



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Camilla Burtsov

Tietomallista saatujen määrätietojen hyödyntäminen alustavan aikataulun laadinnassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

14.8.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Camilla Burtsov Tietomallista saatujen määrätietojen hyödyntäminen alustavan aikataulun laadinnassa 31 sivua 14.8.2020
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine	Talonrakennustekniikka
Ohjaajat	Työpäällikkö Jarno Kallinen Lehtori Joonas Pusila
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää aikataulutyoäkalu, jolla voidaan hyödyntää rakennuksen tietomallista tuotuja määrätietoja laskiessa alustavaa aikataulua rakennushankkeelle, ottaen huomioon myös mahdollisen tahtituotannon vaikutukset rakennusaikaan. Tutkimuksessa kerättiin tietoa tietomalleista, aikatauluista ja tahtituotannon vaikutuksista aikatauluihin. Tutkimuslähteenä käytettiin tutkimuksia, aikataulu- ja tietomallikirjallisuutta sekä YIT Suomi Oy:n koulutusmateriaaleja.</p> <p>Rakennuksen tietomallit tarjoavat puitteet nopealle ja tarkalle määrälaskennalle, mutta se vaatii sen, että tietomalli laadittu riittävälle tarkkuustasolle. Yleiset tietomallivaatimukset ohjeistavat määrälaskennan näkökulmasta vaaditut tarkkuustasot mallinuksille suunnittelu-aloittain. Mallipohjainen määrälaskenta ja valmiisiin raporttipohjiin perustuvat määräluettelot tehostavat rakentamisen tuottavuutta monipuolisesti. Merkittävä määrä päällekkäistä työtä rakennushankkeen eri prosesseissa saadaan poistettua hyödyntämällä tietomalleja.</p> <p>Rakentamisen tuottavuutta voidaan myös tehostaa nykyisestä totutusta tuotantomallista poikkeavalla tahtiaikaperiaatteilla, jossa työmaalla esiintyvä tuottamaton toiminta saadaan minimoitua. Tahtituotannon hyödyntäminen rakennushankkeessa tutkitusti lyhentää rakentamisen läpimenoaikoja.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi Microsoft Excel-tiedosto, joka pohjautuu Rakennustieto Oy:n Aikataulukirja 2016:n työmenekkeihin. Tiedostolla voidaan laskea rakennushankkeelle alustava kesto määrä- ja resurssitietojen perusteella. Tiedostoa voidaan hyödyntää myös yleisaikataulujen laadinnassa sekä tahtiaikataulusuunnittelussa, kun työvaiheita mitoitetaan saman kestoiseksi.</p>	
Avainsanat	tietomalli, aikataulu, määrälaskenta, tahtiaika

Author Title Number of Pages Date	Camilla Burtsov Determining the Preliminary Construction Time from the BIM's Quantity Information 31 pages 14 August 2020
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Degree Programme in Construction Management
Professional Major	Building Construction
Instructors	Jarno Kallinen Construction manager Joonas Pusila Lecturer
<p>The aim of the thesis was to develop a schedule tool which could be used for calculating the preliminary schedule for a construction project. The schedule tool should utilize the imported quantity information from the building information model and also consider the effects of a possible takt production on time of construction.</p> <p>The study gathered information on building information models, schedules, and the effects of takt production on schedules. The used research sources were researches, schedule- and information model literature, as well as YIT Suomi Oy's training materials.</p> <p>Building information models provide a framework for fast and accurate quantity calculations, but it requires that the information model must be drafted to a sufficient level of accuracy. The general information model requirements which are made in 2012 at COBIM project are guiding the required accuracy levels for modeling by each design field from the point of view of quantity calculation. Building information model-based quantity calculation and quantity lists improve construction productivity in many ways, when a significant amount of duplication of work in the various processes of a construction project can be eliminated by utilizing information models.</p> <p>The productivity of construction can also be enhanced with takt time principles, where unproductive activities on the building site can be minimized. It has been shown that utilization of takt production in the construction process shortens the construction lead time.</p> <p>As the result of the thesis the schedule tool was created. The schedule tool is a Microsoft Excel file, which is based on the work expense information presented in Rakennustieto Oy's book Aikataulukirja 2016. The file can be used to calculate the preliminary duration of a construction project. The schedule tool is based on quantity and resource information. The file can also be used in the preparation of general schedules and planning of takt time schedules when the work steps can be planned to be of the same duration.</p>	
Keywords	building information modeling, schedule, quantity surveying, takt time

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen lähtökohdat ja tavoitteet	2
1.2	Tutkimusmenetelmät	2
2	Alustavan rakennusajan määrittämisen vaiheet	3
2.1	Rakennusvaiheiden normaalikestot	3
2.2	Rakennusvaiheiden limitykset	5
2.3	Aikataulun kireyden tarkistus	6
3	Tahtiaika	6
3.1	Lean-ajatusmallin taustaa	7
3.2	Tahtisuunnittelun periaatteet	8
3.3	Tahtiajan määrittäminen	9
3.4	Tahtituotannon hyödyt	10
3.4.1	Suunnittelun tarkkuus	11
4	Rakennuksen tietomalli BIM	11
4.1	Suunnitteluohjelmistot	12
4.2	Tietomallien tuomat mahdollisuudet	12
4.2.1	Suunnittelu	13
4.2.2	Kustannuslaskenta	14
4.2.3	Rakentamisvaihe	14
5	Tietomallipohjainen määrälaskenta	16
5.1	Määrälaskennan prosessi	16
5.2	Määrälaskennassa havaitut ongelmat	18
5.3	Tietomallivaatimukset määrälaskennan näkökulmasta	20
5.3.1	Mallintamisen johdonmukaisuus	20
5.3.2	Tietomallin tarkkuustaso	21
5.3.3	Rakennus- ja talotekniikkaosien tunnistaminen	21

5.3.4	Keskeiset mittatiedot	22
5.3.5	Ohjelmistot ja tiedonsiirto	23
6	Tulokset	23
6.1	Aikataulutyökalu tietomallien määrille	23
6.2	Solibri Office-ohjelmiston käyttö määrätiedonhallinnassa	27
7	Johtopäätökset ja kehitysehdotukset	28
8	Yhteenveto	29
	Lähteet	31

Lyhenteet ja käsitteet

BIM	Englanninkielinen nimitys rakennuksen tietomallille. Koostuu sanoista Building Information Model.
IFC-malli	IFC (englanninkielinen nimitys Industry Foundation Classes) on tietomallintamisessa vakiintunut avoin tiedostostandardi, jolla tietomalleja siirretään eri ohjelmistojen välillä.
Natiivimalli	Natiivimalli (alkuperäismalli) on suunnitteluohjelmiston omaan tiedostomuotoon tallennettu malli. Natiivimallit toimivat ainoastaan kyseisessä ohjelmistossa ja joissain tapauksissa pelkästään yhdessä ohjelmistoversioissa.
Virtaus	Lean-tuotannon tavoitteellinen tuotantomalli on yksiosainen virtaus, jolla tarkoitetaan sitä, että jotakin tilaa tai aluetta jalostetaan koko tuotannon läpi ilman välivarastointia.

1 Johdanto

Ajan myötä teknologian kehittyessä tulisi rakennusalalla pyrkiä siihen, että käytetyt keinot ja menetelmät kehittyisivät digitalisaation mukana. Vuosikymmenien aikana on oletettu, että tekniikan kehitys tuo mukanaan rakennusalalle hankkeiden läpimenojen kokonaisaikojen lyhenemisen, näin ei kuitenkaan ole tapahtunut.

Tilastokeskuksen työn tuottavuus indeksin mukaan, rakennusalalla työn tuottavuus on laskenut hälyttävästi muihin teollisuuden aloihin nähden, sillä alalla on jämähdetty työn tuottavuuden näkökulmasta lähemmäs 1970-lukua. Tuotannon näkökulmasta usein juurisyynä työn tuottamattomuudelle pidetään puutteellista tiedonhallintaa ja heikkoa tuotannosuunnittelua.

Sillä rakentamiseen liittyy merkittävän paljon tietoa, kuten esimerkiksi eri suunnittelualojen suunnitelmat sisältävät yksityiskohtaisia tiedon palasia rakennusosista, toteutustavoista sekä mitta- ja materiaalitiedoista, ja ajan saatossa vaatimustasot ovat rakennusalalla kasvaneet, herättää tämä kysymyksen siitä, että voisiko alalla hyödyntää entistä monipuolisemmin saatavilla olevia digitaalisia työkaluja. Esimerkiksi potentiaalisena välineenä, jota voitaisiin hyödyntää tuotannossa enemmän ovat tietomallit, jotka ovat tulleet jäädäkseen rakennusalalle. Tietomallit tarjoavatkin laajat mahdollisuudet eri prosessien kehittämiseksi, mutta työkaluja tietomallien hyödyntämiseksi on vielä suhteellisen vähän. Tämä opinnäytetyö keskittyy rakennuksen tietomalleihin ja niiden hyödyntämiseen aikataulutuksen näkökulmasta.

1.1 Tutkimuksen lähtökohdat ja tavoitteet

Opinnäytetyö tuotettiin YIT Suomi Oy:lle, Asuminen Suomi ja CEE -segmentille, joka muodostuu aikaisemmasta YIT:n Asuminen Suomi ja CEE -toimialasta sekä Lemminkäisen Suomen talonrakentaminen -toimialan asuntorakentamisen liiketoiminnoista.

Opinnäytetyön aihe juontaa juurensa tietomallien käytön yleistymisestä rakennusteollisuudessa. Sillä YIT Suomi Oy:n asumisenhankkeet ovat olleet vuodesta 2019 alkaen tietomallihankkeita, heräsi ajatus siitä, että tietomallien tarjoamia ominaisuuksia voitaisiin hyödyntää enemmän suunniteltaessa hankkeille toteutusta.

Opinnäytetyön lopputulostavoitteena oli kehittää YIT Suomi Oy:lle käyttöön tuleva aikataulutyyökalu, jonka avulla voidaan laskea tietomallista tuotujen määrien ja tietojen perusteella alustava rakennusajan kesto. Opinnäytetyö toteutettiin aikataulusuunnittelun näkökulmasta, hyödyntäen aikatauluista ja tietomalleista kertovaa kirjallisuutta. Opinnäytetyön päämääränä oli myös pohtia sitä, kuinka rakennustyövaiheiden toteutus mahdollisella tahtiaikataulu- menetelmällä lyhentäisi rakentamisen läpimeno aikaa.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Esitutkimuksessa tietoa kerättiin tietomalleista, aikatauluista ja tahtituotannon vaikutuksista aikatauluihin. Tiedonlähteenä käytettiin tutkimuksia, aikataulu-, ja tietomallikirjallisuutta ja sekä yrityksen omia koulutusmateriaaleja.

Esitutkimuksen aikana perehdyttiin Solibri Office-ohjelman käyttöön ja ohjelman ominaisuuksiin. Ohjelmalla perehdyttiin yrityksen asuntorakentamisen tietomalleihin ja siihen, mitä tietoa tietomallit pitävät sisällään määrätiedon näkökulmasta.

Esitutkimusvaiheen jälkeen laadittiin alustava ratkaisuluonnos Microsoft Excel -ohjelmalla. Ratkaisuluonnosta koekäytettiin vertailemalla rakennushankkeiden tietomallista tuotuja määriä yrityksessä laadittuihin ja toteutuneisiin aikatauluihin.

2 Alustavan rakennusajan määrittämisen vaiheet

Alustavan rakennusajan tehtävät mitoitetaan T4-ajalla, eli kokonaisajalla, joka sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit, mukaan lukien tunnin mittaiset ja siitä pidemmät työskenteilyn keskeytykset. [Aikataulukirja 2016:8-9.]

2.1 Rakennusvaiheiden normaalikestot

Ajoitusmallilla voidaan määrittää rakennusvaiheiden normaalikestot. Normaalikestolla tarkoitetaan rakennusaikaa, josta on vähennetty kesälomakuukaudet ja ennalta tiedossa olevat keskeytykset, kuten vapaapäivät. Ajoitusmallissa rakennusajan normaalikesto lasketaan työmaalla tehtävien töiden kokonaistyöpanoksen avulla. Kokonaistyöpanos koostuu kaikista työntekijätunneista, lukuun ottamatta työnjohtajan työpanosta. Kokonaistyötuntimäärään vaikuttavat ensisijaisesti hankkeen laajuus ja suunnitteluratkaisut. [Aikataulukirja 2016:20; Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2017:66.]

Normaalikesto [T_N] lasketaan suurille kohteille, joiden kokonaistyöpanos on yli 10 000 tth kaavalla:

$$TN = 4,6 \times \ln(\text{hankkeen kokonaistuntimäärä}) - 35,0$$

Kun taas pienille hankkeille, joiden kokonaistyöpanos on alle 10 000 tth, lasketaan kaavalla:

$$TN = 1,8 \times \ln(\text{hankkeen kokonaistuntimäärä}) - 9,3$$

Normaalikesto voidaan laskea myös rakennusvaiheittain. Ajoitusmallissa rakennusvaiheet jaetaan viiteen vaiheeseen, joita ovat maanrakennus-, perustus-, runko-, sisävalmistus- ja luovutusvaihe. Vaiheiden normaalikestot ovat riippuvaisia vaiheiden kokonaistyöpanoksista. Työkokonaisuudet rakennusvaiheittain jaotellaan Talo 80-rakennusosanimikkeistön mukaisesti. Jako esitetään Taulukossa 1. [Aikataulukirja 2016:21.]

Taulukko 1. Rakennusvaiheiden sisältämät työkokonaisuudet. Nimikkeet on numeroitu Talo 80-rakentamisinimikkeistön mukaan.

Maanrakennusvaihe	1 Maa- ja pohjarakennus <i>Ei sisällä nimikkeitä:</i> 17 Rakennusalueen rakenteet 18 Ulkovarusteet
Perustusvaihe	2 Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet 7 Konetekniset työt (5%) 8,9 Käyttö ja yhteiskustannukset (10%) <i>Ei sisällä nimikkeitä:</i> 28 Ulkopuoliset rakenteet
Runkovaihe	28 Ulkopuoliset rakenteet 3 Runko ja vesikattorakenteet 7 Konetekniset työt (15%) 8,9 Käyttö ja yhteiskustannukset (30%)
Sisävalmistusvaihe	17 Rakennusalueen rakenteet 18 Ulkovarusteet 4 Täydentävät rakenteet 5 Pintarakenteet 6 Kalusteet, varusteet ja laitteet 7 Konetekniset työt (60%) 8,9 Käyttö ja yhteiskustannukset (50%)
Luovutusvaihe	7 Konetekniset työt (20%) 8,9 Käyttö ja yhteiskustannukset (10%)

Käyttö- ja yhteiskustannusten- ja koneteknisten töiden kokonaistyöpanokset ovat jaettu prosentuaalisesti eri rakennusvaiheille [Aikataulukirja 2016:21].

2.2 Rakennusvaiheiden limitykset

Rakennusvaiheet limittyvät toisiinsa nähden. Vaiheiden peruslimityksenä voidaan käyttää 20-25 prosenttia. Peruslimitys johtuu vaiheiden sisällöstä ja työjärjestyksistä. Tuotannollisen laajuuden kasvaessa limitykset kasvavat aina 80% limitykseen asti, joka vastaa viiden lohkon tapausta. [Aikataulukirja 2016:21.]

Rakennusvaiheiden normaalikestot voidaan laskea seuraavilla kaavoilla:

$$1,3 \times \ln(\text{Maanrakentamisen kokonaistyötuntimäärä}) - 7,3$$

$$0,7 \times \ln(\text{Perustusvaiheen kokonaistyötuntimäärä}) - 3,4$$

$$3,5 \times \ln(\text{Runkovaiheen kokonaistyötuntimäärä}) - 27,0$$

$$2,9 \times \ln(\text{Sisävalmistusvaiheen kokonaistyötuntimäärä}) - 21,8$$

$$1,8 \times \ln(\text{Luovutusvaiheen kokonaistyötuntimäärä}) - 10,4$$

Rakennusvaiheen limityksien suuruudet ovat riippuvaisia edeltävän vaiheen kokonaistyöpanoksen kautta edellisen vaiheen kestosta. Rakennusvaiheiden kokonaistyöpanokset sisältävät samat työkokonaisuudet kuin normaalikestojen laskennassa. Rakennusvaiheiden limitysprosentit voidaan laskea kaavoilla:

$$\text{Maanrakennus-perustus } 25 + (\text{Maanrakentamisen kokonaistyötuntimäärä} \div 200)$$

$$\text{Perustus-runko } 25 + (\text{Perustusvaiheen kokonaistyötuntimäärä} \div 290)$$

$$\text{Runko-sisävalmistus } 25 + (\text{Runkovaiheen kokonaistyötuntimäärä} \div 530)$$

Vaiheiden keskinäisten limityksien avulla voidaan laskea rakennusvaiheiden aloituskuukaudet, joiden pohjalta voidaan laatia rakennusvaihetasoinen yleisaikataulu jana-aikatauluna [Aikataulukirja 2016: 22-23].

2.3 Aikataulun kireyden tarkistus

Alustavan aikataulun kireyttä voidaan tutkia vertailemalla laskettua resursseihin pohjautuvaa rakennusaikaa, kokonaistyömenekistä pohjautuvaan normaalikeston. On mahdollista, että resursseihin pohjautuva rakennusaika poikkeaa normaalikestosta, mutta yleisesti ottaen alle 20 prosentin poikkeama ei aiheuta hankkeelle merkittäviä lisä kustannuksia, jos esivalmiusastetta muutetaan tai hanke toteutetaan lohkoissa. [Aikataulukirja 2016:20.]

Sillä aikataulu toimii myös työvoiman käytön mallina, pohjautuu resurssipohjainen aikataulu määriin, työmenekkeihin, työryhmiin ja tehtävien välillä oleviin riippuvuuksiin. Hankkeen keskimääräinen resurssitarve voidaan laskea kaavalla:

$$\frac{\text{Kokonaistuntimäärä}}{\text{Rakentamisaika (kk)} \times 168 \left(\frac{h}{kk}\right)} = \text{resurssitarve}$$

[Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2017:65.]

3 Tahtiaika

Tahtiaikaa on käytetty pitkään rakennusalalla ja erilaisissa tuotantolaitoksissa. Tahtiaika voidaan kuvitella aikayksikkönä, jonka sisällä tuote tai sen osan tulee valmistua, jotta määrättyssä aikataulussa voidaan pysyä. Tahtituotannossa kokonaisuus pyritään pilkkumaan pienempiin eräkokonaisuuksiin eli tahteihin. Lean-ajattelua voidaan pitää perustana tahtituotantoa suunniteltaessa. Lean-ajattelun tarjoamat periaatteet helpottavat tahtituotannon käyttöönottoa hankkeelle. [Fira Sitedrive 2020; Lehtovaara ym.:36.]

3.1 Lean-ajatusmallin taustaa

Lean-ajattelu pohjautuu 1950-luvulla syntyneeseen Toyotan tuotantofilosofiaan. Tuotantofilosofia auttoi Toyota Motor Corporationia kasvamaan pienestä kuorma-autojen valmistajasta maailman suurimmaksi autovalmistajaksi vuoteen 2007 mennessä. Toyotan käyttämässä Lean-ajattelussa pyritään vähentämään eri prosessien hukkaa ja tehottomuutta. Toyotan käyttämässä johtamisfilosofiassa hukka, eli tuottamattomat toiminnot luokitellaan kahdeksaan eri kategoriaan. Näitä kategorioita ovat ylituotanto, odottaminen, kuljettaminen, käsittely, tarpeeton varastointi, tarpeeton liikkuminen, viat sekä työntekijöiden luovuuden tai taitojen käyttämättä jättäminen. [Gao & Low 2014: 1; Liker 2003: luku 3.]

Lean-periaatteiden käyttämisen hyödyt ja menestys tuotantoteollisuudessa ovat toimineet päämotivaation lähteenä periaatteiden omaksumiseen myös rakennusteollisuudessa. Lean-periaatteet nousivat rakennusteollisuudessa esiin ensimmäistä kertaa 1990-luvun alkupuolella muutama vuosi sen jälkeen, kun se sai täyden hyväksynnän länsimaisessa tuotantoteollisuudessa. [Gao & Low 2014: 36.]

Viime aikoina monet eri organisaatiot ovat yrittäneet toistaa Toyotan menestyksen omaksumalla Toyotan Lean-ajatteluun pohjautuvan tuotantofilosofian omiin liiketoimintaympäristöihinsä. Tämän filosofian innoittamana myös rakennusalalla tehty merkittävä määrä tutkimuksia ja kokeiluita, joiden tavoitteena on ollut saada vastaavia hyötyjä rakennustuotantoon. [Gao & Low 2014: 1.]

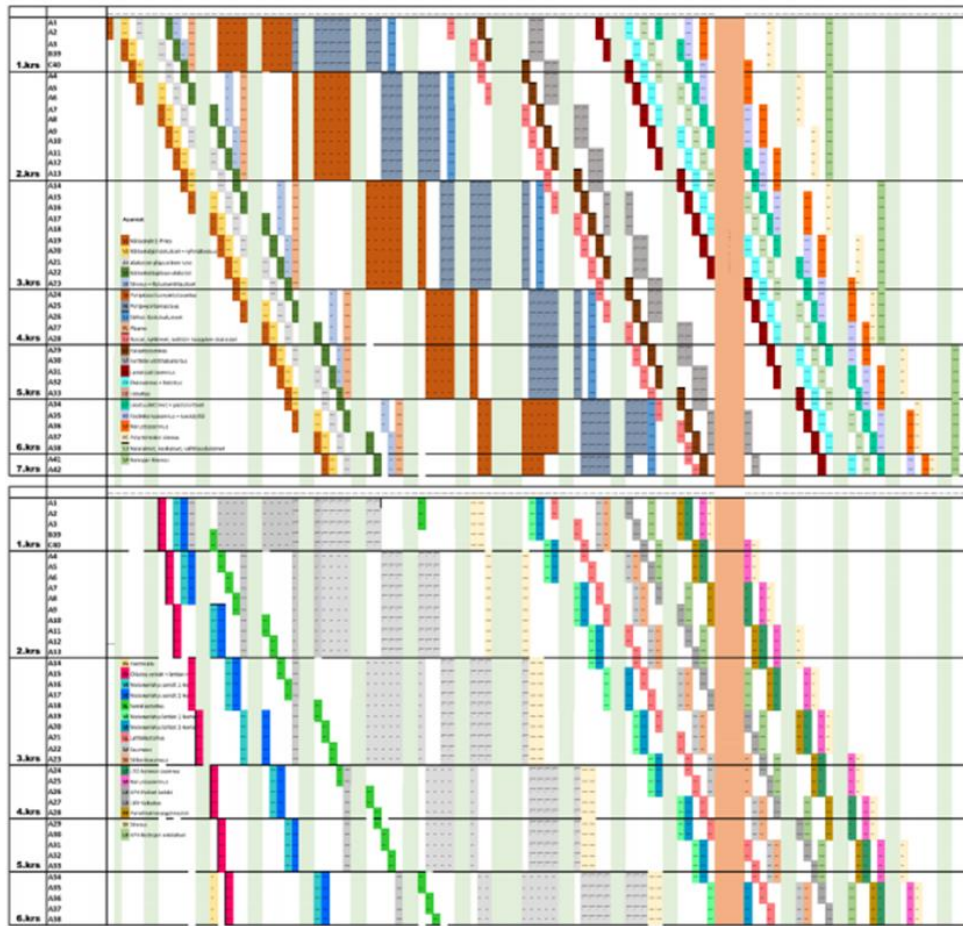
Sana ”Lean” on peräisin englannin kielestä ja sillä tarkoitetaan laihaa ja niukkaa. Terminä se tuli tunnetuksi James P. Womack, Daniel T. Jones ja Daniel Roos:n kirjoittamasta ”The Machine that Changed the World” kirjasta, joka julkaistiin vuonna 1990. Kirjassa paneudutaan Toyotan tuotantojärjestelmään ja sen oppeihin, joista Lean-ajattelu juontaa juurensa.

3.2 Tahtisuunnittelun periaatteet

Tuotantoteollisuutta on vertailtu vuosikymmenien ajan rakennusteollisuuteen. Vertaillessa näitä teollisuudenaloja voidaan huomata, että nämä alat sisältävät samankaltaisia piirteitä tuotantoprosessin näkökulmasta tarkasteltuna. Rakennustuotannossa tahtisuunnittelulla pyritään ehkäisemään ylituotantoa, lyhentämään rakennusprosessin läpimenoaikaa sekä tasapainoittamaan työvaiheita. [Koskela 1992:4.]

Aikataulutuksen näkökulmasta voidaan ajatella, että rakennusprosessissa on kahdenlaista virtaamaa, näitä virtaamia ovat materiaalityömaailman rakennustyömaalle ja rakennusryhmien työvaiheet. Työryhmien työvaiheet sisältävät ajallisia ja alueellisia virtauksia, jotka ovat usein riippuvaisia materiaalivirroista. [Koskela 1992:38.]

Tahtisuunnittelussa Lean-toimintaperiaatteilla pyritään lisäämään prosessien virtaustehokkuutta vähentämällä tuottamatonta resurssien käyttöä ja sen ensisijaisena tavoitteena on saavuttaa tasainen ja ennakoiva tuotantotahti. Kun puhutaan tahtiajasta, tarkoitetaan sillä Lean-tuotannon peruskäsitettä, joka kuvaa yksittäisten työvaiheiden keskeistä virtausperiaatteilla toimivassa tuotannossa. Lean-tuotannon tahtiaikaperiaatteessa tasaisesti etenevä liukuhihna korvataan ”tuotantojunalla”, jossa tarkkaan mitoitettujen työvaiheiden seuraavat toisiaan kuten junan vaunut. Tahtisuunnittelussa ei kuitenkaan suositeta aikapuskureita työvaiheiden välillä, vaan sen sijasta aikapuskurit korvataan kapasiteettipuskureilla. Tällä tarkoitetaan käytännössä sitä, että kukin työvaihe mitoitetaan niin, että normaalissa tilanteessa työvaiheet saadaan valmiiksi 10-15 prosenttia aikaisemmin työvaiheille mitoitetusta ajasta. [LCI FIN 2014; Lehtovaara ym.:8.]



Kuva 1. Havainnollistava kuva sisävaiheen tahtiaikataulusta, jossa työvaiheet seuraavat toisi-
aan. [Lehtovaara ym.:15.]

3.3 Tahtiajan määrittäminen

Yleiseksi ongelmaksi rakentamisessa koetaan se, että rakennukset nähdään yksilöllisinä, eikä toistuvuutta välttämättä havaita. Toistuvuutta on vaikea havaita silloin, kun huomio kiinnittyy pelkästään rakennuksen fyysisiin ominaisuuksiin. Tarkasteltaessa tuotantoprosessia asuntorakentamisen näkökulmasta, voidaan huomata, että työvaiheissa ja alueissa esiintyy toistuvuutta, sillä usein pohjapiirustukset ja työvaiheet toistuvat rakennuksen kerroksissa. Tahtiajan näkökulmasta haasteita tuovat projektit, joissa esiintyy kokoluokiltaan suuria alue- ja työmääräkohtaisia vaihteluita. Vaikka vaihtelua esiintyisi kohteessa, voidaan toistuvuuksia havaita erilaisista tuotteista. Esimerkiksi väliseinä-asennus on prosessina toistuva, vaikka väliseiniä asennettaisiin erilaisiin rakennuksiin. [Lehtovaara ym.:5.]

Sillä asuntorakentamisessa esiintyy toistuvuutta, voidaan Lean-tuotannon tahtiaikaperiaatetta siinä hyödyntää. Ennen tahtiajan määrittämistä, tulisi kerätä tietoa siitä, mitä työvaiheita suunniteltu tuotantoprosessi sisältää sekä millaisia ovat työvaiheiden järjestykset ja kestot.

Ensisijaisen tärkeää on saada tietoa siitä, että kuinka paljon aikaa kukin urakoitsija tarvitsee työnsuorittamiseen tietyllä alueella. Kun työvaiheiden sisällöt ja kestot on kokonaisuudessaan tiedossa, tulisi työmaan alueet pilkkoa sellaisiin osioihin, joissa työsuoritukset ovat urakoitsijoilla saman kestoisia. Työvaiheita voidaan tasata vähentämällä tai lisäämällä resursseja. Tahtiaikaa määrittäessä voidaan työvaiheita myös yhdistellä, jolloin voidaan suorittaa yksi tahti useamman tahdin sijasta. Lopullinen tahtiaika määräytyy hitaimman työvaiheen mukaisesti, joka toimii pullonkaulana prosessiin nähden. Kun tahtialueet ja -aika on määritelty, työvaiheet tulee tahdistaa siten, että ne seuraavat toisiaan välittömästi, jolloin saadaan aikaiseksi virtaus. Tämä virtaus mahdollistaa tarkan materiaalityösuoritusten ja logistiikan suunnittelun työmaalle. Näin työmaalla syntyvä tuottamaton toiminta, kuten odottaminen ja tarpeeton varastointi saadaan minimoitua. [LCI FIN 2014.]

3.4 Tahtituotannon hyödyt

Building 2030 tahti suunnittelussa ja tuotannossa loppuraportin mukaan, tahtiaikataululla saatiin lyhennettyä tutkimukseen osallistuneiden pilottikohteiden läpimenoaikaa noin 30 prosenttia. Aikataulua voitiin teoreettisesti lyhentää siten, että tehtävien väliset aikapuskurit poistettiin, jolla koko tuotantotiimi saatiin sitoutumaan laadittuun aikatauluun. Tutkimuksessa todettiin myös se, että pilottikohteissa tahtituotannon vaikutukset näkyivät myös laadun paranemisessa sekä työmaan hankintatoimissa, kun materiaalityösuoritukset voitiin ennakoita eri alueilla. [Lehtovaara ym.: 42.]

Raportin mukaan Kalifornialaisessa tahtituotantoprosessissa, jossa käytännöt on viety astetta pidemmälle, on koettu, että tahtituotanto tuo eniten hyötyä suurissa ja haastavissa kohteissa muun muassa tuotannon tasaisuuden, ennakoitavuuden, yhteistyön lisääntymisen ja läpinäkyvyyden vuoksi. Myös päällekkäinen tekeminen on saatu raportin mukaan tahtituotannolla kuriin, mikä on edistänyt työntekijöiden tuottavuutta. [Lehtovaara ym.:37.]

3.4.1 Suunnittelun tarkkuus

Building 2030 tahti suunnittelussa ja tuotannossa loppuraportissa ilmeni, että suunnittelun tarkkuustasolla on vaikutuksia rakennusprosessin etenemiseen. Sillä käytännössä sijaintipohjaisessa suunnittelussa on ohjeistuksena se, että vain yksi mestaa varaava työkohte voi olla työkohteessa yhtä aikaa, todellisuudessa aikataulut laaditaan tällaisella tarkkuustasolla vain harvoin. Tyypilliseksi suunnittelutasoksi suomalaisessa asuntotuotannossa on jäänyt porraskerrostaso, joka johtaa siihen, että työkohteessa ei ole samaan aikaan käynnissä montaa toisiaan häiritsemättömiä työvaiheita, eivätkä työt etene yksittäisessä tyhjässä asunnossa. [Lehtovaara ym.: 8.]

Prosessitasoisessa tahtisuunnittelussa valikoidaan prosessien sekä tahtialueiden lukumäärä, jonka jälkeen vertaillaan erikokoisten ja pituisten tahtialueiden ja -aikojen vaikutusta kokonaisuuteen. Yleensä tästä seuraa se, että tahtialueiden määrä on suurempi kuin sijaintipohjaisessa suunnittelussa, sillä tahtialueiden lukumäärän kasvatus johtaa olennaisesti lyhyempiin kokonaiskestoisiin edellyttämättä resurssien kasvattamista. Tämä menetelmä mahdollistaa työvaiheiden limittämisen ja sitä kautta rakennusajan lyhentämisen. [Lehtovaara ym.: 8.]

4 Rakennuksen tietomalli BIM

Rakentamisen tuottavuus on laskenut hälyttävästi muihin teollisuusaloihin nähden. painavana syynä tälle ilmiölle voidaan pitää puutteellista tiedonhallintaa. Rakennusteollisuudessa tiedonhallintaa voidaan nykypäivänä tehostaa tietomalleilla, jotka toimivat rakennusalalla digitalisaation peruskivenä. Tietomallit toimivat rakennuksen tietokantana ja ne sisältävät kaiken tarvittavan tiedon rakennuksen suunnittelusta purkamiseen.

Tietomallilla (Building Information Model, BIM) tarkoitetaan rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen esittämistä digitaalisessa muodossa, joka perustuu geometria- ja tietosisältöön. Tietomalli on rakennuksen yhdistettyjen tietojen tietokanta, joka käsittää rakennuksen piirustukset, luettelot ja havainnekuvat. Tietomallista voidaan esimerkiksi hakea tietoa rakennusosista ja tiloista, joita on aikaisemmin jouduttu etsimään papereista ja piirustuksista.

4.1 Suunnitteluohjelmistot

Tietomallilla voidaan tarkoittaa joko suunnittelijan ohjelmiston alkuperäisformaatissa olevaa natiivimallia tai siitä tuotettua IFC-mallia. Rakennuksen dokumentit pohjautuvat ensisijaisesti natiivimalleihin. Tietomallintamisen tavoitteena on kehittää rakentamisen laatua, tehokkuutta, turvallisuutta sekä tukea kestävästä kehityksestä mukaisia hanke- ja elinkaariprosesseja. [YTV 2012: Osa 1; YTV 2012 Osa 6.]

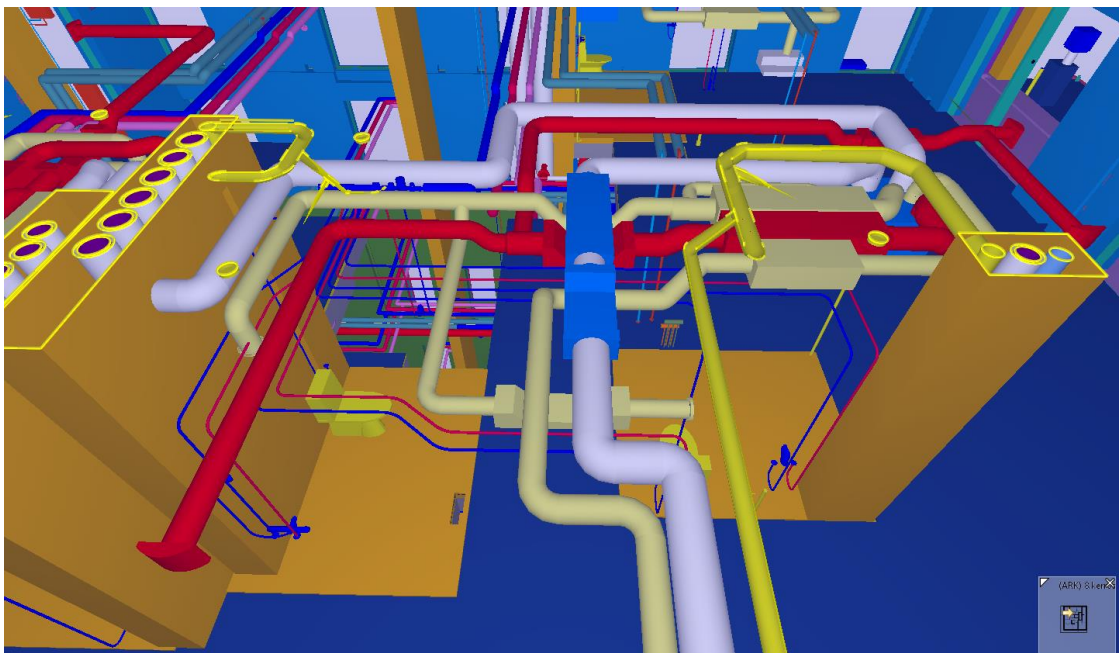
Rakennushankkeissa kaikkien IFC 2x3 sertifioidun mallinnusohjelmien käyttö on sallittua, jollei hankekohtaisesti aseteta erityisvaatimuksia esimerkiksi IFC-version tai erityisominaisuuksien suhteen. Osapuolien on yhdessä sovittava rakennusprojektissa käytettävät ohjelmistot ja projektinaikaiset ohjelmistoversioiden muutokset. Jotta eri osapuolien ohjelmistojen yhteensopivuus voitaisiin varmistaa, on aina suoritettava tiedonsiirron testaus ennen lopullista uuden ohjelmaversioiden käyttöönottopäätöstä. [YTV 2012 Osa1: 6.]

4.2 Tietomallien tuomat mahdollisuudet

Jotta tietomalleja voitaisiin hyödyntää halutulla tavalla rakennushankkeessa, on malleille asetettava hankekohtaiset painopisteet ja tavoitteet. Projektikohtaiset vaatimukset voidaan määrittää tahdottujen tavoitteiden pohjalta. Yleisiä mallinnukselle asetettuja tavoitteita ovat esimerkiksi suunnittelun ja yhteensovittamisen edistäminen, suunnitteluratkaisujen havainnollistaminen, rakennusaikaisten prosessien tehostaminen, rakennusprosessin ja lopputuotteen laadunvarmistaminen sekä turvallisuuden edistäminen niin rakentamisen kuin rakennuksen elinkaaren aikana. Mahdollisuuksia, joita rakennuksen tietomallit tuovat rakennushankkeelle ovat monimuotoisia. Tietomallien ansiosta rakennusta ja sen ominaispiirteitä voidaan optimoida uudella tarkkuudella. Piirteitä ja ominaisuuksia, joita voidaan esimerkiksi optimoida ovat energiatehokkuus, elinkaarikustannukset, käyttäjoustavuus, taloudellisuus ja tilatehokkuus.

4.2.1 Suunnittelu

Suunnitteluprosessissa tietomallintamisen tuomia hyötyjä ovat visuaalinen havainnollistaminen ja vaihtoehtojen nopeampi vertailu. Suunnitteluprosessissa tietomalleja voidaan myös hyödyntää suunnitelmien yhteensovittamisessa. Eri suunnittelualojen tietomalliyhteensovitus voidaan suorittaa tietokoneen näytöllä, kun eri suunnittelualojen tietomallit sovitetaan yhdistelmämalliksi. Jotta mallit voidaan yhteensovittaa, vaatii se sen, että mallinnukselle asetettuja vaatimuksia on noudatettu ja osamallien koordinaatisto, sijainnit ja mallinnusmenetelmät ovat yhdenmukaisia. Yhteensovitetuista tietomalleista, voidaan havaita mahdollisia törmäyksiä eri suunnittelualojen mallien välillä sekä mahdollisia ongelmia tuotantoprosessin kannalta. Tämä yhteensovitus mahdollisuus vähentää ristiriitaisuuksien ilmenemistä tuotantoprosessin aikana, kun törmäykset ja ristiriidat voidaan havaita jo varhaisessa vaiheessa eivätkä ongelmat pääse etenemään työmaalle ja näin ollen vaikuttamaan kustannusten lisääntymiseen. Myös tilaaja pystyy virtuaalisen tietomallin avulla haastamaan suunnittelijat entistä parempaan lopputulokseen ja visuaalisten ominaisuuksien ansiosta erivaihtoehtoja voidaan tarkastella ennen rakennuksen valmistumista. [YTV 2012 Osa 6; YTV 2012 Osa 11; YTV 2012 Osa 13]



Kuva 2. Tietomallien visuaalisuuden ansiosta esimerkiksi talotekniikan sijoittumista rakennuksen tiloissa voidaan tarkastella.

4.2.2 Kustannuslaskenta

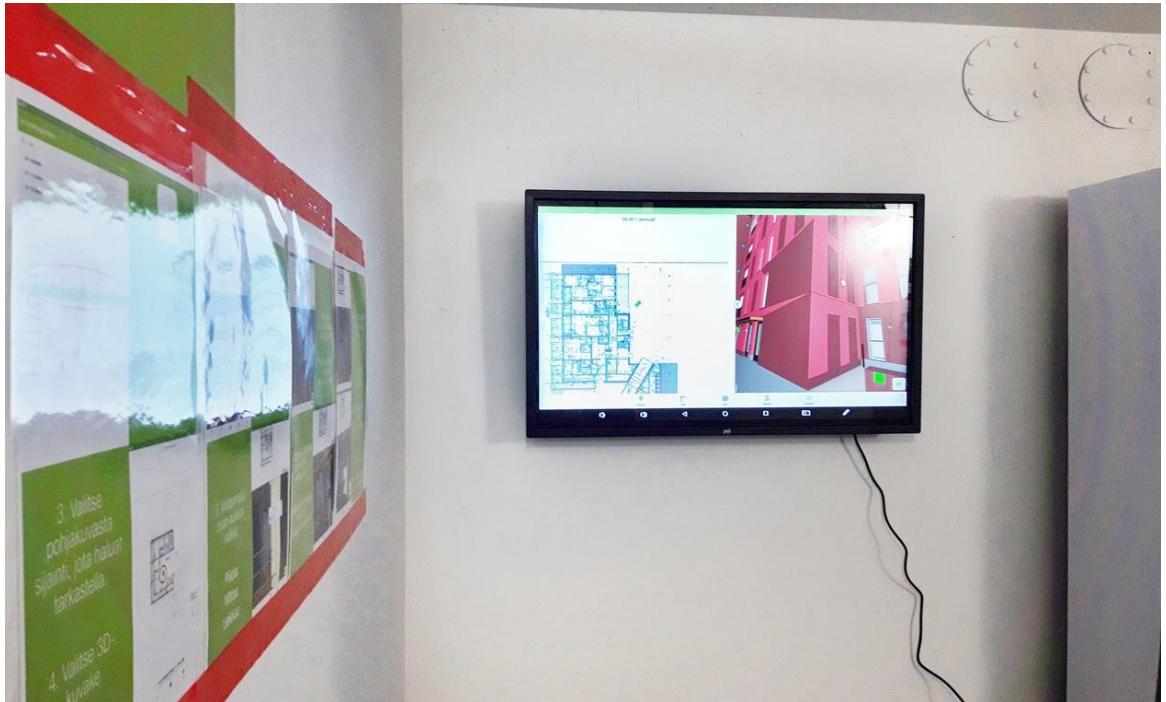
Kustannuslaskentaprosessissa tietomallit nopeuttavat määrälaskentaa sekä mahdollistavat laadukkaammat määräluettelot. Tämä edellyttää sitä, että mallinnus on tehty oikein ja virheettömästi. Mallipohjainen määrälaskenta ja valmiisiin raporttipohjiin perustuvat määräluettelot edistävät rakentamisen tuottavuutta siltä osin, kun merkittävä määrä päällekkäistä työtä saadaan poistettua hyödyntämällä tietomalleja. Määrälaskennan nopeus ja tarkemmat määräluettelot myötävaikuttavat myös hankintaprosessia, kun rakennuksen määrät ovat aikaisemmin tiedossa. Hankintaprosessissa voidaan myös tietomallien yleistyessä käyttää malleja ja niihin pohjautuva määräluetteloita tarjouspyyntöjen aineistona, joka laajentaa tietomallien käyttöä. [YTV 2012 Osa 13:4.]

Sillä tietomallien visuaalisuus on merkittävä mallien hyödyntämistapa eri prosesseissa, hyödyt myös tuotantoprosessin kannalta ovat merkityksellisiä, kun käyttökohteiden havainnollistaminen, kohteeseen ja sen rakenteisiin perehtyminen sekä työjärjestyksien suunnittelu ja töiden yhteensovittaminen edistävät prosessin läpivientä. [YTV 2012 Osa 13:4.]

4.2.3 Rakentamisvaihe

Urakoitsijoiden toimintaa voidaan tehostaa työmaalla tietomallien avulla. Esimerkiksi tietomallien visuaalisuuden ansiosta toteutettavia kohteita voidaan tietomallista tarkastella ja niille voidaan hakea erinäisiä mitta- ja leikkaustietoja. Tietomallit nopeuttavat myös tuotantovaiheessa määrien laskentaa, mutta se edellyttää sitä, että mallin tietosisältö on laadittu vaaditulla tarkkuudella. Myös tuotannon ohjausta, työturvallisuutta, logistiikkaa ja projektinhallintaa pystytään kokonaisuudessaan tehostamaan tietomallien kautta.

Opinnäytetyön aikana pohdittiin sitä, kuinka käytännössä tietomalleja voitaisiin hyödyntää tehostetummin rakentamisvaiheessa. As Oy Helsingin Maston työmaalle hankittiin pilottikokeiluna suuri kosketusnäyttötabletti, joka sijoitettiin työmaalle väestönsuojatiloihin kaikkien osapuolien saataville. Tabletille asennettiin kaksi helppokäyttöistä tietomalliohjelmää Dalux BIM Viewer ja Trimble Connect, joilla tietomalleja voitiin tarkastella.



Kuva 3. As Oy Helsingin Maston työmaalla urakoitsijat hyödyntävät eri työvaiheissa rakennuksen tietomallia työmaalle sijoitetun suuren kosketusnäyttötabletin avulla.

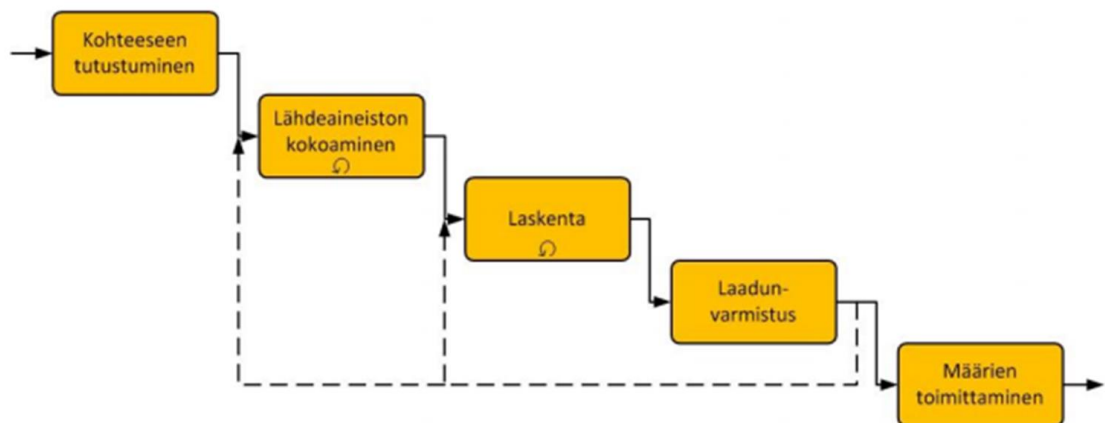
Urakoitsijoita opastettiin tabletin ja tietomalliohjelmien käyttöön, jolla varmistettiin se, että urakoitsijat osaavat jatkossa itsenäisesti hyödyntää tietomalleja halutulla ja tarvitulla tavalla. Erityisesti LVI-urakoitsijat kokivat, että tietomallin tarkasteleminen nopeuttaa työskentelyä työmaalla, kun visuaalisesti voitiin nähdä, kuinka asuntojen talotekniikka sijoituu kylpyhuoneiden alakattoihin sen sijasta, että tietoa haettaisiin totutulla tavalla eri piirustuksista.

As Oy Helsingin Maston työmaalla on myös pilottikokeiluna Ramboll'in yhteistyössä YIT:n ja Granon kanssa kehittämä Linker-palvelu, jonka avulla rakennuksen tietomallista pääsee liikkumaan suoraan tasopiirustuksiin ja edelleen yksityiskohtaisempiin suunnitelmiin ja selostuksiin vaivattomasti. Palvelu on käytössä Maston työmaalla mobiililaitteilla ja tietokoneilla. Palvelun käyttö nopeuttaa tiedon löytämistä ja näin ollen myös tehostaa tuotannon suunnittelua ja rakentamista sekä parantaa rakentamisen laatua, kun mahdolliset virheet vähenevät.

5 Tietomallipohjainen määrälaskenta

5.1 Määrälaskennan prosessi

Rakennuksen tietomallista tehty määrälaskennan prosessi eroaa monin tavoin suunnitteludokumenteista suoritettuun määrälaskennan prosessiin. Seuraavassa kuvassa on esitetty tietomallipohjaisen määrälaskennan prosessi.



Kuva 4. Mallipohjaisen määrälaskennan prosessi, joka luo edellytykset määrälaskennan onnistumiselle. [YTV 2012 Osa 7: 14]

Ennen ensimmäisen määrälaskennan suorittamista kohteeseen on tutustuttava. Rakennuksen mallin avulla voidaan sisäistää kohteen ominaispiirteet ja laajuus. Suotavaa olisi myös tutustua kohteen muihin materiaaleihin sekä keskustella kohteesta suunnittelijoiden kanssa. [YTV 2012 Osa 7:14.]

Ennen määrälaskentaa tulee koota laskennan lähdeaineisto ja varmistua siitä, että kaikki aineiston sisältämistä tiedostoista ovat oikeita käytössä olevia versioita. Ennen laskentaa tulisi projektikohtaisesti selvittää seuraavat asiat:

- Käytetäänkö laskennassa yhden vai usean suunnittelualan malleja
- käytetäänkö laskennassa alkuperäistä natiivi- vai IFC-mallia
- jakautuuko suunnittelualan malli useampaan osamalliin
- laskennassa käytettävän mallin määrätiedon kattavuus
- laskennassa käytettävän mallin tarkkuustaso
- rakennusselostuksessa ja mallissa esitettyjen tietojen yhtenevyys rakennetyypien osalta
- mallien ja rakennusselostuksen muutokset edellisiin laskennassa käytettyihin versioihin.

Mallien ja muun materiaalin mahdolliset puuteet kirjataan mallin tarkastusraporttiin, johon määrälaskijan on syytä tutustua huolellisesti [YTV 2012 Osa 7: 14-15].

Kun taustaselvitys on suoritettu, voidaan mallipohjainen määrälaskenta suorittaa siihen soveltuvalla tietokoneohjelmistolla. Määrälaskennan suorittamisen jälkeen laskenta tulokset analysoidaan kattavuuden, tarkkuuden ja luotettavuuden osalta. Kattavuuden osalta tarkastetaan, että määrälaskennassa mukana olevat nimikkeet on laskettu. Laskentatarkkuutta arvioidessa tarkastetaan laskennassa saadut määrät esimerkiksi tunnuslukuvertailulla mahdolliseen referenssikohteeseen. Tarvittaessa voidaan suorittaa myös vertailulaskelma toisesta tiedostoformaattissa olevasta mallista tai piirustuksista. Laskelman luotettavuus arvioidaan suhteutettuna lähtötietoihin, käytettäviin laskenta menetelmiin sekä laskennassa tehtyihin oletuksiin ja täydennyksiin muiden laskenta-aineistojen perusteella. Määrälaskennan lopputuloksena syntyy määräluettelo. [YTV 2012 Osa 7: 17-16.]

5.2 Määrälaskennassa havaitut ongelmat

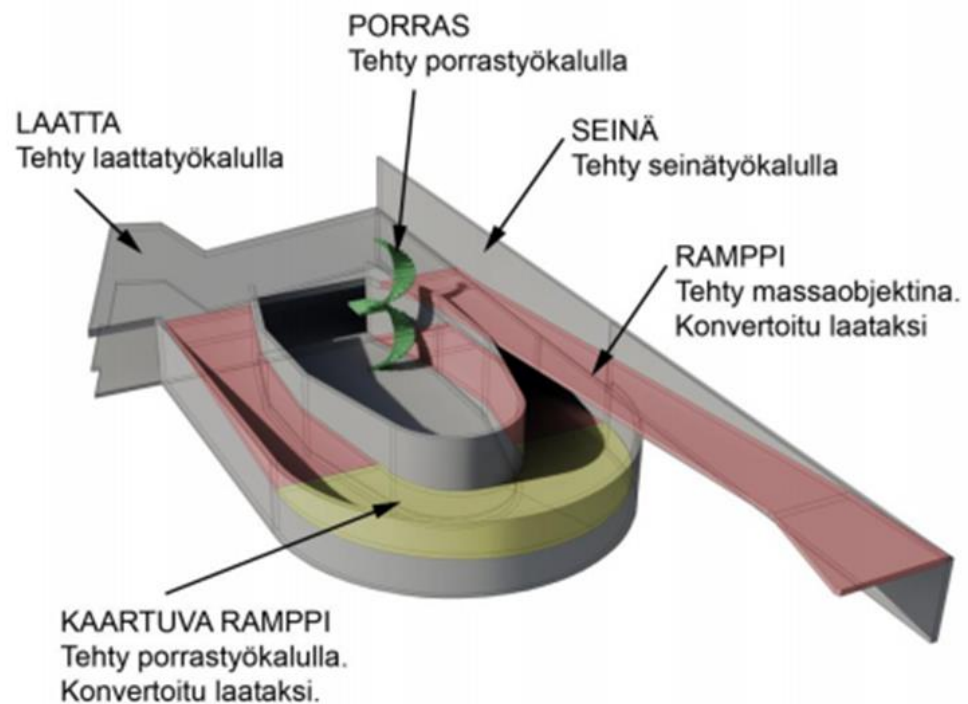
Tyypillisiä ongelmakohtia, joihin kannattaa laskennassa kiinnittää erityistä huomiota ovat tilapinnat, katot, portaat, verhoseinät, parametriset malliosat, geometriset erikoistapaukset sekä laskennan suorittaminen useasta suunnittelualan mallista. [YTV 2012 Osa 7: 18.]

Suorittaessa laskentaa useasta eri suunnittelualan mallista, saattaa malleissa ilmetä päällekkäisyyksiä. Esimerkiksi arkkitehdin mallista löytyvät samoja kantavia rakenteita kuin rakennesuunnittelijan mallista. Virheellinen laskennan tulos voidaan välttää silloin, kun päällekkäisyydet tiedostetaan ja päätetään se, että mistä mallista määrät lasketaan. [YTV 2012 Osa 7:18-19.]

Mallinnuksessa käytetyillä suunnitteluohjelmistojen työkaluilla voi esiintyä virheellistä tietoa määrälaskennan näkökulmasta. Esimerkiksi kun tilojen pinnat mallinnetaan tilaobjektilla ja tilojen välillä ei ole seinää, jotkin ohjelmistot laskevat tilapinnan myös tilojen väliltä. Myös lattiapintojen laskenta saattaa tuottaa ongelmia, jos ohjelmisto tarjoaa huonetilaohjelman mukaisen pinta-alan todellisen pinta-alan sijasta. [YTV 2012 Osa 7: 18-19.]

Ennen laskennan suorittamista on varmistuttava siitä, että rakennusosien komponentit siirtyvät mukaan laskentaan. Ongelmia komponenttien siirtymisessä mukaan laskentaan voi esiintyä laskettaessa porraskaiteita ja -tasanteita sekä laskiessa verhoseinien komponentteja. Verhoseinien komponenttien määrälaskennassa ongelmia ilmenee silloin, kun suunnitteluohjelmistot keskittyvät verhoseinien geometriaan eivätkä tietosisältöön. [YTV 2012 Osa 7: 18-19.]

Olellista määrälaskennan kannalta on rakennusten erikoiset muodot tai ratkaisut. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi kaarevat, kaltevat, erikokoisia aukkoja, geometrisia lisäyksiä ja poistoja sisältävät rakennusosat ja kattorakenteet. Näihin tapauksiin kannattaa kiinnittää erityistä huomiota määrälaskennassa, sillä laskennassa saadut määrät ja mittatiedot voivat olla puutteellisia tai epäluotettavia. [YTV 2012 Osa 7: 18-19.]



Kuva 5. Esimerkki mallinnetusta ajorampista, joka on mallinnettu suunnitteluohjelman työkaluja soveltaen. Sovellettu mallinnustapa on kirjattava tietomalliselostukseen. [YTV 2012 Osa 1: 8.]

Parametrisiä osia laskiessa vaikeimpia tapauksia ovat suuret kokonaisuudet, sillä yksinkertaisenkin tyyppin tunnistaminen saattaa olla hankalaa, sillä osan nimi ei kerro sen tarkkaa sisältöä. Määrälaskennan kannalta jokainen parametrinen osa tulisi tutkia erikseen. [YTV 2012 Osa 7 :18-19.]

5.3 Tietomallivaatimukset määrälaskennan näkökulmasta

Yleiset tietomallivaatimukset (YTV 2012), on Senaattikiinteistöjen vuonna 2007 julkaisujen tietomallivaatimusten pohjalta laajennettu ja päivitetty ohjekokonaisuus. Uusi ohjekokonaisuus laadittiin vuosina 2011-2012 COBIM-hankkeen muodossa, johon osallistui useampi rakennusalan yritys. Päivitys- ja laajennustyön seurauksena syntyi neljätoistaosainen julkaisusarja. Julkaisusarjan dokumenteissa selostetaan yleisellä tasolla tietomallintamista, tietomallinnushankkeen kulkua, mallien hyödyntämistä rakentamisessa sekä ohjeistetaan mallinnustarkkuuksia ja -menetelmiä. Julkaisusarjan dokumentit ovat lähinnä ohjeistuksia, mutta dokumenteissa ei esimerkiksi tiedon muotoa määrälaskennan näkökulmasta sen tarkemmin määritellä tai standardisoida eivätkä dokumentit ota kantaa käytettäviin kaupallisiin ohjelmistoihin. [YTV 2012 Osa 7: 2.]

5.3.1 Mallintamisen johdonmukaisuus

Tarkasteltaessa tietomalleja määrälaskennan näkökulmasta, mallilta edellytetään johdonmukaisuutta. Tällä tarkoitetaan sitä, että jokainen rakennus- ja tekniikkaosa on mallinnettu projektikohtaisten vaatimusten mukaisesti yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Tietomalliselostukseen tulee myös dokumentoida käytetty mallinnustapa. [YTV 2012 Osa 7:6.]

Ongelmia on havaittu tilanteissa, joissa tietomalli on mallinnettu epäjohdonmukaisesti siten, että suunnitteluratkaisua ei ole mallinnettu vaatimusten mukaisesti ja mallinnustapa poikkeaa mallin eri osissa. Mallissa voi kumminkin olla osia, jotka on mallinnettu eri tarkkuustasolle.

Näitä poikkeustilanteita voivat olla esimerkiksi, että rakenneratkaisua testataan aluksi vain yhdessä rakennuksen siivessä tai mallin tyyppirakenteet on mallinnettu yksityiskohtaiselle tasolle muiden rakenteiden sisältäessä pelkästään rakenteen geometriatiedon. Suunnittelijan on kirjattava edellä mainitut poikkeavat tilanteet tietomalliselostukseen, jolloin määrien laskennassa poikkeustilanteet voidaan huomioida. [YTV 2012 Osa 7:6.]

5.3.2 Tietomallin tarkkuustaso

Mallintamisen tilauksen yhteydessä määritellään tietomallin tarkkuustaso. Mallien tarkkuustasot on selostettu suunnittelualoja käsittelevissä mallinnusvaatimuksissa (Yleiset tietomallivaatimukset 2012). Yleiset tietomallivaatimukset pääsääntöisesti määrittävät sen, miten rakennusosat tulee mallintaa ja mitkä tiedot tulisi olla eriteltävissä tietomallista.

Tietomallin tarkkuustaso määrittelee sen, että millä tarkkuudella mallista voidaan määrät laskea. Kun rakennuksen mallit, kuten arkkitehti-, rakenne- tai LVI-malli on mallinnettu kokonaisuudessaan samalle tarkkuustasolle, on määrälaskenta selkeää ja mallin määrätiedot voidaan arvioida yksiselitteisesti suhteutettuna mallin tarkkuustasoon.

Mallin tarkkuustason määrittää suunnitteluvaihe ja sen eteneminen. Tietomallien sisältö täydentyy suunnitteluvaiheittain. Määrälaskentaa suorittaessa, tulisi periaatteessa määrätiedot laskea vaiheittain siitä mallista, jossa tietosisältö on täsmällisin, tarkin ja kattavin. Toisinaan voi olla myös sellaisia tilanteita, joissa osa rakennuksesta on mallinnettu muita osia tarkemmin tai suunnitelmiin tulleet muutokset on viety ensiksi vain osaan mallista. Näissä tilanteissa määrälaskennassa voidaan käyttää mallin tarkempaa osaa, jolloin koko rakennuksen määrien kartoittamiseksi tulisi käyttää kohteen mukaisia kertoimia. Mikäli mallinnus etenee lohkoittain, on tärkeää, että mallinnus suoritetaan lohkorajoja noudattaen. Tämä tulee kirjata selkeästi tietomalliselostukseen, jotta määrien laskija osaa hyödyntää mallia asianmukaisella tavalla. [YTV 2012 Osa 7: 6.]

5.3.3 Rakennus- ja talotekniikkaosien tunnistaminen

Määrälaskennan näkökulmasta merkittävää on se, että tietomallissa olevat tilat, rakennus- ja tekniikkaosat voidaan yksilöidä. Rakennetyypit ja eri osientyytit tulee tunnistaa, sillä kokonaismäärät lasketaan summaamalla yksittäisistä määristä.

Selvästi erotettava tunnistetieto rakennusosissa on rakennetyyppi, mutta rakennusosan tunnistamiseen voidaan käyttää mitä vain rakennusosalla olevaa tietoa, kuten seinän korkeutta. Määrälaskennan näkökulmasta voivat rakennusosat olla erityyppisiä tilanteissa, joissa esimerkiksi erikorkuiset puurakenteiset seinät ovat arkkitehdin näkökulmasta samaa tyyppiä, mutta tuotannon näkökulmasta seinien rakenne voi olla erilainen. [YTV 2012 Osa 7: 7.]

5.3.4 Keskeiset mittatiedot

Tavanomaisesti määrälaskentaa suorittaessa käytetään usein mittauksen suorittamiseksi yksinkertaistettuja mittoja, kuten projektipinta-alaa todellisen pinta-alan sijasta. Rakennusosien määrätiedot saadaan sen mukaan, millaisella mallinnusperiaatteella tietomalli on mallinnettu.

Määrälaskennan kannalta seuraavat mittatiedot ovat ratkaisevia:

- Kappalemäärä
- Pituusmitta
 - Pituus
 - Piiri
 - Korkeus
- Pinta-ala
 - Netto-pinta-ala
 - Bruttopinta-ala
- Tilavuus
 - Nettotilavuus
 - Bruttotilavuus
- Paino
 - Nettopaino
 - Bruttopaino.

[YTV 2012 Osa 7:7-8.]

5.3.5 Ohjelmistot ja tiedonsiirto

Määrälaskennassa käytetty ohjelmisto sekä hankkeen käytössä oleva tiedonsiirron toteutus vaikuttavat käytössä oleviin määrä- ja mittatietoihin ja niiden luottokelpoisuuteen. Määrälaskenta voidaan suorittaa suunnitteluohjelmiston alkuperäisessä tiedostomuodossa olevasta natiivimallista tai IFC-tiedostomuodossa olevasta tietomallista. Suotavaa olisi kuitenkin käyttää suunnittelijan laatimaa alkuperäistä mallia, sillä mallin tietosisältö on täydellisimpänä alkuperäisessä tiedostomuodossa olevassa mallissa.

Mikäli määrälaskenta suoritetaan IFC-tyyppistä tiedostomuotoa käyttäen, on laskijan varmistuttava siitä, että mitkä rakennusosat ovat luettu mukaan natiivitiedostosta IFC-tyyppiseen tiedostoon ja miten määrälaskennassa käytettävä ohjelmisto pystyy käsittelemään IFC-tiedostossa esiintyviä rakennusosia. Mallin mukaan tulee aina liittää tietomalliselostus, josta ilmenee keskeisesti mallin tietosisällön kattavuus ja mallin käyttötarkoitus. [YTV 2012 Osa 7: 8.]

6 Tulokset

6.1 Aikataulutyökalu tietomallien määrille

Opinnäytetyön lopputulostavoitteena oli kehittää aikataulutyökalu, joka käyttäisi hyväksi rakennuksen määrätietoja työmaan aikataulutusta varten. Määrätietoihin perustuvan aikataulutyökalun laatiminen tuli aloittaa siitä, että ensin oli kartoitettava aikataulutiedostoon tarvittavat laskukaavat ja työvaiheiden menekkitiedot. Tiedonlähteenä kartoittaessa kaavoja ja työmenekkejä käytettiin Rakennustieto Oy:n aikataulusuunnittelun materiaaleja.

Kartoitusvaiheessa luonnosteltiin alustava Microsoft Excel-tilukko, joka käsitti 344 eri työvaihetta menekkitietoineen maanrakennusvaiheesta sisävalmistusvaiheeseen. Alustavaan taulukkoon lisättiin käyttäjälle täydennettävät resurssi- ja määrätietosarakkeet, joiden perusteella taulukkoon syötetyt laskukaavat laskivat kestot työvaiheille.

Alustavassa Excel-taulukossa kuitenkin havaittiin ongelma siinä, että se sisälsi suuren määrän tietoa ja taulukosta oli suhteellisen hankalaa etsiä tiettyä työvaihetta, joka hidasti sen käytettävyyttä.

Opinnäytetyön aikana Excel-taulukkoa kehitettiin siten, että taulukkoon lisättiin suodatavia sarakkeita, kuten Talo 2000 -tuotantomikkeistö, rakennusvaiheet Talo80-nimikkeistön pohjalta sekä tarkentavat nimikkeet työvaiheiden kokonaisuuksille, jotka helpottivat taulukon käytettävyyttä sen sisältäessä suuren määrän rivejä. Kehittämistarpeita alustavassa aikataulutiedostossa oli myös siinä, että alustava versio oli konseptina luetelomainen ja kokonaisuuden hahmottaminen yksittäisestä taulukosta oli hankalaa, joten tiedostoon luonnosteltiin yhteenvetosivu, joka kokoaa taulukosta tiedot erilaisiksi kaavi-
oiksi.

Alustava taulukko

Talo2000 tuotantomikkeistö	Nimike	Suorittamäärän [yksikkö]	Työryhmä [nt]	Meneeki T4	Työsaavutus T4 [yksikkö/nt]	Suorittamäärän [yksikkö]	Kokonais työmenekki [nt]	Työn kesto [nt]	Työn kesto [nt]
10 Pintarakentaminen									
101 Rappaus	Rappaus - 3-kerroksisissa rappauspumpuilla, betoniosuudet, verkko - 3-kerroksisissa 1. ja 2. kerroksissa, betoniosuudet, verkko - ohut rappaus 2 kertaa rappauspumpulla	m ²	3	1,37	15	0,00	0	0,00	0,00
102 Tasotus	Seinien ja kattojen tasotus - katto, pohja- ja seinätasotus, raskuspinta - seinä, pohja- ja seinätasotus, lopputaso - oikainen tasotus	m ²	2	0,07	229	0,00	0	0,00	0,00
103 Maalaus ja tapetointi	Sisämaalaus - seinä, betonipinta, telimaaalaus - katto, betonipinta, telimaaalaus - lattiat, betonipinta, pohjustusmaalaus räikkällä ja valkomaalauksella Tapetointi - betonipinta, kohdistettava tapetti - loppipinta, värikohtoinen tapetti Ulko- ja sisämaalaus - betonipinta, kahteen kertaan ruiskumaalaus - puupinta - rapattu pinta, kahteen kertaan kalkkimaalaus	m ²	1	0,082	87	0,00	0	0,00	0,00
104 Mattopäällystys	Mattotöitä - puustovälymaton asennus kovaan lattiaan - lattiavälymaton asennus maa- ja puulattiaan	m ²	2	0,2	89	0,00	0	0,00	0,00
105 Massapäällystys	Massapäällystys - betonilattia, hionta, pohjustus, hiontamassapäällystys ja lakkaukset - betonilattia, hionta, pohjustus, itselevä massapäällystys - puu- ja kivi- lattia, itselevä massapäällystys ja lakkaukset	m ²	2	0,41	39	0,00	0	0,00	0,00
	Listoitus Oviliistat - maalattavat	m	1	0,02	400	0,00	0	0,00	0,00

Lopullinen työvaiheluettelotaulukko

Haku- ja suodatustoiminnot

Talo2000 tuotantomikkeistö	Talo2000 tuotantomikkeistö	Välikäyttö	Nimike	Työryhmä	Työn tarkaus	Suorittamäärän [yksikkö]	Työryhmä [nt]	Meneeki T4	Työsaavutus T4 [yksikkö/nt]	Suorittamäärän [yksikkö]	Työn kesto [nt]	Työn kesto [nt]
101 Rappaus	101 Rappaus	Sisä- ja kattojen tasotus	Sisä- ja kattojen tasotus	Sisä- ja kattojen tasotus	- seinä, pohja- ja seinätasotus, raskuspinta	m ²	2	0,07	229	0,00	0	0,00
102 Tasotus	102 Tasotus	Sisä- ja kattojen tasotus	Sisä- ja kattojen tasotus	Sisä- ja kattojen tasotus	- seinä, pohja- ja seinätasotus, lopputaso	m ²	2	0,03	533	0,00	0	0,00
103 Maalaus ja tapetointi	103 Maalaus ja tapetointi	Sisämaalaus	Sisämaalaus	Sisämaalaus	- seinä, betonipinta, telimaaalaus	m ²	1	0,086	83	0,00	0	0,00
103 Maalaus ja tapetointi	103 Maalaus ja tapetointi	Sisämaalaus	Sisämaalaus	Sisämaalaus	- seinä, betonipinta, telimaaalaus	m ²	1	0,086	83	0,00	0	0,00
103 Maalaus ja tapetointi	103 Maalaus ja tapetointi	Sisämaalaus	Sisämaalaus	Sisämaalaus	- katto, betonipinta, pohjustusmaalaus räikkällä ja valkomaalauksella	m ²	1	0,086	83	0,00	0	0,00
103 Maalaus ja tapetointi	103 Maalaus ja tapetointi	Sisämaalaus	Sisämaalaus	Sisämaalaus	- seinä, pohja- ja seinätasotus, lopputaso	m ²	1	0,11	89	0,00	0	0,00
103 Maalaus ja tapetointi	103 Maalaus ja tapetointi	Sisämaalaus	Sisämaalaus	Sisämaalaus	- seinä, betonipinta, telimaaalaus	m ²	1	0,082	87	0,00	0	0,00
103 Maalaus ja tapetointi	103 Maalaus ja tapetointi	Sisämaalaus	Sisämaalaus	Sisämaalaus	- seinä, betonipinta, telimaaalaus	m ²	2	0,16	174	0,00	0	0,00
104 Mattopäällystys	104 Mattopäällystys	Mattotöitä	Mattotöitä	Mattotöitä	- puustovälymaton asennus kovaan lattiaan	m ²	2	0,2	89	0,00	0	0,00
104 Mattopäällystys	104 Mattopäällystys	Mattotöitä	Mattotöitä	Mattotöitä	- lattiavälymaton asennus maa- ja puulattiaan	m ²	2	0,46	35	0,00	0	0,00
105 Massapäällystys	105 Massapäällystys	Massapäällystys	Massapäällystys	Massapäällystys	- betonilattia, hionta, pohjustus, hiontamassapäällystys ja lakkaukset	m ²	2	0,41	39	0,00	0	0,00
105 Massapäällystys	105 Massapäällystys	Massapäällystys	Massapäällystys	Massapäällystys	- betonilattia, hionta, pohjustus, itselevä massapäällystys	m ²	2	0,42	50	0,00	0	0,00
105 Massapäällystys	105 Massapäällystys	Massapäällystys	Massapäällystys	Massapäällystys	- puu- ja kivi- lattia, itselevä massapäällystys ja lakkaukset	m ²	2	0,46	35	0,00	0	0,00
		Listoitus	Listoitus	Listoitus	- maalattavat	m	1	0,02	400	0,00	0	0,00

Kuva 6. Kuvakaappaukset Excel-taulukon kehitysvaiheesta. Lopulliseen työvaiheluetteloon lisättiin käyttöä helpottavat haku- ja suodatustoiminnot, joita ei ollut alustavassa taulukossa.

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi Microsoft Excel -ohjelmalla käytettävä aikataulu-työkalutiedosto, jonka avulla voidaan määrittää alustava kesto rakennushankkeelle määrä- ja resurssitietojen perusteella. Aikataulu työkalun toiminta pohjautuu Talo 2000-tuotantonimikkeistöön, rakennusvaiheisiin Talo 80 -nimikkeistön pohjalta ja Ratu Aikataulukirja 2016:ssa määriteltäviin menekkeihin. Tiedostossa käytetyt laskukaavat ovat peräisin Ratu Aikataulukirja 2016 ja Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2017 -kirjoista. Aikataulu työkalu mitoittaa tehtävät kokonaisajalla, joka sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit mukaan lukien työskentelyn keskeytykset, joten sen käyttö soveltuu myös yleisaikataulujen ja tahtiaikataulujen suunnitteluun.

Aikataulu työkalu toimii siten, että erilliselle työvaiheluettelovälilehdelle syötetään määrä- ja resurssitietoa riveille, jonka jälkeen tiedosto analysoi syötettyjen tietojen perusteella tilastot erilliselle yhteenvetosivulle. Yhteenvetosivulla voidaan tarkastella kokonaisuutta, kuten keskimääräisiä resurssitarpeita ja laskennallisia normaalikestoja, tutkimuksiin perustuvaa keskimääräistä läpimenoajan lyhentymistä tahtituotannon vaikutuksesta sekä työvaiheiden kestoja ja niille varattuja resursseja.

Työkalun yhteenvetosivustolle lisättiin tahtisuunnittelua helpottava suodatustoiminto, jonka avulla voidaan tarkastella yksittäisten suodattimesta valittujen työvaiheiden kestoja ja resursseja. Aikataulu työkalun avulla työvaiheet voidaan mitoittaa saman kestoiseksi säätämällä resursseja työvaiheluettelovälilehdellä. Esimerkiksi syöttämällä työvaiheluettelon määrätietosarakkeeseen ennalta määritetyn tahtialueen määrätiedot ja resurssit, voidaan yhteenvetosivun tilastojen avulla mitoittaa työvaiheet saman kestoiseksi. Tämä menetelmä, joka perustuu yksittäisen määritetyn tahtialueen määrä- ja resurssitietoihin, kuitenkin muuttaa osittain yhteenvetosivun kaavioiden tilastoja, sillä kaaviot ovat riippuvaisia työvaiheluettelovälilehden määrä- ja resurssitiedoista, jotka tulkitsevat syötetyt tiedot kokonaisuudeksi. Yhteenvetosivun kaaviot eivät näin ollen ota huomioon myös muilla, kuin tahtialueella esiintyvien toistuvien työvaiheiden kestoja. Tämä johtaa siihen, että syötetyn määrätiedon ollessa pienempi kuin kokonaisuus todellisuudessa, on hankkeelle laskettu kokonaiskesto myös virheellisesti yhteenvetosivun kaavioissa lyhyempi.



Kuva 7. Kuvakaappaus opinnäytetyön lopputulostuotteeksi syntyneen aikataulutyoikalutiedoston yhteenvetosivusta.

Samanlaista menetelmää, kuin tahtisuunnittelun apuna käytettävää voidaan käyttää myös apuna yleisaikataulusuunnittelun apuna, kun määrätieto riveille syötetään työvaiheiden resurssi- ja määrätiedot kokonaisuudessaan. Nämä edellä mainitut menetelmät aikataulutyoikalua hyödyntämällä helpottavat käyttäjää esimerkiksi hahmottamaan sen, että paljonko resursseja urakoitsijalta voidaan keskimääräisesti vaatia työnsuoritukseen, jotta tuotantovaiheessa pysyttäisiin suunnitellussa aikataulussa.

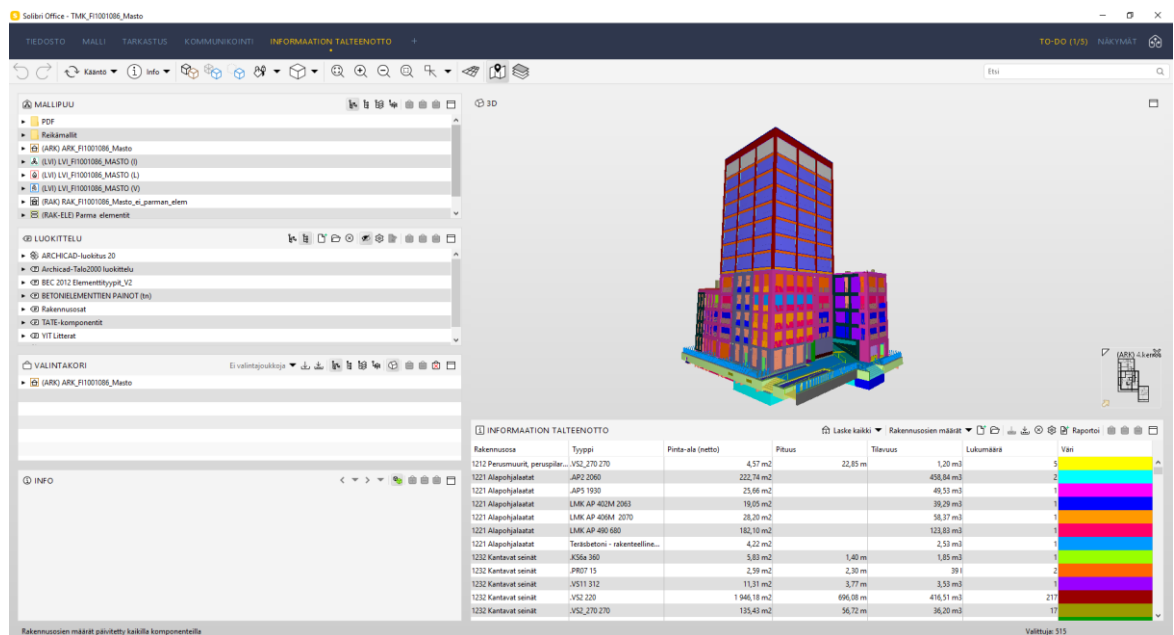
Opinnäytetyön aikana aikataulutyoikalua koekäytettiin vertailemalla toteutuneisiin aikatauluihin ja laskettuihin työvaiheiden kestoihin. YIT Suomi Oy:n tavoiterakennusaika As Oy Helsingin Mastolle, joka perustuu laskennallisesti rakennuksen bruttoalaan, poikkesi tietomallista tuotujen määrätietojen perusteella laskettuun rakennusaikaan 1,5 prosenttiyksikköä. Aikataulutiedosto laski hiukan pidemmän keston hankkeelle. Poikkeama voidaan selittää sillä, että bruttoalalla laskettu kesto ei huomioi esimerkiksi töiden tarkkoja toteutustapoja, lukuun ottamatta mahdollista kylpyhuone-elementtien käyttämistä kohteessa.

Vertaillen yksittäisten työvaiheiden kestoja As Oy Helsingin Maston yleisaikataulussa esitettyihin kestoihin ja työvaiheiden toteutuneisiin kestoihin, olivat poikkeamat keskimäärin viiden prosenttiyksikön luokkaa. Poikkeamat eivät kuitenkaan ylittäneet 10 prosenttiyksikköä. Ajalliset kestot vaihtelivat suuruudeltaan niin aikataulutyoikalussa, toteutuneissa ja yleisaikataulun tehtävien kestoissa.

Eroavaisuudet yleisaikataulun ja aikataulutyökalun työvaiheiden kestoissa, voidaan lähtökohtaisesti tulkita johtuneen siitä, että yleisaikataulun tehtävien kestot oli mitoitettu aikatauluun kokemuksen pohjalta, ei niinkään suoraan Rakennustieto Oy:n menekkien pohjalta. Kun taas poikkeamat toteutuneissa kestoissa verrattaessa aikataulutyökalun määrittämiin kestoihin voidaan tulkita johtuneen siitä, että esimerkiksi urakoitsijoilla käytössä olleet resurssit ovat saattaneet vaihdella urakan aikana tai sillä, että urakoitsijan työntekijöiden työnsaavutukset olivat olleet eritasoisia.

6.2 Solibri Office-ohjelmiston käyttö määrätiedonhallinnassa

Nopein ja luotettavin tapa määrätietojen laskemiseen Solibri Office -ohjelmistolla on suorittaa määrälaskenta informaation talteenotto- näkymässä. Jotta laskennan tulos olisi luotettava, tulee luokitusten olla mallissa oikein määriteltynä. Solibri:n tietomalliohjelma sisältää jo valmiiksi laadittuja informaation talteenottokuvia, mutta myös uusia kuvauksia voi käyttäjä halutessaan luoda lisää. Informaation talteenottokuvauksilla voidaan määrittää se, että mitä komponentteja tietomallista halutaan laskea.



The screenshot displays the Solibri Office software interface. On the left, there are panels for 'MALLIPUU' (Model Tree) and 'LUOKITTELU' (Classification). The main area shows a 3D model of a building. Below the model, there is a table titled 'INFORMAATION TALTEENOTTO' (Information Capture) with columns for 'Rakennusosa' (Building Part), 'Tyyppi' (Type), 'Pinta-ala (netto)' (Net Area), 'Pituus' (Length), 'Tilavuus' (Volume), 'Lukumäärä' (Quantity), and 'Väri' (Color). The table lists various building components and their corresponding data.

Rakennusosa	Tyyppi	Pinta-ala (netto)	Pituus	Tilavuus	Lukumäärä	Väri
1212	Pesunmuurk. peruslaakeri...	4,57 m ²	22,85 m	1,20 m ³	5	Yellow
1221	Alaspoijalaatat	232,76 m ²		638,66 m ³	2	Blue
1221	Alaspoijalaatat	25,66 m ²		48,53 m ³	1	Red
1221	Alaspoijalaatat	19,05 m ²		39,29 m ³	1	Green
1221	Alaspoijalaatat	28,20 m ²		58,37 m ³	1	Purple
1221	Alaspoijalaatat	182,10 m ²		123,63 m ³	1	Orange
1221	Alaspoijalaatat	4,52 m ²		2,52 m ³	1	Light Blue
1232	Kantavat seinät	3,83 m ²	1,40 m	1,85 m ³	1	Light Green
1232	Kantavat seinät	2,59 m ²	2,30 m	39 l	2	Light Purple
1232	Kantavat seinät	11,31 m ²	3,77 m	3,53 m ³	1	Light Orange
1232	Kantavat seinät	1 946,18 m ²	696,08 m	416,51 m ³	217	Light Yellow
1232	Kantavat seinät	135,43 m ²	56,72 m	36,20 m ³	17	Light Blue

Kuva 8. Kuvakaappaus Solibri Office-ohjelmiston informaation talteenotto- näkymästä, jossa voidaan suorittaa rakennuksen eri komponenteille määrien laskenta.

Informaation talteenotto- näkymästä löytyvät kaikki tarvittavat toiminnot, joita tarvitaan määrälaskentaan ja kuvausten luomiseen. Kun laskenta on saatu suoritettua halutuille mallin komponenteille, voidaan laskennantuloksesta viedä raportti Microsoft Excel -taulukkoon.

7 Johtopäätökset ja kehitysehdotukset

Vaikka ajan saatossa nykyiseen 1990-luvulta peräisin olevaan tuotannonohjauksen metodiikkaan on kehitetty uusia ja kehittyneempiä aikatauluohjelmien ja tiedonhallinnan järjestelmiä, on silti työmaan tuotannosuunnittelussa parantamisen varaa, kun verrataan rakennusalaan teollisuuden tuotantolinjaan, jossa tuotantoprosessi on suunniteltu jopa sekuntitason tarkkuudella.

Jotta rakentamisen tuottavuutta voitaisiin tulevaisuudessa tehostaa, olisi rakennusallalla syytä perehtyä tahtituotannon- ja tahtisuunnittelun periaatteisiin, sillä tutkitusti tahtituotannon avulla on rakentamisen läpimenoaikoja saatu lyhennettyä, jolla on näin ollen ollut myös vaikutuksia rakennuskustannusten pienentymiseen.

Myös rakennuksen tietomalleja voitaisiin hyödyntää nykyistä enemmän suunnitellessa toteutusta, sillä tietomallit mahdollistavat sen, että tietomalliohjelmistoilla voidaan tietomallista laskea tarkat määrätiedot nopeasti, joka poistaa päällekkäisen tekemisen ja nopeuttaa eri prosesseja. Vaikka tahtituotanto ja tietomallit tarjoavat erinomaiset puitteet rakennustuotannon tehostamiseksi, on näiden menetelmien yhdistämisestä vielä suhteellisen vähän luotettavaa tutkimustietoa saatavilla.

Opinnäytetyön lopputuloksena syntynyttä aikatauluohjelmaa voisi vielä tulevaisuudessa kehittää siten, että määrätiedon syöttäminen tiedostoon olisi nykyistä menetelmää nopeampaa. Tämä käytännössä vaatisi sen, että tiedostoon luotaisiin uusi täydennettävä välilehti, johon määrätietoa voidaan syöttää esimerkiksi lattia- ja seinäneliöiden osalta ja Microsoft Excel-ohjelman lomakeobjektien avulla voitaisiin suorittaa tarkentavat valinnat toteutustavoille, sillä menekit poikkeavat toteutustapojen välillä. Vaihtoehtoisesti aikataulutiedostoa voitaisiin kehittää siten, että ratkaisu löytyisi siihen, kuinka esimerkiksi Solibri-ohjelmiston Excel-määrätietoraportit voitaisiin tuoda suoraan kyseiseen tiedostoon.

8 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä pyrittiin luomaan ratkaisu siihen, kuinka tietomallista tuotuja määrätietoluetteloita voitaisiin hyödyntää tehokkaammin aikataulusuunnittelussa. Opinnäytetyössä perehdyttiin tietomallien tietosisältöihin, yleisiin tietomallivaatimuksiin määrälaskennan näkökulmasta, sekä tahtiaikataulujen suunnitteluperiaatteisiin ja tahtituotannon vaikutuksiin aikatauluissa. Tutkimuslähteenä opinnäytetyössä käytettiin tietomalli- ja aikataulukirjallisuutta, tutkimuksia sekä YIT Suomi Oy:n koulutus materiaaleja.

Esitutkimuksessa havaittiin, että rakennuksen tietomallit nopeuttavat huomattavasti määrälaskennanprosessia, mikäli tietomalli on laadittu riittävälle tarkkuustasolle. Julkaisu sarja Yleiset tietomallivaatimukset 2012 ohjeistavat tietomallipohjaisen määrälaskennan prosessin kulun sekä tietomalleille vaaditut tarkkuustasot suunnittelualoittain määrälaskennan näkökulmasta. Tietomallista saatuja määrätietoluetteloita voidaan hyödyntää monipuolisesti rakennushankkeen eri prosesseissa.

Esitutkimuksessa myös ilmeni, että rakentamisen tuottavuutta voidaan tehostaa tahtiaikaperiaatteilla, jotka pohjautuvat Lean-filosofiaan. Näillä tahtiaikaperiaatteilla pyritään minimoimaan työmaalla tapahtuva tuottamaton toiminta. Tuottamattomia toimintoja ovat Lean-filosofian mukaan esimerkiksi tyhjillään olevat työkohteet, odottaminen ja tarpeeton materiaalin varastoiminen. Tahtituotannon vaikutukset näkyvät työmaan aikatauluissa siten, että työtehtävät ja -alueet on pilkottu pienemmiksi kokonaisuuksiksi, jolloin samalla alueella voi olla käynnissä useampi toisiaan häiritsemätön työvaihe. Tahtiaikataulujen tehtävät suunnitellaan pääsääntöisesti resurssipuskureilla aikapuskurien sijasta siten, että tehtävät valmistuvat 10-15% nopeammin normaalisti mitoitetusta ajasta. Tahtiaikataulut mahdollistavat myös tarkan logistiikan suunnittelun työmaalle. Jotta tahtituotanto toimisi käytännössä, tulisi varmistaa, että kaikki osapuolet ovat sitoutuneet toimimaan suunnitellun tahtiaikataulun mukaisesti riittävien resurssien ja päivittäisen kommunikation näkökulmasta. Tutkimuksien mukaan tahtituotannon vaikutukset näkyvät rakentamisen läpimenoaikojen lyhentymisessä.

Opinnäytetyön lopputulostavoitteena oli luoda aikataulutyökalu, jolla voidaan laskea rakennushankkeelle alustava aikataulu, hyödyntäen tietomallista saatuja määrätietoja. Lopputulokseksi syntynyttä Microsoft Excel-tiedostoa voidaan hyödyntää niin rakennusajan määrittämisessä kuin yleisaikataulujen ja tahtiaikataulujen suunnittelussa. Tiedoston toiminta perustuu määrätietoihin, käytettäviin resursseihin sekä Talo 2000- nimikkeistöön ja Rakennustieto Oy:n Aikataulukirja 2016:ssa esitettyihin menekkeihin.

Aikataulutyökalua koekäytettiin vertailemalla aikataulutyökalun laskemia työvaiheiden kestoja toteutuneisiin kestoihin ja yleisaikatauluissa mitoitettuihin työvaiheiden kestoihin. Tulokseksi tällä vertailulla selvisi, että YIT Suomi Oy:n käyttämä bruttoalaan perustuva laskennallinen kokonaisrakennusaika As Oy Helsingin Maston työmaalle poikkesi 1,5 prosenttia tietomallista tuotujen määrätietojen perusteella lasketusta rakennusajasta. Aikataulutyökalu laski tässä tilanteessa pidemmän keston hankkeelle. Vertailua suoritettiin myös tehtäväkohtaisesti yleisaikatauluissa mitoitetuille ja toteutuneille tehtävien kestoille. Poikkeamat olivat näissä tapauksissa alle 10 prosenttiyksikön suuruisia niin aikataulutyökalulla kuin mitoitetuilla ja toteutuneilla kestoilla.

Lähteet

Aikataulukirja 2016. 2015. Ratu KI-6028. Rakennustieto Oy

Fira Sitedrive. 2020. Tahtiaika ja tahtituotanto rakentamisessa. Verkkoaineisto <<https://www.sitedrive.com/fi/tahtiaika/>>. Luettu 7.8.2020.

Gao, Shang & Pheng, Sui. 2014. Low Lean Construction Management. Singapore: Springer Science+Business Media

Koskela, Lauri. 1992. Application of the new production philosophy to construction technical report 72. CIFE Stanford University

Lean Construction Institute FI. 2015. Tahtituotanto uudistaa tuotannonohjauksen. Verkkoaineisto <<http://lci.fi/blog/menetelmakortti/tahtiaikatuoanto/>>. 28.5.2015. Luettu 12.5.2020.

Lehtovaara, Joonas; Seppänen, Olli & Heinonen, Aleks. 2019. Building 2030 Tahti suunnittelussa ja tuotannossa loppuraportti. Aalto-yliopisto

Liker, Jeffrey K. 2003. The Toyota Way. United States of America: McGraw-Hill

Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. 2017. Ratu KI-6031. Rakennustieto Oy

Rakennuslehti. 2017. Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40 vuodessa – onko allianssista tai Leanista apua? <<https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennus-alalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua>> Luettu 5.6.2020

Yleiset tietomallivaatimukset. 2012. Osa 1. Yleinen osuus. Rakennustietosäätiö

Yleiset tietomallivaatimukset. 2012. Osa 6. Laadunvarmistus. Rakennustietosäätiö

Yleiset tietomallivaatimukset. 2012. Osa 7. Määrälaskenta. Rakennustietosäätiö

Yleiset tietomallivaatimukset. 2012. Osa 11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen. Rakennustietosäätiö

Yleiset tietomallivaatimukset. 2012. Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. Rakennustietosäätiö

