForum Level of Development -määrittelystä, Model Maturity Index (MMI). MMI-määrittely kehitettiin, koska katsottiin, että perinteinen LOD-määrittely keskittyi liikaa tietomallien graafisiin yksityiskohtiin. MMI-määrittely (taulukko 1) sisältää samat kuusi tasoa kuin BIMForum LOD-määrittely ja käsittelee mallien geometrian lisäksi prosessia ja malliin liitettävää informaatiota. (Nøklebye 2018, 32–33.)

TAULUKKO 1. *Norjan Maturity Model Index -asteikon ovat kehittäneet Gunnar Skeie (Kruse Smith) ja Håkon Fløisbonn (Skanska) (Nøklebye 2018, 33)*

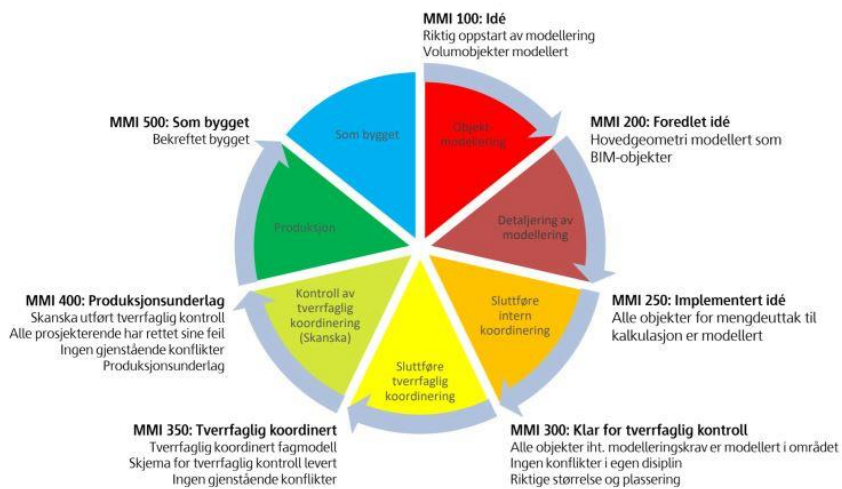
	100	200	300	350	400	500
	Idea	Refined idea	Ready for inter-disciplinary control	Inter-disciplinary controlled	Production-ready	As built
Process	Object represented as a sketch	Object is further developed from an idea, and treated as a preliminary solution	Object controlled for conflicts with other object within own discipline. All objects with inter-disciplinary relevance represented.	Object inter-disciplinary controlled, no remaining inter-disciplinary conflicts	Object verified by design team and ready for construction	Object confirmed built
Geometry	No requirements, object is to be considered as a sketch no matter the potential detailing at this stage.	Generic representation with approximate shape, size, location and orientation.	Object is represented as a specific system with correct size, shape, location and orientation.	Object is represented as a specific system with correct size, shape, location and orientation.	Object is represented as a specific system with correct size, shape, location and orientation, with detailed execution of construction.	Object corresponds to its real-life counterpart in terms of size, shape, location and orientation.
Information	No requirements.	Object contains suggestions to materials and modeling requirements.	Object contains correct information in relation to materials and modeling requirements.	Object contains correct information in relation to materials and modeling requirements.	Object contains all relevant production information in relation to modeling requirements.	Object contains relevant information from its real-life counterpart. Information regarding installation present.

MMI-määrittelyn tasot ja niiden määritelmät ovat lyhyesti kuvattuna seuraavat:

- 100: idea
- 200: jalostettu idea
- 300: valmis tekniikkalajien väliseen törmäystarkasteluun

- 350: törmäystarkastelu tehty
- 400: tuotantovalmis
- 500: kuin rakennettu (Nøklebye 2018, 33).





Norjassa esimerkiksi Skanskalla on käytössä MMI-määrittely. Skanskassa käytettävät MMI-tasot ovat lähellä yleistä MMI-asteikkoa, mutta siihen on vielä lisätty taso 250 (kuva 5). Taso 250 on tarkoitettu kustannustenlaskennan työkaluksi ja se erottuu tasosta 200 vain siten, että 250-tason mallien elementteihin on liitetty kustannustietoja. (Nøklebye 2018, 33.)



KUVA 5. Skanska Norjan MMI-asteikko (Nøklebye 2018, 4)

2.4.4 Tanska

Tanskassa on käytössä myös oma Level of Development -määrittely, jonka taustalla on muun muassa BIMForum:in LOD-määrittely. LOD-terminologiaa käytettiin, koska sen haluttiin olevan tulevaisuudessa johdonmukainen muiden kansainvälisten LOD-standardien kanssa. Tanskan Level of Development kuvaa, minkä mallielementtejä koskevan tiedon on oltava läsnä rakennusosan tietomallissa suunnittelun ja rakentamisen eri vaiheissa. Kuvassa 6 on esimerkki erään rakennusosan LOD-määrittelystä. (Digital Konvergens 2019, 3.)

LOD 200 DK	LOD 300 DK	LOD 325 DK	LOD 400 DK
LOR 200	LOR 300	LOR 325	LOR 400
ASSUMED Surfaces of outdoor areas defined at the expected level for geometry, placement and associated properties.	DEFINED Surfaces of outdoor areas defined at the specified level for geometry, placement and associated properties.	FINAL Surfaces of outdoor areas defined at the final level for geometry, placement and associated properties.	FINAL DETAILED Surfaces of outdoor areas defined at the final detailed level for geometry, placement and associated properties according to actually selected products.
LOG 200	LOG 300	LOG 325	LOG 400
GENERIC LEVEL  Surfaces of outdoor areas modelled with the expected general elevations. Paved and unpaved surfaces are not separate. Existing surfaces can be used.	TYPE-LEVEL  Surfaces of outdoor areas modelled to the project boundary. Defined general elevations and intended drainage elevation, including elevations at entrances, building corners and neighboring surfaces. Paved and unpaved surfaces are modelled separately.	DETAILED TYPE-LEVEL  Surfaces of outdoor areas modelled to the project boundary. Final elevations for surfaces as basis for ground works. Different types of paved and unpaved surfaces are modelled separately.	PRODUCTION LEVEL  Project specific elevations of building parts. Basic perimeter of building parts follows surface types.
LOI 200	LOI 300	LOI 325	LOI 400
ASSOCIATED PROPERTIES Type name Width Length	ASSOCIATED PROPERTIES Type name Width Length Top and bottom elevation Elevation at entrances & building corners	ASSOCIATED PROPERTIES Type name Width Length Top and bottom elevation Elevation at entrances & building corners Dimensions of substrate layers	ASSOCIATED PROPERTIES Type name Width Length Top and bottom elevation Elevation at entrances & building corners Dimensions of substrate layers

KUVA 6. Esimerkki Tanskan LOD-määrittelystä, maiseman alueiden pintojen määrittely (Digital Konvergens 2019, 29)

Rakennusosien LOD koostuu siis kolmesta eri osasta, jotka ovat Level of Reliability (LOR), Level of Geometry (LOG) ja Level of Information (LOI):

- LOR on luotettavuustaso, joka kuvaa rakennusosan ja sen ominaisuuksiin liittyvien tietojen luotettavuutta.
- LOG on geometrian taso, joka kuvaa rakennusosien geometriset esitykset ja toissijaisten komponenttien/osien laajuuden.
- LOI on informaation taso, joka kuvaa rakennusosien ominaisuuksia, jotka sisältyvät tai ovat toisiinsa yhteydessä. (Digital Konvergens 2019, 3.)

LOD-tasoja on neljä:

- LOD200: rakennusosat, jotka on mallinnettu yleisellä tasolla
- LOD300: rakennusosat, jotka on mallinnettu tietyn tyyppiseksi kohteiksi ja niihin liittyvät ominaisuudet
- LOD325: rakennusosat, jotka on mallinnettu yksityiskohtaisina objektityyppinä ja niihin liittyvät erityisominaisuudet
- LOD400: rakennusosat, jotka on mallinnettu tiettyjen tuotetyyppien ja niihin liittyvien tuotekohtaisten ominaisuuksien perusteella (Digital Konvergens 2019, 3).

3 MALLIPOHJAISEN SUUNNITTELUN LAADUNVARMISTUSTYÖKALU DESTIALLE

Työn taustatutkimus aloitettiin perehtymällä Yleiset inframallivaatimukset 2019 -ohjekokonaisuuteen sekä etsimällä tietoa maailmalla käytössä olevista tietomallien laadunvarmistukseen soveltuvista työkaluista. Taustatutkimusta tehdessä oli haasteellista löytää sopivia termejä, joilla relevanttia tietoa löytyi, koska samalle asialle saattoi olla käytössä useampi eri termi. Laajasti eri lähteistä aineistoa läpikäymällä löytyivät ne termit, joilla relevanttia tietoa löytyi.

Taustatutkimuksesta saatuja tietoja vertailtiin Destiassa jo olemassa oleviin käytäntöihin. Laadunvarmistuksen työkaluja tutkittaessa pohdittiin muun muassa sitä, miten niitä voitaisiin hyödyntää Destiassa ja tukevatko ne Suomessa infra-alalla olevia käytänteitä. Lopuksi valittiin muutama työkalu, joita lähdettiin tarkastelemaan syvällisemmin. Ennen työn aloittamista pidettiin Destian kehittämisen johtoryhmän kanssa Teams-palaveri, jossa käytiin yksityiskohtaisemmin läpi, mitä tulevalta kehitystyön lopputulokselta halutaan.

Kehittämisen johtoryhmän ehdotusten ja taustatutkimuksella löydettyjen tietojen perusteella lähdettiin kehittämään ensimmäistä työkalua mallipohjaisen suunnittelun kehittämiseksi. Ensimmäisen version valmistuttua se esitettiin kehittämisen johtoryhmälle. Johtoryhmän kanssa käydyn palaverin jälkeen ja saatujen ehdotusten pohjalta viimeisteltiin lopullinen versio työkalusta. Työn lopputuloksena syntyi työkalu mallipohjaisen suunnittelun laadunvarmistukseen. Työn lopputulokset on esitetty liitteessä 1 (yrityksen sisäisessä käytössä).

4 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Destian mallipohjaisen suunnittelun laadunvarmistusta. Ensimmäiseksi työssä perehdyttiin Suomessa käytössä oleviin mallipohjaista suunnittelua ja laadunvarmistusta koskeviin ohjeisiin ja vaatimuksiin. Työssä tarkasteltiin myös maailmalla käytössä olevia tietomallien tarkkuustasojen määrittelyyn liittyviä työkaluja. Työn lopputuloksena saatiin laadittua työkalu Destian mallipohjaisen suunnittelun laadunvarmistuksen kehittämiseksi. Kehitystyöhön liittyviä lopputuloksia ei tässä työssä julkaistu salassapitosyistä.

Tutkittaessa maailmalla käytössä olevia tietomallien tarkkuustasojen määrittelyjä huomattiin niitä olevan yleisemmin rakennuksille. Suomesta ei löydetty tällaisia määrittelyitä, mikä voi johtua siitä, että tietomallien tasojen määrittelyt eivät ole vielä yleisesti käytössä tai niitä ei ole esimerkiksi haluttu julkaista. Maailmalta löydetyistä tietomallien tasojen määrittelyistä löytyi paljon samankaltaisuuksia ja suuri osa niistä pohjautui BIMForumien kehittämään Level of Development -määrittelyyn. Työssä esitellyistä määrittelyistä osa keskittyi pelkästään tietomallien tekniseen sisältöön ja osassa oli otettu myös huomioon mallien ei-graafinen tieto.

Tietomallinnus infra-alalla on yleistynyt viime vuosina ja tietomalleja hyödynnetään jo pienissäkin hankkeissa. Koska tietomalleihin saadaan mahtumaan paljon tietoa, on tietomalleja hyödynnettäessä tärkeää, että voidaan luottaa mallien sisältävän oikeaa tietoa. Tästä syystä mallien laadunvarmistus on tärkeää ja siihen tulee panostaa. Laadunvarmistuksen toimenpiteet myös parantavat suunnittelun ja suunnitelmien laatua. Maturiteettiasteikot sekä muut tietomallien tasojen määrittelyt voisivatkin olla tulevaisuudessa niin Suomessa kuin maailmalla normaali osa infrasuunnittelua ja selkeä tapa määrittellä ja ilmaista inframallien tasoa.

Tämän opinnäytetyön tekeminen oli ajoittain haastavaa mutta mielenkiintoista ja opettavaista. Työtä tehdessä eniten aikaa kului taustatutkimuksen tekoon ja välillä oli haastavaa löytää relevanttia tietoa. Haasteita toi myös se, että suurin osa aineistosta oli englanninkielistä ja aineiston määrä tietyiltä osin vähäistä.

LÄHTEET

Bedrick, Jim 2008. Organizing the Development of a Building Information Model. Hakupäivä 25.11.2020. <http://aecpe.com/08-08-20%20MPS.pdf>.

BIMForum 2020. Level of Development Specification Part 1 & Commentary. Hakupäivä 25.11.2020. <https://bimforum.org/lod/>.

BuildingSMART Finland 2020a. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019/1. Hakupäivä 2.10.2020. <https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/>.

BuildingSMART Finland 2020b. InfraBIM. Hakupäivä 22.10.2020. <https://buildingsmart.fi/infrabim/>.

BuildingSMART Finland 2020c. YIV 2019 Liite 3.1 Luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimukset. Hakupäivä 2.10.2020. <https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/>.

Destia Oy 2020. Yritys. Hakupäivä 27.10.2020. <https://www.destia.fi/yritys.html>.

Digital Konvergens 2019. Specification of Building Parts. Hakupäivä 2.12.2020. http://www.bim7aa.dk/DiKon-BIM7AA_Specification_of_Building_Parts_V3.pdf.

Nøklebye, Andreas 2018. Enabling Lean Design with Management of Model Maturity. A Study of Maturity-Based Construction Design in Norwegian AEC-Projects. Hakupäivä 9.10.2020. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2563269>.

Planting, Olli 2020. Destia Oy. Asiantuntijapalveluiden kehityspäällikkö.

The British Standard Institution 2013. PAS 1192-2:2013. Hakupäivä 2.12.2020. <http://www.hfms.org.hu/web/images/stories/PAS/PAS1192-2-BIM.pdf>.

Väylävirasto 2017. Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. Hakupäivä 30.12.2020. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf.

Väylävirasto 2020a. Mikä on tietomalli. Hakupäivä 1.11.2020. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/inf-ramallit/mika-on-tietomalli->.

