

Tero Lintunen

TIETOMALLINNUKSEN HYÖDYNTÄMI- NEN KORJAUSSUUNNITTELUSSA

Opinnäytetyö
Rakennustekniikka

2019



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Tero Lintunen	Insinööri (AMK)	Marraskuu 2019
Opinnäytetyön nimi		
Tietomallinnuksen hyödyntäminen korjaussuunnittelussa		71 sivua 0 liitesivua
Toimeksiantaja		
Sitowise Oy		
Ohjaaja		
Jani Pitkänen, Juha Karvonen ja Petri Backström		
Tiivistelmä		
<p>Opinnäytetyössä selvitettiin tietomallinnuksen hyödyntämistä korjaussuunnittelussa, eritoten sitä, miten korjaussuunnittelua voidaan tehostaa Revit-ohjelmiston avulla. Lisäksi työssä on tarkasteltu tietomallinnuksen tuottamaa lisäarvoa asiakkaalle ja muille korjausrakennushankkeen osapuolille. Laadullinen tarkastelu nojautuu Sitowise Oy:ssä suoritetulle kehittämistyölle sekä sitä taustoittaneelle kattavalle kirjallisuuskatsaukselle aiheesta.</p>		
<p>Tässä opinnäytetyössä on kuvattu korjausrakentamisen toimintaympäristöä ja tulevaisuuden näkymiä, joita on edelleen peilattu tietomallinnuksen tarjoamiin kehittämismahdollisuuksiin. Tietomallinnuksen tärkeimmiksi hyödyiksi korjaussuunnittelussa on tunnistettu sen tarjoama suunnitelmien ja suunnitteluvaihtoehtojen visuaalinen esitysmuoto (3D), tietomallien hyödyntäminen laadunvarmistuksessa, sekä mallin jakamisen mahdollistama yhteistyön tehostuminen. Tilaajan kannalta korostuu mahdollisuus hyödyntää rakennuksen toteutumamallia kiinteistön ylläpidossa. Tietomallipohjaisen hankkeen vaiheistus ja aikataulutus eroavat dokumenttipohjaisesta suunnittelusta, mikä voi tuottaa haasteita tietomallipohjaiseen suunnitteluun siirryttäessä.</p>		
<p>Yrityksessä tehdyssä kehitysprojektissa on perehdytty Revit-ohjelmiston käyttöönottoon sekä hyödyntämiseen korjausrakennesuunnittelussa. Tietomallinnuksen kehitysprojektissa esille tulleita hyötyjä ovat muun muassa Revit-ohjelmiston yhteiskäyttömahdollisuus sekä suunnitelmien visuaalinen esitystapa. Lisäksi kehitysprojektiin sisältyi tietosisältöohjeen tuottaminen tietomallipohjaisen suunnittelun tueksi ja yhtenäisen toimintatavan luomiseksi. Tietosisältöohjetta ei julkaista yleisölle tässä opinnäytetyössä.</p>		
<p>Johtopäätöksenä voidaan todeta, että tietomallintaminen tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia tehokkuuden, laadun ja yhteistyön parantamiseksi korjausrakennesuunnittelussa. Lupausten täysimittainen saavuttaminen kuitenkin edellyttää tietomallintamisen toimeenpanon huolellista ohjeistusta, sekä suunnitteluryhmän työnkulun ja roolitusten osittaista päivittämistä, sekä ohjelmiston käytön ja tietomalliprosessin koordinoinnin osaamisen jatkuvaa kehittämistä.</p>		
Asiasanat		
tietomallintaminen, korjausrakennesuunnittelu, Autodesk Revit		

Author (authors)	Degree	Time
Tero Lintunen	Bachelor of Engineering	November 2019
Thesis title		
Building information modeling in renovation construction design		71 pages 0 pages of appendices
Commissioned by		
Sitowise Oy		
Supervisor		
Jani Pitkänen, Juha Karvonen and Petri Backström		
Abstract		
<p>This thesis explores the use of information modeling in repair planning, especially how to improve the efficiency of repair planning with Autodesk Revit software. In addition, the thesis explores the added value information modeling provides to customers and other stakeholders of a renovation project. The qualitative study is based on development work made in Sitowise Oy as well as, a comprehensive literature review on the subject.</p>		
<p>This thesis describes the operating environment and future perspectives of renovation construction, which are in turn reviewed keeping in mind the development opportunities provided by information modeling. The main benefits of data modeling in repair design include visual presentation (3D) of plans and design alternatives, the use of data models in quality assurance, and the increased collaboration made possible by model sharing. From the customer's point of view, the opportunity to utilize the As-built model of the building in property maintenance is emphasised. Phasing and scheduling of BIM based project differs from document based planning, which can present challenges when implementing BIM based processes.</p>		
<p>The development project focused on the implementation of Revit software and its utilisation in renovation design. The benefits highlighted in BIM project include the ability to share Revit software and the visual presentation of plans. In addition, the development project included producing information content guidelines to support BIM based design and to create a consistent approach. Knowledge content guidelines will not be published to the public in this thesis.</p>		
<p>In conclusion, BIM offers significant opportunities for improving efficiency, quality and collaboration in structural design. However, the full realization of the promises requires particular instruction for implementation of BIM, and partial updating of the workflow and roles of design team members, as well as continuous development of software and BIM coordination skills.</p>		
Keywords		
Building information model (BIM), renovation construction, Autodesk Revit		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	KORJAUSRAKENTAMISEN STRATEGIA.....	9
2.1	Rakentamisen elinkaariajattelu	11
2.2	Elinkaarikustannukset ja -arviointi	12
2.3	Rakennuksen elinkaaren vaatimukset ja tavoitteet	13
3	TIETOMALLINNUS	14
3.1	Tietomallintamisen hyödyt.....	15
3.2	Tietomalliprosessin hyödyt korjaushankkeessa	16
3.3	Laadunvarmistus	17
4	YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012	18
4.1	Yleiset mallitekniset vaatimukset.....	19
4.2	Inventointimalli.....	20
4.3	Rakennemalli	23
4.4	Mallien jakaminen ja julkaisu	25
5	SUUNNITTELUPROSESSIN ETENEMINEN.....	25
5.1	Suunnitteluprosessin vaiheet	25
5.2	Korjausrakennushankkeen vaiheet	32
5.3	Inventointimallin vaiheistus.....	34
6	AUTODESK TUOTEPERHE	36
6.1	Revit-ohjelmisto.....	36
6.2	Revit-ohjelmiston ominaisuuksia	40
6.3	Revit-ohjelmiston hyödyt korjaussuunnittelussa.....	44
7	TIETOMALLINNUS KORJAUSRAKENTAMISESSA.....	47
7.1	Tietomallinnus korjausrakennushankkeessa.....	47
7.2	Perusteluja ja edellytyksiä mallintamiselle.....	48
8	TIETOMALLINTAMISEN LISÄARVO MUILLE HANKEOSAPUOLILLE ..	53

8.1	Korjausrakennushankkeen osapuolet	53
8.2	Rakennushankkeen muiden osapuolien saama lisäarvo.....	56
9	TIETOSISÄLTÖOHJE	60
9.1	Tietosisältöohje suunnittelun tukena	60
9.2	Mallinnustarkkuus ja -ohje.....	60
10	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	61
	LÄHTEET	64

Sanasto:

BIM	Rakennuksen tietomalli (Building Information Model)
ICT	Tieto- ja viestintäteknikka (Information and communication technology)
IFC	Kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidon tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön (Industry Foundation Classes)
FEM	Monimutkaiset laskutoimitukset ja rakenteiden analysoinnit mahdollistava tietokonepohjainen lujuuslaskenta (Finite Element Method)
LVI	Talotekniikka sis. lämpö, vesi, ilma
LVIS	Talotekniikka sis. lämpö, vesi, ilma, sähkö
YTV2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012 –ohjeistus tietomallintamiseen
Toteumamalli	Rakennuksen tuotemallin tietosisällön osajoukko (vaiheistus), joka kattaa rakennuksen suunnitelmien ja toteutuksen lopullisen toteuman. (eng. As-build Model)
Dokumenttipohjainen	Tiedonkäsittelyn soveltamistapa, jossa tietoa käsitellään ja siirretään dokumentteina, joiden sisältöä ihminen pystyy tulkitsemaan, mutta tietokonesovellus ei. Dokumenttipohjainen on määritelty erotuksena mallipohjaisesta tai tuotemallipohjaisesta.
Mallipohjainen	Tiedon käsittelyn paradigma tai soveltamistapa, jossa esim. tuotetta kuvataan tietokonesovelluksilla mallina ja sen muodostavina osina, ja sovellukset pystyvät automaattisesti tulkitsemaan mallin sisältämiä tuotetietoja. Vrt. dokumenttipohjainen.
Näkymä	Yleisesti, kokonaisuuden osajoukko tai näkökulma kokonaisuuteen tiettyä tarkoitusta varten. IFC:ssä, toteutuksia varten määritelty IFC:n osajoukko, jota joukko ohjelmistototeuttajia on yhteisesti sopinut tukevana. (eng. View)
Objekti	Tiettyä asiaa kuvaavien tietojen kooste, jota sovelluksissa käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Objektilla on ominaisuuksia, sekä relaatioita eli yhteyksiä toisiin objekteihin. Esim. rakennuksen rakennusosat mallinnetaan tietokonesovelluksilla rakennusosa-objekteilla.

Rakennusosamalli	Rakennuksen tuotemallin tietosisällön osajoukko (vaiheistus), joka kattaa rakennusosat ja niiden tuoterakenteen kuitenkin niin, että lopullisia rakennustuotteita ei ole vielä valittu. (eng. Building element model)
Suunnittelumalli	Rakennuksen tuotemallin tietosisällön osajoukko, joka kattaa suunnittelijoiden suunnitteluratkaisut. (eng. Design model)
Tiedon yhteiskäyttö	Tietojen yhtäaikainen jakaminen ja käyttö sovellusten kesken: Tyypillisesti sovellukset yhteiskäyttävät tietokannassa olevia, yhtenäisesti hallittuja tietoja. (eng. Data sharing)
Tiedonsiirto	Tietojen siirto sovellusten kesken tyypillisesti tiedonsiirtotiedoston välityksellä. (eng. Data exchange)
Vaatimusmalli	Rakennuksen tuotemallin tietosisällön osajoukko (vaiheistus), joka kattaa (asiakas)vaatimukset (eng. Requirement model)
Ylläpitomalli	Rakennuksen tuotemallin tietosisällön osajoukko (vaiheistus), joka kattaa ylläpidon näkökulman. So. rakennuksen käytön ja ylläpidon aikaiset tehtävät, muutokset jne. (eng. Maintenance model)

1 JOHDANTO

Suomen rakennuskannan osuus koko kansantalouden pääomakannasta on todella merkittävä, mikä tekee sen ylläpidosta tärkeää. Tämän vuoksi myös korjausrakentamisen merkitys on erityisen suuri. Koska korjausrakentamisen osuus kasvaa kaiken aikaa suhteessa uudisrakentamiseen, tarvitaan kehitystyötä myös korjaussuunnitteluun, jotta saadaan riittävästi parannusta laadulle ja tehokkuudelle. Tietomallintaminen on ehtinyt jo yleistyä uudisrakentamisessa, mutta viime vuosina on yhä enemmän alettu tutkia sen soveltuvuutta myös korjausrakentamiseen sen tarjoamien mahdollisuuksien vuoksi.

Tämä opinnäytetyö tehdään osana Sitowisen Kymenlaakson korjausrakentamisen yksikön tietomallinnuksen kehitysprojektia. Tavoitteena on vastata kysymyksiin, miten korjaussuunnittelun prosessia voidaan tehostaa Revit-ohjelmiston avulla sekä mitkä ovat tietomallinnuksen hyödyt korjaussuunnittelun kannalta. Lisäksi tarkasteltaviin kysymyksiin kuuluvat mitä lisäarvoa voidaan tarjota asiakkaalle tietomallinnuksen avulla ja se, kuinka hankkeen muut osapuolet hyötyvät tietomallinnuksen käytöstä.

Opinnäytetyöprosessissa on hyödynnetty pääasiassa kirjallisuutta ja etsitty ratkaisuja kokemukseräisen tiedon avulla. Tämä opinnäytetyö on toteutettu kvalitatiivisena eli laadullisena tutkimuksena. Selvitystyön tarkoituksena on pyrkiä saamaan kokonaisvaltainen ymmärrys selvitettävästä aiheesta. Opinnäytetyö on jäsennetty siten, että luvuissa 2–5 taustoitetaan aihetta kirjallisuuskatsaukseen nojautuen. Luvussa 6 käydään läpi tarkasteltavan ohjelmiston (Autodesk Revit) ominaisuuksia ja hyötyjä yrityksessä tehdyn kehittämistyön perusteella. Tämän jälkeen luvussa 7 tarkastellaan tietomallintamisen tarjoamaa lisäarvoa korjausrakennesuunnittelun näkökulmasta ja sitten luvussa 8 tietomallipohjaisen suunnitteluprosessin lisäarvoa muille korjaushankkeen osapuolille. Luvussa 9 selostetaan lyhyesti opinnäytetyöprojektissa yrityksen käyttöön toteutetun tietosisältöohjeen peruseräite mallinnuksen työnkuluissa. Lopuksi luvussa 10 esitetään johtopäätökset opinnäytetyöprojektista.

Opinnäytetyön osana toteutetaan tietosisältö- ja työnkulkuohjeistus, joka tulee Sitowisen Kymenlaakson korjausrakentamisen yksikön käyttöön. Ohjeistuksen

tarkoitus on toimia Revit-ohjelmiston toimintaohjeena. Sitowiselle toteutettuja ohjeistuksia ei julkaista yleisölle tässä opinnäytetyössä.

Osana yrityksen kehitysprojektia teetettiin samanaikaisesti kaksi opinnäytetyötä samaan aihepiiriin liittyen. Opinnäytetyön yleinen osio, johdantoa lukuun ottamatta, on lukuun 6 asti toteutettu yhteisenä Älykkäiden ratkaisujen hyödyntäminen -opinnäytetyön kanssa, jonka on kirjoittanut Aleksi Härkin. Tällä tavalla pystyttiin muodostamaan laajempi kuvaus aiheesta. Tästä eteenpäin työt haarautuvat itsenäisiksi raporteiksi, joissa käsitellään tarkemmin kunkin opinnäytetyön aiheeseen ja tutkimuskysymyksiin liittyviä aihepiirejä.

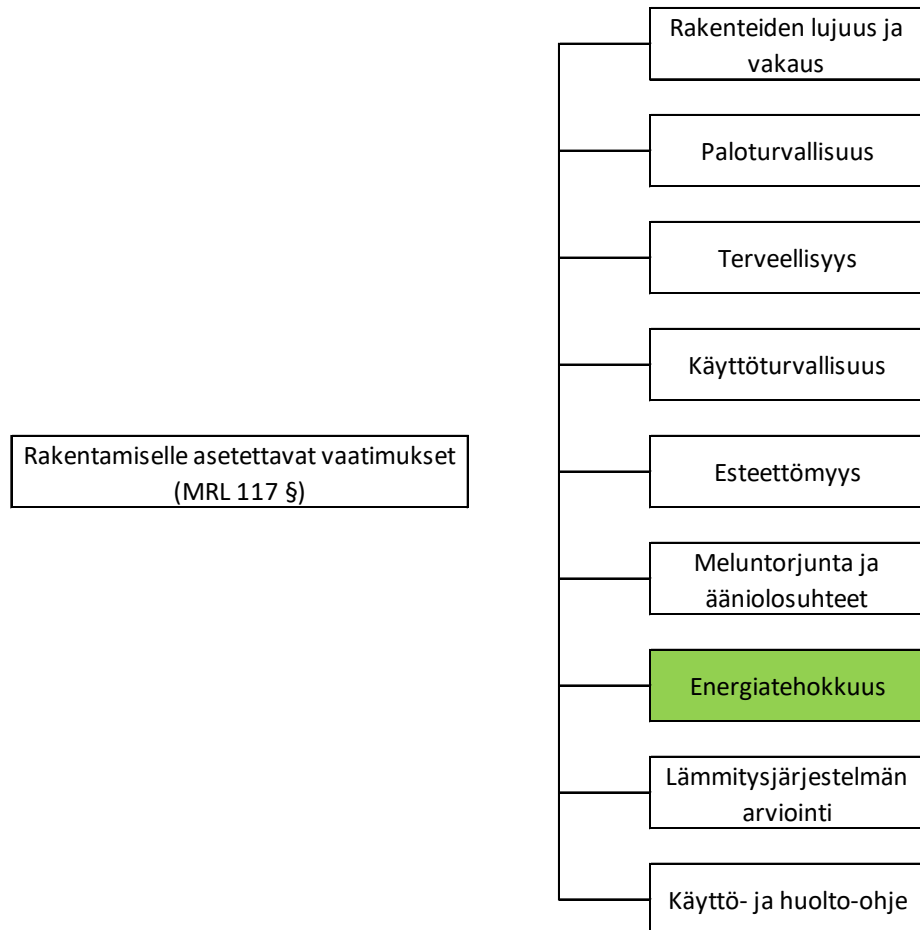
Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Sitowise Oy, joka on tällä hetkellä suurin suomalaisomisteinen suunnittelu- ja konsulttialan yritys. Sitowise Oy muodostui vuoden 2018 alussa, kun Wise Group Oy ja Sito Oy fuusioituivat. Sitowisessä työskentelee noin 1700 eri alojen asiantuntijaa, jotka tarjoavat asiakkailleen kaikki rakennetun ympäristön suunnittelu-, asiantuntija- ja digitaaliset palvelut saman katon alta. Sitowise on yrityksenä kaupunkiseutujen monialahankkeiden johtava osaaja sekä pyrkii olemaan edelläkävijä tiedolla johtamisen ja tietomallintamisen saralla.

Yrityksen toimipisteitä on Suomessa tällä hetkellä 20 paikkakunnalla. Lisäksi Sitowisellä on tytäryhtiöt Ruotsissa, Norjassa, Virossa ja Latviassa sekä osakkuusyhtiö Puolassa.

2 KORJAUSRAKENTAMISEN STRATEGIA

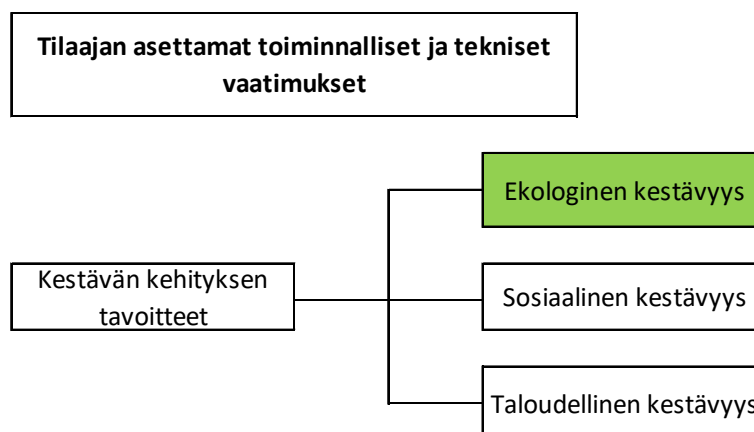
Korjausrakentamisen tarve kasvaa jatkuvasti. Suunnitelmallisella kiinteistönpidolla ja korjaamisella on merkittävä rooli rakennuksen ylläpitokustannuksissa. Kiinteistöjen ennakoivaa ylläpitoa on jätetty tekemättä, mikä johtaa lopulta suurempiin ongelmiin. Tämä näkyy asunto-osakeyhtiöissä ja omakotitaloissa sekä kuntien rakennuskannassa. Säästäminen korjaus- ja ylläpitokustannuksissa johtaa lopulta kalliisiin toimenpiteisiin. Heikoin tilanne on ikääntyneissä kuntien palvelurakennuksissa, lähiökerrostaloissa sekä vanhoissa rivi- ja omakotitaloissa. Yhä useammat kuntien kiinteistöt tarvitsevat mittavia kosteus- ja

sisäilmaongelmien korjauksia. Rakennusten lisääntyneen tekniikan ja nousseiden vaatimusten seurauksena rakennusten ylläpito, huolto ja korjaus vaativat aiempaa enemmän osaamista ja suurempia investointeja. Rakennusten purkaminen tulee kasvamaan heikkokuntoisten ja vaikeasti korjattavien kiinteistöjen kohdalla. (Rakennusteollisuus 2019.)



Kuva 1. Rakentamiselle asetettavat vaatimukset. (Kuittinen & le Roux. 2017)

Ennakoivan kiinteistönpidon ja korjauskulttuurin edistämiseksi on kehitetty vuonna 2007 valmistunut Korjausrakentamisen strategia. Strategian laatijana on toiminut ympäristöministeriö yhteistyössä rakennus- ja kiinteistöalan toimijoiden kanssa. Strategian avulla pyritään vastaamaan paremmin käyttäjien sekä kestävän kehityksen vaatimuksiin. Kustannussäästöjä voidaan saavuttaa suunnitelmallisella ja järkevästi ajoitetulla korjaamisella. (Ympäristöministeriö 2013.)



Kuva 2. Tilaajan asettamat vaatimukset ja kestävän kehityksen tavoitteet. Korostettuna näkyy vihreän rakentamisen tavoitteet. (Kuittinen & le Roux. 2017)

Strategian päätavoitteina on lisätä korjausrakentamisen osaamista ja turvata resursseja sekä kehittää korjausrakentamisen prosesseja ja ohjausvälineitä. Toimenpide- ja kehittämislinjaukset on tehty vuoteen 2017 asti. (Ympäristöministeriö 2013.) Tekeillä on uusi Korjausrakentamisen strategia 2050, jota ohjaa vuonna 2018 julkaistu Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi. Sen nojalla kunkin Euroopan unionin jäsenmaan tulisi laatia pidemmän aikavälin peruskorjausstrategia, jonka tarkoituksena on muuttaa rakennuskantaa entistä energiatehokkaammaksi ja vähähiilisemmäksi vuoteen 2050 mennessä. Toimeenpanoa valvoo ympäristöministeriö. (Motiva 2019.)

2.1 Rakentamisen elinkaariajattelu

Rakennuksen elinkaarivaikutusten arvioinnin kannalta on oleellista, että ympäristö- ja kustannusvaikutuksia tarkastellaan koko sen elinkaaren ajalta. Rakentaminen on kokonaisuutta ajatellen lyhyt ajanjakso. Rakennuksen elinkaari on määritelty alkavaksi maankäytön ja rakentamisen suunnittelusta ja materiaalien hankintavaiheesta päättyen aina rakennuksen purkuun ja purkujätteen lajitteluun. Rakennuksen elinkaari ja kestävyys riippuvat aina rakennuksen tyypistä. Käyttöikää ei etukäteen voida tarkasti mitata, minkä vuoksi käyttöiän ennakoinnilla tarkoitetaan laskennallisesti arvioitua käyttöikää. Käytännön tasolla kuitenkin tilaaja on se taho, joka päättää tavoitellun käyttöiän, joka puolestaan määrittelee suunnitteluvaiheen valintoja. (Rakennusteollisuus 2019.)

Elinkaaren aikana syntyvistä ympäristövaikutuksista tehdyt arvioinnit huomioidaan mahdollisimman tarkasti jo alun suunnitteluvaiheessa. Suunnitteluvaiheen ratkaisulla vaikutetaan merkittävästi rakennuksen elinkaareen ja näin ollen kaikki ratkaisut tulee tehdä harkiten ja kokonaisuutta ajatellen. Suunnitteluvaiheen ratkaisut eivät välttämättä ole enää muutettavissa kustannustehokkaasti rakentamisvaiheen tai myöhemmin rakennuksen elinkaaren aikana. (Rakennusteollisuus 2019.)

Kustannuksia tulisi tarkastella koko elinkaaren ajalta. Esimerkiksi kehitettäessä rakennuksen teknisiä ominaisuuksia saattavat valmistusvaiheen kustannukset ja päästöt nousta välillisesti, mutta pienentyä merkittävästi koko rakennuksen elinkaaren ajanjaksolla. (Rakennusteollisuus 2019.)

Valmistusvaihe	Rakentamisvaihe	Käyttövaihe		Purku
A1: Raaka-aineen hankinta	A4: Kuljetus työmaalle	B1: Tuotteen käyttö	B5: Laajamittaiset korjaukset	C1: Purkaminen
A2: Kuljetus valmistukseen	A5: Työmaatoiminnot	B2: Kunnossapito	B6: Energian käyttö	C2: Kuljetukset
A3: Tuotteen valmistus		B3: Korjaus	B7: Veden käyttö	C3: Purkujätteen käsittely
		B4: Osien vaihto		C4: Purkujätteen loppusiivous

Kuva 3. Rakennuksen elinkaaren vaiheet. (Kuittinen & le Roux. 2017)

Tarkasteltaessa kestäväää rakentamista tai ainoastaan sen ekologista osaa, pitää tarkastelun tapahtua aina rakentamisen lopputuotteen koko elinkaaren näkökulmasta. Mietittäessä erilaisia hankintamalleja ja niiden valintaperusteita, tulisi niissä huomioida korostetusti elinkaarietäällisyys ja kokonaistaloudellisyys. Toimintakulttuurin muutos on edellytys kestäväälle rakentamiselle, jotta osaoptimoinnista voidaan järkevästi siirtyä hallitsemaan kokonaisuutta ja noudattamaan elinkaarietäällisyysä. (Rakennusteollisuus 2019.)

2.2 Elinkaarikustannukset ja -arviointi

Elinkaarikustannusten määrittelyn avulla saadaan arvioitua kulujakauma koko rakennuksen elinkaaren ajalle. Elinkaariarvioinnin avulla voidaan puolestaan

tarkastella rakennuksen elinkaaren ympäristövaikutuksia. Rakennuksen omistajalla ja käyttäjällä on mahdollisuus hyödyntää saatua tietoa ylläpitovaiheen aikana. Määritettäessä rakennuksen elinkaarikustannuksia, ei voida laskea ainoastaan investointeja, vaan arvioinnissa tulee huomioida koko elinkaaren aikainen kulurakenne, joka muodostuu suunnittelu-, rakentamis-, hankinta-, ylläpito-, peruskorjaus- ja purkukustannuksista. Myös rakennuksen ylläpito ja energiankulutus on otettava huomioon koko sen käyttöajalta. Mikäli tulevaa tuottoa pystytään ennalta arvioimaan, voidaan se myös huomioida kustannusarviossa. Elinkaariarvioinnin laadinnassa hiilijalanjälki on yleisin tarkastelun alainen seikka, mutta sen lisäksi voidaan tarkastella muun muassa uusiutumattomien aineiden ehtymistä, otsonikatoa, rehevöitymistä sekä happamoitumista. Elinkaariarvioinnissa käytettyjen laskentamenetelmien tulee olla vakioituja ja läpinäkyviä. (Kuittinen & le Roux. 2017.)

Elinkaaren kustannuslaskennalla ja elinkaariarvioinnilla on merkittävä ohjausmahdollisuus rakennuksen suunnitteluvaiheeseen sekä kokonaisvastuurakentamiseen. Erilaisia tiloja voidaan jopa hankkia elinkaaripalveluna, jolloin tarjoajat tekevät elinkaaren kustannuslaskelmat ja elinkaariarvioinnin osana tarjousta. Euroopassa elinkaaren kustannuslaskelmat ja elinkaariarviointi laaditaan EN-standardien mukaisesti. (Kuittinen & le Roux. 2017.)

2.3 Rakennuksen elinkaaren vaatimukset ja tavoitteet

Rakennuksen elinkaaren vaatimukset ja tavoitteet liittyvät suoraan suunnitteluun, rakentamiseen, kiinteistön ylläpitoon ja lopulta kiinteistön purkamiseen. Kyseiset vaatimukset muodostuvat usealla eri tavalla. Osa vaatimuksista on lakisääteisiä ja monet puolestaan ovat käyttäjän, kiinteistön omistajan tai rahoittajan määräämiä. Tähän kokonaisuuteen sisältyvät myös vihreän rakentamisen tavoitteet. Ympäristötavoitteiden tärkeydestä huolimatta ne eivät voi olla ristiriidassa muiden rakentamista koskevien lakisääteisten asetusten kanssa. Luonnollisesti kaikki muut ratkaisut, jotka eivät ole lakisääteisiä ovat käytännössä hankkeeseen osallistuvien tahojen arvovalintoja.

Esimerkkinä, jos kiinteistön arvioitu käyttöikä on sata vuotta, niin tilaaja ei millään tavoin itse hyödy kiinteistön järkevästä purettavuudesta. Myöskään rakennusmateriaalin valmistaja ei suoraan hyödy tuotteen kierrätettävyydestä,

mikäli tämä tapahtuu kymmenien vuosien päästä. Tästä voidaan suoraan päätellä ratkaisujen arvopohjainen ohjautuvuus ja todeta, että elinkaariajattelu toimii ennen kaikkea vastuullisuuden työkaluna. Toki maankäyttö- ja rakennuslaissa todetaan rakentamisesta, että ”edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurillisesti kestäväää kehitystä”. Tämän nojalla elinkaariajattelu nimenomaan toteuttaa lakisääteistä rakentamista ja tukee julkisen rakentajan tavoitteita. Kokonaisvastuu ei kuitenkaan koskaan ole täysin rakentajalla, vaan myös pääsuunnittelijan, kohteen rakentajan, rakennusmateriaalin valmistajan ja kiinteistön haltijan pitää tarkastella omaa toimintaansa kriittisesti ja osoittaa vastuuta ympäristöstä pitkän elinkaaren suhteen. (Kuittinen & le Roux. 2017.)

3 TIETOMALLINNUS

Tietomallintamisella, kansainvälisesti building information modeling (BIM), tarkoitetaan kaikkien rakennushankkeen tietojen kokonaisvaltaista hallintaa ja käsittelyä tieto- ja informaatiotekniikan (ICT) avulla. Tietomallinnus usein yhdistetään 3D-mallinnukseen, mutta geometrinen kuvaus ei ole välttämätön osa tietomallia. Toisaalta rakennusta esittävät visuaaliset 3D-mallit ilman attribuuttitietoja eivät ole tietomalleja. Rakennushankkeen eri osapuolien erillään olevat tietomallit yhdistämällä mahdollistetaan kokonaisuuksien tarkastelu ja analysointi. Mikäli osapuolien tietomallit on tuotettu eri ohjelmistoilla, voidaan siitä huolimatta tietomallit yhdistää avoimia standardeja, kuten IFC-tiedostomuotoa käyttämällä. (Rajala 2007.)

Tietomalli pohjautuu perusidealtaan objekteihin ja niihin liitettyyn tietoon. Geometrian pohjalta luotu objekti sisältää käyttötarkoituksen mukaan tietoa objektien materiaaliominaisuuksista sekä siitä, onko kyseessä esimerkiksi seinä, pilaari, palkki vai laatta. Parametrien ja sääntöjen avulla varmistetaan objektin yhteensopivuus ja liittyminen viereisten objektien kanssa. Parametristen objektien avulla manuaalisten muutosten tekeminen vähenee ja tietomallintamisen tehokkuus kasvaa huomattavasti. Parametriset objektit on myös mahdollista linkittää muihin tietomalleihin tai ohjelmistoihin, jolloin tiedot saadaan tehokkaammin manuaaliseen tapaan verrattuna. (Lorek 2018.)

3.1 Tietomallintamisen hyödyt

Tietomallinnus tukee suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestäväen kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin toteutumista. Kuvassa 4 on esitetty tietomallintamisen tärkeimmät hyödyt, joiden voidaan ajatella jakautuvan viiteen osa-alueeseen. Tietomallit helpottavat muun muassa ratkaisujen toimivuuden, laajuuden ja kustannusten sekä elinkaaren aikaisten energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysien vertailua. Tietomallien merkittävä etu on myös suunnitelmien havainnollistamisessa. Rakennettavuuden analysoinnin sekä laadunvarmistuksen, tiedonsiirron ja suunnitteluprosessin tehostuminen kuuluvat myös tietomallintamisella tavoiteltaviin hyötyihin. (Kautto 2012, 4; Henttinen 2012, 5.) Näin voidaan tukea päätöksentekoa sekä saavuttaa parempi tiedonkulku sekä suunnitteluryhmän sisällä, että suunnittelijoiden, tilaajan ja urakoitsijan välillä (Kautto 2012, 5.).

Tietomallintamisen hyödyt

Investointipäätösten tuki

- Ratkaisujen toimivuuden ja laajuuden vertailu
- Kustannusvertailut

Energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit

- Ratkaisujen vertailu
- Suunnittelun tehostuminen
- Ylläpidon seuranta

Suunnitelmien havainnollistaminen

- Visuaalinen esitystapa
- Rakennettavuuden analysoiminen

Laadunvarmistuksen, tiedonsiirron ja suunnitteluprosessin tehostuminen

Rakennushankkeen tietojen hyödynnettävyys käytön ja ylläpidon toiminnoissa

Kuva 4. Tietomallintamisen hyödyt. (Kautto 2012, 4; Henttinen 2012, 5)

Korjaushankkeen onnistuminen sekä aikataulullisesti että taloudellisesti edellyttää riittävät, laadukkaat ja ajantasaiset lähtötiedot. Tietomalli tehostaa suunnitteluprosessia suunnitelmien laadulla ja osapuolien välisen yhteisen tiedonsiirron avulla. Tietomallinnusta hyödyntämällä suunnitelmia on mahdollista analysoida systemaattisesti. Tietomallin ja eri osapuolien yhteistyön avulla voidaan helposti todeta mahdolliset päällekkäisyydet suunnitelmissa ja tietomallin käyttöön liittyykin olennaisesti laadunvarmistus. Tietomallia voidaan myös

hyödyntää vaihtoehtoisten suunnitteluratkaisujen vertailuun ja lähtötietona muun muassa energia, elinkaari ja kustannuslaskelmissa. Kolmiulotteisen tietomallin hyödyntäminen työskentelyssä edesauttaa suunnittelua ja suunnitelmien hahmottamista. Kolmiulotteista tietomallia pystytään hyödyntämään laajemmin sen sisältämän suuremman tietomäärän ansiosta. (ProDigiOUs 2019.)

3.2 Tietomalliprosessin hyödyt korjaushankkeessa

On arvioitu, että maailmanlaajuisesti jopa yli 60 % seuraavan 20 vuoden projekteista tulee olemaan korjausrakentamishankkeita. Korjausrakentamisen lisääntyessä suuremmissa kohteissa laserkeilaus ja tietomalli takaavat kustannustehokkaan tavan työskennellä. Pitää kuitenkin huomioida, että tietomalli lisää suunnittelu-aikaa ja -kustannuksia. Näin ollen, pienemmissä korjauskohdeissa perinteinen dokumenttipohjainen suunnittelu voi olla edelleen tehokkaampaa kuin tietomallin käyttö. (Turner 2011; Haavisto 2013, 39.)

Tietomallinnuksella saavutetaan parhaimmillaan lisäarvoa koko rakennushankkeen ajan. Sen avulla tuetaan päätöksentekoa havainnollistettujen suunnitteluratkaisujen sekä erilaisten laajuus-, kulutus- ja kustannustietojen sekä analyysien avulla. Korjaushankkeissa merkittäviä eroja uudisrakentamiseen tuovat olemassa olevan rakennuksen rajaamat ehdot, nykyaikaisen talotekniikan suurempi tilantarve ja sen sovittaminen rakenteisiin sekä rakennusaikaisien muutoksien suurempi määrä. Lähtötietojen laatu ja tarkkuus ovat merkittävässä roolissa osana korjaushanketta. Useasti korjattavan rakennuksen olemassa olevat loppudokumentaatiot ovat puutteellisia tai epäluotettavia, minkä seurauksena lähtötiedot on hankittava paikan päältä suunnitteluvaiheessa. Valmisosien käyttö ja talotekniikan sovittaminen vanhoihin rakenteisiin vaatii lähtötilanteesta tarkkoja mittatietoja. (Teittinen 2018.)

Mallinnuksen tavoitteet



Kuva 5. Mallinnuksen tavoitteet. (Henttinen 2012, 5)

Edellä kuvassa 5 on esitetty mallintamisen tärkeimmät tavoitteet. Tavoitteita liittyy sekä päätöksenteon ja yhteistyön helpottamiseen, havainnollistamiseen että laadunvarmistukseen ja erilaisten kustannus-, turvallisuus-, energia- ja elinkaaritarkastelujen tekemiseen. (Henttinen 2012, 5.)

3.3 Laadunvarmistus

Tietomallipohjaisen laadunvarmistusprosessin avulla saadaan rakennuksen tiedoista parempi käsitys kokonaisuudesta jo varhaisessa vaiheessa. Visuaalisuus helpottaa huomattavasti laajojen kokonaisuuden hahmottamista. Tietomallilla voidaan havainnollistaa muun muassa tilojen käyttöä, esteettömyyttä, valaistusta, määräystenmukaisuutta ja turvallisuutta. Inventointimallin hyödyt tulevat esiin erityisesti arvokiinteistöjen kohdalla. Sen avulla voidaan analysoida rakennusosia rakenteellisten tai suojelullisten ominaisuuksien mukaan ja yhteensovittaa uudet rakenteet ja muutostyöt vanhojen rakenteiden kanssa. Inventointimalli mahdollistaa vanhojen rakenteiden soveltuvuuden arvioimisen vaatimuksiin nähden. Olosuhdesimuloinnilla selvitetään alkuperäisten tilojen olosuhteita ja soveltuvuutta tulevaan käyttötarkoitukseen tai vaatimuksia uudelle talotekniikalle ja rakenteille. Inventointimallia voidaan käyttää energiasimulointiin, jonka avulla voidaan analysoida energiankulutusta ja nykyisten

vaatimusten täyttämistä sekä tarkastella korjaustöiden vaikutusta energiatehokkuuteen. (Rajala 2007.)

4 YLEISET TIETOMALLIVAATIMUKSET 2012

Tietomallinnuksen käytön yleistyessä nopeasti, on syntynyt tarve tietomallivaatimuksille. COBIM-kehittämishankkeessa on tuotettu ”Yleiset Tietomallivaatimukset 2012” (YTV2012), joissa määritetään täsmällisemmin mitä mallinetaan ja miten rakennushankkeen eri vaiheissa. ”Yleiset Tietomallivaatimukset 2012” on koottu käyttäjäkokemusten ja organisaatioiden käytössä olleiden ohjeiden perusteella yhteistyössä COBIM-hankkeen osapuolten kanssa. (buildingSMART 2012.)

Käytettäville malleille ja niiden hyödyntämiselle määritellään ja dokumentoidaan hankekohtaiset painopistealueet ja tavoitteet. Projektikohtaiset mallinnusvaatimukset pohjautuvat yleisiin tietomallivaatimuksiin ja sisältyvät suunnittelusopimukseen. Mallinnusvaatimusten ja -sisällön tulee yleisiin tietomallivaatimuksiin sitouduttaessa vastata YTV2012 vähimmäisvaatimuksia ja olla esitystavaltaan yhdenmukaisia. Yleisiä mallitekniisiä vaatimuksia ovat muun muassa ohjelmistovaateet, mallien luovutus sovitussa laajuudessa, mallien mittatarkkuus sekä vaatimukset mallien tietorakenteesta. (Kautto 2012, 4; Henttinen 2012, 5.) Jo tarjouspyynnössä tulisi kirjata haluttu mallien käytön laajuus, eri osapuolten vastuut ja käytettävät tarkistusmenetelmät. Siksi hankkeen tietomallintamisen tavoitteet tulisi määritellä ennen suunnittelijavalintaa. Näin vältytään siltä, että suunnitteluryhmän kokoonpano tai yritysten tiedonhallinnan ja mallintamisen taso pääsisi määrittämään rakennusprosessin aikana käytettävien mallien ja niiden käytön tason. (Henttinen 2012, 6.)

Tietomallihankkeen osapuolet sitoutuvat tutustumaan kaikille suunnittelualoille yhteiset suunnitteluvaatimukset sisältävään YTV2012-dokumentin yleiseen osuuteen ja laadunvarmistus-osioon sekä omaa alaansa koskeviin vaatimuksiin. Projektin johtamisesta tai sen tiedonhallinnasta vastaavan henkilön tulee hallita tietomallivaatimusten periaatekokonaisuus. (Kautto 2012, 5; Henttinen 2012, 5.)

4.1 Yleiset mallitekniset vaatimukset

Mikäli hankekohtaisesti ei ole sovittu toisin, käytetään vähintään IFC 2x3 serti-
fioituja mallinnusohjelmia. Tarjouksessa on mainittava käytettävän mallinnus-
ohjelman ja sen tukeman IFC-muotoisen tiedoston versio. Myös ohjelmistojen
ja niiden versioiden vaihtamisesta hankkeen aikana tulee sopia ja versiota
vaihdettaessa tulee suorittaa tiedonsiirron testaus. Ohjelmistorajoitukset eivät
koske sisäistä työskentelyä ja dokumenttien tuottamista. (Henttinen 2012, 6.)

Mallit luovutetaan työn aikana IFC-muotoisena ja natiivimallina työn vaati-
massa laajuudessa. Mallien jakelutavasta sovitaan projektikohtaisesti. Jaetta-
vista malleista poistetaan varsinaiseen suunnitelmaan kuulumattomat tasot ja
mallinnuskomponentit ja niihin sisällytetään ainoastaan julkaisevan suunnitteli-
jan omat mallinnusosat. Korjausrakentamiskohteissa tästä poiketaan suunnit-
telumallien pohjana käytettävän inventointimallin osalta. Alkuperäinen inven-
tointimalli arkistoidaan erikseen. (Henttinen 2012, 6.)

Tarvittaessa mallin mukana luovutetaan suunnittelutiedon säilymiseksi edelly-
tettävät kirjastot tai erikseen sovitaan miten tilaajalle rakennuksen käyttöä, yl-
läpitoa ja korjauksia ajatellen käyttökelpoinen malli saadaan toimitettua ilman
kirjastojen luovuttamista. Tiedostot tulee jaettaessa pakata (.zip) tai käyttää
IFC-tiedostojen optimointiohjelmaa tiedostokoon pienentämiseksi. (Henttinen
2012, 7.)

Projektikoordinaatisto määritellään siten, että origo sijaitsee lähellä rakennusta
ja koko rakennusalue on positiivisessa koordinaatistossa. Kaikki tontilla olevat
rakennukset mallinnetaan samaan koordinaatistoon. Projektikoordinaatiston
sijainti suhteessa kunnan koordinaatistoon tulee määrittää ja dokumentoida
vähintään kahden vastinpisteen avulla. Projektikoordinaatiston muuttaminen
samaan muotoon kuin kunnan koordinaatisto suoritetaan valittujen vastinpi-
steiden avulla käyttäen yhdenmuotoisuusmuunnosta. Rakennusten korkeus-
asemat määritetään tyypillisesti absoluuttisina korkeusasemina paikallisessa
koordinaattijärjestelmässä. Korjausrakentamisessa inventointimallin koordi-
naatisto(t) tulee muuttaa vastaamaan sovittua koordinaatistoa, mikäli suunnit-
telussa käytetään muuta kuin inventointimallin koordinaatistoa. (Henttinen
2012, 7.)

Mallinnuksen alkuvaiheessa voidaan käyttää moduulijärjestelmän mukaisia liittymismittoja. Arkkitehdin mallissa voidaan aukoille, oville ja ikkunoille käyttää nimellismittaa. Rakennusosamallissa mallinnetaan todelliset sovitukset. Tontin mallin sekä inventointi-, rakennusosa-, rakenne- ja järjestelmämallien osalta noudatetaan tarkoituksenmukaisuuden periaatetta. Mittoja käytetään johdonmukaisesti ja yhteisesti sovitun mukaisesti, käyttäen mahdollisimman tarkkoja mittoja kuitenkin mallin käytettävyyden huomioiden. (Henttinen 2012, 7-8.)

Mallinnuksessa käytetään ohjelmistojen mallikomponentteja ja mallinnettavan objektin mukaisia työkaluja. Mikäli tästä on poikettava tai soveltuva työkalu puuttuu ohjelmistosta, dokumentoidaan mallinnustapa tietomalliselostuksessa. Tietomalliselostus on suunnittelualakohtaisesti ylläpidettävä kuvaus mallin sisällöstä, käytetyistä mallinnustavoista ja mahdollisista poikkeamista YTV2012:ssa esitettyyn. Se sisältää tiedon mallin julkaisutarkoituksesta ja tarkkuusasteesta. Sitä päivitetään aina kun malli julkaistaan muiden osapuolten käyttöön. (Henttinen 2012, 8-9.)

YTV2012 mukaan rakennukset mallinnetaan lähtökohtaisesti kerroksittain ja jokainen erillinen rakennus itsenäisenä mallina. Mahdollisesta lohkojaosta sovitaan projektikohtaisesti. (Henttinen 2012, 9.)

4.2 Inventointimalli

Inventointimallilla tarkoitetaan lähtötietojen perusteella kohteesta laadittua tietomallia. Lähtötiedoilla tarkoitetaan materiaalitietoja, tila- ja laajuustietoja, geometriaa ja mittatietoja. Inventointimalli ei välttämättä tarkoita 3D-mallia, vaan jonkinlaista järjestelmällistä tietojen kokoamista. Huonekorttipohjainen ratkaisu, mahdollisella yksinkertaisella tilamallilla, saattaa olla riittävä lähtötietojen kokoamiseen, kun kohteeseen ei tehdä rakenteellisia muutoksia.

Inventointimallin parhaat hyödyt saadaan kuitenkin tekemällä kohteesta kolmiulotteinen inventointimalli. Tällöin voidaan laatia luotettavat suunnitelmat ja varmistua rakenteellisten muutosten ja talotekniikan sopimisesta olemassa oleviin rakenteisiin. Hankekohtaisesti voidaan määrittää tarkempi taso, esimerkiksi arvokiinteistöissä, joissa rakennuksen dokumentoinnin kannalta voi

olla tarkoituksenmukaista korottaa tasoa normaalia korkeammaksi. (Rajala 2007, 447.)

Inventointimallinnus tilataan usein ulkopuoliselta konsultilta, sillä resursseja tai osaamista ei välttämättä ole tarpeeksi omassa organisaatiossa. Tarvekartoitus tulisi laatia aina ennen inventointimallintamisen aloittamista, jotta tarkoituksenmukainen mittaus- ja mallinnustarkkuus, tietosisällölliset tarpeet, inventoinnin laajuus sekä toimintaympäristöihin ja tiedonsiirtoon liittyvät vaatimukset käyvät ilmi kaikille projektiin osallistuville osapuolille. Selkeällä ja tarkalla tavoitteiden määrittelyllä estetään väärinkäsityksien ja ylimääräisten muutostöiden syntymistä. Jos kohteessa on tiukka aikataulu, voidaan tietomalli toimittaa suunnittelijalle osissa mallinnuksen edetessä. Kun suunnittelija tekee mallin itse, pysyy hän parhaiten hyödyntämään sitä. Lisäksi vältetään tiedostomuodoista aiheutuvia ongelmia. (Rajala 2007, 447-448; Rajala 2012, 9-19.)

YTV2012 määrittää keskeiset mittaus- ja mallinnusvaatimukset, mutta esimerkiksi tilaajalla on mahdollisuus tehdä tähän tarkennuksia. Tilaajan laatimilla organisaatiokohtaisilla ohjeistuksilla ja vaatimuksilla pyritään ohjaamaan tietomallinnusta tukemaan organisaation prosesseja. (Rajala 2007, 447-448; Rajala 2012, 9-19.)

Mittaustapa määräytyy vaaditun tason mukaan. Taso 1 voidaan suorittaa laseretäisyysmittauksella ja olemassa olevien piirustusten pohjalta. Tällöin mitta-aineisto muodostetaan manuaalisten mittausten perusteella, eikä geometrialtaan luontevia inventointimalleja tai mittauspiirustuksia voida tehdä. Tason 1 menetelmä sopii yksittäisten lähtötietojen tarkastamiseen mallinnettaessa vanhoista piirustuksista. Taso 2 saavutetaan takymetrimittauksella. Tällöin mitta-aineisto perustuu samassa koordinaatistossa olevista yksittäisistä pisteistä, symboleista ja viivoista. Takymetrimittaus soveltuu alueiden kartoituksiin ja laserkeilauksen täydennysmittauksiin. Menetelmää voidaan käyttää inventointimallinnuksen lähtötietona yksinkertaisissa kohteissa. Vaatimuksena on alle 5 mm:n poikkeama määritettyjen mittapisteiden sijainnissa. Taso 3 saavutetaan laserkeilaamalla kaikilta näkyviltä pinnoilta. Laserkeilauksen kohina, eli virhe saa olla korkeintaan ± 10 mm ja resoluutio, eli pistetiheys tulee olla alle 5 mm. Takymetrimittauksella tai fotogrammetrialla voidaan täydentää

laserkeilausta hankalista paikoista. Inventointimalli voidaan mitta-aineiston perusteella toteuttaa 10 mm:n toleranssilla. (Rajala 2012, 9-11.)

Vanhoissa rakennuksissa rakenteet ovat usein vinoja tai geometrialtaan epämääräisiä. Inventointimallissa absoluuttiseen tarkkuuteen pyrkiminen ei ole tarkoituksenmukaista. Inventointimallissa sallitaan mittapoikkeamia, jotka ovat nurkkapisteissä 10 mm, pinnoilla 25 mm ja vanhojen epäsäännöllisten rakenteiden osalta 50 mm. (Rajala 2012, 13.)

4.2.1 Inventointimallin sisältö

Oleellinen osa inventointimallin hyödyntämisestä on tilojen mallintaminen tilaobjekteina, joihin liitetään vähintään tilatunnus, nimi ja pinta-ala mallista mitattuna. Kaikista mallinnetuista objekteista tulee käydä ilmi rakennusosan tyyppi (sekä kantavat ja ei-kantavat rakenteet). Kantavista rakenteista tulee dokumentoida tieto kantavuuden määrittelystä (arvio vai suunnitelmien pohjalta määritetty). Mallinnuksessa käytetään ohjelmistojen omia työkaluja eri rakennusosia varten. Inventointimallista tulee käydä ilmi lähtötiedon laatu. Inventointimallissa tilojen ja rakennusosien sijainnin on käytävä ilmi, lisäksi rakennusmateriaalit merkitään sovitussa laajuudessa.

Piilossa olevat rakenteet voidaan mallintaa vanhojen suunnitelmien pohjalta tai ne voidaan täydentää purkutöiden jälkeen täydennysmittausten avulla. Perustusten mallinnus ei yleensä kuulu inventointimallin tietomallisisältöön, sillä niitä ei päästä mittaamaan. Mikäli perustukset halutaan inventointimalliin, on suositeltavaa, että rakennesuunnittelija toteuttaa tai täydentää inventointimallinnusta. Ala-, väli- ja yläpohjat mallinnetaan yleisesti yksirakenteisina laattoina. Laattojen paksuudet määräytyvät muiden kerrosten ja vanhojen suunnitelmien mukaan, koska tarkkaa tietoa ei saada ilman lisätutkimuksia. Julkisivut koristeineen ja varusteineen mallinnetaan sovitulla tarkkuudella, ikkunat ja ovet voidaan mallintaa asennusaukkoina tai kokonaisuudessaan detaljeineen projektikohtaisesti määritellyllä tarkkuudella. Rakennukseen kiinteästi liittyvät rakenteet, kuten parvekkeet, katokset, terassit ja ulkotasot, mallinnetaan sovitulla tarkkuudella. Yleisten tietomallivaatimusten mukaisesti vesikaton varusteita tai laitteita ei mallinneta, mikäli siitä ei ole erikseen hankkeen alussa

sovittu. Tavallisesti vesikattorakenteet kuitenkin mallinnetaan talotekniikan soveltamiseksi rakenteisiin sekä uudis- että korjauskohteissa. (Rajala 2007, 451.)

Suunnitteluprosessiin vaikuttavat alueosat, kuten säilytettävät puut, on suositeltavaa esittää arkkitehdin tietomallissa. Talotekniikan mallinnus ei yleensä ole vaadittua, mutta talotekniikan tilanvaraukset, lattiakaivot, vesikalusteet ja valaisimet korjauksen laajuuden mukaan kannattaa sisällyttää inventointimalliin. Aluevarusteiden (talo-, leikki- ja oleskeluvarusteet) ja aluerakenteiden (pihavarastot, aidat, katokset, tukimuurit ym. piharakenteet) mallintaminen ei yleensä ole tarpeellista. (Rajala 2007, 451.)

4.3 Rakennemalli

Rakennesuunnittelijan tuottama suunnittelumalli, eli rakennemalli, kehittyä ja tarkentuu suunnitteluprosessin edetessä. Rakennesuunnittelua käsittelevässä YTV2012 osiossa suunnitteluvaiheet on esitetty TELU 08 Rakennesuunnittelun tehtäväluettelon mukaisesti. Rakennesuunnittelun mallintamisen ja rakennesuunnittelijan tuottamien tietomallien vaaditun tietosisällön määrittelyllä tuetaan päätöksentekoa ja tiedonkulkua eri osapuolten välillä. (Kautto 2012, 5.)

Korjausrakennuskohteissa mallin laajuus päätetään projektikohtaisesti. Lähtötilanne mallinnetaan, mikäli riittävän tarkkaa lähtötietomallia ei ole valmiiksi saatavilla. Lähtötilanteen mallintaminen perustuu joko mittauksiin tai vanhoihin rakennepiirustuksiin. Tietomalliselostukseen merkitään mittausmenetelmä ja arvio mallitarkkuudesta. (Kautto 2012, 8.)

Rakennemallin osalta YTV2012 -ohjeistus sisältää vähimmäisvaatimuksena kantavien rakenteiden, ei-kantavien betonirakenteiden sekä kokonsa tai sijaintinsa puolesta muuhun suunnitteluun vaikuttavien rakenteiden mallintamisen. Korjausrakennuskohteiden osalta vähimmäisvaatimuksena on uusien kantavien rakenteiden ja ei-kantavien betonirakenteiden mallintaminen. Olemassa olevia kantavia rakenteita mallinnetaan ainoastaan, mikäli rakenteelliset muutokset sitä edellyttävät. Niiden osalta tulee varmistaa rakennusosien oikeelli-

suus IFC-mallissa, sisältäen rakennusosan sijainti, nimi tai tyyppi sekä geometria. Tämä tapahtuu automaattisesti käytettäessä ohjelmistossa kyseisen osan mallintamiseen tarkoitettuja työkaluja. (Kautto 2012, 6,8.)

Rakennesuunnittelijan mallissa kunkin kerroksen malliin sisältyvät kerroksen yläpuoliset vaakarakenteet. Alapohja ja perustukset muodostavat oman kerroksensa ja ylimmässä kerroksessa malli ulottuu vesikattorakenteisiin asti. Rakennemalli sisältää myös rakenteiden kantavuuteen liittyvät pintarakenteet kuten paloneristykset. Tulee huomata, että arkkitehdin malli eroaa tästä joiltakin osin. (Henttinen 2012, 9.)

Rakennetyypit listataan tehtäväluettelon mukaisesti niiltäkin osin kuin ne eivät sisälly rakennemalliin. Näin ne ovat koko projektiryhmän käytettävissä. Rakennetyypit tulostetaan 2D-piirustuksina. Arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan käyttämien nimitysten tulee rakennusosamallissa olla yhteneviä. Projektille sovitaan noudatettava koordinaatisto ja rakennemallin kerros- ja/tai lohkotieto siirtyy IFC-tiedostossa käytettäväksi esimerkiksi visualisoinnissa ja tarkastuksissa. (Kautto 2012, 6.)

Suunnittelussa hyödynnetään automaattista mallinnusohjelmakohtaista GUID-numerointia sekä rakenteiden loogista numerointia hankkeessa sovitun ja tilaajan hyväksymän käytännön mukaisesti. Nimeämis- ja numerointilista annetaan projektiryhmän käyttöön ja sitä voidaan hyödyntää muun muassa määrälaskennassa ja logistiikassa. Rakennemallissa rakennusosien valmiusaste esitetään tietomalliselostuksessa. Valmiusasteen esitystavasta sovitaan projektikohtaisesti. Julkaistavien rakennemallien tulee ohjeistuksen mukaan sisältää vain rakennesuunnittelijan suunnittelema objektia. Tämä tarkoittaa, että rakennemallissa ei ole esimerkiksi talotekniikan suunnitelmia näkyvissä. Korjausrakentamisen kohdetta mallinnettaessa laajuus on sovittava projektikohtaisesti. Mikäli kohteesta tehdään inventointimalli, vaikuttaa sen soveltuvuus mallinnustarkkuuteen ja -laajuuteen. Malli on julkaistaessa läpikäynyt laadunvarmistuksen, josta on tietomalliselostuksen liitteenä allekirjoitettu rakennusmallin tarkastuslomake. Julkaistavan IFC-mallin sisältö voidaan määrittää käyttötarkoituksen mukaan. (Kautto 2012, 7-8.)

4.4 Mallien jakaminen ja julkaisu

YTV2012 mukaan malli tulee julkaista samaan aikaan tai ennen kussakin vaiheessa julkaistavia dokumentteja. Mallin hyödyntämiseksi suunnitelman kehittämisessä, tulisi tietomalleja julkaista huomattavasti dokumentteja useammin ja myös mallien julkaisuaikataulu tulisi huomioida projektin suunnitteluajataulussa. Malli julkaistaan tiettyyn tarkoitukseen tehdyn suunnitelman mukaisesti. Mallien tarkastamiselle ja analysoinnille tule varata riittävästi aikaa. Yhdellä kertaa julkaistavien mallien ja asiakirjojen tulee olla keskenään yhdenmukaisia. Julkaisua edeltää mallin tarkistus YTV2012 laadunvarmistusosan mukaisesti. Jokainen suunnitteluosapuoli vastaa oman suunnittelutietomallinsa tarkistamisesta ennen hankkeen tietomallikoordinaattorin suorittamaa virallista laadunvalvontaa. (Henttinen 2012, 10-11.)

Suunnittelunaikaista tehokkuutta ja tiedonsiirtoa tukevat suunnitteluosapuolien välillä jaettavat työmallit, joita tallennetaan esimerkiksi projektipankkiin tasaisin väliajoin – suunnitteluvaiheesta riippuen tyypillisesti 1–4 viikon välein. Työmalleilta sallitaan keskeneräisyyttä ja siihen liittyviä virheitä, eikä niiden tarvitse olla kaikilta osin tarkastettuja, kunhan työmallin luonne ja valmiusaste ovat kaikkien osapuolien tiedossa. (Henttinen 2012, 11.)

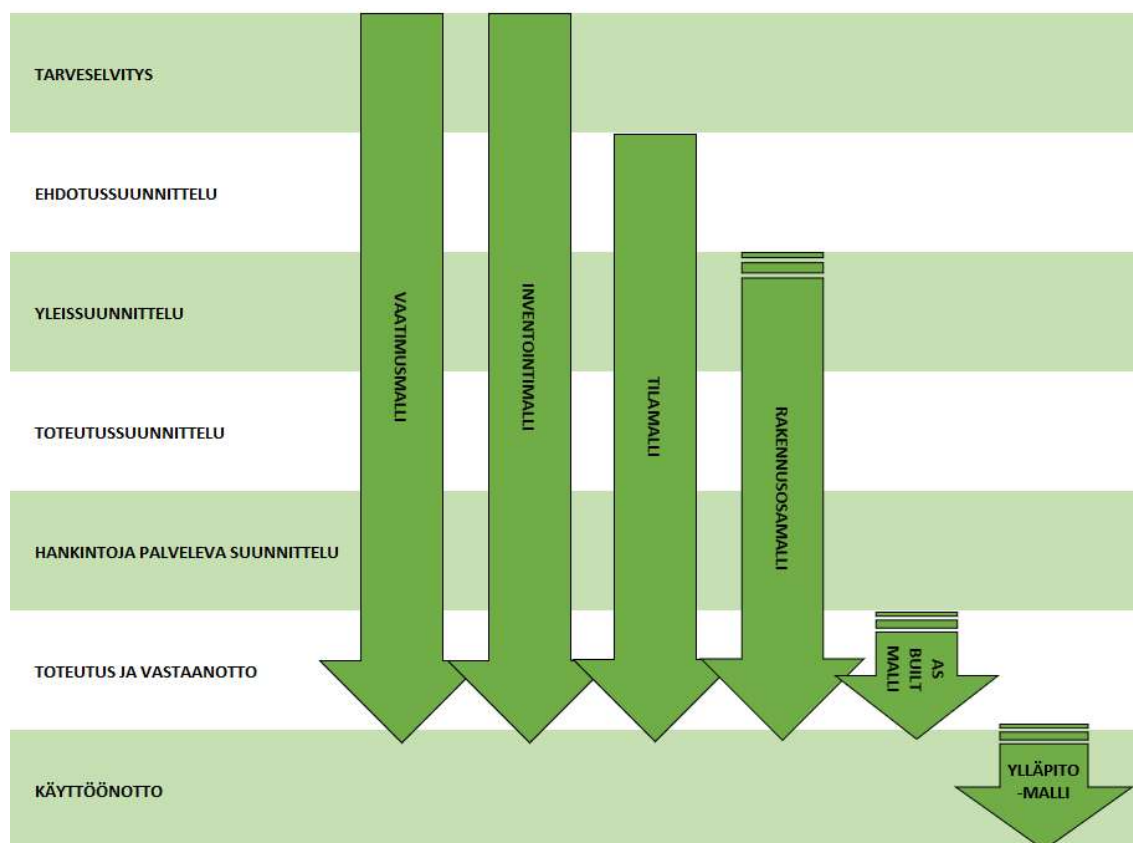
5 SUUNNITTELUPROSESSIN ETENEMINEN

Tässä luvussa käydään läpi suunnitteluprosessin vaiheistus tarveselvityksestä käyttöönottoon, sekä prosessissa tuotettavat mallit. Lisäksi tarkastellaan korjausrakentamisen ja inventointimallinnuksen vaiheita.

5.1 Suunnitteluprosessin vaiheet

Suunnittelu etenee rakennesuunnittelun vaatimusmallista, ehdotussuunnitteluun ja edelleen yleissuunnitteluun. Yleissuunnittelua seuraa toteutussuunnittelu, hankintoja palveleva suunnittelu ja lopulta toteutus. (Kautto 2012, 8-19.) YTV2012 yleisen osion (Henttinen 2012, 21) mukaan rakennesuunnittelijan tuottamat mallit ovat i) tilakohtaiset kuormat ja muut mahdolliset rakenteelliset vaatimukset sisältävä vaatimusmalli, ii) kantavat rakenteet sisältävä inventointimalli, joka sisältyy usein samaan malliin arkkitehdin inventointimallin kanssa,

iii) rakennejärjestelmäehdotuksen ja perustusrakenne-ehdotuksen sisältävä tilamalli, iv) hankkeen edetessä tarkentuvat rakennusosa- ja järjestelmämallit edeten alustavasta rakennusosamallista rakennusosa- / varausmallilaskentaan sekä rakennusosa- ja varausmalli-toteutuksen mallintamiseen, sekä viimeisenä, v) toteutusta vastaava toteumamalli.



Kuva 6. Suunnitteluprosessin vaiheet. (Henttinen 2012, 10)

5.1.1 Tarveselvitysvaihe

Tarveselvitysvaiheessa (vaatimusmalli) kartoitetaan kiinteistön omistajan ja tulevien käyttäjien tarpeet ja tavoitteet, joiden perusteella voidaan vertailla erilaisia toteutusvaihtoehtoja. Ainakin keskeisimmät tilavaatimukset kirjataan sähköiseen muotoon. Hankkeen budjetti- ja aikataulutavoitteet sekä bruttoala-, tilavuus- ja erilaisten toimintojen kokonaisalatiedot sisältävä vaatimusmalli toimii lähtötietona suunnitteluprosessille. (Henttinen 2012, 11.)

Vaatimusmalli on vähimmillään taulukkomuotoinen tilaohjelma, joka sisältää tila- tai tilaryhmäkohtaiset pinta-ala- ja erityisvaatimukset sekä koko rakennusta tai sen osia koskevia tavoitteita. Tällaisia tietoja ovat esimerkiksi tilan nettoalatarve, tilan käyttö ja käyttäjät sekä keskeiset yhteydet tai vaikutukset

muihin tiloihin, sisäilmaolosuhteet, ääneneristys, valaistus, kuormitus, kestävyys, turvallisuus ja laatu-aste, sekä LVIS-järjestelmät. Tilojen tulee olla tunnistettavissa hankeprosessin ajan ja niitä koskevien tietojen tulee olla systemaattisia. Tämä varmistetaan antamalla tiloille yksilölliset tunnisteet sekä kirjaimalla tilojen käyttötarkoitus ja nimi, sekä tarvittaessa tilatyypin ja sijaintitunniste. Projektivaatimuksia voidaan muuttaa suunnittelun edetessä, jolloin muutokset tulee kirjata vaatimusdokumentaatioon, jonka eri versiot arkistoidaan suunnitelmamallien tapaan. (Henttinen 2012, 12.)

Vaatimusmallissa esitetään rakennesuunnittelulle asetettavat tavoitteet ja vaatimukset, kuten käytettävät määräykset ja ohjeet sekä saadut lähtötiedot ja velvoitteet. Ehdotussuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelija arvioi arkkitehdin esittämän suunnitelman toteutettavuutta. Näissä mallin esitysmuoto on vapaa ja vasta yleissuunnitteluvaiheesta eteenpäin edellytetään tietomallinnusta. Siinä rakennesuunnittelun lähtötietoina toimivat lähtötietomallit, sekä ARK- ja TATE-tiedot YTV2012-vaatimusten mukaisesti sekä GEO-tiedot. Rakennemalli sisältää yleissuunnitteluvaiheessa tietoja vähintäänkin perustuksista, alapohja- ja runkorakenteista, ulkotasoista ja vesikatoista. Tuotettavat tulosteet sisältävät perustusten, alapohjan ja tasojen mittapiirustukset sekä yleisleikkauspiirustukset. (Kautto 2012, 8-10.) Suunnittelu pohjautuu lähtötilanteen mallintamiselle, eli uudiskohteiden kohdalla rakennuspaikan mallintamiseen ja korjausrakentamishankkeissa inventointimallin tuottamiseen. Joidenkin kuntien kohdalla, riippuen rakennuspaikasta, tontin topografinen malli on mahdollista saada kunnan paikkatietojärjestelmästä. Usein se kuitenkin joudutaan teettämään erikseen. (Henttinen 2012, 14; Simpanen 2018, 15.)

Tietomallikoordinaattorin tehtäviin kuuluu vaatimusmallivaiheessa hankkeen tietomallintamisen tavoitteiden laatiminen, erityisvaatimusten tähdentäminen sekä lähtötietojen saatavuuden koordinointi eri suunnittelijoiden välillä, sekä tietomallitavoitteiden tarkistaminen ja sen varmistaminen, että tietomallinnus on huomioitu aikatalutuksessa. (Henttinen 2012, 13.)

5.1.2 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnitteluvaihe sisältää vaihtoehtoisten suunnitelmien tekemistä. Siinä tyypillinen tietomallien tallennusväli on esimerkiksi suunnittelukokousten

väli. Mallin kolmiulotteisuus ja visuaalisuus nopeuttavat ratkaisuvaihtoehtojen vertailua. Tarkastelut sisältävät investointikustannusten lisäksi elinkaarikustannus- ja ympäristövaikutusarvot. Suunnittelun alkuvaiheessa voidaan vielä tehdä suuriakin muutoksia suunnitelmiin suhteellisen helposti, joten kattava vertailu kannattaa tehdä jo tässä vaiheessa. Mikäli ongelmat tulevat esille myöhemmin suunnittelussa, on niiden korjaaminen tietomalliin usein kalliimpaa ja vaikutus laatuun suurempi. Elinkaarikustannusten rakenteesta ja rakennuksen ympäristövaikutuksista on kerrottu enemmän kappaleessa 2.2 elinkaarikustannukset ja -arviointi. Kustannusarvot tehdään pinta-alojen ja tilan käyttötarkoitusten mukaan, tuottaen vertailtavissa olevia tilapohjaisia kustannusarvioita. Määrä- ja kustannuslaskennan tekevä taho sovitaan projektikohtaisesti. Alustavat energia-analyysit ja elinkaarikustannusarvot kuuluvat tilauksesta riippuen LVI-suunnittelijan tehtäviin tai ne teetetään tarvittaessa erillisenä konsulttityönä. (Henttinen 2012, 13-14.)

Arkkitehti mallintaa ehdotussuunnitteluvaiheessa kohteen tilat sekä rakennuksen massoittelun ja ulkovaipan sellaisella tarkkuudella, että se riittää päätöksentekoon vaihtoehtojen välillä. Arkkitehdin tilamallista saadaan tilojen käyttötarkoitukset, pinta-alat ja kokonaistilavuus. Arkkitehdin mallin perusteella rakennesuunnittelija laatii alustavan rakennusosamallin sekä rakennusosamallitasoiset tutkielmat tyyppirakenteista. LVIS-suunnittelussa tuotetaan alustavat talotekniikkajärjestelmämallit. Integroitujen mallien käyttö helpottaa vaihtoehtojen vertailua. (Henttinen 2012, 14.)

Malleja käytetään suunnitelmavaihtoehtojen havainnollistamiseksi tarjouspyynnössä ja suunnittelusopimuksissa projektikohtaisesti sovitun mukaisella tarkkuudella. On kuitenkin tärkeä huomata, ettei havainnollistamisessa vaadittua mallin tietosisältöä voida aina ennalta määritellä, vaan se tarkentuu projektin edetessä. (Henttinen 2012, 15.)

Tietomallikoordinaattori järjestää ehdotussuunnitteluvaiheessa mallien yhteensovittamistestin, jossa kunkin suunnittelualan rakennusosat sisältävät IFC-mallit yhdistetään ja näin varmistetaan, että kaikilla on käytössään sama koordinaatisto ja korkoasemat. Lisäksi tietomallikoordinaattori selvittää hankkeen eri vaiheissa tarvittavat ja tuotettavat mallit sekä vastuunjaon suunnittelijoiden

välillä, päivittää tietomallintamisen aikataulun ja tavoitteet, sekä tarkistaa tehtyjen tietomallien yhteensopivuuden ja ristiriidattomuuden. (Henttinen 2012, 15.)

5.1.3 Yleissuunnittelu

Ehdotussuunnitteluvaiheessa valittua, arkkitehdin tietomallina tuotettua, perusratkaisua kehitetään edelleen luonnossuunnitteluvaiheessa. Arkkitehti tuottaa alustavan rakennusosamallin, jonka tarkkuus riittää rakennusluvan hakemiseen tarvittavien piirustusten tuottamiseen. Rakennesuunnittelija mallintaa rakennejärjestelmän sen mitoituksen ja vaatimusten varmistamiseksi. LVIS-suunnittelussa määritellään järjestelmien vaatimat tilavaraukset. Tietomallikoordinaattorin tehtävät ovat pitkälti samoja kuin ehdotussuunnitteluvaiheessa ja niiden keskeinen sisältö on hankkeen tietomallintamisprosessin hallinnointi, johon kuuluu muun muassa eri suunnittelualojen mallien visuaalinen tarkastaminen, mallien yhdistäminen sekä havaittujen virheiden raportointi. Lisäksi niihin sisältyy suunnitteluajataulun seuranta ja valvonta mallien julkaisujen osalta. Eri suunnittelijoiden työ edistyy loogisesti rinnakkain ja yhteistyössä, mitä tukee mallien ajantasaisuus, joka varmistetaan tiheällä tietomallien tallennusvälillä. Yleisesti käytetty tallennusväli on suunnittelijapalaverien väli. (Henttinen 2012, 15-17; Niskakangas 2014, 42.)

Yleissuunnitteluvaiheessa tehdään rakenteiden ja järjestelmien visuaaliset törmäystarkastelut ja mallien virheettömyyden tarkistus hyödyntämällä yhdistelmämallia. Sitä hyödynnetään myös varmistamaan mallinnusvaatimuksissa määrittelynsisällön sisältyminen ja suunnitelmien laatu sekä määrätietojen luotettavuus. Mallin avulla voidaan rakennus sovittaa maastoon ja tarkastella asemointia visuaalisesti sekä tutkia esteettömien suunnitteluratkaisujen tekoa. Tilapohjaista kustannusarviota täydennetään rakennusosaluetteloista saatavilla määrätiedoilla. Alustavia energia-analyysyjä tarkennetaan hyödyntäen rakennuksen ulkovaipan tietoja. (Henttinen 2012, 16-17.)

5.1.4 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa tuotetaan urakkatarjouspyyntöjen edellyttämää tarkkuustasoa vastaavat yksityiskohtaiset tyyppitiedot sisältävät mallit. Toteutusvaiheessa sopiva tietomallien tallennusväli on yksi viikko. Arkkitehdin malli

päivittyy vähitellen kattavaksi ja mittatarkaksi rakennusosamalliksi, jota voidaan käyttää määrälaskennassa ja se toimii pohjana muiden suunnittelualojen malleille. LVIS-suunnittelussa mallinnetaan etupäässä järjestelmämallia. Pääsuunnittelija vastaa siitä, että suunnitelmat ovat ristiriidattomia ja rakennettavissa. Tietomallipohjaisen suunnittelun etuna pidetään toteutussuunnitteluvaiheessa ennen kaikkea työmaavirheiden ennaltaehkäisyä. (Henttinen 2012, 17-18.)

Toteutussuunnitteluvaiheessa mallin tiedot riittävät usein korkeatasoiseen suunnitelmien havainnollistamiseen. Tietomallikoordinaattorin laatimaa yhdistelmämallia hyödynnetään havainnollistamisen lisäksi suunnitelmien yhteensopivuuden tarkasteluun, kuten TATE-järjestelmien törmäystarkasteluihin, järjestelmien ja rakenteiden törmäystarkasteluihin, tilavarausten riittävyden varmistamiseen sekä reikä- ja varaussuunnitteluun. Tietomalleista saatavien määräluetteloiden ja kustannusarvioiden tuottaminen voidaan sisällyttää mallipohjaiseen prosessiin, jolloin tekijästä sovitaan projektikohtaisesti. Mallinnuksella ei kuitenkaan pystytä nykyisellään kattamaan kaikkia tarvittavia tietoja, joten määriä joudutaan laskemaan myös perinteisin menetelmin. Toteutussuunnitteluvaiheessa TATE-suunnittelija tai erillinen konsultti tuottaa lopulliset energia-analyysit ja elinkaaritarkastelut, joita voidaan hyödyntää käytönaikaisessa toteumavertailussa. (Henttinen 2012, 16.)

Tietomallikoordinaattorin tehtäviin toteutussuunnitteluvaiheessa kuuluvat tietomallintamisen aikataulun ja tavoitteiden päivittäminen, sekä tietomallien tuottamisen, yhteensopivuuden ja ristiriidattomuuden varmistaminen (Henttinen 2012, 18). Toteutussuunnitteluvaiheessa rakennemallin sisältö ja tarkkuus riippuvat rakennesuunnittelijan tehtävien laajuudesta kyseessä olevassa hankkeessa. Elementti- ja/tai konepajasuunnittelun kuuluessa rakennesuunnittelijan tehtäviin kehittää hän mallia myös elementtien ja/tai kokoonpanojen osalta samassa tarkkuudessa kuin edellisessä suunnitteluvaiheessa. Mikäli nämä vastuut kuuluvat muille suunnittelijoille, tulee tietomalliprosessissa varmistaa yhteistyön toimivuus ja sopia mallien jakamisesta ja yhteensovittamisesta. (Kautto 2012, 17.)

Toteutussuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelijan tietomallivaatimukseen kuuluvat mallinnus ja laadunvarmistus YTV2012 esitetyn mukaisesti sekä tietomalliselostuksen täyttö ja tulostettavien piirustusten laadinta. Mallista saatavia tulosteita ovat vähimmillään paalutuksen toteutumapiirustus, perustuksen mittapiirustus, väestönsuojan mittapiirustus ja paikallavalurakenteiden mittapiirustukset. Mallintamisen hyötyjä toteutussuunnitteluvaiheessa ovat suunnitelmien helppo havainnollistaminen, määrälaskenta ja suunnitelmien yhteensovittaminen. Mallia voidaan hyödyntää myös työturvallisuuden varmistamiseksi, rakentamisalueen käytön sekä rakentamisen työjärjestyksen ja aikataulutuksen suunnittelemiseksi. (Kautto 2012, 18.)

5.1.5 Hankintoja palveleva suunnittelu

Toteutussuunnittelun loppuvaiheessa hyväksytetään tilaajalla rakennushankkeen valmisteluvaiheen aloittamisen ja urakkatarjouspyyntöjen laatimisen aloittamisen mahdollistavat toteutussuunnitelmat, joiden olemassaoloa hankintoja palveleva suunnittelu edellyttää (Henttinen 2012, 17). Rakennesuunnittelijan tietomalli sisältää tässä vaiheessa kantavien ja ei-kantavien betonirakenteiden koon, laajuuden, määrät sekä tarkan sijainnin (Kautto 2012, 11).

Urakkatarjousten tekijät hyödyntävät tietomalleja ja muita dokumentteja kuten määräluetteloita ja visualisointeja urakkatarjoustensa ja rakennustyön alustavien suunnitelmien tekemiseksi. Aikataulu- ja toteutusvaihtoehtojen tarkastelemisessa voidaan hyödyntää 4D-ohjelmistoja. Mallinnuksessa pitää huomioida ohjelmistojen mahdollinen käyttö työmaalla, joten sen olisi oltava selvillä hyvissä ajoin. Työn suunnittelu edellyttää tietoja toteutustavasta sekä rakennusosien- ja tuotteiden ja niiden ryhmittelyn todellisuutta vastaavasta tilanteesta. (Henttinen 2012, 19.)

5.1.6 Toteutus ja vastaanotto

Tietomallien visuaalisuutta hyödynnetään toteutusvaiheessa eritoten kohteeseen ja rakenteisiin perehtymisessä sekä työjärjestyksen suunnittelussa ja töiden yhteensovittamisessa. Määrälaskentaa pystytään olennaisesti nopeuttamaan hyödyntämällä virheettömästi tuotettua tietomallia. Tietomalleja ja niistä saatavia määräluetteloita voidaan myös käyttää alihankintatarjouspyyntöjen aineistona. (Henttinen 2012, 19.)

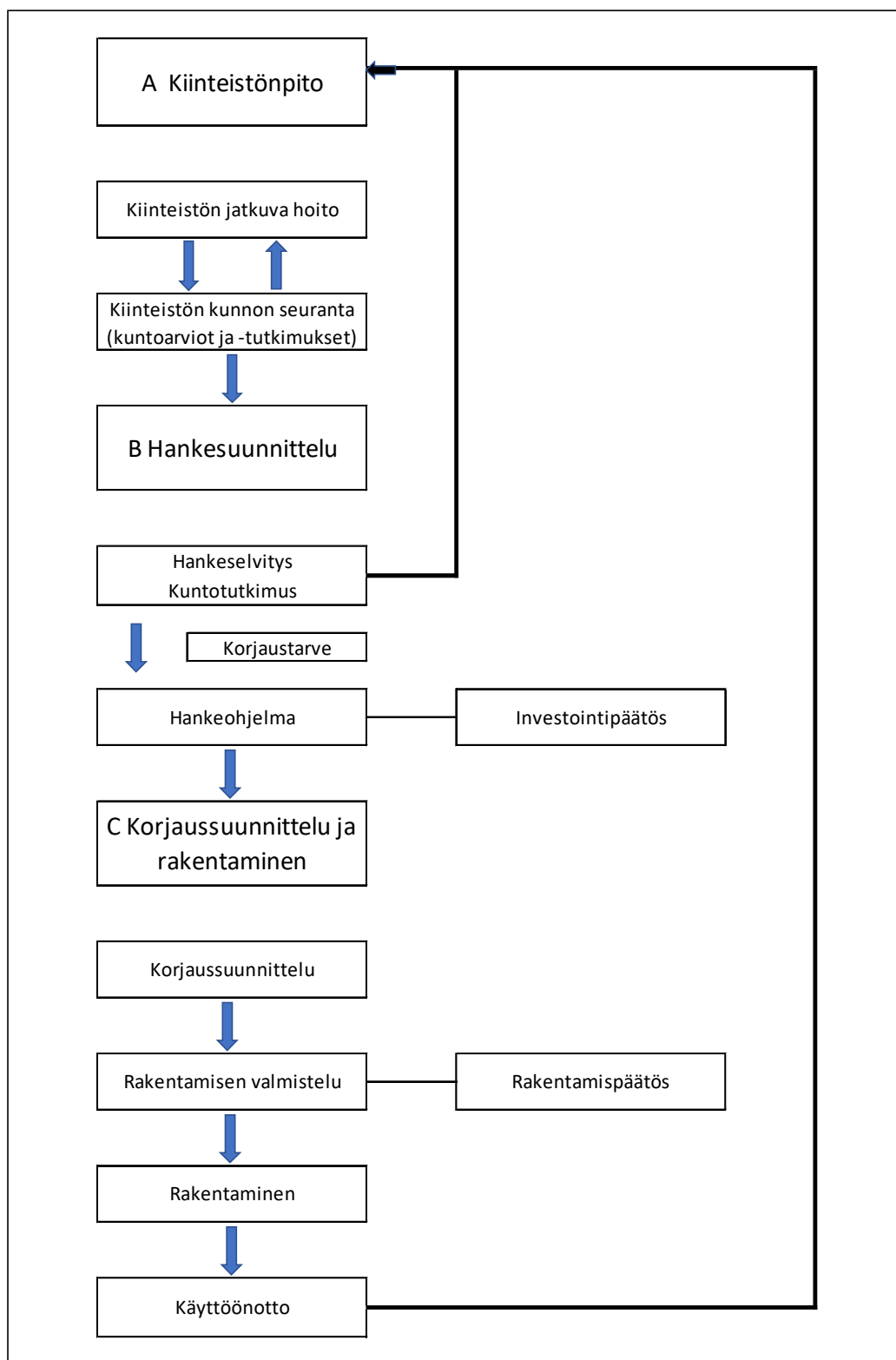
Toteumatietoa voidaan tallentaa malliin päivittäin tai viikoittain, jolloin se havainnollistaa ja dokumentoi rakennus- ja asennustöiden edistymistä (Henttinen 2012, 19). Rakennusaikaiset rakenteelliset muutokset päivitetään rakennemalliin. Mikäli näin ei ole tehty, on tarpeen tehdä vielä erillinen toteumamalli (as built). Mallin ylläpidosta rakennuksen valmistumisen jälkeen tulee sopia erikseen. (Kautto 2012, 19.)

Tietomallihankkeen lopussa varmistetaan, että rakentamisaikaiset muutokset on päivitetty malleihin, eli mallit vastaavat toteutunutta rakennusta. Mallipohjaiset huoltokirjat ovat vielä harvinaisia ja niiden tuottamisesta, kuten myös urakoitsijoilta vaadittavista toteumamalleista rakennuksen käytön, huollon ja korjausten varalle, tulee sopia tapauskohtaisesti. (Henttinen 2012, 20.)

Viranomaisvaatimusten linkittäminen tietomalleihin tehostaisi olennaisesti suunnitelmien tarkistamista, mutta ei vielä toistaiseksi ole Suomessa mahdollista. Viranomaistahojen kanssa tehtävän kehitystyön edetessä, perinteisestä dokumenttipohjaisesta prosessista voidaan siirtyä tietomallien hyödyntämiseen. (Henttinen 2012, 13.)

5.2 Korjausrakennushankkeen vaiheet

Korjausrakentamisen vaiheet eivät juurikaan eroa uudisrakennushankkeen vaiheistuksesta. Suurin ero uudisrakentamiseen verrattuna on, että korjausrakentamiseen liittyvät vahvasti kuntoarviointi ja kuntotutkimukset, joilla pyritään selvittämään rakennuksen sen hetkinen kunto ja mahdollinen korjaustarve. Kuntotutkimuksella on tarkoitus selvittää käytetyt rakenteet ja materiaalit sekä kartoittaa mahdolliset haitta-aineet. Yhteenvetona voidaan todeta, että korjausrakentamiseen kohdistuu huomattavasti enemmän tutkimustyötä ennen varsinaista suunnittelu- ja rakentamisvaihetta. (Haavisto 2013.)



Kuva 7. Korjausrakennushankkeen vaiheet. (Haavisto 2013)

Kuntoarvio ja kuntotutkimus ovat käsitteinä eri asioita, vaikka liittyvätkin rakennuksen kunnan kokonaisvaltaiseen tutkimukseen. Kuntoarvio on usein koko rakennuksen käsittävä aistinvarainen arvio rakennuksen kunnosta. Kuntotutkimus kattaa tavallisesti kuntoarviota pienemmän alueen, mutta on periaatteeltaan huomattavasti tarkempi kuin kuntoarvio. Kuntotutkimuksella selvitetään

usein rakenneavauksin muun muassa haitta-aineiden määrää ja laatua. Kuntoarvion ja mahdollisen kuntotutkimuksen jälkeiset toimenpiteet hankkeen suhteen riippuvat useista tekijöistä, kuten kuvasta 6 voi päätellä. Hankkeen jatkotoimenpiteet ovat suurelta osin tilaajasta riippuvia seikkoja. Hankesuunnitteluvaiheen kuntoarvion jälkeen saatetaan esimerkiksi todeta, että tarvetta kuntotutkimukselle ei ole.

Mikäli kuntotutkimuksen jälkeen päädytään korjausvaiheeseen, kysymys kuuluu, mitä korjataan. Korjausta edeltävän suunnittelun tarkoituksena on muun muassa selvittää erilaiset korjausvaihtoehdot ja niiden kustannukset sekä suunnitteluratkaisujen soveltuvuus. Toki monet hankkeiden korjausrakennesuunnittelutehtävät ovat muodoltaan hyvin samankaltaisia kuin uudisrakentamisessa. (Haavisto 2013.)

5.3 Inventointimallin vaiheistus

Tässä kappaleessa kerrotaan kuinka YTV2012 määrittää vähimmäisvaatimukset lähtötilanteen mallintamiselle hankkeen eri vaiheissa. Suunnittelun edessä malleilta edellytetään kasvavaa tarkkuustasoa. Malliin sisältyvien objektien sisältövaatimus määräytyy aina kunkin tarkkuustason mukaan. Käytettäviä tarkkuustasoja on tyypillisesti kolme. YTV2012 määrittelee täydentävässä liitteessä (BuildingSMART Finland tilaajaryhmä 2012, 2.) tarkkuustasot seuraavasti "Taso 1: Mallinnetaan perusgeometrian osalta oikein niin, että rakenteiden kokonaismäärät selviävät mallista. Rakenteet elementoidaan. Taso 2: Mallinnetaan tyyppielementit ja tyyppipaikallavalut geometrian ja sijainnin osalta oikein liittyminen, raudoitteineen ja valutarvikkeineen. Teräskokoonpanoista tehdään betonielementtejä vastaavat mallikokoonpanot liitoksineen (liittopilareihin myös raudoitteet). Muut osat mallinnetaan geometrian ja sijainnin osalta oikein liittyminen ja valutarvikkeineen. Taso 3: Mallinnetaan elementit ja paikallavalut geometrian ja sijainnin osalta oikein liittyminen, raudoitteineen ja valutarvikkeineen. Teräskokoonpanot mallinnetaan konepajatasolle (liittopilareihin myös raudoitteet). Paalutarkkeet siirretään malliin ja paalut mallinnetaan toteuman mukaan." Alla olevassa kuvassa on esitetty tietomallien eri tarkkuustasoja hankkeen eri vaiheissa.

	INVENTOINTIMALLIN VAIHEET	RAKENNUSOSAMALLIN VAIHEET
TARVESELVITYS JA HANKE- SUUNNITTELU	inventointimallin lähtö- tiedot, mallin tarkkuus- taso 1	
EHDOTUSSUUNNITTELU	mallin tarkkuustaso 1-2	
YLEISSUUNNITTELU	mallin tarkkuustaso 1-2	mallin tarkkuustaso 1
HANKINTOJA PALVELEVA SUUNNITTELU	mallin tarkkuustaso 1-2	mallin tarkkuustaso ra- kennusosittain 1-2
URAKKA-/TOTEUTUSSUUN- NITTELU	mallin tarkkuustaso 1-2	mallin tarkkuustaso 1-3
KÄYTTÖÖNOTTO	mallit koostetaan yhteen	

Kuva 8. Tietomallin tarkkuustasot hankkeen eri vaiheissa. (Henttinen 2012, 21)

5.3.1 Tarveselvitys ja hankesuunnittelu

Tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheiden aikana korjausrakennuskoh-
teessa suoritetaan mittaukset ja inventoidaan rakennus sekä tontti. Lisäksi
tehdään asianmukaiset tutkimukset tarvittavalta osalta. Saatujen tietojen pe-
rusteella tehdään inventointimalli, mittapiirustukset sekä laaditaan raportit.
Tässä vaiheessa inventointimalli on tavallisesti tasoa 1, joka vastaa tilamallita-
soa. Mikäli hankesuunnittelu on tarkoitus tehdä ehdotussuunnitelmatasoon, on
inventointimalli järkevää mallintaa tasoon 2, joka vastaa rakennusosamallita-
soa. (Rajala 2012, 18.)

5.3.2 Suunnittelun valmistelu

Suunnittelun valmistelun lähtötietoina ja tarjouspyyntömateriaaleina käytetään
hankesuunnitteluvaiheen inventointimallia sekä sen pohjalta laadittuja raport-
teja. Tarpeen vaatiessa inventointimalli täydennetään ja tarkennetaan tasoon
2. Mikäli hankesuunnitteluvaiheessa ei tehdä inventointimallia ja siihen liittyviä
mittauksia, tehdään ne suunnittelun valmisteluvaiheessa. (Rajala 2012, 19.)

5.3.3 Ehdotussuunnittelu, yleissuunnittelu ja toteutussuunnittelu

Siirryttäessä ehdotussuunnitteluvaiheeseen, inventointimalli voidaan siirtää
korjausrakennesuunnittelijan ohjelmistoon ja varmistaa mallin toimiva käyttö.
Käytönvarmistuksen jälkeen malli siirtyy yleissuunnitteluvaiheeseen ja edel-
leen toteutussuunnitteluvaiheeseen. (Rajala 2012, 19.)

5.3.4 Rakentamisen valmistelu ja rakentaminen

Rakentamisen valmisteluvaiheessa urakkatarjouspyynnöissä voidaan hyödyntää inventointimallia ja sen pohjalta laadittuja raportteja. Mikäli inventointimallissa on puutteita tai mallintamattomia rakenteita, voidaan sitä täydentää ja tarkentaa vielä rakentamisvaiheessa. Inventointimallissa voi ilmetä puutteina esimerkiksi piiloon jääviä rakenteita, joita täydennetään tarkistusmittauksin. Myös kohteen reikätiiedot tarkentuvat hankkeen edetessä ja niitä joudutaan päivittämään malliin. (Rajala 2012, 19.)

5.3.5 Käyttöönotto

Lopulta hankkeen toteumamallit ja inventointimalli koostetaan yhteen ja luovutetaan tilaajalle. Näin malleja päästään käyttöönottovaiheessa hyödyntämään kiinteistönpidon tarpeisiin. (Rajala 2012, 20.)

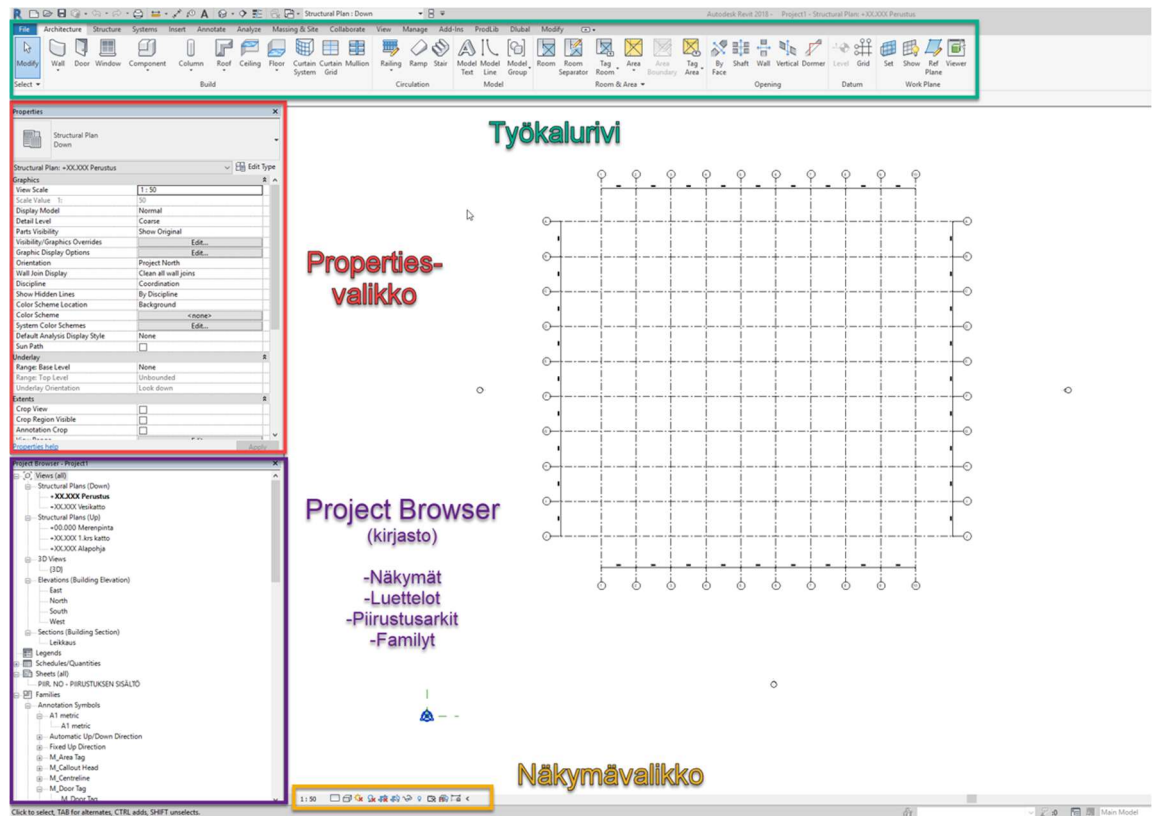
6 AUTODESK TUOTEPERHE

Autodesk tarjoaa kattavan kokonaisuuden ohjelmistoja kaikille suunnittelu-aloille, jotka mahdollistavat tehokkaat työskentelytavat eri ohjelmistojen välillä. Kaikki arkkitehti-, rakennus- ja infrasuunnittelun keskeiset työkalut löytyvät Autodesk Architecture, Engineering & Construction (AEC) Collection -toimialakoelmasta. (Autodesk 2019.)

6.1 Revit-ohjelmisto

Autodesk Revit on tietomallinnukseen suunniteltu ohjelmisto, jolla voidaan mallintaa yksittäisiä rakennusosia tai isompia konstruktioita. Tietomallintamisella tarkoitetaan tässä yhteydessä kaiken suunnittelutiedon sisällyttämistä samaan malliin. Revitin tavoite, on pystyä tarjoamaan tarvittavat työkalut onnistuneeseen tietomallintamiseen ja parantamaan työnkulun jouhevuuutta eri suunnittelualojen välillä. Näin ollen Revit toimii eri suunnittelualojen yhteisenä tietomallinnusalustana, sisältäen työkaluja sekä erilaisia ominaisuuksia huomioiden rakennusprojektin eri osapuolet. Revitin helppokäyttöiset työkalut ja virtaviivainen käyttöliittymä nopeuttavat työnkulkua. Tehdyt muutokset päivittyvät

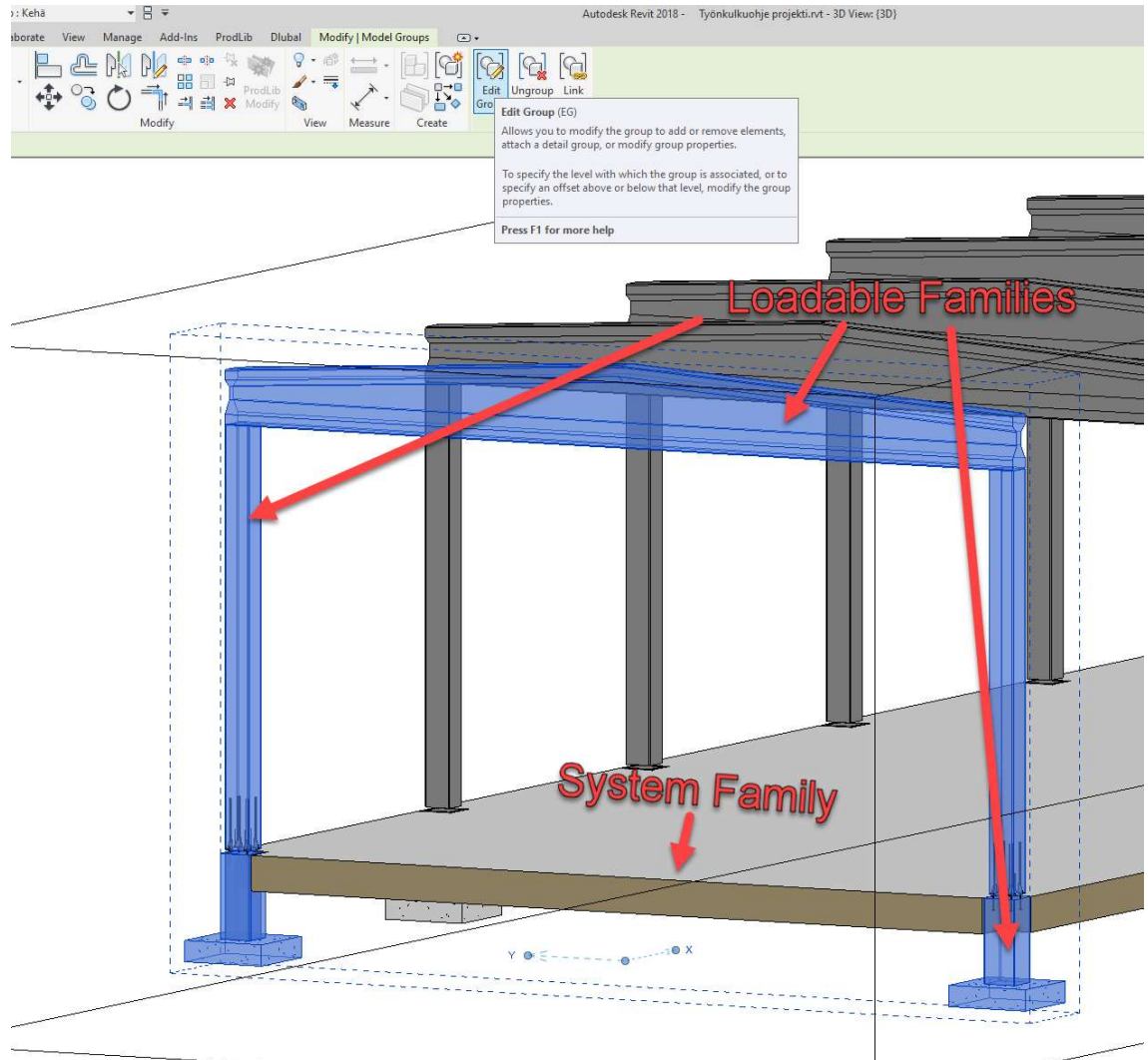
automaattisesti kaikkialle, sillä mallin tiedot tallentuvat yhteen paikkaan ja päivittyvät sitä kautta kaikkialle malliin. Avoimella tietomallinnuksella pyritään saman mukaisesti avoimeen suunnittelu-ympäristöön, jossa ajantasainen tieto on kaikkien saatavilla. Avoin tietomallinnus ei rajoitu ainoastaan avoimeen suunnittelutietoon, vaan merkitsee koko rakennusprojektin työnkulun yhteensopivuutta. Revit-ohjelmisto tukee useita standardoituja formaatteja ja on yhteensopiva monien FEM-ohjelmien kanssa. Projektiin voidaan linkittää referensseiksi toisia Revit-malleja, AutoCAD- ja Navisworks -tiedostoja tai pistepilviaineistoa. Mukana tulevan Dynamo-lisäosan avulla voidaan optimoida työnkulkua avoimen visuaalisen ohjelmoinnin käyttöliittymällä. (Autodesk 2019.)



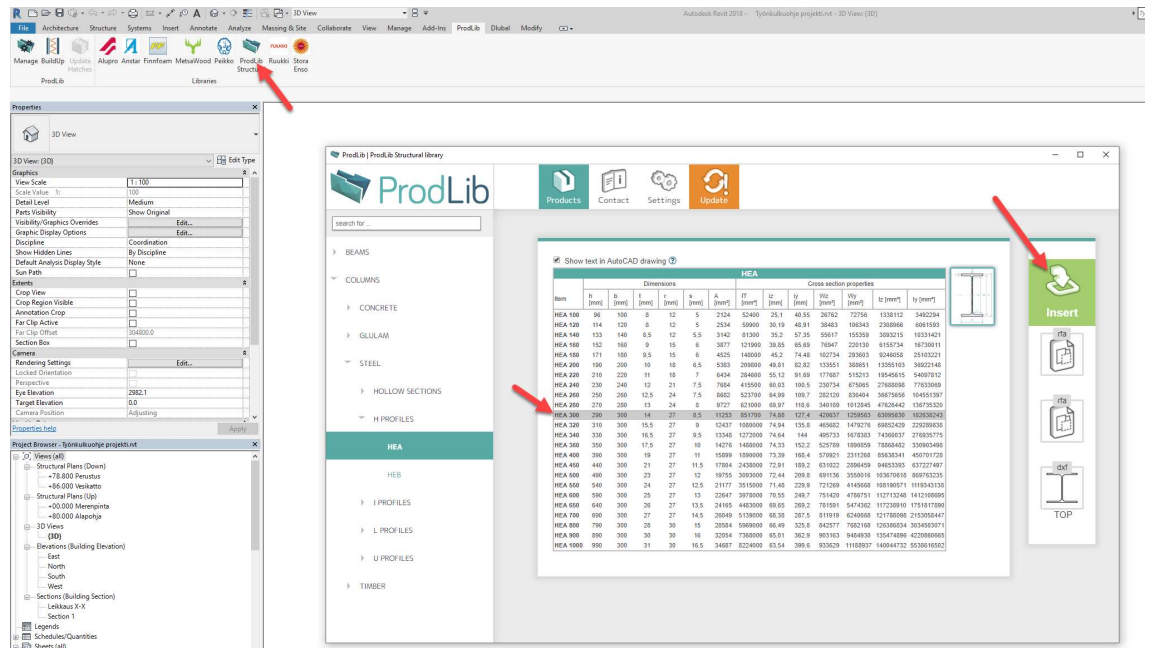
Kuva 9. Revit perusnäky.

Pohjana Revitin käytölle ovat family-objektit (kuva 10), jotka on jaettu kolmeen eri tyyppiin: System Families, In-Place Families ja Loadable Families. Familyt koostuvat parametrisoiduista ominaisuuksista, jotka mahdollistavat komponenttien muokkaamisen aina käyttötarkoitukseen sopivaksi. System Familyt sisältyvät Revit-ohjelmaan jo kirjaston asennuksen yhteydessä. Loadable Familyt ovat ulkoisesta kirjastosta projektiin ladattavia objekteja ja In-Place Familyt ovat projektikohtaisia erikoisobjekteja, jotka luodaan suoraan projektissa vain tiettyä käyttötarkoitusta varten. Revit-ohjelmaan integroitavalla ProdLib-

lisäosalla (kuva 11) voidaan tuotevalmistajien kirjastoista ladata valmiita objekteja runkorakenteista aina yksityiskohtaiseen kiinnikkeeseen.



Kuva 10. Revitin Family-esimerkkejä.



Kuva 11. ProdLib-lisäosa

Yksi tärkeimmistä Revitin ominaisuuksista on mallin yhteiskäyttö, joka mahdollistaa usean käyttäjän työskentelyn samassa mallissa. Käyttäjä voi varata itselleen Worksets-toiminnolla muokattavat kohteet, jotka lukittuvat muille käyttäjille, kunnes kohteet vapautetaan takaisin kaikkien käyttöön. Näin vältetään päällekkäisten muutosten tekemistä. Muut käyttäjät voivat tarvittaessa lähettää pyynnön varatun kohteen vapauttamisesta sen varanneelle käyttäjälle. (Autodesk 2019; ProdLib 2019; Arksystems 2017.)

6.1.1 Ribbon-valintanauha

Valintanauha eli ribbon on työkalurivi mallinnusnäkömön yläosassa, joka pitää sisällään Revit-ohjelmiston toiminnot ja käskyt. Valintanauha voidaan esittää neljällä eri tavalla. Esitystapaa voidaan vaihtaa valintanauhasta löytyvällä nuolipainikkeella.

Valintanauhan tarkoitus on avustaa käyttäjää sekä selkeyttää työnkulkua. Kuten aiemmin esitetystä kuvasta 9 voidaan huomata, valintanauha koostuu erilaisista välilehdistä, jotka puolestaan pitävät sisällään erikseen nimettyjä paneelleita. Paneelin kautta valikoidaan tarvittavat työskentelytoiminnot.

6.1.2 Project browser -projektivalikko

Revit-ohjelmiston tärkeä tunnusmerkki on niin sanottu projektipuu (project browser). Projektipuusta näemme käytännössä koko mallin sisällön, kuten muun muassa tasonäkymät, mallinnetut objektit ja luodut piirustukset. Myös mallissa navigointi tapahtuu projektipuun kautta. Projektipuun perusidea on, että Revit-projektiin voidaan sisällyttää kaikki suunnittelutieto ja tuotetut dokumentit projektipuun jäsenten toiminnallisuuden ansiosta. Projektipuu on näkyvillä kuvassa 9. (Autodesk 2018a.)

6.1.3 Properties-valikko

Properties-valintaikkunassa voidaan tarkastella ja muokata eri parametreja, jotka määrittelevät elementtien sekä luotujen objektien ominaisuudet. Mikäli ainutkaan elementti tai objekti ei ole valittuna, näyttää se sen näkymän ominaisuudet, joka on sillä hetkellä aktiivinen. (Autodesk 2018c.)

6.2 Revit-ohjelmiston ominaisuuksia

Revit-ohjelmisto on monipuolinen ja moderni tietomallinnustyökalu, jossa on lukemattomia ominaisuuksia. Tässä kappaleessa on käsitelty niistä muutamia, jotka ovat Revit-ohjelmiston käytön kannalta olennaisia.

6.2.1 Revit families-objektiryhmät

Family on projektipuuhun sisältyvä taso, jossa on valmiit kategoriat kaikille luoduille objekteille. Revit-ohjelma sisältää valmiina joitain perusobjekteja, mutta niitä voidaan luoda myös itse suoraan mallinäkyvässä tai tuoda esimerkiksi valmisobjekti ulkopuolisesta objektikirjastosta. Jokainen malliin luotu objekti siirtyy automaattisesti sitä vastaavan kategorian alavalikkoon, family-valikon alle. Tietomallin sisältämät objektit sisältävät paljon informaatiota kyseisestä rakenteesta ja ovat siten merkittävä osa tietomallikonaisuutta. Näiden kyseisten objektien sisältämän tiedon avulla voidaan luoda muun muassa rakennepiirustuksia sekä määräluetteloita malliin sisältyvistä rakenneosista. (Autodesk 2019b.)

Family-objektit toimivat pohjana Revitin käytölle ja ne voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin: System Families, In-Place Families ja Loadable Families. Objektit koostuvat parametrisoiduista ominaisuuksista, jotka mahdollistavat komponentin muokkaamisen aina käyttötarkoitukseen sopivaksi. System Familyt sisältyvät Revit-ohjelmaan heti kirjaston asennuksen yhteydessä. Loadable Familyt ovat ulkoisesta kirjastosta projektiin ladattavia objekteja ja In-Place Familyt ovat projektikohtaisia erikoisobjekteja, jotka luodaan suoraan projektissa vain tiettyä käyttötarkoitusta varten. Aiemmin kuvassa 10 on esitetty kaksi eri tyyppistä family-objektia. Revit-ohjelmaan integroitavalla ProdLib-lisäosalla (kuva 11) voidaan tuotevalmistajien kirjastoista ladata valmiita objekteja runkorakenteista aina yksityiskohtaiseen kiinnikkeeseen. (Autodesk 2019b.)

6.2.2 Referenssitiedostot

Autodesk Revit-ohjelmaan voidaan tuoda erilaisia referenssitiedostoja. Tiedostojen tuonti voidaan suorittaa kahdella eri tavalla. Yksi tapa tuoda referenssitiedosto on käyttää Revit-ohjelman omaa Insert-välilehdeltä löytyvää Import-toimintoa. Tällä tavoin tuotuna, tiedosto ei ole millään tavoin kytköksissä alkuperäiseen tiedostoon, jolloin muokatessa tiedostoa, muutokset tapahtuvat ainoastaan kyseisessä referenssitiedostossa. Toinen tapa on linkittää jokin referenssitiedosto malliin, joten kun muokataan alkuperäistä, esimerkiksi dwg-tiedostoa, niin muutokset päivittyvät myös mallissa olevaan objektiin. (Autodesk 2019a.)

6.2.3 Parametrisointi

Tietomallinnusympäristö sisältää objekteja, jotka ovat parametrisoituja. Nämä objektit on jaoteltu edellä esitettyjen tuoteperheiden (families) mukaisesti. Tietomallinnusympäristön kehittäminen perustuu näiden objektien luomiseen, ja ne yhdessä muodostavat parametristen komponenttien ryhmän. Kyseiset komponentit ovat mallissa käytettäviä rakennusosia. Parametrisoinnin avulla määritellään muun muassa rakennusosien dimensiot. Tavanomainen parametrisoitu komponentti voi olla esimerkiksi palkki tai pilari. Näissä komponenteissa parametrisointi näkyy niiden mitoituksessa. Parametrejä on mahdollista muodostaa tyyppikohtaisesti tai objektikohtaisesti.

Tyypikohtainen parametrisointi mahdollistaa kaikkien komponenttien samanaikaisen muokkauksen, muuttamalla ainoastaan yhden komponentin asetuksia. Mikäli rakennuksen kaikki palkit on mallinnettu tyypikohtaisella parametrisoinnilla, voidaan yhden palkin tyyppiä editoimalla (edit type) siirtää muutokset yhdenaikaisesti kaikille objekteille, jotka sisältyvät samaan objektiryhmään. Esimerkiksi, jos palkin korkeutta halutaan muuttaa, muokataan palkki objektin tyyppiä (edit type) halutulla tavalla. Tämän jälkeen muutos näkyy kaikissa palkkeissa, jotka kuuluvat samaan objektiryhmään. Tällä tavalla pystytään tehokkaasti muokkaamaan objekteja samanaikaisesti.

Objektikohtaisella parametrisoinnilla voidaan muokkaukset tehdä yhdelle komponentille kerrallaan. Tällöin muokattaessa palkkia, joka sisältää kyseisen parametrisoinnin, näkyvät muutokset ainoastaan valikoidussa komponentissa.

Suunniteltaessa 2D-ohjelmiston avulla, yksittäiset rakennusosat esiintyvät usein objektiryhminä (blocks). Näitä objektiryhmiä on mahdollista käyttää lähes samalla tavalla kuin parametrisoituja komponentteja tietomalliohjelmistossa. Luotuja objektiryhmiä voidaan kopioida esimerkiksi piirustuksen sisällä, jolloin muokattaessa yhtä ryhmää, näkyvät muutokset kaikissa kopioiduissa objektiryhmissä. Toisaalta piirustukseen voidaan myös luoda yksittäisiä ryhmiä ja muokata näitä ryhmäkohtaisesti. Tässä kohdassa herää kysymys, millä tavoin tietomallin parametrisointi on tehokkaampi suunnittelun kannalta.

Muokattaessa 2D-ohjelmiston sisältämiä objektiryhmiä, tarkoittaa tämä joko kyseisen ryhmän purkamista (explode) tai sen muokkaamista ryhmän sisältä (edit block in place). Tämän jälkeen jokaista erillistä objektia on mahdollista muokata halutulla tavalla. Tässä vaihtoehdossa on kuitenkin huomattavasti enemmän työvaiheita verrattuna parametrisointiin. Myös objektiryhmien hallinta saattaa käydä haastavaksi, mikäli ryhmiä kopioidaan esimerkiksi piirustuksesta toiseen. Kuten edellä todettiin, niin tietomallissa toimittaessa parametrien muokkaus voidaan tehdä syöttämällä uutta tietoa parametrikenttään, joka helpottaa komponenttien hallintaa. Lisäksi mallin visuaalisuuden ansiosta virheet saatetaan huomata helpommin, kuin käytettäessä 2D-ohjelmistoa.

6.2.4 Vaiheistus

Revit-ohjelmisto sisältää niin sanotun vaiheistus-ominaisuuden (phasing). Tämä ominaisuus on erityisesti korjausrakennesuunnittelun kannalta erittäin käyttökelpoinen toiminto. Sen avulla voidaan tietomallia ja sen näkymiä vaiheistaa. Kuten tiedetään, rakentaminen tapahtuu aina vaiheittain. Lisäksi korjausrakentamiseen liittyy tavallisesti vanhojen osien purkamista sekä uusien osien rakentamista. Usein mukana voi olla myös erilaisia laajennuksia. Siitä syystä projektin vaiheistus ja sen hallinta korostuvat. Tietomallintamisella voidaan helpottaa projektin hahmottamista tietosisällöllisesti sekä visuaalisesti.

Tietomallin vaiheistus kannattaa tehdä heti projektin alkuvaiheessa. Vaiheistus aloitetaan phases-valinnalla. Tämän jälkeen luodaan erillinen luettelo, johon vaiheet määritellään aikajärjestyksessä. Ohjelmisto sisältää joitain tiettyjä oletus vaiheita, mutta luettelo on täysin muokattavissa ja niitä voidaan lisätä projektin tarpeen mukaisesti. Ohjelmiston päänäkymän ominaisuusluetteloon (properties) sisältyy vaiheistuksen määrittelyn valintaikkuna. Siellä voidaan muokata kunkin komponentin tietosisältöä erikseen.

Otetaan esimerkiksi kohde, jossa on muutamia purettavia seinärakenteita ja pari lisättävää pilaria. Valitaan ensin purettava seinäkomponentti. Kyseiselle komponentille lisätään tieto "olemassa oleva rakenne" (phase created). Seuraavaksi komponentille määritellään vaihe, jossa rakenne on tarkoitus purkaa (phase demolished). Sama toimenpide toistetaan lisättävälle rakenteelle, sillä erotuksella, että kysymys ei ole olemassa olevasta rakenteesta vaan määrittely on esimerkiksi "lisättävä" (phase created). Edellä läpikäytyt toimenpiteet täytynee tehdä jokaiselle komponentille erikseen. Lienee tutkimisen arvoinen seikka, voidaanko esimerkiksi dynamon ominaisuuksia hyödyntää tavalla, jossa toistuva tietosisältö lisättäisiin kerralla kaikille saman määrittelyn omaaville komponenteille.

Vaiheiden suodatus (phase filters) on toiminto, jossa sananmukaisesti suodatetaan mallia erilaisten näkymien aikaansaamiseksi. Suodatuksen avulla on esimerkiksi mahdollista luoda näkymiä, johon tuodaan ainoastaan purettavat ja lisättävät rakenteet, jättäen näkymästä pois olemassa olevat rakenteet.

Tämä voi helpottaa muun muassa tietomallin käsittelyä ja hahmottamista laajemmissa kohteissa.

6.3 Revit-ohjelmiston hyödyt korjaussuunnittelussa

Edellä on selostettu Revit-ohjelmiston käyttöliittymä ja siihen liittyvät pääasialliset toiminnot. Tämä kappale sisältää selvitystä sekä omia havaintoja ja pohdintaa Revit-ohjelmiston käytön hyödyistä korjausrakennesuunnittelun kannalta. Havainnot perustuvat yrityksessä toteutettuun konkreettiseen kehittämistyöhön ja havaintoihin ohjelmiston käyttöönotosta ja hyödyntämisestä korjausrakennesuunnittelussa.

6.3.1 Käyttöönotto

Korjausrakennesuunnittelun Kouvolan osasto tulee jatkossa rakentumaan hyödyntäen pääsääntöisesti Autodesk-tuoteperheen sisältämiä ohjelmistoja. Tässä työssä käsitellään pääasiallisesti AutoCad-ohjelmistoa ja Revit-tietomalliohjelmistoa. AutoCad-ohjelmiston ja Revit-tietomalliohjelmiston yhteiskäytön mahdollistamiseksi on ollut tarpeen luoda erillisiä toimintoja sekä asetuksia kyseisten ohjelmistojen välille.

Ohjelmiston käytön aloituksen kannalta Revit-ohjelma sisältää muutamia valmiita aloituspohjia, mutta tavallisesti luodaan aina yrityskohtainen aloituspohja eli Template. Osana Sitowisen korjausrakentamisen yksikön tietomallinnuksen kehitysprojektia luotiin yrityksen tarpeiden mukainen aloituspohja, joka koostuu raamista, yrityksen nimiöstä ja siihen sisällytetyistä viiva-asetuksista. Näiden toimenpiteiden johdosta lopputuotteena on skaalattava raami ja nimiö, johon projektin perustiedot saadaan syötettyä parametrien avulla. Syötetyt tiedot välittyvät suoraan piirustuksen nimiöön toimien AutoCad-ohjelmiston xrefin tavoin, jolloin projektin perustiedot syötetään vain kerran, projektin alussa. Nimiön piirustuskohtaiset tiedot syötetään luonnollisesti aina erikseen suoraan nimiöön. Lisäksi aloituspohjaan kuuluu muun muassa moduuliverkko ja piirustusarkit sekä koostetut materiaalikirjastot.

Merkittävänä vaiheena osana kehitysprojektia voidaan edellisten lisäksi mainita AutoCad-ohjelmiston sisältämien piirtotasojen ja kynäasetusten sisällyttämistä Revit-ohjelmistoon. Esimerkiksi piirustusten tuonnin näkökulmasta Revit-ohjelmiston DWG-import-asetusten tulee vastata AutoCadissa käytettyjä piirtotasoja ja kynäasetuksia, jotta tuotaessa dwg-tiedosto AutoCadista Reviitiin, piirustus säilyttää sille määritellyt kynäasetukset. Näillä toiminnoilla määritellään eri objektien näkyvyyttä ja ominaisuuksia. On myös tärkeää, että tuottaessa piirustuksia Revit-ohjelmiston avulla, voidaan piirustuksia viedä edelleen tarvittaessa AutoCad-ohjelmistoon. Tämän vuoksi tulee Revit-ohjelmiston DWG-export-asetukset määritellä erikseen yhteensopiviksi.

Esitettyjen toimintojen ja asetusten luominen Revit-ohjelmistoon on käytön aloituksen ja suunnitteluprosessin tehostamisen kannalta erittäin tärkeää. Tällä tavalla toimittaessa projektista riippumatta kaikki toiminnot (pois lukien projektikohtaiset tiedot) tulevat pysymään jatkossa yhdenmukaisina. Näin ollen useiden suunnittelijoiden toimiessa samassa projektissa yhteisen tietosisältöohjeen mukaisesti, voidaan tehostaa koko suunnitteluprosessia.

6.3.2 Tietomallin yhteiskäyttö

Tässä työssä Revit-ohjelmiston tarjoamia mahdollisuuksia ja niiden hyötyjä arvioidaan, jotta pystytään vertailemaan tietomallintamisen ja perinteisen dokumenttipohjaisen suunnittelun eroavaisuuksia. Selvitysten perusteella valtaosa korjausrakennesuunnittelusta tehdään edelleen dokumenttipohjaisen suunnittelun mukaisesti käyttäen 2D-ohjelmistoja kuten esimerkiksi AutoCad-ohjelmaa.

Yksi Revit-ohjelmiston merkittävä ero verrattuna esimerkiksi AutoCad-ohjelmaan on sen yhteistoiminnan mahdollistava ominaisuus. Tämä yhteistoiminta (collaborate) -ominaisuus tarkoittaa, että useampi suunnittelija pystyy työskentelemään samassa mallissa yhtä aikaa. Käytettäessä AutoCad-ohjelmistoa voi tiedostoa muokata ainoastaan yksi suunnittelija kerrallaan. Muilla suunnittelijoilla on mahdollista avata kyseinen tiedosto niin sanotussa lukutilassa (read only) ja sen jälkeen tallentaa se omalla nimellä päästäkseen tallentamaan edelleen tehdyt muutokset.

Tämä johtaa lopulta useamman tiedoston yhdistämiseen, jolloin tehdyt muutokset sijaitsisivat yhdessä ja samassa tiedostossa. Tämä menetelmä on erittäin kyseenalainen ja mahdollistaa virheiden syntymisen, joten tavanomaisempaa on, että yhtä autocad-tiedostoa käsittelee ainoastaan yksi suunnittelija kerrallaan. (Autodesk 2013; Leinonen 2019.)

Collaborate-toiminnon keskeinen perusajatus on erottaa toisistaan keskustiedosto (central file) ja paikallinen tiedosto (local file). Yhteiskäyttömallissa keskustiedosto sijoitetaan tavallisesti projektin tietomallikansioon. Paikallinen tiedosto muodostetaan kopioimalla keskustiedosto omalla nimellä jokaisen mallissa toimivan omalle tietokoneelle. Näin ollen paikallinen tiedosto saadaan linkitettyä keskustiedostoon. Jokainen mallissa toimija avaa tietomallin paikallisen tiedoston kautta. Kaikki malliin tehdyt muutokset tallennetaan ja kirjoitetaan samalla keskustiedostoon työskentelyn lomassa, jolloin kyseiset muutokset synkronoituvat keskustiedoston kanssa. (Autodesk 2018b.)

Lisäksi mainittava toiminto, joka kytkeytyy vahvasti Revit-ohjelmiston yhteiskäytön ominaisuuksiin, on niin sanottu projektitiedoston osa-alue-toiminto (workset). Tämän ominaisuuden ansiosta projektimalli on mahdollista jakaa erilaisiin suunnittelijakohtaisiin osa-alueisiin. Käytännössä luodut osa-alueet (worksets) voivat olla esimerkiksi projektissa esiintyvien objektien ryhmiä. Workset-ominaisuus mahdollistaa objektien tai yksittäisen objektin varaamisen muokattavaksi yhteiskäyttömallista, jossa operoi useita mallintajia.

Toiminnosta on merkittävä hyöty projektimallin käytössä, koska suunnittelija voi tämän avulla varata itselleen jonkin tietyn osa-alueen kyseisestä mallista. Mallin muut käyttäjät näkevät varatut objektit normaalisti omassa näkymässään, mutta eivät pysty muokkaamaan niitä. Mikäli muilla käyttäjillä on tarvetta muokata varattuja objekteja, voivat he lähettää tästä pyynnön mallin sisällä kyseisen osa-alueen omistajalle (workset owner), joka tarvittaessa vapauttaa varatun objektin tai objektiryhmän.

Toiminnolla voidaan välttää päällekkäinen toiminta mallissa, jolloin ei vahingossa päädytä muokkaamaan samoja rakennusosia esimerkiksi puutteellisen kommunikaation vuoksi. (Vitikainen 2019.)

7 TIETOMALLINNUS KORJAUSRAKENTAMISESSA

Tässä luvussa tarkastellaan tietomallintamista korjausrakennesuunnittelun näkökulmasta sekä etsitään perusteluja tietomallin käytölle korjaushankkeissa. Lisäksi kappaleisiin 7.2.1 ja 7.2.2 sisältyy pohdintaa tietomallintamisella tuotetusta lisäarvosta ja myös siihen sisältyvistä haasteista.

7.1 Tietomallinnus korjausrakennushankkeessa

Tietomallinnus on ollut uudisrakentamisen käytössä jo pidemmän aikaa. Vasta viime vuosina on yhä enemmän ryhdytty tutkimaan tietomallinnuksen soveltamista myös korjausrakentamiseen. (Haavisto 2013, 37.)

Korjauskohteissa rakennesuunnittelun toteutus hahmottuu aina korjaustarpeen mukaan, mikä voidaan todentaa muun muassa kuntotutkimuksen avulla. Toteutuksen mukaan määräytyvät myös rakennesuunnittelijoiden tehtävät. Toki korjaustarpeeseen voi vaikuttaa myös rakennuksen tai yksittäisen huoneiston käyttötarkoituksen muutos. Korjausrakentamiseen kuuluu usein myös kohteiden laajennuksia, jolloin joudutaan miettimään uusien rakenteiden liitokset olemassa oleviin rakenteisiin. Tietomallintamisen yleistyessä joudutaan nykyään jo korjauskohteissakin miettimään mallintamisen tarvetta ja sen tuomia hyötyjä. Korjausrakentamisen kohdalla tietomallinnus ei kuitenkaan lähtökohtaisesti ole itseisarvo vaan sen tarve määritellään aina tapauskohtaisesti. (Haavisto 2013, 38.)

Toki on mahdollista, että tietomallinnusvaatimus syntyy suoraan asiakkaan taholta. Näissä tapauksissa on tärkeää, että tilaaja on selvillä hankkeen kulusta ja ymmärtää, mitä tietomallintaminen korjauskohteissa tarkoittaa. Asiakkaan näkökulmaa on tässä työssä tarkasteltu tilaajan roolin kautta.

Tietomallintaminen ei aina korjausrakennuskohteissa ole välttämättä tarpeellista. Mikäli kohde ja siellä tehtävät rakennekorjaukset jäävät melko pieniksi, ovat mallintamisella saavutettavat edut vähäisempiä. Esimerkiksi, mikäli kohteeseen ei liity purettavia rakenteita tai uusia lisättäviä rakenteita, ei rakennuksen visuaalinen ilme muutu eikä 3D-visualisoinnista näin ollen saada juurikaan lisäarvoa. Mikäli tietomallista saavutetaan muita hyötyjä tai tilaaja edellyttää

mallintamista, esimerkiksi hyödyntääkseen toteumamallia kiinteistön ylläpidossa, voi mallintaminen toki silti olla perusteltua. Nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että mitä laajempi ja rakenteellisesti haastavampi kohde on, sitä todennäköisemmin tietomallintaminen tehostaa suunnitteluprosessia. Rakenteellisesti haastavassa kohteessa tietomalli helpottaa esimerkiksi liitosdetaljiikan tarkastelua. (Vitikainen 2019.)

Lyhyesti voisi todeta tietomallien käytön olevan järkevää silloin, kun pystytään mallintamaan selkeitä kokonaisuuksia, kuten esimerkiksi julkisivujen verhoukorkorjauksissa tai rakennusta laajennettaessa. Mikäli julkisivurakenne korjataan korvaamalla ulkoseinän ulkokuori uudella kuorimuurilla tai muuraamalla vanhan ulkoseinän päälle uusi ulkokuori on mallintaminen perusteltua, kun taas julkisivupaikkausten tai rappauksen uusimisen kohdalla mallinnus ei tarjoa lisäarvoa.

7.2 Perusteluja ja edellytyksiä mallintamiselle

Tietomallintaminen tulisi nähdä aina kokonaisuutena, johon vaikuttaa erityisesti rakennushankkeen luonne. Tämän vuoksi on hieman hankalaa yksiselitteisesti rajata, milloin tietomallintamiselle on riittävät edellytykset ja perusteet. Olennaista on kuitenkin ratkaista, onko tietomallintamisella lisäarvoa hankkeen suunnittelun ja rakennuksen ylläpidon kannalta. Tietomallintamiseen liittyvässä kokonaisajattelussa pitäisi ottaa huomioon myös mallin tietosisältö. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että tietomallia ei rakenneta ainoastaan rakentamisen tarpeisiin, vaan tietomalli on hyödynnettävissä myös ylläpitoa ajatellen. Tietomallia voidaan käyttää muun muassa tiedonhallinnallisiin tarkoituksiin. Tämä on varsinkin tilaajan kannalta tärkeä ja huomioon otettava seikka. Tällöin mallia ylläpidetään ja tarkastellaan säännöllisesti myös rakentamisen jälkeen. Ylläpitotarpeeseen vaikuttaa merkittävästi mallin tarkkuus, koska liian yksityiskohtainen malli on hankala ylläpitää ja toisaalta malli, joka sisältää liian vähän tietoa ei ole käyttökelpoinen. Tietomallin tarkkuustasoon vaikuttavat myös myöhemmin suoritettavat korjaustoimenpiteet. Tällöin ajantasaisen mallin hyödyntäminen on erittäin kustannustehokasta kaikkia osapuolia ajatellen. (Haavisto 2013, 54.)

Käytännön tilanne, jossa tietomallintaminen on tarpeellista, voisi olla esimerkiksi laajennusosa, joka toteutetaan teräsrakenteisena. Tässä tilanteessa saavutettaisiin tuotannollista hyötyä, kun konepajapiirustukset saataisiin toteutettua mallin avulla mittatarkkoina, mikä vähentää rakentamisvaiheen muutoksia ja pienentää asennukseen kuluva-aikaa. Tietysti pitää ottaa huomioon, että lähtötilanteen mallinnus ja sen tarkkuus korostuvat aina, kun puhutaan mittatarkkuuksista. (Nissinen 2013, 49.)

Isona tietomallintamisen haasteena korjausrakentamisessa nähdään olemassa olevan rakenteen mittamaailma ja sen mallintaminen. Tämä haaste liittyy vahvasti vanhojen ja uusien rakenteiden liitoksiin ja niiden toteuttamiseen sekä mallinnuksessa että rakentamisessa. (Nissinen 2013, 49.)

Oleellinen osa-alue korjausrakentamisessa on purettavat rakenteet. On aina tapauskohtaista millä tarkkuudella purettavat rakenteet halutaan mallintaa. Tähän vaikuttaa lähinnä mallinnettavien rakenteiden tietosisältö. Joissain tapauksissa rakenteista mallinnetaan ainoastaan geometria, mutta on myös mahdollista, että rakenteisiin sisällytetään enemmän tietoa, kuten rakennetyypit tai mahdollisesti esiintyvät haitta-aineet. On hyvin tyypillistä, että vanhoista rakenteista saatetaan mallintaa ainoastaan ne, joihin liitetään uusia rakenteita. Tietysti silloin, jos halutaan mallintaa itse purkusuunnitelma, niin purettavat rakenteet tulee mallintaa ja lisäksi malliin lisätään purettavien rakenteiden vaihteisuus, josta on kerrottu enemmän luvussa 4. (Nissinen 2013, 49.)

Edellä käsiteltyjen asioiden perusteella voitaisiin todeta, että on äärimmäisen tärkeää mallinnuksen kannalta määritellä tilaajan kanssa selkeä mallinnusraja. Näin ollen voidaan huomattavasti selkeyttää tietomallinnusprosessia ja välttää ainakin isommat muutokset projektin aikana, jolloin vältetään myös muutoksista johtuvat lisäkustannukset. (Roine 2013, 52.)

7.2.1 Tietomallintamisen tuottama lisäarvo korjaussuunnittelussa

Tietomallintamisen yksi suurista hyödyistä on sen visuaalisuus verrattuna perinteiseen 2D-piirustukseen. Suunnitelmien havainnollisuus ei hyödytä ainoastaan suunnittelijaa ja rakennuttajaa vaan auttaa ennen kaikkea tilaajaa koko-

naisuuden hahmottamisessa. Tilaajalla ei välttämättä ole suurta teknistä kompetenssia tulkita tasopiirustuksia. Visuaalinen informaatio, jonka malli antaa, hyödyttää hieman eri tavoin kutakin tahoa. Tilaajalle hyöty on enemmänkin mahdollisuus ymmärtää suunnitelmia paremmin. Suunnittelijat puolestaan pystyvät paremmin havaitsemaan virheitä sekä yhteen sovittamaan suunnitelmia toimiessaan samassa mallissa. Edellä esitetyn perusteella voitaisiin todeta visuaalisuuden toimivan laadunvarmistuksen työkaluna. Lisäksi, jos tilanetta mietitään vielä tilaajan näkökulmasta, niin myös erilaisten suunnitteluvaihtoehtojen keskinäinen vertailu helpottuu visuaalisuuden ansiosta. Tästä yhtenä esimerkkinä ovat talotekniset ratkaisut. Tietomallintamisen avulla onnistutaan konkretisoimaan ratkaisuja jo suunnitteluvaiheessa. On myös todettua, että urakoitsijat voivat hyödyntää muun muassa IFC-malleja jo urakkavaiheen laskennassa sekä uudelleen rakentamisvaiheessa 2D-piirustusten rinnalla. (Kautto 2012, 7; Leinonen 2019.)

Yleisesti voidaan todeta tietomallintamisen tuottavan lisäarvoa suunnitelmien selvyyteen ja yhteensovittamiseen. Mallissa voidaan tehdä esimerkiksi törmäystarkasteluja jo suunnitteluvaiheessa ja näin ollen välttää virheitä rakentamisvaiheessa. Merkittävänä hyötynä voidaan nähdä myös tietomallista saatavan määrä- ja mittatiedon helppo saatavuus, johon jo edellisessä kappaleessa viitattiin sekä näiden hyödyntäminen muun muassa erilaisten hankintojen tekemisessä. Monesti perinteisessä dokumenttipohjaisessa suunnittelussa on koettu haasteeksi tilojen suunnittelu ja ennen kaikkea tilavaraukset erilaisille järjestelmille. Mallinnuksen avulla voidaan kenties helpommin varmistaa riittävä tilantarve vaadittaville varauksille. (Leinonen 2019.)

Tavallisesti puhutaan paljon tietomallien hyödyntämisestä ja niiden tuomasta lisäarvosta hankkeen eri vaiheissa, mutta täytyy muistaa, että myös rakennuksen ylläpidossa on monia tarpeita, jossa mallia voidaan hyödyntää. Tietomallin avulla voidaan esimerkiksi suunnitella ja aikatauluttaa kiinteistön huoltotöitä käytön aikana. Lisäksi mahdolliset tilamuutokset tai muut järjestelmämuutokset voidaan hahmotella mallin avulla ja tällä tavoin pohtia eri vaihtoehtoja sekä arvioida alustavia kustannuksia. Tästä syystä mallin ajantasaisuus on erittäin olennaista. (Leinonen 2019.)

7.2.2 Tietomallintamisen haasteet korjaussuunnittelussa

Yksi tietomallintamisen mainittavista haasteista on mallinnuksen vaiheistus. Tämä on muodostunut haasteeksi siitä syystä, että mallinnus seuraa jostain syystä erittäin usein vieläkin perinteisen dokumenttipohjaisen suunnittelun vaiheistusta ja aikataulutusta. Todellisuudessa tietomallintaminen kuitenkin vaatii hankkeen alkupuolella huomattavasti enemmän suunnittelu-aikaa ja tämä pitää huomioida aikataulutuksessa. (Leinonen 2019.)

Korjausrakennesuunnittelun kannalta kattavaa lähtötietojen hankintaa riittävän aikaisessa vaiheessa tuskin voidaan liikaa korostaa. Tietomallintamalla toteutuissa suunnitelmissa lähtötietojen varhainen hankinta nousee erittäin tärkeään rooliin mallin tarkkuutta ajatellen. Dokumenttipohjaisella suunnittelulla päästään liikkeelle hieman suppeammillakin lähtötiedoilla ja niitä tarkennetaan hankkeen edetessä. Tehokkaassa tietomallipohjaisessa suunnittelussa kattavat lähtötiedot tarvitaan huomattavasti aikaisemmassa vaiheessa, jotta saavutetaan kautta linjan haluttu mallinnustarkkuus. Edellä mainitun osalta voidaan todeta korjausrakentamisen yhdeksi keskeisimmäksi haasteeksi inventointimallin tuottaminen. Inventointimallin avulla määritellään suunnittelun tarkkuus, joten sen tuottamiseen pitää suhtautua tarvittavalla vakavuudella. Mallin tarkkuustasosta ja sen tärkeydestä voisi nostaa yhtenä esimerkkinä monien joukosta uusien ja vanhojen rakenteiden väliset liitokset sekä vanhojen rakenteiden rakennetyypit. Kaikkia rakenteita ei inventointimallissa kuitenkaan pystytä esittämään tarkasti: On esimerkiksi niin sanottuja piiloon jääviä rakenteita, joita joudutaan mallintamaan vielä erikseen. Tämän vuoksi on erittäin tärkeää sopia tilaajan kanssa heti projektin alkuvaiheessa, mitä inventointimallissa esitetään tarkasti ja voidaanko joiltain osin tarkkuustasosta tinkiä mallinnuskustannusten minimoimiseksi. Sovittu tarkkuustaso on myös tärkeää kirjata tietomalliselosteeseen. Näin ollen suunnittelijat voivat hyödyntää tietomalliselostusta inventointimallin tarkkuuden osalta ja jatkossa myös muiden vaiheiden osalta. Se mikä tekee inventointimallista ja muista lähtötiedoista ongelmallisen korjausrakennesuunnittelussa on esiintyvät epävarmuustekijät. (Haavisto 2013, 55; Leinonen 2019.)

Tietomallintamisen keskeisiin haasteisiin voidaan myös lukea vuorovaikutus eri suunnittelijoiden välillä. Tähän ongelmakohtaan voidaan liittää eri suunnittelualojen välisen yhteistyön haastavuus, joka on laaja kokonaisuus sekä suunnitteluryhmän sisäinen ryhmädynamiikka, jossa korostuu suunnittelijoiden välinen vuorovaikutus. Jos puhutaan eri suunnittelualojen välisestä yhteistyöstä ja sen tuomista haasteista, niin yksi suuri ongelman aiheuttaja on pelisääntöjen puute tai niiden noudattamatta jättäminen. Tietomallintamisen pelisäännöt tarkoittavat, että hankkeessa on tarkasti sovittuna, mitä kunkin suunnittelualan tietomallien tulisi sisältää. Mikäli näitä asioita ei erikseen sovita, on yhteistyö todennäköisesti erittäin vaikeaa. Voidaan siis todeta, että yhteistyön merkitys on todella suuri ja siihen tulee kiinnittää huomiota. Yhteistyön koordinoimien haasteiden taustalla vaikuttaa usein tietomallipohjaisen hankkeen toimintatapojen nojautuminen dokumenttipohjaiselle suunnittelulle. Perinteisessä suunnittelutavassa suunnitelmat on tehty aloittain, mutta koska tietomallipohjaisissa hankkeissa eri suunnittelualat työskentelevät saman mallin parissa, niin yhteistyön merkitys korostuu entisestään ja edellyttää toimintatapojen uudistamista. Tietomallipohjaiseen suunnitteluun siirryttäessä tämä näyttäytyy tällä hetkellä vielä haasteena. Tämä on myös hyvä esimerkki jälleen kerran kokonaisuuden hahmottamisesta ja sen tärkeydestä. Toki, pitää muistaa, että moni tietomallintamisen ongelmakohta johtuu myös osittain kokemattomuudesta hallita kokonaisuuksia. Mikä puolestaan korostaa perehtymisen ja tiedonjakamisen tärkeyttä. (Haavisto 2013; Vitikainen 2019.)

Dokumenttipohjaiseen suunnitteluun perustuva suunnitteluosapuolten välinen roolitus ei tutkitusti sellaisenaan vastaa tietomallipohjaisen suunnittelun tarpeita. Vakavien tietomallipohjaisen suunnittelun ongelmien syiksi on tunnistettu epäselvä vastuiden jakaminen suunnittelijoiden välillä, riittämätön BIM-ohjeistus, suunnittelujohdon puutteellinen tietomallinnuskokemus ja -osaaminen, sekä tiedonkulun ongelmat suunnittelijoiden välillä. BIM-toimintamallien implementointiin voidaan panostaa tarkentamalla vastuunjako, parantamalla ohjeistusta sekä tukemalla osaamisen ja kokemuksen kerryttämistä. Tietomalliprosessia voidaan tukea Lean-johtamisen menetelmillä, jotka auttavat lisäämään asiakkaan kokemaa arvoa, parantamaan toimintamalleja sekä poistamaan lisäarvoa tuottamattomia työvaiheita. (Tauriainen ym. 2016.)

Tästä päästään seuraavaan keskeiseen haasteeseen eli suunnitteluryhmän sisäiseen yhteistyöhön ja sen ongelmiin. Kuten todettu, suunnittelijoiden heikko tietomallintamisen osaaminen on yksi keskeinen tekijä tietomallipohjaisen hankkeen ongelmissa. Omasta mielestäni, mikäli tutkitaan tietomallissa toimimisen haasteita ja pyritään kehittämään toimintaa paremmaksi, vaaditaan tulosten saavuttamiseksi myös suunnitteluryhmältä kohtuullista tietomalliosaaamista. Toinen merkittävä haaste ryhmän toiminnan osalta on suunnittelijoiden keskinäisen kommunikaation puute. Se voi johtaa muun muassa aikatauluongelmiin ja mallinnuksen päällekkäisyyteen. Kyseiset ongelmat pystytään ratkaisemaan riittävällä perehdytyksellä, jossa käydään läpi sisäisen toiminnan ohjeistus sekä yleiseen laadunvarmistukseen liittyvät seikat. Sisäisessä laadunvarmistuksessa tärkeä osa on mallinnusohjeen noudattaminen, jolla pyritään toiminnan yhtenäistämiseen. Todettakoon, että sisäisen toiminnan ja laadunvarmistuksen tae on yhteisten pelisääntöjen noudattaminen ja vahva ryhmän sisäinen vuorovaikutus. (Vitikainen 2019.)

8 TIETOMALLINTAMISEN LISÄARVO MUILLE HANKEOSAPUOLILLE

Rakennushankkeessa toimii useita eri osapuolia, joiden tehtävät määräytyvät toimialan mukaisesti. Tässä luvussa tarkastellaan tilaajan, rakennuttajan, arkkitehdin ja talotekniikkasuunnittelijan keskeisimpiä tehtäviä rakennushankkeessa sekä selvitetään tietomallipohjaisen suunnitteluprosessin tarjoamia hyötyjä eri osapuolten kannalta.

8.1 Korjausrakennushankkeen osapuolet

Seuraavaksi käydään läpi rakennushankkeen keskeisimmät osapuolet ja niiden tehtävät liittyen tietomallipohjaiseen korjaushankkeeseen.

8.1.1 Tilaaja

Tietomallintamisen on tarkoitus tukea laadullisia ja toiminnallisia tavoitteita, joita rakennushankkeelle on asetettu. Hankkeen onnistumisen edellytyksenä on, että tilaajalta saadaan riittävän aikaisessa vaiheessa tietoinen päätös hankkeen toteuttamisesta tietomallipohjaisena. Tavallisesti tämä päätös tulee

tehdä heti hankepäätöksen jälkeen. Tilaajan yksi tärkeistä tehtävistä on hankkeen alkuvaiheessa määrittää keinot, joilla voidaan ohjata suunnittelua koko rakennushankkeen ajan. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että tilaajan on tilattava sellaiset tietomallit, jotka sisällöltään vastaavat niille asetettua käyttötarkoitusta. Tämä tarkoittaa sitä, että tilaajalta vaaditaan määrittelyt mallinnustarpeesta ja -tavasta. Tilaajan tavoitteiden pohjalta laaditaan tietomallisuunnitelma koko hankkeen ajaksi. (Lehtoviita 2019; Vitikainen 2019)

Suurena haasteena voidaan nähdä edelleen tilaajien tiedonpuute, joka näkyy epätarkkoina lähtötietoina ja tietämättömytenä tietomallintamisen mahdollisuuksista. Mikäli tilaajalla ei ole riittävää tietämystä tietomallintamisen osalta, kannattaa tilaajan tässä vaiheessa hyödyntää tietomallintamisesta vastaavaa koordinaattoria. Tietomallikoordinaattori tulee nimetä joka tapauksessa hankkeen alkuvaiheessa. Tässä tehtävässä toimii usein pääsuunnittelija tai rakennuttaja, mutta tietomallikoordinaattorina voi toimia myös jokin muu taho. (Lehtoviita 2019.)

Suunnitelmien hankintavaiheessa on tärkeää, että tilaaja ymmärtää sopia erikseen mallien luovutuksesta ja niiden käyttötarpeesta projektin loputtua, koska Konsulttitoiminnan yleisissä sopimusehdoissa ei ole määritelty yksiselitteisesti tietomallin käyttöoikeuksia. Toisin sanoen tarjouspyyntöasiakirjoissa tulisi erikseen olla maininta tietomallin käyttöoikeuksista ja niiden siirtymisestä aina edelleen, kun kiinteistö myydään. Myös oikeuksista tietomallin muutoksiin tulee sopia kirjallisesti. (Lehtoviita 2019; RAKLI ym. 2019.)

8.1.2 Rakennuttaja

Rakennuttajan keskeinen rooli rakennushankkeessa on toimia tilaajan asiantuntijana huomioiden tilaajan toiveet sekä hankkeen tavoitteet. Hankkeessa toimiessaan rakennuttaja valvoo muun muassa laadullisia, ajallisia ja taloudellisia tavoitteita. Toisin sanoen rakennuttaja toimii tilaajan edustajana, joka käynnistää hankkeen ja huolehtii hankkeen läpiviennistä. Rakennuttajan vastuulla on, että tilaaja saa käyttöönsä tarpeenmukaiset tilat. (Lappalainen 2014, 3; Rajala 2005; Penttilä ym. 2006, 13-17.)

8.1.3 Arkkitehti

Arkkitehdin tehtävä hankkeessa on arkkitehtonisen kokonaisratkaisun suunnittelu. Huomioon otettavia asioita ovat rakennuksen toiminnalliset, tekniset, taiteelliset ja taloudelliset vaatimukset. Suunnittelussa tulee huomioida myös rakennuksen toiminnan kannalta vaaditut turvallisuus-, terveellisyys- ja ympäristönäkökannat. Maankäyttö- ja rakennuslaissa todetaan arkkitehdin tehtäviin kuuluvan myös lähtötietojen koonti tarvittavalta osalta. Kuten muidenkin suunnittelualojen kohdalla, on myös arkkitehtisuunnittelussa tärkeää huolehtia tarvittavista lähtötiedoista. Näin ollen, rakennussuunnitelma täyttää rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset. (Rajala 2005; 1990/132 120a §.)

8.1.4 Talotekniikkasuunnittelija

Talotekniikkasuunnittelu toimii ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa muita osapuolia tukevana suunnitteluna, jonka tarkoitus on tuottaa tietoa arkkitehti- ja rakennesuunnittelun piiriin erilaisista taloteknisistä järjestelmistä. Talotekniikkasuunnittelun osa-alueisiin liittyy vahvasti muun muassa energiasimulointien suorittaminen ja niiden analysointi. Lisäksi sen osana on elinkaarikustannusten laskeminen, jota on käsitelty tarkemmin kappaleessa 5.2. Elinkaarikustannuksiin vaikuttaa merkittävästi rakennuksen muoto ja sijainti. Tietomallin avulla voidaan etsiä melko nopeasti erilaisia vaihtoehtoja muun muassa rakennuksen asemoinnin tai ikkunatyypin suhteen. Tietomallit ovat myös erittäin käyttökelpoisia energia- ja olosuhdesimuloinneissa, jotka ovat lähtökohtaisesti vaativia ja niissä vaaditaan tietomalleilla saavutettavaa tarkkuutta. (Järvinen ym. 2012; RAKLI ym. 2017.)

Rakennuksen energiankulutustavoitteet ja niihin perustuvat ratkaisut tulee huomioida tarkasti arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkasuunnitelmissa. Kyseisten tavoitteiden saavuttamiseksi ja niitä palvelevien kokonaisratkaisujen löytämiseksi on yhteistyö ja vuorovaikutus eri suunnittelualojen välillä välttämätöntä. Tietomalli tarjoaa tämän kaltaiseen yhteistyöhön loistavan ratkaisun. Myös talotekniikkasuunnittelun osalta on todettu tietomallintamisen lisäävän alkuvaiheen suunnitteluun kuluvaan aikaan merkittävästi. Toisaalta hankkeen loppua kohden aikaa puolestaan säästyy, koska koetaan, että suunnitelmat

ovat viimeistellympiä ja helpottavat rakennusvaiheessa suoritettavia töitä. (Järvinen ym. 2012; RAKLI ym. 2017.)

8.2 Rakennushankkeen muiden osapuolien saama lisäarvo

Tämä kappale sisältää taustoitusta ja omaa pohdintaa tietomallipohjaisen korjausrakennushankkeen eri osapuolien saamasta lisäarvosta. Lisäksi kappaleessa on todettu eräitä haasteita tietomallipohjaisen suunnittelun osalta.

8.2.1 Lisäarvo tilaajalle

Tietomallipohjaisen suunnittelun avulla pystytään suunnitelmia seuraamaan huomattavasti konkreettisemmalla tavalla kuin perinteisessä 2D-pohjaisessa menetelmässä. Visuaalisen esitystavan vuoksi on yhä useamman mahdollista tarkastella suunnitelmia ja niiden etenemistä siitäkin huolimatta, että he eivät omaa laajaa rakennusteknisten piirustusten lukutaitoa. Näin ollen, kun mietitään, että useammalla henkilöllä on mahdollista tulkita olemassa olevia suunnitelmia, voidaan myös suunnitteluratkaisuja arvioida entistä aikaisemmassa vaiheessa. Tietomallipohjaisella suunnittelulla suunnitteluprosessista saadaan myös entistä läpinäkyvämpi, joka vaikuttaa kaikkien rakennushankkeen osapuolien toimintaan positiivisesti. (Halmetoja 2016.)

Selvitysten perusteella merkittävä tilaajan saama hyöty tietomallipohjaisesta suunnittelusta olisi mahdollisuus hyödyntää rakennuksen toteutumamallia kiinteistön ylläpidossa. Tietomallien käyttö kiinteistöjen ylläpidossa on kuitenkin toistaiseksi melko vähäistä. Tähän saattaa vaikuttaa jonkin verran vakiintuneiden menetelmien puute. Tässä korostuu eritoten tilaajan asema tietomallisuunnitelmaa laadittaessa. Mikäli tilaajalla ei ole selkeää näkemystä tietomallin käyttötarkoituksesta projektin päättyessä, kyseenalaistaa se silloin koko tietomallipohjaisen suunnittelun. Edellytyksenä hyödynnettävälle tietomallille on tilaajan selkeä tarve, mutta on myös tärkeää sopia tarkkaan toteutumamallin koostamisesta eli niin sanotusta as built-mallista. Lähtökohtaisesti on tärkeää, että ylläpitomalli on toteuman mukainen, mutta kiinteistön ylläpidon kannalta ei mallissa välttämättä tarvitse näyttää aivan kaikkea. Näin ollen saadaan muun muassa tietomallin tiedostokoko pidettyä kohtuullisena. Ne asiat mitkä tietomallissa sitten tulisi näyttää on sovittava aina projektiokohtaisesti.

8.2.2 Lisäarvo rakennuttajalle

Rakennuttajan tietomallipohjaisesta projektista saamat hyödyt voidaan jakaa suoriin, välillisiin ja jaettuihin hyötyihin. Suorat hyödyt helpottavat omien tehtävien suorittamista. Esimerkiksi toteutuksen vaiheistuksen sisältyessä tietomalliin, saattaa tietomallipohjainen suunnittelu helpottaa hankkeen kokonaishallintaa. (Penttilä ym. 2006, 13-17.)

Rakennuttaja saa merkittävää suoraa hyötyä tietomallista määrä- ja kustannuslaskennassa. CRC Construction Innovation on tehnyt vuonna 2007 havainnon, jonka perusteella todetaan, että tietomallipohjaisella kustannuslaskennalla voidaan säästää aikaa jopa 80 % verrattuna perinteiseen dokumenttipohjaiseen suunnitteluun. Tutkimuksessa todetaan myös, että tietomallipohjainen kustannusarvio on huomattavasti tarkempi. Merkittävänä tekijänä, joka vaikuttaa kustannusarvion tarkkuuteen voidaan pitää määrälaskentaa, joka toimii kustannusarvion lähtötietona. Suoritettaessa määrälaskentaa tietomallista, on virhemarginaali selvästi pienempi kuin dokumenttipohjaisessa suunnittelussa. (Azhar 2011, 243.)

Rakennuttaja hyötyy tietomallipohjaisesta prosessista myös välillisesti, muiden osapuolten kokemien hyötyjen heijastuessa rakennuttajan kokemaksi hyödyksi. Koska rakennuttaja toimii tilaajan edustajana, hyödyt näyttäytyvät vahvimmin tilaajan kokeman hyödyn kautta.

Lisäksi tietomallipohjaiseen prosessiin liittyy jaettuja hyötyjä. Ne käsittävät muun muassa suunnitteluprosessin sujuvuuden ja tehostuneen yhteistyön kautta saavutettuja kustannussäästöjä ja laadunvarmistusta. Nämä ovat hyötyjä, jotka heijastuvat hankkeen kaikille osapuolille.

8.2.3 Lisäarvo arkkitehdille

Arkkitehti hyötyy tietomallipohjaisesta suunnittelussa mitä suurimmassa määrin mallin visuaalisesta muodosta. Tietomallilla saavutetaan etua suunniteltaessa rakenteita, jotka ovat geometrisesti monimuotoisia verrattuna 2D-suunnitteluun. Myös rakennesuunnittelijan työ helpottuu merkittävästi käytettäessä arkkitehdin tietomallia referenssinä. Arkkitehdin työnkuvassa kuitenkin mallin

visuaalinen vaikuttavuus on kenties merkittävämpää kuin sen teknisyys ja tämä on tekijä, joka erottaa arkkitehdin ja rakennesuunnittelija työtehtävät toisistaan.

Tietomallia voidaan hyödyntää muun muassa työn visualisointiin, jossa esimerkiksi otetaan kuvakaappaus jostain koosta mallia ja hahmotellaan visuaalista ilmettä käsin piirtäen suoraan kuvaan. Toki, käytettävien ohjelmistojen välillä on suuria eroja puhuttaessa työn visualisoinnista. Jonkin verran ilmenee edelleen mielipiteitä, joissa koetaan mallintaminen vielä jokseenkin hankalaksi ja aikaa vieväksi. Tämä saattaa liittyä esimerkiksi piirustusten tuottamiseen, mutta myös ohjelmiston käyttöystävällisyyteen ja suunnittelijan tietomalliosaimisen tasoon. Mallissa toimimisen osalta on erittäin tärkeää, että saadaan luotua tarvittavat asetukset, jotta piirustusten tuottaminen mallista olisi mahdollisimman helppoa ja toisi tarvittavaa lisäarvoa.

Yleisesti ottaen kuitenkin todetaan mallintamisen tuovan hyötyä rakennushankkeen kokonaisuutta ajatellen. Tämä ilmenee esimerkiksi tehokkaana vuorovaikutuskeinona eri suunnittelualojen välillä. Jos, mietitään esimerkiksi arkkitehtisuunnittelun ja rakennesuunnittelun välistä vuorovaikutusta tietomallia käyttäen, niin mallin avulla on mahdollista keskustella muun muassa eri rakenneratkaisuista ja kuinka ne saadaan toteutettua arkkitehdin omien suunnitelmien pohjalta. Lisäksi eräissä tapauksissa rakenteita saattaa jäädä näkyviin, jolloin ne lasketaan osaksi arkkitehtuurista ilmettä. Tässä tapauksessa arkkitehdillä on mahdollista tarkastella toteutusta rakenneosamallin avulla.

Kuten on aikaisemminkin todettu, on tietomallintamisessa huomioitava aina koko projektiympäristö ja sen toimintatavat. Näin ollen, yhteiset toimintatavat tulee sopia kaikkien osapuolien kesken projektissa toimimisen selkeyttämiseksi.

8.2.4 Lisäarvo talotekniikkasuunnittelijalle

Kuten edellisessä kappaleessa mainittiin, ovat erilaiset analyysit suuressa roolissa talotekniikkasuunnittelussa ja näiden osalta tietomalleilla saavutettava hyöty merkittävä. Suoritettujen simulointien ja niiden pohjalta tehtyjen analy-

sien avulla saadaan vertailukelpoistietoa, jota voidaan hyödyntää muun muassa elinkaarikustannuslaskelmien lähtötietoina. Tästä tiedosta on myös tilaajalle merkittävää etua esimerkiksi ylläpitokustannuksia ajatellen. Tilaajan tulisi toki muistaa, että mikäli kiinteistön käytössä tapahtuu merkittäviä muutoksia, ei tulkittu analyysi ole enää validi ja vastaavat analyysit olisi tehtävä uudelleen.

Kuten muilla suunnittelualoilla, niin talotekniikkasuunnittelun suhteen ei ole juurikaan merkitystä onko rakennettava kohde uudis- vai korjausrakentamiskohde. Tämä perustuu lähinnä siihen, että talotekniikkasuunnittelu pohjautuu rakennesuunnittelijan tietomalliin ja muun muassa eri laitteiden sijoittelun tarkkuus perustuu täysin rakennusosamallin tarkkuuteen. Luonnossuunnitteluvaiheessa talotekniikkasuunnittelija tarvitsee lähinnä tiedot olemassa olevista tiloista, mutta mallinnuksessa käytetään rakennusosamallia.

Myöskään simulointien ja analyysien osalta ei ole teknisesti merkitystä onko kysymyksessä uudis- vai korjauskohde. Ainoaksi eroavaisuudeksi voidaan lukea riittävien lähtötietojen hankinta, joka myös talotekniikkasuunnittelussa näyttäytyy haasteena. Tässäkin tapauksessa riittävän tarkan inventointimallin tuottamisesta on erittäin suuri hyöty.

Talotekniikka on ylläpidon kannalta erittäin keskeisessä asemassa. Kuten on aiemmin todettu, tietomallin yksi suurimmista eduista on sen tietosisältö. Tietosisällön hyödynnettävyys riippuu kuitenkin täysin tiedon ajantasaisuudesta, joten on erityisen tärkeää osata järkevästi ylläpitää tätä kaikkea tietoa. Tietosisällön ei välttämättä tarvitse talotekniikan kannalta sijaita juuri tietomallissa. Tämän vuoksi ei ole merkitystä sisältyykö kyseinen tietomäärä malliin vai erilliseen tietokantaan. Edellä mainittu ei kuitenkaan vaikuta tiedon ylläpidon tarpeeseen. Kaikki kiinteistössä tapahtuvat muutokset tulee päivittää tietokantaan ja sieltä niiden tulisi päätyä tietyin väliajoin myös tietomalliin.

Edellä on kuvattu useita eri hyötyjä, joita tietomallintamalla voidaan saavuttaa. Tietomallintamisen haasteina talotekniikkasuunnittelussa voidaan mainita lähinnä kommunikaatio ongelmat liittyen projektin muihin osapuoliin. Lisäksi lähtötietojen kattava saanti ja niiden laatu on tärkeää.

9 TIETOSISÄLTÖOHJE

Opinnäytetyön valmistumisen yhteydessä julkaistaan Sitowisen Kymenlaakson korjausrakentamisen yksikön käyttöön tietosisältöohje, jolla ohjataan tietomallipohjaisia korjaushankkeita. Tietosisältöohje toimii Revit-ohjelmiston käytön tukena korjausrakentamishankkeen suunnittelutyön tehostamiseksi. Tietosisältöohjeessa läpikäydään Revit-ohjelmiston käyttöä korjausrakentamisen eri vaiheissa, eli inventointimallinnuksessa, ehdotussuunnittelussa, urakasuunnittelussa sekä toteutus- ja valmisosasuunnittelussa. Ohjeistus sisältää lisäksi mallinnustarkkuuden ja lähtötietojen laadun määrittelyn. Lisäksi tuetaan vahvasti tietosisältöohjeeseen linkittyvä tilaajan ohje sekä markkinointimateriaali, jota hyödynnetään toimintamallin implementoimiseksi toimintaan. Kyseistä ohjeistusta ei julkaista tässä opinnäytetyössä, vaan se laaditaan ainoastaan yrityksen käyttötarpeisiin.

9.1 Tietosisältöohje suunnittelun tukena

Tietosisältöohje on suunnittelun tueksi laadittu dokumentti, joka seuraa kronologisesti suunnittelun eri vaiheita ja lisäksi siihen on kirjattu tietomallintamisen yleiset toimintaperiaatteet. Suunnittelun eri vaiheita on käsitelty tarkemmin luvussa 4: Yleiset tietomallivaatimukset 2012.

Tietomallipohjaisissa rakennushankkeissa jokainen suunnittelijaosapuoli on sitoutunut noudattamaan kyseistä ohjeistusta. Tavallisesti tietomalliohje perustuu YTV2012-ohjeistukseen ja kaikki siitä poikkeavat seikat määritellään sekä sopimuksessa että ohjeessa erikseen. Tietomalliohje on aina tilaajakohtainen dokumentti, jossa käytännössä määritellään rakennushankkeen pelisäännöt ja selvitetään rakennushankkeen kulku. Näin ollen, kyseinen dokumentti ei hyödytä ainoastaan suunnittelijaosapuolia, vaan toimii myös tietomallipohjaisen rakennushankkeen ohjeena tilaajan suuntaan. (Vitikainen 2019.)

9.2 Mallinnustarkkuus ja -ohje

YTV2012-ohjeistus sisältää erillisen liitteen, jossa on määritelty hankintoja palvelevan suunnitteluvaiheen mallinnustarkkuus sekä rakennesuunnitelmia kos-

keva mallinnustapa. Ohjeen laatijana sekä sisältövastaavana toimii BuildingSMART Finland -organisaatioon kuuluva erillinen tilaajaryhmä. Ohjeen tarkoitus on toimia kyseisen suunnitteluvaiheen tukena sekä esimerkkinä muiden suunnitteluvaiheiden mallinnustapaohjeistuksille. Ohje on laadittu taulukkomuotoon tarkentaen rakennusosien mallinnustapaa- ja tarkkuutta. Mallinnuksen tarkkuustasoja on käytössä neljä kappaletta ja niille löytyy kirjalliset kuvaukset. Lisäksi korjauskohteissa käytetään mallinnusohjetta erikseen purettaville ja säilytettävälle rakennusosille. (BuildingSMART Finland tilaajaryhmä 2012.)

Tietomallipohjaisen rakennushankkeen eri osapuolten kannalta on ensiarvoisen tärkeää, että rakennusosien kuvaus on toteutettu selkeästi. Kun tietomalli on tuotettu sovitun mukaisesti, niin silloin tilaaja saa itselleen yhdenmukaiset materiaali- ja määrätiedot, joita voi hyödyntää muun muassa urakkatarjouskilpailussa. (BuildingSMART Finland tilaajaryhmä 2012.)

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteisiin liittyviä keskeisiä kysymyksiä olivat, miten korjaussuunnittelua voidaan tehostaa Revit-ohjelmiston avulla sekä mitkä ovat tietomallinnuksen hyödyt korjaussuunnittelun kannalta. Lisäksi on tarkasteltu lisäarvoa asiakkaalle ja muille osapuolille. Opinnäytetyön tavoitteena oli taustoitaa ja perustella tietomallintamisen implementointia korjausrakennesuunnitteluun sekä luoda tarvittavia työkaluja ja ohjeistuksia tämän toteuttamiseksi yrityksessä.

Opinnäytetyön aihetta on käsitelty toisaalta tarkastelemalla, miten tietomallintaminen yleensä, voi tehostaa korjaussuunnittelua ja toisaalta arvioimalla juuri Revit-ohjelmiston mahdollisuuksia. Tässä raportissa sivutaan, mutta ei esitellä, yritykselle toteutettuja ohjeistuksia ja työkaluja.

Yksi tietomallintamisen olennaisimmista hyödyistä on sen tarjoama selkeä visualisointi. Tilaajan kannalta tämä mahdollistaa suunnitelmien paremman hahmottamisen. Suunnittelijat puolestaan voivat hyödyntää mallia virheiden havaitsemiseksi sekä suunnitelmien yhteensovittamisessa toimiessaan jaetussa

mallissa. 2D-suunnitteluun verrattuna tietomalli tuottaa merkittävää lisäarvoa tukemalla yhteissuunnittelua ja tiedonjakoa. Tietomalli toimii laadunvarmistuksen työkaluna ja voi vähentää suunnitelmien tulkinnanvaraisuutta toteutusvaiheessa.

Tietomalli helpottaa suunnitteluvaihtoehtojen keskinäistä vertailua. Sitä voidaan hyödyntää urakkavaiheen laskennassa sekä rakentamisvaiheessa täydentämään 2D-piirustusten käyttöä. Tietomalli mahdollistaa määrä- ja mittatietojen helpon saatavuuden.

Tietomallien hyödyntämisen voidaan olettaa tulevaisuudessa lisääntyvän myös rakennusten ylläpidon aikana. Tietomalleja voidaan käyttää muun muassa kiinteistön käytönaikaisten huoltotöiden suunnitteluun ja aikataulutukseen. Mallia voidaan hyödyntää myös mahdollisten tilamuutosten tai muiden järjestelmämuutosten hahmottelun ja kustannusarvioiden lähtökohtana. Tietomallia voidaan käyttää myös muihin käyttötarkoituksiin, esimerkiksi taloyhtiön pelastussuunnitelman laadinnan apuna, tarjoamaan pelastushenkilökunnalle visualisoitua lähtötietoa mahdollisiin pelastustoimiin.

Tässä työssä ei ole vertailtu eri mallinnusohjelmistoja eikä siten voida tehdä johtopäätöksiä niiden välisistä eroista. Revit-ohjelmiston käytön tunnistettu vahvuus korjausrakennesuunnittelussa on tehdyn tarkastelun perusteella ohjelmiston mahdollistama objektien ja alueiden varaaminen yhden suunnittelijan käyttöön, mikä helpottaa työnjakoa suunnittelijoiden välillä ja ehkäisee päällekkäin mallintamista.

Opinnäytetyöprosessissa on tarkasteltu Revit-ohjelmiston ja Autodesk-tuoteperheen ohjelmistojen hyödyntämistä korjausrakennesuunnittelussa. Siinä on myös tuotettu yrityksen käyttöön aloituspohja ja nimiö. Tärkeä tulos on lisäksi menetelmä tiedon tuomiseksi AutoCadista Revitiin ja päinvastoin.

Tietomallintaminen tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia rakennesuunnittelussa kuten myös korjausrakennesuunnittelussa. Jotta siihen liittyvät tehokkuutta, laatua ja yhteistyötä tukevat lupaukset täyttyvät, vaatii sen toimeenpano yrityksessä huolellista ohjeistusta, suunnitteluryhmän työnkulun ja roolitusten osit-

taista päivittämistä, sekä perehtymistä ja osaamisen kartoittamista ohjelmistojen käyttöön ja tietomalliprosessin koordinointiin liittyen. Kirjallisuuden perusteella voidaan tunnistaa tietomallintamiseen liittyviä riskejä, mutta myös hahmottaa tietomallintamisella saavutettavissa olevia hyötyjä. Tietomallintaminen tulee eittämättä tulevaisuudessa, mittavien hyötyjensä vuoksi, edelleen yleistymään ja syrjäyttämään dokumenttipohjaista suunnittelua. Korjausrakentamisessa tilaajien kokema hyöty tietomallipohjaiselle suunnittelulle saattaa olla vähäisempi kuin uudisrakentamisessa, mikä saattaa hidastaa tietomallien laajamittaista käyttöönottoa korjausrakennesuunnittelussa.

Opinnäytetyö on tehty korjausrakennesuunnittelun tarpeisiin, joten siinä on painotettu tietomallintamisen hyötyjä suunnittelijan näkökulmasta. Tilaajan ja muiden sidosryhmien kokemuksiin hyötyihin voisikin perehtyä huomattavasti laajemmin. Tilaajan toiveet heijastuvat vahvasti siihen, miten ja missä vaiheessa suunnitteluprosessia tietomalleja hyödynnetään. Toisaalta, myös rakennuksen elinkaaren käytönaikaiseen ja käytöstä poistumisen vaiheisiin liittyy tois- taiseksi vähän käytettyjä tietomallien hyödyntämistapoja. Tietomallin hyödyntäminen rakennuksen käytön aikana tarjoaisi tilaajalle tai käyttäjälle pitkän aikavälin hyötyjä kiinteistönpidossa. Tietomallintamisen kiinteistönpidon hyötyjen syvällisempi kartoittaminen voisi antaa näkökulmia tietomallien hyötyjen viestimiseen tilaajalle, mikä puolestaan voisi edistää tietomallipohjaisen suunnittelun markkinan kasvua.

LÄHTEET

Autodesk Help. 2018a. Project browser. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-GetStarted/files/GUID-C8D3E5A6-02A5-43A9-AFFC-D49DD27398B1-htm.html> [Viitattu: 3.9.2019].

Autodesk Help. 2018b. Enable Worksharing. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-Collaborate/files/GUID-3896288A-0729-4C41-A67D-4FA970DF3E43-htm.html> [Viitattu: 18.9.2019].

Autodesk Help. 2018c. Properties palette. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-GetStarted/files/GUID-A764EA7A-FE26-469B-857C-F3A70812FC34-htm.html> [Viitattu: 20.9.2019].

Autodesk Help. 2019a. Import and Link Options. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-Model/files/GUID-D184A004-D0BF-44D1-9C02-99480B129CAD-htm.html> [Viitattu 3.9.2019].

Autodesk Help. 2019b. About families. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Revit-Model/files/GUID-6DDC1D52-E847-4835-8F9A-466531E5FD29-htm.html> [Viitattu 3.9.2019].

Azhar, S. 2011. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering* 11, 3, s. 241-252.

BuildingSMART Finland tilaajaryhmä. 2012. Osa.5. Mallinnustarkkuus. Tilaajan ohje. Teoksessa: COBIM -hankkeen osapuolet. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YTV2012_Taydentava_liite_RAK_Tilaajan_ohje.pdf [Viitattu: 19.10.2019].

Cadlink Oy. 2012. Revit Architecture 2013 – käyttöliittymä ja perusteet. Opetusmateriaali. Saatavissa: <https://docplayer.fi/10419167-Revit-architecture-2013-kayttoliittyma-ja-perusasetukset-opetusmateriaali.html>. [Viitattu 18.9.2019].

Flanagan, J. 2017. Revit 2018 – The Ribbon. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.cadlinecommunity.co.uk/hc/en-us/articles/115005868705-Revit-2018-The-Ribbon>. [Viitattu 18.9.2019].

Haavisto, I. 2013. Tietomallintaminen korjausrakentamisen rakennesuunnittelussa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/21576/haavisto.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Viitattu 28.5.2019].

Haavisto, I; ref. Nissinen 2013. 2013. Tietomallintaminen korjausrakentamisen rakennesuunnittelussa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/21576/haavisto.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Viitattu 28.5.2019].

Haavisto, I; ref. Roine 2013. 2013. Tietomallintaminen korjausrakentamisen rakennesuunnittelussa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/21576/haavisto.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Viitattu 28.5.2019].

Halmetoja, E. 2016. Tietomallit ylläpidossa. Senaatti-kiinteistöt. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.senaatti.fi/app/uploads/2017/05/6099-Tietomallit_yllapidossa.pdf [Viitattu: 19.10.2019].

Henttinen, T. 2012. Osa 1. Yleinen osuus. Teoksessa: COBIM -hankkeen osapuolet. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf [Viitattu 28.5.2019].

Järvinen, T., Laine, T., Kaleva, K. & Heljomaa, K. 2012. Osa 4 Talotekninen suunnittelu. Teoksessa: COBIM -hankkeen osapuolet. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_4_tate.pdf. [Viitattu: 19.10.2019].

Kautto, T. 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu. Teoksessa: COBIM -hankkeen osapuolet. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_5_rak.pdf [Viitattu 28.5.2019].

Kuittinen, M. & le Roux, S. 2017. Vihreä julkinen rakentaminen. Ympäristöministeriön raportti YM1/601/2017. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80653/YO_2017_Vihrea_julkinen_rakentaminen_hankintaopas.pdf [Viitattu: 5.6.2019].

Kulusjärvi, H. 2012. Laadunvarmistus. PDF-dokumentti. YTV2012 osa.6. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_6_laadunvarmistus.pdf. [Viitattu 4.10.2019].

Lappalainen, J. 2014. Rakennuttajan ja turvallisuuskoordinaattorintehtävät rakennushankkeessa. Työturvallisuuskeskus, TTK. Pdf-dokumentti. Saatavissa: https://ttk.fi/files/4650/Rakennuttajan_ja_turvallisuuskoordinaattorin_tehtavat_rakennushankkeessa.pdf. [Viitattu: 15.10.2019].

Lehtoviita, T & Jäväjä, P. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Rakennustieto Oy. Espoo/Lappeenranta. 1. painos.

Lehtoviita, T. 2019. Rakentamisen tietomallinnus ja tilaajan rooli. Tietomallintamisen iltapäivä. Rakennusklusterin osaajat Etelä-Savossa RAKES2020 -hankkeen seminaari. Mikkeli, 13.3.2019

Lorek, S. 2018. What is BIM. Constructible. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://constructible.trimble.com/construction-industry/what-is-bim-building-information-modeling>. [Viitattu 28.5.2019].

Maankäyttö- ja rakennuslaki. 1999. 120b § (17.1.2014/41). Rakennussuunnittelija. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L17P120a>. [Viitattu 15.10.2019].

Motiva. 2019. Korjausrakentamisen strategia 2050- kuulemistilaisuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ajankohtaista/korjausrakentamisen_strategia_2050_-_kuulemistilaisuus.945.html [Viitattu: 5.6.2019].

Niskakangas, V. 2014. Tietomallinnetun rakennushankkeen suunnittelun ohjaus. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/22233/Niskakangas.pdf?sequence=3> [Viitattu 4.10.2019].

Rajala, M. 2005. Rakennushankkeen vaiheet ja osapuolet. Arkitdata Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://arkit.tkk.fi/kurssit/A91181/rakennushankkeen_vaiheet.htm. [Päivitetty 20.9.2005] [Viitattu 15.10.2019].

Rajala, M. 2007. Laserkeilausmittaus ja rakennuksen inventointimalli. PDF-dokumentti. Tietoa Finland Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090701.pdf> [Päivitetty: 8.12.2015] [Viitattu 4.10.2019].

Rajala, M. 2012. Osa 2. Lähtötilanteen mallinnus. Teoksessa: COBIM -hankkeen osapuolet. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_2_lahtotilanne.pdf [Viitattu: 4.10.2019].

RAKLI, Rakennustietosäätiö RTS. 2017. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18. Rakennustieto Oy 2017. Pdf-dokumentti. Saatavissa: https://www.rakli.fi/media/rakennuttaminen/tate12_kaleva.pdf. [Viitattu 19.10.2019].

RAKLI, Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL, Arkkitehtitoimistojen liitto ATL ja Rakennustietosäätiö RTS. 2014. Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot KSE 2013. Rakennustieto 2014. Pdf-dokumentti. Saatavissa: https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/25722733/6_sopimusehdot/0e360f62-6ed1-42ef-a34a-7385a307bd81. [Viitattu 15.10.2019].

Simpanen, J-A. 2018. Rakennuksen tietomallin hyödyntäminen ja käytön kehittäminen rakennustuotannossa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/26089/Simpanen.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Viitattu 4.10.2019].

Snellman, V. 2014. Resurssitehokas tietomallintaminen. Tutkielma. Aalto University Professional Development-Aalto PRO. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.aaltopro.fi/media/aalto-pro-publications/raps/rap36_tutkielma_snellman.pdf [Viitattu: 19.10.2019].

Tauriainen, M., Marttinen, P., Dave, B. & Koskela, L. 2016. The effects of BIM and lean construction on design management practices. *Procedia Engineering No. 164*, 567-574 [Viitattu: 20.10.2019].

Teittinen, T. 2018. Tietomalliprosessi korjaushankkeessa. ProDigiOUs. Valmennus WS 4. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://prodigious.tamk.fi/files/2018/05/Tietomalliprosessi-korjaushankkeessa.pdf> [Viitattu 22.7.2019].

Tietomallinnuksen hyödyt. 2019. ProDigiOUs. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://prodigious.tamk.fi/laserkeilaus-ja-tietomallinnus-korjaushankkeissa/tietomallinnuksen-hyodyt/> [Viitattu 28.5.2019].

Turner, B. 2011. From 3D Laser Scanning to Revit. Autodesk Gold Partner. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.sameomaha.org/files/General_Membership_Meeting_Presentations/2011-03-10_Scan_to_BIM.pdf [Viitattu 22.7.2019].

Vitikainen, J. 2019. Osastopäällikkö. Rakennetekniikka. Sitowise Oy. Kouvola. Haastattelu 2.10.2019.

Ympäristöministeriö. 2013. Korjausrakentamisen strategia – tavoitteena ennakoida kiinteistön pito ja korjauskulttuuri. WWW-dokumentti. Saatavissa:

[https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Ohjelmat_ja_strategiat/Paattyneet_hankkeet/Korjausrakentamisen_strategia___tavoitte\(1717\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Ohjelmat_ja_strategiat/Paattyneet_hankkeet/Korjausrakentamisen_strategia___tavoitte(1717))
[Viitattu: 5.6.2019].