



Jari Yletyinen

Tietomallisisällön hyödyntäminen TATE-suunnittelussa ja 4D-mallin- nuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikka YAMK

Insinöörityö

14.05.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Jari Yletyinen
Otsikko:	4D –aikataulutuksen hyödyntäminen hankkeiden TATE-suunnittelussa
Sivumäärä:	57 sivua + 1 liite
Aika:	14.05.2024
Tutkinto:	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikka YAMK
Ammatillinen pääaine:	LVI-suunnittelu
Ohjaajat:	LVI, lehtori Pasi Partonen Kehitysjohtaja Tero Järvinen

Avainsanat: 3D, 4D, 4D-aikataulutus, 4D-mallinnus, BIM, tietomalli, tietosisältö

Tässä lopputyössä tutkittiin tietomallisisällön hyödyntämistä rakennushankkeiden aikataulujen laadinnassa. Suunnittelutyössä tuotetaan paljon tietoa eri suunnitteluvaiheissa, jota voidaan hyödyntää edelleen.

Työn tarkoituksena oli oppia 4D-aikataulutusta sekä miten rakennushankkeiden aikataulun laatimista tehdään. Samalla tutustuttiin 4D-aikataulutustyöhön ja käytössä oleviin sovelluksiin. Lisäksi oli tarkoitus selvittää minkälaisia mahdollisuuksia se antaa käyttäjälle.

Tässä lopputyössä oli tutkittu aikataulun laadinnan teoriaa. Lisäksi tutkittiin syitä miksi aikataulut ovat tärkeitä rakennushankkeille. Lopputyössä haastateltiin 4D aikataulutustyössä parissa työskenteleviä ihmisiä. Tämän lisäksi tarkasteltiin laadittuja aikatauluja todellisten hankkeiden kautta, joissa 4D-aikataulusta oli hyödynnetty.

Lopputyön tuloksena saatiin selville, että 4D-aikataulutusta voidaan tehdä useilla eri tavoilla. Hankkeen aikatauluja voidaan laatia tietomallisisällön avulla. Perinteinen aikataulutus on myös mahdollista. Tällöin työvaiheiden aikatarpeet saadaan hankkeeseen osallistuvilta osapuolilta.

Johtopäätöksinä voidaan mainita, että 4D-aikataulutus antaa mahdollisuuksia kehittää erilaisia hankkeen seurantamahdollisuuksia. Lisäksi seurantaa voidaan tehdä graafisilla esityksillä kuten animaatioiden kautta. Nämä antavat uusia mahdollisuuksia rakentamisen vaiheiden ennakointiin sekä riskien kartoittamiseen.

Abstract

Author: Jari Yletyinen
Title: Utilization of information model content in HVAC design and 4D modeling
Number of Pages: 57 pages + 1 appendices
Date: 14 May 2024

Degree: Master of Engineering
Degree Programme: Building technology
Professional Major: HVAC-design
Supervisors: Pasi Partonen, Senior Lecturer
Tero Järvinen, Director of Development at granlund

The thesis studied the use of information model content in the preparation of schedules for construction projects and discussed the information produced in the different design phases, which can be used further. The purpose was to study 4D scheduling and preparation of schedules for construction projects.

The thesis looked into the theory of creating a schedule. In addition, the importance of schedules for construction projects was discussed. Interviews were conducted with people working in 4D scheduling. In addition, the timetables of projects where 4D scheduling had been utilized were studied.

The final year project established that 4D scheduling can be done in several ways. Projects schedules can be prepared with the help of data model content. Traditional scheduling is also possible. In this case, the time requirements for the work phases are obtained from the parties of the project.

In conclusion, it can be mentioned that 4D scheduling gives opportunities to develop different project monitoring possibilities. In addition, monitoring can be done with graphic presentations such as animations. These provide new opportunities new opportunities for both forecasting construction phases and mapping risks.

Keywords: 3D, 4D, 4D scheduling, 4D modeling, BIM, information model, information content

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimuskysymykset	1
1.2	Työn rajaus	2
2	Opinnäytetyön lähtökohdat	2
3	Tietosisällön merkitys suunnittelussa	4
4	Suunnittelun tehtäväluettelo TATE18	5
4.1	Ennen hankkeen aloittamista	5
4.2	Suunnittelutehtävänimikkeet	6
5	Tietomallisisältö ja tietomallinnus	6
5.1	Tietomallisisällön käyttö suunnitteluvaiheissa	6
5.2	Leikkauskuvat tietomallinnuksen apuna	8
5.3	Vakioidun tietomallisisällön merkitys	8
6	Suunnitteluvaiheet talotekniikan tehtäväluettelo TATE-18:n mukaisessa järjestyksessä	10
6.1	Tarvesuunnittelu	11
6.2	Tarvesuunnitteluvaiheen tietomallinnus	11
6.3	Hankesuunnittelu	12
6.4	Hankesuunnitteluvaiheen tietomallinnus	13
6.5	Ehdotussuunnittelu	14
6.6	Ehdotussuunnitteluvaiheen tietomallinnus	15
6.7	Yleissuunnittelu	16
6.8	Yleissuunnitteluvaiheen tietomallinnus	16
6.9	Toteutussuunnittelu	17
6.10	Toteutussuunnitteluvaiheen tietomallinnus	18
7	Hankkeen toteutusmallin vaikutus suunnittelun etenemiseen	19
8	Eri suunnitteluvaiheissa tuotettu tietosisältö ja hyödyntämismahdollisuudet	22

8.1	Tarve- ja hankesuunnittelu	23
8.2	Ehdotussuunnittelu ja yleissuunnittelu	24
8.3	Toteutussuunnittelu	25
9	Tietomallisisällön hallinta eri suunnitteluvaiheissa	25
9.1	Suunnitteluvaiheiden tietomallitasot	27
9.2	Tietomäärän kasvu ja sen hyödyntäminen	28
9.3	Tietomallisisällön tarkkuustasomäärityksen merkitys	30
9.4	Tietosisältö eri suunnitteluvaiheissa ja oikea-aikainen hyödyntäminen	32
10	4D-aikatauluksen esittely	32
10.1	Esimerkkejä 4D:n käyttämisestä erityyppisissä toimialoissa	33
10.2	3D- ja 4D-mallinnuksen eroavaisuudet	34
11	4D-mallinnusohjelmistot	35
11.1	3D-mallin luonti ja rakennuksen tietomalli	36
11.2	SimpleBIM-ohjelmisto tietosisällön kasvattamiseen	36
11.3	Synchro Pro- mallinnusohjelma aikataulutukseen	39
11.4	Synchro IRay-ohjelmistolla todenmukaisia animaatioita	39
11.5	Sketchup-ohjelma mallin luomiseen	39
12	4D-aikatauluksen hyödyntäminen suunnittelun aikataulusuunnittelussa.	40
13	4D-aikataulutuksen hyödyntäminen rakentamisen ohjauksessa	42
13.1	Tarkistettavia asioita aikataulun rungoksi	43
13.2	Varautuminen hankkeen häiriötilanteisiin aikataulusuunnittelussa	45
14	Hanketta ohjaavia aikataulumalleja	46
14.1	Jana-aikataulu	46
14.2	Suunnittelun ohjaukseen liittyvä rakentamisen aikataulu	46
14.3	Suunnittelupuolen aikataulut	47
14.4	Yleisaikataulu	48
14.5	Hankinta-aikataulu	48
14.6	Talotekniikka-aikataulut	48
14.7	Projektin loppuvaiheen aikataulut	49

15	Aikataulujen esittäminen animaation kautta	49
	15.1 Rakentamisen aikataulun kuvaaminen animaation kautta	49
	15.2 Kuinka rakentamista esittävä animaatio luodaan	50
16	Vaihtoehto aikataulun laadintaan 4D-mallinnuksen avulla	51
17	Jatkotutkimusaiheita	53
18	Yhteenveto	54
	Lähteet	56
	Liitteet	
	Liite 1: SyncroPro:n kautta luotu aikataulukaavio	

Lyhenteet

- 3D-malli: Rakennuksen kolmiulotteinen malli.
- 4D-malli: Rakennuksen 3D-malliin yhdistettynä aika.
- 5D-malli: Rakennuksen 3D-malliin ja massaan yhdistettynä kustannustieto.
- IFC: Industry Foundation Classes. Rakennusalaalla käytetty standardi, jolla siirretään tietoa ohjelmistosta toiseen.
- BIM: Building Information Modeling. Virallinen lyhenne rakennuksen tietomallista.
- RT: Rakennustieto - kortistot
- MRL: Maankäyttö- ja rakennuslaki
- KSE: Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot
- TATE: Talotekniikka
- TATE18: Talotekniikan tehtäväluettelo 18
- YTV-2012: Yleiset tietomalli vaatimukset 2012

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön lähtökohtana on ollut lopputyön tekijän 26-vuoden työuran ajalta saatu kokemus sekä tieto erilaisien tietomallipohjaisten menetelmien suunnittelukäytännöistä. Tietomallien käsittely ja hyödyntäminen ovat vuosien saatossa muuttuneet laajemmaksi kokonaisuudeksi sekä laajentunut uusille osa-alueille osana palvelutarjontaan. Tämän opinnäytetyön tekijän uran ensimmäiset työt sisälsivät erilaisten LVI-objektien sekä kokonaisten järjestelmien piirtämistä kolmiulotteeseen tilaan. Piirustuksia tulostettiin tarkasteltavaksi suunnittelijoiden keskinäisiä yhteensovitus tarkasteluja varten tai havainnollistamaan ratkaisuehdotuksia kokouksissa. Edellä mainitut työtehtävät ovat myöhemmin alan kehittyessä saaneet nimityksen, tietomallinnus. Tietomallinnuksen kautta luodaan visuaalisen esityksen lisäksi tietomallisisältöä, jonka hyödyntämistä kehitetään jatkuvasti eteenpäin. Nykyisin vaatimukset ja edellytykset rakentaa tietynlaisia määräysten täyttäviä rakennuksia ovat kasvaneet. Tietomallisisällön hyödyntäminen on osaltaan tuonut mahdollisuuden tarjota vastauksia kasvaneisiin vaatimuksiin uusien palvelutarjoajien myötä, ja ohjaamaan tarvittaessa suunnitteluprosessin kulkua.

3D-mallinnuksen ympärille on kehittynyt käsite BIM (building information model) ja suunnittelun tietomallin yhteensovitukset ovat osa projektin hallintaa. Tietomallinnussisällön hyödyntäminen eri osa-alueilla on jatkuvassa kehityksessä ja tätä taustaa vasten valitsin lopputyön aiheaihepiiriksi tietosisällön hyödyntämisen 4D-aikatauluksesssa.

1.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Taloteknisen suunnittelutyön tietomallisisällön hallinta suunnitteluvaiheissa sekä soveltaminen edelleen 4D-mallinnuksen kautta tarkoittaa sitä, että hankkeessa tehdään tarkastelua annettujen lähtötietojen kautta, esimerkiksi tietomallisisällön avulla. Mallinnuksen avulla laaditaan erilaisia analyysejä helpottamaan

hankkeen seuraamista sekä ohjaamista. Tutkimustyössä tarkastellaan toisin sanoen sitä, teemmekö me tietomallinnuksessa myös sellaista työtä, jota on mahdollista hyödyntää laajemminkin suunnitteluvaiheessa. Haen työssäni vastauksia seuraaviin aihekokonaisuuksiin;

1. Mitkä ovat tietomallin tietosisällön hyödyntämismahdollisuudet eri suunnitteluvaiheissa
2. Vastaako tietomallisisällön määrä kulloisenkin suunnitteluvaiheen tarpeita?
3. Voidaanko tietomallinnuksen kautta luotua tietomallisisältöä hyödyntää 4D-mallintamisella kautta tehtävässä suunnittelutyössä ja sen ohjauksessa?

Mikäli suunnitteluvaiheissa laaditaan pääsääntöisesti aineistoa tietomallinnuksen kautta, tulee paljon sellaistaakin tietomallisisältöä, joka voi jäädä turhaksi, mutta jossa on potentiaalia nykyistä laajempaakin hyödyntämiseen.

1.2 Työn rajaus

Työ on rajattu koskemaan vain suunnitteluvaiheita ja tietosisällön avulla tehtäviä suunnittelu- ja mallinnusta eri ohjelmilla. Tietomallisisältöä voidaan käyttää nykypäivänä monipuolisesti, joten tässä työssä tarkastellaan vain 3D-tietomallin hyödyntämistä ajan funktion kautta. 4D-aikataulustusta on käytetty perinteisesti rakentamisen aikana, ja on aihetta selvittää, saadaanko tämän tuoteosasuunnittelun kautta myös suunnitteluvaiheessa tärkeää tietoa hankkeen eduksi.

2 Opinnäytetyön lähtökohdat

Opinnäytetyöaiheen perusta pohjautuu rakennushankkeiden toteuttamiseen liittyvien kirjallisuusaineistoihin, joista on koottu tietoperusta työlle.

Rakennushankkeiden aikataulut on aina ollut läsnä, kun projekti on käynnistetty. 3D-mallinnusta ja sen sisältämää tietosisältöä on perinteisesti käytetty vain suunnittelutyössä. Tietosisältöä on mahdollista hyödyntää laajemmin ja tässä työssä tutkitaan hankkeiden 3D-malliin yhdistettyä aikataulua (4D-mallin) tietosisällön kautta. Tulevaisuudessa erilaisten tarpeiden kasvu rakennushankkeen valmistelemissä vaiheissa voi tuoda uusia tarpeita hyödyntää saatavaa tietoa. (Saavalainen 2015: 11.)

Tässä työssä tutustaan suunnitteluprosessiin ja tehtäväsisältöihin, minkä tarkoitus on kertoa lukijalle suunnitteluprosessin kulkua ja sen pääkohdat. Todetaan vielä, että hankkeiden toteutus- ja etenemistapoja on erilaisia. Lukijalle on tarkoitus antaa käsitys suunnitteluprosessin etenemisen merkityksestä hankkeiden aikataulutuksesta.

4D-mallinnuksessa sekä – aikataulutuksessa täytyy olla käsitys suunnitteluprosessin kulusta sekä siitä, miten tietomalli ja sen tietomallisisältö määrittyvät suunnitteluprosessin aikana. 4D-mallinnusta on käytetty perinteisesti silloin kun hanke on siirtynyt tuotantovaiheeseen. Tuotantovaiheessa 4D-mallin avulla on laadittu erilaisia tuotantoa ohjaavia aikatauluja. Tässä lopputyössä tarkastellaan tilanteita, joissa 4D-mallin aikataulusta olisi hyötyä, kun suunnitteluvaiheet ovat vielä käynnissä. (Dahlgren 2017: 37.)

Henkilöhaastattelut on tehty Granlund Oy:n 4D-suunnittelutyön parissa toimivien ihmisten kanssa. Haastatteluissa oli käyty läpi 4D-aikatauluksen taustoja, toimintaa sekä siitä mihin 4D-mallia on pääsääntöisesti käytetty tähän mennessä. Haastattelujen kautta perehdytään 4D-mallin käytettäviin sovelluksiin ja kuinka tuotettua tietomallisisältöä jalostetaan edelleen hyödynnettäväksi. Tavoitteena on tuoda esille myös uusia tietosisällön hyödyntämismahdollisuuksia 4D-mallin palvelusisältöön.

3 Tietosisällön merkitys suunnittelussa

Tietomallinnus ja sen sisältö ovat avainasemassa suunnittelutyössä. Tietomallinnus kuvastaa sitä työtä tai tehtävää, jossa tietokoneen ja eri ohjelmien avulla luodaan kohteen tietosisältö sekä sen suunnitellun tiedon visuaalinen ulkoasu. Tietosisällön voidaan kuvata olevan yksityiskohtaisempi tieto objektista tai järjestelmästä. Objekti tietona voi olla laskentaan perustuva arvo tai se voi olla materiaalivalintaan liittyvä tieto. Suunniteltujen objektien tietoihin voidaan lisätä edelleen tietosisältöä käyttötarpeen mukaan, jolloin hyödyntämismahdollisuuksia saadaan lisää. (Ojala 2023.)

Tietomallinnus on alkujaan ollut enemmän visuaalisten esitystapojen laatimista ja niiden yhteensovittamista. Esimerkkinä voidaan mainita ohjelmalla luotu ilmanvaihtokone, joka sijoitetaan tiettyyn tilaan. Yhteensovittustarkastelulla on voitu samalla tarkastella, miten muu tekniikka saadaan sijoitettua samaan tilaan. Kun rakennukseen on saatu mallinnettua kokonainen järjestelmä, voidaan puhua jo laajemmasta tietosisällöstä. Tietosisältö kuvaa järjestelmään sisään syötetyt ilmanvaihdon päätelaitteet, kanavat, kanavaosat- ja tuotteet, jolloin massalaskentaohjelmalla voidaan tehdä määräluettelo. Määräluettelon avulla päästään tarkastelemaan mitä järjestelmä maksaa ja jopa, miten kauan sen asentaminen vie aikaa. (Niemi 2019: 16.)

Tietomalliin syötettyä tietoa rakennusmassasta, rakennuksen tekniikoiden määrästä ja niiden asennussijainnista rakennuksessa, voidaan hyödyntää aikataulujen laadinnassa ja rakentamisen ajan määrittelyyn liittyvissä tehtävissä. Voidaan myös tutkia vaihtoehtoisia ratkaisuja ennakolta ja nähdä, vaikuttavatko ne rakentamisen järjestyksen muuttamisen lisäksi kokonaisaikatauluun. Voidaan myös puhua aikataulun optimoimisesta. (Niemi 2019: 27.)

Suunnittelua pyritään ohjaamaan selkeillä suunnitteluvaiheilla, jolloin suunnitteluasiat pysyvät oikean suuntaisena ja asioita tehdään oikeassa järjestyksessä. Tätä varten on luotu taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo 18, josta käy-

tään lyhennystä TATE-18. Kaikki hankkeessa määriteltävä tieto ei ole suunnitteluvaiheen alussa käytettävissä, vaan vaihe kerrallaan sitä täydennetään ja tarkennetaan. Tehtäväluetteloon ja sen merkitykseen tietomallisisällön laatimisessa tutustutaan kappaleessa 7. (RT-11290 2017: 1.)

4 Suunnittelun tehtäväluettelo TATE18

Tehtäväluettelon avulla on tarkoitus määritellä talonrakennusta koskevien taloteknisten suunnittelutehtäväsisällön laajuus. Talotekniikkaan sisällytetään lämmitys-, vesi- ja viemäri- sekä ilmanvaihtojärjestelmät, rakennusautomaatio sekä sähköjärjestelmät. LVI-tekniikkaan sisältyvät lisäksi sprinklerijärjestelmät. (RT-10-11290: 1.)

Tehtäväluettelolla on useita käyttötarkoituksia. Luettelon avulla voidaan valita hankevaiheittain suorittajat, määritellä projektissa käytettävät hankkeet sekä lisätehtävät mitä eri vaiheissa tehdään perustyön lisäksi. Valmis tehtäväluettelo liitetään osaksi suunnittelusopimusta, ja se on siten myös sopimusasiakirja, jossa määritellään, mitä hankkeessa tehdään ja mitä hankkeeseen osallistuvilta odotetaan. (RT-10-11290: 1.)

4.1 Ennen hankkeen aloittamista

Ennen hankkeiden käynnistymistä määritellään hankkeen vaiheet ja niissä olevat suunnittelutarpeet. Edellisessä kappaleessa mainitun tehtäväluettelon on tarkoitus auttaa tätä prosessia. Tilaajapuoli määrittelee suunnitteluprosessin laajuuden sekä mitä hankkeessa kuuluu tehdä. Kun tehtäväsisältö on selvitetty, laatii suunnittelija tarjouksen annetuista tehtävistä. Tämä vaatii eri osapuolilta hyvää tuntemusta suunnitteluvaiheista ja tehtäviin kuluvasta ajasta. (RT-10-11290: 2.)

4.2 Suunnittelutehtävänimikkeet

Hankkeissa on useita erilaisia tehtäviä jaoteltuna eri vaihenimikkeiden alle. Nimikkeet kertovat myös tekijöille mistä tehtäväsisällön kokonaisuudesta on kyse. Hankkeiden sisälle on voitu myös valita erinäisiä lisätehtäviä, jotka on suoritettava hankkeessa. (RT-10-11290: 2.)

Osapuolten on hyvä käyttää aikaa siihen, että valitsee hankkeelle oikeat tehtävät. Osa tehtävistä on valmistelevia tehtäviä rakennusvalvonnalle, ja ne liittyvät rakennuslupavaiheen läpiviemiseen. Tehtäväluettelon tarkoitus on myös varmistaa, että hanke noudattaa hyvää suunnittelunormistoa ja suunnitelmallista etenemistä, joilla varmistuu, että tehtävät tulevat tehtyä oikea-aikaisesti. Suunnitteluvaiheiden päättyessä voidaan tarkastella, onko hankkeelle asetetut tavoitteet saavutettu ja jos on, niin silloin jatkaa seuraavan vaiheeseen. (Koskela 2021: 48.)

Suunnitteluvaiheen vaihtuessa seuraavaan siirrytään välitarkasteluvaiheeseen, jossa tilaajaosapuoli tarkastelee saatuja tuloksia. Välitarkastusvaihe antaa tilaajalle tai rakennushankkeeseen ryhtyvälle mahdollisuuden tarkastella, onko hanke kokonaisuudessaan saavuttamassa hankkeen alussa asetettuja tavoitteita.

5 Tietomallisisältö ja tietomallinnus

5.1 Tietomallisisällön käyttö suunnitteluvaiheissa

Talotekniikan tehtäväluettelossa on maininta, että suunnittelija osallistuu rakennuksen tietomallin suunnitteluohjeen laadintaan. Usein tilaajalla tai tilaajaorganisaatiolla on tietomallin suunnitteluohje, jota eri osapuolilla on yleensä mahdollista kommentoida. Sitä täydennetään tarvittaessa kohteeseen sopivaksi, ja samalla suunnittelijat tuovat mukaan omia toimivia suunnittelukäytäntöjään. Tietomallisuunnittelun ohjeena ja tarkkuustason määrittelyssä on lähtökohtaisesti käytetty yleistä tietomallinnusvaatimusta eli YTV-2012:ta. Käytettäessä YTV-

2012-ohjetta on mahdollista selkeyttää työmäärää, kun tiedetään tavoiteltava tarkkuustaso. (Dahlgren 2017: 13.)

Tietomallisisältö on kasvanut laajemmaksi kokonaisuudeksi, ja se ei enää ole pelkästään kolmiulotteisten objektien esitystavan esittämistä. Hyödyntämismahdollisuudet ovat laajentuneet rakennusmassan tiedon hyödyntämiseen eri sovelluksissa edelleen suuntaan, jossa datasta voidaan arvioida kustannusrakennetta, rakentamisen vaiheistusta, aikataulua sekä laatia erilaisia animaatioita esittämään rakentamisen etenemistä suhteessa aikatauluun. Tietosisältöä hyödyntämällä voidaan saada lisätietoa rakentamisen ja suunnittelun ohjaukseen. (Ojala 2022.)

Rakentamisvaiheen aikana tapahtuvien asioiden ennustaminen tai toteuman seuraaminen antaa arvokasta tietoa rakennushankkeelle. Ennustamisella pyritään löytämään kustannuksia sekä rakennusaikaa säästäviä toimenpiteitä. Voidaan myös etsiä rakentamisen järjestämiseen ja sen logistiikkaan toimivia toimintatapoja. Toteuman seuraaminen antaa tietoa, kuinka hanke on tarkasteluajankohtaan asti edennyt ja onko tavoitteessa pysytty. Toteuman seuraamisella voidaan myös tarkastella kustannustason kehitystä. Nämä antavat mahdollisuuden optimoida rakentamiseen kuluvaa aikaa ja välttää hukkatyön tekemistä.

Hukkatyön vähentämisen filosofiaa on myös Lean-toimintamalliajatus. Lean-toimintamalli tarkoittaa koko työprosessin aikana hukkatyön vähentämiseen pyrkivää ajatusmalliin. Lähtökohtana on, että rakennushankkeissa ja sen suunnittelussa tehdään vain sellaista työtä, jolla on hankkeen etenemisen kannalta tarvetta siinä ajan hetkessä. (Helskä 2017: 19–20.)

Laadittaessa hankkeelle tasopiirustuksia kolmiulotteisena, se on käytännössä tietosisältöä sisältävää mallinnusta. Tietomallinnus ei ole pelkkää piirtämistä vaan se vaatii pohjaksi suunnittelutyötä, joka voi olla laskentatyötä tai mitoitusta tilatarpeiden kautta. Kun suunniteltu objekti saa visuaaliseen avaruuteen koon, muodon, painotiedon sekä sijaintitiedon, voidaan tuo tieto hyödyntää edelleen. Tiedon hyödyntämismahdollisuus on esimerkiksi määrälaskenta, joka antaa

pohjan kustannuslaskentaan sekä tarvittavien aikataulujen määrittelyyn.
(Niemi, 2019: 21–22.)

Talotekniikan suunnittelija määrittelee objektin, esimerkiksi ilmanvaihtokoneen tai ilmanvaihdon päätelaitteen. Usein sen sisälle on annettu useita mitoitus-tietoja. Osa tiedoista tulee suoraan ohjelmaan määritellyn järjestelmän mitoitus-tietojen kautta ja osa varsinaisen objektin malliin asettamisen yhteydessä. Näitä voivat olla järjestelmämitoituksen laskenta-arvot. Kun järjestelmä on mallinnettu tarkoituksen mukaiseen tasoon, saadaan mitoitusohjelmalla edelleen tietoa, ovatko arvot ennalta asetetun tavoitteiden tasolla. Aiemmassa esimerkkitapauksessa ilmanvaihtojärjestelmästä saadaan tieto kokonaisilmamäärästä, järjestelmän vaatimasta painehäviötasosta sekä koko järjestelmän säätöarvoista. Kaikki edellä mainitut asiat ovat esimerkkejä tietosisällöstä, jota saadaan suunnittelu-työstä.

5.2 Leikkauskuvat tietomallinnuksen apuna

Tietomallinnus on tuonut uusia tapoja tehdä tilasuunnittelua. 3D-mallinnus ei aina ole osoittanut käyttökelpoiseksi työkaluksi, mikäli sitä käytetään ainoana tapana tarkastella suunnitteluratkaisuja. Siihen on tarjolla työkaluksi leikkauskuvien laadinta, joka on vanha käyttökelpoinen tapa varmistaa todelliset tilatarpeet, tekniikan sijoittelut, asennusjärjestysasiat sekä tekniikoiden huoltotarpeet. Leikkauskuvilla tehtävää tarkastelua on hyvä käyttää tilanteissa, joissa halutaan varmistaa suunnitteluratkaisun toteutusmahdollisuus. Leikkauskuvien laadinta on nopea tapa varmistaa, että tilat riittävät valituille teknisille ratkaisuille. Hyvin laadittu leikkauskuva nopeuttaa myös 3D-mallinnustyötä, kun yhteensovitusta on tehty suunnitteluratkaisujen etsimisen yhteydessä. (Kontturi 2016: 35.)

5.3 Vakioidun tietomallisisällön merkitys

Tietomallisisällön määrä on kasvanut sellaiselle tasolle, että sen hallinnassa on koettu olevan jo hankaluuksia. Lisäksi rakennusvalvonta oli esittänyt kiinnostuk-

sen toteuttaa kehitysprojekti, jossa yhtenä aiheena oli tarkastella, kuinka tietomallisisältö voitaisiin ottaa osaksi suunnitteluprosessin seuraamista rakennusvalvonnassa sekä osana rakennusvalvonnan seurannan automatisointia. Nämä kaksi asiaa yhdistettiin RAVA3PRO-hankkeeseen, jossa eri asiantuntijat sekä useat kunnat olivat edustettuina (Rava3pro, 2023.)

Tulokset on julkistettu vuoden 2023 aikana RAVA3PRO-verkkosivulla. Hankkeessa kehitettiin tietosisällön hallintaan selkeitä käytäntöjä ja nimikkeitä, joilla tietosisällön hallinta on helpompaa ja yhdenmukaisempaa. Tietosisältö tarkoittaa käytännössä sitä, että tilanimikkeet ja objektien nimet yhdenmukaisesta koko suunnittelualalla, ei pelkästään meneillään olevan hankkeen sisällä, ja tämä puolestaan vakioi tietosisältöä. (Jääskeläinen 2021: 15–16.)

Tietosisällön termistöä on pyritty muuttamaan suomenkieliseksi ainakin ryhmitelyjen osalta. (Rava3pro, 2023). Suomennettuja termejä ovat esimerkiksi

- Ominaisuusryhmä, engl. Property Set
- Ominaisuus, engl. Property
- Ominaisuuksien arvot, eng. Measure

Ominaisuusryhmällä tarkoitetaan tiettyyn ryhmään kuuluvia ja tiettyjä ominaisuuksia sisältäviä laitteita. Esimerkiksi ilmanvaihtokone tai kanavat voivat olla ominaisuusryhmiä. Ominaisuus kuvaa tietoa mikä laitteeseen on syötetty. Esimerkiksi mittatieto tai materiaalitieto ovat ominaisuustietoja. Ominaisuuksien arvot ovat esimerkiksi laskentaperusteiden tietoa, joka voi olla virtaustieto tai painehäviö arvo kanavassa.

Vakioitu tietosisältö on merkittävä kehitysaskel suunnitteluprosessin kulun hallinnassa ja tämän merkitys kasvaa tulevaisuudessa, kun tietosisällön käyttö suunnitteluprosessin kulussa laajenee uusille osa-alueille. Vakioitu tietosisältö tuottaa käytännön hyötyä käyttäjälle. Tämä nopeuttaa työn suoritusta, koska yhdenmukaistettu nimikkeistö luo yhtenäiset käytännöt suunnittelutyöhön.

Tietomallien hyödyntämistä rakennusvalvonnan lupaprosessia on tutkittu jo aiemmin. On olemassa mahdollisuus tehdä myös määräystentarkastusanalyysijä rakennusvalvonnan käyttöön, jolloin voidaan tutkia suunnittelutyön asetusten- ja määräysten mukaisuutta. Tietomallin kautta on mahdollista luoda kiinteistön järjestelmärekistereitä sekä auttaa järjestelmien ylläpitoa.

6 Suunnitteluvaiheet talotekniikan tehtäväluettelo TATE-18:n mukaisessa järjestyksessä

Ennen varsinaisen toteutussuunnittelutyön aloittamista tulee tehdä selvityksiä, laskelmia ja teknisten ratkaisujen vaihtoehtotarkasteluja. Alkuvaiheessa etsitään rakentamiseen liittyviä vastauksia kysymyksiin mitä rakennetaan, miksi rakennetaan ja milloin rakennetaan. Kun näihin on saatu vastaukset, voidaan hankkeessa siirtyä seuraavaan vaiheeseen. Tarkoituksena on antaa päättäjille hankkeen toteutukseen liittyviä vastauksia, kuinka hanke on taloudellisesti kannattava sekä millä tavalla siihen päästään. (RT-10-11290: 1.)

Tehtäväluettelon tarkoitus on toimia suunnittelijan perustehtävien runkona. Kohteessa voidaan joutua tekemään laaja-alaisempia selvityksiä, joihin on kaikkien osapuolten hyvä varautua.

Suomessa käytettävät suunnitteluvaihenimitykset ovat tarve- ja hankesuunnittelu, ehdotussuunnittelu, yleissuunnittelu sekä toteutussuunnittelu. Riippuen hankkeen toteutusmallista, voidaan suunnitteluvaiheita ajoittaa rakentamisvaiheeseen. Tämä koskee yleensä vain toteutussuunnitteluvaihetta, joka voidaan ajoittaa rakentamisen yhteyteen. Tällöin on kyse rinnakkaisesta suunnittelun ja rakentamisen hankkeesta.

Jokaisessa vaiheessa useita erikseen tilattavia lisätehtäviä. Lisätehtäviä ei tässä lopputyössä käydä läpi. Lisätehtävät palvelevat hanketta erityisesti silloin, kun kohde tunnistetaan poikkeuksellisen vaativaksi hankkeeksi, jolloin on tarvetta tehdä tarkempia selvityksiä.

6.1 Tarvesuunnittelu

Tarvesuunnittelua käytetään selvittämään rakentamiseen liittyviä tarpeita sekä kootaan hankkeen toteutustarpeen perusteluita. Tämä on hanketta selkeyttävä selvitysvaihe, jossa kuvataan, mitä tehdään ja rakennetaan ja mihin järjestelmään tehdään muutoksia. Taloteknisen suunnittelijan tehtävät ovat tyypiltään avustavia tehtäviä. Tarveselvityksessä suunnittelija laatii karkealla tasolla pääjärjestelmien teknisiä tilatarpeita ja laatii olosuhde- ja toiminnallisuuteen liittyviä selvityksiä. Talotekninen suunnittelija osallistuu kustannusennusteiden laadintaan sekä ottaa kantaa rakentamisen aikatauluun omalla suunnittelualallaan. Tarveselvityksen tarkoitus on antaa omistajalle perusteluja, joilla hanketta voidaan jatkaa seuraavissa suunnitteluvaiheissa. (RT-10-11290: 3.)

Tarvesuunnitelman yksi tehtävä on selventää korjausrakentamiseen liittyvää muutostyötä, jos ei tiedetä varmuudella mitä kaikkea hankkeessa on otettava huomioon.

Uudiskohteen ollessa kyseessä, voidaan joutua miettimään investoinnin kannattavuutta ja hyötynäkökulmia sekä sitä, millä vaihtoehdoilla päästään riittävään ja tarvetta vastaavaan lopputulokseen.

6.2 Tarvesuunnitteluvaiheen tietomallinnus

Tarvesuunnitteluvaiheessa on yleensä ollut vain vähäistä tietomallinnustarvetta. Usein tässä vaiheessa tehdään suunnittelutyö sanallisilla selvityksillä ja tasopiirustusesityksillä. Lopputulokset ovat yleensä laskelmien lopputuloksia sekä esityksiä tilatarpeista 2D-piirustusten avulla.

Asioita voidaan tarkastella halutessaan myös 3D-mallinnuksella. Tässä suunnitteluvaiheessa 3D-mallinnuksen avulla voidaan esittää teknisten asioiden tilatarpeita ja lisäksi, miten tekniset tilat sijoittuvat kiinteistöön ja millaisia ulkopuolisia työvaiheita se teettää hankkeessa. Taloteknisten asioiden tutkiminen 3D-mallin-

nuksen avulla vaatii yleensä tietomallin rakennuksesta tai vähintään tasopiirustuksia, joiden avulla kolmiulotteisten asioiden tutkimiseen saadaan tarvittavat taustatiedot.

3D-mallinnuksella voidaan rakentaa tietosisältöä tilanteissa, joissa tarkastellaan jonkin tilan toteutukseen menevää rakennustavaran määrää. Siten saadaan määriteltäviä kustannuksia sekä asennukseen kuluva aikaa. 3D-mallinnusta ei ole hyvä tehdä kuin pienelle osalle tiloja, ja etenkin silloin kun tietyn tyyppinen tila toistuu. Lisäksi on mahdollista saada vertailutietoa eri toteutusratkaisujen välillä.

6.3 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitelmaan kirjataan tarvesuunnitteluun verrattuna hieman tarkemmin tilaajan lähtötietoja ja tavoitteita seuraava suunnitteluvaihe. Tässä suunnitteluvaiheessa on tarkoitus kerätä tietoja sekä suunnittelutavoitteita päätöksien tueksi. Mikäli tarvesuunnittelu on laadittu pohjaksi hankesuunnittelulle, niin tässä tarkennetaan edellisen vaiheen päätöksiin johtaneita selvitysaikavaiheita sekä tarkastellaan tavoitteita. (RT-10-11290: 4.)

Rakennuspaikan kelpoisuutta arvioidaan tässä suunnitteluvaiheessa. Tässä suunnitteluvaiheessa arvioidaan, soveltuuko tontti rakentamiseen sekä sitä, onko itse rakennus rakennettavuuden osalta kunnossa. Tontin ympäristön talotekniset infrapuolen valmiudet käydään läpi kaupungin kanssa. Lisäksi selvitetään mitä asioita on tehtävä, joilla mahdollistetaan rakennuksen vaatimat ulkopuoliset järjestelmät. Tässä suunnitteluvaiheessa tehdään kattava määrä laskentatyötä, jossa kohteen energiakulutus, ympäristökuormitusten sekä rakennuksen sisäilman olosuhdearvot määritellään. Näiden laskelmien pohjalta voidaan luoda edelleen talotekniset suunnittelutavoitteet jatkosuunnitteluvaiheiden pohjaksi. Tavoitteena on vähentää yllätyksiä tulevaisuudessa, kun hanke etenee suunnittelutyössä eteenpäin.

Hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään tilatarpeita taloteknisten kuilujen sekä teknisten laitetilojen osalta. Näin tulee luotua arkkitehdin tilaohjelmaan tarvittavat tilat taloteknisille järjestelmille. Pääjärjestelmät ja vaihtoehtoiset toteutusratkaisut voidaan listata hankeselvityksessä. Yleensä luodaan myös yleismääritellyt käytettävistä materiaaleista vaihtoehtoinen. Talotekninen suunnittelijan rooli korostuu aikaisempiin suunnitteluvaiheisiin verrattuna, koska tässä vaiheessa tulee tehdä tarkastelua hyvin laaja-alaisesti eri vaihtoehtojen välillä.

Hankesuunnittelussa asetetaan täsmällisiä tavoitteita eri aiheille kuten laajuus, kustannustaso ja ylläpito. Tässä vaiheessa tarkastellaan myös kohteen toimivuutta ja laatua. (Konsta 2019: 9.)

Edellä mainitut aiheet tarkastellaan vielä aikataulutekijöiden kautta ja niille asetetaan tavoitteet. Rakentamisen aikataulu on sidoksissa kustannustason määrittelyyn, jossa urakkamuodolla ja rakentamisen ajankohdalla on myös merkitystä.

6.4 Hankesuunnitteluvaiheen tietomallinnus

Hankesuunnittelussa on tarkoitus tarkastella annettujen tavoitteiden pohjalta tulevaa toteutusta sekä tehdä vertailuja eri ratkaisujen välillä. Tämän vaiheen jälkeen tulisi olla käsitys, millaisilla ratkaisuilla kohdetta lähdetään toteuttamaan sekä millaisia tilatarpeita tarvitaan teknisille järjestelmille. Tarvittaessa voidaan määrittellä perusratkaisuja tyypillisistä tiloista.

Mikäli hankkeessa koetaan tarpeen tutkia asioita tarkemmin visuaalisen suunnittelun kautta, voidaan tämä tehdä 3D-mallinnuksella. Tällöin on mahdollisuus tarkastella hankesuunnittelussa määriteltujen ratkaisujen toteutusta ja asetettuja tavoitteita. 3D-mallinnuksen käyttäminen kohteen tarkastelussa on aikaa vievää, ja ajan säästämisen vuoksi voidaan rajata tutkittavia asioita niihin kohtiin mitkä ovat oleellisia hankkeen kannalta. Yleensä näitä ovat kuilut, käytävät ja yleisaulatilat mistä halutaan tarkastella tilatarvetta tai lopullista ilmettä pintojen suhteen.

Liian suppea tarkastelu voi antaa puutteellista tietoa kokonaisuudesta, mutta liian tarkasti tehty tarkastelu johtaa siihen, että kohde voidaan toteuttaa mahdollisesti vain tietyllä tavalla tai tietyillä tuoteosilla. Hankesuunnittelussa liian tarkka suunnittelu sitoo hankkeen seuraavat vaiheet vain yhdenlaisiin ratkaisuihin. Hankesuunnitteluvaihe on liian varhainen vaihe suunnitella tarkasti, mikäli suunnittelun lähtötiedot ovat lukitsematta. Kokonaisuutena tämä vaatii suunnittelijoilta ja työn tilaajalta laajaa osaamista ja ymmärtämistä teknisten asioiden riippuvuuksista toisistaan. Lopputuloksena on kuitenkin mahdollista saada hyvää tietoa ratkaisun löytämiseksi kulloiseenkin tarkasteltavaan tilaan tai kokonaisuuteen.

6.5 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnitteluvaihe käynnistää varsinaisen suunnittelutyön, jossa syntyy konkreettisia suunnitteluratkaisuja esitettäväksi. Ehdotussuunnittelussa selvitetään ne tekniset vaihtoehdot, joilla kohde voidaan toteuttaa ja saavuttaa suunnittelutavoitteet. Vaiheen aikana käydään toteutusvaihtoehtoja läpi asennusteknisessä mielessä. Laajuus voi käsittää mallihuoneita, käytäväratkaisuja, tiettyä rakennussiipeä sekä talotekniikan käyttöön varattuja tiloja sekä kuiluja. Tässä suunnitteluvaiheessa ei ole tarkoituksenmukaista esittää ratkaisuja koko kerrokseen eikä myöskään koko rakennuksen. Ehdotussuunnitteluvaiheen tarkoituksena on tarkastella, miten aiemmissa vaiheissa tehdyt päätökset voidaan ratkaista suunnittelutyön kautta. (RT-10-11290: 9.)

Tässä suunnitteluvaiheessa on hyvä sopia tarvittavat tarkennukset suunnittelutyössä käytettäviin CAD- ja tietomallinnusohjeisiin. Ne toimivat suunnittelua ohjaavana ohjenuorana loppuun asti. Ehdotussuunnitteluvaiheessa sovitaan myös laitteiden nimeämiskäytännöistä, joka selkeyttää tietomallin laatimista, seuranta sekä helpottaa suunnittelutyötä. Tämän tarkoitus on vähentää sekaannuksia suunnittelutyössä. Osapuolten on lisäksi sovittava siitä, että käytetäänkö yleistä tietomallivaatimusta YTV-2012 vai onko hankkeessa käytössä muu vastaava

tietomallinnustarkkuutta kuvaava ohjeistus. Tällä varmistetaan tarpeenmukainen tarkkuustaso mitä tietomallinnuksen visuaalisessa esityksessä noudatetaan. (Konsta 2019: 27.)

Arkkitehti ja tilaaja voivat antaa uusia käyttäjälähtöisiä tarkastelutehtäviä, jolloin tekniikkasuunnittelijat tarkastelevat reunaehtojen mukaisesti toteutusvaihtoehtoja. Tavoitteet ja reunaehdot määriteltiin suunnitteluprosessin alkuvaiheessa, tarve- ja hankesuunnitteluvaiheessa. Tällä tavoin on osapuolilla mahdollista tarkastella toimivaa ja optimaalista ratkaisua ja mitkä ratkaisut vaikuttavat hankkeeseen suotuisasti aikataulun ja taloudellisen vertailun tekemiseksi. (Muukkonen 2020: 15.)

6.6 Ehdotussuunnitteluvaiheen tietomallinnus

Ehdotussuunnittelun aikana on tietomallinnus usein jo käytössä, vaikka perussuunnittelu tehdäänkin usein tasokuvien ja leikkauskuvien kautta. Tietomallinnuksen kautta on mahdollista tehdä tarkasteluja sovittujen vaihtoehtojen pohjalta. Aiemmissä vaiheissa tehdyt järjestelmä-, tilatarve- sekä reittiratkaisut on tarkoitus esittää konkreettisesti mallintamisen kautta. Ehdotussuunnittelun aikana voi olla tutkinnassa useampiakin ratkaisuvaihtoehtoja, joista valikoituvat kohteeseen toimivimmat ratkaisut edelleen kehitettäväksi.

3D-mallinnuksen etu tässä suunnitteluvaiheessa tulee esiin siten, että asioita voidaan tarkastella todellisilla tilatarpeilla visuaalisessa ympäristössä. Tämä toki edellyttää sen, että tuoteosasuunnittelu on ollut täsmällistä ja oikeaan tietoon perustuvaa. Vaikka tietomalli on ulkoisesti hyvän näköinen, se ei automaattisesti tarkoita, että mallissa oleva tieto on oikeaa ja oikein suunniteltua. Objektien asennettavuuden on vastattava suunnitelmissa tehtyjä laskelmia, jolloin toteutuksen edellytykset varmistuvat.

Tässä suunnitteluvaiheessa tarkastellaan tarkemmin talotekniikkajärjestelmien pääreitit. Mitoitusarvojen kautta saadaan mitoitettua oikean kokoiset koneet, jolloin varmistuvat teknisten laitteiden tilatarpeet sekä niille varatut huoneet.

6.7 Yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheen tarkoitus on tutkia edellisen vaiheen ratkaisuehdotusten kehittämistä edelleen toteutuskelpoisiksi yleissuunnitelmiksi. Ehdotussuunnitelmassa esillä olleet ratkaisut arvioidaan vastaavatko ne asetettuja tavoitteita rakennettavuuden, kustannuksen ja alustavan varatun rakentamisen aikatauluun peilaten. Kohteen toteuttavuutta arvioidaan myös suojelunäkökulmien kautta, mikäli kohde on korjausrakentamisen kohde, mutta myös kaupunkikuvaa tarkastelu tullaan tarkastelemaan. Tarkasteltavaa on paljon myös tämän suunnitteluvaiheen aikana, kun vaikutetaan taloteknisiin ratkaisuihin. Tämä vaatii hyvää asioiden koordinoitua sekä tehtävien huolellista läpikäyntiä, ettei näitä tarvitse käydä myöhemmin rakennusvaiheen aikana läpi. (RT-10-11290: 13.)

Mikäli kohdetta ei ole tarkoitus suunnitella ensin loppuun ja vasta sitten aloittaa rakentaminen, voidaan rakennuskohde lohkoa ja vaiheistaa useilla erilaisilla tavoilla. Sisäpuolisia töitä on myös mahdollista jakaa suunnittelussa kiinteään perusosaan ja muuttuvaa tilaosaan. Lisäksi on käytössä nimike *puolikiinteä perusosa*. Yleissuunnitteluvaiheessa tulee käydä läpi hankkeen alustavaa toteutustapa, onko kyseessä ketjumallinen hanke vai rinnakkainen malli, jossa suunnitellaan sekä rakennetaan samaan aikaan. Lisäksi suunnittelun tarkkuustason määrittely eri alueille on käytävä läpi. Nämä kaikki vaikuttavat aikataulun rakentamiseen ja siihen, miten tilojen suunnittelua ohjataan hankkeen läpi. Yleissuunnitteluvaiheessa suunnittelijan täytyy kuitenkin huolehtia siitä, että aiemmat pääjärjestelmäratkaisut ovat sijoitettavissa varattuihin tiloihin annettujen reunaehtojen mukaisesti. Talotekniikan osalta merkittävimmät aihepiirit ovat pääteknikkareitit kuiluissa ja käytävillä sekä teknisten tilojen tilatarpeet.

6.8 Yleissuunnitteluvaiheen tietomallinnus

3D-mallinnustehtävät ovat käytännössä saman sisältöistä kuin ehdotussuunnittelussa tehdyt tehtävät. Vaihtoehtotarkasteluja on mahdollisesti vähemmän tai muutamaa vaihtoehtoa edistetään pidemmälle. Kiinteät tilaosat suunnitellaan pidemmälle, millä varmistetaan tekniikan sijoitettavuus. Puolikiinteitä ja muuttuvia

tilaasia voidaan tarkastella 3D-mallinnuksella, jolla varmistetaan varattujen tilojen riittävyys. Tässä apuna voidaan käyttää myös leikkauskuvien laadintaa, joka on nopea keino varmistaa kuinka tilat riittävät esimerkiksi alakaton yläpuolella. Kohteissa on omat ominaispiirteensä, jotka määrittelevät hankkeen etenemistavat sekä kuinka laadullinen tarkastelu tehdään. (Rintala 2019: s.30-32.)

Tietosisältöä saadaan tuotettua yleissuunnitteluvaiheessa 3D-mallinnuksen kautta jo hyvinkin paljon. Sitä voidaan hyödyntää tilanteissa, joissa tietosisällön avulla tehdään hankkeessa muita tarkasteluja. Kun meillä on massapohjaista tietoa kohteesta, päästään tutkimaan tarkemmin hankkeen kustannuskehitystä sekä rakentamiseen tarvittavaa aikaa. Jokaista objektia, laitetta tai piirrettyä putkea ja järjestelmää on mahdollista hyödyntää siten, että tietosisältöä kasvatetaan kustannus- ja asennusaikatiedolla. Näin saadaan rakennettua aikataulu- raamia yksityiskohtaisemman aikataulun laadintaan varten.

6.9 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaihe kokoaa kaikkien edellisten vaiheiden aikaiset päätökset yhteensovitetuiksi suunnitelmiksi ja asiakirjoiksi. Toteutussuunnitteluvaiheen alkaessa on sovittu hankkeen toteutustapa sekä mahdolliset ositukset, joilla kohde toteutetaan. Toteutussuunnitteluvaiheessa voi olla mukana hankintoja palveleva suunnitteluvaihe. Hankintoja palvelevassa suunnitteluvaiheessa jaetaan usein suunnittelutehtävät siten, että osa suunnitelmista laaditaan urakan laitehankintakyselyä varten ja osa tuotantovaihetta varten. Tällöin on kyse rinnakkaisesta suunnittelun ja toteutuksen rakentamisen mallista. Mikäli hanke-malli on ketjumalli, laaditaan suunnitelmat omassa aikataulussaan valmiiksi ja ne toimitetaan toteuttajalle kohteen kustannuksen määrittelyä varten. (RT-10-11290: 18).

Toteutussuunnitteluvaiheessa on pidettävä huolta, että suunnittelua tehdään lähtötietojen pohjalta. Lähtötietoa saadaan tilaajalta ja käyttäjältä mutta myös edellisten suunnitteluvaiheiden päätösten kautta. Näin saadaan koottua tarpeelliset tiedot suunnittelutyön käynnistämiseksi. Kun siirrytään toteutusvaiheeseen,

on hyvä käydä läpi yleisaikataulun tuomat vaatimukset ja ottaa ne huomioon tarkempien aikataulujen laadinnassa. Osapuolten tehtävänä on pyytää lähtötietoja sekä täsmentää omia tarkentuneita tietoja muille osapuolille, jolloin suunnittelutyö etenee koordinoitusti ja oikeaan suuntaan määritellyssä aikataulussaan. Hankkeeseen voidaan laatia pohja tiedonvaihtoaikataulun laatimista varten, jota suunnitteli osapuolet voivat täydentää tarvittavilta osin. Samalla saadaan suunnitteluporrastukset ja -riippuvuustekijät esille sekä ymmärrystä siitä, ettei kaikkia suunnittelutehtäviä voida tehdä samaan aikaan.

Kaikkia lopullisia tietoja saadaan harvoin laadittua kerralla isoissa hankkeissa ja tähän ovat syynä monet asiat. Hanke voi olla toteutukseltaan vaiheittain rakennettava kohde, jolloin TATE-hankintaankin tähtäävät lopulliset suunnitelmat tulee jaettava rakennusvaihekohtaiseksi. Kohde voi koostua eri valmiustason perusosista, kuten kiinteistä ja muuttuvista perusosista, joista muuttuvat perusosat suunnitellaan myöhemmässä vaiheessa. Urakoitsijoilla voi myös olla hankkeissa mahdollisuus tehdä omaa tuoteosahankintaa ja tarjota suunnitteluarvoja vastaavia tuotteita. Tällä on voi merkitystä lopullisiin tilatarpeisiin, jotka tulee arvioida suunnittelun kautta ennen urakoitsijan laite-ehdotusten hyväksyntää. Tällä on merkitystä myös aikataulujen laadinnassa.

6.10 Toteutussuunnitteluvaiheen tietomallinnus

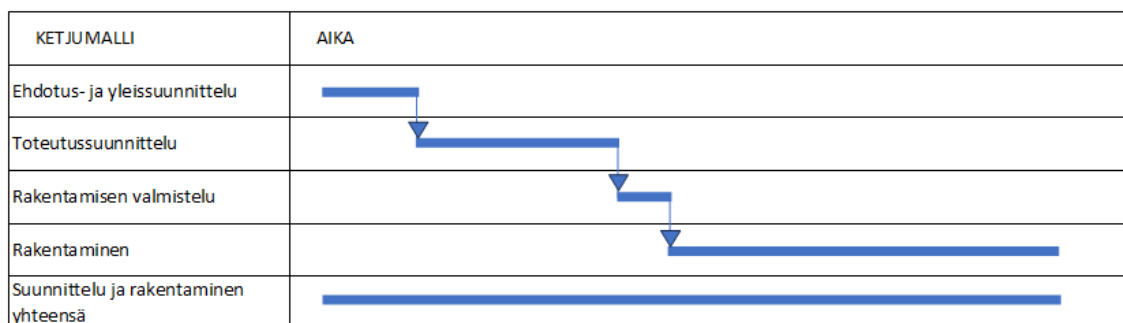
Tietomallinnus, johon sisältyy visuaalista suunnittelua sekä tietosisällön laadintaa, on vakiintunut toimintatapa toteutussuunnitteluvaiheissa. Voidaan myös puhua, että toteutussuunnitteluvaiheessa aiemmin tehdyt päätökset esitetään suunnitteluratkaisuin. Näin suunnitteluratkaisut ovat katsottavissa visuaalisessa kuin myös tietosisällöllisessä tarkastelussa. Toteutussuunnittelussa luodaan tietosisällölle runko, josta on mahdollista edelleen kehittää erilaisille sovel- luskehitysalustoja varten tarkempaa tietosisältöä. 3D-mallinnuksessa luodaan tietosisältö, jossa on tietoa laiteen perusominaisuuksista kuten materiaalista, koosta tai erilaisia mitoitus tietoja. Kun käytössä on vakioidut tietosisältömääri- tykset, on tuotteen tietoa selkeämpi käsitellä seuraavissa vaiheissa. Tämä puolestaan kasvattaa tietomallin käytettävyyttä ja täsmällisyyttä. Luotu tieto voidaan

käyttää sellaisenaan mm. 4D-mallinnuksessa, jossa tietoon lisätään aikaulottuvuus asennusajasta- tai ajankohdasta.

7 Hankkeen toteutusmallin vaikutus suunnittelun etenemiseen

Hankkeen kokonaisaikaan vaikuttaa suunnittelun lisäksi läpivientiin valittava toteutustapa. Toteutustapa voidaan jakaa karkeasti ketjumalliseen suunnittelun ja rakentamisen etenemismalliin tai rinnakkaismalliin, jossa suunnittelu- ja rakentaminen kulkevat rinnakkain. (Alkuvaiheen TATE-suunnitteluprosessi rinnakkaisen suunnittelun ja toteutuksen hankkeissa: 3.)

Ketjumallisessa etenemistavassa suunnittelu- ja rakentaminen muodostavat oman aikajakson hankkeen sisällä periaatteella ensin suunnitellaan ja sitten rakennetaan. Seuraava vaihe alkaa vasta edellisen päätyttyä (kuva 1). Janat muodostavat yhdessä kokonaisajan hankkeelle. Tätä voidaan pitää perinteisenä mallina, ja se on käytössä yleensä pienemmissä hankkeissa. Esimerkiksi se on käytössä projektijohtovetoisissa hankkeissa.



Kuva 1. Ketjumainen etenemistapa (RT 10-11225: 2.)

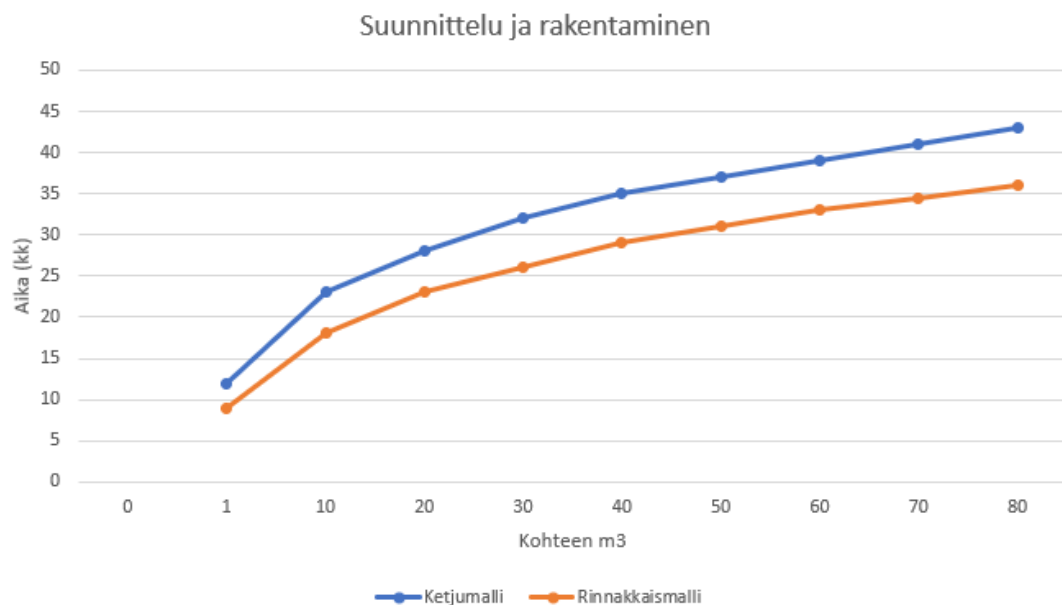
Rinnakkaisessa etenemistavassa rakennushankkeen kokonaisaika lyhennetään limittämällä hankkeen eri vaiheita. Tässä mallissa hankintoja pilkotaan pienempiin osakokonaisuuksiin siten, että valmistuvat suunnitteluaiheet voidaan siirtää hankinnan puolelle, jolloin päästään suunnittelemaan seuraavaa vaihetta (kuva 2). Sitä mukaan osa-alueita valmistuu suunnittelun puolelta, voidaan käynnistää hankintoja. Kokonaisaika muodostuu suunnittelun ja rakentamisen

limitykseen tarvittavista ajasta. Tätä tapaa käytetään yhteistoiminnallisissa hankemuodoissa.

RINNAKKAISMALLI	AIKA
Ehdotus- ja yleissuunnittelu	
Ennen rakentamisen alkua, hankintojen yleissuunnittelu	
Rakentamisen aikana hankintojen yleissuunnittelu	
Ennen rakentamisen alkua tehtävät hankinnat	
Rakentamisen aikana tehtävät hankinnat	
Rakentaminen	
Suunnittelu ja rakentaminen yhteensä	

Kuva 2. Rinnakkainen etenemismalli (RT 10-11225: 2.)

Rinnakkaisessa etenemismallissa voidaan päästä lyhyempään kokonaiskestoan verrattuna ketjumalliseen malliin. RT-kortissa on esitetty vertailuarvoina ketjumallisen ja rinnakkaismallisen etenemistavan vaikutukset hankkeen kestoan eri kokoisissa hankkeissa. Kuvassa 3 on ote tavanomaisista hankkeista tehty vertailu. Taulukosta nähdään rinnakkaismallin lyhyempi läpimenoaika.



Kuva 3. Suunnittelun ja rakentamisen kokonaisaika (RT 10-11225: 3.)

Rakennuttajapuolelle on vakiintunut toimintakulttuuri siihen, että rakentamisen aikataulua koetetaan tiivistää erilaisin tavoin pienemmälle läpimenoajalle. Yksi keino on ollut käynnistää rakentaminen jo toteutussuunnittelun aikana ja mahdollisesti aiemminkin. Tällöin puhutaan rinnakkaisesta suunnittelun ja rakentamisen vaiheistuksesta. Tämä ajatusmalli vaatii eri osapuolilta paljon ymmärrystä ja osaamista yhdistää eri suunnitteluosa-alueita toimimaan saumattomasti toistensa kanssa. Muuten riskinä päinvastainen lopputulos kuin mihin rinnakkaisessa toimintatavassa on alun perin pyritty. Selkeä lisäriski osapuolille tulee siitä, että toteutussuunnittelutason TATE-suunnittelua joudutaan tekemään useampaan kertaan. Lähtötiedot ovat keskeneräisiä tai voi uupua kokonaan, jolloin joudutaan tekemään ratkaisuja osittain arvausperiaatteella. (Järvinen 2021: 5.)

Rinnakkaista suunnittelua ja rakentamisen vaiheistusta käytetään erityisesti silloin, kun halutaan kilpailuttaa TATE-urakoitsijoita kiinteään hintaan tai vaihtoehtoisesti tavoitehintaiseen urakkamuotoon. Tätä suunnitteluprosessimallia puoltaa myös tilanne, jossa hankintapuolen edustaja on mukana suunnittelun ohjauksessa, jolloin voidaan tarvittaessa laatia esivalmistekelpoisia TATE-suunnitelmia. Näin suunnittelutyö palvelisi suuremmin hankintapuolta, jolloin osa välivaiheista voisi jäädä pois sekä suunnittelukierrosvaiheita saisi optimoitua vähemmäksi. (RT-10-11225: 2.)

Yhteistoiminnallisuus ja keitä hankkeessa on mukana, on hyvä selkeyttää jokaisen hankkeen alussa. Osapuolia voi hankkeissa olla toisinaan suuri määrä ja siksi olisi hyvä käydä läpi kenen takana on mikäkin selvitysaihe. Näin osataan kysyä tietoa oikealta taholta. Tietoa tarvitaan toisen suunnittelijaosapuolen oman työn edistämiseen kuten alla olevassa taulukosta nähdään suunnittelun tiedonhallinnan esimerkki riippuvuustekijöistä.

Taulukko 1. Tiedon tarve eri osapuolten välillä (Muukkonen 2020: 67.)

Tarvitseva osapuoli	Tarvittava asia	Keneltä tarvitaan
Arkkitehti	Kokonaisuuden hahmottaminen	Muut suunnittelijat ja rakentajat
Arkkitehti	Sujuva yhteistyö, asiantunteva suunnittelijaryhmä	Suunnittelun yhteistyökumppanit
Arkkitehti	Selkeät lähtötiedot	Suunnittelijat
Arkkitehti, suunnitteluohjaus	Tilaohjelma	Tilaaja, käyttäjä
Arkkitehti	Kustannusraami	Tilaaja
Rakennesuunnittelija	Arkkitehtisuunnitelmat, valmiusaste suunnitteluvaiheesta riippuen	Arkkitehti
Talotekniikkasuunnittelija	Tavoitteiden määrittely	Tilaaja, käyttäjä
Talotekniikkasuunnittelija	Arkkitehtisuunnitelmat, esimerkiksi energiankulutuksen laskeamiseen	Arkkitehti
Talotekniikkasuunnittelija	Liittymien ja uusiutuvien energian käytön selvitys yhteistyössä	Kunnallistekniikkalaitos, energialaitos
Talotekniikkasuunnittelija	Toimintaprosessien kuvaus	Käyttäjä
Talotekniikkasuunnittelija	Arkkitehti- ja rakenneratkaisut	Arkkitehti, rakennesuunnittelija
Talotekniikkasuunnittelija	Palotekniset ratkaisut	Palotekninen konsultti

8 Eri suunnitteluvaiheissa tuotettu tietosisältö ja hyödyntämismahdollisuudet

Suunnitteluprojekteissa on perinteisesti toimittu siten, että tuotetun tietomallin ja sen sisältämä tietosisällön kautta on voitu määritellä sekä seurata hankkeen kustannuskehitystä sekä hankkeen aikatauluun vaikuttavia asioita. Tämä tapa on usein johtanut siihen, että tietomalli halutaan viedä mahdollisimman pitkälle, riippumatta siitä, mikä suunnitteluvaiheen tilanne on menossa ja onko riittävästi vahvistettuja ja oikeanlaista suunnittelun tarvitsemaan lähtötietoja olemassa. Kaikkien osapuolten kesken on tärkeää kirjata, millä suunnittelun lähtötiedoilla suunnitteluvaihe tehdään ja mikä on tavoite. Aikataulusyistä voidaan joutua suunnittelutyötä aikaistamaan tai tekemään ennen kuin viralliset lähtötiedot on saatu mutta tällöin voidaan ennakkoon päästä tarkastelemaan lopputuloksia ja rakentamiseen liittyviä asioita, kuten kustannusta tai aikataulua. Rakennuksen ja talotekniikan tietomallisuunnittelulla on selkeä tavoite parantaa suunnittelua ja

rakentamisen aikana. Hyvin tehty tietomalli ei kuitenkaan korreloi hyvin tehtyä suunnittelua, vaan sen arvo tulee siitä, että suunnitelmat ovat havainnollisempia ja rakentamista pystytään analysoimaan sekä suunnittelemaan rakentamisvaihetta helpommin. Tiedonsiirto ja yhteensovitus paranevat ja helpottuvat. (Kontturi 2016: 23.)

On hyvä tehdä ero tietomallin ja tietomallisisällön välillä. Tietomalli on koko rakennuksen kokonaisuutta kuvaava termi, joka sisältää datana ja visuaalisen ilmeen. Tietomallisisältö on tietomallissa esiintyvien objekteihin syötettyä tietoa, jonka kautta analysoidaan sekä tehdään erilaisia laskelmia, jotka puolestaan liittyvät järjestelmämitoituksiin, kustannuselvityksiin sekä aikatauluihin. Lisäksi on mukaan tullut hiilijalanjäljen laskentaa, jota voidaan tehdä tietomallisisällön kautta.

Mikäli tietomallia käytetään kevyempänä suunnitteluratkaisujen tarkastelussa, ei tarvita loppuun asti määriteltyjä tuoteosia. Näissä tapauksissa voidaan hyvinkin käyttää geneeristä tuotetta tai suuntaa antavia mitoitustietoja, joilla päästää tarkastelemaan reittejä sekä tilavarauksia riittävällä tarkkuudella. Suunnittelijan tehtävänä on kuitenkin varmistaa, että tarkastelu on tehty riittävillä toleranssein, jolloin myöhemmin tulevat mahdolliset muutokset mahtuvat kyseiseen tilaan ja rakennukseen.

8.1 Tarve- ja hankesuunnittelu

Tarve- ja hankesuunnittelussa ei tuoteta sellaista lähtötietoa millä tietomallia on mahdollista edistää hankkeen kannalta lopulliseen suuntaan. Näissä suunnitteluvaiheissa tuotetaan lähinnä sitä tietoa millä kohde toteutetaan sekä varmistetaan toteuttavuuteen liittyviä ehtoja.

Usein lähtötietona on arkkitehtipiirustuksia kerroksista sekä käyttäjäpuolen lähtötietoja, joilla eri vaihtoehtotarkasteluja voidaan tehdä. Talotekninen suunnittelija määrittelee näiden tietojen pohjalta teknisiä tilatarpeita omille järjestelmilleen.

Mikäli tahdotaan tarkastella asioita tietomallin tai tietomallisisällön avulla, on tämä kuitenkin mahdollista. Ratkaisuvaihtoehtoja on esillä yleensä useita, jolloin tietomallin kautta saatava laskentatieto ei ole tarkkaa tietoa, mutta sen kautta voidaan haarukoida tulevaa hanketta eri reunaehtojen kautta. Tämän suunnitteluvaiheen tarkoituksena on löytää hankkeelle käynnistämisperustelut sekä määrittellä, millä edellytyksillä hanke voidaan toteuttaa.

8.2 Ehdotussuunnittelu ja yleissuunnittelu

Näissä kahdessa suunnitteluvaiheessa tietomallin käyttäminen on perusteltua sen vuoksi, että tässä tarkastellaan eri vaihtoehtojen välisiä ratkaisujen eroja. Tilailmeiden lisäksi tilavarausten hahmottelun ja mallin avulla voidaan viedä päätöselimiä varten tietoa siitä, miltä ratkaisut näyttävät. Näiden vaiheiden jälkeen on jo mahdollista, että tekniset tilat on lukittu tilojen koon puolesta vaikka tarkemmat laiteratkaisut ovat vielä avoinna. Myös mallihuoneita saatetaan tehdä jo kohtuullisen tarkkaan.

Kun suunnittelupuolelle varmistuvat perustuotteet, joita hankkeessa käytetään, laitemäärät teknisissä tiloissa sekä tuotteet, joita eri tiloissa käytetään sekä massat tyyppitiloittain, voidaan saada tietomallisisällön kautta edelleen tietoa hankkeen kustannustasosta sekä aikatauluun vaikuttavista tekijöistä. Näiden kautta voidaan jo nähdä seuraavan suunnitteluvaiheen, toteutussuunnittelun, sekä suunnittelun porrastuksia sekä seuraavia suunnittelutarpeita.

Ehdotussuunnittelu ja yleissuunnittelu eivät merkittävästi eroa toisistaan, koska molemmat käsittelevät kohdetta vaihtoehtojen kautta. Yleissuunnittelussa tosin tarkoitus on lukita lopullinen vaihtoehto tai suunnittelua ohjaava menettely toteutussuunnitteluvaiheeseen.

8.3 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa käynnistyy lopullinen tietomallinnus ja tietosisällön syöttäminen hankkeelle. Tässä vaiheessa ovat yleensä lähtötiedot niin pitkällä, että tietomallin laadintaa eli taloteknistä suunnittelua voidaan aloittaa aikataulujen määrittämässä etenemisjärjestyksessä. On hyvä ottaa huomioon, että kaikkea suunnittelutietoa ei saada kerralla malliin, vaan osa tiedoista täydentyy suunnittelun aikana.

On hyvä varautua myös siihen, että toteutussuunnittelu voi jakautua hankintaa palvelevaan toteutussuunnitteluun ja varsinaiseen toteutussuunnitteluun. Ensimmäinen tarkoittaa tietomallinnuksessa sitä, että usein suunnitellaan tarkasti tilat, jotka eivät myöhemmin enää muutu, ja mahdollisesti muuttuvat tilat suunnitellaan niin pitkälle, että saadaan rakennusmassa selville. Muuttuvat tilat voidaan jättää mallintamattakin, jolloin tilojen hinnoittelu ja aikatauluttaminen tehdään tyyppikohteiden tietojen perusteella. Tällöin voidaan käyttää tyyppitilojen mukaista neliöpohjaista arviointimenettelyä.

Toteutussuunnittelussa tavoitteena on tietomallin ja sen sisällön laatiminen loppuun asti. Talotekniikan suunnittelijat tuottavat lähtökohtaisesti lopullista tietosisältöä hankkeeseen, jota yhteensovitetaan muiden suunnittelijoiden kanssa. Usein tietoa on paljon ja aikaa rajallisesti, joten yhteensovituksessa on yleensä mukana tarkastelutyöruutiineihin perehtynyt tietomallikoordinaattori.

Tietomallin hyödyntäminen on tässä suunnitteluvaiheessa laajaa. Kaikki luodut objektit ovat muutettavissa asennusajaksi, kustannukseksi sekä hiilijalanjäljeksi. Jokaisesta piirretystä viivasta saadaan laskettua näitä asioita.

9 Tietomallisisällön hallinta eri suunnitteluvaiheissa

Rakennuksen tietomallisisällöstä eli BIM:stä puhuttaessa tarkoitetaan rakennuksen kolmiulotteista mallia, rakennusta ja komponentteja ja näihin sisällytettyä

tietosisältöä. Tietomallisisältö kattaa rakennuksen eri suunnittelualueiden suunnittelun tiedon, jota voidaan jakaa eri sovellusten välillä, hyödyntää simuloinneissa ja edelleen käyttää laskentaa vaativissa tehtävissä. Yleensä edellytyksenä tiedonsiirrolle on, että tieto voidaan muuttaa IFC-tiedostomuotoon tai vaihtoehtoisesti käyttää muuta tiedonsiirtoon sopivaa sovellusta esimerkiksi Excel-ohjelmaa. (Kontturi 2016: 49.)

Tietomallisisällön käyttäminen on oleellisessa osassa hankkeita ja varsinkin silloin kun syötettyjen tietojen kautta arvioidaan ratkaisuja, simuloidaan, ennakoidaan ja yhteensovitetään suunniteltuja asioita. Tietomallisisältöä voidaan pilkkoa ja jakaa hankkeen sisällä haluttuihin osioihin ja yhdistellä eri suunnitteluosa-alueisiin, jolloin se antaa mahdollisuuden päästä vaikuttamaan ennakoilta itse rakentamiseen vaikuttaviin päätöksiin. Rakentamispäätökseen ja ratkaisuihin vaikuttavat useat eri tekijät kuten erilaiset riskikartoitukset, tuotantokustannukset ja aikataulut. Tietomalli on vakiintunut tavaksi varmistaa, onko jokin ehdotettu ratkaisu toimiva toteutuksen ja ennakkoon asetettujen tavoitteiden kannalta.

Toteutettava kohde on tarkoituksen mukaista jakaa aikajanelle siten, että aikajanelta löytyvät suunnitteluun varatut aikajaksot eri aiheille. Suunnittelun aikajanelta tulisi löytyä ne oleelliset suunnittelun pääkohdat tai tietosisältöaiheet, joiden kohteesta kulloisenakin hetkenä tarvitsee olla valmiita ja käytettävissä esimerkiksi muilla osapuolilla.

Suunnitelmatarveaikatauluja voidaan laatia hyvinkin tarkkaan ja tämä vaatii ymmärrystä hankkeesta ja tietoa minkälainen tieto palvelee hanketta parhaiten. Kun tietomäärä kasvaa suunnittelun edetessä ja se saadaan liitettyä malliin, voidaan erilaisilla ohjelmilla ja analyysityökaluilla nähdä tarkasteluhetken ajankohdasta ikään kuin tulevaisuuteen miten hanketta kannattaa kehittää eteenpäin. Saaduista tiedoista on laadittu selkeyttävä vertailukaavio suunnitteluvaiheiden sekä tietomallinnuksen kehityskulusta (kuva 4).

Suunnitteluvaiheet**Tarvesuunnittelu**

(hankkeen vaatimukset)
Selostus järjestelmästä
Kiint. käyttömahdollisuudet
Eri ratkaisujen edullisuus

Hankesuunnittelu

(hankkeen tavoitteet)
Laajuus
Toimivuus
Laatu
Kustannus
Ajoitus, aikataulu
Ylläpito

Ehdotussuunnittelu

(hankkeen vaihtoehdot)
ratkaisut tavoitteiden
saavuttamiseksi

Yleissuunnittelu

(toteutuva vaihtoehto)
toteutuskelpoisuus
vaihtoehtoisia tilaratkaisuja

Toteutussuunnittelu

(lopullinen suunnitelma)
toteutussuunnitelmat
Mitoitetu laitteet ja järjestelmät

Tietomallinnuksen kehityskulku**Tarvesuunnittelu**

ARK: tilaohjelma
RAK: runko-ohjelma
LVI: tehtäväseloste

Hankesuunnittelu

ARK: rakennuksen 3D-malli
RAK: rakennuksen runkomalli
LVI: tekniset pääjärjestelmät

Ehdotussuunnittelu

ARK: tilojen mallinnus
RAK: materiaaliratkaisut
LVI: tyypitilavertailut

Yleissuunnittelu

ARK: tarkentuvat tilat
RAK: tarkentuvat ratkaisut
LVI: mitoitettu tilaratkaisut

Toteutussuunnittelu

ARK: lopulliset tiedot tiloista
RAK: rakenteiden lukitseminen
LVI: kaikki tilat suunniteltu

Kuva 4. Suunnitteluvaiheet ja tietomallinnuksen kehityskulku.

9.1 Suunnitteluvaiheiden tietomallitasot

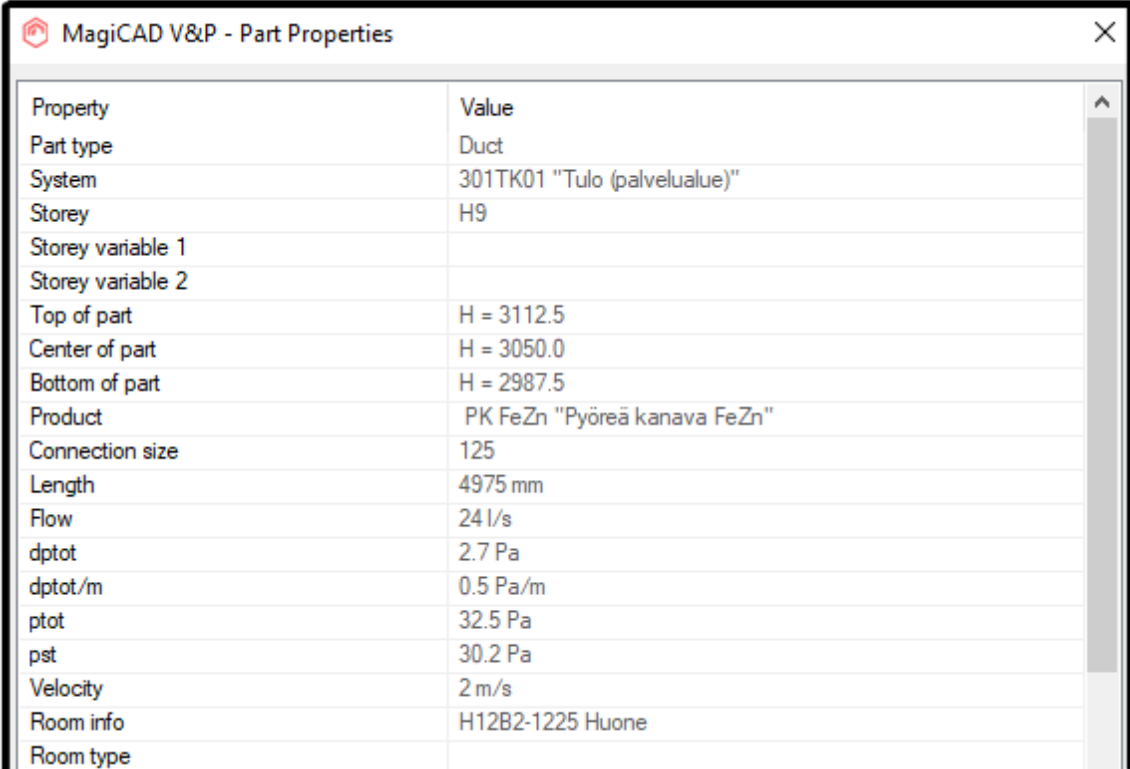
Suunnitteluvaiheen tietomalli voidaan vielä jakaa karkeasti taulukon 2 mukaisiin tietokokonaisuuksiin. Vaiheita on useita, kuten edellä tekstiosiossa on esitelty. Taulukkoon 2 on lisätty urakkalaskentasuunnittelu, joka on tuonut yhden vaiheen lisää yleissuunnittelun ja toteutussuunnittelun väliin. Urakkalaskentasuunnittelussa mallin tarkkuus ja laajuus sovitaan suunnittelijan ja tilaajan kanssa. Yhdessä määritellään, mikä tarkkuus ja laajuus palvelee hanketta riittävästi.

Taulukko 2. Suunnitteluvaiheen tietomallinimitys ja sen merkitys hankkeessa.

Suunnitteluvaihe TATE18	Tietomallinimitys/-taso	Oleellinen esitettävä tieto
Tarveselvitys/hankesuunnittelu	Vaatusmalli/tilamalli	Tilatiedot
Hankesuunnittelu	Sijaintimalli	Teknisten asioiden sijoittelu
Ehdotussuunnittelu	Ehdotusmalli (mahd. Useita)	Vaihtoehtotarkastelu
Yleissuunnittelu	Kohteen esitysmalli	Reitit ja tilatarpeet
<i>Urakkalaskentasuunnittelu</i>	<i>Urakkalaskentamalli</i>	<i>Määräluettelo, rakennusmassa</i>
Toteutussuunnittelu	Toteutusmalli	Urakan toteutus
Käyttöönotto	Luovutusmalli	Ylläpito, huolto

9.2 Tietomäärän kasvu ja sen hyödyntäminen

Suunnittelutyön edetessä tietomäärä kasvaa ja on tärkeää tunnistaa, minkälainen tieto on relevanttia tiettyjen asioiden tarkastelussa. Joka vaiheen aikana tietomäärä kasvaa hankkeessa eri suunnitteluvaiheiden aikana edelliseen vaiheeseen verrattuna. Tämän vuoksi on tärkeää, että vain suunnitteluvaiheen aikaista tietoa on viety malliin, koska vain tällä tavoin saadaan oikeanlainen tarkkuus päätösten tekemistä varten. Kuvassa 5 näkyy, minkälaista tietoa ohjelmaan syötetään, ja esimerkkituotteena on kanavaosa.



Property	Value
Part type	Duct
System	301TK01 "Tulo (palvelualue)"
Storey	H9
Storey variable 1	
Storey variable 2	
Top of part	H = 3112.5
Center of part	H = 3050.0
Bottom of part	H = 2987.5
Product	PK FeZn "Pyöreä kanava FeZn"
Connection size	125
Length	4975 mm
Flow	24 l/s
dptot	2.7 Pa
dptot/m	0.5 Pa/m
ptot	32.5 Pa
pst	30.2 Pa
Velocity	2 m/s
Room info	H12B2-1225 Huone
Room type	

Kuva 5. Tietosisällön esimerkki kanavatuotteesta 3D-suunnittelun kautta.

Mitoitusohjelmat esittävät tilaobjektin sillä tarkkuudella, kuinka suunnittelija on ne kohteen suunnitteludataan määrittellyt. Kuvasta 5 nähdään esimerkiksi asennuskorkeus, kanavan koko, materiaalivalinta sekä mihin tilaan kyseinen tuote on sijoitettu. Näillä tiedoilla päästään rakentamaan niitä tietokokonaisuuksia, joilla voidaan tutkia hankkeessa aikataulua, tavaramenekkejä ja asennusaikoja.

Kun objekti on mallinnettu kohtaan, johon se hankkeessa aikanaan asennetaan, voidaan sitä tarkastella suhteessa muuhun tekniikkaan. Esimerkkikuvasta näkyvät myös mitoitustiedot, jolla voidaan varmistaa objektin olevan sen hetkisen tilanteen mukaisella tarkkuudella mitoitettu. Järjestelmätunnus puolestaan antaa objektista tiedon mihin järjestelmään se kuuluu kiinteistössä. Tämä tieto liittyy objektin isompaan kokonaisuuteen, jolloin saadaan tarkasteltavaksi asioita järjestelmätasolla ja voidaan määritellä tavaramenekkiä laajemmassa kokonaisuudessa.

Jokaiseen hankkeeseen olisi hyvä luoda yksilöllinen tietomallipohjaisen suunnittelun prosessikuvaus, joka mahdollistaa tietomallisuunnitteluvaiheiden seurannan. Tällä tavalla voidaan ennakolta nähdä mitä tietoja seuraavissa vaiheissa tuotetaan.

Tietomallihankkeissa on hyvä tunnistaa eri suunnittelukategoriat, joilla suunnittelutarkkuutta voidaan kuvata. Esimerkiksi käyttämällä nimikkeitä kiinteä perusosa, puolikiinteä perusosa ja muuttuva tilaosa, voidaan rakennus jakaa selkeästi eri tarkkuustasoa kuvaaviin vaatimusalueisiin (kuva 6). Tällä tavoin voidaan suunnitella eri suunnitteluvaiheita, joilla hanketta viedään eteenpäin oikea-aikaisesti ja niin sanottu työn pirstoutuminen vähenee. Jaotteluesimerkki, jollainen voidaan luoda hankekohtaisesti:

	Tarkemmin tarkasteltavat tilat	Mistä määrätieto	Kustannusarvion tarkastelun peruste	Muu tarkastelu
Kiinteä perusosa	- kuilut - tekniset tilat - väestösuojat - ei muuttuvat tilat	Riittävä tarkkuus mallissa	Määräluettelo mallista tai mallia hyödyntämällä.	- Rakentamisen vaiheistus
Puolikiinteä perusosa	-käytävät -käyttäjän tilat	Riittävä tarkkuusmallissa	metriä m ² *€	- kustannusarvion seuranta -
Muuttuva tilaosa	-käyttäjien tilat -tilat, joiden toteutusmääritys pidetään avoinna	Kerrotaan ko. tilan varustelutaso	Määrätiedot arkkitehdin tilatyypitiedoista	

Taulukko 3. Tietomallin suunnittelukategoriat (Järvinen, 2021)

Riittävä suunnittelun lähtötieto meneillään olevaan suunnitteluvaiheeseen antaa tietoa tarvitsevalle oikea-aikaisesti sitä tietoa mitä tarvitaan. Lukitut lähtötiedot liittyvät järjestelmävalintoihin ja tilaratkaisuihin, joilla varmistetaan, että tehdään oikean suuntaisia asioita seuraavaan suunnitteluvaiheeseen siirryttäessä.

Projektijohtourakoitsijan ja -toteutusmuodon valinnan jälkeen aloitetaan projektin läpiviennin suunnitteluvaihe työmaaorganisaatiossa. Ohjaavina tekijöinä ovat kuinka hanke viedään läpi kustannustehokkaasti ja aikataulussa. Toteutus suunnitteluvaiheessa tulee ratkaistavaksi muun muassa rakentamisen vaiheistus ja lopullinen aikataulutus. Kun hankkeessa on riittävän ajoissa kohteen tietomalli käytössä ja riittävä määrä tietosisältöä, on tilaajalla mahdollista saada päätöksen teon tueksi tietoa myös 4D-aikatauluksella.

4D-aikatauluksen sisältöön kuuluu mm. mahdollisuus rakentaa alustavaa runkoa aikataululle ja valmistella vaiheistusta sekä rakentamisen järjestystä. Perinteisesti tämä on projektijohdon tehtäväsisältöön kuuluvaa työtä, mutta tietomallisisällön kautta saadaan päätöksentekoon sekä ohjaustehtäviä varten hyödyllistä tietoa, kun se on oikea-aikaisesti käytettävissä.

9.3 Tietomallisisällön tarkkuustasomäärityksen merkitys

Samasta suunnittelukohteesta voidaan käyttää eri mallin tarkkuustasoja. Tarkkuustasoja voidaan periaatteessa määrittellä kahdelle osakokonaisuudelle eli tietomallille ja tietomallisisällölle. Tietomallilla tarkoitetaan itse visuaalista mallia, jolla esitetään kohde sekä kohteessa erityissuunnittelun avulla tuotetut objektit. Tietomallilla voidaan varmistaa yhteensovitus sekä varmistaa, että suunnitellut asiat ovat tilaan toteutettavissa yhdessä muiden tekniikoiden kanssa.

Tietomalli ja tietosisältö voivat olla hankkeissa keskenään eri tasoihin määritellyt. Tällä voidaan tavoitella joustavampaa tiedon hallintaa kulloiseenkin tilanteeseen mutta myös keventää hankkeen vaatimustasoja. Karkeasti ajatellen esimerkkien kautta tietomalli voi olla tarkka mutta tietomallisisältö epätarkka, jolloin mallin visuaalinen ilme on tärkeämpi kuin laitteiden sisältämä tieto. Tämä nopeuttaa asioiden esittämistä ja siirtää laitevalinnat myöhemmäksi ajankohdaksi. Toisinpäin ajateltuna, jos tietomallin ei tarvitse olla tarkka mutta tietosisältö määritellään tasoon tarkka, voidaan tavoitella tilannetta, jossa toteutusta käydään läpi esimerkiksi työmaavaiheessa tarkemmin, mutta laite- ja järjestelmämitoitukset tehdään hankintaa varten lähes valmiiksi.

Tietomallissa esitetyt objektit voidaan täydentää erilaisilla tiedoilla, jolloin voidaan puhua termistä tietomallisisältö. Tietomallisisältö sisältää sitä tietoa minkä suunnittelija määrittelee omassa työssään. Suunnittelijan työkenttää on 3D-ympäristössä suunnittelu, ja sen kautta tuotetaan objekteille perustiedot suunnitteluarvoina tietomalliin. Objektien sisällä oleva tieto on osa tietomallisisältöä ja sitä voidaan hyödyntää laskennoissa, analyyseissä yms. millä voidaan tukea suunnittelutyötä ja rakentamista. (Kontturi 2016: 44–45.)

4D-mallinnus on osa tietomallisisällön hyödyntämistä. 3D-suunnittelija työstää omassa suunnitteluympäristössä suunniteltavat järjestelmät ja laitteet, ja niitä voidaan hyödyntää 4D:ssä sellaisenaan, mutta niihin lisätään tietoa esim. tarvittavasta ajasta, joka kuuluu kyseisen suunnittelun laitteen tai järjestelmän toteutukseen kohteessa. 4D merkitsee aikataulutusta, ja aikataulun laatimista voidaan tehdä useista eri lähtökohdista. Yksi tapa on kuvattu edellä mutta muita keinoja voivat olla esimerkiksi pelkät tilaohjelma- ja arkkitehtipiirustukset sekä kuvaukset toteutettavista järjestelmistä. Tietomallisisällön tarkkuustason lisääminen eli hallittu tietosisällön rikastaminen antaa mahdollisuuden käsitellä kohdetta siten, että kohteesta voidaan laatia rakentamisen lisäksi suunnittelua ohjaavia aikajanataulukoita.

9.4 Tietosisältö eri suunnitteluvaiheissa ja oikea-aikainen hyödyntäminen

Tietosisällön hallitseminen vaatii asiantuntemusta siitä, mitä tietoa ja miten paljon tarvitaan kulloiseenkin suunnitteluvaiheeseen. Jossain mielessä vallitseva käsitys on ollut, että tietomallisisällön tarvitsee olla loppuun asti mietitty kulloisenaikin tarkasteluhetkenä. Joskus suunnittelun kautta mitoitettu laite on yhdessä laitevalmistajan kanssa valittu, ja mitoitettu tuote vaihtuukin toteutussuunnittelun aikana muuksi. Tähän tilanteeseen johtaa usein lähtötietojen muuttuminen tai se, että urakoitsijalla on mahdollisuus omassa laitetarjontakierroksella tarjota toista laitetta. Tämän vuoksi on hyvä miettiä, että riittäisikö niin sanotun geneerisen tuotteen käyttäminen tai tilavarausobjekti kuvaamaan tilatarvetta. Tämä ohjaa myös suunnitteluresursseja suunnittelutilanteen vaatimuksien mukaiseen suuntaan. Kun mitoitetaan teknisiä tiloja, pääreittejä kuiluihin ja käytäviin tai määritellään tiloihin alakattokorkoja, käytännössä riittää, että TATE-suunnittelija käy läpi pelkät järjestelmämitoitukset sekä reitit läpi. Ne voidaan esittää tietomallin kautta muille osapuolille.

10 4D-aikatauluksen esittely

Tässä luvussa käydään läpi 4D-mallintamista ja sitä, mikä sen arvo ja mahdollisuudet ovat hankkeissa. 4D-mallintamista voidaan kuvata käytännössä niin, että se on palvelutarjoaja rakennusalan hankkeisiin, kun ohjataan hanketta aikataulujen kautta. (Ranne 2023).

4D-mallinnuksen alkuun pääsemiseksi tarvitaan vähintään 2D-piirustukset tai arkkitehdin tilaohjelma. Mikäli hanke on alkujaan tietomallihanke eli kohteesta on tarjolla esimerkiksi IFC-tiedosto arkkitehdin ja talotekniikkamallista, on työn lähtökohta erilainen. Molemmissa on sama lopputavoite, joka on työn ohjaus aikataulujen avulla.

4D-aikatauluksen on tarkoitus hyödyntää asiakasta tuotantovaiheen hallinnassa ja kohteen toteutuksessa. Tavoitteena on lisäarvon tuottaminen asiakkaalle si-

ten, että datan eli tietosisällön avulla voidaan luoda asiakkaalle erilaisia aikatauluja, nopeuttaa asioiden käsittelyjä sekä antaa mahdollisuuksia ohjata hanketta tehokkaammalla tavalla.

4D-malli luodaan räätälöityjä automatisoituja prosesseja käyttämällä olemassa olevaa dataa ja lisäämällä niihin lisätietoja, joita tarvitaan analyysien tekemisessä. Tässä tapauksessa aikataulutietoja. Aikataulun laatimista varten saadaan suunnittelusta tieto mitä rakennetaan, jota 4D-mallinnuksen kautta täydennetään aikatiedoilla. Lisäarvoa tulee siitä, että aikataulussa on nyt käytössä suora suunnittelusta saatava tietosisältö. Tämä antaa mahdollisuuden laatia tarkempia sekä monipuolisempia aikatauluesityksiä hankkeisiin, kun kaikki materiaalitieto on saatavilla tietosisällön kautta. (Ranne 2021: 36–37.)

4D-mallinnusta voidaan käyttää myös suunnittelun resurssitarpeiden ennakkointia varten. Tämä mahdollistaa aikataulujen seurantaa eri tilanteissa, jolloin hankeohjauksessa päästään ohjaamaan hanketta esimerkiksi suunnittelun ja toteutuksen rinnakkaisissa hankkeissa. (Ranne 2023).

10.1 Esimerkkejä 4D:n käyttämisestä erityyppisissä toimialoissa

4D-mallinnusta on esimerkiksi käytetty tehdastuotannon apuna, jossa materiaalityötuotannonohjaus on tärkeässä osassa projektia. Tietomallinnus ja analysointiohjelmat ovat tarjonneet tässä esimerkissä helpon tavan käsitellä materiaalin määrää hankkeen aikana. Lisäksi tuotantovaiheen ajallinen suunnittelu on voitu tehdä tarkemmin ja varmistaa näin laadullinen lopputulos. Tietomalli toimii rakennusrunkona, jonka ympärille tietomallisisältöä täydennetään riittävän tarkaksi, jolloin 4D-mallin avulla saadaan luotua analyysejä ja materiaalityösuunnittelua. (Saavalainen 2015: 10–12).

Eräässä voimalaitosprojektissa oli käytetty 4D-mallinnusta asennusajan optimoinnissa. Tässä hankkeessa oli tärkeää onnistua suunnittelemaan asennusvaihe tehokkaaksi ja minimoida odotusaikoja, jossa 4D-mallia hyödynnettiin. 4D-mallinnusta voidaan käyttää hankkeen sisällä useissa tarkoituksissa, kuten

tehokkuuden ja luotettavuuden lisäämisessä, työmaakäytön ja turvallisuuden optimoimisessa sekä yhteistyön ja kommunikoinnin parantamisessa. (Saavalainen 2015: 10–12.)

Työmaan tuotannon ohjauksessa on 4D-aikaulutus ollut käytössä jo jonkin aikaa. Sen hyötypotentiaalia saadaan irti selkeämmin jakamalla hanke pienempiin osiin, jolloin tarkastelut sekä riippuvuustekijät ovat helpompi linkittää toisiinsa. Hankkeen koolla ei ole merkitystä. Tietosisällön määrä on suuri ja tämän hallinta tarvitsee useamman eri osaajan yhteistyötä, jotta tuotannon aikatauluesitykset saadaan laadittua. 4D puolestaan kokoaa tiedot mallinnuksen kautta yhteen malliin, jolloin kokonaisuuden hallinta tulee selkeämmäksi.

4D-mallinnusta on hyödynnetty työmaan tuotantovaiheissa työjohton analysointityökaluna. Kun kohteesta on luotu arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkamalli, on 4D-mallinnuksen kautta mahdollisuus laatia tietomallipohjainen aikataulu. Tietomallipohjaisesta aikataulusta eli 4D-aikataulusta, laaditaan rakentamisaikatauluja sekä ohjataan hankkeen täydentävää suunnittelua. Runkoaikataulu voidaan laatia 4D-mallin kautta siten, että hahmotellaan siitä eri värein rakentamisen vaiheet ja tarvittaessa lohkotaan rakennus runkopystytysvaiheittain. Nämä ovat esimerkkejä, mitä mahdollisuuksia saadaan 4D-mallinnus voi tuoda.

10.2 3D- ja 4D-mallinnuksen eroavaisuudet

4D-mallinnus ei ole suunnittelutyön korvaaja ja eikä se varsinaisesti ole 3D-mallinnustakaan. 4D-aikataulutuksessa hyödynnetään luotua tietosisältöä, tai sitten sitä voidaan tähän soveltuvilla sovelluksilla luoda.

Käytössä voi olla tilaohjelma arkkitehdilta ja mahdollisesti vain tasokuvia, joiden kautta saatua luodaan tarvittava tietomalli 4D-mallinnusta varten. Toinen lähestymistapa on hyödyntää jo luotua suunnittelijan 3D-mallia, jota edelleen rikastetaan aikatiedoilla. Vaihtoehdot tuottavat saman sisältöistä tietoa mutta hieman eri lähtökohdista. Vaihtoehdot antavat mahdollisuuden hyödyntää 4D-mallinnusta eri suunnitteluvaiheiteilanteissa. Eri suunnitteluvaiheissa on tietoa tarjolla

eri tavoin ja tarkkuustaso vaihtelee. Näissä tapauksissa lopputuotteen eli aikataulun tekeminen jää enemmän 4D-aikatauluksen laatijoiden vastuulle. Heillä on esimerkiksi yksikkötietoja käytössä aikamäärytyksiä varten. (Inkinen 2024.)

Mikäli tavoite on luoda tarkempaa ja luotettavampaa tietoa sekä helposti muokattavaa aikataulua, olisi pohjana oltava 3D-suunnittelumalli ja sen tietosisältö. Tällöin tietosisältö pohjautuu suunnitteluprosessien kautta tulleisiin suunnitteluratkaisuihin. Prosessi on tässä tapauksessa perinteisempi etenemistapa, jossa kohteen suunnitteluratkaisut käydään läpi vaiheiden mukaisessa järjestyksessä. Näin toimitaan varsinkin uudishankkeissa, joissa kohteen vaatimustasot ovat lähtökohtaisesti voimassa olevien asetusten mukaisia.

TATE-suunnittelijalla on oman alan sisällä vastuu etsiä kokonaisvaltaisesti toimiva ratkaisu. Näin on huomioitu rakennusvalvonnan vaatimukset hankkeelle, hyväksytty kustannustaso tilaajan antamissa raameissa sekä löydetty toimiva ja kaikille osapuolille toimiva vaihtoehto. Perinteisessä suunnittelun etenemisjärjestyksessä eri hankevaiheiden aikana käydään läpi kustannustasoa, toteutettavuutta ja lopullisia tilaratkaisuja. Samalla saadaan arvioitua eri ratkaisujen vaikutuksia toteutukseen liittyviin aikatauluihin.

11 4D-mallinnusohjelmistot

4D-mallinnuksessa käytettävät ohjelmistot on suunniteltu soveltuviksi eri käyttötarkoituksiin. Ohjelmien toimintaympäristöön sekä tuloksiin on tässä työssä tutustuttu haastattelujen pohjalta. Haastateltavana oli Granlund Oy 4D-suunnitteluosaston työntekijöitä Jouni Ojala, Risto Ranne ja Heikki Inkinen. Heiltä sain kattavan kuvan ohjelmista, kuinka 4D-mallinnus toimii eri sovellusten kautta. (Ojala 2023.)

Lähtökohdaksi voidaan mainita suunnitteluohjelmistot, jotka kykenevät 3-uloitteisen mallin esittämiseen. Suunnitteluohjelmien kautta laaditaan tietosisällön peruspaketti, joka sisältää tietomallin ja suunnitellut tiedot sekä objektien määritykset. Näin on luotu BIM eli rakennuksen tietomalli IFC-muotoisena tiedostona.

Tämän avulla tietomallisisältö on siirrettävissä eri ohjelmien välillä. Tässä tiedostomuodossa voidaan välittää tietoa rakennuksesta, ominaisuuksista, tietoa tiloista ja tiedostoon luotujen objektien tietosisällöistä.

Tietomalli on hyvä lähtökohta 4D-aikataulutuksessa, vaikka se ei ole aivan välttämätön. Kattava tietomalli sisältää kuitenkin rakennetietoa arkkitehdin ja rakennepuolen asioista, joiden kautta saadaan tarkempi pohjatieto rakentamisen aikataulutukselle.

Erilaiset ohjelmat mahdollistavat tietomallisuunnittelun mutta ohjelmien käyttämistä mietittävä tarpeiden mukaan. Ohjelmien päivitykset voivat olla pieni riski hankkeissa silloin, kun hankkeen aikana päädytään päivittämään ohjelmia. Riskinä on, että IFC-tiedostot eivät päivitysten jälkeen ole enää luettavissa toisessa ohjelmassa. Lisäksi päivitykset voivat aiheuttaa ongelmia tiedonsiirroissa.

11.1 3D-mallin luonti ja rakennuksen tietomalli

Ennen 4D-mallinnuksen käynnistämistä, on yleensä pohjana 3D-malli (BIM), josta on saatavilla IFC-tiedosto tiedonsiirron mahdollistamiseksi. 3D-mallintamisella tehdään usein talotekniikkaa MagiCad-ohjelmistolla Revit- tai AutoCad-ympäristössä ja arkkitehtisuunnittelua Revit- tai ArkCAD-ohjelmistolla. Rakennemalli laaditaan yleensä Tekla-ohjelmistolla. Näiden ohjelmien kautta luodaan IFC-tiedosto, jota rikastetaan 4D-mallinnuksen yhteydessä.

3D-suunnittelun aputyökaluna toimii Naviworks simulation sekä Solibri Checker-ohjelmistot, joilla voidaan suunnittelun aikana tarkastella 3D-suunnittelutyön tuloksia ja täsmentää laitesijoittelua yhteensovitustarkastelujen yhteydessä.

11.2 SimpleBIM-ohjelmisto tietosisällön kasvattamiseen

SimpleBIM-ohjelmistoa käytetään tietomallin tietosisällön kasvattamiseen.

Tämä työvaihe tarkoittaa toimenpidettä, jossa 3D-suunnittelussa laadittuun IFC-

tiedostoa tai 3D-tietomallia (kuva 7) täydennetään asennuksiin liittyvillä lisätiedoilla kuten aikatiedolla (kuvat 8 ja 9). Kun on käytössä riittävän paljon dataa, voidaan laatia aikatauluja suunnittelun sekä tuotannon ohjauksen avuksi. Käytännössä tämä on sovellusalusta, jossa jalostetaan valmista inc.-tiedostoa uuteen käyttöympäristöön. (Ranne 2023.)

SimpleBIM-ohjelman avulla voidaan luoda täysin uusia ominaisuuksia objekteille sen mukaan, mitä hankkeessa tarvitaan esittää. Ohjelman avulla voidaan ryhmittää tekniikoita asennusvaiheen mukaisiin kokonaisuuksiin, joiden avulla voidaan tutkia tai esittää vaiheittain rakentamisen etenemistä. Tiedot ovat siirrettävissä ohjelmiin, joiden avulla laaditaan esimerkiksi animaatioita ja aikataulu-kuvaajia.



Kuva 7. SimpleBIM-ohjelma, pohjana on LVI-suunnittelun 3D-malli. Yllä esityshankkeen tietosisältöisestä 3D-mallista.

Objects

Please enter filter

Object Class	Count
Building	1
Building Element Proxy	0/ 49
Building Storey	5/ 6
Covering	0/1 576
Energy Conversion Device	19
Flow Controller	78/ 81
Flow Fitting	633
Flow Moving Device	7
Flow Segment	4 186
Flow Storage Device	2
Flow Terminal	236/ 262
Flow Treatment Device	78
Model Information	1
Project	1
Site	1
Object Groups	
Object Classification Systems	

Kuva, 8. SimbleBIM-ohjelma, tietosisällön syöttöruutu 1 (Inkinen 2023.)

Properties: Object Selection (5239)

Please Enter Filter

Property Set

Property	Value
01_L4D_Yleiset	
Alkuperäinen GUID	<5096 different values>
Nimi	<57 different values>
Objektiluokka	<8 different values>
Parentin GUID	<5 different values>
simplebimGUID	<all different values>
Suunnittelualue	<4 different values>
Tyypitunniste	<41 different values>
02_L4D_Sijainnit	
Kerros	<6 different values>
Lohko	<4 different values>
Tahtialue	<27 different values>
03_L4D_Luokittelu	
Luokittelu	<57 different values>
Luokitteluperuste	<57 different values>
Status	<no values>
04_L4D_RATU	
Mitoittava määrä	<2 different values>
TATE-Aikataulutehtävä	<16 different values>
TATE-Eristystyömäärä yhteensä IV [tth]	<97 different values>
TATE-Eristystyömäärä yhteensä LJ [tth]	<267 different values>
TATE-Eristystyömäärä yhteensä VV [tth]	<197 different values>
TATE-lisät - Teksti	<4 different values>
TATE-lisät [tth]	<252 different values>
TATE-Menekki01 [tth/yks]	<39 different values>
TATE-Menekki02 [tth/yks]	<2 different values>

Kuva 9. SimbleBIM-ohjelma, tietosisällön syöttöruutu 2 (Inkinen 2023.)

11.3 Synchro Pro- mallinnusohjelma aikataulutukseen

Synchro Pro on 4D-suunnittelussa käytettävä mallinnusohjelma, jolla suunnitellaan ja hallinnoidaan rakennushankkeiden aikataulutusta. Ohjelmalla laaditaan aikatauluja käyttötarkoitusten mukaisesti. Aikatauluilla puolestaan voidaan havainnollistaa hanketta visuaalisesti ja luoda esimerkiksi seurantapisteitä hankkeen toteuman seuraamista varten. Aikataulua päivitetään tarvittaessa toteutuman mukaisesti, jolloin voidaan laatia ennusteita hankkeen etenemisestä. Lopputulokseksi saadaan laatijan haluama aikatauluesitys hankkeeseen asetettujen lähtötietojen pohjalta. Liitteessä 1 on esimerkki luodusta suunnittelutyön aikataulusta. Liitteen 1 esimerkissä on esitetty valitun aikajakson sekä rakennusosan suunnittelutehtävät sekä se, milloin ne tulisi suoritettavaksi. Aikataulusta nähdään myös tehtävien riippuvuustekijät eli suunnittelutehtävien porrastukset, joilla määritellään työkulun järjestys. (Ranne 2023.)

11.4 Synchro IRay-ohjelmistolla todenmukaisia animaatioita

Synchro IRay-ohjelmistolla luodaan todenmukaisempaa animaatiota, jossa materiaalille luodaan aidonnäköistä pintaa ja visuaalista ilmettä. Lisäksi ohjelmalla voidaan luoda luonnonmukaista varjostusta eri auringonvalon suunnista tai keinovalolla. Tämä voi joskus olla tarpeellinen, kun esityksistä halutaan luoda todenmukaisempia animaatioita todellisessa ympäristössä erilaisia tarkasteluja varten. (Ranne 2023.)

11.5 Sketchup-ohjelma mallin luomiseen

Sketchup-ohjelmaa käytetään silloin, kun käytössä ei ole BIM-ympäristössä luotua valmista mallia. Sketchup-ohjelmalla luodaan malli, joka sisältää tarvittavat objektit sekä pohja tietosisällön luomista varten. Sketchup-ohjelmalla luodaan IFC-tiedosto SimpleBIM-ohjelmaa varten, jolla saadaan lisättyä tarvittavaa lisätietoa aikataulujen laadintaa sekä rakentamisen aikataulua havainnollistavaa animaatiota varten. (Ranne 2023.)

12 4D-aikatauluksen hyödyntäminen suunnittelun aikataulu-suunnittelussa.

Suunnitteluohjauksen apuna käytetään erilaisia aikatauluja, ja yksi tapa on laatia suunnittelutarveaikataulu. Suunnittelutarveaikataulu laaditaan yhteisesti eri osapuolten kesken siten, että sen taustalla on tiedossa rakentamisen aikataulu, josta voidaan määritellä suunnittelutarpeet ennakkoon.

Ensivaiheessa on käytössä rakentamisen yleisaikataulu, jota pilkotaan pienempiin osiin sen mukaan, mitä tarvitsee ensin tehdä ennen seuraavaa vaihetta. Niin saadaan kokonaisaikataulun kaikille osapuolille. Kun on tiedossa eri rakentamisen osavaiheet, voidaan määritellä suunnittelupuolen aikataulu. Suunnittelutarpeiden esittämiseen 4D-aikatauluksella kautta tarvitaan lähtötietoja suunnittelijoilta, ja tiedot kerätään aikatauluohjelmaan lähtötiedoiksi. Alla olevaan listaan on koottu esimerkkejä lähtötiedoista, joita tarvitaan 4D-aikataulutuksen laadintaa varten (Ranne 2023.)

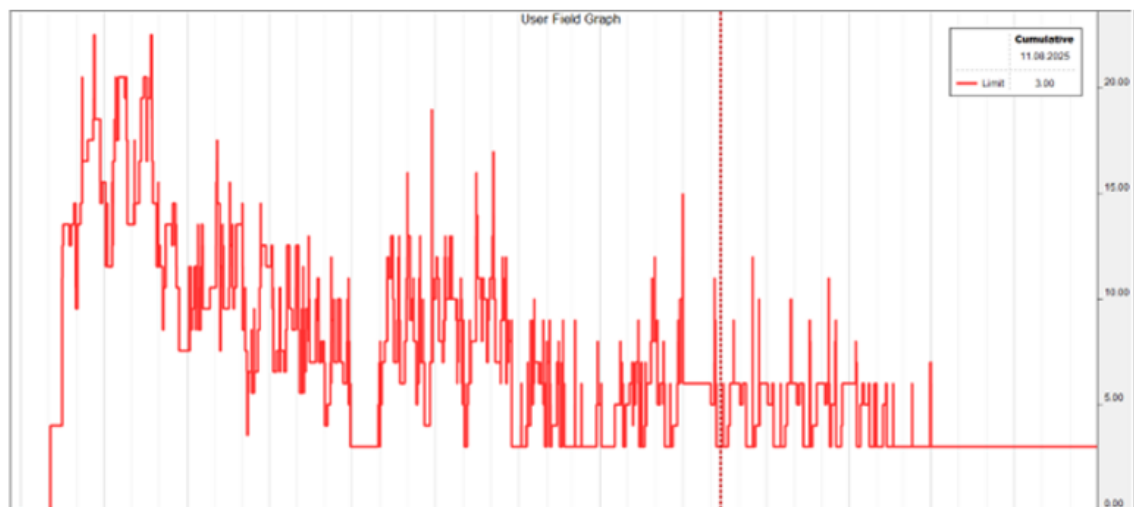
- suunnittelun tehtäväkuvaus
- tuntimäärä jaoteltuna alueittain tai kerroksittain
- tuntimäärä suunnittelualakohtaisesti.

Edellä mainituilla tiedoilla voidaan rakentaa suunnittelua ohjaavaa aikataulua, josta selviää eri suunnitteluvaiheiden riippuvuustekijät sekä se, mikä vaihe on tehtävä ennen kuin seuraava vaihe voidaan aloittaa. Aikataulu muuttuu lähes poikkeuksetta hankkeiden edetessä, ja siksi muutosten hallinta on tärkeä osa onnistunutta hanketta. Aikataulujen muokkaaminen ja käyttäminen on koettu helpommaksi, kun syötettyä tietoa voidaan muokata pienellä työllä. Tämä voidaan tehdä 4D-aikatauluksen mallintamisen kautta. Tehdyt muutokset muuttavat automaattisesti riippuvuustekijöitä ajan suhteen ja aikataulu skaalautuu uusien aikamääritteiden mukaiseksi.

Tuotantopuolen aikataulut määrittelevät useimmissa tapauksissa suunnittelutarpeita. Näitä aikatauluja on erilaisia. Esimerkkinä voidaan mainita rakennepuolen

tuotannon aikatauluista reikävarausaikataulu, joka määrittelee taloteknisten asioiden suunnitteluvaiheen hyvinkin aikaiseen vaiheeseen. Tämä saadaan esille riippuvuustekijöiden kautta, jotka nähdään suunnittelutarveaikataulusta. Mikäli hankkeessa on esimerkiksi tahtiakataulu, on tämän kautta määriteltävissä hyvinkin tarkkaan suunnittelutarpeet, koska suunnittelutöiden on oltava valmiita, kun alueen toteutusvaihe lähtee käyntiin.

Ohjelmisto mahdollistaa erilaisten tulosteiden laatimista käyttötarvetta vastaamaan. Saadaan eroteltua alakohtaisia suunnittelutarpeita sekä lisäksi voidaan määrittellä suunnitteluressitarpeet hyvissä ajoin, kun kuvaajat resurssitarpeista nähdään kuvasta 10. Tällä tavoin voidaan tehdä myös kustannusseuranta ennakoivasti. Kustannusseuranta tietomallisisällön kautta kulkee termillä 5D-mallinnus, joka on yleisesti käytössä suunnittelualalla. Periaate on sama kuin 4D-mallinnuksessa, jossa on määrätty lähtötiedot, ja joiden puitteissa luodaan seurattavaa mallia.



Kuva, 10. Suunnittelun ohjausta varten laadittu resurssitaulukko. Piikit kertovat suurimmat suunnittelutyöt tarpeet hankkeessa tarkastelukohdassa.

13 4D-aikataulutuksen hyödyntäminen rakentamisen ohjauksessa

Tuotantopuolella ja tuotantovaiheessa on 4D-aikataulutus ollut käytössä aiemminkin. 4D-aikataulutus on tuote, jota voidaan tarjota asiakkaalle ohjaamaan tuotantovaihetta ja antaa urakoitsijalle sekä hankkeen vetäjillä mahdollisuuden tietomallisisällön kautta ohjata hanketta. 4D-aikataulutus pohjautuu erilaisiin lähtötietoihin, joita saadaan suunnittelijoilta, tilaajalta ja toteuttajapuolen urakoitsijoilta. Pääsisällöiset lähtötietotarpeet lueteltuna

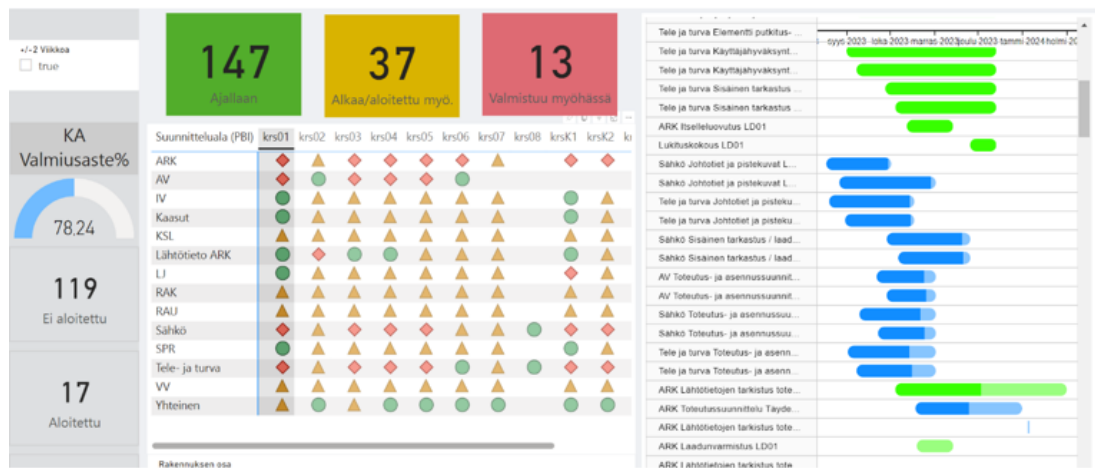
- 3D-malli sekä suunnittelun tietosisältö antaa suunnittelijat
- suunnitteluperusteet antaa suunnittelijat
- aikataulu toteutukselle antaa urakoitsija tai projektijohtourakoitsija
- toteutuksen erityispiirteet antaa urakoitsija tai projektijohtourakoitsija (Korhonen 2017: 14–15.)

4D-aikataulutuksen asiakaskunnat ovat lähinnä tuotantovaiheen toteuttajat, kuten projektijohtourakoitsijat ja varsinaiset urakoitsijat. Niissä hankkeissa missä edetään rinnakkaisessa toteutussuunnittelu- ja tuotantovaiheessa, on mahdollista 4D-aikataulutuksen kautta ohjata myös suunnittelun aikataulutusta. Näissä hankkeissa suunnitteluohjaus tapahtuu ennakoivasti. Suunnittelun ohjaukseen 4D-aikataulutuksella hankkeessa on käsitys rakentamisen järjestyksestä ja eri aikoina tapahtuvasta tuotantovaiheen asennuksista, jolloin aikataulukuvauksilla voidaan esittää suunnittelutarpeista ennakkoon.

Ennen kuin suunnitelma on työmaan käytössä, on suunnitteluproseduuri käytävä läpi normaalisti. Suunnitteluratkaisua työstetään tulee ensimmäisenä, ja sen jälkeen, tai yhtä aikaa sen kanssa, tilaaja tai projektijohtourakoitsija tekee yhteensovitusarkastelu sekä hyväksyntäkirroksen. Nämä vaiheet varataan kokonaisaikatauluun, jolloin kaikilla on tiedossa työvaiheiden etenemisjärjestys.

Suunnittelutyön etenemistä voidaan helpottaa siirtämällä aikataulutiedot graafiselle alustalle. Taloteknisten tehtävät nimetään hankkeen mukaisesti ja ne sijoitetaan yleisaikataulun sisään. Taustatietona voivat olla tehtävien keskinäiset

riippuvuustekijät (Saavalainen 2015: 36), tiedonvaihtoaikataulut ja suunnitteluun tarvittava työmäärätieto. Kun tiedot on syötetty ohjelman sisään, saadaan näkyville kuvan 11 kaltainen tehtävien seurantanäkymä graafisena esityksenä. Kuvasta nähdään hankkeen yleistilanne, mutta tarkemmalla tarkastelulla voidaan nähdä projektin toteumatilannetta sekä seurata tulevien tehtävien aikatauluja. Mikäli on tarvetta tehdä muutoksia, tai tulee uusia aihekokonaisuuksia esille, voidaan näitä tietoja lisätä ohjelmaan projektin aikana ilman viivettä. Seuranta ja muokkaus on näin ollen yksinkertaista ja mahdollistaa raportoinnin ja reagoinnin tarvittaessa ilman viivettä. Seurannasta on tehty käyttäjäystävällistä väreän ja symbolein, jotka vähentävät osaltaan tulkinnan vaaraa.



Kuva 11. Suunnittelutyön seuranta varten graafinen käyttöliittymä. Kuvakaappaus todellisen hankkeen suunnitteluvaiheen seurantaikkunasta.

13.1 Tarkistettavia asioita aikataulun rungoksi

Hankeeseen on laadittava yleisaikataulu, joka toimii pohja-aikatauluna. Sen tarkoitus on sitoa yhteen eri osapuolet sekä eri vaiheet toisiaan seuraaviksi työtehtäviksi. Yleensä tätä aikataulua kutsutaan yleisaikatauluksi. Aikataulussa tulee huomioida oikeaan aikaan tehtävät asiat sekä kohdat, joista kyetään ennakkoimaan rakentamisen etenemistä. Hyvä aikataulu on myös sellainen, jota pystytään työn aikana muuttamaan tilanteiden mukaan. Yksi tyypillinen tilanne on

sellainen, että suunnitelmien valmistusta joudutaan siirtämään eteenpäin lähtötietojen muuttuessa. Tämä voi johtaa tilanteeseen, jossa aikataulun joustavuus joutuu tarkastelun alle. Suunnittelijan olisi muuttuneessakin tilanteessa koettava löytää ratkaisu, jossa kokonaisaikataulu pysyy muuttumattomana. Kokonaisaikatauluun eivät pienet muutokset yleensä vaikuta, mutta ne voivat esimerkiksi muuttaa suunnittelutyön ja rakentamisen järjestystä. Isommat muutokset yleensä arvioidaan tapauskohtaisesti ja niiden vaikutukset yleisaikatauluun arvioidaan. Alla on lueteltu esimerkkinä isoja merkittäviä kokonaisuuksia, joilla on merkitystä hankkeen läpiviemiselle ja aikataulutukselle (Elomaa 2012: 23–24.)

- rakentamisaika
 - aloitusajankohta
 - lopetusajankohta, vastaanotto
- rakennuspaikka
 - sijainti
 - kiinteistön ja tontin erityispiirteet
- rakennusmateriaalit
 - runkomateriaali
 - julkisivun toteutus
 - pystytystapa
 - elementti / paikallarakentaminen
- hankkeen toteutusmuoto
 - kokonaisvastuu-urakka, KVR
 - projektijohtourakka, PJU
 - pääurakka, sivu-urakat alistettuja
- talotekniikka
 - järjestelmäratkaisut
 - hankintapaketit
 - ulkopuoliset työt
- rakentaminen
 - rakentamisen järjestys
 - vaiheistus, alue, kerros
 - rakentamisen järjestys
 - runkotyövaihe

- sisätyövaihe.

On hyvä huomioida, että edellä mainitut aiheet varmistuvat suunnitteluvaiheiden edetessä eli kaikki tieto ei ole kerralla käytössä. Päätösprosessiin vaikuttavat näiden lisäksi useat muutkin asiat kuten kustannusraami sekä esimerkiksi haettava ympäristöluokitus. Eteen voi tulla tilanteita, jotka muuttavat rakentamisen vaiheistusta tai rakentamistapaa.

Usein suunnittelu-aikataulua ja rakentamisen aikataulua on pidetty erillisinä kokonaisuuksina, jolloin on ollut selkeät vaiheet suunnittelulle ja rakentamiselle. Isoissa, useampaan vuoteen jakautuvassa hankkeissa ei usein ole aikaa tehdä ensin suunnitelmia ja sitten vasta rakennetaan. Toimintatapana on usein rinnakkainen toteutussuunnittelun ja -toteutus. On hyvä jakaa hanke sopiviin osiin, jolloin tietyt vaiheet saadaan aloitettua ensin, ja myöhempään vaiheeseen siirretään esimerkiksi maanpäälliset rakennusosat.

13.2 Varautuminen hankkeen häiriötilanteisiin aikataulusuunnittelussa

Hankkeissa on aina hyvä varautua häiriöihin. Yksi tapa on tarkastella valmistuvaa yleisaikataulua siten, että siihen laaditaan stressitestejä erilaisilla skenaarioilla. Yleisiä aikatauluviiveitä voi tulla laitetoimitusvaikeuksista, laiterikkoutuksista ja eri vuoden aikojen sääolosuhteista. Hankkeen luonteesta riippuen varautumista voidaan tehdä erilaisin tavoin, vaikka sitä ei omana ”rivinä” aikataulusssa näytetäkään. (Happonen 2021: 17.)

Aikataulua voidaan joutua kirmään mainittujen seikkojen takia, joten aikataulua on hyvä myös tarkistaa. Yksi tapa tarkistaa se on tehdä resurssipohjainen tarkastelu, joka perustuu määriin, työmenekkeihin, työryhmiin sekä tehtävien väliin riippuvuuksiin.

14 Hanketta ohjaavia aikataulumalleja

Onnistuneen hankkeen perustana on laadukkaasti laadittu aikataulu. Aikatauluja on useita eri käyttötarkoituksia varten ja ne voivat sisältää useita eri asiakokonaisuuksia. Kun kaikille osapuolille on varattu riittävä aikaa yhteensovituksille, on suunnittelupuoli otettu huomioon sen lisäksi, että heillä on myös riittävä aikavaraus suunnittelussa. Lisäksi hanketta ohjaava rakentamisen ajoitus, suhdan-netilanne sekä markkinakapasiteetti ovat tärkeitä asioita ottaa huomioon aikataulun laadinnassa. Lisäksi olosuhteet ja niiden hallinta useampivuotisessa hankkeessa ovat laadukkaassa aikataulussa mukana. Seuraavana esitellään eri aikataulumalleja ja niiden käyttötarkoituksia. (Muukkonen 2020: 13.)

14.1 Jana-aikataulu

Jana-aikataulun avulla nähdään projektin eri tehtäväkokonaisuudet aloituksen ja lopetuksen kautta. Jana-aikataulun osoittaa myös tehtävän kestoon varattavan ajan. Tätä aikataulutyyppiä voidaan käyttää karkeasti kuvaamaan hankkeen erittelyä sekä ajoittamaan hankkeen eri vaiheita. Tarkempaa jana-aikataulua voidaan käyttää, vaikka rakennusvaiheesta tehtävän paikka-aikakaavion muodossa tai lukujärjestyksenä viikkosuunnitelmista. Paikka-aikakaavio kertoo hankkeen työtehtävät paikkasidonnaisella tiedolla ja lukujärjestyksellä ohjataan työmaan tai työryhmän viikoittaista työtä. (Elomaa 2012: 9.)

14.2 Suunnittelun ohjaukseen liittyvä rakentamisen aikataulu

Rakennuttaja määrittelee hankkeen ajalliset reunaehdot sekä tavoitteet. Tämä tehtävä kuuluu myös rakennuttajan tehtäväsisältöön. Näistä tiedoista saadaan laadittua rakennuttajan hankeaikataulu, jolla esitetään koko hankkeen läpivienti. Hankkeesta täytyy muodostua realistinen näkemys, jolla kohde saadaan toteutettua. Laadukas aikataulu käsittää myös riskien arvioinnin, ja siinä on varattu riittävä aika muutoksille. Näiden on sovelluttava rakennuttajan antaman kokonaisajan sisään.

Hankeaikataulun määrittelyyn vaikuttavat useat asiat.

- hankesuunnitelman kesto
- rakennusluvan ja rakennussuunnittelun kesto
- rakentamisen valmistelu
- rakentamisen kesto.

Rakentamisaikataulu kuvaa toteuttamisen kestoa sekä sitä voidaan käyttää myös suunnittelun tavoiteaikatauluna. Laadukkaasti laadittu aikataulu luo pohjan ja tavoitteen hankkeelle, joka antaa edellytykset valvoa hankkeen etenemistä.

Rakentamisvaiheaikatauluilla tarkennetaan työaikataulua, kun lähtötiedot karttuvat. Rakentamisvaiheaikataululla varmistetaan työaikataulun tavoitteiden saavuttaminen.

14.3 Suunnittelupuolen aikataulut

Suunnitteluajankulun tavoitteena on ohjata oikea aikaiseen suunnitteluun tarpeiden mukaisesti. Suunnitteluajankulun nimeämisiin on hyvä kiinnittää huomiota. Nimikkeillä voidaan ohjata ja seurata suunnittelun etenemistä. Kuvaavat nimikkeet auttavat myös tunnistamaan poikkeamia.

Lisäksi tarvitaan suunnittelun johtamista varten suunnitelma-ajankulu. Suunnitelma-ajankulun kautta määritellään ajankohta, jolloin suunnittelijaosapuolten suunnitelmat ovat työmaan käytössä. Suunnitelma-ajankulun sisään luodaan suunnittelijoiden väliset riippuvuustekijätiedot sekä suunnittelujärjestys sille, minkä vaiheen milloinkin on oltava työmaan käytössä. Tähän on kiinnitettävä erityistä huomiota suunnittelutyön- ja toteutustyön rinnakkaisissa hankkeissa.

14.4 Yleisaikataulu

Yleisaikataulu laaditaan työmaata varten rakennustöiden ajoittamista varten. Tämä on myös tärkeimpiä aikatauluja koko hankkeen kannalta, sillä tämän sisään rakennetaan muut aikataulut. Yleisaikataulu on jaettu kolmeen erilaiseen tasoon, riippuen laadinnan ajankohdasta, sisällön tarkkuustasosta ja käyttötarkoitukseltaan (Elomaa 2021: 24.)

- alustava yleisaikataulu
- sopimusyleisaikataulu
- työaikataulu

Alustava yleisaikataulu laaditaan ennen rakentamispäätöstä tai urakkatarjouksen antamista. Alustavaa yleisaikataulua voidaan hyödyntää myös tarjouslaskennassa, mikäli hankkeen laskentaperusteena ovat aikasidonnaiset kustannukset.

14.5 Hankinta-aikataulu

Hankinta-aikataulu kiinnittää hankinnat hankkeen työaikatauluun. Tämä varmistaa sen, että materiaalien ja rakennusosien oikea-aikainen saanti on varmistettu oikea-aikaisesti. Osa hankinnoista tehdään jo hankkeen alkuvaiheessa, jolloin suunnitteluratkaisuja on jo täytynyt lukita hyvissä ajoin. Hankinta-aikataulut laaditaan hanketta palvelevalla tavalla mutta myös urakkamuoto määrittelee, kuinka hankinnat toteutetaan. Tämä johtuu siitä, että urakoitsijalla on yleensä omia hankintaketjuja tai hankkeelle asetettuja tavoitteita, jotka vaikuttavat hankkeen taloudelliseen puoleen. (Elomaa 2012: 20.)

14.6 Talotekniikka-aikataulut

Talotekniikka-aikataulut on hyvä esittää hankkeissa omina aikatauluinaan, ja ne on sidottu yleisaikataulun sisään. Kohde määrittelee käytettävät nimikkeet taloteknisille tehtäville. Onnistuneen aikataulun laadinta vaatii urakoitsijoiden välistä

yhteistyötä, jolla varmistuu oikea rakentamisjärjestys sekä oikea-aikaiset tuotantoon liittyvät työtehtävät. Hankkeen rakentamisnopeus määritellään yleisaikataulussa. Aikataulun on perustuttava kohteen suunnitelmiin, jolloin suunniteluohjaus ja suunnitelma-aikataulun noudattaminen ovat perusedellytyksiä onnistuneeseen hankkeen läpiviemiselle.

14.7 Projektin loppuvaiheen aikataulut

Hankkeen loppuvaihetta kuvaava aikataulu on viimeistelyaikataulu. Tällä aikataululla varmistetaan onnistunut vastaanotto, ja se sisältää mm. taloteknisten järjestelmien säätötyöt, koekäytöt sekä teknisten järjestelmien tarkastukset. Viimeistelyaikataulusta näkyy mm. pölyävien työvaiheiden päättyminen, jolloin voidaan aloittaa toimintakokeet ja säätötyöt. (Elomaa 2021: 21.)

15 Aikataulujen esittäminen animaation kautta

Tässä luvussa tarkastellaan, kuinka tietomallisisältö ja rakentamisen aikataulu voidaan esittää animaatioesityksen avulla.

Aikataulujen laadinnan lähtökohta kaikilla aikatauluilla on suunnittelun ja rakentamisen ohjaus- ja seuranta. Kun käytetään jo suunnittelutyövaiheessa laadittua 3D-mallia sekä sen sisältävää tietomallisisältöä, on käytössä todellista tietoa, mitä hankkeessa aiotaan toteuttaa ja miten. Kun meillä on valmis malli ja tietosisältö sekä aikataulu, voidaan nämä tiedot yhdistää Synchro IRay -ohjelmistolla animaatioksi.

15.1 Rakentamisen aikataulun kuvaaminen animaation kautta

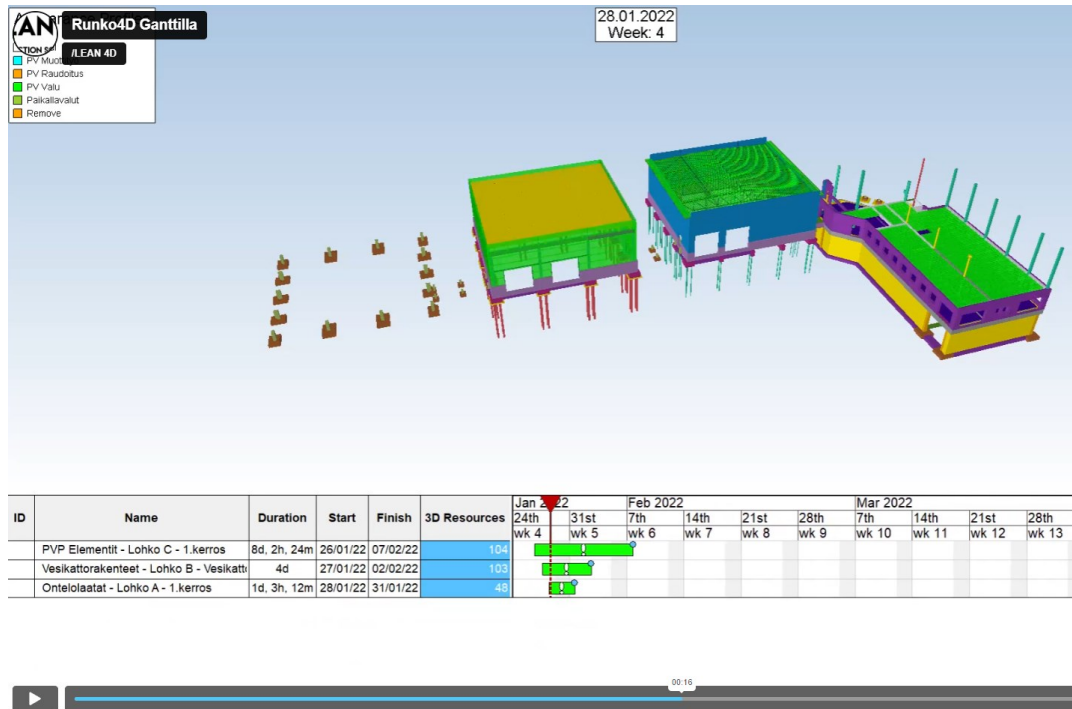
Animaatio on mahdollista laatia aikataulun kautta, jolloin kautta saadaan uutta tietoa hankkeen rakentamisesta. Animaation avulla voidaan seurata kohteen rakentamisen etenemistä alusta loppuun. Ohjelman avulla voidaan rajata seurattavia asioita sekä tutkia rakentamisen järjestystä. Animaatiotyökalu tuo hankkeen vetäjille uuden työkalun lisää, kun tutkitaan hankkeen logistisia toimintoja

sekä rakentamisen vaiheistuksia. Tämä selkeyttää hankkeiden etenemisen tulkintaa laajemmassa mittakaavassa mutta antaa mahdollisuuden tutkia esimerkiksi, kuinka käytävien tekninen asennusjärjestys toteutetaan. Visuaalisten esitysten kautta on mahdollista havainnollistaa rakentamisen etenemistä hankkeen niille osapuolille, jotka eivät osallistu läheisesti hankkeen työmaatoimintaan. Hankkeissa tehdään aina riskikartoitus, johon animaation tarkastelu voi tuoda

arvokasta tietoa. Hyötyjinä animaatioista voivat olla tilaaja, loppukäyttäjä ja rakennusvalvonta puolen ihmiset, joille on tärkeää nähdä nopeasti ja kattavasti rakentamiseen liittyviä kokonaisuuksia.

15.2 Kuinka rakentamista esittävä animaatio luodaan

Pohjana tässä on hankkeen yleisaikataulu. Yleisaikataulun sisälle tuodaan taloteknisten töiden aikataulut. Mitä yksityiskohtaisempi aikataulu laaditaan, sitä tarkemmin talotekniset asennukset voidaan esittää aikajanalla. Animaatioesityksessä esitetään suunnittelutyössä laadittuja objekteja. Objektit ovat luotu joko suunnittelutyön kautta Revit- tai CAD-ohjelmalla tai Syncho Pro -mallinnusohjelmalla. Objektien tietosisältöön, ifc-tiedostoon, lisätään SimbleBIM-ohjelman kautta tarvittavia aikatietoja, jolloin suunnitelluille objekteille saadaan aikariippuvuustekijä. Aikatieto sitoo objektin videon aikanauhaan. Kun rakentamisaikaan liittyvä tieto on ifc-tiedostossa, on mahdollista muuttaa aikatieta ja tarkastella onko jokin muu rakentamisen järjestys hankkeelle edullisempi.



Kuva 12. Kuvakaappaus animaatioesityksestä rakentamisen kulusta. Oikealla alhaalla on aikanauha rakentamisen etenemisestä.

16 Vaihtoehto aikataulun laadintaan 4D-mallinnuksen avulla

Aikataulun laadintaa voidaan tehdä myös toisella tapaa. Mikäli hankkeessa on tavoite tehdä ohjaava aikataulu, mutta tietoa ei ole tarpeeksi käytössä taloteknisen suunnittelun kautta, voidaan tässä tapauksessa turvautua esimerkiksi arkkitehdin tilaohjelmaan tai pelkästään arkkitehtipohjaan, jossa tilat näkyvät kalustetarpeineen.

Näiden tietojen pohjalta voidaan määritellä rakennustarvikemäärät ja sitä kautta työaikamenekit pinta-alojen mukaan. Materiaalitarpeet saadaan kalustetietojen pohjalta, jolloin voidaan laatia riittävän tarkka aikatauluraami hankkeelle keskustelujen pohjaksi.

Tässä lähestymistavassa on hyvä jättää liikkumavaraa eri taloteknisille järjestelmille, sillä järjestelmäratkaisujen vaihtuminen toiseksi voi tuoda lisätarvetta ai-

kataulun viivästymiseen. Hankkeelle voi suunnitteluvaiheessa tulla uusia kriteerejä, joita tulee tarkastella ja ottaa huomioon järjestelmävalintoja tehdessä. Mikäli yleisaikataulu on sidottu alku- ja loppupäässä, on aikatauluun vaikuttavat muutokset tehtävä sovitun aikatauluraamin sisällä. Keinoja on yleensä työjärjestyksen muuttaminen sekä vaiheistussuunnittelulla kautta tehtävä rakentamisen etenemistavan tutkiminen.

Tämä lähestymistapa aikataulun laadinnassa vaatii kaikilta osapuolilta yhteistyötä ja sen hyväksymistä, ettei kaikkia lähtötietoja ole loppuun asti lukittu. Lähtötiedot tarkentuvat suunnitteluvaiheiden edetessä.

17 Jatkotutkimusaiheita

Tätä työtä tehdessä mieleen tuli muutamia ajatuksia jatkotutkimusaiheista, josta ensimmäinen on vertailla miten hyvin taloteknisen tehtäväluettelon tehtäväsisällöt vastaavat kasvavaa määrään tietomallisuunnittelua. Hankkeessa on usein eri vaiheita ja useita eri osapuolia, jotka hyödyntävät tietomallia erilaisin tavoin, ja lisäksi kun vaatimukset kasvavat, niin mikä voisi olla riittävä määrä tuottaa tietosisältöä eri suunnitteluvaiheisiin.

Toisena tutkimusaiheena mainitsen tietomallin vakioinnin merkityksen avaamista suunnittelutyöstä hankkeen luovuttamiseen saakka käyttäjälle. Vakioinnin merkitys on ollut esillä jonkin aikaa ja se on tunnistettu suunnittelutyötä edistäväksi asiaksi. Tutkimuksessa olisi hyvä selvittää kuinka tietomallin vakiointi on auttanut käytännössä eri sovelluksien välistä tiedon kulkua eri suunnitteluvaiheissa eteenpäin siirryttäessä.

Kolmantena aiheena on maanrakennuslain (MRL) uudistuminen 2025 vuoden alussa. Ennakkoon on tiedossa, että uudishankkeiden rakennuslupavaiheeseen on tulossa uudistuksia. Digitaaliset palvelut tullaan nostamaan esille ja joitain osia, joita tässäkin työssä on ollut esillä, voidaan ottaa edellytykseksi rakennusluvan saamiseksi. Kun MRL:n tulevat muutokset vahvistetaan arkkitehti- ja rakennepuolelle niin tässä voisi olla mahdollisuus tutkia mitä tarpeita tästä seuraa talotekniikan suunnitteluun.

18 Yhteenveto

Hyvin laadittuun ja laadukkaaseen aikatauluun kannattaa hankkeissa panostaa. Toimiva aikataulu antaa edellytykset onnistuneeseen läpivientiin hankkeissa, ja mitä aikaisemmin siihen panostetaan, sitä paremmin voidaan arvioida hanketta sekä tehdä ennusteita. Hankkeen arviointi ja analysointi eri vaihtoehtoratkaisujen välillä aikataulun avulla voi tuoda rakentamiseen aika ja myös kustannussäästöä.

Aikataulun laatimiseen on tarjolla erilaisia lähestymistapoja sekä rakentamisessa että suunnittelussa. Perinteinen malli on jonomalli, jossa on selkeä ajan kohta suunnittelulle, jonka niiden valmistuessa käynnistyy hankinta sekä rakentaminen. Rinnakkaisessa mallissa tehdään samaan aikaan suunnittelua ja sekä rakentamista, sekä lisäksi voi tulla mukaan hankkeen vaiheittain etenemistäkin.

Aikataulun laadintaa varten on tarjolla useita eri lähtötilanteita. Lähtötilanteet määrittyvät sen mukaan mihin suunnitteluvaiheeseen aikataulua laaditaan sekä kenen käyttöön. Suunnittelun aikataulutus perustuu suunnittelijoiden antamiin tietoihin, kun taas tuotantoa sekä toteutusta varten lähtötietoja saadaan tilaajalta tai projektijohtourakoitsijalta. Suunnittelijan luomaa tietosisältöä voidaan hyödyntää aikataulun laadinnassa myös. Tietosisältö käsittää suunnittelutietoa kohteesta, jolla saadaan käsitys materiaali määrästä. Kun tiedossa ovat materiaalit ja niiden määrät, voidaan asennusaikatiedon lisäämisellä tietosisältöön alkaa rakentamaan tuotantovaiheen aikataulua. Tästä edelleen voidaan rakentaa useisiin eri hanketyyppeihin sopivia hankinta-aikatauluja ja vaiheistusaikatauluja tapauskohtaisesti ja niistä saadaan eroteltua hyvinkin tarkkoja suunnittelualuekohtaisia kuvaajia. Tällä tavoin on mahdollista saada rakennettua sekä hankkeen suunnitteluohjaukseen sekä tuotannon ohjaukseen monipuolisia aikatauluja.

Tärkeä työvaihe hankkeissa on laatia toimiva aikataulu. Hyvin tehty ja selkeäksi laadittu aikataulu palvelee hankkeen kaikkia osapuolia alusta loppuun asti. Se

tuo hankkeeseen selkeän etenemisen seurantamahdollisuuden sekä sitä kautta myös kustannussäästöä.

Tässä työssä käytiin läpi aikataulun laatimista eri lähtökohtien kautta. Sitä voidaan rakentaa 4D-mallinnuksella siten, että pohjana on 3D-suunnittelijan tietomalli ja sen tietosisältö. Tietosisältöä voidaan laajentaa asennuksen vaatimalla aikatiedoilla objektiokohtaisesti, jolloin voidaan aikataulua laatia hyvin tarkasti ja järjestelmäkohtaisesti. 4D-mallintaja kokoaa tiedon eri tahoilta, jolloin tieto voidaan yhdistää 4D-aikatauluksen avulla kuvaajiin.

Aikataulun hallinta on helpompaa, kun kaikki tarvittava tieto on viety tietosisältöön. Kuvaannollinen tapa esittää tietomallin hyödyntämisen tasoja yleisellä tasolla voidaan jakaa kahteen kategoriaan, jossa toinen on ei aktiivista hyödyntämistä ja toinen on aktiivista. Ei-aktiivinen hyödyntäminen voisi tässä tapauksessa olla suunniteltujen asioiden visuaalista esittämistä ja aktiivinen hyödyntäminen puolestaan pyrkii edelleen kehittämään olemassa olevaa tietosisältöä hankkeen hyödyksi muilla osa-alueilla. 4D-mallinnus voidaan rinnastaa aktiiviseksi tietosisällön hyödyntämiseksi.

Kun tietomallia ja sitä kautta laadittua tietosisältöä ei ole käytössä, on 4D-aikataulustusta kuitenkin mahdollista hyödyntää. Tässä tapauksessa lähtötietona käytetään arkkitehdin tilaohjelmaa, jossa tiedot luetaan arkkitehtipohjista ja huoneselostuksista. Voidaan hyödyntää myös saatua tietoa toteutuneiden kohteiden tunnusluvuista. Niiden kautta voidaan mallintaa 4D:ssä käytössä olevia sovelluksia käyttäen tietosisältöä, jolla saadaan käsitys rakentamisen ajasta. Saatu kokonaisaika jaetaan eri urakoiden välillä projektimallin mukaisella tavalla. Tämä on hyvä keino siinä tilanteessa, missä varsinainen suunnittelu ei ole vielä käynnistynyt ja eikä tietosisältöä TATE-suunnittelun kautta ole tarjolla.

Lähteet

Alkuvaiheen TATE-suunnitteluprosessi rinnakkaisen suunnittelun ja toteutuksen hankkeissa. Verkkoaineisto. SKOL energia- ja talotekniikkaryhmä.

https://skol.teknologiateollisuus.fi/sites/skol/files/inline-files/SKOL_TATE_PJU_suunnittelu_202104.pdf>. Luettu 8.12.2022

Dahlgren, Krister. 2017. 4D-mallinnus talotekniikan tuotanto-ohjauksessa. Oppinäytetyö Arcada. Theseus-tietokanta.

Elomaa, Pekka. 2012. Rakennushankkeen aikataulut. Insinööriyö Turun ammattikorkeakoulussa. Theseus-tietokanta.

Happonen, Roope. 2021. Aikatauluviiveen kustannustehokas kireminen sisävaiheessa. Insinööriyö AMK Metropolian ammattikorkeakoulussa. Theseus-tietokanta.

Helskä, Simo. 2017. Lean-perusteisen liiketoimintamalli uusiin urakkamuotoihin talotekniikka-alalla. Diplomityö Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Theseus-tietokanta.

Inkinen, Heikki. 2024. 4D-mallinnusprosessin työvaiheet. Digitaaliset hankepalvelut, projektipäällikkö, Granlund. Keskustelu 22.1.2024.

Jääskeläinen, Tuomas. 2021. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa ja ympäristönä digitaaliselle dokumentaatiolle. Insinööriyö AMK Metropolian ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Kehityshanke kuntien rakennusvalvonnan sähköisen lupaprosessin edelleen kehittämiseen ja prosessien automatisointiin. Verkkoaineisto. Kehityshankkeen RAVA3pro nettijulkaisusivu. <<http://www.rava3pro.fi/tulokset/>>. Luettu 16.10.2023.

Kontturi, Hannu. 2016. 3D-mallinnuksen ja tietomallinnuksen hyödyntäminen rakennusalalla. AMK rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Theseus-tietokanta.

Korhonen, Ronja. 2017. 4D-mallintaminen rakennuksen tuotantovaiheessa. AMK-insinööriyö Metropolian ammattikorkeakoulussa. Theseus-tietokanta.

Koskela, Vesa. 2021. Tietomalli rakennusvalvonnan lupaprosessissa. YAMK-insinööriyö Jyväskylän ammattikorkeakoulussa. Theseus-tietokanta.

Muukkonen, Veera. 2020. Suunnitteluprosessin virtaus ja ohjaus yhteistoiminnallisissa rakennushankkeissa. Diplomityö Oulun yliopiston tiedekunta. Theseus-tietokanta.

Niemi, Juuso. 2019. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. 4D-aikataulun hyödyntäminen työmaalla. Rakennusalan työjohdon tutkinto-ohjelma. Theseus-tietokanta.

Ojala, Jouni. 2023. 4D-palvelujen esittely Granlundilla. Digitaaliset hankepalvelut, johtaja, Granlund. Haastattelut 3.11.2022 ja 3.11.2023.

Ranne, Risto. 2023. 4D-mallinnuksen käytännöt ja ohjelmat. Digitaaliset hankepalvelut, ryhmäpäällikkö, Granlund. Keskustelut 3.11.2023.

Ranne, Risto. 2021. Productization of 4D-scheduling services. Diplomityö, Aalto-Yliopisto. Aaltodoc-tietokanta.

Rintala, Konsta. 2019. LVI-suunnittelun laadunvarmistus. Insinööriyö Satakunnan ammattikorkeakoulussa. Theseus-tietokanta.

Saavalainen, Ari. 2015. 4D-aikataulutuksen mahdollisuudet voimalaitosprojekteissa. Diplomityö Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Theseus-tietokanta.

Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18. 2017. RT-11290. Rakennustieto.

