

VTT Technical Research Centre of Finland

Tiekartta kohti tietomallinnettua puurakentamista

Mäkeläinen, Tarja; Vainio-Kaila, Tiina; Lavikka, Rita; Rönty, Jussi

Published: 16/02/2021

Document Version
Publisher's final version

[Link to publication](#)

Please cite the original version:

Mäkeläinen, T., Vainio-Kaila, T., Lavikka, R., & Rönty, J. (2021). *Tiekartta kohti tietomallinnettua puurakentamista*. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Asiakasraportti No. VTT-CR-00180-21

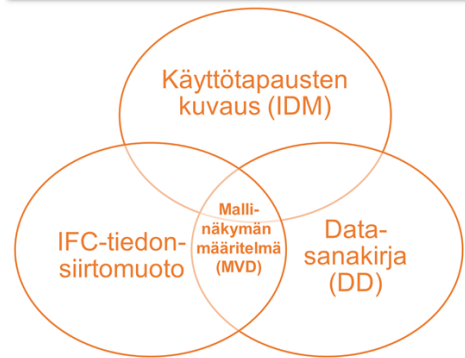
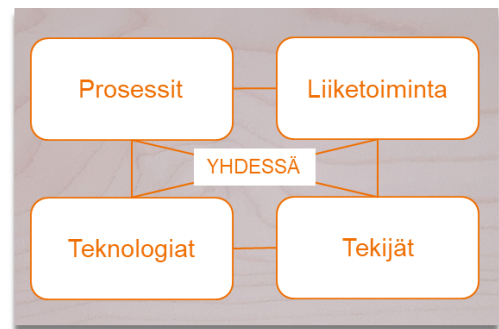
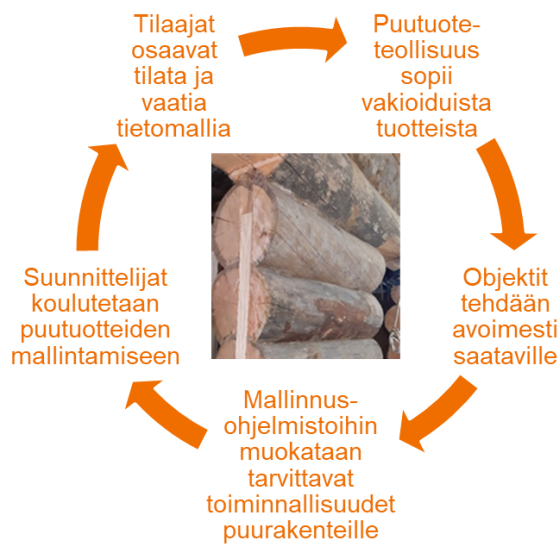


VTT
<http://www.vtt.fi>
P.O. box 1000FI-02044 VTT
Finland

By using VTT's Research Information Portal you are bound by the following Terms & Conditions.

I have read and I understand the following statement:

This document is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of this document is not permitted, except duplication for research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered for sale.



Tiekartta kohti tietomallinnettua puurakentamista

Kirjoittajat: Tarja Mäkeläinen, Tiina Vainio-Kaila, Rita Lavikka ja Jussi Rönty

Luottamuksellisuus: Julkinen raportti

Raportin nimi Tiekartta kohti tietomallinnettua puurakentamista		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Ympäristöministeriö: Petri Heino ja Simon LeRoux	Asiakkaan viite -	
Projektin nimi PuuBIM roadmaps	Projektin numero/lyhytnimi 124259	
Tiivistelmä <p>Tämän selvityksen tavoitteena on kuvata tiekartta tietomallinnetun puurakentamisen kehittämiseksi. Selvityksessä tarkastellaan tietomallinnusta puutuotteiden ja -elementtien suunnittelun, valmistuksen, hankinnan, asentamisen ja ylläpidon näkökulmasta. Tietomallilla tarkoitetaan rakennuksen ja sen rakennusosien geometriaa sekä rakennusosiin liittyvää materiaali- ja tuotetietoa. Tietomallintaminen on prosessi, mikä edellyttää yhteentoimivia tietomallinnustyökaluja, ymmärrystä tiedon käyttötapauksista sekä mallinnuksen osaavia toimijoita, jotka yhteistyössä varmistavat eheän tiedonhallinnan. Tietomalliprozessia on johdettava, jotta sen laatu varmistetaan. Tiedon on oltava ajantasaista ja toimijoiden käytettävissä, jotta siitä syntyy arvoa eri toimijoille.</p> <p>Tietomallinnusta ei vielä hyödynnetä parhaalla mahdollisella tavalla puurakentamisessa. Puurakentamisen on oltava tietomallipohjaista, jotta kohteen elinkaareen liittyvää tietoa saadaan hyödynnettyä oikea-aikaisesti erilaisiin tiedon käyttötapauksiin. Elinkaaritieto liittyy esimerkiksi kiinteistölle asetettuihin vaatimuksiin, suunnitelmiin, tuotteisiin, asennukseen sekä käyttöön ja ylläpitoon. Muita tiedon käyttötapauksia ovat esimerkiksi kilpailutus, kohteen visualisoinnit erilaisiin päätöksentekoa tukeviin analyyseihin ja rakennuksen energia- ja ympäristötietoihin liittyvät vaihtoehtojen tarkastelut sekä ratkaisujen optimoinnit. Parhaimmillaan tietomallipohjaisuus mahdollistaa kohteen digitaalisen kaksosen, jolla voidaan seurata, ohjata ja ennustaa kohteen käyttäytymistä. Digitaalinen kaksonen tukee myös korjauksia, purkamista ja kierrätystä.</p> <p>Selvityksessä kuvataan tiekartta, jossa esitettyjen toimenpiteiden avulla toimiala voi yhdessä kehittää ja tukea tietomallinnettua puurakentamista. Tärkeimpiä kehittämistoimenpiteitä ovat puutuoteosien ja -liitosten vakiointi, tietomallinnusprosessin määrittely, tiedon käyttötapausten vakiointi, tuotetiedon ja tietomalliobjektien vakiointi, tietomallinnustyökalujen kehittäminen ja mallinnusohjeiden päivittäminen tukemaan puun ominaisuuksia, teollisessa valmistuksessa hyödynnettävien puun työstölaitteiden tiedonhallintapäivitys, toimijoiden tietomallinnusosaamisen kasvattaminen sekä alan houkuttelevuuden lisääminen.</p>		
Helsinki 16.2.2021 Laatijat Tarja Mäkeläinen, Tiina Vainio-Kaila, Rita Lavikka ja Jussi Rönty	Tarkastaja Markku Kiviniemi <small>DocuSigned by:</small> <i>Markku Kiviniemi</i> <small>DA7185E0277A430...</small>	Hyväksyjä Åsa Hedman <small>DocuSigned by:</small> <i>Åsa Hedman</i> <small>F05BFE68AD934AC...</small>
VTT:n yhteystiedot VTT, P.O. Box 1000, 02044 VTT, Finland		
Jakelu (asiakkaat ja VTT) Printed to VTT Archive. Available online in VTT's Research Information Portal, https://cris.vtt.fi/		
VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.		

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	2
1 Johdanto.....	3
1.1 Selvityksen tausta ja tavoitteet.....	3
1.2 Selvityksessä hyödynnetyt menetelmät	4
2 Mallipohjaisen puurakentamisen nykytilanne	6
2.1 Puurakennuskohteen tietomallintamisen tila Suomessa.....	6
2.2 Teollisen puurakentamisen tietomallinnuksen tila Suomessa.....	8
3 Mallipohjaisen puurakentamisen tavoitetila ja sen toteutumisen edellytykset	11
3.1 Tavoitetila	11
3.2 Liiketoimintatekijät tavoitetilan edellytyksenä	11
3.3 Prosessitekijät tavoitetilan edellytyksenä	12
3.4 Toimijat ja osaaminen tavoitetilan edellytyksenä.....	12
3.5 Teknologiat tavoitetilan edellytyksenä.....	12
4 Tietomallipohjainen puurakentaminen - haasteet ja mahdollisuudet.....	14
4.1 Tietomallipohjainen puurakentaminen liiketoiminnan näkökulmasta	14
4.1.1 Haasteet	14
4.1.2 Mahdollisuudet.....	16
4.2 Tietomallipohjainen puurakentaminen tiedonhallinnan prosessin näkökulmasta	16
4.2.1 Haasteet	16
4.2.2 Mahdollisuudet.....	17
4.3 Tietomallipohjainen puurakentaminen teknologian näkökulmasta.....	18
4.3.1 Haasteet	18
4.3.2 Mahdollisuudet.....	19
4.4 Tietomallipohjainen puurakentaminen toimijoiden näkökulmasta	20
4.4.1 Haasteet	20
4.4.2 Mahdollisuudet.....	20
5 Tiekartta kohti tietomallinnettua puurakentamista	22
5.1 Puutuoteosien ja -liitosten vakiointi	24
5.2 Tietomallinnusprosessin ja -objektien määrittely	25
5.3 Tiedon käyttötapausten vakiointi.....	26
5.4 Tuotetiedon ja tietomalliobjektien vakiointi	26
5.5 Tietomallinnustyökalut tukemaan puun ominaisuuksia.....	27
5.6 Puun työstölaitteiden tiedonhallintapäivitys	27
5.7 Toimijoiden tietomallinnusosaamisen kasvattaminen ja yhteistyön kehittäminen	28
5.8 Alan houkuttelevuuden lisääminen	29
6 Yhteenveto ja johtopäätökset.....	30
Liitteet	32

1 Johdanto

1.1 Selvityksen tausta ja tavoitteet

Suomessa rakentamisen tietomallintamisesta on tulossa osa normaalia käytäntöä, jota sovelletaan lukuisissa hankkeissa. Yleisten tietomallivaatimusten lisäksi useilla eri toimijoilla on omia ohjeita, jotka mahdollistavat mallintamisen soveltamisen eri osa-alueilla. Mallintamisen todettuja yleisiä hyötyjä ovat tiedon visualisointi ja päätöksenteon helpottuminen sekä tehokkaampi koordinointi, yhteistyö ja virheiden välttäminen. Mallintaminen hyödyttää kohteen monien toimivuusnäkökohtien suunnittelua ja mahdollistaa erilaisten työkalujen tehokkaampaa käyttöä. Tietomallinnus tukee myös teollista esivalmistusta, kun osien yhteensopivuus muiden rakenteiden ja järjestelmien välillä voidaan tutkia tietomallien avulla. Mallintamisen tarvetta kasvattavat entisestään uudet ja tiukentuvat vähähiilisyiden ja energiatehokkuuden vaatimukset.

Suomen tavoite on olla hiilineutraali vuonna 2035. Puun käytön lisääminen rakentamisessa on tehokas keino saavuttaa kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaiset energia- ja ilmastotavoitteet ja alentaa Suomen hiilijalanjälkeä. Valtioneuvoston puurakentamisen ohjelmalla (2016–2022)¹ on tavoitteena lisätä puun käyttöä niin kaupunkien rakentamisessa, julkisessa rakentamisessa kuin suurissa puurakenteissa, kuten silloissa ja halleissa. Ympäristöministeriön hallinnoimalla ohjelmalla pyritään monipuolistamaan ja kasvattamaan puun käyttöä ja sen jalostusarvoa.

Ympäristöministeriö tilasi tämän selvityksen tukemaan suomalaista tietomallipohjaista puurakentamista. Selvityksen tavoitteena on kuvata tiekartta tietomallinnetun puurakentamisen kehittämiseksi. Selvityksessä tarkastellaan tietomallinnusta puutuotteiden ja -elementtien suunnittelun, valmistuksen, hankinnan, asentamisen ja ylläpidon näkökulmasta. Tässä selvityksessä tietomallilla tarkoitetaan rakennuksen ja sen rakennusosien geometriaa sekä rakennusosiin liittyvää materiaali- ja tuotetietoa.

Tiedonhallinnan standardisoinnin kehystoimenpiteisiin keskittynyt RASTI-projekti määrittelee tietomallintamisen kohteen mallintamiseksi tietokonesovelluksilla sekä kohteen tietojen kuvaamista ja tiedonsiirtoa tietokonesovelluksilla tulkittavassa muodossa². Tietomallintaminen on näin ollen prosessi, mikä edellyttää yhteentoimivia tietomallinnustyökaluja, ymmärrystä tiedon käyttötapauksista sekä mallinnuksen osaavia toimijoita, jotka yhteistyössä varmistavat eheän tiedonhallinnan. Tietomalliprozessia on johdettava, jotta sen laatu varmistetaan. Tiedon on oltava ajantasaista ja toimijoiden käytettävissä.

Puurakentamisessa ei tietomallinnusta vielä hyödynnetä riittävästi eikä parhaalla mahdollisella tavalla. Tietomallipohjaisella puurakentamisella voitaisiin kasvattaa alan tehokkuutta ja tukea tilaajan tietoon perustuvaa päätöksentekoa. Tietomallipohjainen puurakentaminen tukee kohteen elinkaareen liittyvän tiedon hyödyntämistä oikea-aikaisesti erilaisiin tiedon käyttötapauksiin. Elinkaaritieto liittyy esimerkiksi kiinteistölle asetettuihin vaatimuksiin, suunnitelmiin, tuotteisiin, asennukseen sekä käyttöön ja ylläpitoon. Muita tiedon käyttötapauksia ovat esimerkiksi kohteen visualisoinnit erilaisiin päätöksentekoa tukeviin analyyseihin ja rakennuksen energia- ja ympäristötietoihin liittyvät vaihtoehtojen tarkastelut sekä ratkaisujen optimoinnit. Parhaimmillaan tietomallipohjaisuus tuottaisi kohteen digitaalisen kaksosen, jolla voidaan seurata, ohjata ja ennustaa kohteen käyttäytymistä. Digitaalinen kaksonen tukisi myös korjauksia, purkamista ja kierrätystä.

¹ Puurakentamisen ohjelma. Saatavilla: <https://ym.fi/puurakentaminen>. Viitattu 6.10.2020.

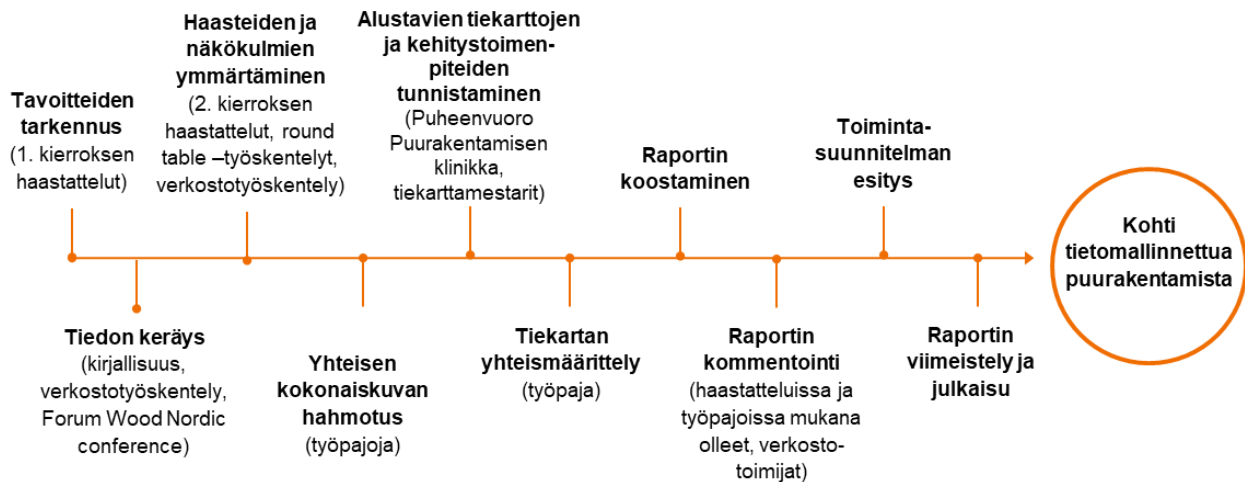
² RASTI-hankkeen loppuraportti, Rakennetun ympäristön tiedonhallinnan standardisointi - Nykytilan kartoitus ja ehdotus toimenpiteistä. Saatavilla: <https://rastiprojekti.com/wp-content/uploads/2019/02/RASTI-strategia-v1.pdf>. Viitattu 9.11.2020.

Seuraavaksi selvityksessä esitellään siinä hyödynnetyt menetelmät. Tämän jälkeen luvussa 2 kuvataan mallipohjaisen puurakentamisen nykytila. Luvussa 3 hahmotetaan mallipohjaisen puurakentamisen tavoitetila sekä tavoitetilan saavuttamisen liiketoiminnallisia, teknologisia sekä osaamiseen ja tiedonhallintaan liittyviä edellytyksiä. Luvussa 4 kuvataan tietomallipohjaisen puurakentamisen haasteet ja mahdollisuudet liiketoiminnan, tiedonhallinnan, teknologian ja toimijoiden osaamisen näkökulmista. Luvussa 5 esitellään tiekartta, jossa ehdotettujen toimenpiteiden avulla toimiala yhdessä kehittää ja ottaa haltuun tietomallinnetun puurakentamisen. Lopuksi luvussa 6 esitellään selvityksen johtopäätökset.

1.2 Selvityksessä hyödynnetyt menetelmät

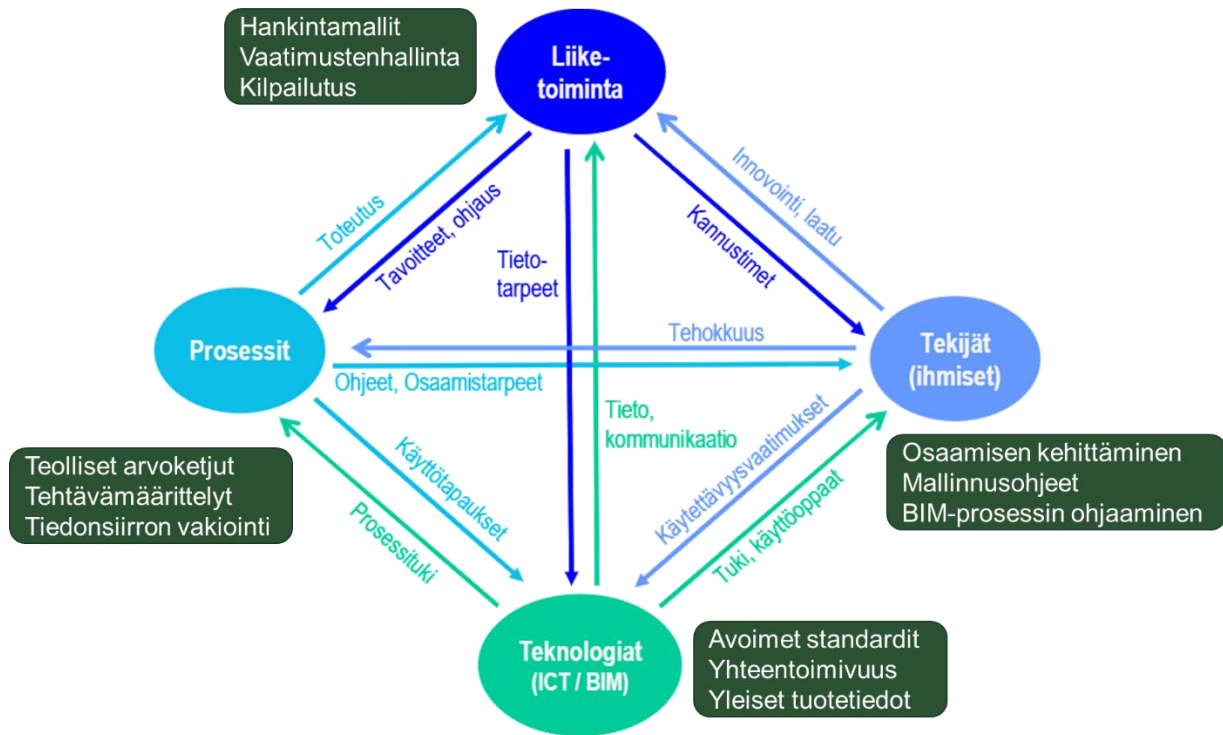
Selvityksessä hyödynnettiin menetelminä syvähaastatteluja, asiantuntijatyöpajoja ja verkostotyöskentelyä. Haastateltavat oli tarkoin valittu tukemaan selvitystyötä. Kaikilla haastateltavilla oli syvällistä ammattiosaamista puurakentamisen tietomallinnuksesta. Haastatteluista on tuotu selvitykseen joitakin suoria sitaatteja, joissa haastateltavat kuvaavat tietomallintamisen nyky- tai tavoitetilaa.

Selvitystyössä hyödynnetty lähde- ja tausta-aineisto on listattu liitteessä I *Lähde- ja tausta-aineisto*. Suppea tämän selvityksen sisältöön liittyvä suomi - englantia sanasto on esitelty liitteessä IV Suppea selvitykseen liittyvä suomi - englantia sanasto. Selvitystyöhön osallistuneet asiantuntijat on esitelty liitteessä V Työprosessiin osallistuneet asiantuntijat. Haastatteluihin ja työpajoihin osallistuneet asiantuntijat saivat kommentoida ja osallistua tiekartan ja sen edellyttämien toimenpiteiden kehittämiseen. Kuva 1 esittää selvitystyön työvaiheet.



Kuva 1. Selvitystyön työvaiheet.

Tiekartan muodostamisessa sovellettiin BIM-timantti -viitekehystä (Hyvärinen et al., 2010), aiemmin tehtyjä rakentamisen tiekarttoja ja toimintasuunnitelmia. BIM-timantti -viitekehyksessä yhdistyy neljä tietomallintamisen käyttöön otossa tarvittavaa näkökulmaa (liiketoiminta, prosessi, tekijät ja teknologiat) ja niiden väliset suhteet. Kuva 2 esittää kehittämisen eri osa-alueet tietomallintamisen systeemissä kehityksessä.



Kuva 2. BIM-timantti -viitekehys. Lähde: Hyvärinen et al. 2010.

Kokonaisvaltaisessa tietomallinnuksen kehittämisessä ja hallitussa muutoksessa kaikki neljä näkökulmaa ja niitä yhdistävät aihealueet ovat kehittyneet ja ne on otettu käyttöön. Mallipohjaiselta tiedonhallinnalta voidaan vasta sen jälkeen odottaa todellisia hyötyjä, jotka kohdistuvat lopputuotteeseen, prosessiin sekä elinkaaren ajalle. Viitekehys jäsentää myös mallipohjaisen tiedonhallinnan kehittämisen yleisiä kuvaus- ja määrittelymenetelmiä ja standardoituja menetelmiä, joita voidaan soveltaa esimerkiksi uusien tietomallinnuskäyttötapausten määrittelyyn tai nykyisten tarkempaan analyysiin.

BIM-timantti -viitekehyksessä liiketoiminnan näkökulma pitää sisällään puurakentamisessa sovellettavat konseptit ja hankemallit. Liiketoimintamahdollisuudet riippuvat toimialan yleisestä kehityksestä. Liiketoimintakonsepti määrittelee tavoitteet ja suunnat, sekä painopisteet ja vaatimukset prosessin suuntaan sekä toimijoiden kannustimet.

Tiedonhallinnan prosessi puolestaan toteuttaa asetetut tavoitteet ja vaatimukset, ja prosessin eri toimijat tuottavat määriteltyä laatutasoa. Liiketoimintakonsepti määrittää hankintamallit, vaatimustenhallinnan ja kilpailusmallin.

Tietoa hallitaan teknologialla, kuten yhteentoimivilla sovelluksilla, järjestelmillä, tietokannoilla ja alustoilla. Teknologia perustuu avoimiin standardeihin ja rajapintoihin. Standardit määrittelevät menetelmiä tiedonsiirtoon, mutta niiden yksityiskohtainen soveltaminen on tehtävä toimiala- ja yritystasolla, jotta tiedonsiirron formaateista saadaan kaikki hyöty.

Teknologian tulisi tukea tiedonhallinnan prosessin sujuvuutta ennalta määritellyissä tiedon käyttötapauksissa, jotka on ohjeistettu toimijoille. Ohjeistuksena toimivat mallinnusohjeet ja vaatimukset sekä hankekohtainen tietomalliprojektisuunnitelma. Prosessi asettaa toimijoille taidollisia ja tiedollisia osaamisvaatimuksia ja pätevyysvaatimuksia, joihin vastaamalla toimijat voivat työskennellä tehokkaasti hyödyntäen olemassa olevia työkaluja ja työkalukohtaisia mallinnusmanuaaleja. Mallinnusprosessin työkaluille asetetaan käytettävyydestä tavoitteita sekä tavoitteita tukevia määriteltyjä tiedon käyttötapauksia.

2 Mallipohjaisen puurakentamisen nykytilanne

Suomessa rakentamisen tietomallintaminen on normaali käytäntö monissa arkkitehtien ja rakennesuunnittelijoiden kohteissa, mutta asuinkerrostalohankkeita toteutetaan myös ilman koko suunnitteluryhmältä vaadittavaa mallintamista. Mallinnuksen vaatimus tulee tilaajalta tai kokonaisprojektin toteuttajalta, usein pääurakoitsijalta, riippuen siitä miten selkeästi organisaatio on ottanut tietomallintamisen strategiseksi työvälineekseen. Myös korjausrakentamisessa mallintaminen on usein vain osittaista ja ongelmakohtiin kohdentuvaa, mutta arvokorkeuksien osalta mallinnusta tehdään lähtötieto- ja inventointimalleista lähtien.

2.1 Puurakennuskohteen tietomallintamisen tila Suomessa

Uusien massiivisten rakenteellisten puutuotteiden kehittyminen ja tilaelementteihin perustuva tuotanto on ollut sysäyksenä puukerrostalojen rakentamiseen. Suomessa on vuosina 1995-2020 valmistettu 90 asuinpuukerrostaloa, joissa on yhteensä 2612 asuntoa, 27 paikkakunnalla³. Lisäksi on valmistunut 4 puurakenteista toimistotaloa ja useita puukouluja ja päiväkotia: 2010-luvulla puurakenteisena 475 päiväkotia ja 293 koulua⁴.

”Hirsirakenne on lyönyt jo läpi koulujen rakentamisessa. Jokaisella on kokemus hirsitalosta. Kuluttajan tahtotila tulee kokemuksen kautta.”

Puukerrostalojen rakentaminen on kehittynyt yritysten omien konseptien ja teknisten rakentamisen järjestelmien avulla. Näin on saatu hallintaan suunnittelu, materiaalityönto, toteutus sekä elementtien kokoonpano ja työmaatuotanto/asennus. Teollisessa rakentamisessa puukerrostalohankkeita on etupäässä toteutettu neuvottelu-urakoina tai suunnittele ja rakenna -toteutusmuodolla.

Julkisia puurakenteisia rakennuksia on muutamia, lähinnä näyttelyrakennuksia ja kirkkoja. Hallirakentamisen osalta puu on jo selkeä vaihtoehto muiden rakenneratkaisujen rinnalla. Puurakentaminen on perinteisesti ollut pientalo- ja rivitalorakentamista, mutta puuelementti- ja tilaelementtituotteiden kehittymisen kautta puu tulee rakenteellisena materiaalina kilpailukykyiseksi myös isommissa rakennushankkeissa. Puurakentamisen yleistä toimintaympäristöä on lyhyesti kuvattu liitteessä III *Puurakentamisen toimintaympäristö*.

Tällä hetkellä tietomallintamista käytetään suunnittelijoiden omassa työssä, suunnittelijoiden väliseen mallipohjaiseen yhteistyöhön, kuten mallien yhteensovittamiseen ja reikäkiertotarkasteluun sekä elementtisuunnitteluun. Toisaalta on myös puurakentamisen hankkeita, joissa ei niinkään mallinneta.

”Puurakentamisen maailmassa ymmärretään tietomallintamisesta surkeasti. Hyvässä lykyssä rakennesuunnittelija tietää... ja se on siinä.”

Rakennusprojektin aikana suunnittelun tietomalleja voidaan hyödyntää vaihtoehtojen tarkastelussa. Parhaita suunnittelu- ja tuoteratkaisuja voidaan kehittää energia-, ympäristö- ja muihin toimivuus- ja ominaisuusvaatimuksiin. Tämän suunnitteluiteroinnin onnistumiseksi

³ Valmistuneet puukerrostalot. Saatavilla: <https://www.puuinfo.fi/valmistuneet-puukerrostalot>. Viitattu 25.10.2020.

⁴ Puu-lehti 1/20 s.51

suunnitteluprosessilta tulee vaatia useiden tilaratkaisuehdotusten ja niiden sisältämien vaihtoehtojen tarkastelua ja parhaan vaihtoehdon valintaa asetettujen tavoitteiden mukaisesti.

*"Käytetäänkö mallintamista,
riippuu siitä, tilaako asiakas tietomallintamisen vai ei."*

Taitavien suunnittelijoiden käsissä mallinnus mahdollistaa useiden ratkaisuvaihtoehtojen arvioinnin ketterästi ja valitun ratkaisun optimoinnin. Esimerkiksi hiilijalanjälkilaskentaan voidaan käyttää mallista otettuja lähtötietoja, ja tuottaa tarkentuvaa tietoa vaatimusten arviointiin. Oleellista on, että tietomallin sisältö on määritelty siten, että määrä- ja ominaisuustietoja voidaan niistä hakea ja siirtää mahdollisimman automaattisesti erillisiin analyysi- ja laskentaohjelmistoihin. Tietomallintamisen yleiset periaatteet on kuvattu lyhyesti liitteessä II *Tietomallintamisen yleiset periaatteet*.

Rakentamisessa ja tuoteosavalmistuksessa voidaan hyödyntää elementtisuunnittelun tietomallin geometriaa ja tietoja niin määrälaskennassa, tuotteen logistiikan hallinnassa, kuin tuotantoautomaation ohjauksessa esim. CLT-levyn (ristiinliimattu massiivipuulevy) työstämisessä tai sahatavaran katkaisussa. Tämä edellyttää tietosisällön oikeaa muotoa ja virheettömyyttä, sekä yhteensopivuutta työstökoneen kanssa. Käytännössä tilaukset tulevat tehtaalle eri formaateissa, joista tällä hetkellä kaikki on erikseen sovitettava työstölaitteiden vaatimaan formaattiin. Tämä tuottaa paljon lisätyötä ja lisää virheiden riskiä. Tuotanto on kuitenkin pitkälle automatisoitua ja tuotteiden yksilöinti tapahtuu automaattisesti. Puuosiin ja elementteihin voidaan lisätä tietoja kuljetusta varten sekä asennusjärjestys.

Puu materiaalina asettaa mallinnustyökaluille erityisiä lisähaasteita ja uusien tuoteominaisuuksien määrittelyä tuotetieto-objektien tasolla. Esimerkiksi puun ominaisuustiedot lujuuden osalta ovat monimutkaisemmat kuin muiden rakenteellisten materiaalien. Samoin hankaluutta tuottaa esimerkiksi puun syysuunnan merkitseminen tuotetieto-objektin ominaisuustietokentässä ja sen visuaalinen esittäminen. Jokainen puulaji on lähtökohtaisesti erilainen, mikä on huomioitava tuotetieto-objektien sisällöissä. Jos mallinnetaan lähinnä runkomateriaaleja, puulajit ovat yleensä mänty tai kuusi, jolloin erot eivät ole merkittäviä. Näkyvissä pinnoissa, sekä esimerkiksi vanerissa saattaa kuitenkin olla koivua tai muita lehtipuita, jolloin ominaisuudet poikkeavat kotimaisista havupuulajeista selvästi.

Tietomallipohjainen suunnittelu vaatii kurinalaista ja määrämuotoista suunnitteluprosessia, jotta seuraavat vaiheet voivat hyödyntää edellisten tuloksia, ja jotta virheellisen tai puuttuvan tiedon aiheuttamia muutostarpeita ei syntyisi. Puukerrostalon runkojärjestelmä valitaan suunnittelun alkuvaiheessa, minkä vuoksi puukerrostalohankkeissa rakenne- ja elementtisuunnittelun mallintamisen tarkkuustaso lisääntyy aikaisemmassa vaiheessa kuin esimerkiksi betonielementtijärjestelmässä.

Tietomallinnuksen ohjauksessa hyödynnetään Suomessa yleisiä tietomallivaatimuksia (YTV). Näiden lisäksi useilla eri toimijoilla on omia ohjeita, omia tietomalliprosesseja, objektikirjastoja ja kehitettyjä tiedonhallinnan järjestelmiä ja ohjelmistojen lisäosia. Näillä haetaan mallintamiseen pohjautuvaa kilpailukykyä. YTV mukailee yleisimpien rakentamistapojen menetelmiä. YTV:ssä on vielä puutteita puurakentamisen osalta, mikä aiheuttaa puurakentamisen tietomallinnusprosessiin haasteita, kun toimijat eivät voi olla varmoja tietomallin sisällöstä tai tarvittavasta tarkkuudesta, ellei heitä ohjeisteta lisäohjeilla jokaisessa mallinnusprojektissa. Yleisestä puurakennejärjestelmien etenevästä kehitystilanteesta ja asuntotuotannon palvelukonseptoinnista johtuen, ei puurakentamisen mallinnusprosesseja tai eri vaiheiden tietomalleja ja niiden sisältöjä ole tarkasti määritelty kansallisella tasolla.

2.2 Teollisen puurakentamisen tietomallinnuksen tila Suomessa

Rakentamisala on pitkään kärsinyt alhaisesta tuottavuudesta, joka on osaltaan seurausta vakioimattomista ja määrittelemättömistä prosesseista, sekä vaikeasti hallittavista toimitusketjuista. Ongelma korostuu erityisesti, jos rakentamisen prosesseja verrataan valmistavan teollisuuden standardisoiuihin prosesseihin. Vaikka rakentamisen prosesseja ei voida täysin rinnastaa valmistavan teollisuuden vastaaviin prosesseihin niiden projektiluonteisuuden takia, on ala siirtymässä laajemmin kohti teollista tuotantoa, joskin vakioitujen käytäntöjen kehittyminen on toistaiseksi tapahtunut melko hitaasti. Tehokas teollinen tuotanto perustuu standardisoiuihin tuotteisiin, prosesseihin ja tiedonhallintaan. Rakentamisen kontekstissa tarvitaan ennen kaikkea systemaattisia toimintatapoja ja hallittuja prosesseja, jotta tuotteiden standardisoinnista saatava hyöty saadaan täysin ulosmitattua.

Teollisella puurakentamisella on erinomainen mahdollisuus toimia suunnannäyttäjänä tulevassa muutoksessa kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa, jossa rakentamisen vaatimuksiin kuuluvat vähähiiliset ja elinkaariedulliset ratkaisut. Ympäristö- ja kustannustehokkuutta lisäävät tuotannon korkea automaatioaste sekä rakentamisajan lyhentyminen työmaalla. Puuelementtirakentamisessa työmaalla hoidetaan perustustöiden lisäksi lähinnä vain elementtien asennustyöt ja verkkokytkennät. Korkealla esivalmistusasteella saavutetaan monia etuja, kuten rakentamisen nopeutuminen, laadunhallinnan paraneminen, kustannustehokkuuden kasvaminen, työturvallisuuden parantuminen sekä toimitusketjun hallinnan tehostuminen. Lisäksi teollisen rakentamisen merkittävä etu on vuodenaikojen merkityksen väheneminen, sillä voidaan rakentaa tehokkaasti sisätiloissa ympäri vuoden.⁵

”Teollinen esivalmistus tulee alalle. Kaikki isot rakennusliikkeet seuraavat tätä valtavirtaa, puutuoteteollisuuden toimijat todennäköisesti myös.”

Pientalorakentamisessa puun käytöllä on Suomessa pitkät perinteet, mutta suurimittakaavaisiin kohteisiin puuta on runkomateriaalina käytetty vielä verrattain vähän. Teollinen puurakentaminen erityisesti asuinkerrostaloissa on viime vuosina ollut nouseva trendi Suomessa ja maailmalla. Kilpailuvaltteja ovat ympäristökäytöiden lisäksi muun muassa se, että puurakentaminen esimerkiksi tilaelementtijärjestelmänä haastaa perinteisen rakentamistavan nopeudessaan. Yleisesti puunkäyttö rakentamisessa tulee arvioiden mukaan vahvistumaan myös etenkin julkisessa palvelurakentamisessa, mm. kouluissa ja päiväkodeissa. Teollinen esivalmistus ja modulaarisuus lisäävät puun hintakilpailukykyä tavanomaiseen rakentamiseen verrattuna. Mallintamisen osalta puurakentamisessa on kuitenkin vielä hyödyntämätöntä potentiaalia, jota kehittämällä alan tuottavuutta ja kilpailukykyä olisi mahdollista entisestään parantaa.

Teollisella tuotannolla, rakennusosien ja elementtien esivalmistuksella, pyritään parantamaan rakentamisen tuottavuutta ja kustannustehokkuutta, mutta myös laadun- ja riskienhallintaa: tehtaassa automaattinen työstökone työstää elementtejä mittatarkasti ja hallituissa olosuhteissa jälki on tasalaatuista. Kuivaketju pysyy hallinnassa, kun tilaelementit rakennetaan kuivissa olosuhteissa, sekä kuljetetaan ja asennetaan säältä suojattuna (Kuva 3).

⁵ TEM 2020: Katsaus teolliseen puurakentamiseen – puuelementit. Saatavilla: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162338/TEM_2020_16.pdf?sequence=1. Viitattu 6.11.2020.



Kuva 3. Elementti Sampo Oy, Kuhmon CLT-tilaelementtitehdas.

Tietomallipohjainen suunnittelu ja tuotannonohjaus istuvat luontevasti teolliseen tuotantoon, myös rakentamisessa. Ideaalitapauksessa tietomalliprosessi etenee katkeamattomana virtana eri suunnitteluvaiheista tuotantoautomaatioon, logistiikkaan ja työmaavaiheeseen, sekä aina käyttöön, ylläpitoon, korjauksiin, käytöstä poistamiseen ja kierrätykseen asti.

”Jos mennään vähänkin teolliseen rakentamisen suuntaan, tehdään tietomallintamista automaattisesti.”

Todellisuudessa tilanne on kuitenkin vielä se, että mallintamisen rooli korostuu voimakkaasti suunnitteluvaiheessa, ja viimeistään tuotantovaiheen jälkeen prosessi alkaa väijäämättä rikkoutua. Mallintamisen hyödyt ovatkin tällä hetkellä selkeimmät juuri suunnittelu- ja tuotantovaiheessa, ja kysymys kuuluukin, voidaanko elinkaaren muista vaiheista tunnistaa tehtäviä, joiden yhteydessä tietomallien käytöllä voitaisiin saada rahanarvoisia tai muita mitattavia hyötyjä.

Puurakentamisessa suunnittelutehtävät, kuten palomitoitus, akustiikka ja liitosdetaljit, vaativat enemmän aikaa ja aiheuttavat näin ollen enemmän kustannuksia kuin tavanomaisessa rakentamisessa, koska käytössä ei vielä ole vakiintuneita suunnittelumalleja tai mitoitusjärjestelmiä. Kehitystyötä kuitenkin tehdään sekä rakentamisjärjestelmien vakioinnin, että siihen liittyvän tietomallien osalta. Useat alan toimijat käyttävät jo tietomallipohjaisia työkaluja, joilla ainakin periaatteessa on mahdollista siirtää suunnittelumalleja suoraan tai ohjelmilla konvertoituna tuotantoautomaatioon, esimerkiksi numeerisesti ohjatuille työstökoneille, joilla elementteihin tehdään aukotuksia, läpivientejä ja muotoiluja. Myös kokoonpano- ja työmaavaiheissa mallipohjaiset suunnitelmat voivat tuoda lisähyötyjä prosessiin, etenkin jos kyseessä on monimutkainen kohde, uudentyyppinen suunnitteluratkaisu tai rakentamisjärjestelmä, jonka kokoonpanosta ei ole vielä muodostunut rutiinia. Puukerrostalohankkeissa on mallintamisella pyritty tuottamaan elementtikuvat ja työstötiedostot tehtaalle. Lisäksi on saavutettu suunnitteluyhteistyön hyödyt mallintamisen

peruskäyttötapauksilla: mallien yhteensovitus ja reikäkierto. Mallipohjaisen prosessin käyttöä voidaan kuitenkin huomattavasti laajentaa ja tehostaa nykyisestä.

*”Puutuoteollisuudella on mahtava mahdollisuus:
digitalisaatiota tehdään jo paljon. Olemme jo tosi automatisoitu teollisuus.
Nyt ketjun osat yhteen yhteistyötä tekemällä!”*

Yksi teollisen puurakentamisen tietomallintamisen haasteista on tällä hetkellä se, ettei esimerkiksi arkkitehdeille, rakenne- tai erikoissuunnittelijoille ole vielä laajamittaisesti koulutusta tarjolla teollisen puurakentamisen tai uusien elementtijärjestelmien vaatimiin erityispiirteisiin, joka vielä linkittyisi kokonaisvaltaisesti tietomalliosaamiseen. Kokeneet osaajat ovat harvassa ja kokemusta karttuu hiljalleen. Toisaalta koulutustarjonta lisääntyy ja monipuolistuu jatkuvasti eri oppilaitoksissa ympäri maata.

Vaikka käsittelemme tässä yhteydessä teollista puurakentamista, on tärkeää muistaa, ettei rakentamisessa kaikkea yksinkertaisesti voi tai kannata tehdä puusta. Yleensä tarvitaan runsaasti muitakin materiaaleja. Alalla onkin jo kehitetty erilaisia pitkälle vakioituja ja modulaarisia hybridiratkaisuja yhdistellen eri materiaaleista valmistettuja komponentteja tai osakokonaisuuksia. Yhtenä esimerkkinä ovat kylpyhuone-elementit ilmanvaihtokoneen kanssa yhdistettynä, jotka on valmistettu teräsrunkoisina betonilattialla. Myös uudentyyppisiä biopohjaisia komposiittimateriaaleja on kehitteillä kylpyhuonerakenteisiin. Niitä voidaankin verrata esimerkiksi auton moottoriin, jotka valmistetaan omassa tehtaassaan ja tuodaan valmiina asennuspaikalle. Ja kuten autotehtaalla, lopputuotteen eri paikoista tulevat osat vain yhdistetään kokoonpanolinjalla. Järjestelmien monimutkaistuessa ja muuttuessa enemmän modulaarisiksi, hallittu tietomallipohjainen suunnittelu- ja tuotantoprosessi muodostuu entistä tärkeämmäksi kokonaisuuksien hallinnassa.

3 Mallipohjaisen puurakentamisen tavoitetila ja sen toteutumisen edellytykset

3.1 Tavoitetila

Tavoitetila on muodostettu selvitystyön tehtävänannon ja tietomallinnuksen käyttöönoton kokonaiskuvan perusteella.

*Tietomallintaminen tukee kaikin tavoin puun käyttöä
lisä- ja korjausrakentamisessa sekä teollista puurakentamista.*

Tietomallintamisen suurimmat kokonaishyödyt syntyvät, kun rakennusprojektin keskeiset toimijat tukevat samaa tiedonhallinnan tapaa. Vahvalla yhteistoiminnalla ja viestinnällä on mahdollista kehittää sujuva tietomallinnusprosessi, jolloin säästetään aikaa, vähennetään virheitä ja parannetaan laatua.

Tietomallintamista tulisi hyödyntää suunnittelijoiden omassa työssä, suunnittelijoiden välisessä yhteistyössä sekä parhaiden suunnittelu- ja tuoteratkaisuiden valitsemisessa huomioiden energia-, ympäristö-, toimivuus- ja ominaisuusvaatimukset. Rakentamisessa ja tuoteosavalmistuksessa tulisi voida hyödyntää elementtisuunnittelun tietomallin geometriaa ja tietoja määrälaskennassa sekä tuotteen logistiikan hallinnassa.

Tietomallintamisen tulisi myös tukea tuotantoautomaatiota. Esimerkiksi elementtisuunnittelun tietomallia pitäisi voida suoraan hyödyntää puutuotetehtaan elementtityöstössä. Tämä edellyttää, että tietomallinustehtävät ja niiden tietotarpeet on yhteisesti määritelty. Tavoitteena on, että tietomallia voidaan hyödyntää kohteen koko elinkaaren ajan, suunnittelusta purkuun ja kierrätykseen.

Tavoitetilaan pääsy edellyttää koko puurakentamisen toimialan vahvaa tietomallintamisen osaamistasoa ja riittävästi toimijoita alalla. Lisäksi mallinnusohjelmistojen on hyödynnettävä avoimia tiedonsiirron standardeja.

Tavoitetilan toteutumisen edellytykset on jaettu neljään osatekijään BIM-timantti -viitekehityksen mukaisesti:

- (1) liiketoimintatekijät
- (2) prosessitekijät
- (3) toimijat ja osaaminen
- (4) teknologiatekijät

Seuraavissa alakappaleissa käydään näitä osatekijöitä tarkemmin läpi. Monet kehitettävistä toimenpiteistä edellyttää alan toimijoiden yhteistyötä.

3.2 Liiketoimintatekijät tavoitetilan edellytyksenä

Suomen puurakentamisen markkinat ovat toistaiseksi pienet, ja toimijoita on rajallisesti. Alalle tarvitaan liiketoimintamalleja, jotka tukevat eri toimijoiden puurakentamisen tietomallinnusprosesseja. Eri toimijoiden hankintaprosessien on kohdeltava tasavertaisesti erilaisia rakenteita, tuotteita ja materiaaleja. Esivalmistettujen puurakenteiden kilpailutus on saatava toimimaan yhtä joustavasti kuin esimerkiksi teollisten teräs- tai betonirakenteiden ja muiden rakennusmateriaalien kilpailutus.

Toimialalle tarvitaan lisää puurakentamisen konsepteja, joilla tuotetaan puurakennuksia sekä käytetään puuta erilaisissa hankkeissa, kuten peruskorjauksissa, käyttötarkoituksen muutoksissa, korjausrakentamisessa ja täydennysrakentamisessa. Puurakentamisen vaatimusten hallinnassa on huolehdittava hiilineutraalisuustavoitteiden ja muiden puurakennuksiin liittyvien arvo- ja laatutekijöiden toteutuminen.

3.3 Prosessitekijät tavoitetilan edellytyksenä

Prosessitekijät viittaavat tietomallinustehtäviin, tietotarpeisiin, tiedon käyttötapausten hallitsemiseen sekä vaatimusten hallintaan. Tehtävämäärittelyt, niiden tietotarpeet ja tiedon tarkkuustasot eri vaiheissa on kuvattava, jotta tietomallit ovat käytössä oikeassa laajuudessa oikeissa vaiheissa.

Rakennusprojektin aikana tarvittavat vaiheittaiset ja toimijakohtaiset tietomallit ja niiden käyttö on tunnistettava ja määriteltävä. Puurakentamisen arvoketjun tiedonhallinnan ja tietosisällön prosessi tulisi kuvata käyttötapauksina. Lisäksi tietomallipohjaisen tiedonsiirron vakiointiin tarvittavat nimikkeistöt sekä yleiset tuotetieto-objektit on kehitettävä.

Tietomallipohjaisen vaatimusten hallinnan prosessi tulee kehittää ja ottaa käyttöön. Mallinnusvaatimukset tulee kuvata tietomalliohjeina keskittyen energia- ja ympäristötietojen mm. hiilijalanjäljen arviointiin.

3.4 Toimijat ja osaaminen tavoitetilan edellytyksenä

Tietomallintaminen ei ole pelkästään teknistä työtä, vaan suunnittelun ja rakentamisen aikana korostuvat yhteistyö ja vuorovaikutus. Tietomallipohjainen puurakentaminen edellyttää kaikilta toimijoilta tietomallin osaamista, yhteistyötaitoja ja ymmärrystä omasta roolista. Tämän vuoksi on laadittava kansallisen osaamisen kehittämisen suunnitelma, jonka toteutumista on seurattava. Suunnitelmaan kirjataan kaikille toimijoille osaamistavoitteet. Suunnitelman avulla voidaan ohjata puurakentamisen koulutuksen ja osaamistason kehittymistä.

Eri toimijoiden on yhdessä luotava ja vakiinnutettava tietomallipohjainen suunnittelu-, elementtituotanto- ja rakentamisprosessi. Tilaajien on kasvatettava osaamista tietomallipohjaisen puurakentamisen hankintaa varten ja määriteltävä, missä kohdin prosessia on tehtävä tiedonhallinnan kannalta tärkeät päätökset. Tilaajien on myös ymmärrettävä, miten tietomallipohjaista puurakentamista ohjataan ja minkälaisia käyttötapauksia toimijoilta voidaan edellyttää. Tunnistettuja käyttötapauksia ovat esim. kustannusten hallinta, aikataulut, työn lohkotus ja rytmitys sekä vaatimusten hallinta. Tietomallipohjainen puurakentaminen edellyttää aina tietomallipohjaisen prosessisuunnitelman laatimista. Tietomallipohjaisen puurakentamisprosessin ohjaus edellyttää eri toimijoiden välisen teknisen ja kaupallisen yhteistyön ohjausosaamista⁶.

3.5 Teknologiat tavoitetilan edellytyksenä

Teknologioilla viitataan tässä selvityksessä mallinnusohjelmistoihin, tietomallistandardeihin sekä puutuotteiden tuotejärjestelmiin. Teknologioiden on tuettava ketterää tiedonsiirtoa puurakentamisen vaatimusten määrittelystä aina rakennuksen käyttöönottoon ja ylläpitoon. Käytännössä on varmistettava sovellusten välinen toimivuus, jotta tieto liikkuu eri ohjelmistojen välillä luotettavasti. Tiedonsiirrossa ja tietomallintamisessa on hyödynnettävä avoimia

⁶ Mauri Laasonen ja Toni Teittinen, Puurakentamisen tietomallintaminen, teoksessa Hynynen, A., Panu, A-M., & Taanila, T. (Toimittajat) (2015). Puu-Hubi: Perinteestä uusiin innovaatioihin. Tampereen teknillinen yliopisto. Arkkitehtuurin laitos. Saatavilla: https://tutcris.tut.fi/portal/files/3731585/puu_hubi.pdf. Viitattu 9.11.2020.

standardeja, jotta tilaaja voi myöhemmin hyödyntää malleja omassa liiketoiminnassaan riippumatta käyttämästään ohjelmistosta.

Tietomallinnusohjelmistojen palvelukykyä on nostettava puurakentamisen suunnittelun osalta, jotta ohjelmistot tukisivat paremmin toimijoiden tehtävien suorittamista ja tehtäviin liittyvää tiedonhallintaa. Ohjelmistojen suunnittelukomponenttien olisi oltava tasavertaisia rakenteiden, ja rakennusmateriaalien käsittelykyvyssä materiaaliriippumattomasti (verraten esim. teollisten teräs- tai betonirakenteiden tai puurakenteiden suunnitteluun). On laadittava vakioituille puurakenteille ja -liitoksille sekä teollista puurakentamista hyödyntäville rakennustyypeille yhteiset tarkat tietomallinnusohjeet (vrt. BEC-ohje⁷).

Tällä hetkellä puurakennushankkeessa rakennesuunnittelijan osalta mallintaminen on hitaampaa verrattuna esim. betonirakennushankkeeseen, sillä puurakennushankkeessa on useampi osa, joka pitää mallintaa (esim. vaakasiteet ja puutolpat), kun taas valmiilla betonielementtiobjekteilla saa jo nopeahkosti seinän pystyyn. Esimerkiksi Tekla Structures -tietomalliohjelmisto sisältää vain vähän puukomponentteja valmiina, mikä on johtanut siihen, että suunnittelijat ovat kehittäneet omia komponenttikirjastoja, joiden yhteentoimivuutta ei ole varmistettu.

⁷ BEC 2012 elementtisuunnittelun mallinnusohje. Saatavilla:

[http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23852/BEC2012%20Elementtisuunnittelun%20mallinnusohje%20\(1\).pdf](http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23852/BEC2012%20Elementtisuunnittelun%20mallinnusohje%20(1).pdf). Viitattu 26.10.2020.

4 Tietomallipohjainen puurakentaminen - haasteet ja mahdollisuudet

Tässä luvussa esitellään BIM-timantti -kehikon jäsenyyksen mukaan tietomallipohjaisen puurakentamisen mahdollisuuksia, haasteita ja tunnistetaan ongelmia. Huomiot pohjaavat (1) työtiin kokemukseen tiedonhallinnan käyttöönoton erityispiirteistä, (2) selvityksen aikana tehtyihin haastatteluihin, (3) työpajoissa, asiantuntijakeskusteluissa ja verkostojen työskentelyssä esiin tulleisiin aiheisiin sekä (4) kirjalliseen tausta-aineistoon.

4.1 Tietomallipohjainen puurakentaminen liiketoiminnan näkökulmasta

4.1.1 Haasteet

Rakenneratkaisujen ja liitosten vakiointi tehostaa tietomallintamista ja tukee kilpailuttamista. Liiketoiminnallisesti kestävä konseptin kehittäminen vie kuitenkin aikaa ja parhaan konseptin kehittämiseen tarvitaan pilottihankkeita. Puutuote- ja rakennusteollisuudessa vallitseva keskinäinen kilpailu on haaste rakenneratkaisujen ja liitosten vakioinnille, joka pitäisi tehdä koko toimialalla yhteistyössä.

”Puurakenteita ei ole haluttu vakioida, niistä halutaan kohdekohtaisia. Kun rakennusala kiinnostuu, ja selkeytyy mistä kohtaa halutaan saada arvoa, sitten vasta rakenteet vakioituu.”

Usein toimijaryhmä vakioituu ja konseptilla on oma tarkka suunnittelun ja tuotannon ohjausjärjestelmä ohjeistuksineen. Suunnittelun ohjaus, projektin hallinta ja tuotannon ohjaus ovat konseptin omistajan käsissä. Esimerkiksi puukerrostalojen rakentaminen on kehittynyt liiketoiminnallisten kokonaiskonseptien ja teknisten rakentamisen järjestelmien avulla. Näin on saatu hallintaan suunnittelun, materiaaliuotannon, toteutuksen sekä elementtien kokoonpanon ja työmaatuotannon/asennuksen välinen arvoketju.

Esimerkiksi seuraavilla toimijoilla on vakioitu prosessi ja oma suunnittelun ohjaus:

- Skanska (BoKlok)
- Lehto Deco –puukerrostalot
- Arkta Reponen (PuuMERA)
- Suomen puukerrostalot/ Lindbäcks Bygg Ab

Puutuotteiden vakiointi ja standardointi, sekä laatumäärittely eivät ole vielä riittävällä tasolla. Standardointitarpeet tiedonhallinnan näkökulmasta tulevat näkyviin prosessien tarkastelujen kautta. Vakiointia ja standardointia tarvitaan sekä materiaalien hankintaprosessin, että suunnitteluprosessin näkökulmasta. Tuotteiden ominaisuuksien harmonisointia tarvitaan tuotelaadun tasolla, sillä tällä hetkellä markkinoilla on esimerkiksi kolmea erilaatua CLT-tuotetta, riippuen valmistajasta. Tämä on hankalaa sekä materiaalihankinnan näkökulmasta (kilpailutus), että suunnittelutyön näkökulmasta (rakenteellinen toimivuuslaskenta).

”Betoni ja teräsmateriaalien osalta meillä on paljon tietoa. CLT:n ja LVL:n [viilupuu] osalta on vähemmän tietoa, mm. asennustoleranssit, kuormien epäkeskisyys, värähtelymitoitus.”

Puunfon sivuilta löytyvä RunkoPES⁸ on hyvä lähtökohta puutuotteiden tietomallinnuksen standardointiin, mutta sitä tulisi päivittää lisäämällä esimerkiksi massiivipuutuotteita ja seinä-, laatta-, pilari- ja palkkiyhdistelmiä. Tilaelementtien vakiointia tarvitaan ja ohjeet viilupuu- ja CLT-tuotteiden mallipohjaiseen työskentelyyn. Koska harvoin rakennetaan pelkästään puusta, myös hybridirakentamiseen tarvitaan ohjeet. Massiivisia puurakenteita käytetään paljon myös erityisesti käyttökohteen tarpeeseen valmistettuina, jolloin vakiointi ei ratkaise mallintamisen haasteita, vaan objektit on piirrettävä erikseen (Kuva 4).



Kuva 4. Pirkkolan uudessa jäähallissa on massiivipuiset rakenteet yhdistettyinä muihin materiaaleihin, kuten betoniin ja sandwich-paneeliin.

Rakennushankkeen tärkeimmät toiminnot ja hanketavoitteet tulisi tunnistaa ja selvittää mitä tietoa niiden saavuttamiseksi tarvitaan. Yleisin toiminto on tiedon käyttö päätöksenteon yhteydessä ja osana suunnitteluprosessia aina elementtisuunnitteluun asti, myös koko prosessin ohjaamisessa. Hanketavoitteista yleisimmät ovat hankkeen laadulle ja lopputuotteelle asetut vaatimukset ja tekniset tai toiminnalliset tavoitteet mm. kustannustehokkuus, sujuva läpivienti, energiatehokkuus, sisäilman laatutekijät, pieni hiilijalanjälki, elinkaarikestävyys ja tilatoiminnallinen laatu. Osa näistä vaatimuksista ja tavoitteista pohjautuu kaavan ja rakennustapaohjeen tai lähiympäristösuunnitelman tavoitteisiin tai rakennusmääräyksiin. Osa pohjautuu liiketoimintakonseptissa määritettyihin laatukuvauksiin tai käyttäjäkohtaisiin vaatimuksiin.

*”Tarvitaan riittävä tieto koko talon materiaalien käytöstä.
Rakennuksen hiilijalanjälki on olennainen tekninen vaatimus.”*

⁸ Puunfon RUNKOPES. Saatavilla: <https://www.puinfo.fi/suunnitteluohjeet/runkopes-20>. Viitattu 27.10.2020.

4.1.2 Mahdollisuudet

"Puutuoteteollisuudella on mahtava mahdollisuus: digitalisaatiota tehdään jo paljon. Ollaan jo tosi automatisoitu teollisuus...nyt ketjun osat yhteen yhteistyötä tekemällä!"

Tehokas tiedonhallinta mahdollistaa paremman riskienhallinnan ja hyödyttää tuotekehitystä, erityisesti rakennusosien, joiden toimitusketjut voivat olla monimutkaisia. Rakennusprosessin tiedonhallinta on haastavaa, sillä tieto on hajaantuneena useilla eri toimijoilla.

Tietomallintamista on jo käytetty joissakin projekteissa esimerkiksi kosteuden hallinnassa, kun rakennuksen valmistumista on voitu simuloida ja sääsuojat suunnitella sen avulla. Säästöjä saavutetaan, jos aikataulut saadaan toimiviksi ja hankintasuunnitelma optimoitua tietomallinnuksen avulla.

Puurakentamisen hintaa nostaa rakennusosien suuri vaihtelevuus, joka tekee mallinnuksesta ja määrälaskennasta, sekä hinnoittelusta työlästä. Standardointi ja vakiointi voisivat vähentää puutuoteosien laskentaa ja suunnitteluun kuluvaan aikaan, mikä puolestaan laskisi rakentamisen kustannuksia. Vakiointi parantaisi kilpailukykyä myös uusien massiivipuurakenteiden osalta, sillä niiden hinnoittelu olisi arvattavampaa, jos rakenteet eivät aina olisi erikoisrakenteita.

Puurakentamisen määrää voidaan kasvattaa, kun hankinnassa mahdollistetaan myös perinteinen vaiheittainen kilpailumenettely, jota useat kaupungit ja kunnat käyttävät. Tällöin eri puutuotteet voidaan kilpailuttaa niiden yleisten, vakioitujen tuoteominaisuuksien avulla. Rakennusratkaisujen sekä liitosten vakioinnilla tehostetaan rakentamisprosessia sekä tietomallinnusprosessia. Samalla saadaan varmuutta rakenteiden toimivuudesta ja edistetään puurakentamisen laatua ja reilua kilpailua. Kun kilpailu ja vertailu eli runkomateriaalien välillä tulee mahdolliseksi, puurakentaminen nousee rakennuttajien silmissä myös varmemmaksi tuotantomalliksi asuinkerrostalojen osalta.

4.2 Tietomallipohjainen puurakentaminen tiedonhallinnan prosessin näkökulmasta

Tiedonhallinnan prosessilla tarkoitetaan tarpeellisen tiedon, älykkään tiedon tai mallitiedon hakua, tuottamista, käyttöä, muokkausta ja siirtoa sovellusten ja järjestelmien avointen rajapintojen ja avointen tiedonsiirron standardien avulla. Tiedon käyttöä ovat mm. itsenäiset asiantuntijoiden vastuutehtäviin käytetyt mallit (ohjelmistojen tuottamat natiivimallit), yhteistyö- ja vuorovaikutustilanteissa käytetyt mallit, havainnollistaminen ja malipohjaiset analyysit, laskennat ja simulaatiot koko arvoketjussa rakennuksen elinkaaren ajalla.

4.2.1 Haasteet

Suomessa rakennesuunnittelija laatii rakennesuunnitelman lisäksi elementtisuunnitelman sekä tarvittavat työstökuvat puuelementtitehtaan käyttöön. Monessa muussa maassa Euroopassa elementtisuunnitelman tekee puuelementtitoimittaja tai joissakin tapauksissa materiaalityöntekijä. Yhteistyö puuelementtitoimittajan kanssa on melko uutta ja tietomalliprosessin vaatimaa tarkkaa tiedontarpeen kuvausta on toisinaan vaikea saada. Rakenne/elementtisuunnittelija pystyy useinkin tuottamaan kokoonpanotehtaan tarvitsemaa informaatiota, jos tiedon tarpeet ovat tiedossa.

”Kun ihmiset tietää ja puhuu tiedon tarpeistaan, asiat sujuvat projekteissa ihan hyvin.”

Rakennesuunnittelijat ovat perinteisesti tehneet yhteistyötä arkkitehtien kanssa, mutta uusien rakenteellisten puuelementtituotteiden tai kokonaistoimitusten osalta voi arkkitehdilla olla huomattavasti uutta opittavaa hankkeen aikana.

Prosessin vaiheistus on suunnittelunohjauksen vastuulla ja on huomioitava, että prosessin tulee tuottaa tarkempaa tietoa jo aikaisemmin, koska kyse on teollisesta rakentamisesta. Mallinnusprosessi on samankaltainen kuin talotekniikan kokonaistoimitusten prosessi.

Prosessin vaiheistuksella on vaikutuksia myös tietomallien tilaamiseen. Kun mallinnuksella pyritään hallitsemaan esimerkiksi kustannus- tai ympäristövaatimusten täyttämistä, pitäisi vaatimukset pystyä siirtämään eteenpäin muihin tietomalleihin, sekä esimerkiksi analysointi- ja laskenta malleihin. Niiltä pitäisi vaatia riittävästi tietoa, jotta tilaaja saa tarvitsemansa tiedot päätöksentekoa varten.

4.2.2 Mahdollisuudet

Tietomalliproessin hyödyntäminen puurakentamisessa tuottaa yleisesti tunnettuja hyötyjä: tarkkuuden lisääntymistä ja virheiden vähenemistä. Kun tietomalliproessia johdetaan ammattitaitoisesti, saadaan tietomallikäyttötapaukset tukemaan projektin aikaista päätöksentekoa ja asetettujen vaatimusten hallintaa, esim. kustannustehokkuutta tai pienempää hiilijalanjälkeä. Tietomallikäyttötapaukset tulee valita kullekin hanketyypille sopiviksi ja toimijoita palvelevaksi. Mallipohjainen työskentely on suunnittelijoiden keskuudessa arkipäivää, kun on kyse suunnittelun ”perusketjusta”. Jos hankkeessa tavoitellaan erityisiä vaatimuksia tai toimivuutta, voidaan käyttää mallipohjaisia simulointeja ja analyysyjä. Näiden hallinta vaatii vielä usein erikoisuunnittelijoita.

Yleisenä huomiona voidaan myös todeta, että myös rakennusvalvonnan mallipohjaiset käytännöt kehittyvät tällä hetkellä kovaa vauhtia, mikä edistää kiinteistön elinkaaritiedonhallintaa.⁹ Maankäyttö- ja rakennuslain uudistus tulee edistämään ja asettamaan vaatimuksia rakentamisen digitalisaatiolle, mm. tietomallipohjainen rakennuslupaprosessi. On hyvä myös seurata kaupunkimallialustojen ja rakennusten tietojen arkistointiin liittyviä kehityshankkeita. Yksi tärkeimmistä hankkeista on ympäristöministeriön koordinoima RYHTI-hanke, jonka tarkoituksena on luoda rakennetun ympäristön keskeisimpien tietojen tietojärjestelmä. Digitaalinen rekisteri ja tietoaalusta mahdollistavat esimerkiksi läpinäkyvän päätöksenteon koskien maankäyttöä ja rakentamista.¹⁰

Teollisessa puurakentamisessa käytetään esivalmistettuja, massiivipuusta tehtyjä rakennuselementtejä, rankaelementtejä tai näistä koottuja kokonaisia tilamoduuleita. Suunnittelutyö laajenee elementtien kokoonpano- ja asennussuunnitteluun sisältäen tiedon tuottoa tehtaiden automaatiotyöstöihin. Tässä ketjussa korostuvat tiedonsiirron varmuus ja tiedon

⁹ YM:n tilaama selvitys ”Sähköisen asiointin ja tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvontojen prosessien kehittämisessä” vuodelta 2019. Saatavilla: <https://mrluudistus.fi/wp-content/uploads/2019/09/S%C3%A4hk%C3%B6isen-asiointin-ja-tietomallien-hy%C3%B6dynt%C3%A4minen-rakennusvalvontojen-prosessien-kehitt%C3%A4misess%C3%A4.pdf>. Viitattu 6.11.2020.

¹⁰ RYHTI-hankkeen esittely. Saatavilla: https://ym.fi/documents/1410903/33891758/One+pager+_Ryhti-hankkeen+esittely.pdf/b0666506-2248-e388-c2fa-e5656ee5627e/One+pager+_Ryhti-hankkeen+esittely.pdf?t=1601303096936. Viitattu 6.11.2020.

koneluettavuus, erityisesti kun työstölinjastojen ohjelmistot saadaan toimimaan samoilla formaateilla kuin tuotteiden suunnittelu ja tilaus on tehty.

4.3 Tietomallipohjainen puurakentaminen teknologian näkökulmasta

4.3.1 Haasteet

Tällä hetkellä ei voi mallintaa puumateriaalin erityisiä ominaisuuksia, kuten puulajit, laatu, puun syysuunta ja puun profiili (Kuva 5



Kuva 5. Puumateriaalin ominaisuudet poikkeavat monessa kohtaa homogeenisempien materiaalien ominaisuuksista, joka on syytä ottaa mallintamisessa huomioon. Vasemmalla rakennemittausanturit seinäelementissä (Kuva, Mika Palosaari), oikealla hirsirakennuksen oviaukko (Kuva, Tiina Vainio-Kaila).

). Näille ominaisuuksille ei ole ohjelmissa toimintoja tai visuaalista hahmotusta, vaikka ne vaikuttavat merkittävästi puuosan toimivuuteen eri kohteissa. Tällä hetkellä suunnittelijat kuvaavat näitä ominaisuuksia lisäten tietoja objektien ominaisuuksiin tai piirtämällä puutuotteen pintaan viivan puun syysuunnan selventämiseksi.

”BIM [tietomallinnus] maailman kustannukset ovat vielä korkeat, sillä mm. rakennesuunnittelijalle ei työkalut ole kunnossa. Softan ”lisäpalikat” tulisi saada kaikille yleisen käyttöön.”



Kuva 5. Puumateriaalin ominaisuudet poikkeavat monessa kohtaa homogeenisempien materiaalien ominaisuuksista, joka on syytä ottaa mallintamisessa huomioon. Vasemmalla rakennemittausanturit seinäelementissä¹¹ (Kuva, Mika Palosaari), oikealla hirsirakennuksen oviaukko (Kuva, Tiina Vainio-Kaila).

Yleisenä haasteena tietomallinnuksessa ovat puutteet ympäristötietojen osalta. Puurakentaminen korostaa ympäristöarvoja ja yhtenä tavoitteena puurakentamisella on pienentää kaupunkien hiilijalanjälkeä. Mallinnusohjeista puuttuu kestävän rakentamisen mukaisen elinkaarihallinnan korostaminen, joustavuus ja käyttöikä, sekä vähäpäästöisyys ja näitä tavoitteita käsittelevät mallipohjaiset elinkaarianalyysit ja -laskelmat. Myös mallinnusohjelmissa on puuosien ja -liitosten kohdalla puutteita.

*”Kyllä, tulisi päästä littleBIMistä laajempaan.
Houkuttelevia asioita olisivat elinkaarikustannukset, hiilijalanjälkilaskenta.
Nämä houkuttelisivat varmaan myös teollisuutta.”*

Tällä hetkellä puurunkoisen rakennuksen mallintaminen on merkittävästi hitaampaa kuin betonirunkoisen rakennuksen. Rakennesuunnittelijalla voi kulua puukerrostalon mallintamiseen 30% enemmän aikaa kuin betonikerrostalon mallintamiseen. Yksi syy tähän on mallinnettujen elementtien ja modulien heikko saatavuus. Elementtejä ja moduleita on kuitenkin mallinnettu, esimerkiksi Swecolla, mutta ne ovat heidän omassa käytössään, eivätkä avoimesti käytössä muille toimijoille.

4.3.2 Mahdollisuudet

Asuinpuukerrostalojen jatkuva aktiivinen tuotekehitys on hidastanut tehokkaiden tietomallinnussuunnittelutyökalujen kehittämistä, koska rakenneratkaisut ovat osittain muutostilassa.

¹¹ https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57928/Palosaari_Mika.pdf?sequence=1&isAllowed=y

”Pitää ymmärtää, että runkorakennevalinnat tulee aikaisessa vaiheessa. Niin kauan kuin ARK [arkkitehti] ja RAK [rakennesuunnittelija] kykenee tehdä hyvää yhteistyötä, kaikki sujuu.”

Tämä tilanne on useiden puukerrostalo- ja puukouluhankkeiden myötä muuttunut, sillä rakenneratkaisujen sekä -liitosten vakiointiin on nyt tietoa, joka mahdollistaa suunnittelutyökalujen kehittämisen. Tuotevakioinnin prosessissa toimiala voi määritellä yhdessä vakioituille tuotteille yleiset ja yhteiset tuoteominaisuudet, mahdollisista osakomponenteista ja materiaaleista lähtien.

Keskeinen osa puurakentamisen tietomallinnusta on esivalmistettavien elementtien ja komponenttien yksityiskohtainen mallinnus. Tämä tehostaa teollista valmistusta, tuotantoautomaatiota ja asennettavuutta työmaalla, kun liitosdetaljit on määritelty ja tarkistettu jo suunnitteluvaiheessa. Elementtisuunnittelu vaatii kuitenkin tehokkaita työkaluja, jotka osin automatisoivat älykkäillä toiminnoilla detaljien määrittelyä ja esittämistä elementtimallissa.

”Suunnittelun automatisointia pitää parantaa, nyt on paljon manuaalista tehtävää. On päästävä lähemmäs terässuunnittelun mallinnusprosessia. Ehyt tuotantomalli on tehtävä, muuten ei saa kuormia yhtenäisiksi.”

Suomessa yleisimmin käytetty rakennesuunnitteluohjelma on Tekla Structures. Suurilla rakennesuunnittelutoimistoilla on paljon osaamista toteuttaa siihen älykkäitä komponenttikirjastoja ja suunnittelua tehostavia lisätoimintoja. Toimijat kehittävät näitä myös osittain yhteistoiminnassa mm. betoniteollisuuden BEC-projektissa, mikä tehostaa kehitystä ja jakaa kehityskustannuksia. Tätä osaamista ja toimintamallia voitaisiin soveltaa myös puurakenteiden tietomallinnustyökalujen kehittämisessä. Puurakenteiden tietomallityökalut saataisiin näin yhteensopiviksi myös muiden rakennemateriaalien kanssa, jolloin liittymät ja liitosdetaljit voitaisiin myös mallintaa yksityiskohtaisesti.

Puurakenteiden rakenne- ja elementtisuunnittelussa käytetään myös muita ohjelmistoja ja tiedonsiirto niiden välillä tulisi määritellä yksityiskohtaisesti ja julkaista tarvittavat asetukset. Suomessa on myös laajaa tietämystä avoimen tiedonsiirtomuodon IFC:n käytöstä eri tietomallityökalujen välisessä tiedonsiirrossa. Alan toimijoiden tulisi yhdessä määritellä mitä geometria- ja attribuuttitietoa siirtotiedostoissa tulee olla ja mihin kenttiin ominaisuustiedot on kirjoitettu, jotta tietoja voidaan mahdollisimman automaattisesti ja luotettavasti lukea muihin järjestelmiin. Tämä tehostaa myös esim. määrälaskentaa, energia-analyysejä tai ympäristövaikutusten arviointia.

Tietomallintamisen sovellukset tukevat tietomallinnusprosessia ja koneluettavaa tiedonsiirtoa eriaivasti. Suunnittelijoilla on käytössä mm. seuraavia sovelluksia: ArchiFrame, Rhino, Crasshopper, Tekla Structures, FEM-ohjelmat, Revit, Solibri, MagiCAD, hsbCAD ja Vertex. Elementtisuunnittelua tehdään rakennusosasuunnitteluun sopivilla sovelluksilla, kuten hsbCAD, Vertex tai CadWorks. Elementtisuunnittelua voidaan tehdä myös materiaalityökalujen kehittämällä sovelluksilla, kuten Calculatis, joka tuottaa eri puutyöstökoneiden ohjaukseen tiedot CNC-koodina. Työstökoneiden sovellukset ovat toimittajakohtaisia, esim. Hundegger Suomessa.

4.4 Tietomallipohjainen puurakentaminen toimijoiden näkökulmasta

”Puurakentamisen maailmassa ymmärretään tietomallintamista surkeasti. Hyvässä lykyssä rakennesuunnittelija tietää... ja se on siinä.”

4.4.1 Haasteet

Eheän mallintamisen prosessissa toimijoiden osaaminen on kriittistä. Osaprosessit toimivat hyvin, jos sen toimijat omaavat vahvaa tietomallinnustyökalujen ja -prosessien osaamista, toisaalta kokonaisprosessi toimii yhtä hyvin kuin sen heikoin lenkki. Aina toimijat eivät ole yhtä mieltä tietomallin tietosisällöstä ja tietojen oikeellisuudesta, jos tarvittavia tietoja ei ole riittävän tarkasti pyydetty projektin alkuvaiheessa. Toimijoiden välillä kulkevan tiedon täsmällisyys on tärkeää, jotta kokonaisuus toimii. Puurakenteiden elementtisuunnittelu ei ole yhtä hyvin tuettu työkaluissa kuin betoni- tai teräsrakenteiden elementtisuunnittelu. Tämä koskettaa puurakentamisen rakennesuunnittelua. Suomalaisessa toimijaympäristössä usein myös elementtisuunnittelun tekee rakennesuunnittelija.

*"BIM prosessi tapahtuu yleisen kehityksen mukaisesti.
PuuBIM on vain hokema."*

Puurakennuksia suunnittelevat lähinnä puurakennuksiin erikoistuneet arkkitehti- ja rakennesuunnittelijat. Puurakennusten suunnittelijoita on Suomessa vain rajallisesti ja vain yhdellä rakennesuunnittelijatoimistolla on erillinen puurakentamiseen erikoistunut osasto. Verrattain vähäinen puurakennusten ja niiden suunnittelijoiden kokonaismäärä vaikuttaa siihen, miten paljon tietomallinnussovelluksiin on mahdollista lisätä erityisiä toimintoja.

Puurakentamisen ja sen tietomallinnuksen kohdalla on selkeä osaamisvaje. Ylipäätään koulutettuja työntekijöitä on vaikea löytää puurakentamisen alalle ja tietomallinnuksen osaamisen vaatiminen lisää entisestään haasteita löytää päteviä osaajia. Myös suunnittelutyökalujen osalta uusien rakenteellisten puutuotteiden mallinnuksen osaaminen on vaillinaista.

4.4.2 Mahdollisuudet

Oppiminen tapahtuu tällä hetkellä lähinnä projekteissa. Koulutustarpeita on tunnistettu ja uusia koulutusohjelmia suunniteltu, ja osittain käynnistettykin. Oppilaitosten haasteena on houkutella opiskelijoita, erityisesti kauempana pääkaupunkiseudusta sijaitseviin oppilaitoksiin. Puurakentaminen kuitenkin kasvaa ja ilmastonmuutoksen myötä se nähdään positiivisena rakentamisen muotona. Tämä lisää todennäköisesti kiinnostusta myös alan opiskelua kohtaan.

*"Puurakentamisesta ja tietomallintamisesta on tehty niin erikoinen asia,
mutta se on ihan opittavissa oleva taito."*

Puurakentamisen lisääntymisen myötä kokemus suunnittelussa ja kaikissa tietomallinnuksen tehtävissä lisääntyy. Kokemuksen karttuminen lisää työn tuottavuutta, varsinkin, jos puurakentamisen tietomallinnusta tekevät henkilöt pääsevät erikoistumaan siihen.

Tietomallit ja niiden visuaalisuus tukevat myös työntekijöitä sekä esivalmistuksessa että työmaalla. Tietomalli ei korvaa piirustuksia, mutta 3D-näkymä auttaa hahmottamaan rakenteita ja yksityiskohtia sekä jatkossa myös ottamaan tehokkaasti tarvittavia mittoja suoraan mallista. Piirustukset muuttunevat tulevaisuudessa nykyisistä pdf-tiedostoista 3D-näkymiksi. Näiden edellytyksenä on luonnollisesti, että tietomallityökalujen tulee olla kohderyhmälle ja käytetyille päätelaitteille soveltuvia. Tietomallin käyttö on myös osa yleistä digitalisaation avulla tuettavaa työprosessia, mitä tarvitaan myös houkuttelemaan nuoria alalle.

5 Tiekartta kohti tietomallinnettua puurakentamista

Taulukko 1 esittelee kehitystoimenpiteet, joiden avulla toimiala voi yhdessä kehittää ja tukea tietomallinnettua puurakentamista. Taulukossa kuvataan lyhyesti tietomallinnetun puurakentamisen nykytilanne, 1-3 vuoden tähtämällä tarvittavat kehitystoimenpiteet sekä seuraavien 4-10 vuoden aikana tarvittavat kehitystoimenpiteet.

Tiekartta on jaettu neljään osa-alueeseen: liiketoiminta, tiedonhallinta, teknologia ja toimijoiden osaaminen. *Liiketoiminta* kattaa puurakentamisessa sovellettavat konseptit ja hankemallit. Liiketoimintamahdollisuudet riippuvat toimialan yleisestä kehitymisestä. *Tiedonhallinta* puolestaan kattaa tietomallinnukseen tarvittavan prosessin ja sen ohjauksen sekä tuotetiedon.

Teknologia kattaa sovellukset ja tietokannat, joilla tietoa hallitaan. Tietotarpeet tulisi määrittellä sovelluksiin standardien mukaisesti, jolloin tiedonsiirto onnistuu helposti eri sovellusten välillä. Teknologian tulisi tukea tiedonhallinnan prosessin sujuvuutta ennalta määritellyissä käyttötapauksissa, jotka on ohjeistettu toimijoille. Ohjeistuksena toimivat mallinnusohjeet ja vaatimukset sekä hankekohtainen tietomalliprojektisuunnitelma.

Toimijoiden osaaminen on mallinnuksen onnistumisen keskiössä. Tietomalliprosessi asettaa toimijoille taidollisia ja tiedollisia osaamisvaatimuksia ja pätevyysvaatimuksia, joihin vastaamalla toimijat voivat työskennellä tehokkaasti hyödyntäen olemassa olevia työkaluja ja työkalukohtaisia mallinnusmanuaaleja. Mallinnusprosessin työkaluille pitäisi asettaa käytettävyystavoitteita sekä tavoitteita tukea tiedonhallinnan prosessiketjun määrittelemiä käyttötapauksia.

Tiekartassa esitetyillä toimenpiteillä pyritään yhdistämään (1) **tietomallinnuksen käyttöönotto**, jotta suunnittelun, rakentamisen ja valmistuksen prosessien tarvitsema tuote- ja ominaisuustieto saadaan paremmin hallintaan, virtaamaan ja tukemaan tehtäviä, (2) **prosessien sujuvoittaminen ja yhteistyön tukeminen** täsmällisen, riittävän tarkan ja oikea-aikaisen tiedon avulla sekä (3) **kestävän rakentamisen toimivuus- ja ominaisuuspohjainen tilaajaohjaus**, johon liittyy laatu, vaatimusten hallinta, ylläpito ja tiedolla johtaminen.

Taulukko 1. Tiekartan kehitystoimenpiteet.

Osa-alue	Nykytilanne	Toimenpiteet 1-3 vuoden aikana	Toimenpiteet 4-10 vuoden aikana
Liiketoiminta	Puutuoteosien ja -liitosten vakiointi puuttuu. Tämän takia puutuotteiden mallinnus on hidasta ja kilpailutus on vaikeaa.	Vakioidaan rakentamisen puutuotteet ja -liitokset puutuoteteollisuuden yhteistyönä. Kehitetään RunkoPES puuelementti-standardia eteenpäin soveltuvin osin yhteistyössä eri alojen kanssa.	Vakiinnutetaan toimintatavat uusien puutuoteratkaisujen tuomiseen ja päivitykseen. Puutuotteet kilpailevat tasavertaisina muiden materiaalien rinnalla myös tietomallinnuksen osalta.
	Tuotteen hiilijalanjälki ja muut ympäristötiedot eivät näy tietomallissa.	Vakioidaan tietomallin sisältö ympäristötietojen osalta.	Koulutetaan tilaajia vaatimaan ympäristötietoja, jolloin ympäristöarvoilla saavutetaan kilpailuetua.

Osa-alue	Nykytilanne	Toimenpiteet 1-3 vuoden aikana	Toimenpiteet 4-10 vuoden aikana
Tiedonhallinta	<p>Tietomallinnusprosessia ei osata johtaa, jolloin tiedonhallinta ei tue kohteeseen liittyvää päätöksentekoa.</p> <p>Tietomallin tietosisällöstä ja tietojen oikeellisuudesta ei aina olla yhtä mieltä.</p>	<p>Määritellään tietomallinnusprosessi. Hahmotetaan eurooppalaisen standardointityön merkitys puurakentamisen tietomalliprosessien vakioitumisen kannalta.</p> <p>Vakioidaan tiedonhallinnan käyttötapaukset, joiden tietovaatimukset pitää kuvata kansallisissa tietomalliohjeissa.</p>	<p>Tuotetaan tilaajalle aina sekä fyysinen rakennus että sen digitaalinen kaksonen, jolla voidaan seurata, ohjata ja ennustaa kohteen käyttäytymistä. Digitaalinen kaksonen tukee myös korjauksia, purkamista ja kierrätystä.</p>
	<p>Tuotetietoa ei ole vakioitu, mikä estää tiedon automaattisen hyödyntämisen elinkaaren aikana.</p>	<p>Laaditaan kansallinen strategia tuotetiedon luokitteluun ja hallintaan.</p>	<p>Hyödynnetään tuotetietoja standardisoidussa muodossa.</p> <p>Puutuotevalmistajat tallentavat tuotetietonsa standardoidussa muodossa.</p>
	<p>Puutuotteista ei ole kattavasti avoimesti saatavia tietomalliobjekteja.</p>	<p>Sovitaan yhteistyössä yleiset tietomalliobjektit.</p>	<p>Kehitetään ja otetaan käyttöön avoin tuotetietokirjasto (avoimet rajapinnat).</p>
Teknologia	<p>Tietomallinnustyökaluissa on kehittämistä puuosien osalta.</p>	<p>Kehitetään tietomallinnustyökaluja tukemaan puun ominaisuuksia.</p>	<p>Standardoidaan puun ominaisuustietojen käsittelyprosessi.</p>
	<p>Puuntyöstötehtaan laitteet eivät pysty hyödyntämään käytössä olevia tilaajien tiedostomuotoja.</p>	<p>Selvitetään laitevalmistajien kanssa mahdollisuuksia laitteiden tiedonhallintapäivityksiin.</p> <p>Määritellään vaatimukset IFC-tiedostoille tiedonsiirtoa varten.</p>	<p>Suositaan tietomallinnustyökaluja, joilla avoimet rajapinnat ja jotka tukevat avoimia tiedonsiirtostandardeja.</p>

Osa-alue	Nykytilanne	Toimenpiteet 1-3 vuoden aikana	Toimenpiteet 4-10 vuoden aikana
Toimijoiden osaaminen	Teollisen puurakentamisen ja puurakenteiden tietomallinnuksen osaajia on liian vähän.	Lisätään alan houkuttelevuutta.	Puuosien tietomallinnus on osa rakenne-suunnittelijoiden koulutusta.
	Suunnittelijoiden mallinnus-osaaminen uusien rakenteellisten puutuotteiden osalta on vaillinaista.	Päivitetään mallinnusohjeet tukemaan puun käyttöä. Järjestetään suunnittelijoille ja tietomalli-koordinaattoreille lyhytkestoisia verkkokursseja.	Tietomallinnuksen hyödyt tunnetaan ja tietomallinnusta osataan soveltaa erityyppisissä hankkeissa.

Seuraavissa alakappaleissa kuvataan tärkeimpiä kehittämistoimenpiteitä tarkemmin.

5.1 Puutuoteosien ja -liitosten vakiointi

Toimialalla on useita tietomallia hyödyntäviä puurakentamisen konsepteja, sekä rakennustason että rakenteellisia kokonaisjärjestelmiä, joilla tuotetaan puurakennuksia sekä käytetään puuta erilaisissa hankkeissa, kuten peruskorjauksissa, käyttötarkoituksen muutoksissa, korjausrakentamisessa ja täydennysrakentamisessa. Näiden omistajuus on usein yrityksillä. Tästä syystä suunnittelijalle ei ole avoimesti saatavilla yleispäteviä mallinnusobjekteja.

Rakentamisen puutuotteiden ja -liitosten vakiointi on tarpeellista, koska tilaajan ja rakennuttajan kannalta uudet ratkaisut ovat aina mahdollinen riski. Avoin puuelementtistandardi, RunkoPES¹² on hyvä lähtökohta puutuotteiden tietomallinnuksen standardointiin, mutta sitä tulisi jatkokehittää ja päivittää lisäämällä esimerkiksi massiivipuutuotteita ja seinä-, laatta-, pilari- ja palkkiyhdistelmiä. Tämä tulisi tehdä laajassa yhteistyössä, jotta lopputulokseen olisivat sitoutuneet kaikki prosessiin osallistuvat tahot ja vakiointi otettaisiin käyttöön. Vakiointi edesauttaisi, että puutuotteet voisivat kilpailla tasaveroisina muiden materiaalien rinnalla myös tietomallinnuksen osalta. MetsäWood on ollut näyttämässä suuntaa avointen tietomalliobjektien käytölle.¹³

Puutuoteteollisuuden toimijoiden tulisi tehdä yhteistyötä kumppani- ja kilpailijayritysten kanssa ja laatia määrittelyt yleisemmin käytetyistä puutuotteista ja liitoksista ja vakioida nämä kansallisesti. Lisäksi pitäisi laatia määrittelyt massiivipuutuotteisiin liittyvistä ominaisuuksista ja vakioida myös nämä kansallisesti. Tämän jälkeen puurakentamisen toimijoiden on sitouduttava tuottamaan vakioinnin mukaisia tuotteita. Vakiointi mahdollistaa mallinnusohjeen laatimisen puuelementtituotantoon käyttäen sovittuja tuotteiden laatukoodeja.

Yhteistyön mallina voitaisiin hyödyntää BEC-projektia (Betonielementti-CAD), jossa elementtiteollisuuden, suunnittelutoimistojen sekä ohjelmistotoimittajan yhteistyönä pyrittiin

¹² RunkoPES. Saatavilla: <https://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/runkopes-20>. Viitattu 6.11.2020.

¹³ Open Source Wood, MetsäWood, saatavilla: <https://opensourcewood.com/Pages/default.aspx>. Viitattu 6.11.2020.

ohjeistamaan ja helpottamaan betonielementtien mallintavaa suunnittelua¹⁴. Projekti on tuottanut ohjeistusta, malliaineistoja sekä työkaluja suunnittelijoiden käyttöön, esimerkiksi mallinnusohjeen, tyyppielementtipiirustukset, mallielementtien tietomallit, esimerkkiluettelot ja luettelo-ohjeen sekä mallinnustyökaluihin erilaisia komponentteja. BEC-mallinnusohjeen mukaisesti toimittaessa suunnittelussa syntyy vakioitua ominaisuustietoa (yleisiä ominaisuuksia), jonka formaatti sekä sijainti tietomallin tietorakenteessa (BEC-ominaisuusjoukko) on määritelty ohjeessa.

Puutuoteteollisuuden toimijoiden on myös tehtävä yhteistyötä tietomallinnus-ohjelmistotoimittajien (kuten Tekla, Revit, ArchiCad) kanssa, jotta vakioidut ratkaisut saadaan näihin ohjelmistoihin.

5.2 Tietomallinnusprosessin ja -objektien määrittely

Tilaaajat eivät osaa johtaa tietomallinnusprosessia, jolloin tiedonhallinta ei tue päätöksentekoa. Tällä hetkellä valistuneet tilaaajat ostavat ohjauspalvelun tietomallikoordinaattorilta, mutta tämä rooli jäänee väliaikaiseksi, kun alan yleinen tietomallinnusosaaminen kasvaa. Tällä hetkellä tietomallikoordinaattorin työ tukee pääsuunnittelijan työtä ja vähentää pääsuunnittelijan riskejä.

Yhtenä tärkeänä kehittämistoimenpiteenä tarvitaan tietomallinnusprosessin ja -toimintatapojen sekä objektien määrittely, mikä on tehtävä alan yhteistyönä. Yhteistyö edellyttää avoimuutta eri osapuolilta. Tietomallinnusprosessissa määritellään, kenen vastuulla on mikäkin mallinnukseen liittyvä tehtävä ja missä kohdin on kenenkin tehtävä päätöksiä, jotka tukevat muiden toimijoiden työtä. Jos kaikki suunnittelualat mallintaisivat, mahdollistuisi tietomallipohjainen suunnitelmien vertailu ja yhteensovitus. Tällöin merkittävä määrä yhteensopivuusongelmia voitaisiin tunnistaa jo ennen valmistusta ja asennusta.

Nykyisten tietomalliohjeiden sisältö on tekstimuotoista ja käyttötapauksissa tarvittava tietosisältö lähinnä listataan. Ominaisuustietoja on määritelty tiettyjen käyttötapausten yhteyteen. On tärkeää myös hahmottaa eurooppalaisen standardisoimisorganisaatio CEN:n työryhmän TC/442 standardointityön merkitys puurakentamisen tietomalliproessien vakioitumisen kannalta. Tietomallinnukseen keskittyy ISO/EN 19650 -sarja¹⁵.

CEN TC 442 työn yhteydessä on ohjeistettu kuvaamaan käyttötapaukset määrämuotoisesti nk. "tietojen toimittamisen ohje" -kuvauksina. Tietojen toimittamisen ohje on prosessisuuntautunut, BuildingSMART International -organisaation kehittämä, standardi toimijoiden väliseen jäseneltyyn tiedonvaihtoon. Se perustuu mm. prosessimalleihin ja vakioituu BPML-prosessimallinnuskieleen.¹⁶

Lisäksi on määriteltävä toimintatavat tiedonhallintaproessin ohjaukselle, jotta tilaaja tai joku muu valittu taho osaa ohjata toimijoiden välistä teknistä ja kaupallista mallinnustyötä.

Kehittämistyön lopputulemana on, että tilaajalle tuotetaan aina sekä fyysinen rakennus että sen digitaalinen kaksonen, jolla voidaan seurata, ohjata ja ennustaa kohteen käyttäytymistä. Digitaalinen kaksonen tukee myös korjauksia, purkamista ja kierrätystä.

¹⁴ Lisätietoja BEC-projektista. Saatavilla: <https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/uutiset/2013/11/25/bec-projektissa-tuotettu-runsaasti-uusia-tyokaluja>. Viitattu 6.11.2020.

¹⁵ BIM - Building Information Modelling - ISO 19650. Saatavilla: <https://www.bsigroup.com/en-GB/iso-19650-BIM/>. Viitattu 26.11.2020.

¹⁶ Information Delivery Manual (IDM). Saatavilla: <https://technical.buildingsmart.org/standards/information-delivery-manual/>. Viitattu 9.11.2020.

5.3 Tiedon käyttötapausten vakiointi

Kohteen tilaajan ja muiden toimijoiden on aina määriteltävä tiedon käyttötapaukset, jotta muut osaavat tallentaa näitä varten tarvittavat tiedot. Tiedon käyttötapausten vakiointi tukisi kohteen koko elinkaaren aikaista päätöksentekoa. Käyttötapausten tietovaatimukset pitää kuvata kansallisissa tietomalliohjeissa (YTV). Tiedon käyttötapauksia voivat olla esimerkiksi seuraavat¹⁷:

- Kohteen laajuuden, kustannusten ja toimivuuden tavoitteiden mukaisuuden varmistaminen
- Tekninen visualisointi projektikokousten pohjaksi ja julkiseen keskusteluun
- Asiantuntijatahojen keskinäinen koordinointi, eri mallien yhdistäminen, törmäystarkastelu
- Teknisten piirustusten tuottaminen
- Tietomallipohjainen simulointi ja analyysit, tietomallin käyttö erilaisissa simulointityökaluissa, päivänvalooanalyysissä, elinkaari- ja hiilijalanjälkilaskenta jne.
- Kustannuslaskenta, tietomallipohjainen määräluettelo kustannuslaskennan pohjana
- Tarjouskilpailu, tietomallipohjainen määrälaskenta tarjouslaskentaa varten
- Rakennusprosessin aikataulumallinnus (4-D mallinnus), yksittäisten komponenttien yhdistäminen vastaaviin rakennusprosessin aikataulun kohtiin
- Kustannusten mallinnus (5-D mallinnus), kustannusten linkittäminen 4-D malliin rakennusosien oston tai valmistuksen kulujen osalta
- Työmaa-aikainen mallien tarkastelu¹⁸
- Laskutus ja etenemisen seuraaminen tietomallia seuraamalla
- Ongelmien ja virheiden raportointi, sekä korjaustoimenpiteiden seuraaminen
- Rakennuksen käyttö ja huolto. Tietomallitiedot siirretään asiakkaalle, joka ryhtyy huolehtimaan rakennuksesta

Käyttötapausten määrittäminen on tärkeää tehdä yhteistyössä eri toimijoiden kanssa, jotta pystytään valitsemaan riittävä informaation taso. Mitä enemmän tietoa kerätään, sitä raskaampi ja kalliimpi prosessi on. Toisaalta taas liian niukoilla tiedoilla ei saavuteta haluttuja etuja. Lisäksi käyttötapausten avulla voidaan jakaa mallintamisesta aiheutuvia kustannuksia asianosaisille tahoille.

5.4 Tuotetiedon ja tietomalliobjektien vakiointi

Tuotetiedon vakioinnilla tarkoitetaan sitä, että tuotteisiin liitetään yhteisesti sovitulla tavalla tietoa yhteisesti sovituista ominaisuuksista tai muuta oleellista tietoa. Tämä helpottaa

¹⁷ Borrmann, Andre & König, Markus & Koch, Christian & Beetz, Jakob. (2018). Building Information Modeling: Why? What? How? *Technology Foundations and Industry Practice*. 10.1007/978-3-319-92862-3_1.

¹⁸ Esimerkiksi Sweco on kehittänyt SmartDrawings-työkalun, jolla voi työmaalla tarkastella mallia mobiililaitteella, saatavilla <https://www.sweco.fi/uutiset/uutisarkisto/news-2020/puurakentaminen-on-nousussa--nain-sweco-vastaa-trendiin/>, viitattu 8.11.2020.

kaupankäyntiä ja tuotteeseen liittyvien ominaisuuksien hallintaa arvoketjussa. Fysikaalisten tietojen, kuten dimension, tiheyden ja lujuusluokan lisäksi tietoa voidaan tarvita pakkaukseen ja logistiikkaan, puun alkuperään, sertifiointiin ja sahauspaikkaan liittyen. Varsinaisten tietokenttien määrittelyn lisäksi nimikkeistö on vakioitava ja tiedon laatua on hallittava. Tähän tarvitaan laajaa yhteistyötä valmistavan teollisuuden, kauppiaiden ja asiakkaiden kesken, jotta tiedon tuottajat ja tarvitsijat saavat tiedon kulun mahdollisimman sujuvaksi. Tätä työtä voisi tukea kansallisen tuotetietostrategian luominen rakentamisalalle. Esimerkiksi olisi pohdittava tuotetietopankkien hyödyntämistä, kuten RT-tuotetietojärjestelmä¹⁹. Lisäksi on tärkeää, että alan toimijat osallistuvat aktiivisesti kansallisiin ja kansainvälisiin projekteihin, joissa kehitetään tuote- ja ominaisuustietojen hallintaa tietomallinnusprosessissa.

Rakenteiden, tuotteiden ja materiaalien ominaisuustietojen sisällön hallinnassa ja tietojen rakenteellisissa esitysmuodoissa on useita vaihtoehtoja. Yksi vaihtoehto on kuvata tuotetiedot valmistumassa olevan prEN ISO 23387²⁰ -standardituotetietomallin mukaisesti. Standardin on tuottanut CEN/TC 442 työryhmä, joka kuuluu EU:n standardointikomiteaan. Ominaisuustietojen hallinta toimii linkittäen tuotetieto tietomalliobjektiin mallinnusprosessin aikana. Näin yleinen ja tuotespesifinen tuotetieto on käyttökelpoisessa muodossa rakennusprosessin koko elinkaaren ajalle. Rakenteellinen tuotetieto pitäisi pystyä linkittämään rakentamisen prosessin eri vaiheisiin sen alkulähteiltä eli tuotevalmistajilta.

Tällä hetkellä puutuotteista ei ole kattavasti avoimesti saatavia tietomalliobjekteja. Yleiset tietomalliobjektit voitaisiin sopia alan yhteistyönä. Kehitystyön kannattaisi keskittyä pitkällä tähtäimellä avoimen tuotetietokirjan käyttöönottoon. Kirjastossa tulisi olla avoimet rajapinnat.

5.5 Tietomallinnustyökalut tukemaan puun ominaisuuksia

Puurakenteiden mallintamista voitaisiin tehostaa mallinnustyökaluja kehittämällä. Puurakenteiden elementtisuunnittelun työkaluissa on puutteita betoni tai teräsrakenteisiin verrattuna. Puu materiaalina asettaa mallinnustyökaluille erityisiä lisähaasteita ja uusien tuoteominaisuuksien määrittelyä tuotetieto-objektien tasolla. Esimerkiksi puun ominaisuustiedot lujuuden osalta ovat monimutkaisemmat kuin muiden rakenteellisten materiaalien. Jokainen puulaji on lähtökohtaisesti erilainen, mikä on huomioitava tuotetieto-objektien sisällöissä. Samoin hankaluutta tuottaa esimerkiksi puun syysuunnan merkitseminen tuotetieto-objektin ominaisuustietokentässä ja sen visuaalinen esittäminen.

Mallinnushankaluudet vaikuttavat erityisesti rakennesuunnittelijan työkenttään, sillä suomalaisessa toimijaympäristössä usein myös elementtisuunnittelun tekee rakennesuunnittelija. Mallinnusohjelmissa, esimerkiksi Tekla Structuressa, on betoni- ja teräsrakenteille saatavilla lisäohjelmia, jotka generoivat automaattisesti liitoksiin yksityiskohtia. Vastaavaa automatiikkaa olisi hyvä kehittää myös puurakenteille.

5.6 Puun työstölaitteiden tiedonhallintapäivitys

Puuntyöstötehtaan laitteet eivät pysty koneluettavassa muodossa hyödyntämään käytössä olevia tilaajien tiedostomuotoja. Valmistavan teollisuuden on pystyttävä vastaanottamaan tietomallimuotoista tietoa, jotta voidaan hyödyntää tietomalleja koko kohteen elinkaaren ajan. Työstölaitteita ohjataan numeerisessa muodossa, joten tietomallit soveltuisivat tähän erityisen hyvin. Tämän takia laitevalmistajia olisi tuettava laitteiden tiedonhallintapäivityksessä, jotta saadaan integroitua suunnittelu- ja toteutusprosessit.

¹⁹ RT-tuotetietojärjestelmä. Saatavilla: <https://www.rttuotetieto.fi/> Viitattu: 26.11.2020

²⁰ ISO/FDIS 23387 Building information modelling (BIM) — Data templates for construction objects used in the life cycle of any built asset — Concepts and principles.

Suunnittelijoiden ja muiden toimijoiden on myös hyvä suosia tietomallinnustyökaluja, joilla on avoimet rajapinnat ja jotka tukevat avoimia tiedonsiirtostandardeja.

5.7 Toimijoiden tietomallinnusosaamisen kasvattaminen ja yhteistyön kehittäminen

Tietomallinnusosaaminen voidaan karkeasti jakaa kolmeen osa-alueeseen: 1) mallinnusosaamiseen, 2) mallitiedon jakamisen osaamiseen ja 3) mallien käytön osaamiseen.²¹ Mallinnusosaaminen koskettaa erityisesti suunnitteluita, kun taas mallitiedon jakamisen osaamista tarvitaan tietomallikoordinoinnissa ja mallien yhteiskäytössä. Tietomalleja hyödyntävät monet tahot erilaisten tiedon käyttötapausten mukaisesti hankkeen eri vaiheissa, suunnittelusta työmaahan ja ylläpitoon.

Suunnittelijoiden mallinnusosaaminen uusien rakenteellisten puutuotteiden osalta on vaillinaista. Puurakenteiden suunnittelu ja mallinnus vaativat erityistä osaamista, jota on tuotava helposti saataville kaikille rakennesuunnittelua tekeville. Kun mallinnustyökaluihin saadaan puun ominaisuudet rakennusosiin ja elementteihin mukaan, niiden käyttöönotto on opastettava työkalujen käyttäjille. Ohjeet on syytä sisällyttää myös mallinnusohjeisiin, jolloin ne ovat kaikkien saatavilla. Tavoitteena tulisi olla, että puuosien tietomallinnus sisällytetään rakennesuunnittelijoiden koulutukseen.

Lisäksi mallinnusohjeet on päivitettävä tukemaan puun käyttöä. Suunnittelijoille ja muille toimijoille voitaisiin järjestää lyhytkestoisia verkkokursseja, joilla voidaan tukea eri toimijoiden tarvitsemää mallinnusosaamista. Yleisesti on tärkeää lisätä täydennyskoulutusmahdollisuuksia. Kehittämistyön tavoitteena tulisi olla, että alan toimijat tuntevat tietomallinnuksen hyödyt ja soveltavat tietomallinnusta erityyppisissä hankkeissa.

Suomessa Rakennustietosäätiön koordinoima BuildingSMART Finland on toiminut yhtenä tietomallintamisen kehittämisfoorumina²², jonka tarkoituksena on levittää tietoa tietomallintamisesta ja tukea toiminnassa mukana olevia tietomallipohjaisten prosessien käyttöönotossa. BuildingSMART Finland on suomalaisten kiinteistö- ja infra-alan omistajien ja palvelujen tuottajien muodostama yhteistyöfoorumi. Kaikki suomalaiset yritykset, yhteisöt, opetuslaitokset voivat liittyä mukaan sen toimintaan. Nykyisin mukana ovat omistajien lisäksi laajasti suunnittelijat, urakoitsijat, ohjelmistotalot, yliopistot ja korkeakoulut ja muut rakennusalan yritykset. BuildingSMART Finland on osa BuildingSMART International (bSI) organisaation verkostoa. bSI on kansainvälinen voittoa tavoittelematon organisaatio, jonka tehtävänä on luoda ja ylläpitää rakennusalan kansainvälisiä standardeja. bSI vastaa muun muassa IFC-tiedonsiirtostandardin laadinnasta ja ylläpidosta. IFC on kansainvälinen standardi rakennustietomallin tiedoille, joita vaihdetaan ja jaetaan ohjelmistosovellusten välillä.

Digitaalisen muutoksen kehittämisprojekteissa tarvitaan yhteistyötä puurakentamisen kehittäjien, suunnittelijoiden, valmistajien ja toteuttajien sekä puumateriaalitoimittajien kesken. Teollisessa puurakentamisen ketjussa rakennusosien, komponenttien ja puutuotteiden asteittainen määrittely voidaan toteuttaa tietomalliprosessina. Tietojen hallinta ja tietojen siirto eri sovellusten ja toimijoiden välillä kehittyi hanke hankkeelta. Tarvitaan yhteistyötä, jotta saadaan sovittua tietorakenteet ja tarvittavat ominaisuustiedot eri käyttötapauksissa. Esimerkiksi seuraavissa tehtävissä tarvitaan yhteistyötä:

²¹ Timo Lehtoviita, Mitä on tarvittava tietomalliosaaminen rakennusalalla? Saatavilla: <https://buildingsmart.fi/mita-on-tarvittava-tietomalliosaaminen-rakennusalalla/>. Viitattu 9.11.2020.

²² BuildingSMART Finland inframallintamisen kehittämisfoorumiksi. Saatavilla: <https://buildingsmart.fi/buildingsmart-finland-inframallintamisen-kehittamisfoorumiksi/>. Viitattu 9.11.2020.

- Tietomallikäyttötapausten määrittely osallistumalla käyttötapausmäärittelytyöhön.
- Tuotetiedon luokittelun kansallisen strategian laatiminen, mikä tulee ajankohtaiseksi tuotetietoon liittyvän kansainvälisen standardoinnin myötä. Mallitiedon tarvemäärittely linkittyy rakennusosa- ja komponentti ja tuotenimikkeistöihin, jotka palvelevat tietomalliprosessia. Yhdessä tulisi sopia, mihin asti tietoa hallitaan nimikkeistön avulla ja milloin yleisen tuotetiedon avulla sekä tarkan tuotekohtaisen ominaisuustiedon avulla.
- Osallistuminen Ympäristöministeriön kansalliseen yhteentoimivuusprojektiin²³ sekä Ryhti-hankkeen²⁴ tulosten seuraaminen.

5.8 Alan houkuttelevuuden lisääminen

Teollisen puurakentamisen ja puurakenteiden tietomallinnuksen osaajia on liian vähän tällä hetkellä. Alan houkuttelevuutta pitäisi lisätä, esimerkiksi kertomalla, miten tärkeä rooli rakennetulla ympäristöllä, ja erityisesti puun käytöllä voi olla, ilmastomuutoksen vastaisessa taistelussa. Puu on rakennusmateriaalina sekä ekologinen että kestävä ratkaisu. Rakentaminen on sinänsä myös innostava ala, että siinä näkee suhteellisen nopeasti oman työnsä jäljen konkreettisesti.

Tietomallinnetussa puurakentamisessa yhdistyy sekä tietotekninen osaaminen että puun tunteminen materiaalina. Tietoteknistä osaamista tarvitaan nykyään kaikkialla, joten osaamista voi hyödyntää monella muullakin alalla.

²³ Ympäristöministeriön asettamat kolme teemaryhmää rakennetun ympäristön tiedon yhteentoimivuuden kehittämiseksi. Saatavilla: <https://ym.fi/yhteentoimivuus>. Viitattu 16.2.2021.

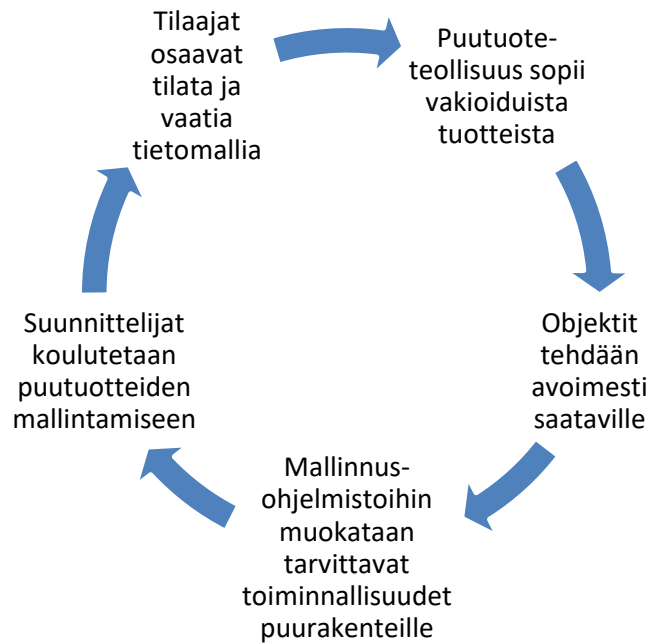
²⁴ Ryhti, Rakennetun ympäristön tietojärjestelmä -hanke. Saatavilla: <https://ym.fi/ryhti>. Viitattu 16.2.2021.

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Suomessa puurakentaminen on pitkään ollut pääasiassa pientalorakentamista. Nyt puukerrostalorakentamisen lisääntyessä haastetaan puuelementtien ja -osien teollista tuotantoa sekä puuosien tietomallintamista. Tietomallinnusta ei vielä hyödynnetä parhaalla mahdollisella tavalla puurakentamisessa. Puutuotteiden ja -elementtien mallinnusosaaminen on yksittäisten yritysten pääomaa, jolla tavoitellaan kilpailuetua. Koko toimialan yhteistyö on välttämätöntä, jos halutaan saada puumateriaalit helposti valittaviksi vaihtoehtoiksi kohteita suunniteltaessa. Jotta puurakentaminen olisi kilpailukykyinen vaihtoehto muiden rakennusmateriaalien rinnalla, sen pitäisi olla riittävän vakioitua, jotta mallintaminen ei olisi hidasta ja vaikeaa, kilpailutus olisi mahdollista ja tarjoukset olisivat vertailukelpoisia. Lisäksi mallinnohjelmissa on puutteita puutuotteiden osalta. Puutuotteista ei ole saatavilla valmiita objekteja, joita voisi käyttää erityisesti yleistä tuotetta mallinnettaessa ja puun erityispiirteitä, kuten syysuuntaa tai lujuus luokkaa ei ole välttämättä mahdollista mallintaa.

Tietomallinnuksella voidaan saavuttaa koko prosessin hallintaan liittyviä etuja. Ideaalitapauksessa tietomalliproessi etenee eri suunnitteluvaiheista tuotantoautomaatioon, logistiikkaan ja työmaavaiheeseen, sekä aina käyttöön, ylläpitoon, korjauksiin, käytöstä poistamiseen ja kierrätykseen asti. Tavoitteena on hallita niin laatua, kustannuksia kuin elinkaaren aikaisia toimintoja ja tiedon saatavuutta. Jos tietomallinnohjelmissa saataisiin suoraan käyttökelpoinen tiedosto puutuotevalmistajille, vältettäisiin virheitä ja valmistuksen kustannukset laskisivat ja prosessi nopeutuisi, jos tiedostoja ei tarvitsisi muokata erikseen valmistukseen sopiviksi. Mallinnuksella voitaisiin tuoda puurakentamisen etuja laskennallisesti esille esimerkiksi hiilijalanjäljen automaattisella laskennalla tai osoittamalla kohteen energiatehokkuus tai paloturvallisuus simulointityökalujen avulla.

Tietomallintamisen hyötyjen saavuttaminen puutuotteiden osalta vaatii laajaa yhteistyötä niin toimialan sisällä kuin laajemmin eri alojen yhteistyönä (Kuva 5). Tietomallinnuksen suurimmat hyödyt saavutetaan, jos sitä pystytään käyttämään koko kohteen elinkaaren ajan, jolloin prosessiin osallistuvat tuotteiden ja materiaalien valmistajista loppukäyttäjiiin asti kaikki toimijat. Tästä syystä kehitys on tehtävä yhteistyössä, jotta eri käyttötapausten tuomat vaatimukset tulevat mahdollisimman hyvin huomioiduiksi. Myös puutuotetoimialan kesken yhteistyö on tärkeää, koska puutuotteita, ratkaisuja ja liitoksia on paljon erilaisia, mikä tekee tietomallintamisesta hidasta, vaikeaa ja kallista. Näistä olisi yhdessä valittava tärkeimmät vakioitavat ratkaisut ja panostettava niiden määrittelyyn. Tämä toisi kilpailuetua koko puutuotetoimialalle rakentamisen ympäristössä. Rakentamisalalla toimii paljon erilaisia alan kehittämiseen keskittyviä liittoja, jotka on otettava mukaan kehittämiseen ratkaisuehdotusten käyttöönottamiseksi.



Kuva 5. Puurakentamisen tietomallinnuksen kehittämistoimet edellyttävät laajaa yhteistyötä.

Yhteistyö rakennustuotetoimialan sisällä ei kuitenkaan vielä riitä viemään puutuotteita tietomalleihin koko rakennuksen elinkaaren ajalle, vaan yhteistyön on katettava kaikki toimijat, suunnittelijat, ohjelmistotoimittajat, tuotetiedon haltijat, tuoteobjektien tuottajat, loppukäyttäjät ja tilaajat. Jos mallinnusta ei tilata koko elinkaarta ajatellen, mallinnetaan vain se, mitä on tilattu. Jos kukin tekee oman osansa ilman yhdessä tehtyjä päätöksiä, voivat tietomallintamisen tuotokset jäädä hyödyntämättä. Kun tilaaja alun perin osaa tilata mallin, jolle asetetaan vaatimukset tuotantoa, logistiikkaa, työmaatoimintoja, hiilijalanjälkilaskentaa ja huoltoa varten, voidaan saavuttaa halutut tavoitteet. On kuitenkin tärkeää miettiä, että mitä kaikkea on järkevää vaatia, koska mitä enemmän mallinnukselta odotetaan, sitä työläämpää ja kalliimpaa se on. Toisaalta taas edut jäävät saavuttamatta, jollei malli pysty täyttämään tarvittavia vaatimuksia.

Tiekartassa esitetään toimenpiteitä, joiden avulla toimiala voi yhdessä kehittää ja tukea puun käyttöä tietomallinnetussa rakentamisessa. Tavoitteena on, että tietomallinnuksen hyödyt tunnistetaan, tietomalleja hyödynnetään kohteen koko elinkaaren ajan ja Suomessa olisi riittävästi puurakentamisen tietomalliosajia, jotka voivat hyödyntää avoimesti saatavia tietomalliobjekteja.

Tärkeimpiä kehittämistoimenpiteitä ovat puutuoteosien ja -liitosten vakiointi, yhdessä sovittavat tiedon käyttötapaukset ja tietomalliobjektit, tietomallinnusprosessin ja -toimintatapojen määrittely, tietomallinnustyökalujen kehittäminen ja mallinnusohjeiden päivittäminen tukemaan puun ominaisuuksia, teollisessa valmistuksessa hyödynnettävien laitteiden tiedonhallintapäivitys, toimijoiden tietomallinnusosaamisen kasvattaminen sekä alan houkuttelevuuden lisääminen. Tuotetietojen kokoaminen, määrittely, päivitys ja laadun varmistus on myös ratkaistava.

Kehitystä voidaan viedä eteenpäin käytännön hankkeissa, ja yleiset tulokset ja kokemukset tulee saada laajempaan käyttöön. Yhteistyö eri toimijoiden välillä vaatii yhteiseen pöytään istumista, esimerkiksi työryhmässä, johon kukin taho valtuuttaa oman edustajansa pohtimaan, miten yhdessä saadaan puutuotteiden ja -rakentamisen mallinnusta edistettyä. Käytännön toimivuutta voidaan testata pilottihankkeilla. Pilottihankkeiden onnistumisen ymmärtämisen kannalta on olennaista avoin ja tarkka dokumentointi, jossa tutkimuslaitokset voisivat olla avustamassa luomalla dokumentointipohjia ja analysoimalla tuloksia.

Liitteet

I.Lähde- ja tausta-aineisto

Alla on listattu selvitystyössä käytettyä kirjallisuutta teemoittain.

1. YLEISTÄ AINEISTOA PUURAKENTAMISESTA

- leanWOOD. Innovative lean processes and cooperation models for planning, production and maintenance of urban timber planning. Project of WoodWisdom-Net, 4th Joint Call 2013. Project results, 2017.
- Jussi Rönty et al. LIFE CITY - suomalaisen puurakentamisen kansainvälinen konsepti. (VTT-R-00334-18), 2018.
- Tero Kautto, PuuBIM, Kehitystarpeita, SWECO 2015.
- Le Roux (YM), Puurakentamisen ympäristövaikutukset ja puurakentamisen edistäminen, PaiBiRa - Paikalliset biopohjaiset rakennusmateriaalit -hankkeen aloitusseminaari. 2018 (esitys)
- Appu Haapio, Puurakentamisen tulevaisuuden näkymät, Haastattelututkimus, VTT Technology 141
- Markku Karjalainen, SUOMALAINEN PUUKERROSTALO PUURAKENTAMISEN KEHITTÄMISEN ETULINJASSA, Arkkitehtuurin osasto, Oulun yliopisto 2002

2. LIKETOIMINTAKONSEPTIT - HANKINTA

- Mikko Viljakainen. Rakennuttajien aktivointi puurakentamiseen - selvitys tarvittavista toimenpiteistä. Loppuraportti. PUUINFO.
- ePuu.fi. Digitaalinen julkisten puurakennusten hankintatyökalu. PUUINFO 2019-20.
- leanWOOD. BIM & Puukerrostalorakentaminen. Työpaja 8.6.2016 klo 13-16. 17 osallistujaa.
- Kristiina Sulankivi(yhteistyössä Parma, Skanska, Finnmap, Tekla), Betonielementtien BIM-pohjainen tuoteosakauppa, Case väliseinäelementit, VTT Tutkimusraportti 2014
- Harri Haapasalo, Kirsi Aaltonen, Kalle Kähkönen & Arto Saari, Rakentamisen Integraatiomekanismit, Oulun yliopisto Tuotantotalouden tutkimusraportteja 1/2018
- TOIMITUSKETJUN HALLINTA TALONRAKENTAMISESSA, KETJU- hankkeen yhteenveto, Rakennustutoteollisuus RT, 2009
- Vesa Ijäs, Puukerrostalojen rakentamisen esteet ja mahdollisuudet, Keskeisten suomalaisten rakentamis- ja kiinteistöalan sidosryhmien vertaileva asennemittaus, Tampereen teknillinen yliopisto 2013

3. PUU MATERIAALINA, STANDARDIT, VAKIOINTI

- CLT Handbook: <https://web.fpinnovations.ca/clt/>
- LVL Handbook Europe: https://proofer.faktor.fi/epaper/LVLHandbook_2020/
- Puurakenteiden suunnitteluohje (EN1995-1-1)
- RunkoPES 2.0. ArchiCAD- ja Revit-objektit 2013. P2-paloluokan puurakenteisen asuinkerrostalon rakenneobjektikirjasto. Finnish Wood Research.
- AVOIN PUURAKENNUSJÄRJESTELMÄ, Elementtirakenteet, WoodFocus, Puuinfo
- Tomasz Noga, Anuj Kumar and Erkki Verkasalo, NORDIC BUILDING CODES AND THEIR EFFECTS ON BUILDING OF RESIDENTIAL HOUSES FROM WOOD, Conference presentation Abstract WSE 2018

- Vili Tuomisto, CROSS LAMINATED TIMBER (CLT)– Käyttö tilaelementtinä, Opinnäytetyö Turun ammattikorkeakoulu 2018

4. TYÖPROSESSIT, KESTÄVÄ RAKENTAMINEN

- Hyvärinen, J., Mäkeläinen, T. Rekola, M. & Törnqvist, J. (2010). VTT-R TUTKIMUSRAPORTTI. InfraTimantti esiselvitys Loppuraportti.
- Eri rakennejärjestelmiä mahdollistavat hankintamenetelmät, LeanWood-projekti, VTT 2016
- Hermann Kaufmann, Sandra Schuster, Manfred Stieglmeier, Technische Universität München, TU München, Optimierte Planungsprozesse für Gebäude in vorgefertigter Holzbauweise Leistungsbilder für alle Planungsbeteiligten, LeanWood project 2018
- Sheryl Staub-French et al., Building Information Modeling (BIM) and Design for Manufacturing and Assembly (DfMA) for Mass Timber Construction, BIM TOPiCS Research LAB, University of British Columbia
- Simon le Roux, Florence Bannier, Emilie Bossanne, Manfred Stieglmeier, Investigating the interaction of building information modelling and lean construction in the timber industry, World Conference on Timber Engineering, Vienna 2016
- Tarja Häkkinen (toim.). Kestävän rakentamisen prosessit [Sustainable building processes]. Espoo 2011. VTT Tiedotteita - Research Notes 2572.
- Kristina Bakic et al. SUSPROC Kestävän rakentamisen prosessit. Case SYKE. Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu, SimLab-tutkimusyksikkö. Raportti 2010.
- Antti Ruuska, Tarja Häkkinen. Efficiency in the delivery of multi-story timber buildings. SBE16 Tallinn and Helsinki Conference; Build Green and Renovate Deep, 5-7 October 2016, Tallinn and Helsinki. Energy Procedia 00 (2016).
- Sanna Saares, Massaräätälöityjen tuotteiden prosessin hallinta ja konfigurointi, Selvitystyö yritykselle Kera Group Oy. Lahden ammattikorkeakoulu, 2017

5. TEKNOLOGIA, SOFTAT, ALUSTAT

- Joonas Saukkonen, Puurakenteisten rakennushankkeiden tietomallipohjainen suunnitteluprosessi Vertex BD ja Tekla Structures -ohjelmia hyödyntäen, Metropolia Ammattikorkeakoulu 2.5.2014
- Uudet ominaisuudet ja muutokset, Calculatis 2020, StoraEnso 2019
- Issa J. Ramaji, Ryan Solnosky, Ali M. Memari, Integrated BIM Platform for Multi-Story Modular Building Industry, Conference paper, February 2014
- Sami Siloaho, MagiCAD for Revit tietomallipohjaisessa LVI-suunnittelussa, Insinöörityö, Metropolian Ammattikorkeakoulu 2017
- Turo Mikkola, MAGICAD FOR REVIT –OHJELMISTO, Lisätyökalut ja -toiminnot talotekniikan suunnittelussa, Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu, 2019
- Liudmila Moskaliuk, Benchmark of availability of BIM-objects for construction products, Bachelor's Thesis, Oulu University of Applied Sciences 2018
- BIM catalogs.net, 2D & 3D BIM Multi CAD Product Catalogs, CADENAS Solution
- NBS BIM Object Standard, Version 2.1, 2019, National Institute of Building Sciences, U.S
- Hansueli Schmid, Die Kraft der Wahl – Erarbeiten Daten nutzen, LignumData (www.lignumdata.ch) Presentation at Swissbau, Basel 2018
- BEC Elementtisuunnittelun mallinnusohje, Versio 1.09, Betoniteollisuus ry, 2016

6. TIEDONHALLINNAN PROSESSIT ja KÄYTTÖTAPAUKSET

- Fabio Bianconi & Marco Filippucci (Editors), Digital Wood Design Innovative Techniques of Representation in Architectural Design, Springer 2019
- Hermann Kaufmann, Sandra Schuster, Manfred Stieglmeir, leanWOOD Optimierte Planungsprozesse für Gebäude in vorgefertigter Holzbauweise, Presentation · December 2017, <https://www.researchgate.net/publication/331021210>
- Carlos Cereceda Fernández, DEVELOPING A FRAMEWORK FOR PREFABRICATION ASSESSMENT USING BIM, Master Thesis at aalto University, 2014
- Esa Halmetoja, Tietomallit ylläpidossa, Raportti 2016-09-21, julkinen
- Raimund Zellner, Jens Kaiser, OPTIMISED DESIGN METHODOLOGIES FOR ENERGY-EFFICIENT BUILDINGS INTEGRATED IN THE NEIGHBOURHOOD ENERGY SYSTEMS, eeEmbedded - D2.2.
- Elementtisuunnittelun mallinnusohje/BEC, Betoniteollisuus ry, Versio 1.09, Toukokuu 2016
- Matti Kuittinen. Ympäristöministeriö. Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä, Lausuntoyhteenveto
- Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 5., Rakennesuunnittelu, versio 1.0
- Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 13., Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa, versio 1.0
- Tero Järvinen, BIM-prosessin rytmitys Tuoteosakaupan talotekniikan prosessissa, Granlund
- Tuotemallipohjainen suunnittelu-rakentamis-ylläpito-prosessi: Prosessikartta 30.1.2004, versio no 7, PRO IT -Hanke 2004, VTT
- Anne Mäkinen, Tietomalli ja siitä saatavat työmaaraportit rakennushankkeen urakoitsijan näkökulmasta, Opinnäytetyö Tampereen ammattikorkeakoulu 2013
- Timo Lehtoviita, Tuomas Pylkkänen, Jani Paappanen, Heidi
- Huuskonen, Jani Kanerva, Jarno Rautiainen, Tia Windahl, Tietomallit rakennusten turvallisuuden varmistamisessa. Hankkeen yhteenvetoraportti, Saimaan Ammattikorkeakoulu 2019
- Julia Ahvenainen, Hélder S.Sousa, Multistorey building made of CLT: How to design it right?, Conference paper, January 2016, saatavilla: <https://www.researchgate.net/publication/311558471>.
- Kalasataman digitaaliset kaksoset, KIRA-digi-kokeiluhankkeen loppuraportti. Hgin kaupunki, 2019.

7. TIEDONHALLINNAN STANDARDIT

- Rakennetun ympäristön tiedonhallinnan standardisointi - Nykytilan kartoitus ja ehdotus toimenpiteistä, 4.2.2019, versio 1.0, Rasti-projekti
- Kiinteistö- ja rakentamisalan nimikkeistövertailu, Loppuraportti 2019, Kira-digi projekti/ Ympäristöministeriö, Rakennustietosäätiö, Rakennustieto, Gravicon, Sitowise, Granlund, Taskut
- Issa J. Ramaji, Ali M. Memari. Extending the current model view definition standards to support multistorey modular building projects, Architectural Engineering and Design Management, October 2017.
- Erik Jönsson, Consequences of Implementing the buildingSMART Data Dictionary from a construction company's perspective. Stockholm 2015.
- CEN/TC 442 Business Plan, Date: 2017-11-22, BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)

- Tomo Cerovsek, (2011) A review and outlook for a 'Building Information Model' (BIM): A multi-standpoint framework for technological development. *Advanced Engineering Informatics* 25:224-244.
- Andre Borrmann, Markus Köning, Christian Koch, Jakob Beetz, (2018) Building Information Modeling: Why? What? How?: Technology Foundations and Industry Practice, in Book: *Building Information Modelling*, September 2018.
- Erik Jönsson, Consequences of Implementing the buildingSMART Data Dictionary, From a construction company's perspective, Master Thesis, KTH 2015
- Gudni Gudnason, Pieter Pauwels, SemCat: Publishing and accessing Building Product Information as Linked Data, ECPPM Conference Paper, September 2016
- Phil Jackson, Nordic Study of Classification Systems for Infrastructure & Transportation, Practical Requirements for Classification of Information in Digital Engineering & BIM
- Issa J.Ramaji, Ali M. Memari, Extending the current model view definition standards to support multistorey modular building projects, Article in *Architectural Engineering and Design Management*, October 2017, <https://www.researchgate.net/publication/320237724>

II. Tietomallintamisen yleiset periaatteet

Tietomallintamisen hyödyt:

- Vakioimalla rakentamisen ja kiinteistönpidon tiedonhallintaprosesseja estetään tiedon hajaantumien ja alennetaan kustannuksia.
- KIRA-alan verkostoluonteen takia tiedonhallinnan tarpeet ovat erilaisia kuin muilla toimialoilla ja vaatii eri toimijoiden toimintamallien yhteensopivuutta; pelkkä tietojärjestelmien yhteensopivuus ei riittävä.
- Mallintaminen tuottaa sujuvaa prosessia ja mahdollisuudet lopputuotteen laadun seurantaan.
- Tehtäväprossia ja päätöksentekoa tuetaan sen tarvitseman tiedon avulla.

Vastuu tiedosta

Tietomalli on aina jonkun toimijan vastuulla olevaa tietoa (omistajuus) ja se on tehty jotakin käyttötarkoitusta varten.

Yhteistoiminta

Tietomallintaminen edellyttää yhteistoimintaa, jotta mallintaminen sujuu mallikkaasti. Esimerkiksi reikäkierto on tehtävä, jossa arkkitehdin, rakennesuunnittelijan ja talotekniikkasuunnittelijan on yhteistyössä sovittava, miten läpiviennit ja reikäkierrot sovitetaan.

Vaatimusten hallinta

Vaatimusten hallinnan prosessi on myös riskinhallintaa. Tuotteiden ja järjestelmien sekä tilojen avulla synnytetään rakennuksen ominaisuudet. Hankkeen alussa nämä vaaditut ominaisuudet määritellään vaatimusmallissa. Usein ne määritellään koko rakennukselle, ja tätä vaatimustasoa voidaan tietomallinnetun prosessin avulla seurata. Myös rakenneosille ja -järjestelmille sekä tuotteille ja materiaaleille on vaatimuksia, joita voidaan määrittellä nk. geneeriseen objektiin.

Geneerisiä objektin vaatimuksia tarvitaan, kun arvioidaan tuote- ja ratkaisuvaihtoehtoja viitesuunnitteluvaiheessa ja optimoidaan yleissuunnittelun aikana. Toteuttaja/ urakoitsija valitsee todellisen tuotteen / ratkaisun laatumäärittelyn ja RakMK määräysten mukaisesti.

Ehjässä tietomalliprosessissa, joka tähtää mallien käyttöön ylläpidon aikana, tuotetiedot liitetään rakentamisen aikana päivitettyyn toteumamalliin. Näin syntyy rakennuksen tuotetietomalli huoltokirjatietoineen. Monet tuotteiden ominaisuustiedot ovat tärkeitä elinkaaren aikana ja niiden linkitys ylläpitomalliin vahvistaa tiedonhallintaa.

Tietomallinnusohjeet

Tiedon hallinnan prosessia ja tiedontarpeita eri käyttötapauksissa ohjeistetaan käytännössä tietomallivaatimuksissa. Suomessa buildingSMART Finland:in laatimat ”Rakentamisen yleiset tietomallivaatimukset YTV 2012” ovat kansainvälisestikin merkittävä rakentamisen tietomallintamista ja digitaalisen tiedon tuottamista ohjaava vaatimusmäärittely ja niitä hyödynnetään laajasti mm. rakennushankkeiden tehtävämäärittelyissä. Tietomallintamisen vaatimusten laajuus on hyvin tilaajakohtaista. YTV, Yleiset tietomallivaatimukset on kokonaisuus, jota ollaan päivittämässä vuosina 2020-22. Tarkoitus on lisätä uusia ohjekokonaisuuksia ja viedä ohjeita käyttötapauskohtaisiksi. Koska käytännön mallintamista on tehty Suomessa jo useita vuosia, on mahdollista myös kuvata tarvittavan tietosisältöjen lisäksi myös ominaisuustietoja kussakin käyttötapauksessa.

Eritasoiset tietomallit

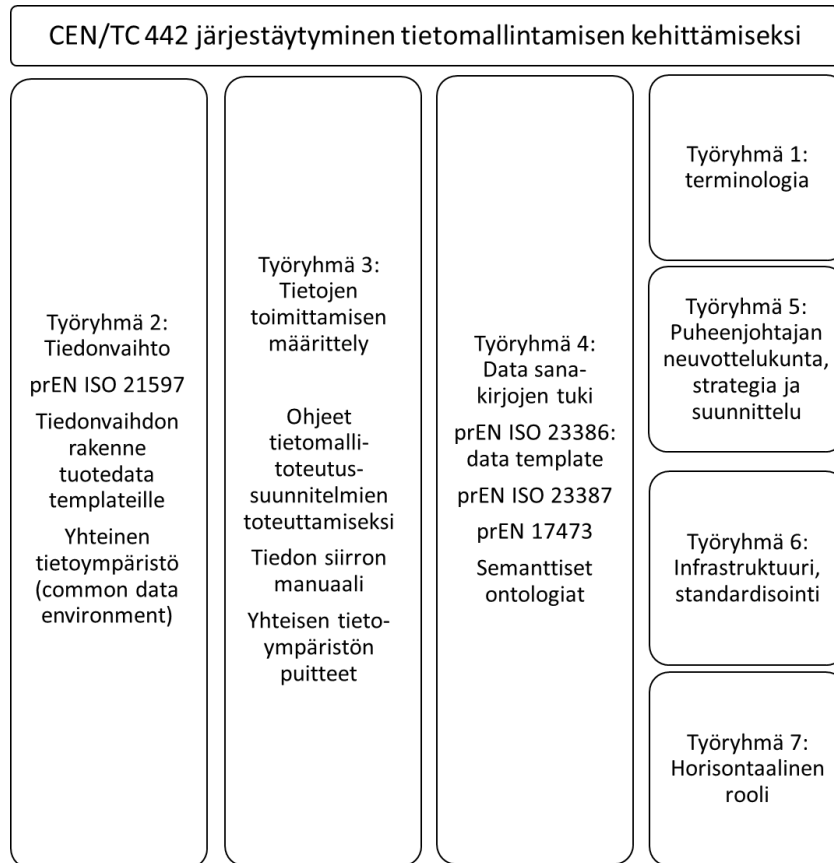
Seuraavassa on lyhyesti kuvattu eritasoisia tietomalleja, sekä niiden avulla tehtäviä toimintoja prosessin aikana.

- Vaatimusmallissa määritellään strukturoidulla tavalla hankkeessa asetetut tavoitteet ja vaatimukset. Se mahdollistaa toimivuus ja olosuhdepohjaisessa prosessissa tavoitteiden seurannan ja arvioinnin prosessin eri vaiheissa ja näin asetetun laatutason tavoittamisen varmentamisen.
- Tilamalli toimii hankesuunnitteluvaiheessa hankkeeseen ryhtyvän tilatarve- ja toiminnallisuussuunnittelun apuna.
- Suunnittelumallit (natiivimallit) mahdollistavat täsmällisen suunnittelun geometrian avulla ja tiedon lisäämisen ja hallinnan osaksi geometriaa BIM objekteihin. Jokaisella suunnittelijalla on oma mallinsa, joiden sisältämistä ratkaisuista ja tiedoista he vastaavat. Suunnitelmat ovat otteita suunnittelumallista, jonka tulee seurata suunnitelun etenemistä. Mallinnuksella organisoidaan suunnittelutoimiston työn prosessimaiseksi, rutiinit tehokkaaksi ja ydintehtävään, hyvään suunnitteluun, käytettävä aika maksimoituu
- Analyysimallit, simulaatio- ja laskentamallit käyttävät natiivimallien osatietoja. Olosuhdesimulaatioiden ja energiatarkasteluiden avulla eri ehdotukset arvioidaan perusteellisesti ja perustellen
- Yhdistelmämalli. Suunnittelumallien yhteensovittamisella neuvotellaan suunnitteluratkaisusta eri suunnittelijoiden ja rakennuttajan kesken (ARK, RAK, TATE, ELE) sekä parannetaan kaikkien suunnittelijoiden yhteistä ratkaisukokonaisuutta. Reikäkiertoprosessi voidaan toteuttaa ripeästi.
- Koordinaatiomalli. Mallinnus tukee suunnittelun ja rakentamisen aikaista vuorovaikutusta pääsuunnittelijan, suunnittelutiimin ja työmaan välillä
- Yhdistelmämalli määrälaskentaa varten. Kustannusarvioinnin ja toteutussuunnittelun apuna tarjousvaiheessa malli on jo lunnastanut paikkansa ja se tuo uutta tehokkuutta urakkakilpailun aikana mm. yhtenäisessä määrätiedon hallinnassa
- Yleiset tuotetieto- ja tuoteosamallit. Yleiset BIM objektit ja tuote- ja tuoteosamallit. Kunkin suunnittelijan mallinnustyökaluissa on yleisiä tuotetieto-objekteja ja /tai linkkejä tietokantoihin ko. suunnittelijan suunnittelualueeseen liittyen. Objektin tietorakenteessa on paikat liittää ko. suunnittelijan vastuulla olevia ominaisuuksia (property sets) ominaisuustietokenttiin (attributes).

- Tuotetieto- ja tuoteosamallit sisältävät tuotetoimittajan tiedot kustakin tuotteesta. tuotekohtaiset BIM objektit. Sähköinen huoltokirja on yksi näkymä tuotetietomallin, kuvaten yhden projektin osalta tuotteiden ja tuoteosien tiedot ja ominaisuustiedot (properties).
- Tuotantomalli: työmaan ja rakennusosatoimittajien välillä tuotantoketjun tiedonhallinta ja tiedonsiirto varmistuu ja toiminta tehostuu mallinnusteknologian monipuolisen tietokapasiteetin ansiosta
- Toteumamalli mahdollistaa toteutuneen kohteen käyttökelpoisen tietokannan luovuttamisen (tai tiedon ylläpitopalvelun) kiinteistön käyttäjälle ja rakennushankkeen tilaajalle.
- Ylläpitomalli on yleistermi käytön, huollon ja ylläpidon toimijoiden jäsenneylle tiedolle. Ylläpitomalleja voi olla useita erityyppisiä (mm. Olosuhdemalli, Tekninen palvelualuemalli) ja näille useita käyttötarkoituksia.
- Elinkaarimallit tuottavat hyötyä tiedonhallinnan ja tiedon löytyvyyden kautta kaikille toimijoille ja niillä voidaan huolehtia esim. tilojen sisäympäristöolosuhteista (olosuhdemalli)
- Kiertotalouden BIM mallit sisältävät erilaisia malleja (mm. Purkutyön malli, Reuse model) sisältäen tietoja materiaaleista ja tuotteista kiertotaloussuunnitelman ja päätösten tueksi, sekä rakennuksen purkuun sekä tuotteiden uudelleenkäyttöön ja kierrätyksen liittyen, ja näille useita käyttötarkoituksia.

Tietomallintamisen standardisoinnin kehittäminen

Rakentamisen eurooppalaisia tietomallintamisen standardeja valmistelee keskeisesti CEN Technical Committee 442, joka on organisoitunut erilaisiksi työryhmiksi (Kuva 6).



Kuva 6. CEN/TC 442 työryhmät.

Standardointityön ensimmäisessä vaiheessa otetaan käyttöön neljä olemassa olevaa ISO-standardia eurooppalaisiksi standardeiksi, jotka ovat saaneet virallisen CEN hyväksynnän 2016:

- EN ISO 16739 Industry Foundation Classes (IFC). Suomessa IFC on käytetyin tiedonsiirtomuoto talonrakennuksen tietomallihankkeissa.
- ISO 12006-2 ja ISO 12006-3 jotka yhdessä muodostavat tietojen luokittelukehyksen, jolla voidaan täydentää mm. rakennustuotetietoa IFC-mallin komponentteihin. Kehyksestä käytetään lyhennettä IFD.
- ISO 29481-1 Information delivery manual (IDM) on vakioitu, tekninen tapa kuvata käyttötapauksia, niihin liittyviä prosesseja ja tiedonsiirron vaatimuksia.

Työn toisessa vaiheessa laaditaan uusia tietomallintamiseen liittyviä standardeja, jotka pohjautuvat osin edellä kuvattuihin, käyttöön otettuihin ISO-standardeihin. Uusilla standardeilla luodaan pohjaa tietomallien laajemmalle hyödyntämiselle rakentamisen ja ylläpidon digitalisoinnissa.

CEN TC442:n työryhmien ja niihin liittyvien ISO TC59 SC13 työryhmien tuottamat standardit ja dokumentit vaikuttavat rakentamisen tiedonhallinnan sisältöön ja käytäntöihin myös Suomessa. CEN:n rinnalla toimii myös muita eurooppalaisia standardointia tekeviä tahoja, kuten ETIM International, joka vastaa ETIM-standardista.²⁵

²⁵ Rasti-projekti: <https://rastiprojekti.com/wp-content/uploads/2019/02/RASTI-strategia-v1-Liitteet.pdf>

Käyttötapauskuvaukset

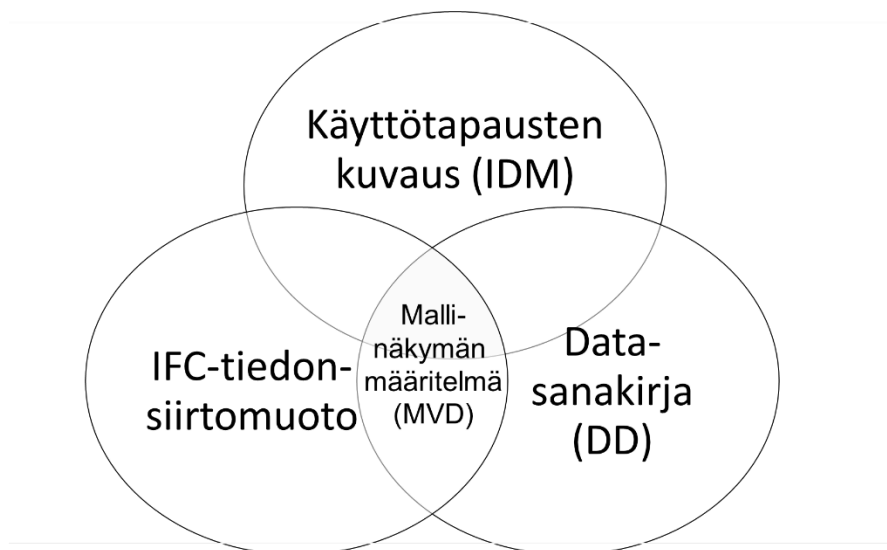
Nykyisten tietomalliohjeiden sisältö on tekstimuotoinen ja käyttötapauskuvauksissa tarvittava tietosisältö listataan. Ominaisuustietoja on myös määritelty tiettyjen käyttötapausten yhteyteen. CEN TC 442 työn yhteydessä on ohjeistettu mm. tietomalliohjeisiin vaikuttavaa rakennetta, joissa käyttötapauskuvaukset kuvataan määrämuotoisesti IDM-kuvauksina. Tämä rakenne mahdollistaa myös käyttötapausten paremman hallinnan ja kuvausten ylläpidon, sekä niihin liittyvän yhteentoimivuuden kehittämisen.

Tuotetiedon hallinta

CEN TC 442 työn yhteydessä standardoidaan myös tuotetietojen hallintaa sekä suunnittelurakentamisprossin näkökulmasta että tuote-materiaalitoimittajien näkökulmasta. Jälkimmäisen osalta tietojen luokittelukehysten käyttöä ohjeistetaan neljässä uudessa dokumentissa. Näiden käyttöönotto toteutuu yhteistyössä kansallisten tuotetietojen hallinnan ratkaisujen kanssa.

Tiedonsiirron standardisointi

Building SMART international -organisaation tiedonsiirron standardisointiin liittyy keskeisesti kolme tekijää: 1) käyttötapausten kuvaus (IDM), 2) IFC-tiedonsiirtomuoto, 3) datasanakirja²⁶ sekä näistä kolmesta muodostuva neljäs tekijä 4) mallinäköymän määritelmä (MVD)²⁷, jonka teknisen tiedon avulla tiedon lähettäjä tietää tarkalleen, mitä tietoja on tarkoitus lähettää eteenpäin, esim. kun vastaanottaja on pyytänyt energia-analyyysiin liittyviä tietoja. (Kuva 7)



Kuva 7. Tiedonsiirron standardisoinnin keskeiset tekijät

Kansainvälisen tietomallintamisen standardoinnin kehittämisen lisäksi tehdään myös kansallisen tason, tilaajien ja projektien sekä softakehittäjien omaa kehittämistä ja ohjeistusta. Tästä kaikesta syntyy nykyinen tietomallintamisen liiketoimintatoimintaympäristö, jossa pyrkimys on luoda arvoa ja hyötyä. Näiden kohde tai hyötyjä voivat vaihdella.

²⁶ Datasanakirja (DD): <https://www.buildingsmart.org/users/services/buildingsmart-data-dictionary/>

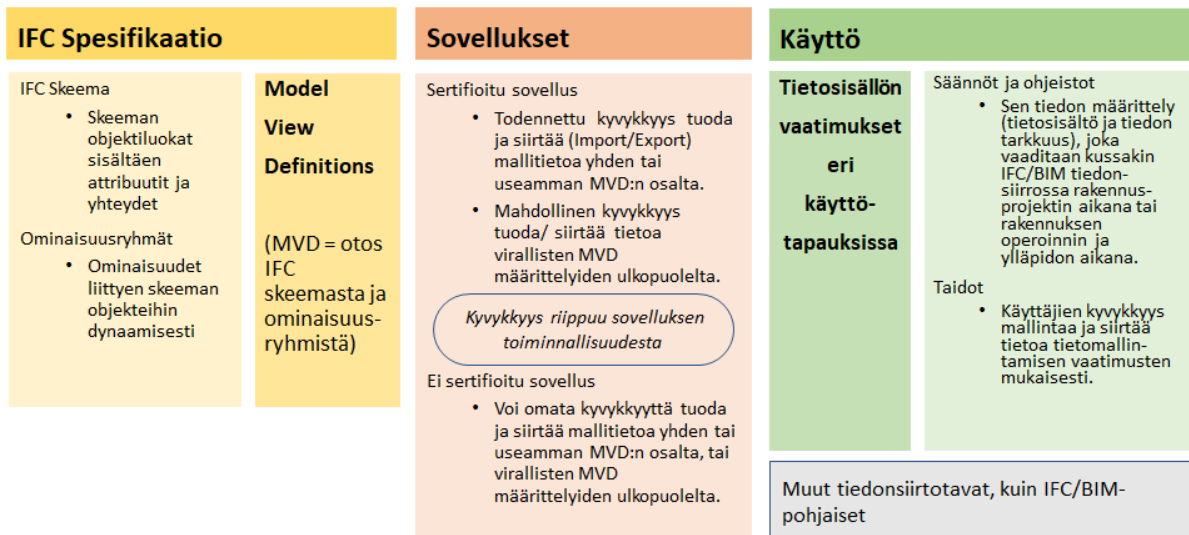
²⁷ Mallinäköymän määritelmä (MVD): <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/model-view-definitions-mvd/>

Yhteentoimivuuden kehittäminen on standardoitu kansainvälisellä tasolla ja kehittäjäorganisaationa toimii Building SMART International. IFC-määrittelyjen osalta työ sisältää IFC skeeman ylläpidon ja versioiden kehittämisen laajentuvien tiedonhallinta- ja tiedon siirtotarpeiden mukaisesti. Skeeman objektiluokat sisältävät kaikki tarvittavat mallinnettavan rakennuksen tietottribuutit ja näiden väliset yhteydet. Ominaisuudet liittyvät skeeman objekteihin dynaamisesti. Mallinäkömäärittely eli tekninen siirrettävän tietosisällön määrittely on tietty otos IFC-skeemasta ja sen ominaisuusryhmistä.

Sovelluskehittäjät ottavat käyttöön mallinäkömäärittelyjä ja näin aikaansaadaan kyvykkyys tuoda ja siirtää mallitietoa sovellusten välillä. Sertifioidut sovellukset on testattu IFC-tiedonsiirron osalta. Tiedon tuonti- ja siirtokyvykkyys riippuvat sovelluksen toiminnallisuudesta, ja näin sillä voi olla myös kyvykkyyttä tukea työprosesseja virallisten mallinäkömäärittelyiden ulkopuolelta.

Käytön osalta yhteentoimivuuden standardoitu kehittäminen pohjaa toimijoiden määrittelemiін tietosisältövaatimuksiin eri käyttötapauksissa tietomalliprosessin aikana. Säännöt ja ohjeistot kuvaavat tietosisällön ja tiedon tarkkuudet, jotka vaaditaan kussakin IFC/tietomallitiedonsiirrossa rakennusprojektin aikana tai rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana. Käytön osalta oleellista on käyttäjien ammattitaito, tiedonhallinnan periaatteiden osaaminen ja mallinnusosaaminen tietomallivaatimusten mukaisesti, oman roolinsa tehtävissä, sekä tukien yhteistoiminnallista prosessia. Käyttäjillä on usein myös muita tiedonsiirtotapoja (kuin IFC/tietomallipohjaiset käytännöt), kun oleellista tietoa siirretään projektin aikana sovelluksien välillä (Kuva 8).

IFC-pohjainen tietomallien ja -mallintamisen yhteentoimivuuden standardoitu kehittäminen



Kuva 8. IFC-pohjainen tietomallien ja -mallintamisen yhteentoimivuuden standardoitu kehittäminen IFC-määrittelyn, sovellusten ja käytön osalta. (Kuvälähde: Juha Hyvärinen)

IFC-määrittelyn osalta yhteentoimivuuden lisäkehittämistä tapahtuu kansallisella tasolla määrittelemällä käyttötapauskohtaisia ominaisuustietojen ryhmiä sekä yleisiä nimikkeistöjä. Yhteiset tietomallivaatimukset (YTV/COBIM) ja niiden liitteet ovat BuildingSMART Finlandin määrittelemiä ja ylläpitämiä ohjeistoja. Lisäksi käyttötapauksia määritellään usein tilaaja- tai projektikohtaisissa tietomallintamisen ohjeissa.

Tarvittavia sovellusten rajapintoja tai objektkirjastoja voidaan kehittää lisää kansallisella tai paikallisella tasolla. Tilaajalla tai tietyllä hankkeella voi olla käytössään myös omia objektkirjastoja.

Kansainväliset käyttöönoton ja käytön ohjeistukset voivat vaatia tarkempaa kasallista lokalisointia, koska rakentamisen prosessit ja roolit ovat erilaisia eri maissa. Kansallisten tietomallintamisen ohjeistusten ja tietomallivaatimusten rinnalle syntyy tilaaja- ja projektkohtaista ohjeistusta, kun tietomallipohjainen toimintamalli otetaan laajasti käyttöön. Tietomallintamisen käyttöönottoa nopeuttaa ja tukee hallittu pilotointi ja laaja-alainen koulutus. Tarvitaan esimerkiksi toimijoille suunnattua sovellusten käyttökoulutusta ja tietomallinnusfilosofian, -prosessien ja -käyttötapausten hallinnan koulutusta. Toimijoiden oma sisäinen koulutus vahvistaa organisaation tietomallinnusstrategiaa ja tehostaa palveluprosessia (Kuva 9).

Yhteentoimivuuden lisäkehittämisen käytännöt ja ohjeistukset



Kuva 9. Yhteentoimivuuden lisäkehittämisen käytännöt ja ohjeistukset IFC-määrittelyn, sovellusten ja käytön osalta. (Kuvälähde: Juha Hyvärinen)

III. Puurakentamisen toimintaympäristö

Betonin osalta teollisen elementtirakentamisen tuotekehitys on pitkälti tapahtunut koko teollisuutta edustavien organisaatioiden johdolla. Puurakentamiseen on syntynyt erilaisia rakennustason ja rakenteellisia kokonaisjärjestelmiä (konsepteja), joiden omistajuus on usein yrityksillä. On edullista, että alalla toimii useampia kehittäjiä ja monella on intressi viedä ratkaisuja eteenpäin, mutta puurakentamisen kehittämistä tulee viedä eteenpäin myös toimialan tasolla ja järjestöissä. Prosessikehitystä on järkevää tehdä käytännön hankkeissa, ja yleiset tulokset ja kokemukset pitää saada laajempaan käyttöön.

Puukerrostalorakentamisen pieni volyymi on hidastanut ratkaisujen vakiointia. Puukerrostalon rakenteiden vakiointi on tarpeellista, koska tilaajan ja rakennuttajan kannalta uudet ratkaisut ovat aina ongelmallisia ja potentiaalinen riski. Puuinfon sivuilta löytyvä RunkoPES²⁸ on hyvä lähtökohta puutuotteiden tietomallinnuksen standardointiin, mutta sitä tulisi päivittää lisäämällä esimerkiksi massiivipuutuotteita ja seinä-, laatta-, pilari- ja palkkiyhdistelmiä. Ongelmana on myös, että kaikki suunnittelijat eivät pysty hallitsemaan kaikkia olemassa olevia puutuotteiden tuoteratkaisuja.

Puualueiden kaavoitus on mahdollistanut sekä Helsingissä että Tampereella puuasuinkerrostalojen rakentamisen²⁹:

- Kuninkaantammen keskustaa ympäröivissä kortteleissa on asemakaavoitettuna n. 50 000 k-m² puurakentamista; noin 30 puukerrostaloa ja kaupunkipientaloja: Kuninkaantammen Lammenranta n. 38 000 k-m² puukerrostaloja (17 kpl) ja pysäköintitalo. Helsingin Kuninkaantammen, valmistui keväällä 2018 kaksi A-Kruunun nelikerroksista puukerrostaloa: Taidemaalarinkatu 6. Lopputilanteessa parikymmentä puukerrostaloa.
- Honkasuon puinen kaupunkikylä 2 000 asukkaalle, puurakenteet ja puujulkisivut edellyttävä asemakaava (v. 2008). Täydennyskaava vireillä. Lopputilanteessa parikymmentä puukerrostaloa. Honkasuon Haapaperhosentien pienkerrostaloissa pääkaupunkiseudun ensimmäiset vapaarahoitteiset puukerrostaloasunnot.

Puurakentamista halutaan edistää pääministeri Sanna Marinin vuoden 2019 hallitusohjelmassa. Puurakentaminen on tärkeä osa kansallisissa ja kaupunkien rakentamisen hiilineutraalisuustavoitteiden saavuttamisessa. Puurakennustontteja kaavoitetaan pikkuhiljaa ja paloturvallisuusmääräyksiä tarkennetaan. Puurakentaminen nähdään vastauksena hyvän sisäilman vaatimukseen erityisesti puukoulurakentamisessa täyttäen loppukäyttäjien laatutoiveita.

Puurakentamisessa pitäisi olla hybridiratkaisuja. Kun hybridirakentaminen nähdään luontevana ratkaisuna, jossa kutakin materiaalia käytetään sen ominaisuuksien pohjalta teknistaloudellisesti viisaasti. Vaikka puu on selvästi kiinnostava hyvien ympäristötekijöiden johdosta, tilaajat ovat vasta heräämässä ajatukseen, että ilmaston kannalta hyvillä ratkaisuilla on hintansa. Tämä kysymys nousee esiin erityisesti asuinpuukerrostalojen uudistuotannossa, jossa markkina on korkealle kivunneen kateprosentin johdosta haastava. Tilannetta voi purkaa laajentamalla arvomittareita tai ottamalla elinkaarikustannukset mukaan taloudelliseen arviointiin.

Uusiin massiivipuutuotteisiin ja rakennejärjestelmiin perustuvaa rakentamista halutaan muissakin maissa, kuten Itävalta, Pohjois-Amerikka, Kanada, Australia sekä Ruotsi ja Norja, jotka ovat panostaneet uusiin puurakenteisiin asuin- ja toimistorakennuksiin.

²⁸ Runkopes-suunnitteluohje. Saatavilla: <https://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/runkopes-20>. Viitattu 2.11.2020.

²⁹ Helsingin kaupungin kaupunkisuunnitteluvirasto. Saatavilla: https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/esitteet/esite_2016-5.pdf. Viitattu 2.11.2020.

Tietomallintamisen hyödyntämisen kehitys on aktiivista Suomen lisäksi Ruotsissa sekä Sveitsi - Saksa - Itävalta akselilla.

Puutuotteita säädellään harmonisoiduilla standardeilla, joissa tietyt ominaisuudet on määritelty. Esimerkiksi puulevyille on käyttötarkoituksesta riippuen määritelty ominaisuudet, sekä menetelmät niiden mittaamiseen.³⁰ Määritettäviä ominaisuuksia ovat esimerkiksi taivutuslujuus, kosteudenkestävyys ja palokäyttäytyminen ja niiden vaaditut arvot riippuvat siitä, käytetäänkö levyä sisä- vai ulkotiloissa, kosteissa vai kuivissa olosuhteissa, kantavina vai ei kantavina rakenteina jne. Vastaavasti liimapuulle on harmonisoitu standardi³¹, samoin rakenteissa käytetylle viilupuulle (LVL)³².

³⁰ SFS-EN 13986 +A1 Puulevyt rakennuskäytössä. Ominaisuudet, vaatimustenmukaisuuden arviointi ja merkintä

³¹ SFS-EN 14080 Puurakenteet. Liimapuu ja liimattu sahatavara. Vaatimukset

³² SFS-EN 14374:2004 Puurakenteet. Rakenteissa käytettävä viilupuu (LVL). Vaatimukset

IV. Suppea selvitykseen liittyvä suomi - englantia sanasto

Suomenkielinen sana	Englanninkielinen sana
Datasanakirja	Data dictionary (DD)
BPML-prosessimallinnuskieli	Business process management language, (BPML)
Elinkaarianalyysi	Life-cycle assessment (LCA)
Elinkaarikustannuslaskenta	Life cycle costing (LCC)
Käyttötapaus	Use case
Mallinäkömön määritelmä	Model view definition (MVD)
Määrittely	Specification
Numeerinen ohjaus	Computer numerical control (CNC)
(Objektin) ominaisuus	Attribute
Ominaisuustieto	Property set
Ristiinliimattu massiivipuulevy	Cross laminated timber (CLT)
Tiekartta	Roadmap
Tietojen luokittelukehys	Framework for classification and object-oriented information
Tietomalli, tietomallinnus	Building Information Modelling (BIM)
Tietomalliohjelmistojen yhteinen mallien kuvaustapa	Industry Foundation Classes (IFC)
Tietomallipohjainen tiedonsiirto	BIM dataflow
Toimintasuunnitelma	Action plan
Toimivuus- ja ominaisuusvaatimukset	Performance requirements
Viilupuu	Laminated veneer lumber (LVL)
Tietojen toimittamisen ohje	Information delivery manual (IDM)
Yleinen tuotetieto	General product sheets

V.Työprosessiin osallistuneet asiantuntijat

Raportin kirjoittajat:

Tarja Mäkeläinen, Tiina Vainio-Kaila, Rita Lavikka ja Jussi Rönty (Teknologian tutkimuskeskus VTT).

Asiantuntijoina työtiimissä ovat lisäksi toimineet

- Tarja Häkkinen (SBE)
- Juha Hyvärinen (JHy Consulting)
- Sirje Vares, Yrsa Cronhjort ja Markku Kiviniemi (Teknologian tutkimuskeskus VTT)

Haastatteluihin osallistuneet organisaatiot:

- Puuinfo, Puutuoteteollisuus, Hirsitaloteollisuus
- Ympäristöministeriö
- A-insinöörit, Sweco
- Hoisko, PEAB, Reponen, Suomen Puukerrostalot
- Karelia AMK

Selvitykseen osallistuneet muut organisaatiot (työpajat 4-5.11.2019 ja 10.12.2019)

- Design to Production Ltd (Sveitsi)
- Ympäristöministeriö
- Aalto Yliopisto
- VTT
- Trimble, M.A.D, Vertex, Timber Bros
- StoraEnso, MetsäGroup
- ElementtiSampo
- Geometria, Konsultointi Kekki, A-insinöörit, Sweco

Tapahtumat ja tiedonvaihtoa ja yhteiskehittelyä:

- Forum Wood Nordic, syyskuu 2019
 - Osallistuminen BIM-sessioon, puheenvuoron pitäminen PuuBIM roadmap selvityksestä
- TIMBIM -group (CEI-BOIS)
 - Ryhmä perustettu selvityshankkeen aikana ja on kokoontunut kaksi kertaa
 - Osallistuttiin kansainväliseen puutuotteiden tiedonhallinnasta ja BIM käytötapauksen kehittämisestä kiinnostuneen ryhmän seminaariin Wienissä 8-9.10.2019 ja Tukholmassa 3-4.3.2020. Seuraavan kerran ryhmä kokoontuu lokakuussa 2020 Helsingissä. Isäntänä toimii Puutuoteteollisuus.
- Puurakentamisen klinikka, Rakli
 - Klinikkaan on osallistuttu kaksi kertaa lähipäivätyöpajaan ja kerran virtuaalityöpajaan.
 - Esitys PuuBIM roadmap selvityksestä 5.2.2020
- Rakennustieto Oy
 - Tiedonvaihtoa ja reflektointia puurakentamiseen liittyvien ohjeiden määrittelystä ja tietomallinnusprosessin merkityksestä (Jaana Matilainen)
 - Yhteiskehittelyä liittyen tuotetietojen hallintaan ja erityisesti niiden ominaisuustietojen sisältöihin ja nimike-/jäsenysjärjestelmiin (Kimmo Lehtonen)