Tampereen yliopisto

Tuomas Latvala

AIKATAULUNHALLINTA ERÄISSÄ RAKENNUSHANKKEISSA

Diplomityö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Tarkastaja: Professori Arto Saari
Tarkastaja: Väitöskirjatutkija Matti Tauriainen
Toukokuu 2023

TIIVISTELMÄ

Tuomas Latvala: Aikataulunhallinta eräissä rakennushankkeissa
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Toukokuu 2023

Työssä tutkitaan uusia ja perinteisiä aikataulunhallinnan menetelmiä sekä kohdeyrityksen tietomallinnettuja rakennushankkeita ja niissä esiintyvien aikatauluohjelmien käyttöä. Aihetta lähestytään ensinnä tutkimalla aikataulun laadinnan, valvonnan ja ohjauksen teoriaa kirjallisuudesta. Toiseksi tutkitaan kohdeyrityksen aikataulunhallinnan nykytilaa haastatteluin. Kolmanneksi tutkitaan uuden aikatauluohjelmiston käyttöönottoa rakennushankkeella toimintatutkimuksena.

Aikataulunhallinnan digitaalisia työvälineitä ja menetelmiä kehitetään jatkuvasti. Näistä käsitellään 4D- ja 5D-aikatauluja, tietomallintamista, tahtituotantoa, Last Planneria ja Lean rakentamista. 4D-aikataulun avulla voidaan visualisoida rakennustöiden etenemistä ajan suhteen. Menetelmä parantaa tuottavuutta ja ajallista onnistumista, sekä auttaa asennusjärjestyksen suunnittelussa ja ongelmien havaitsemisessa. 5D-aikataulussa aikataulutehtävät sisältävät kustannukset ja tietomalliominaisuudet. Kohdeyrityksessä on viime aikoina otettu käyttöön 5D-projektinhallintajärjestelmä iTWO ja myös uusia aikatauluohjelmia testataan rakennushankkeilla tarpeen mukaan.

Jokaisella tutkitulla rakennushankkeella on laadittuna yleisaikataulu ja ainakin yksi vaiheaikataulu. Kolmiviikkoisaikataulutusta tehdään useimmiten joko Last Planner –menettelyllä tai Excelillä. Jana-aikataulu on käytössä jokaisella hankkeella ja kolmella myös vinoviiva-aikataulu. Aikataulunhallintaan on käytetty Tocomania, Synchro Pro:ta, Fluent Planneria, Exceliä ja Visileania.

Uuden aikatauluohjelman käyttöön ottaminen on prosessi, joka on aloitettava riittävän ajoissa. Valmistelevia toimenpiteitä ovat mm. aikataulun luonti ohjelmassa, käyttäjien koulutukset ja tietomallin linkittäminen aikatauluun. Ohjelmaa tulee käyttää säännöllisesti rakentamisen aikana. Lisäksi käytön aikana on suositeltavaa pitää yhteyttä ohjelman toimittajaan kysymyksien esittämistä varten.

Avainsanat: tietomallit, 4D-aikataulu, 5D-aikataulu, 5D-projektinhallintajärjestelmä, tuotantoaikataulu

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Tuomas Latvala: Schedule management in some construction projects
Master's Thesis
Tampere University
Master's Degree Programme in Civil Engineering
May 2023

The work examines new and traditional methods of schedule management, as well as the data modeled construction projects of the target company and the use of scheduling programs in them. It is firstly investigated how making and controlling schedules is in theory. Secondly, the current status of the target company's schedule management is investigated through interviews. Thirdly, the introduction of a new schedule program in a construction project is investigated as an operation study.

Digital tools and methods for schedule management are constantly being developed. These include 4D and 5D schedules, data modelling, takt production, Last Planner and Lean construction. The 4D schedule can be used to visualize the progress of construction work over time. The method improves productivity and time success, and helps in planning the installation order and detecting problems. In the 5D schedule, schedule tasks include costs and data model features. The target company has recently implemented the 5D project management system iTWO, and new scheduling programs are also being tested on construction projects as needed.

Implementing a new scheduling program is a process that must be started well in advance. Preparatory measures include e.g. creating the schedule in the program, training users and linking the data model to the schedule. The program must be used regularly during construction. In addition, during use, it is recommended to contact the program supplier to ask questions.

Keywords: data models, 4D-schedule, 5D-schedule, 5D Project management system, production schedule

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty työsuhteessa Lujataloon vuosien 2022 ja 2023 aikana aluksi täyspäiväisesti ja vuoden 2023 alusta tuotantoinsinöörin tehtävien ohessa. Prosessi on ollut pitkä ja vaivalloinen, mutta samalla hyvin opettavainen ja hyödyllinen. Työn alkaessa olin melko kokematon rakennusalan toimintatavoista erityisesti toimihenkilöiden tehtävien osalta. Nämä ja monet muut asiat ovat olleet uuden opettelua. Nyt on jo hienoa päästä soveltamaan taitoja käytännössä.

Työtäni ovat mahdollistaneet monet tahot. Kiitokset työni ohjaajalle, Lujatalon digitaalisen rakentamisen johtajalle Matti Tauriaiselle mielenkiintoisesta tutkimusaiheesta sekä sitkeästä ja peräänantamattomasta ohjaustyöstä. Kiitokset professori Arto Saarelle työni ohjaamisesta Tampereen yliopiston puolesta. Kiitokset kuuluvat myös Lujatalon digitaalisen rakentamisen osastolle ja Tampereen toimiston väelle. Kiitokset kaikille Lujatalon toimihenkilöille, jotka ovat tätä työtä varten aikaansa antaneet haastattelujen ja aikatauluohjelmien kokeilujen merkeissä. Kiitokset vanhemmilleni tuesta ja esirukouksista opintojeni aikana. Erityiset kiitokset vaimolleni Anne-Marille tuesta kaikkien näiden vuosien aikana. Kiitos kun jaksat kulkea rinnallani ja jatkaa yhdessä eteenpäin. Kiitos Jumalalle. Kiitokset myös Aaro, Nooa ja Kerttu, kun olette ymmärtäneet, että isillä on kiireitä.

Nurmijärvellä, 1.5.2023

Tuomas Latvala

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO JA TAVOITTEET 1
1.1 Johdanto: Aikataulunhallinta on muutoksessa 1
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset 1
2. TUTKIMUKSEN KULKU JA TUTKIMUSME-NETELMÄT 2
2.1 Tutkimuksen kulku ja tutkimusmenetelmät 2
2.2 Haastattelututkimus 2
2.3 Toimintatutkimus 4
3. AIKATAULUN LAADINTA-, VALVONTA- JA OHJAUSTEORIAA 6
3.1 Aikataulusuunnittelun vaiheet 6
3.1.1 Rakennushankkeen kokonaiskesto ja rakennusajan kireyden tarkistus 6
3.1.2 Tehollisen rakennusajan laskeminen 9
3.1.3 Osakohteiden ja suoritusjärjestyksen valinta 11
3.1.4 Aikataulutehtävien muodostaminen 13
3.1.5 Työjärjestyksen määrittäminen 16
3.1.6 Tehtävien tahdistus ja rytmitys 17
3.1.7 Aikataulun laadinta ja toteutuskelpoisuus 19
3.2 Aikataulutyypit 19
3.2.1 Yleisaikataulu 20
3.2.2 Talotekniikka-aikataulu 22
3.2.3 Rakentamisvaiheaikataulu 23
3.2.4 Viikkoaikataulu 24
3.3 Aikataulujen esitysmuodot 25
3.3.1 Jana-aikataulu 25
3.3.2 Vinoviiva-aikataulut 26
3.3.3 Valvontavinjetti 27
3.4 Tietomallien, 4D- ja 5D-aikataulutuksen yhteistoiminta 29
3.4.1 Rakentamisen tietomallit 29
3.4.2 4D-aikataulu ja sen käyttöönottoprosessi 31
3.4.3 4D-aikataulun hyödyt ja käyttökohteet 32
3.4.4 4D-aikataulun käyttöönoton kypsyystason mittaamisesta 33
3.4.5 5D-aikataulu 35
3.5 Tahtituotanto 35
3.6 Last Planner 36
3.6.1 Last Planner –menetelmä 36
3.6.2 Last Planner viikkosuunnittelussa 39
3.6.3 Last Plannerin työvälineet 40
3.7 Tietomallien ja Lean-rakentamisen yhdistäminen 45
3.8 Aikataulun valvonta ja ohjaus 46
4. EMPIIRINEN TUTKIMUSOSA 49
4.1 Kohde 1, haastattelu 1 49
4.1.1 Aikataulun laadinta 50
4.1.2 Aikataulun valvonta ja ohjaus Last Plannerilla 51

4.1.3 Kehityskohteet ja –ideat 52
4.1.4 Yhteenveto 53
4.2 Kohde 1, haastattelu 2 53
4.2.1 Aikataulun laadinta 54
4.2.2 Aikataulun valvonta ja ohjaus 54
4.3 Kohde 2 55
4.3.1 Aikataulun laadinta 55
4.3.2 Aikataulun valvonta ja ohjaus 56
4.3.3 Tietomallien, iTWO:n ja Last Plannerin käyttö projektissa 56
4.3.4 Kehityskohteet ja –ideat 56
4.3.5 Yhteenveto 57
4.4 Kohde 3 57
4.4.1 Aikataulun laadinta: Hankkeet 3.1 ja 3.2 58
4.4.2 Aikataulun laadinta: Hanke 3.3 58
4.4.3 Aikataulun laadinta: Kaikki hankkeet 59
4.4.4 Aikataulun valvonta ja ohjaus 59
4.4.5 Visileanin ja Last Plannerin käyttö projekteissa 60
4.4.6 Kehityskohteet ja -ideat 60
4.4.7 Yhteenveto 61
4.5 Kohde 4, haastattelu 1 62
4.5.1 Aikataulun laadinta 62
4.5.2 Fluent Plannerin käyttöönotto projektissa 63
4.5.3 Aikataulun valvonta ja ohjaus Fluent Plannerilla 63
4.5.4 Kehityskohteet ja -ideat 64
4.5.5 Yhteenveto 65
4.6 Kohde 4, haastattelu 2 66
4.7 Kohde 5 67
4.7.1 Aikataulun laadinta 67
4.7.2 Aikataulun valvonta ja ohjaus 69
4.7.3 Erityispiirteitä 70
4.7.4 Kehityskohteet ja -ideat 70
4.7.5 Yhteenveto 71
4.8 Kohde 6, haastattelu 1 72
4.8.1 Aikataulun laadinta 72
4.8.2 Aikataulun valvonta ja ohjaus 73
4.8.3 Synchro Pro ja 4D-aikataulun käyttö projektissa 74
4.8.4 Erityispiirteet 76
4.8.5 Kehityskohteet ja -ideat 76
4.8.6 Yhteenveto 76
4.9 Kohde 6, haastattelu 2 77
4.10 Kohde 7 78
4.10.1 Aikataulun laadinta 78
4.10.2 iTWO:n ja tietomallien käyttö hankkeessa 80
4.10.3 Aikataulun valvonta ja ohjaus 81
4.10.4 Kehityskohteet ja -ideat 82
4.10.5 Yhteenveto 82
4.11 Kohde 8 83
4.11.1 Aikataulun laadinta 84
4.11.2 Aikataulun valvonta ja ohjaus 85
4.11.3 Last Plannerin ja tietomallien käyttö projektissa 85

4.11.4 Kehityskohteet ja –ideat 85
4.11.5 Yhteenveto 86
4.12 Visilean-aikatauluohjelman käyttöönotto ja käyttö kohteessa 3.3 87
4.12.1 Ohjelman käyttöönotto ja aikataulun laadinta 87
4.12.2 Aikataulun käyttö ja seuranta 92
4.12.3 4D:n kypsyystasojen arviointi 93
4.13 Aikataulut iTWO:ssa 95
5. POHDINNAT 98
5.1 Tutkimuskysymys 1: Nykyaikainen aikataulunhallinta rakennushankkeessa 98
5.2 Tutkimuskysymys 2: Aikataulunhallinta kohdeyrityksessä 99
5.3 Tutkimuskysymys 3: Aikatauluohjelmiston käyttöönotto projektilla ... 101
6. JOHTOPÄÄTÖKSET 103
LÄHTEET 105
LIITE A: HAASTATTELUKYSYMYKSET LUJATALO 108
LIITE B: HAASTATTELUKYSYMYKSET ALIURAKOITSIJAT 110

KUVALUETTELO

Kuva 1. *Tutkimuksen kulku. 2*
Kuva 2. *Toimintatutkimuksen kaavio 5*
Kuva 3. *Lohkojaon vaikutus työvaiheiden limityksiin. Aika kulkee vasemmalta oikealle ja työvaiheet etenevät vinoviivoina paikasta toiseen. (Junnonen, 2010, s. 21) 8*
Kuva 4. *Pelivarojen oikeaoppinen käyttö T3- ja T4-ajoilla laadituissa aikatauluissa. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 63) 10*
Kuva 5. *Jos työskentelyä valvotaan T4-ajan mukaan, työn loppuun ei jää pelivaraa. (Junnonen, 2010, s. 23) 10*
Kuva 6. *Lohko- ja työkohdejako (Junnonen, 2010, s. 24) 12*
Kuva 7. *Eri aikataulutyyppien liittyminen toisiinsa. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 40) 20*
Kuva 8. *Esimerkki kohdeyrityksen jana-aikataulusta, jonka seurantatilanne näkyy punaisella murtoviivalla. 25*
Kuva 9. *Esimerkki kohdeyrityksen paikka-aikakaaviosta. 27*
Kuva 10. *Aluesuunnitelmaan tehty valvontavinjetti. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 30) 28*
Kuva 11. *Matriisimuotoinen valvontavinjetti. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 96) 28*
Kuva 12. *4D:n käyttö voimalaitosprojektin eri vaiheissa. (muokattu lähteestä: Piselia, 2020) 32*
Kuva 13. *4D-aikatauluprosessin vaikutukset hankkeen onnistumiseen. (muokattu lähteestä: Piselia, 2020) 33*
Kuva 14. *4D-aikatauluprosessin vaikutukset prosessin menestystekijöihin. (muokattu lähteestä: Piselia, 2020) 33*
Kuva 15. *4D:n käytön kypsyystason matriisi (Swallow et al, 2021). Ks. sovellusesimerkit hankkeissa 3.3 ja 6. ..... 34*
Kuva 16. *Last Planner –menettelyn eteneminen tuotantovaiheessa. On muistettava, että hyväkään suunnitelma ei toteudu ilman edellytysten luomista ja johtamista. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 43) 38*
Kuva 17. *Last Planner –tuotannonsuunnittelun painopistealue. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 17) 39*
Kuva 18. *Last Planner –aikatauluun merkitään aikajana, osakohteet tai osapuolet, tehtävät ja välitavoitteet. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 60) 41*
Kuva 19. *Tehtävien valmiusasteen merkitseminen. Lappuihin on merkitty myös työntekijämäärä ja osakohde. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 61) 42*
Kuva 20. *Digitaalinen Last Planner –aikataulu. Suunnitteluvaiheessa jokaisen riville merkitään osapuolen tehtävät ja muiden tarpeet. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 62) 44*
Kuva 21. *Digitaalinen aikataulutettu tehtäväluettelo. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 62) 45*
Kuva 22. *Kohteen 1 uudisosan arkkitehtimalli. 50*
Kuva 23. *Ote hankkeen Excel-aikataulusta. 50*
Kuva 24. *Hankkeen aikatauluprosessin päävaiheet. 51*
Kuva 25. *Last Planner –seinätaulu. Pystyakselilla kerrokset ja vaaka-akselilla aika. 52*
Kuva 26. *Kohteen 2 arkkitehtimalli. 55*
Kuva 27. *Kohteen 3.3 arkkitehtimalli. 58*
Kuva 28. *Ote Excelissä tehdystä tahtiaikataulusta. 59*

Kuva 29. *Kohteen 5 arkkitehtimalli. 67*
Kuva 30. *Kohteen 5 yleisaikataulun päänimikkeet Tocomanissa. Sinisillä merkeillä merkittyjen otsikkojen alta löytyy alatehtäviä. 68*
Kuva 31. *Ote kohteen 5 tahtiaikataulusta Tocomanissa. 69*
Kuva 32. *Kohteen 6 arkkitehtimalli. 72*
Kuva 33. *Ote kohteen 3-viikkoisaikataulusta. Värikoodeissa vihreä=hyvä, keltainen=neutraali ja punainen=huono. Sarakkeet ”Työryhmä/urakoitsija” ja ”Syy poikkeamaan 1. viikon tavoitteesta” poistettu näkyvistä. 74*
Kuva 34. *4D-aikataulun kypsyystasojen arviointimatriisi kohteella 6. Arviointi on tehty tutkijan, kohdeyrityksen digitaalisen rakentamisen johtajan ja kohdeyrityksen ohjelmistoasiantuntijan kanssa yhteistyössä. Vrt. kappaleet 3.4.4 ja 4.12.3. ..... 75*
Kuva 35. *Kohteen 7 arkkitehtimalli. 78*
Kuva 36. *Kohteen 7 yleisaikataulu on Tocomanilla tehty. 79*
Kuva 37. *Ote hankkeen 7 iTWO-aikataulusta. Janat on poistettu kuvasta sekä määrä-, yksikkö-, kriittisyyden valinta ja keston laskennan tyyppi –sarakkeet. 81*
Kuva 38. *Kohteen 8 arkkitehtimalli. 84*
Kuva 39. *Hankkeen 3.3 keskeiset Visileaniin liittyvät tapahtumat. 88*
Kuva 40. *Ote hankkeen 3.3 Visilean-aikataulusta jananäkymässä. 90*
Kuva 41. *Sisävaiheen tehtävien sijaintierittely Visileanissa. 91*
Kuva 42. *Visileanin tietomallinäkymä. Link-sarakkeessa on ketjun symboli, jos tehtävälle on linkitetty tietomalliobjekteja. Property panelin model links –valikossa näkyvät valitulle tehtävälle linkitetyt objektit. 92*
Kuva 43. *Kohteen 3.3 4D-aikataulun kypsyystasojen arviointimatriisi. Arvioinnissa on otettu huomioon Visilean-ohjelmisto kokonaisuutena. Pelkkien 4D-asioiden perusteella arvioitaessa arvosanat olisivat heikompia. 94*
Kuva 44. *Litterapohjainen kustannusaikataulu eräältä kohdeyrityksen hankkeelta. Sinisellä pohjalla olevat tehtävärivit sisältävät alatehtäviä, jotka eivät ole näkyvissä. 97*

LYHENTEET JA MERKINNÄT

3D: Pituus, leveys ja korkeus

4D: 3D + aikataulu

5D: 4D + kustannukset

Fluent Planner: Aikatauluohjelmisto, jonka käyttöä voidaan jakaa myös aliurakoitsijoille. https://www.fluentprogress.fi

Iteratiivinen: toistuva

iTWO: 5D-projektinhallintajärjestelmä, jossa yhteen kytkeytyvät tietomalli, aikataulu ja kustannukset. https://www.rib-software.com

KVR-hanke: kokonaisvastuurakentaminen

LVIAJ: LVI, automaatio ja jäähdytys

P1: Rakentamiselle asetettava pölynhallintaluokka, jossa pölykertymälle on määritellyt maksimiarvot ennen toimintakokeiden aloittamista ja rakennuksen luovutusta

Planet: Planet aikatauluohjelmisto. selltracon.fi/ohjelmistot

PPC-luku ”Percent plan completed” on tehtävien toteutumaprosentti, jonka Suomessa käytetty lyhenne on TTP.

Pro3: Järjestelmä projektien tiedon ja laadun hallintaan. derigo.fi/pro3

Ratu-tiedosto: Rakennustuotannon tietokanta. https://www.rakennustieto.fi/palvelut/tietoa-rakentamiseen/kortistot/ratu-kortisto

Synchro Pro: aikatauluohjelma, jolla voi tehdä 4D-aikataulutusta. https://pcss.com.my/synchro-software/synchro-pro/

T3-aika: tehollinen aika, työvuoroaika. T3-aika on tavoitteellinen työmenekki, joka ei sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä.

T4-aika: työnvaiheaika, joka kuvaa rakentamiseen käytettävissä olevaa aikaa. ”Ajassa ovat mukana pakkaspäiviä ja työehtosopimuksen mukaisia vapaapäiviä lukuun ottamatta kaikki työhön käytetyt tunnit mukaan lukien yli tunnin mittaiset keskeytykset.” (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017)

TATE-aikataulu: talotekniikka-aikataulu

Tietomalli: rakennusosista koottu kolmiulotteinen tietotekninen malli, joka geometriatiedon lisäksi sisältää myös osien ominaisuustietoa sekä eri osien välisiä yhteyksiä toisiinsa.

Tocoman aikatauluohjelmisto: Tocoman aikataulu on yleisesti käytetty aikatauluohjelma rakennusalalla. https://www.tocoman.fi

TTH: työntekijätunti

TTP-luku: tehtävien toteutumaprosentti

Tuotantoaikataulut: rakentamisvaiheen aikataulut

Visilean: aikatauluohjelmisto, jonka käyttöä voidaan jakaa myös aliurakoitsijoille. Ohjelmisto sisältää selain- ja mobiiliversion ja tietomallin. https://visilean.com

1. JOHDANTO JA TAVOITTEET

1.1 Johdanto: Aikataulunhallinta on muutoksessa

Aikataulujen hallinta on keskeinen osa rakennushanketta ja sen onnistumista. Aikataulussa pysyminen vaikuttaa positiivisesti myös kustannuksiin ja rakentamisen laatuun. Kokonaisvaltainen aikataulunhallinta sisältää niin aikataulun laadintavaiheen kuin aikataulussa pysymisen rakentamisen aikana. Tutkittavissa rakennushankkeissa kohdeyritys toimii pääurakoitsijana, joten se vastaa niin aikataulujen laadinnasta kuin aikataulussa pysymisestä. Työssä perehdytään aikataulunhallinnan menetelmiin teorian näkökulmasta ja selvitetään haastatteluilla, miten aikatauluja hallitaan yrityksessä.

Työ sisältää perinteisen aikataulunhallinnan lisäksi näkökulman uudempien aikataulunhallinnan menetelmien käyttämiseksi. Teorian puolella tutkitaan, mitä nämä ovat, ja tehdään myös pilotointia uuden aikatauluohjelman käytön muodossa rakennushankkeella. Digitaalisuus on vahvasti mukana uusissa aikataulunhallinnan menetelmissä rakennusalalla yleisesti. Kohdeyrityksessä on joitakin uusia aikatauluohjelmia otettu käyttöön hiljattain, ja myös uusi tietomalleja hyödyntävä projektinhallintajärjestelmä iTWO. Näiden haltuun ottamiseksi tarvitaan pitkäjänteistä työtä.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämän diplomityön päätavoitteina on selvittää,

1. mitä on nykyaikainen aikataulunhallinta rakennushankkeessa,
2. mikä on aikataulunhallinnan tilanne kohdeyrityksessä tällä hetkellä ja
3. miten uusi aikatauluohjelmisto otetaan onnistuneesti käyttöön projektissa.

Tavoite 3 on toimintatutkimusta, jonka päätutkimusaiheina on tutkia

3.1 työmaaorganisaation toimintaa ohjelmiston käyttöönottamiseksi ja käyttämiseksi rakennushankkeessa

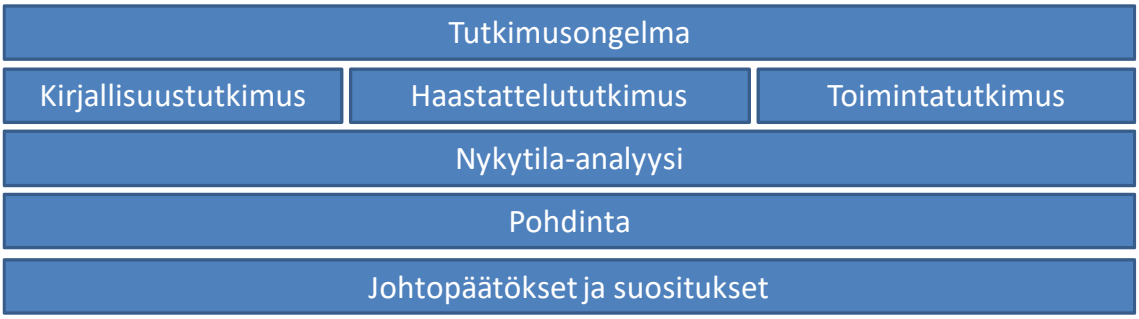
3.2 ohjelmiston käytettävyyttä rakennushankkeen aikataulunhallinnassa.

Tavoitteita 3.1 ja 3.2 tutkitaan yhteistyössä tutkijan, kohdeyrityksen digitaalisen rakentamisen johtajan ja kohdeyrityksen ohjelmistoasiantuntijan kanssa. Tutkimusaihetta 3.2 tutkii edellisten lisäksi projektin 3.3 työmaaorganisaatio.

2. TUTKIMUKSEN KULKU JA TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1 Tutkimuksen kulku ja tutkimusmenetelmät

Kuvassa 1 on esitetty tutkimuksen kulku. Kaavio etenee aikajärjestyksessä ylhäältä alas ja vasemmalta oikealle. Tutkimusmenetelminä toimivat kirjallisuustutkimus, haastattelututkimus ja toimintatutkimus. Tutkimuksessa on lähdetty liikkeelle tutkimusongelmasta ja tutkimuskysymysten määrittelyllä (ks. kappale 1.2). Tämän jälkeen aloitettiin kirjallisuustutkimus perehtymällä ensin aikataulunhallinnan teoriaan. Pian tämän jälkeen aloitettiin haastattelut eri rakennustyömailla jatkaen samalla kirjallisuustutkimusta. Toimintatutkimusta on myös tehty samanaikaisesti edellisten kanssa, mutta se aloitettiin tutkimusmenetelmistä viimeisenä. Nykytila-analyysi on tehty perustuen haastattelu-, toiminta- ja kirjallisuustutkimuksiin. Kirjallisuustutkimus toimii tukena verrattaessa Lujatalon aikataulunhallinnan nykytilannetta teoriaan. Aikataulunhallinnan nykytilaa on kuvattu luvussa 5: Pohdinnat. Johtopäätökset on tehty lopussa perustuen tutkimuksen edellisiin vaiheisiin.



Kuva 1. *Tutkimuksen kulku.*

2.2 Haastattelututkimus

Tässä työssä käytetään haastattelututkimusta aikatauluhallinnan nykytilan selvittämiseksi Lujatalossa ja osittain myös tutkijan perehdyttämisessä rakennusalan toimintatapoihin. Haastateltavat rakennushankkeet on käsitelty luvussa 4. Haastattelut on pidetty 8 eri työmaalla sisältäen 7 ryhmähaastattelua ja 1 yksilöhaastattelun (ks. taulukko 1). Aliurakoitsijahaastatteluja on pidetty eri työmaiden talotekniikkaurakoitsijoille 3 kpl, joista 2 on ryhmähaastatteluja ja 1 yksilöhaastattelu. Kohdeyrityksen toimihenkilöitä varten laaditut kysymykset löytyvät liitteestä A ja aliurakoitsijoita varten laaditut kysymykset liitteestä B. Kahdelle tuotantoinsinöörille tehtiin lisäksi yhteinen ryhmähaastattelu. Näin

haastatteluja on yhteensä 12. Haastatteluista 8 on pidetty paikan päällä työmailla, 1 toimistolla ja 3 etäyhteyksin työmaan päättymisen tai matkustamisen välttämisen takia. Haastatteluista 3 on pidetty tutkijan toimesta ja loput 9 yhdessä Lujatalon digitaalisen rakentamisen johtajan kanssa. Haastattelut on äänitetty ja alustavia muistiinpanoja on tehty haastattelutilanteiden aikana. Äänityksiin on aina kysytty lupa haastateltavilta. Haastattelut on toteutettu maaliskuun 2022 ja kesäkuun 2022 välisenä aikana.

Taulukko 1. *Haastatellut toimihenkilöt*

	Haastateltavien lukumäärä ja haastateltavien työkokemus (vuosia)								
Haastattelu / kohde	**Työpäällikkö**	**Vastaava työnjohtaja 1**	**Vastaava työnjohtaja 2**	**Työmaa-insinööri 1**	**Tuotantoinsi-nööri / työmaa-insinööri 2**	**Työmaa-mestari / työnjohtaja 1**	**Työmaa-mestari / työnjohtaja 2**	**Projekti-päällikkö 1**	**Projekti-päällikkö 2**
Kohde 1, haastattelu 1			1 (30)	1 (5)	1 (10)				
Kohde 1, haastattelu 2								1 (-)	1 (-)
Kohde 2	1 (30)		1 (5)	1 (3)			1 (3)		
Kohde 3, haastattelu 1				1 (5)	1 (5)				
Kohde 3, haastattelu 2	1 (10)	1 (-)	1 (25)		1 (4)			1 (10)	
Kohde 4, haastattelu 1	1 (30)	1 (30)		1 (10)				1 (20)	
Kohde 4, haastattelu 2							1 (-)		
Kohde 5	1 (10)	1 (20)			1 (5)	1 (40)	1 (5)	1 (10)	
Kohde 6, haastattelu 1		1 (15)			1 (-)				
Kohde 6, haastattelu 2						1 (-)		1 (-)	
Kohde 7					1 (6)				
Kohde 8		1 (35)		1 (-)	1 (12)				
Haastateltavia yhteensä	4	5	3	5	6	2	3	5	1

Haastattelumenetelmänä on käytetty puolistrukturoitua teemahaastattelua. Siinä tutkijalla on lista kysymyksiä valmiina, mutta kaikkia niitä ei ole pakollista käsitellä (Gray, 2004, s. 215). Kysymysten järjestys voi muuttua haastattelun edetessä riippuen siitä, mihin suuntaan keskustelua on luontevaa viedä, ja tarkentavia lisäkysymyksiä voidaan esittää tarvittaessa (Gray, 2004, s. 216). Tarkoitus on antaa haastateltaville mahdollisuus puhua aihepiiristä laajemmin kuin mitä pelkkä kysymyksiin vastaaminen edellyttäisi. Toisaalta kysymykset auttavat ohjaamaan keskustelua haluttuun suuntaan, ja pysymään asiassa. Haastattelijoiden kiinnostus kohdistuu paitsi itse asioihin, myös haastateltavien mielipiteisiin ja kokemuksiin tutkittavista aihepiireistä. Jos jotakin keskeistä on haastatteluissa unohtunut käsitellä, on lähetetty myöhemmin sähköpostilla täydentäviä kysymyksiä.

Haastattelut on toteutettu pääasiassa ryhmähaastatteluina. Ryhmähaastattelu on huomattavasti yksilöhaastattelua edullisempi menetelmä, koska näin saadaan yhdellä ker-

ralla haastateltua useampi henkilö (Gray, 2004, s. 230). Haittapuolena ryhmähaastattelussa on, että haastattelutilanne voi vaikuttaa haastateltavien vastauksiin (Gray, 2004, s. 230). Haastateltavat eivät välttämättä tuo eriäviä mielipiteitään esille, jos joukossa on dominoivampi keskustelija tai oma esimies. Ryhmähaastattelu on tähän tutkimukseen silti toimiva menetelmä, koska sen avulla saadaan enemmän näkökulmia haastattelutilanteeseen. Haastattelut on esitetty kappaleessa 4. Ensimmäiseksi tehty haastattelu purettiin ääninauhalta auki sanasta sanaan, mutta tämä osoittautui niin hitaaksi menetelmäksi, että lopuista haastatteluista päädyttiin tekemään vain muistiinpanot kuunnellun äänityksen perusteella. Tarvittaessa äänitteitä on kuunneltu useampaan kertaan muistiinpanoja tehden ja muokaten.

Tutkittavista hankkeista 4 on asuinkerrostalohankkeita, yhden tai useamman talon kokonaisuuksia. Toiset 4 ovat erilaisia toimitilarakennuksia. Kohteet sijaitsevat Pirkanmaalla, Uudellamaalla, Kaakkois-Suomessa ja Varsinais-Suomessa. Monet kohteista ovat jollakin tavalla kärkihankkeita, joissa on kokeiltu jotakin uutta, mutta mukana on myös perinteisemmin toteutettuja kohteita. Uuden kokeilemista hankkeissa ovat esimerkiksi tahtituotanto, iTWO:n ja uusien aikatauluohjelmien käyttö sekä hirsirakentaminen.

2.3 Toimintatutkimus

Diplomityön toimintatutkimukseen sisältyy Visilean-aikatauluohjelman käyttöön ottaminen ja 5D-projektinhallintajärjestelmän käytön opettelu. Visilean otetaan käyttöön rakennushankkeella 3.3 (kappale 4.4). Visileania kokeillaan ensimmäistä kertaa todellisessa rakennushankkeessa yrityksessä. Visileanin käytöllä haetaan vastauksia tutkimuskysymykseen 3.

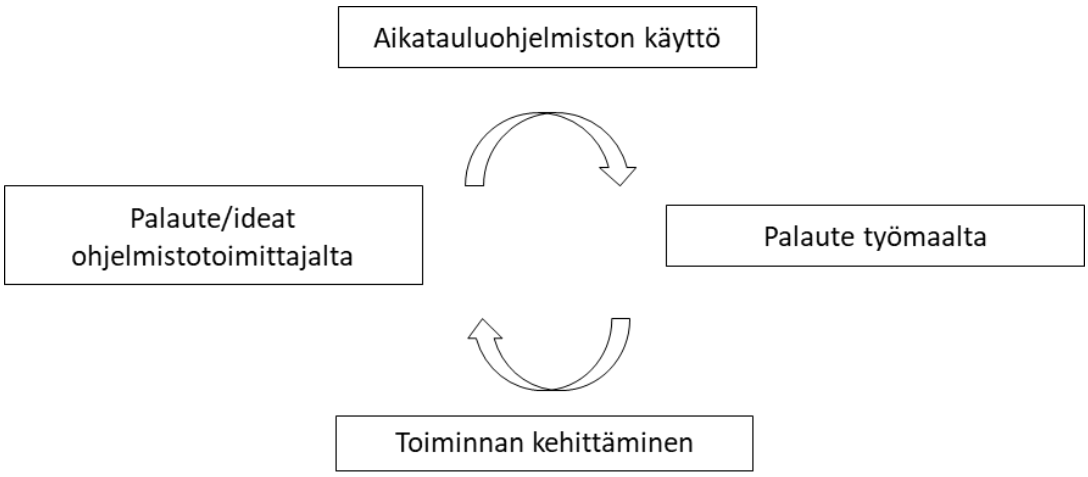
Toimintatutkimus on lähestymistapa, jossa keskitytään yhtäaikaisesti toimintaan ja tutkimukseen muita osapuolia osallistaen. Toimintatutkimusta voidaan toteuttaa monella eri tavalla. Toimintatutkimuksessa

- tutkimukseen osallistuvat toimijat ovat tutkijoita tai heidän osallistumisensa tutkimukseen on tasa-arvoista tutkijan kanssa,
- tutkimus nähdään muutosta mahdollistavana työkaluna,
- tutkimukseen osallistuvat toimijat tuottavat tutkimustietoa (Gray, 2004 s. 374).

Toimintatutkimuksen keskiössä tulee olla aktiivinen muutos ja tavoite muuttaa nykyisiä käytäntöjä tai toimintatapoja (Willis & Edwards, 2014; Lopperi, 2019). Toimintatutkimuksen tarkoitus ei ole tarjota valmiita vastauksia ongelmiin, mutta löytää erilaisia totuuksia ja realiteetteja ryhmien ja yksilöiden tuottamina (Gray, 2004, s. 378; Stringer, 1999).

Tutkija on pitänyt päiväkirjaa koko toimintatutkimusprojektin ajan. Grayn (2004, s. 384) mukaan päiväkirjan pito on hyödyllistä riippumatta siitä, mikä on tutkimuksen pääasiallinen tiedonkeruumenetelmä. Päiväkirjaan merkitään hyödyllisiä huomioita projektin varrelta sekä muita itselle hyödyllisiä kirjauksia. Päiväkirja toimii muistiona projektin kulusta ja sitä hyödynnetään johtopäätösten teossa. Toimintatutkimuksessa tietoa kerätään eri menetelmin. On suositeltavaa käyttää useampaa tiedonkeruumenetelmää, jotta saadaan eri näkökulmia hyödynnettyä (Gray, 2004, s. 384). Varteenotettavia menetelmiä ovat havainnointi, dokumentit, haastattelut, valokuvien analysointi sekä ääni- ja videotallenteet (Gray, 2004, s. 392). Näistä menetelmistä tutkija on käyttänyt haastatteluja, havainnointia sekä äänitallenteita.

Toimintatutkimuksen kaavio (kuva 2) kuvaa Visileanin parissa työskentelyä. Jokainen vaihe seuraa toistaan yhä uudestaan, tosin niiden järjestys voi vaihdella ja osin sekoittua. Lisäksi palautetta viedään myös ohjelmistotoimittajalle.



Kuva 2. *Toimintatutkimuksen kaavio*

3. AIKATAULUN LAADINTA-, VALVONTA- JA OHJAUSTEORIAA

3.1 Aikataulusuunnittelun vaiheet

Aikataulun suunnittelu rakennushankkeissa koostuu peräkkäisistä vaiheista, jotka ovat

- ”rakennushankkeen kokonaiskeston ja rakennusajan kireyden tarkistus
- tehollisen rakennusajan laskeminen
- kohteen jakaminen osakohteisiin
- työjärjestyksen suunnittelu ja valinta
- aikataulutehtävien muodostaminen
- tehtävien ajoitus ja resurssien tasaus
- tuotantoa palvelevan aikataulun teko” (Junnonen, 2010, s. 19).

Luettelo vaiheista on ohjeellinen. Vaiheita voi jäädä pois ja järjestys vaihtua. Voidaan myös palata aikaisempiin vaiheisiin tarvittaessa. (Junnonen, 2010, s. 19)

3.1.1 Rakennushankkeen kokonaiskesto ja rakennusajan kireyden tarkistus

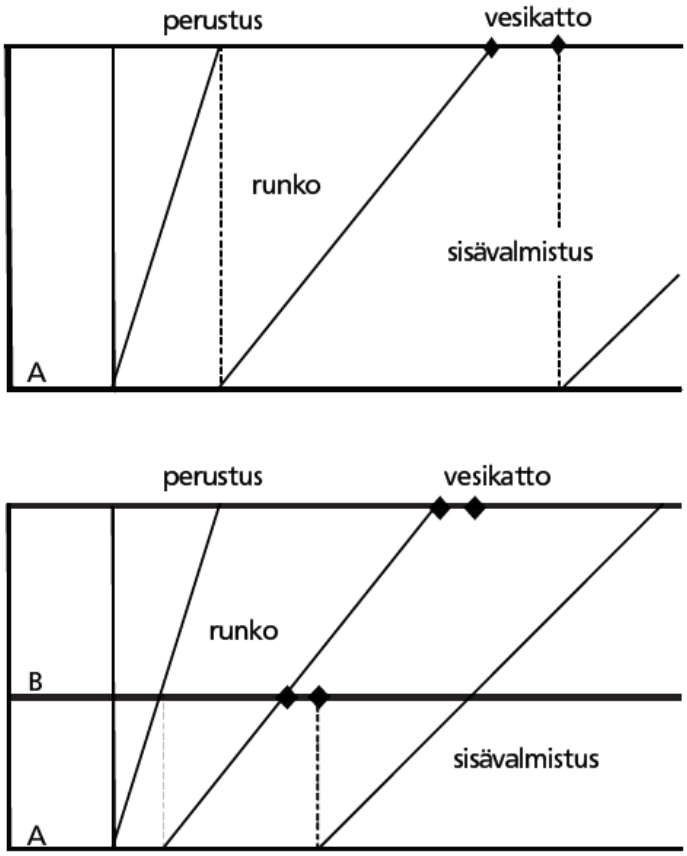
Rakennuttajan tehtävänä on määrittää hankkeelle alkamisaika ja lopetusaika. Päivämäärät kirjataan urakkasopimukseen ja ne ovat sitovia. Ideaalitilanteessa rakennushankkeen kestoksi määritellään tarkoituksenmukainen aika. Joskus tilanne on toinen. Esimerkiksi pitkä katkos vuokratuloissa on tilanne, jota rakennuttaja haluaa välttää ja tällaisessa tilanteessa rakennusaika saatetaan määrittää ideaalitilannetta lyhyemmäksi. Aikataulullisesti kireässäkin hankkeessa laatutavoitteet pitää täyttyä. (Junnonen, 2010, s. 19)

Hankkeen keston määrittämiseen on erilaisia tapoja. Monesti hankkeen kesto määritetään kokemukseen perustuen, mutta sen voi määrittää myös laskennallisesti (Junnonen, 2010, s. 20). Urakoitsijan on syytä tutkia tarjousta tehdessä, onko rakennuttajan määrittämä hankkeen kesto kireä tai löysä (Junnonen, 2010, s. 19). Rakennushankkeen kesto voidaan myös määritellä tekemällä karkea alustava yleisaikataulu. Aikataulun tekoa varten tarvitaan tiedot lohkojaosta, perustusvaiheen kestosta, rungon tuotantonopeudesta

sekä sisävalmistusvaiheen töistä lukumäärineen ja aloitusväleineen (Junnonen, 2010, s. 21).

Laskennallisesti määritettävä normaalikesto vastaa hankkeen rakennussuunnitelmien ja tavanomaisen kireystason mukaista rakennusaikaa pois lukien kesäloma ja muut ennalta tiedossa olevat keskeytykset työmaalla (Junnonen, 2010, s. 21; Koskenvesa et al, 2015, s. 20). Normaalikeston määrittämiseksi tarvitaan tieto hankkeen kokonaistyötuntimäärästä, joka voidaan määrittää kustannusarviosta tai tilastollisia tunnuslukuja käyttäen. Normaalikesto vastaa hankkeen toteutukseen kuluvaa aikaa silloin, kun hanke toteutetaan yhtenä lohkona. Normaalikesto voidaan alittaa lohkojen limityksillä, mikäli tuotantotavat sallivat limityksen. Tämän lisäksi normaalikestosta voidaan poiketa ± 20 % ilman kustannusten merkittävää nousua erilaisia tuotantoratkaisuja käyttämällä. (Junnonen, 2010, s. 21)

Kuvassa 3 nähdään lohkojaon (kuvassa lohkot A ja B) vaikutus limityksiin. Alemman kuvan tilanteessa, jossa lohkojako on käytössä, seuraavat työvaiheet pääsevät alkamaan aikaisemmin ja rakennusaika lyhenee.



Kuva 3. *Lohkojaon vaikutus työvaiheiden limityksiin. Aika kulkee vasemmalta oikealle ja työvaiheet etenevät vinoviivoina paikasta toiseen. (Junnonen, 2010, s. 21)*

Rakennusaikataulun kireyttä voidaan tutkia vertaamalla hankkeen toteuttamiseen varattua aikaa normaalikestoon (Koskenvesa et al, 2015, s. 20). Aki Peltola (2015) esittelee diplomityössään kehittämäänsä uudisrakentamisen ajoitusmallia. ”Ajoitusmallissa rakennusajan normaalikesto lasketaan hankkeen tuotannollisen laajuuden eli työmaalla tehtävien töiden kokonaistyöpanoksen avulla. Hankkeen kokonaistyöpanos käsittää kaikki työntekijätunnit paitsi työnjohdon työpanoksen” (Koskenvesa et al, 2015, s. 20). Isojen kohteiden (kokonaistyöpanos yli 10000 tth) rakennusajan normaalikesto [T_N]=kk lasketaan kaavalla (Peltola, 2015, s. 86):

T_N = 4,6 x ln (hankkeen kokonaistyötuntimäärä) – 35,0.

Pienten hankkeiden (kokonaistyöpanos alle 10000 tth) rakennusajan normaalikesto (kk) lasketaan kaavalla:

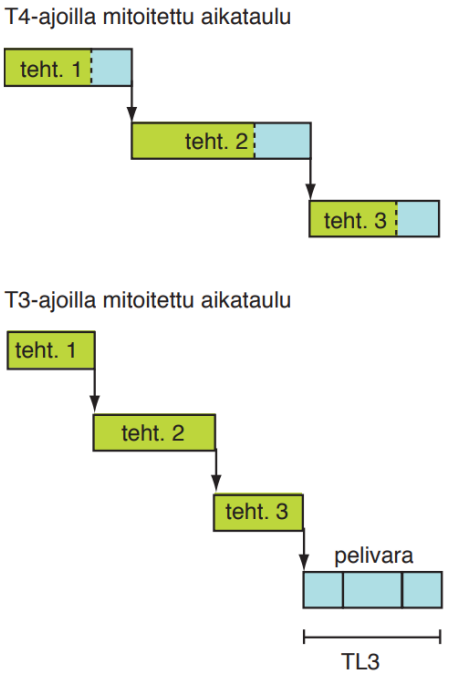
T_N = 1,8 x ln (hankkeen kokonaistyötuntimäärä) – 9,3 (Peltola, 2015, s. 86).

3.1.2 Tehollisen rakennusajan laskeminen

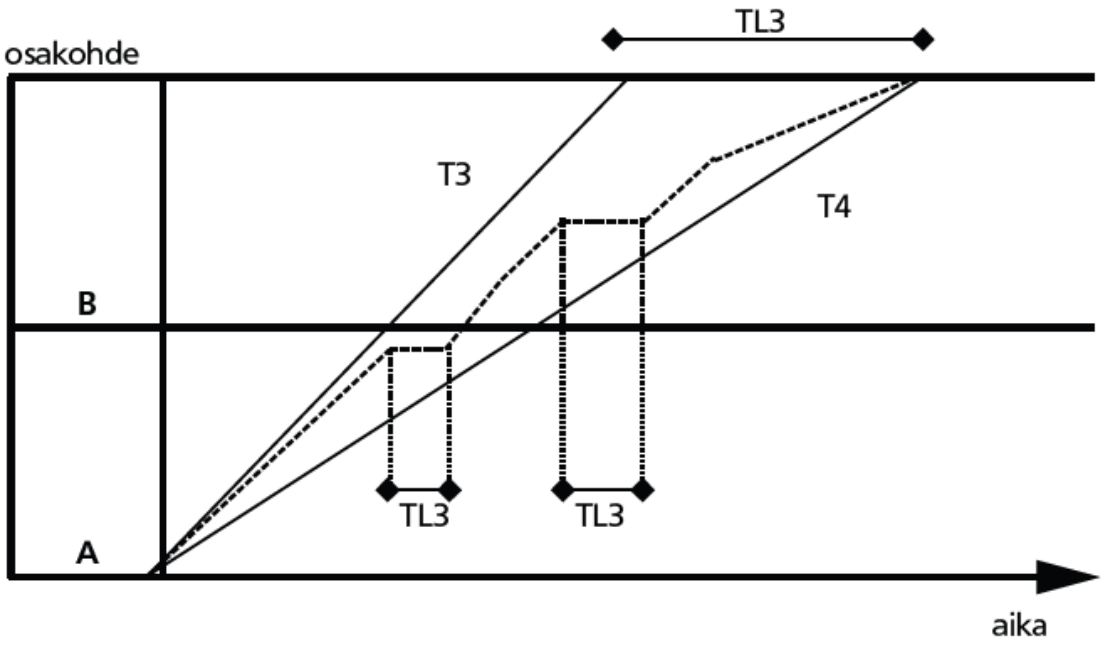
Työnteko rakennustyömaalla ei ole keskeytyksetöntä. Keskeytyksiä aiheutuu lomista, arkipyhistä sekä erilaisista tuotannon häiriöistä, kuten huonoista sääoloista. Aikataulusta saadaan tavoitteellinen ja samalla realistinen, kun työt suunnitellaan ilman häiriöitä ja varaudutaan myös keskeytyksiin. (Junnonen, 2010, s. 22)

Aikataulusta saadaan tavoitteellinen käyttämällä tehtävien aikamenekkeinä tehollista aikaa eli T3-aikaa. Niin kauan, kun tuotannossa ei ilmene isompia häiriöitä, tavoitteena on T3-ajan mukainen työsaavutus. Jos työsaavutus lähtee poikkeamaan tavoitteesta, havaitaan ero ja tehdään tarvittavat muutokset ja näin palautetaan tuotanto suunnitelman mukaiseksi. Muutoksia voivat olla tuotantonopeuden kasvattaminen tai muut keinot tuottavuuden parantamiseksi. (Junnonen, 2010, s. 22)

T4-aikojen eli kokonaisaikojen käyttö sopii alustavan yleisaikataulun laadintaan (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 63). Sen sijaan työmaalla käytettävissä tuotantoaikatauluissa T4-aikojen käyttäminen aiheuttaa väärän käsityksen oikeasta tavoitetasosta (ks. kuva 4). Oikeampi käsitys muodostuu, kun työaikataulu laaditaan T3-ajoilla ja pelivarat sijoitetaan kootusti sopivan tehtäväkokonaisuuden loppuun. Näin toimien työmaan jääminen aikataulusta on paremmin havaittavissa, eikä työn tuottavuus ala lipua kohti T4-aikojen kestoja huomaamatta, kuten kuvan 5 tilanteessa on käynyt. Pelivaroja tarvitaan aina, sillä niiden unohtaminen aikataulusta olisi vahingollista ja seurauksena on liian kireä aikataulu. (Junnonen, 2010, s. 22)



Kuva 4. *Pelivarojen oikeaoppinen käyttö T3- ja T4-ajoilla laadituissa aikatauluissa. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 63)*



Kuva 5. *Jos työskentelyä valvotaan T4-ajan mukaan, työn loppuun ei jää pelivaraa. (Junnonen, 2010, s. 23)*

Suurhäiriöitä ilmenee eri töissä ja niiden määrät vaihtelevat. Määrään voidaan vaikuttaa tuotannonohjauksella ja työnjärjestelyillä. Ratu-tiedostosta löytyy eri töissä esiintyvät TL3-ajat eli keskimääräiset suurhäiriöt. Suurhäiriöihin luetaan yli tunnin pituiset työskentelyn keskeytykset, pienet erilliset työvaiheet, kaluston rikkoontumiset ja huollot, työnjärjestelyn ongelmat kuten työn puute ja odotus, sekä työntekijöiden tauot, tapaturmat ja

virheiden korjaukset. Tavanomaisen talonrakennustyömaan aikataulun laadinnassa suurhäiriöille voidaan arvioida kokonaisajasta laskettuna

- perustusvaiheen töissä 3 %
- runkovaiheen töissä 5 %
- sisävalmistustöissä 2 %. (Junnonen, 2010, s. 22)

Suunnittelun alkaessa tehollisia työpäiviä on koko rakennusajasta laskettaessa

- perustusvaiheessa 20 %
- runkovaiheessa 30 %
- sisävalmistusvaiheessa 50 % (Junnonen, 2010, s. 23)

Rakennustyömaalla esiintyy kolmenlaisia työehtosopimusperäisiä keskeytyksiä: kesä- ja talvilomat sekä niin sanotut työajan lyhentämispäivät eli pekkaspäivät. Talvi- ja kesälomat sijoitetaan aikatauluun yrityksen käytännön mukaisesti. Kun toimitaan loma-ajalla, sijoitetaan loma-ajaksi tehtäväksi aliurakkatöitä. Omien töiden kestot kasvavat, mikäli työryhmästä osa on lomalla ja osa töissä, mikä on otettava huomioon aikataulussa. Talvilomat huomioidaan aikataulussa 5 työvuoron pituisina. Työajan lyhentämispäiviä on 12 työvuoroa, ja ne ajoitetaan talvikaudelle. Arkipyhien määrä vaihtelee vuosittain. Laskelmissa keskimääräisenä arkipyhien määränä voidaan käyttää 12 arkipyhää, ja niiden oletetaan jakaantuvan vuoden eri kuukausille tasan. (Junnonen, 2010, s. 23)

Aikataulussa pitää varautua myös säähäiriöiden kuten pakkasen, tuulen tai sateen aiheuttamiin keskeytyksiin. Tuulen ja sateen keskeytysten määrät arvioidaan kohdekohtaisesti. Pakkaspäiville varataan aikatauluun 16 työvuoroa siten, että joulu- ja maaliskuussa on 2 pakkaspäivää sekä tammi- ja helmikuussa 6 pakkaspäivää. Pakkaspäivien määrät perustuvat alueellisesti määritettyihin pakkasrajoihin ja Ilmatieteen laitoksen pitkän ajan säätilastoihin. Urakkatuotannossa rakennuttaja antaa usein urakka-ajan pidennyksen silloin, kun pakkaspäivät ylittävät 16 työpäivän rajan. (Junnonen, 2010, s. 23)

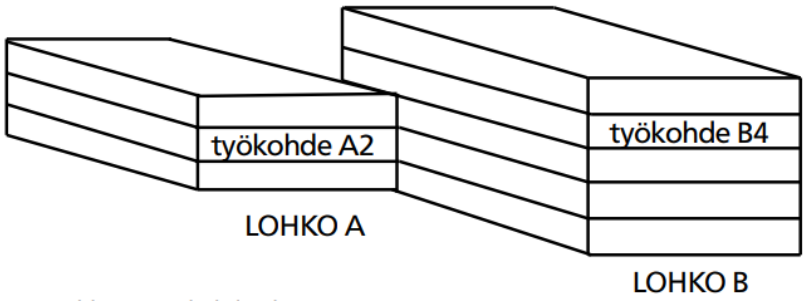
3.1.3 Osakohteiden ja suoritusjärjestyksen valinta

Talonrakennushanke on tapana ositella fyysisiin osakohteisiin ajallisen suunnittelun hyötyjen vuoksi. ”Osittelu on hankkeen kokonaishallinnan lähtökohta, jonka tarkoituksena on kuvata hankkeen sisältö ohjausta ja tavoitteiden saavuttamista varten.” (Junnonen, 2010, s. 24) Hanke voidaan ositella eri näkökulmista, joita ovat:

- ”rakenteellinen osittelu (fyysiset osat)

- tuotannollinen osittelu (työvaihe, työlaji, tehtävä)
- osittelu sijainnin mukaan (lohko, sisävalmistusalue, työkohde)
- osittelu hankintoihin (aliurakat, materiaalitoimitukset, työkaupat)
- osittelu vastuualueisiin (fyysisten osien, työvaiheiden tai tehtävien jako henkilöille)
- kustannusten osittelu (taloushallinnon tarpeet, valvontatarpeet)" (Junnonen, 2010, s. 24)

Aikataulun laadinta alkaa rakennusten jakamisesta fyysisiin osiin. Paikka-aikakaavion laadintaa varten tehdään vielä sijainnin mukainen osittelu osakohteisiin, joita ovat lohkot ja työkohteet (ks. kuva 6). Lohko on pieni rakennus tai rakennuksen osa, joka tehdään valmiiksi rungosta vesikattoon asti yhtenä kokonaisuutena. Lohkon osia ovat työkohteet, joissa tehdään tavallisesti yhtä kriittistä työtä kerrallaan. Lohkot muodostetaan kohteen osista, joiden tuotantotekniikka, suunnitteluratkaisu, kerrosluku tai sijainti on erilainen. Lohkojen rajoina ovat liikunta- tai työsaumat. Lohko on kokonaisuus, joka ulottuu pystysuunnassa rakennuksen kellarista ylimpään kerrokseen. Jokainen lohko suunnitellaan ja rakennetaan kuten itsenäinen rakennuskohde. Sopiva lohkon koko on 3000-5000 brm^2. Lohkojako voi muuttua runkovaiheen vaihtuessa sisävalmistusvaiheeksi. Joskus sopivan lohkojaon muodostaminen on hankalaa. (Junnonen, 2010, s. 24-25)



Kuva 6. *Lohko- ja työkohdejako (Junnonen, 2010, s. 24)*

Lohkoihin jakamisella tavoitellaan lyhyempää rakennusaikaa tai pidempiä pelivaroja tehtävien välille. Kun ensimmäisen lohkon runko ja vesikatto saadaan valmiiksi, päästään siellä aloittamaan sisävalmistustyöt runkotyöryhmän siirtyessä toiseen lohkoon. Jollei tekniset tai tuotannolliset ratkaisut muuta edellytä, suoritusjärjestys voidaan valita Hossin säännön mukaisesti, jolloin

- ensimmäiseksi valitaan lohko, jonka perustus- ja runkovaihe on lyhyin

- viimeiseksi valitaan lohko, jonka sisävalmistusvaihe on jäljellä olevista lyhyin. (Junnonen, 2010, s. 25-27)

Voidaan käyttää myös laajennettua Hossin sääntöä, jonka mukaan

- ensimmäinen lohko on se, jonka sisävalmistusvaiheen tuntimäärän suhde perustus- ja runkovaiheen tuntimäärään on suurin
- viimeinen lohko on se, jossa sisävalmistusvaiheen tuntimäärän suhde perustus- ja runkovaiheen tuntimäärään on pienin. (Junnonen, 2010, s. 27)

Jos perustus-runkovaihe ja sisävalmistusvaihe ovat lyhimmät samassa lohkossa, määräytyy toteutusjärjestys perustus-runkovaiheen perusteella. Jos lohkot ovat suunnitteluratkaisuiltaan ja periaatteiltaan samanlaiset, kuten tavanomaisessa talonrakennustuotannossa usein on, voidaan toteutusjärjestys valita laajuuksien mukaan: pienin ensimmäisenä, suurin viimeisenä. Jos suunnitteluratkaisut poikkeavat toisistaan, on suoritusjärjestys aina erikseen määritettävä. (Junnonen, 2010, s. 27)

3.1.4 Aikataulutehtävien muodostaminen

Seuraava vaihe aikataulun laadinnassa osakohteiden suoritusjärjestyksen valinnan jälkeen on aikataulutehtävien muodostaminen. Tehtäväluettelon muodostaminen on itse asiassa hankkeen tuotannollista jatko-osittelua aikataulutehtäviksi. Tätä ennen on kuitenkin muodostettava hankintakokonaisuudet, koska aikataulutehtävien tulee perustua hankintoihin. Näin aikataulusta tehdään realistinen, ja sitä voidaan ohjata tehtyjen hankintakauppojen kautta. (Junnonen, 2010, s. 27)

Rakennusteknisille aikataulutehtäville ei voida antaa mitään kiinteää nimikkeistöä, joka toimisi hankkeessa kuin hankkeessa (Junnonen, 2010, s. 27). Koskenvesa ja Sahlstedt (2017, s. 76) luettelevat kuitenkin tyypillisiä rakennustekniikan yleisaikataulutehtäviä seuraavasti:

- työmaan perustaminen
- raivaus ja purku
- maankaivu
- louhinta
- paalutus
- salaojat ja putkijohdot
- anturat
- sisäpuoliset täytöt
- perusmuurien vierustäytöt
- kantava alapohja
- maanvarainen laatta
- ulkoseinät ja pilarit

- kantavat väliseinät
- laatat ja palkit
- kattorakenteet
- vesikatto
- ikkunat
- ovet: ulko-ovet, väliovet
- kevyet levyväliseinät
- muuratut väliseinät
- tasoitetyöt
- maalaus
- tapetointi
- vesieristys
- laatoitukset
- alakattojen rungot, alakattolevytys ja alakattohormi
- pintabetonilattiat
- lattiapäällysteet
- kiintokalusteet
- listoitus
- siivous
- itselleluovutukset (vaiheittain)

Tehtäväluettelon tekeminen

Tehtävistä muodostetaan tehtäväluettelo, johon kirjataan tehtävän nimi, suoritemäärä ja sen yksikkö. Tehtäväluettelo on aluksi erittelyltään yksityiskohtainen. Sitä lähdetään karkeuttamaan ammattiryhmäkohtaisiksi työkokonaisuuksiksi ottaen huomioon tehtävien tekemiseen liittyvät ammattitaitovaatimukset sekä aliurakoitsijoiden ja käytettävissä olevan oman työvoiman ammattitaito. Tehtäväluettelo koostetaan ajallisesti ja taloudellisesti merkittävistä omista sekä aliurakoitsijoiden tehtävistä. Lopullinen tehtäväluettelo kattaa noin 80 % kokonaistyömenekistä. (Koskenvesa, Sahlstedt, 2017, s. 76)

Jokaista työvaihetta tehdään tietty määrä tiettyä yksikköä. Jos työvaiheiden määrät ovat suuria, tehdään kukin työvaihe omana tehtävänään ja omilla resursseillaan. Jos suoritemäärät ovat pieniä, voidaan suoritteet tehdä samoilla resursseilla eli työvaiheiden tekemiseen voidaan käyttää samaa työryhmää. Tällöin tehtävistä muodostetaan niin sanottu suurtehtävä. Esimerkiksi perustusten muottityö, raudoitus ja betonointi muodostavat tyypillisesti aikataulussa yhden suurtehtävän nimeltään perustukset. (Koskenvesa, Sahlstedt, 2017, s. 76)

Tehtäväluettelon laadinnan jälkeen tehtävät mitoitetaan Ratu-työmenekkien tai yritysten omien tiedostojen avulla. Yhteistyötä aliurakoitsijoiden kanssa kannattaa suosia. Nimittäin jos aliurakoitsija pystyy jo sopimusta laadittaessa nimeämään käyttämänsä työryhmän ja oletetun työmenekin, vastaa suunniteltu aikataulu todellisuutta paljon paremmin kuin keskimääräistä työmenekkiä käytettäessä. (Junnonen, 2010, s. 27-29)

Jokaista lohkoa kohti tehdään oma tehtäväluettelo. Tästä syystä myös tehtävien suoritemäärät on selvitettävä lohkoittain. Siksi määrämittaus on tehtävä jo kustannusarvion laatimisen yhteydessä työvaiheittain ja -kohteittain taulukkomuotoon. Työvaiheittain tehtyä määräluetteloa tarvitaan myöhemmin hankintojen järjestelyissä ja tuotannon valvonnassa. (Junnonen, 2010, s. 29)

Muut pienemmät työt kootaan yhteen tehtäväluettelossa nimikkeeksi ”muut työt” ja ne sijoitetaan aikatauluun resurssivarauksena. Tehtäväluetteloon merkitään lisäksi käyttö- ja yhteiskustannusten piiriin kuuluvat työt, niin sanotut työmaatekniset työt. Kaikki ajoitettavissa olevat käyttö- ja yhteiskustannustyöt, kuten nosturi ja loppusiivous, merkitään omiksi tehtäviksi ja loput kootaan nimikkeeksi ”ajoittamattomat käyttö- ja yhteiskustannusten työt”. ”Muiden aikatauluun suunnittelemattomien töiden” ja ”ajoittamattomien käyttö- ja yhteiskustannustöiden” osuus saa olla korkeintaan 15-20 % koko hankkeen työpanoksesta eli varsinaisten aikataulutehtävien tulee muodostaa yli 80 % tavoitearvion tunneista. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 77)

Tehtäväluetteloa täydennetään merkitsemällä luetteloon tavoitearvion mukaiset työmenekit (tth/yks.) tai tehtävän tarvitsemat työpanokset (tth), sekä valitsemalla eri töille perustyöryhmä ja laskemalla tehtävien kestot lohkoittain (ks. taulukko 2). (Junnonen, 2010, s. 29)

Taulukko 2. *Aikamenekillä ja kestoilla täydennetty tehtäväluettelo (Junnonen, 2010, s. 29)*

Tehtäväluettelo					Kesto perustyöryhmällä					
Tehtävä	Määrä yht.	A	B	C	Tunnit yht.	Työ-ryhmä	Kesto [h] yht	A	B	C
tehtävä 1	830 m²	240	290	300	700	2+1	233	67	80	86
tehtävä 2	400 kpl	110	160	130	740	2+2	185	51	74	60
tehtävä 3	6330 m²	2000	1870	2460	2530	3+2	507	160	149	198
tehtävä 4	980 m²	320	290	370	570	1+1	285	93	84	108

”Tehtäville määriteltyä työmenekkiä verrataan tavoitearvion työmenekkiin” (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 80). Ratusta löytyvät Ratu-menekit ovat työvuoroaikoja T3. Koska tavoitearvion työmenekki on kokonaisajan T4 mukainen, se muutetaan laskennallisesti T3-aikaa vastaavaksi käyttäen tavoitearvion laatijan käyttämiä TL3-kertoimia, tai arvioidaan kunkin työlajin ja työvaiheen kerroin 1,0–1,3 (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 80). Tavanomaisessa talonrakennustuotannossa voidaan myös käyttää suurhäiriöprosentteina

- perustusvaiheen töissä 3 %
- runko- ja täydentävän vaiheen töissä 5 %

- sisävalmistusvaiheen töissä 2 % (Junnonen, 2010, s. 30)

Taloteknisten järjestelmien tehtäväluettelo

Tuotannon tehtäväluettelon pitää olla kattava, joten siinä esitetään rakennusteknisten töiden lisäksi taloteknisten töiden eli lämpö-, vesi-, viemäri-, ilmanvaihto-, sprinkler- sekä sähkö- ja automaatiotöiden tehtäväluettelo. Tavanomaisessa talonrakennushankkeessa taloteknisten töiden tehtäväluettelon perusrunkona on seuraava jako:

- runkovaiheen asennukset
- runkoputkien ja kanavien asennukset
- täydentävän vaiheen konetekniset asennukset
- kalusto- ja laiteasennukset
- koekäytöt ja säädöt. (Junnonen, 2010, s. 29; Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 77)

Taloteknisten töiden tehtäväluettelo, määrien mittaus, työmenekkien määrittely sekä tehtävien sijoittaminen aikatauluun tehdään rakennus- ja taloteknisten urakoitsijoiden yhteistyönä. Aikataulun tekeminen yhteistyönä on erityisen tarpeellista silloin, kun kohteen työt ovat määriltään ja laadultaan sellaiset, että talotekniset työt saattavat aiheuttaa rakennusteknisten töiden urakkaan aikatauluriskejä tahdistus- ja rytmitysvirheiden vuoksi. (Junnonen, 2010, s. 29; Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 77)

3.1.5 Työjärjestyksen määrittäminen

Rakennushankkeessa tehtävien suoritukset riippuvat usein toisista tehtävistä. Esimerkiksi tietty tehtävä voidaan aloittaa vasta, kun toinen tehtävä on ensin saatu valmiiksi samassa paikassa. Tehtävien riippuvuuksien tarkastelu tehdään tehtäväluettelon valmistuttua. Riippuvuuksien suunnittelu on samalla työjärjestyksen suunnittelua. ”Riippuvuus on tehtävien välisen työjärjestyksen määräävä, valittu tai ehdoton rajoitus.” (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 81)

Tehtävien väliset riippuvuudet voidaan jakaa neljään ryhmään töiden suoritusjärjestystä ja limitysten suunnittelua varten (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017):

1. looginen riippuvuus (tehtävät voidaan toteuttaa vain tietyssä järjestyksessä)
2. olosuhderiippuvuus (rakenteiden kosteus tai työmaajärjestelyt ja sopimukset)

3. tekniset riippuvuudet (tehtävän tuotantotekniikka voi aiheuttaa)
4. resurssiriippuvuus (työryhmä siirtyy tehtävästä toiseen).

Riippuvuustyypit

Ajallisen suunnittelun näkökulmasta riippuvuudet ovat usein tyypiltään niin sanottuja loppu-alkuriippuvuuksia. Tällöin uutta tehtävää ei voida aloittaa ennen kuin edellinen tehtävä on valmis. Lisäksi tehtävien välillä voi esiintyä alku-alku-, loppu-loppu- ja alku-loppuriippuvuuksia. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 82)

3.1.6 Tehtävien tahdistus ja rytmitys

Kun tehtävien mitoitus on tehty ja niille on määritetty riippuvuudet, voidaan tehtävät piirtää aikatauluun. Tarkasteltaessa aikataulua vinoviiva-aikataulussa risteävät tehtävät paljastavat erilaiset tuotantonopeudet sekä tilanteita, joissa samassa työkohteessa tehdään yhtä aikaa montaa eri tehtävää. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 84)

Tahdistuksen tarkoituksena on luoda suunnitelma, jossa eri tehtävät kulkevat samassa tahdissa työmaalla ja etenevät häiriöittä osakohteesta toiseen ilman, että samassa työkohteessa työskentelee samanaikaisesti monta työryhmää. Tällöin tehtävät etenevät samalla nopeudella osakohteesta toiseen, vaikka niiden työsisältö ja työmäärä vaihtelevat tehtävittäin. Tahdistuksella pyritään takaamaan jokaiselle työrauha. Tämä edellyttää tehtävien välillä tasaista tuotantonopeutta sekä riittäviä aloitus- ja lopetusvälejä. Tahdistus tutkitaan sekä laskelmin, että aikatauluihin piirtämällä. Tahdistuksen keinoja ovat muutokset:

- tehtävien työsisällössä
- työryhmän koossa
- työpäivän kestossa. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 84)

Tahdistusta varten aikataulutehtäville lasketaan tahdistettava kesto ja määrätään aloitusväli seuraavasti:

$Tt = T - (n-1) \cdot ta$, missä

Tt = tahdistava kesto

T = tehollinen rakennusaika

ta = tehtäville valittu aloitusväli

n = tahdistettavien tehtävien lukumäärä. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017)

Valitun aloitusvälin riittävyys voidaan tarkistaa käyttämällä kaavaa:

$Ta = \frac{2Tt}{m}$, missä

Ta = aloitusväli

Tt = tahdistava kesto

m = työkohteiden määrä (=lohko · kerros). (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017)

Tavanomaisessa talonrakennuskohteessa tehtävien aloitusväliksi valitaan 10–15 työvuoroa. Työryhmälle tulisi järjestää 2–4 varatyökohdetta häiriöiden varalta. Jos tahdistavaksi kestoksi saadaan 20 työvuoroa, tulee jokainen tehtävä suorittaa tässä ajassa. Yksittäisen tehtävän suoritusaikaa voidaan muuttaa muuttamalla

- työryhmien lukumäärää
- tehtävän työsisältöä tai
- työryhmän kokoonpanoa (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 85).

Tavanomaisessa rakennuskohteessa tahdistus tehdään pääasiassa tehtävien työsisältöä muuttamalla ja käyttämällä muutamassa tehtävässä kahta työryhmää. Tahdistuksessa muodostuu lopulliset aikataulutehtävät, jotka ovat

- perinteisiä työvaiheita tai työlajeja
- suurtehtäviä, joissa työryhmän työnä on useiden työlajien töitä (Junnonen, 2010, s. 36).

Rytmityksen avulla tehtävät saadaan jatkuviksi työkohteista toiseen ilman keskeytyksiä silloin, kun suoritemäärät poikkeavat huomattavasti toisistaan eri työkohteissa. Tavanomaisessa tuotannossa rytmitysongelmaa ei yleensä esiinny, jollei kohteen tiloilla ole erilaista käyttötarkoitusta. Rytmitysongelmat koskevat sisävalmistusvaihetta. Rytmitys tehdään

- siirtämällä tehtävien aloituksia
- käyttämällä työkohteissa erikokoisia työryhmiä
- pidentämällä työpäivää
- järjestämällä etukäteen työkohteen ulkopuolelle ei-kriittinen varatyö
- vaihtamalla tehtävien työjärjestystä
- käyttämällä hyväksi teknisiä ratkaisuja. (Junnonen, 2010, s. 36)

Työryhmien kokoonpanon tai lukumäärän muuttaminen työkohteittain on mahdollista isoissa kohteissa tai aliurakkatöissä, kun tehtävä on tyypillinen ammattityö ilman aputyötä, esimerkiksi maalaustyö. Muutoksiin varaudutaan omien työntekijöiden kanssa tehtävillä työurakkasopimuksilla ja aliurakoiden sopimusehdoilla määrittelemällä kesto ja välitavoitteet. (Junnonen, 2010, s. 37)

3.1.7 Aikataulun laadinta ja toteutuskelpoisuus

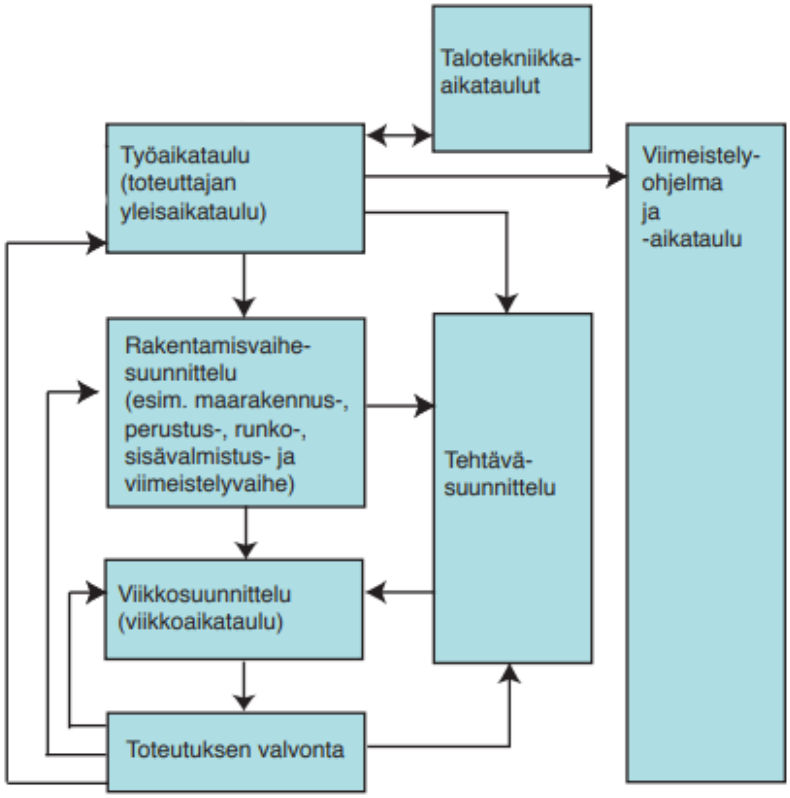
Yleisaikataulu talonrakennustyömailla laaditaan yleensä joko jana-aikataulun tai vinoviiva-aikataulun muodossa. Näitä esitysmuotoja esitellään kappaleessa 3.3. Aikataulun toteutuskelpoisuus arvioidaan ennen kuin se hyväksytään urakkasopimusehtojen tarkoittamaksi työaikatauluksi. Tarkastetaan, onko rakentamisaika sama kuin sovittu, ja, onko aikataulussa esitetty välitavoitteet ja luovutusvaiheen välitavoitteet. Lohkojen toteutusjärjestykset tarkastetaan Hossin tai laajennetun Hossin säännön mukaan. Aikataulutehtävien lukumäärän tulee olla sopiva ja aikataulussa tulee olla oleelliset tehtävät. Suurtehtävien tulee olla tarkoituksenmukaiset. Suurtehtävien osatehtävien tulee muodostaa selvä kokonaisuus tai koostua pienistä, samanaikaisista ja toisistaan riippumattomista työvaiheista. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 85-86)

Seuraavaksi tarkistetaan tehtävien työjärjestys. Jana-aikataulu voidaan muuttaa vinoviiva-aikatauluksi, josta tarkastetaan, menevätkö tehtävät päällekkäin. Rakennusteknisten ja TATE-töiden riippuvuuksien ja työjärjestyksien tulee olla selkeästi määriteltyinä. Yksittäisten tehtävien tarkoituksenmukainen eteneminen lohkojen välillä ja kerroksissa tarkastetaan. Aikataulusta tutkitaan vielä työryhmien käyttö. Varmistetaan, että

- työryhmille on aina vapaa työkohde valmiina edellisen valmistuttua
- runkovaiheen kalusto on riittävä
- aikataulussa on varauduttu tuotannon keskeytyksiin. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 87)

3.2 Aikataulutyypit

Tässä luvussa käydään läpi erilaisia tuotantoaikatauluja: yleisaikataulu, talotekniikka-aikataulu, vaiheaikataulu ja viikkoaikataulu. Kuvassa 7 on esitetty erilaisten aikataulutyyppien liittyminen toisiinsa. Nuolet kuvaavat tiedon liikkumista suunnitelmasta toiseen.



Kuva 7. *Eri aikataulutyyppien liittyminen toisiinsa. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 40)*

3.2.1 Yleisaikataulu

Rakennushankkeissa käytettäviä yleisaikatauluja on tarkkuustasoltaan kolmenlaisia. Nämä ovat:

- alustava yleisaikataulu
- sopimusyleisaikataulu
- työaikataulu. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 43)

Alustava yleisaikataulu

Alustava yleisaikataulu laaditaan usein karkealla tasolla ja siinä kuvataan työn kulkuun keskeisesti vaikuttavat päätyövaiheet. Tavoitteena yleisaikataulun laadinnassa on ajan jakaminen hallitusti suunnittelun, hankintojen ja toteutuksen kesken. Nimikkeitä valitaan rakennuskohteesta riippuen 20–40, joskus enemmänkin. Alustavaan yleisaikatauluun määritellään tehtävien aloitus- ja lopetusajankohdat. Siinä esitetään myös hankesuunnitelman mukainen valmistumispäivämäärä ja välitavoitteet sekä toteutuksen kannalta oleelliset tavoitteet. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 43)

Tehtäville merkitään määrät ja yksiköt, jotka saadaan määräluettelosta. Joka tehtävälle määritetään tahdistava resurssi ja työmenekki, jotka haetaan RATU-tietokannasta, omasta kokemuksesta tai yrityksen omasta tiedostosta. Lähde on hyvä merkitä aikatauluun myöhempää arviointia ja käyttöä varten. Menekkitietojen perusteella lasketaan kullekin tehtävälle kesto T4- eli kokonaisaikana. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 44)

Alustavassa yleisaikataulussa esitetään

- nimikkeistötunnus tai tehtävän juokseva numero
- aikataulutehtävä
- suoritemäärä ja –yksikkö
- mitoitustyöryhmä
- työmenekki tai työsaavutus
- tehtävän kesto sekä ajoitus. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 44)

Sopimusyleisaikataulu

Sopimusyleisaikataulu on sopimuksiin sisällytettävä asiakirja. Rakennuttaja ja päätoteuttaja käyvät alustavan yleisaikataulun läpi sopimusneuvotteluissa tehden siihen tarvittavat tarkennukset. Sopimusyleisaikatauluun kirjataan niin toteuttajalle kuin rakennuttajalle tärkeät ajankohdat. Aikataulussa tulee olla ainakin aloitus- ja valmistumispäivämäärät sekä välitavoitteet. Sopimusyleisaikataulu perustuu T4-aikoihin. Aikataulu tulee suunnitella huolella, koska työn aloitus- ja lopetuspäivämäärät ovat harvoin muutettavissa sopimuksen teon jälkeen. Aikataulu on rakennuttajan valvontatyökalu ja se ohjaa pääurakoitsijan toimia. Mikäli aikataulua halutaan muokata sopimuksen teon jälkeen, pitää sopimukseen kirjata, miten tarkennettu aikataulu hyväksytetään rakennuttajalla. Muutokset aikataulussa voivat koskea usein vain työjärjestyksiä ja tehtävien tai työvaiheiden kestoja. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 45)

Työaikataulu

Päätoteuttaja tarkentaa sopimusyleisaikataulun työaikatauluksi työmaata ja eri urakoitsijoiden töiden yhteensovitusta varten, yhteistyössä muiden urakoitsijoiden ja tilaajan kanssa. Työaikataulu liitetään urakoitsijoiden ja päätoteuttajan välisiin sopimuksiin ja aikataulun tarkentumista lukuun ottamatta sitä voidaan muuttaa vain yhteisesti sopimalla. Työmaalla työaikataulua kutsutaan usein yleisaikatauluksi. (YSE 1998, 5§; Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 45)

Työaikataulun laadinnassa tehtävät suunnitellaan tarkemmin ja jaotellaan lohkoittain tai jaetaan osatehtäviin. Työaikatauluun sisällytetään myös talotekniikkatyöt. Työaikataulu

on koko rakennushankkeen kestolle suunniteltava aikataulu, josta hankkeen eri osapuolet saavat oleellisimmat tiedot hankkeen keskeisistä työvaiheista, tapahtumista, tehtävien kestoista ja resurssien käytöstä. Kaikki muut työmaan aikataulut perustuvat työaikatauluun. Työaikataulu laaditaan tyypillisesti heti kun talotekniikkatyöt on saatu mukaan. Työaikataulun lähtötietoina käytetään alustavaa yleisaikataulua, sopimusyleisaikataulua ja niiden lähtötietoja. Työaikataulussa töiden toteuttamisajat esitetään ilman mahdollisia häiriöitä eli T3-aikoina. Häiriöpelivarat esitetään aikataulussa erikseen. Työaikataulua valvotaan merkitsemällä ajantasainen toteutumatieto paikka-aikakaavioon tai valvontavinjettiin. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 43)

3.2.2 Talotekniikka-aikataulu

Talotekniikkatyöt eli TATE-työt esitetään yleisaikataulussa, mutta ne on syytä esittää myös erillisenä TATE-aikatauluna. TATE-aikataulun nimikkeet määritetään kohteesta riippuen ja käytettäviin resursseihin perustuen. Yhteistyö TATE-urakoitsijoiden kanssa on erittäin tärkeää. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 53)

Hankkeen tuotantonopeuden määrittely tehdään yleisaikataulussa, joka määrittelee myös talotekniikkatöiden tuotantonopeuden. Alustavan yleisaikataulun laadintavaiheessa kaikkia TATE-urakoitsijoita ei usein ole valittuna. Tällöin aikataulu laaditaan rakennusteknisistä töistä ja TATE-töistä tehdään tehtäväluettelo. Urakoitsijat ottavat kantaa tehtäväluetteloon sekä antavat oman esityksensä aikataulukokouksessa. Talotekniikan aikataulutehtävät muodostetaan joko tehtyjen sopimuskokonaisuuksien mukaisesti tai talotekniikkajärjestelmittäin. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 53)

TATE-aikataulu tai yleisaikataulu, johon TATE on sisällytetty, hyväksytään työmaakokouksessa. Talotekniikkatyöt tulee yhteen sovittaa rakennusteknisten töiden kanssa ja tehtävien kestojen tulee olla realistisia. TATE-työt on myös jaettava lohkoihin ja työkohteisiin, koska määrien muuttuessa kerroksittain tai lohkoittain muuttuu myös tehtävän resurssitarve. Talotekniikkatöiden yhteensovitus rakennusteknisten töiden kanssa on oleellista ja se voidaan tehdä aikatauluohjelmalla käyttäen paikka-aikakaaviota. On myös tärkeää tiedostaa, millä resursseilla aikataulutehtävät on mitoitettu ja milloin ne on vain pakkotahdistettu. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 54)

3.2.3 Rakentamisvaiheaikataulu

Rakentamisvaiheaikataulu syntyy työaikataulun tarkentamisen tuloksena. Se laaditaan 2–6 kuukauden pituisille ajanjaksoille tai rakentamisvaiheille. Rakentamisvaiheaikatauluja kutsutaan myös jaksoaikatauluiksi, vaihesuunnitelmiksi tai käännetyksi vaiheaikatauluksi, jos työaikataulu on laadittu vaiheaikataulusta. Tavallisia rakentamisvaiheen aikatauluja ovat

- maanrakennus- ja perustusvaiheen aikataulut
- runko- ja vesikattovaiheen aikataulut
- sisävalmistusvaiheen aikataulut
- viimeistely- ja luovutusvaiheen aikataulut. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 55)

Vaiheaikatauluun sisällytetään myös tärkeimmät sivu- ja aliurakoitsijoiden tehtävät. Nämä tehtävät esitetään mitoitettuina, tahdistettuina ja riippuvuuksiltaan rakennusteknisten töiden kanssa yhteen sovitettuina. Aikataulua suunnitellaan urakoitsijoiden kanssa yhteistyössä niin, että saadaan kaikki sitoutumaan yhteisiin tavoitteisiin. Rakentamisvaiheaikataululla varmistetaan, että kaikille töille on suunniteltu vapaata työskentelytilaa. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 56)

Rakentamisvaiheaikatauluissa tärkeimpien työvaiheiden resurssit mitoitetaan tehollisten työmenekkien (T3), tehtävien limitysten ja vaihtoehtolaskelmien avulla. Ajoitus suunnitellaan tarkistettujen työmenekki- tai työsaavutustietojen, suoritemäärätietojen sekä tarvittaessa yksityiskohtaisten tuotantosuunnitelmien perusteella. Työjärjestys suunnitellaan yleisaikataulun mukaisesti siten, että nimikkeet jaetaan työlajeittain tai työkokonaisuuksittain. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 56)

Rakentamisvaiheaikataulu laaditaan yleensä työmaalla ja sen esitystapana on usein jana- tai vinoviiva-aikataulu. Vaiheaikataulun laadintaa voidaan tehdä yhteistyössä urakoitsijoiden kanssa yhteisessä tilaisuudessa. Tavoitteena laadinnassa on kyseisen rakentamisvaiheen mukaiset tavoitteet ja edellytykset seuraavan rakentamisvaiheen aloittamiseksi. ”Rakentamisvaiheaikataulussa esitetään

- nimikkeistötunnus tai tehtävän juokseva numero
- aikataulutehtävä, sen suoritemäärä ja yksikkö
- työmenekki tai työsaavutus
- tehtävään valittu työryhmä

- tehtävän kesto
- ajoitus ja riippuvuudet.” (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 56)

3.2.4 Viikkoaikataulu

Viikkoaikataulun tarkoitus on varmistaa lyhyellä aikavälillä työn tavoitteiden toteutuminen, resurssien tehokas käyttö sekä niiden riittävyys. Viikkoaikataulu on muutaman viikon aikavälille laadittu tarkempi aikataulu kyseisten viikkojen tehtävistä. Viikkoaikataulu toimii myös sivu- ja aliurakoitsijoiden ajallisena toimintaohjeena. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 58)

Viikkoaikataulu laaditaan viikoittain 1–3 viikkoa eteenpäin. Ensimmäinen viikko on tarkkuudeltaan tarkin. Seuraava viikkokin on melko tarkka, jotta resurssipuutteisiin ja tuotannon ongelmiin voidaan varautua ajoissa. ”Kunkin työkohteen työnjohtaja laatii omat alustavat viikkoaikataulut, jotka sovitetaan yhteen ja yhdistetään vastaavan työnjohtajan johdolla.” (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 58)

Viikkoaikataulun tärkeimmät lähtötiedot ovat

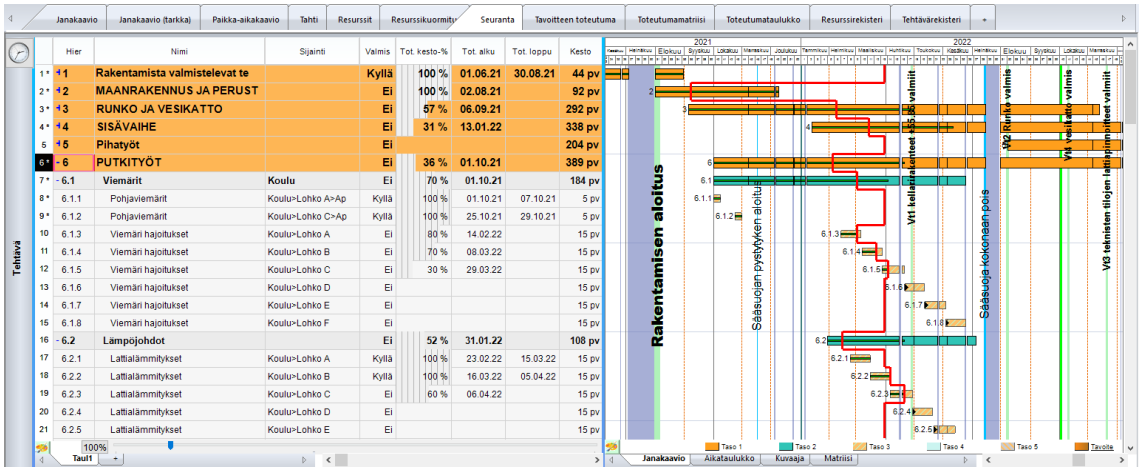
- työ- ja rakentamisvaiheaikataulu
- edellinen viikkoaikataulu ja sen toteutuma
- erityissuunnitelmat ja tehtäväsuunnitelmat
- työkauppoihin käytettävissä olevat resurssit
- tuntimäärät sekä käytössä oleva muu työvoima
- materiaalien ja kaluston tilaukset ja toimitusajankohdat
- työtehtävien valmiusaste ja työmaan tilanne
- toteutuneet työmenekki- ja työsaavutustiedot
- yrityskohtaiset tuotantotiedostot ja Ratu:n työmenekkitiedostot. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 59)

3.3 Aikataulujen esitysmuodot

3.3.1 Jana-aikataulu

Jana-aikataulussa tehtävät työt esitetään janoina. Vaaka-akselilla kulkee aika ja pysty-akselilla on eri tehtävät allekkain lueteltuina. Jokaiselle esitettävälle työlle määritellään aloitus- ja lopetushetki. Aloitus- ja lopetushetken välille piirretään jana, jonka pituus kuvaa työn kestoa. Kokemusperäinen tai laskennallinen työmenekki määrittelee janan pituuden. Suomessa käytettävä jana-aikataulu perustuu Gantt-kaavioon ja Harmonogramiin. Jana-aikataulut koetaan yleisesti helpoiksi lukea ja niitä käytetään tavallisesti yleisaikataulujen esityksessä. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 21)

Jana-aikataulun käytettävyyden kannalta on oleellista, että tehtävät ositellaan järkeviksi kokonaisuuksiksi. Aika esitetään vaaka-akselilla esimerkiksi viikkonumeroina. Lomapäivät ja muut keskeytykset huomioidaan janassa katkoksena. Aikataulussa pysymistä voidaan valvoa jana-aikataulussa seuraavasti: Jana voidaan värittää eri värillä siltä osin kuin tehtävä on valmis. Myös erillistä seurantajanaa voidaan käyttää tehtävillä. Suomessa tavallisesti käytetty tapa on murtoviivatekniikka. Murtoviivatekniikalla nähdään tehtävien nykytilanne suhteessa tavoitteeseen (kuvassa 8 maaliskuun viimeinen viikko 2022). (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017)



Kuva 8. *Esimerkki kohdeyrityksen jana-aikataulusta, jonka seurantatilanne näkyy punaisella murtoviivalla.*

Hankaluudet aikataulun laadun tarkastamisessa ja tuotannon valvonnassa ovat jana-aikataulun heikkouksia (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 22). Jana-aikataulussa tehtävä etenee vain suoraviivaisesti alusta loppuun ilman tietoa paikkojen muutoksista. Tehtävän eteneminen paikasta toiseen ei usein ole havaittavissa, mikä voi aiheuttaa törmäyksiä

työmaalla ja tuotannon katkoksia. Asiaa voi parantaa osittelemalla tehtäviä paikkakohtaisesti (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 22). Tämä voi kuitenkin johtaa tehtävien hallitsemattoman suureen määrään ja sitä kautta jana-aikataulun luettavuus voi huonontua merkittävästi.

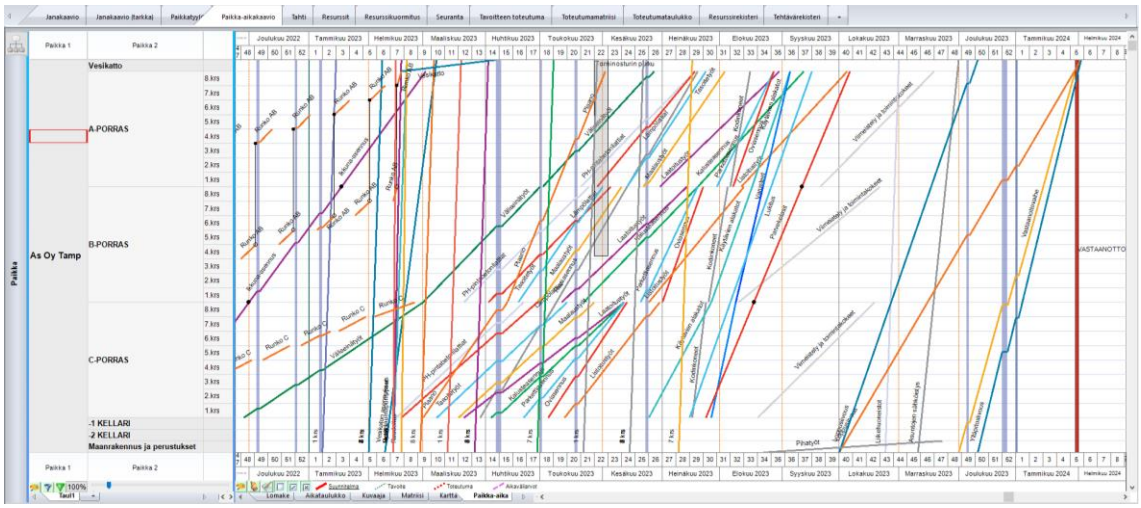
3.3.2 Vinoviiva-aikataulut

Suomessa käytössä olevia vinoviiva-aikatauluja ovat paikka-aikakaavio ja tuotantokaavio. Paikka-aikakaaviossa kuvataan tuotannon eteneminen ajan ja paikan suhteessa, ja tuotantokaaviossa tuotannon eteneminen ajan ja tuotannon määrän suhteessa. Molemmissa tehtävät kuvataan aikatauluun piirretyillä vinoviivoilla. Vinoviiva-aikataulut perustuvat flowline- sekä Line of Balance tekniikoihin. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 25)

Paikka-aikakaavio vinoviivalla

Paikka-aikakaavion käyttö edellyttää tuotannon suunnittelua ajan ja paikkojen suhteen. Aikataulun muodostamista varten rakennuskohde täytyy jakaa osakohteisiin ja osakohteille valitaan suoritusjärjestys. Tehtävät jaetaan suoritettaviin osiin käyttämällä työnosittelu (WBS) -menetelmää. Tehtävät järjestetään kriittisen polun menetelmän avulla: tehtävien väliset riippuvuudet selvitetään ja jokaisen tehtävän kestot ja resurssit arvioidaan. Näin tehtäville saadaan suoritusjärjestys. Paikka-aikakaavioon sijoitetaan kohteen toteutuksen kannalta kriittiset työkohteita sitovat aikataulutehtävät. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 25)

Paikka-aikakaaviossa pystyakselilla on rakennuksen paikat ja vaaka-akselilla aika. Pystyakselin jaottelu voi kuvata myös paikkojen laajuutta. Kaavioon piirrettävät vinoviivat kuvaavat tehtävien etenemisen paikasta toiseen ajan kuluessa (kuva 9). Vinoviivoilla kuvataan tehtävien kestot, niiden suoritusjärjestys sekä aloitusten ja lopetusten aikavälit. Vinoviivan kaltevuus kuvaa tuotantonopeutta: mitä pystympi viiva, sitä nopeammin tehtävät valmistuvat. Paikat voivat olla talonrakentamisessa kerroksia, portaita tai muita tarkoituksenmukaisesti valittuja paikkoja. Aikatauluun voidaan merkitä pystyviivoilla ne sopimustekniset seikat, jotka rajoittavat aikataulun laadintaa. Näitä ovat mm. välitavoitteet, osaluovutukset ja sovitut keskeytykset. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 25)



Kuva 9. *Esimerkki kohdeyrityksen paikka-aikakaaviosta.*

Paikka-aikakaavion avulla tunnistetaan, mitä tehtäviä kulloinkin tehdään eri työkohteissa ja kuinka paljon eri tehtävillä on joustoa häiriöiden sekä lisä- ja muutostöiden varalle. Tyypillisesti paikka-aikakaaviota käytetään koko hanketta kuvaavana yleisaikatauluna. Se soveltuu myös tuotannon ajallisen valvonnan ja ohjauksen välineeksi, koska sen avulla voidaan todeta tuotantonopeuden ja aloitusajankohtien sekä suoritusjärjestysten poikkeamat rakennuksen eri osissa. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 26)

Aikataulua valvontaan vinjetin avulla. Valvontatieto viedään paikka-aikakaavioon piirtämällä katkoviivaa tai erillistä toteutumaviivaa toteutuman mukaan samaan aikataulupohjaan suunnitelman kanssa. Näin toimien samasta dokumentista nähdään hyvin helposti poikkeamat työmaalla, kuten poikkeamat suoritusjärjestyksessä ja tuotantonopeudessa. Toteutumatietoa säännöllisen usein kirjaamalla vinoviiva-aikatauluun saadaan varhaisessa vaiheessa tieto mahdollisista poikkeamista ja työnjohdolle tarjoutuu mahdollisuus tehdä korjaavia toimenpiteitä aikataulussa pysymiseksi, mikä on oleellista rakennushankkeen onnistumisen kannalta. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 26)

Paikka-aikakaavion etuna on työn tuotantonopeuden havainnollistaminen, paikkatiedon yhdistäminen aikatauluun ja näiden ominaisuuksien kautta töiden keskinäisen tahdistamisen mahdollisuus. Paikka-aikakaavion avulla voidaan myös varmistaa osakohteiden riittävyys suunnitelmassa oleville töille. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 26)

3.3.3 Valvontavinjetti

Valvontavinjetti on matriisimuotoinen tai pohjakuvaan tehty aikatauluesitys (kuvat 10 ja 11) töiden valvontaa varten. Vinjetillä aikataulun valmiusaste esitetään joko rastituksilla, värjäyksillä tai molemmilla. Vinjetti koostuu ruuduista tai alueista, joista jokainen kuvaa

tiettyä paikallista kohdetta rakennustyömaalla. Ruutuihin kirjataan suunnitellut aloitus- ja lopetusajankohdat yleensä viikkonumero ja viikonpäivä –muodossa. Kun työ kohteessa on aloitettu, vedetään yksi viiva kohteen yli, ja kun työ on valmis, vedetään toinen viiva, jolloin ruudun yli muodostuu rasti sen merkiksi, että työ kohteessa on valmis. Toinen vaihtoehto on vetää ensimmäinen viiva silloin, kun 50 % työstä kohteessa on tehtynä. Vinjetistä voidaan nopeasti tarkastaa osakohteiden tai työvaiheiden valmiusasteet. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 30)

Kuva 10. *Aluesuunnitelmaan tehty valvontavinjetti. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 30)*

	A								B					
	1				2									
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	
teht 1	14.2. ma	16.2. ke	18.2. pe	22.2. ti	23.2. to	28.2. ma	3.3. to	7.3. ma	9.3. ke	11.3. pe	15.3. ti	18.3. pe	22.3. ti	24
	16.2. ke	18.2. pe	22.2. ti	23.2. to	28.2. ma	3.3. to	7.3. ma	9.3. ke	11.3. pe	15.3. ti	17.3. to	22.3. ti	24.3. to	28
teht 2	28.2. ma	2.3. ke	11.3. pe	15.3. ti	17.3. to	21.3. ma	24.3. to	28.3. ma	30.3. ke	1.4. pe	5.4. ti	8.4. pe	12.4. ti	14
	2.3. ke	11.3. pe	15.3. ti	17.3. to	21.3. ma	24.3. to	28.3. ma	30.3. ke	1.4. pe	5.4. ti	7.4. to	12.4. ti	14.4. to	18
teht 3	14.3. ma	16.3. ke	18.3. pe	22.3. ti	23.3. to	28.3. ma	31.3. to	4.4. ma	6.4. ke	8.4. pe	12.4. ti	14.4. pe	19.4. ti	21
	16.3. ke	18.3. pe	22.3. ti	23.3. to	28.3. ma	31.3. to	4.4. ma	6.4. ke	8.4. pe	12.4. ti	14.4. to	19.4. ti	21.4. to	25

Kuva 11. *Matriisimuotoinen valvontavinjetti. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 96)*

Värejä käytettäessä tyypilliset värit ovat vihreä (kohde valmis), sininen (työ käynnissä) ja punainen (työ myöhässä). Vinjetin avulla valvotaan tehtävien ajoituksia, mutta myös varataan ja vapautetaan kohteita nykyisiä ja tulevia tehtäviä varten. Vinjetillä ohjataan kriittisten tehtävien oikea-aikaisuutta tuotannon sujuvuuden ja edellytysten turvaamiseksi. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 31)

Valvontavinjettiä voidaan käyttää työaikataulun valvontaan. Vinjetin tarkoituksena on lisätä työmaan eri osapuolten tietoisuutta aikataulusta ja tulevista tehtävistä sekä kohteiden sitoutumisesta ja vapautumisesta, ja siksi sitä voidaan pitää kaikkien nähtävillä. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 47, 95)

3.4 Tietomallien, 4D- ja 5D-aikataulutuksen yhteistoiminta

3.4.1 Rakentamisen tietomallit

Rakennuksen tietomalli on rakennusosista koottu kolmiulotteinen tietotekninen malli, joka geometriatiedon lisäksi sisältää myös osien ominaisuustietoa sekä eri osien välisiä yhteyksiä toisiinsa. Ominaisuustieto on suunnittelijan malliin taltioimaa tietoa, jota voidaan soveltaa moniin eri käyttötarkoituksiin. Malli kuvaa rakennuksen ”toimintaa ja toteutustapaa niin, että kaikki rakennuksen suunnittelijat, toteuttajat, käyttäjät ja ylläpitäjät saavat siitä tarvitsemansa tiedon”. (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, s. 13, 15)

Tietomallit, lyhenteeltään BIM, tulee englannin kielen sanoista ”building information modeling”, suomeksi rakennuksen tietomallintaminen. Toinen, myöhemmin kehitetty määritelmä, on ”building information management”, rakennuksen tietojen hallinta, jolla painotetaan enemmän rakenteen koko elinkaaren aikaista tietojen hallintaa (Namli et al, 2019).

”Kiinteistöjen ja rakennuksien mallinnuksen tavoite on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävän kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaariprosessin tukeminen. Tietomalleja hyödynnetään koko rakennuksen elinkaaren ajan, lähtien suunnittelun alusta ja jatkuen vielä rakennusprojektin jälkeenkin käytön ja ylläpidon aikana.” (YTV2012, osa 1, s. 5) Tietomallit mahdollistavat mm:

- investointipäätöksien tuen vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia
- energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja ylläpidon tavoiteseurantaa varten
- suunnitelmien havainnollistamisen ja rakennettavuuden analysoimisen
- laadunvarmistuksen, tiedonsiirron parantamisen ja suunnitteluprosessin tehostamisen
- rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa (YTV2012, osa 1, s. 5).

Suunnittelijoiden tietomalleja ovat arkkitehtimalli, rakennemalli ja talotekniikkamallit. Nämä yhdistämällä saadaan yhdistelmämalli suunnittelun ohjaamista ja kommunikointia, tietomallintamisen koordinointia, informaatiosisältöjen tarkastamista ja talteen ottamista varten. (Jäväjä & Lehtoviita, 2016, s. 22)

Tuotantomalli käsittää työmaavaiheen tuotannonohjauksen lähtökohdaksi kootun mallikokonaisuuden, johon kootaan suunnittelijoiden tietomallit rakennuksesta, työmaan aluemalli, tietomallipohjainen putoamissuojaussuunnitelma ja muut käytettävissä olevat mallit. Toteumamallivaiheessa suunnitteluvaiheen mallit täydennetään rakentamisen aikana tulleilla muutoksilla ylläpitomallin lähtötiedoiksi. (YTV2012, osa 1, s. 21; Jäväjä & Lehtoviita, 2016, s. 20)

Tietomallintamisen dimensioita ja niiden käyttökohteita ovat (Sbiti et al, 2021):

- 3D
    - geometria sekä rakennusosien ja järjestelmien ominaisuustiedot
    - suunnittelu ja dokumenttien hallinta
    - visualisointi, navigointi ja mallien jakaminen
    - törmäystarkastelut
    - virheiden etsiminen ja hallinta
- 4D
    - rakentamisen aikataulujen suunnittelu, visualisoinnit ja animaatiot
    - aika-työtila konfliktianalyysit
    - rakennusjärjestyksen optimointi
    - rakentamisen etenemisen seuranta
    - hankintojen seuranta (toimittajan integraatio)
    - logistiikan hallinta
- 5D
    - määrälaskenta
    - kustannusennuste.

3.4.2 4D-aikataulu ja sen käyttöönottoprosessi

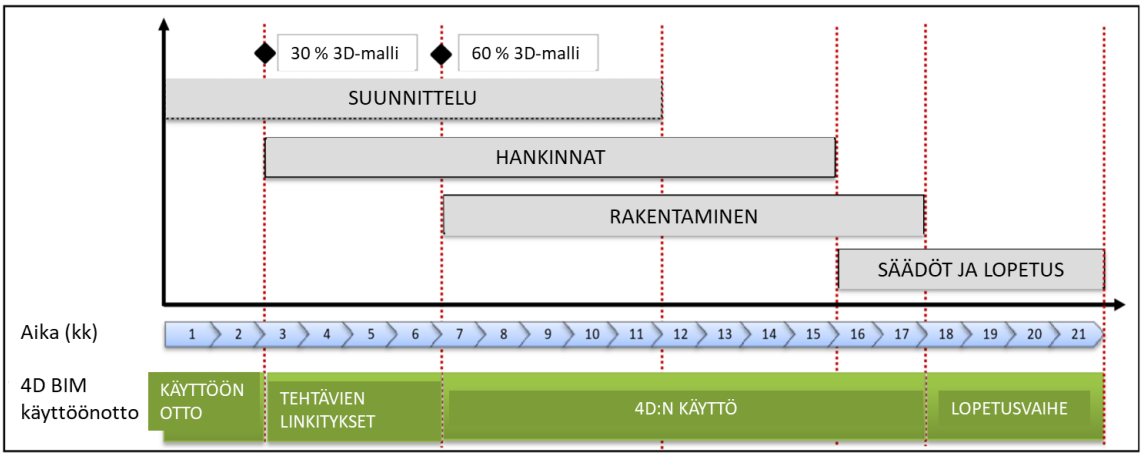
4D-aikataulussa aikataulutehtävät visualisoidaan 3D-mallin avulla. 4D-aikataulu luodaan linkittämällä aikataulutehtävät 3D-mallin objektien kanssa. Sen avulla voidaan visualisoida rakennustöiden etenemistä ajan suhteen. Rakentamisen tilannetta voidaan tarkastella minkä tahansa ajankohdan osalta visuaalisesti 4D-aikataulun avulla. Tämä helpottaa ongelmien havaitsemista ja niiden ratkaisemista muun muassa rakennusjärjestyksen, vapaan työskentelytilan ja työturvallisuuden suhteen. (Eastman et al, 2008, s. 19-20)

4D-aikataulun muodostaminen ja käyttöönotto edellyttävät yleensä seuraavien tehtävien toteuttamista (united-bim, 2022):

1. lähtötietojen kerääminen ja tavoitteiden asettaminen
2. 4D-aikataulun sisällön suunnittelu, tietomallintaminen ja aikataulun kehittäminen sekä iterointi
    a. aikataulun suunnittelu
    b. 3D-mallin luonti suunnittelumallien perusteella, mallin sisällön täydentäminen ja muokkaus aikataulutusta varten
    c. aikataulun ja 3D-mallin yhdistäminen 4D-aikatauluksi
3. 4D-aikataulun ohjaus, täydentäminen, muuttaminen ja ylläpito.

4D-aikataulu luodaan linkittämällä 3D-mallin objektit aikataulutehtävien kanssa. Tämä tehdään 4D-aikataulutusta tukevassa tietokoneohjelmassa. Monet ohjelmat pystyvät operoimaan eri ohjelmissa luotujen mallien ja aikataulujen kanssa. 3D-malli ja aikataulu tehdään yleensä ensin eri ohjelmissa. Tämän jälkeen 3D-malli tuodaan 4D-aikataulutusta tukevaan ohjelmaan ja samoin aikataulu. Lopputulemana on valmis 4D-aikataulu (Piselia, 2020).

Piselia (2020) esittelee Indonesiassa toteutettua voimalaitosprojektia, jossa käytettiin 4D-aikataulua (ks. kuva 12). 4D-aikataulutukseen osallistuneet henkilöt opettelivat ohjelman käyttöä 2 kuukauden aikana. Aikataulutehtävien osittelu on projektin valmisteluvaiheessa keskeistä 4D-aikataulutuksen kannalta. Rakentamisen valmisteluvaiheessa 3D-objektit linkitetään yleisaikatauluun. Linkityksen aloitusvaiheessa 3D-malli oli saavuttanut 30 % valmiusasteen ja 4D-aikataulun käytön alkaessa 60 % valmiusasteen. Piselia suosittelee 4D-aikataululle päiväkohtaista tarkkuustasoa, mikä oli myös projektilla käytössä. (Piselia, 2020)

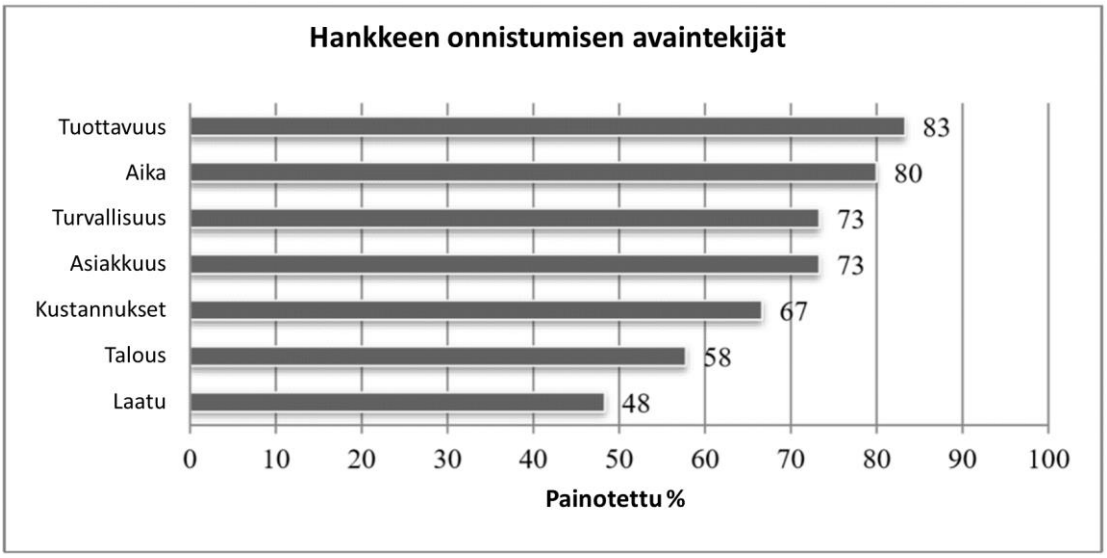


Kuva 12. *4D:n käyttö voimalaitosprojektin eri vaiheissa. (muokattu lähteestä: Piselia, 2020)*

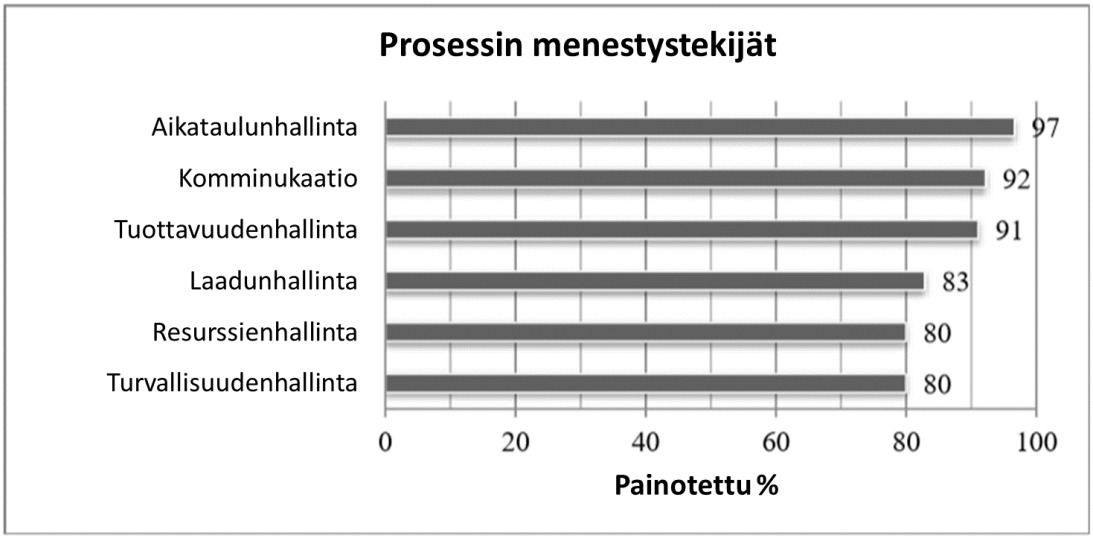
3.4.3 4D-aikataulun hyödyt ja käyttökohteet

4D-aikataulujen käyttö on yksi tapa visualisoida ja tehdä entistä havainnollisemmaksi töiden etenemistä rakennuskohteessa (Piselia, 2020). Sen käyttö mahdollistaa tarkempaa aikataulusuunnittelua ja antaa lisää apuvälineitä työturvallisuuden hallinnalle (Swapnesh et al, 2017). Projektin osapuolten välisen kommunikoinnin ja suunnittelutyön tarkkuuden on havaittu parantuneen 4D:n käytön myötä (Swapnesh et al, 2017). Tutkimukset ovat osoittaneet 4D-aikataulujen hyödyt rakennushankkeissa, mutta vielä on epäselvää, riittävätkö hyödyt kattamaan 4D-mallin luomisesta ja ylläpidosta aiheutuvat kustannukset rakennushankkeessa (Piselia, 2020).

Piselian (2020) raportoiman voimalaitosprojektin jälkeen selvitettiin, miten 4D-aikataulun käyttö vaikutti keskeisiin, rakennushankkeen ja prosessin onnistumisen kannalta tärkeisiin avaintekijöihin (kuvat 13 ja 14). Kysely toteutettiin käyttämällä viittä eri vastausvaihtoehtoa: 1=ei mitään vaikutusta, 2=hyvin vähäinen vaikutus, 3=kohtalainen vaikutus, 4=selkeä vaikutus ja 5=suuri vaikutus. Vastaukset on esitetty painotettuina prosentteina. Haastateltavien mielestä 4D-aikataulun käyttö on parantanut hankkeen onnistumisen kannalta eniten tuottavuutta ja ajallista onnistumista. Prosessin kannalta suurimmat vaikutukset ovat olleet aikataulunhallinnassa ja osapuolten välisessä kommunikaatiossa. (Piselia, 2020)



Kuva 13. *4D-aikatauluprosessin vaikutukset hankkeen onnistumiseen. (muokattu lähteestä: Piselia, 2020)*

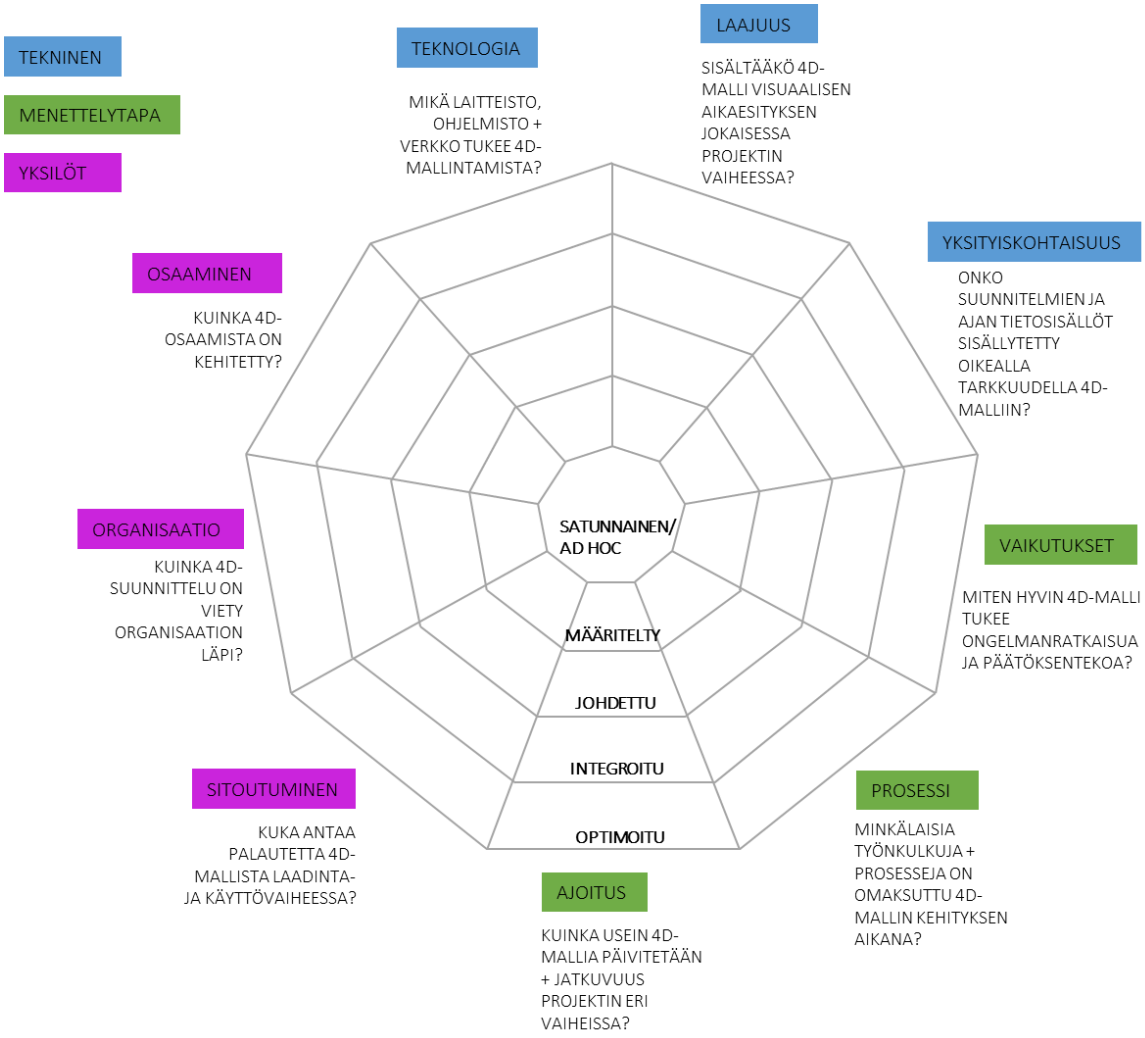


Kuva 14. *4D-aikatauluprosessin vaikutukset prosessin menestystekijöihin. (muokattu lähteestä: Piselia, 2020)*

3.4.4 4D-aikataulun käyttöönoton kypsyystason mittaamisesta

Swallow et al esittelevät artikkelissaan (2021) 4D:n käytön kypsyystason mittaamiseen soveltuvan matriisin (kuva 15). Matriisilla arvioidaan 4D-aikataulun käyttöä projektissa teknisten (teknologia, 4D-aikataulun laajuus ja yksityiskohtaisuus), menettelytapojen (vaikutukset, laadintaprosessi ja aikataulun laadinnan ja ylläpidon ajoitus) sekä yksilöiden toiminnan (sitoutuminen, organisaation mukaan ottaminen, osaamisen kehittäminen) näkökulmasta viiden eri kypsyystason mukaan. Kypsyystasot ovat satunnainen / ad

hoc, määritelty, johdettu, integroitu ja optimoitu. Matriisin avulla voidaan myös asettaa tavoitteita alkaville projekteille. Kypsyystasot voidaan mitata useaankin kertaan hankkeen aikana onnistumisen arviointia varten. (Swallow et al, 2021)



Kuva 15. *4D:n käytön kypsyystason matriisi (Swallow et al, 2021). Ks. sovellusesimerkit hankkeissa 3.3 ja 6.*

Kaksi hyvin keskeistä mittaria arvioinnissa ovat yksityiskohtaisuus ja sitoutuminen. Arvioitaessa 4D-mallin yksityiskohtaisuutta, kysymys kuuluu: Ovatko suunnitelmien tietosisältö ja aikataulu sisällytetty oikealla tarkkuudella 4D-malliin? Yksityiskohtaisuuden satunnaisella kypsyystasolla malli sisältää vain pysyviä tietoja tai aikataulusta mukana ovat vain päänimikkeet, jolloin 4D-malli on näiden osalta hyvin puutteellinen. (Swallow et al, 2021)

Toisessa kypsyystason äärilaidassa on optimoitu taso, jolla tietojen yksityiskohtaisuus mahdollistaa realististen näkemysten tuottamisen. 4D:n käyttö teollisuudessa on osoit-

tanut sen hyödyllisyyden prosessien, tiedonkulun, työntekijöiden ja heidän sitoutumisensa suhteen. On tärkeää, että joku antaa palautetta 4D-mallista sen laadinta- ja käyttövaiheissa. Malli on suositeltavaa luoda yhteistyössä eri osapuolten kesken, jotta siihen pääsevät käsiksi useat projektin osapuolet jo käyttöönottovaiheessa ja siten kiinnostus pääsee heräämään ja töitä voidaan aidosti organisoida 4D:n menetelmiä hyödyntäen. Osapuolia voivat olla muun muassa mallin käyttäjät, työmaan johto, suunnittelijat ja aliurakoitsijat. Useimmat yritykset sijoittuvat sitoutumisen osa-alueella äärilaitojen väliin, monet lähelle keskustaa. (Swallow et al, 2021). 4D-aikataulujen käytön jalkauttamisessa ollaan siten vielä kehitysasteella.

Kypsyystasomatriisia voidaan käyttää useaan kertaan projektin aikana: tavoitteiden asettamisessa, nykytilan selvittämisessä ja jatkuvassa parantamisessa. Harvemmin on tarkoituksenmukaista yrittää jokaisella osa-alueella parasta tasoa: tavoitteet eri osa-alueille voivat olla erilaisia sen mukaan, mitkä asiat nähdään tärkeinä tai mihin halutaan erityisesti panostaa. (Swallow et al, 2021)

3.4.5 5D-aikataulu

5D-aikataulu sisältää ajallisen ulottuvuuden eli 4D-aikataulun lisäksi kustannustiedon. Kustannustiedon sisältämä malli mahdollistaa malliin perustuvan kustannusarvioinnin, tarjousten tekemisen ja hyödyntämisen rakennusvaiheessa. 5D on työkalu kustannusten hallinnassa. (RIB Software, 2022)

5D-aikataulun käyttöönottovaiheessa, kun 4D-aikataulu on luotu, aikataulutehtävät linkitetään kustannuksille. Tämän jälkeen ohjelmilla pystytään tekemään erilaisia visualisointeja ja simulaatioita. Simuloinnissa nähdään ajasta riippuvainen projektin kassavirta graafisena käyränä. 5D-aikataulun oikeanlainen käyttö auttaa projektin osapuolten välisessä kommunikaatiossa ja parantaa projektin hallintaa. (Ahmed et al, 2022)

3.5 Tahtituotanto

Tahtituotannossa tehtävät jaetaan pieniin, toistettaviin yksiköihin sijainnin, ajan ja töiden suhteen (Keskiniva et al, 2022). Paikat ovat mahdollisimman samankokoiset ja saman sisältöiset töiden toistettavuuden takia (Frandson et al, 2013). Aikajako on vakio ja sitä kutsutaan tahtiajaksi tai tahdiksi (Frandson et al, 2013). Tahtiaika vaihtelee tavallisesti yhdestä viiteen työpäivään projektista riippuen (Dlouhy et al, 2018). Tehtävät jaetaan mahdollisimman samanlaisiksi ja toistettaviksi kokonaisuuksiksi ja jokainen niistä toteutetaan yhden tahdin aikana yhdessä tahdin mukaisessa paikassa (Dlouhy et al, 2016).

Tahtiaikatauluttaminen on iteratiivinen ja aikaa vievä prosessi, joka voidaan tehdä myös yhdessä aliurakoitsijoiden kanssa (Frandson et al, 2013). Aikataulun tuotannonaikainen muokkaaminen on haasteellista, koska pelivarat ovat pienet (Keskiniva et al, 2022). Lisäksi, jos muokkaamisen tarvetta ilmenee, voi yhdenkin tehtävän muuttaminen aiheuttaa muutoksia lukuisissa tehtävissä erityisesti, jos aikataulu on hyvin yksityiskohtainen (Dlouhy et al, 2018). Siksi aikataulutehtävistä kannattaa muodostaa sopivia kokonaisuuksia niin, että päätehtävän alatehtävät muodostavat yhdessä yhden tahdissa toteutettavan tehtäväkokonaisuuden (Haghsheno et al, 2016).

Yksityiskohtaiset tahtiaikataulut vaativat enemmän suunnittelua ja yhteistyötä (Dlouhy et al, 2018). Osittain tästä johtuen useimmin käytettävä tahtiaika on viikko, koska silloin päivittäisessä tuotannossa on enemmän joustavuutta viikonloppujen toimiessa pelivaroina (Binninger et al, 2018). Kuitenkin asuntotuotannon sisävaiheessa sopivampi tahtiaika voi olla 1–2 päivää (Lehtovaara et al, 2019). Tahtituotannossa voidaan käyttää poikkeuksellisen tarkkoja ja toistuvia tehtäviä, joita ohjataan jatkuvasti (Keskiniva et al, 2022).

3.6 Last Planner

3.6.1 Last Planner –menetelmä

Last Planner on työkalu projektin ajalliseen ja sisällölliseen johtamiseen. Sen avulla suunnitellaan, luodaan edellytyksiä ja ohjataan projektia sen eri vaiheissa. Last Plannerin juuret ovat japanilaisessa tuotantosysteemissä (Toyota Production System, TPS) ja siihen pohjautuvassa Lean-ajattelussa sekä projektituotantoon Lean-ajatuksia soveltavassa Lean rakentaminen (Lean Construction) –ideologiassa. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 7)

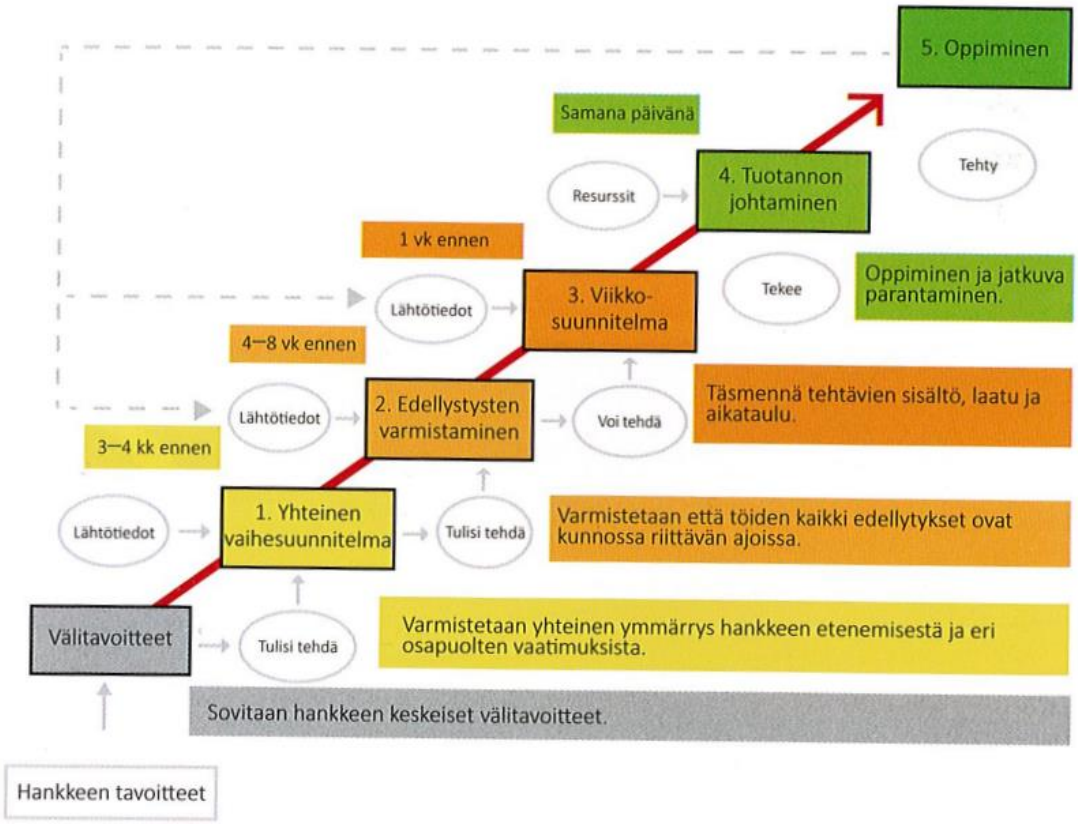
Last Planner –menettely soveltuu käytettäväksi läpi projektin suunnittelu-, hankinta- ja rakennustöiden johtamisessa. Menetelmän avulla luodaan edellytyksiä ja osallistetaan avainhenkilöt yhteiseen aikataulusuunnitteluun, esteiden poistamiseen sekä sitoutetaan osapuolet viikkosuunnitelmien tehtävien toteutukseen. Viikkosuunnitelmien toteutumista mitataan PPC-luvulla, joka on suoritettujen tehtävien lukumäärä jaettuna suunniteltujen tehtävien lukumäärällä, prosentteina (Ballard, 2000, s. 36; Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 58). Lukuun otetaan mukaan viimeisen kahden viikon aikana valmistuviksi suunnitellut tehtävät (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 41). PPC (suomeksi TTP=tehtävien toteutumaprosentti) toimii eräänlaisena oppimisen mittarina ja oppimisen kautta pyritään jatkuvasti parantamaan hankkeen ohjausta. Ballardin mukaan oleellista on:

- antaa niiden, jotka tekevät työt, suunnitella töiden aikataulu

- suunnitella sitä tarkemmin, mitä lähempänä tehtävien suoritus on
- paljastaa ja poistaa tekemisen esteet
- antaa luotettavia lupauksia
- oppia poikkeamista ja epäonnistumisista (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 7).

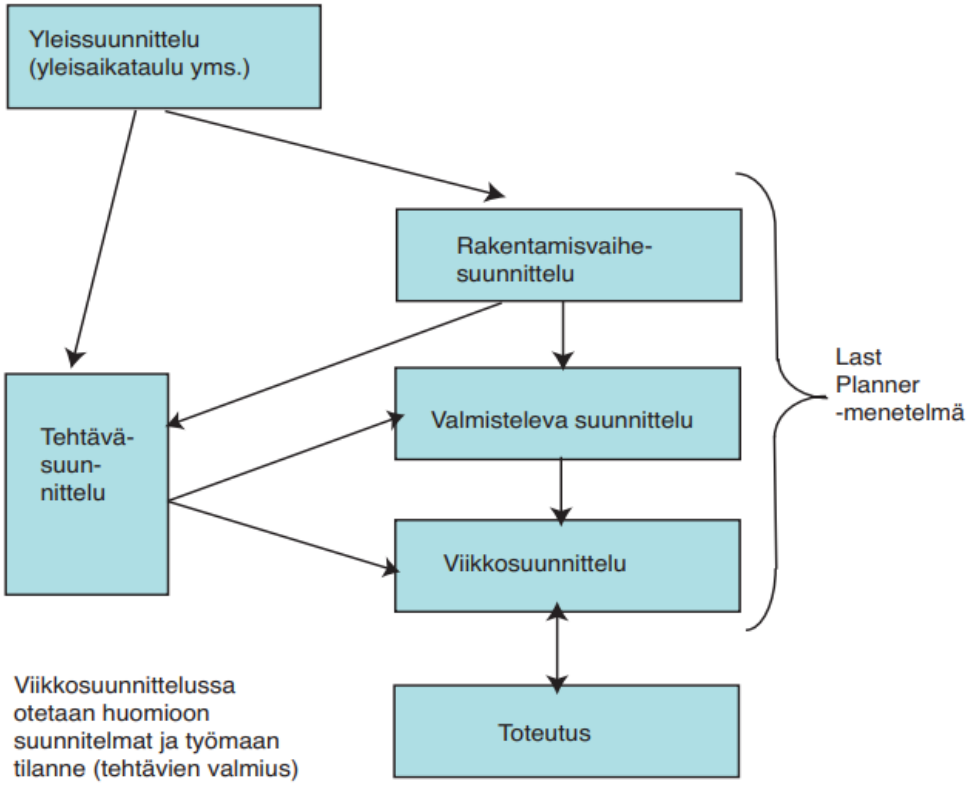
Last Planner –menettelyä voidaan käyttää sekä suunnittelun johtamisessa, että tuotannon johtamisessa. Joskus siitä hyödynnetään hankkeissa vain valikoituja osia. Paras hyöty kuitenkin saadaan toteuttamalla sitä läpi projektin. Kuvassa 16 on esitetty tuotantovaiheen Last Planner –menettelyn eteneminen tuotannon johtamisella täydennettynä. Tuotantovaiheen Last Plannerin 5 päävaihetta ovat:

1. välitavoitteiden asettaminen eli yleissuunnittelu
2. yhteinen vaihesuunnittelu eli käännetyn vaiheaikataulun laadinta
3. valmisteleva suunnittelu eli edellytysten varmistaminen
4. viikkosuunnittelu eli lupaukset toteutettavista tehtävistä
5. jatkuva parantaminen eli aikataulun laadun mittaus ja oppiminen. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 15, 43)



Kuva 16. *Last Planner –menettelyn eteneminen tuotantovaiheessa. On muistettava, että hyväkään suunnitelma ei toteudu ilman edellytysten luomista ja johtamista. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 43)*

Vaihehierarkialtaan Last Planner on hyvin lähellä perinteistä tuotannon suunnittelua: liikkeelle lähdetään yleisaikataulusta ja edetään suunnittelun eri tasojen kautta kohti viikkosuunnittelua (ks. kuva 17). Erona perinteiseen on kuitenkin se, että huomion keskipiste siirretään yleisaikataulun toteuttamisesta vaihe- ja viikkosuunnitteluun, tehtävien edellytysten luomiseen sekä toteutukseen, ja työmaan luotettavuuden ja tehokkuuden varmistamiseen. Eri suunnittelutasot saavat siten uusia tavoitteita ja uutta sisältöä. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 17)



Kuva 17. *Last Planner –tuotannonsuunnittelun painopistealue. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 17)*

Last Planner –menettelyn oppimiseen sisältyy PPC-luvun mittaaminen ja sen viikoittainen tilastointi, sekä toteutumatta jääneiden tehtävien syiden selvittäminen. Syitä voidaan kerätä useammalta viikolta ja ryhmitellä ne tarkoituksen mukaisella tavalla. Syiden perusteella tehdään viisi kertaa miksi –menettely, joka paljastaa todelliset syyt tehtävien toteutumatta jäämiselle. Tuloksia voidaan hyödyntää sekä hankkeen aikana, että tulevissa hankkeissa. (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 59, 108)

3.6.2 Last Planner viikkosuunnittelussa

Last Plannerin käyttö viikkosuunnittelussa toteutetaan työmaalla viikoittaisessa Last Planner –palaverissa, joka voidaan pitää osana urakoitsijakokousta. Last Planner –palaverissa käydään edellisen ja seuraavan viikon työt läpi. Jokainen tehtävä otetaan viikkosuunnitelmaan ainoastaan sillä edellytyksellä, että tehtävän vastuuhenkilö katsoo voivansa luvata sen toteutumisen (Koskenvesa & Sahlstedt, 2017, s. 107). Tulevien tehtävien suunnittelussa otetaan huomioon eri osapuolten vaatimukset ja tavoitteet siten, että kokonaisuus on toimiva ja mahdollinen toteuttaa. Palaveriin osallistuvat eri työryhmien

työnjohtajat tai nokkamiehet, jotka ovat perillä omien töidensä tilanteesta ja osaavat nostaa oleelliset asiat esiin keskustelussa. Tärkeitä aiheita ovat valmiudet, resurssit, sekä muut edellytykset töiden toteuttamisiksi. Palaverissa käydään läpi:

- miten edelliset sovitut tehtävät ovat toteutuneet ja syyt, miksi eivät ole, ja miten aikatauluviive saadaan otettua kiinni
- mitä työvaiheita seuraavalle viikolle on suunniteltu, ovatko niiden edellytykset yhä kunnossa, vai onko tarvetta muuttaa suunnitelmaa
- ovatko tulevien tehtävien edellytykset kunnossa vai nouseeko esiin lisätehtäviä, joista jonkun tulee ottaa vastuu. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 56)

Palaverin lopputulos on eräänlainen yhteistyösopimus seuraavien päivien tai viikkojen tuotantotehtävistä. Sopimuksen laatu perustuu siihen, että suunnitellut tehtävät ovat realistisia toteuttaa, ja niiden tekijät voivat sitoutua siihen. ”Viikoittaisten tehtävien tulee siis olla:

- tarkasti määriteltyjä ja tavoitteellisia
- edellytyksiltään varmistettuja
- oikeaan aikaan ja oikeassa järjestyksessä toteutettavia sekä
- käytettävissä oleviin resursseihin nähden oikein mitoitettuja.” (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 56)

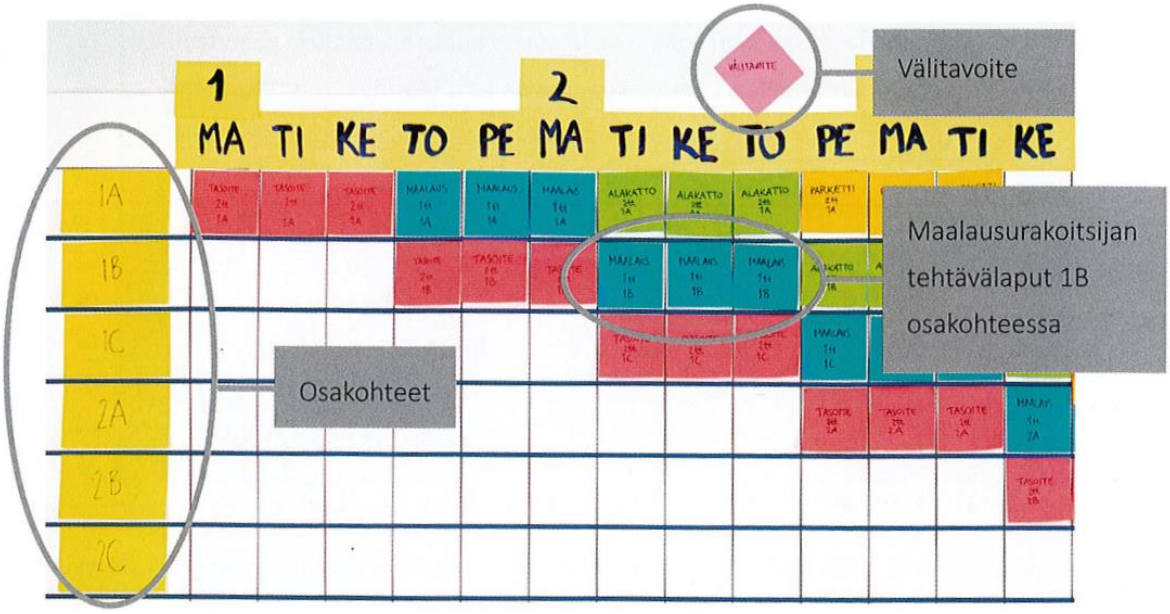
3.6.3 Last Plannerin työvälineet

Perinteiset työvälineet

Last Planner –suunnittelua tehdään tavallisesti seinälle kiinnitettävien aikataulujen ja Post-it-lappujen avulla (kuva 18). Aikataulun yläreunaan merkitään aikajana lapuilla siten, että yksi ruutu vastaa joko yhtä päivää, viikkoa tai kuukautta. Päivätarkkuutta käyttäen aikataulupohjaan mahtuu 4 viikon aikajakso, viikkotarkkuudella 20 viikkoa. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 60)

Tuotantoa aikataulutettaessa vasemmanpuoleiseen sarakkeeseen merkitään osakohteet. Osakohteet jaotellaan sellaisella tarkkuudella, ettei eri töitä jouduta suunnittelemaan tehtäviksi samoissa osakohteissa yhtä aikaa. Esimerkiksi kerrokset kannattaa jakaa useampaan osakohteeseen, märkätilat ja kuivat tilat erikseen, sekä käytävät ja hotellihuoneet erikseen. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 60)

Aikataulun yläreunaan merkitään kulmittain olevilla lapuilla yleissuunnitteluvaiheessa päätetyt välitavoitteet sekä tehtävien yhteiset edellytykset, jotka tulee varmistaa ennen tehtävien aloittamista. Sinne voidaan aikatauluttaa myös muita koko tiimiä koskevia asioita kuten mallien yhteensovitukset, suunnittelukokoukset ja työmaalla tehtävät tarkastukset. Nämä laput toimivat yhteisenä muistutuksena kaikille osapuolille. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 60)



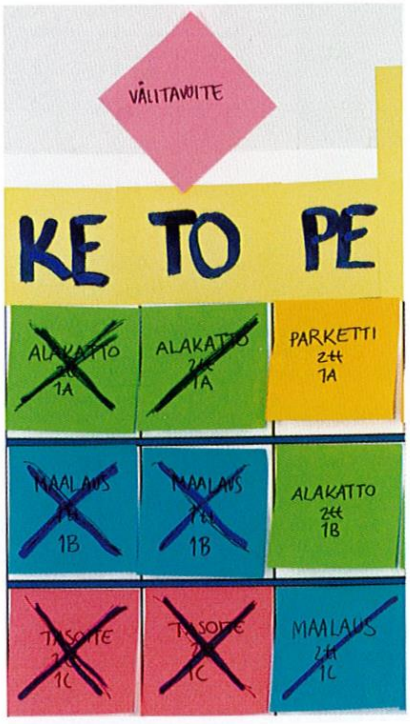
Kuva 18. *Last Planner –aikatauluun merkitään aikajana, osakohteet tai osapuolet, tehtävät ja välitavoitteet. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 60)*

Suunnittelun alussa päätetään jokaiselle urakoitsijalle ja muille osapuolille oma väri. Kukin osapuoli merkitsee omat tehtävänsä aikatauluun oman värisillä Post-it-lapuilla. Jos sama urakoitsija tekee useampia vaiheita työmaalla, kirjoitetaan lappuun täsmennykseksi esimerkiksi ”Tasoite” tai ”Maalaus”. Näin toimien aikataulusta nähdään selkeästi, mitä tehtäviä eri osakohteissa tehdään tiettyinä ajankohtina. Lappuun voidaan myös kirjoittaa työryhmä, jolla tehtävä on tarkoitus toteuttaa. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 61)

Lappuja kiinnitetään aikatauluun yhtä monta kuin tehtävän kesto vaatii. Jos tehtävä kestää 5 päivää ja aikataulu on suunniteltu päivän tarkkuudella, kiinnitetään aikataulupohjaan viisi Post-it-lappua. Lappujen määrä kertoo tuotannossa, että osakohde on varattu kyseiselle tehtävälle eikä osakohteessa tehdä muita töitä. ”Suunnittelussa se kuvaa tehtävän vaatimaa aikaa.” (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 61)

Tehtävien toteutumista seurataan viikkopalavereissa tekemällä merkinnät aikatauluun. Aloitettujen keskeneräisten tehtävien päälle vedetään yksi viiva, ja valmistuneiden tehtävien päälle rasti (ks. kuva 19). Merkintöjen avulla nähdään työmaan tilanne suhteessa aikatauluun. Rastitusten avulla voidaan laskea toteutuneiden tehtävien prosenttia eli

TTP-lukua. Keskeneräiset ja myöhässä olevat tehtävät annetaan olla aikataulussa paikallaan ja ne rastitetaan sitten kun ne valmistuvat. Lappuja siirretään vain ryhmän yhteisellä päätöksellä, jos aikataulua halutaan päivittää. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 61)



Kuva 19. *Tehtävien valmiusasteen merkitseminen. Lappuihin on merkitty myös työntekijämäärä ja osakohde. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 61)*

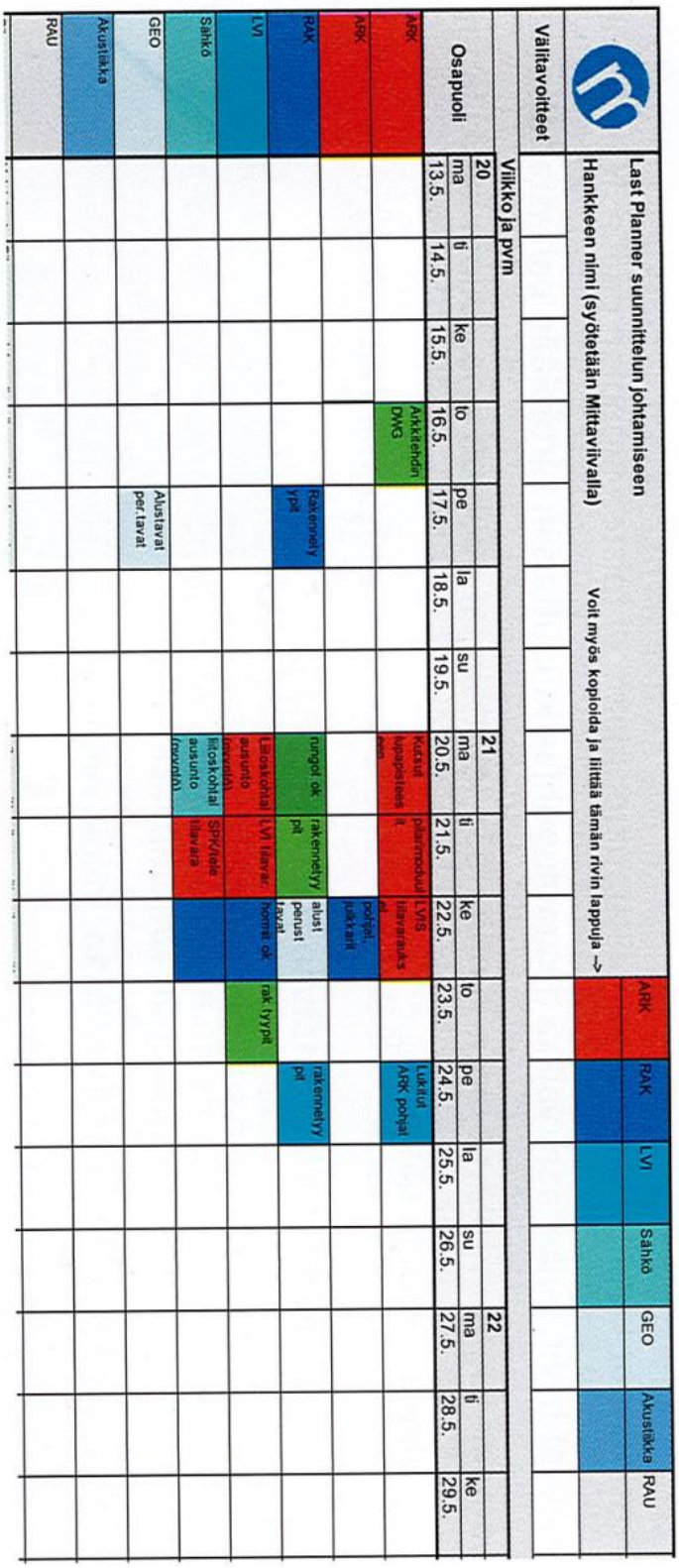
Edellä kuvatut aikataulupohjat ja Post-it-laput toimivat hyvin yhteisen aikataulusuunnittelun välineinä. Niiden käytön oppii helposti ja näin huomio voidaan kohdistaa aikataulun sisältöön. Lisäksi seinälle tehtävä aikataulu on erittäin visuaalinen ohjausväline. Sitä katsomalla saa nopeasti kokonaiskuvan hankkeen tilanteesta ja yksittäisten tehtävien edistymistä voi myös tarkastella. Aikataulun ylläpito ja täydentäminen viikosta toiseen on helppoa. Palaverin osallistujat voivat ottaa kuvan aikataulusta muistiinpanoksi sovituista tehtävistä. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 62)

Digitaaliset työvälineet

Digitaalisten työvälineiden avulla aikatauluja voidaan suunnitella yhdessä, mutta erityisesti jakaa eri osapuolille. Tarjolla on erilaisia touch board –sovelluksia sekä Excel- ja nettipohjaisia työkaluja, joissa suunnittelu voidaan tehdä yhdessä digitaalisella alustalla. Toinen mahdollisuus on tehdä suunnittelu seinätaululla, mutta viedä se digitaaliseen muotoon yhteisesti jaettavaksi. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 63)

Excel-pohjaista Last Planner –aikataulua käytetään samaan tapaan kuin seinätaulua. Aluksi kirjataan suunnittelijat tai urakoitsijat, joiden tehtäviä merkitään aikatauluun. Mää-

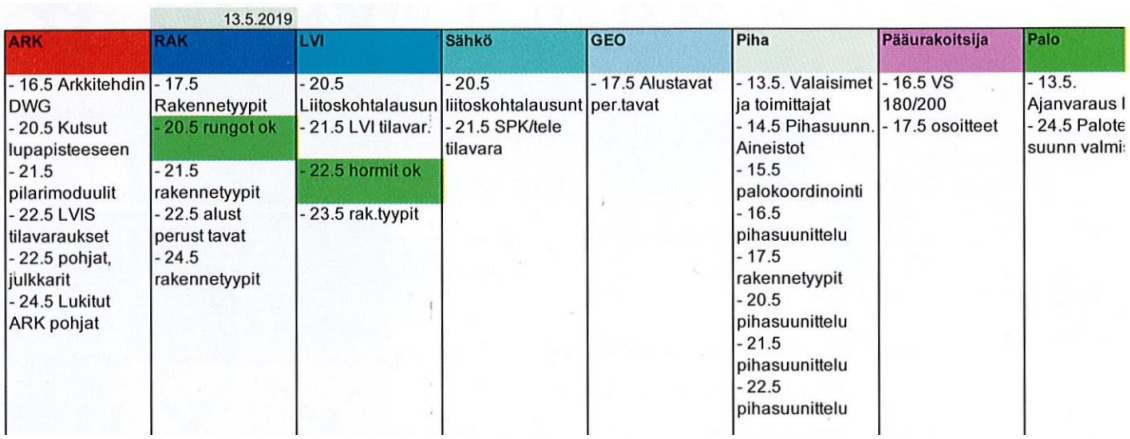
ritetään myös aikataulun aloituspäivämäärä ja tarkkuus sekä osapuolten värit. Seuraavaksi merkitään aikataulun keskeiset välitavoitteet ja tehtävät sille vaiheelle, jota ollaan suunnittelemassa. Ruutuihin voidaan kirjoittaa sekä tehtävätiedot että lähtötietotarpeet kuvan 20 tapaan. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 63)



Kuva 20. *Digitaalinen Last Planner –aikataulu. Suunnitteluvaiheessa jokaisen riville merkitään osapuolen tehtävät ja muiden tarpeet. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 62)*

Kun tehtävä on valmis, se voidaan kuitata tehdyksi ja tehtäväruudun väri muuttuu valmistumisen merkiksi. Suunnitteluvaiheen Last Plannerista on mahdollista myös tulostaa

aikataulutettu tehtäväluettelo kuten kuvassa 21, jossa kunkin suunnittelijan seuraavien viikkojen tehtävät ovat listattuina. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 63)



13.5.2019

ARK	RAK	LVI	Sähkö	GEO	Piha	Pääurakoitsija	Palo
- 16.5 Arkkitehdin DWG - 20.5 Kutsut lupapisteeseen - 21.5 pilarimoduulit - 22.5 LVIS tilavaraukset - 22.5 pohjat, julkkarit - 24.5 Lukitut ARK pohjat	- 17.5 Rakennetyypit - 20.5 rungot ok - 21.5 rakennetyypit - 22.5 alust perust tavat - 24.5 rakennetyypit	- 20.5 Liitoskohtalausun - 21.5 LVI tilavar. - 22.5 hormit ok - 23.5 rak.tyypit	- 20.5 liitoskohtalausunt - 21.5 SPK/tele tilavara	- 17.5 Alustavat per.tavat	- 13.5. Valaisimet ja toimittajat - 14.5 Pihasuunn. Aineistot - 15.5 palokoordinointi - 16.5 pihasuunnittelu - 17.5 rakennetyypit - 20.5 pihasuunnittelu - 21.5 pihasuunnittelu - 22.5 pihasuunnittelu	- 16.5 VS 180/200 - 17.5 osoitteet	- 13.5. Ajanvaraus l - 24.5 Palote suunn valmi

Kuva 21. *Digitaalinen aikataulutettu tehtäväluettelo. (Koskenvesa & Mäki, 2019, s. 62)*

3.7 Tietomallien ja Lean-rakentamisen yhdistäminen

Lean rakentaminen on tuotannonhallinnan ajattelumalli, jonka 2 johtoajatusta ovat arvon maksimointi ja hukan minimointi rakennushankkeissa (Sbiti et al, 2021). Näihin tavoitteisiin päästään jatkuvalla ja systemaattisella suunnittelun ja rakentamisen prosessien ja virtauksen parantamisella (Sbiti et al, 2021). Last Planner System (LPS), tietomallit (BIM) ja visuaalinen hallinta ovat Lean rakentamisen pääsovelluskohteet (Castiblanco et al, 2019). Nykypäiviin asti tietomalleja on käytetty pääasiassa rakennusten suunnitteluvaiheessa, esimerkiksi tarkasteluissa budjetissa pysymiseksi (Sbiti et al, 2021). Vähemmälle huomiolle on jäänyt tietomallien rakentamisen aikainen hyödyntäminen (Sbiti et al, 2021).

Tietomallintamisen soveltaminen tukee myös Lean rakentamisen vaiheita. Esimerkiksi toimittajan mukaan ottaminen mahdollistaa tiedon jakamisen ja saatavuuden osapuolten välillä. Toimittaja voi vaihtaa tietoja toimituksien sisällöstä ja ajankohdista, ja tuotteiden suunnitelmat ovat saatavissa suoraan mallin kautta. Hakemalla määrätietoja suoraan tietomallista saadaan paikkansapitävämpiä tuloksia ja vähennetään inhimillisten virheiden mahdollisuutta (Aslam et al, 2021). Sbiti et al (2021) ovat tutkineet kirjallisuudesta Lean rakentamisen ja tietomallintamisen yhteisiä tavoitteita. Tutkimuksessa ovat mukana julkaisut aikaväliltä 2010–2020. Yhtymäkohtia löytyi paljon ja niistä useimmin toistuneet ovat Lean rakentamisen kannalta:

- töiden organisointi

- tuotannonhallinta
- laadunhallinta
- JIT (=just in time) eli oikea-aikaiset tavaran toimitukset. (Sbiti et al, 2021)

3.8 Aikataulun valvonta ja ohjaus

Mikään hyvä suunnitelma ei takaa onnistunutta toteutusta. Johdon tehtävä on valvoa toteutusta ja pitää se suunnitelmien mukaisena. Lean rakentamisessa valvonta ymmärretään aktiivisena tekemisenä tuloksien seuraamisen sijaan. Tämä ajattelutapa sopii myös Kenleyn ja Seppäsen (2010) esittelemään sijaintiperusteiseen projektinhallintaan, johon kuuluvat:

- nykytilanteen ohjaaminen
- tarkka toteutuksen suunnittelu
- ennakointi ja ennustaminen
- valvontatoimien suunnittelu
- tehtävien tärkeysjärjestyksen selvittäminen
- tuotannon edellytysten varmistaminen
- suunnitelman toteuttaminen oikealla työnjaolla ja kommunikaatiolla. (Kenley & Seppänen, 2010, s. 335)

Sijaintiperusteisen suunnitelman toteuttamiseksi tarvitaan systemaattista valvontaa. Kenley ja Seppänen (2010) ehdottavat tähän kymmentä vaihetta, jotka ovat:

1. nykytilanteen valvonta:
    a. todelliset aloitus- ja lopetuspäivämäärät
    b. todelliset resurssit
    c. todelliset määrät.
2. ennusteiden vertailu suunnitelmiin poikkeamien havaitsemiseksi
3. toiminnan suunnittelun johtaminen
4. resurssitarpeiden arviointi
5. raporttien teko työmaan palavereihin
6. työmaan palaverit

7. raportointi ylemmälle johdolle ja asiakkaalle (tilaajalle)
8. yksityiskohtainen suunnittelu (vrt. kappale 3.1)
    a. yleisaikataulun tehtävien (baseline tasks) päivittäminen
    b. työnosittelun (WBS) tarkastukset ja päivitykset
    c. määrien tarkastukset ja päivitykset
    d. uusien tehtävien suunnittelu
    e. uusien tehtävien päivittämiset tarvittaessa.
9. tuotannon edellytysten tärkeysjärjestykseen asettaminen ja niiden valvonta
10. viikoittainen suunnittelu ja toimeksiantoihin liittyvä kommunikaatio (Kenley & Seppänen, 2010, s. 337).

Nykytilannetta valvotaan keräämällä tiedot tehtävien sijainneista ja valmiustasosta valvontavinjettiin, josta ne täydennetään paikka-aikakaavioon. Tavallisesti tietoa on suositeltavaa kerätä usean henkilön toimesta esimerkiksi niin, että aliurakoitsija raportoi valmiuksia viikoittain ja pääurakoitsijan työnjohtaja tarkistaa tietojen paikkansapitävyydet työmaalla. Tehtävien tilanteen selvittäminen vie aikaa, ja tästä syystä sitä on tehtävä tarkoituksenmukaisella tarkkuustasolla. Tiedonkeruun periaatteet tulee sopia ennen projektin aloitusta. (Kenley & Seppänen, 2010, s. 338)

Jotta projektia voidaan ohjata, tulee projektin nykytila olla visuaalisesti esitetty ja verrattu sekä tarkemman, että karkeamman tason aikatauluihin. Visualisoinnin tärkeimmät työkalut ovat seurantaviiva vinoviiva-aikataulussa, tuotantokaaviot sekä valvontavinjetti. Vinoviiva-aikataulussa on suositeltavaa käyttää erilaisia näkymäsuodattimia, koska siitä tulee muuten helposti hankala luettava. Vinoviiva-aikataulun avulla voidaan arvioida poikkeamien vaikutuksia pelivaroihin ja hankkeen valmistumispäivämäärään. Tarkemman tason vinoviiva-aikataulua voidaan näyttää työmaan palavereissa ja karkeampaa ylemmälle johdolle ja asiakkaalle. Aliurakoitsijoille ja työnjohtajille voidaan myös tehdä omat näkymät. (Kenley & Seppänen, 2010)

Työmaan palavereissa toteutuu suuri osa tuotannon valvonta- ja ohjaustoimista. Niissä aliurakoitsijat raportoivat edistymistään, poikkeamat analysoidaan, suunnitelmien tilanne kerrataan ja jatkotoimet päätetään. Asioiden esittäminen pelkillä aikatauluilla ei yleensä ole tarkoituksenmukaista vaan tarvitaan myös raportteja, jotka tulee lähettää asianosaisille hyvissä ajoin ennen palavereita. Valvontavinjetit toimivat huonosti, jos aikataulut päivittyvät jatkuvasti. Aliurakoitsijoille olisi hyvä näyttää samaa aikataulunäkymää joka palaverissa, erityisesti, jos käytetään vinoviiva-näkymää. Palavereissa voidaan esittää

yhdessä aikataulunäkymässä ongelmallisen tehtävän vaikutukset muihin tehtäviin ilman valvontatoimia, ja toisessa näkymässä yhteisesti sovittujen valvontatoimien kanssa. Näin osapuolten näkemykset valvontatoimien tarpeellisuudesta vahvistuvat. Työmaapalavereissa kannattaa keskittyä lähiviikkojen tuotannon edellytysten varmistamiseen. Liian helposti suurin osa ajasta käytetään menneen viikon tai nykytilan asioiden parissa, vaikka tulevaisuus on ainoa, mitä voidaan muuttaa. (Kenley & Seppänen, 2010, s. 358–365)

Jokaiseen tehtävään tietyssä paikassa liittyy tietyt edellytykset, jotta tehtävä voidaan tuottavasti aloittaa: edellisten tehtävien tulee olla valmiita, resurssien pitää olla saatavilla ja suunnitelmat valmiita. Näiden asioiden valmistelu ja varmistaminen ovat keskeistä. Paikkaperusteisessa tuotannon johtamisessa (LBMS=location-based management system) valmiit toimeksiannot suunnitellaan sen jälkeen, kun kaikki suunnitelmat on päivitetty, tehtävien todellinen tila on tiedossa ja tehtävät on priorisoitu niiden suorituskyvyn ja liikkumavaran perusteella. LBMS:n tuotantojärjestelmän mukaan aloitusedellytykset voidaan jaotella viiteen osioon, jotka ovat

1. resurssien ja materiaalien saatavuus
2. suunnitelmat
3. edeltävät tehtävät
4. hankinnat ja toimitukset
5. potentiaaliset ongelmat. (Kenley & Seppänen, 2010, s. 377)

Aloitettaessa tehtäviä viestinnän tulee olla selkeää aliurakoitsijoiden, työntekijöiden ja työnjohdon suuntaan, jotta saadaan tarvittava palaute, pystytäänkö tehtävä toteuttamaan suunnitelman mukaisesti. Aina näin ei ole ja silloin voidaan joutua tekemään täsmennyksiä. Yhteisymmärrykseen viikon tavoitteista tulee kuitenkin päästä. Keskustelun tukena voidaan käyttää pohjakuvaa tai 3D-mallia. (Kenley & Seppänen, 2010, s. 381)

4. EMPIIRINEN TUTKIMUSOSA

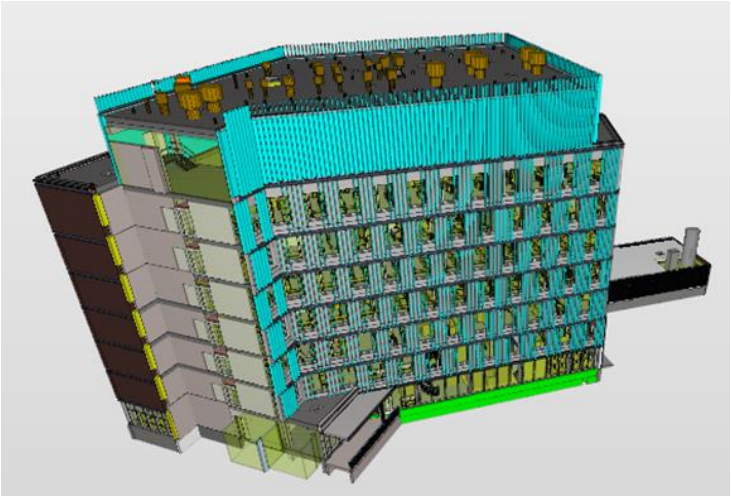
Empiirisessä tutkimusosassa käsitellään diplomityössä tutkitut kohdeyrityksen rakennushankkeet. Haastattelutekstit perustuvat haastateltavien puhuttuun tekstiin, joka on pyritty pitämään mahdollisimman alkuperäisenä vaadittujen tyyliseikkojen sallimissa rajoissa. Pieni osa teksteistä sisältää tutkijan havaintoja. Haastattelututkimuksen teoria ja toteutus on kuvattu tarkemmin kappaleessa 2.2 Haastattelukysymykset löytyvät liitteistä A ja B. Luvun lopussa esitellään vielä tarkemmin uuden aikatauluohjelman pilotointia hankkeella 3.3 ja kohdeyrityksen projektinhallintajärjestelmässä käytettäviä aikatauluja.

4.1 Kohde 1, haastattelu 1

Kohde on laboratoriotalo, joka sijaitsee Espoossa. Hanke on kilpailu-urakka. Lujatalo rakentaa kohteen 2-vaiheen, 8-kerroksisen rakennuksen. Rakennusaikataulu on 8/2021–5/2023. Haastattelu on pidetty huhtikuussa 2022. Haastateltavat ovat:

- vastaava työnjohtaja (valmistunut 1985, aikataulutus)
- työmaainsinööri (valmistunut 2015, aikataulutus)
- työmaainsinööri (kokemusta yli 10 v, hankinnat).

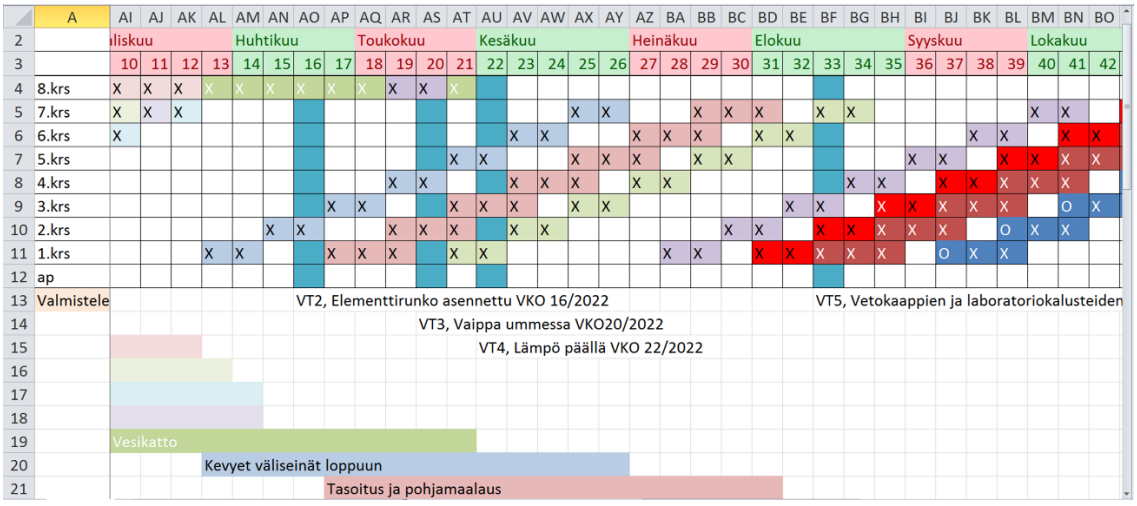
Aikataulut on laadittu Exceliä, Tocoman aikataulua ja seinätaulutekniikkaa käyttäen. Excelissä esitystapana on paikka-aikakaavio ja Tocomanissa janakaavio. Hanke toteutetaan pitkälti aliurakoitsijoiden voimin.



Kuva 22. *Kohteen 1 uudisosan arkkitehtimalli.*

4.1.1 Aikataulun laadinta

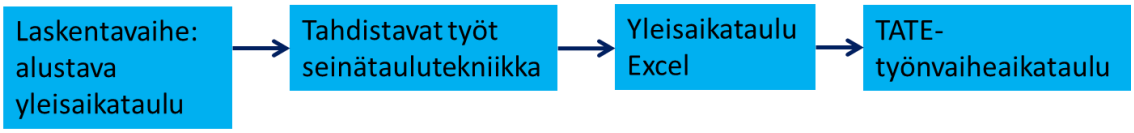
Laskentavaiheessa työpäällikkö on tehnyt ensimmäisen alustavan yleisaikataulun. Aloitusvaiheessa aikataulua on tehty monta kertaa, koska rakentaminen ei päässyt heti liikkeelle rakennusluvan viivästymisten takia. Rakennusluvan odottaminen aiheutti puolen vuoden viiveen aloitukseen. Yleisaikataulu on tehty seuraavalla tavalla. Ensin on mietitty tahdistavat työt seinätaulutekniikalla käyttäen post it–lappuja. Tämän jälkeen yleisaikataulu on tehty Excelillä (kuva 23). Aikataulun laadinnassa mukana on ollut TATE-urakoitsija, jolla on talotekniikan kokonaisurakka. Lujatalon tekemiin aikatauluihin on tehty joitakin muutoksia ja täsmennyksiä yhdessä.



Kuva 23. *Ote hankkeen Excel-aikataulusta.*

Kun yleisaikataulu oli luonnosteltu Exceliin, kysyttiin TATE-urakoitsijalta, riittääkö siinä esitetyt aikavälit heille (kuvassa 23 valkoiset ruudut), mihin urakoitsija vastasi myöntä-

västi. Urakoitsija lähti tekemään omaa työnvaiheaikataulua työmaan yleisaikataulun pohjalta. Työnvaiheaikataulu on tehty Tocomaniin ja se kuvaa koko rakennushanketta. Siellä näkyvät myös talotekniikkatyöt. Tarkennettu yleisaikataulu on viety Tocoman aikatauluun. Tocomanissa ovat yleisaikataulu ja työnvaiheaikataulu janamuodossa. Laadinnan menekkitieto on peräisin vastaavan työnjohtajan kokemuksesta. Kuvassa 24 on esitetty aikataulun laadintaprosessi yksinkertaistetusti. Käytännössä aikatauluja on tehty useaan kertaan aloituksen viivästyksien takia.



Kuva 24. *Hankkeen aikatauluprosessin päävaiheet.*

Talotekniikan eli TATE:n töiden huomioiminen aikatauluttamisessa on ollut merkittävää hankkeessa. TATE:n järjestelmät ovat mittavat, kun kyseessä on laboratoriotalo. Työjärjestykset ovat oleellisessa osassa. Kun TATE aloittaa runkotyöt, on heille aina koko kerros varattuna. Lopussa on varattuna paljon aikaa koekäytölle, säädöille ja mittauksille.

Työmaan kokemuksen mukaan TATE-urakoitsijan kyky ja halukkuus aikatauluttamiseen on puutteellista. Aikataulun tekemisessä mukana olleet TATE:n edustajat eivät myöskään ole olleet itse tekemisessä mukana, vaan ovat TATE:n laskennasta ja hankinnasta ne, joilla oli laadintavaiheessa aikaa osallistua. TATE:a ei saatu työmaan mielestä riittävästi osallistutettua aikataulun laadintaan.

4.1.2 Aikataulun valvonta ja ohjaus Last Plannerilla

Hankkeessa käytetään Last Planner –tuotannonohjausmenetelmää seinätalulutekniikalla. Aikataulu on työmaatoimiston seinällä (ks. kuva 25). Yhdellä seinällä on yleisaikataulu viikkotarkkuudella. Sen perusteella tehdään päivän tarkka aikataulu toiselle seinälle kerran viikossa Last Planner –palaverissa, joka kestää reilun tunnin. Seuraava viikko tehdään tarkalla tasolla ja 2–4 viikkoa karkealla tasolla. Aikataulutieto jaetaan urakoitsijoille ottamalla kuva seinäaikataulusta ja liittämällä kokouspöytäkirjaan. Näin siitä muodostuu samalla sopimusasiakirja. Ennen palaveria on aina reilun tunnin mittainen työmaakierros. Suunnittelijat ovat huonosti perillä, milloin heidän tarvitsee toimittaa suunnitelmat, eivätkä he ole aktiivisesti osallistuneet palavereihin. Suunnitelmamuutokset ovat jääneet jälkeen ja välillä on jouduttu purkamaan jo asennettua putkea. Suunnit-

telijoiden pitäisi osallistua tilaajan ohjeistuksen mukaan joka toiseen Last Planner –palaveriin. Tocomanin aikatauluja käytetään tässä hankkeessa lähinnä toteutumatiedon kirjaamisessa ja tiedonvaihdossa tilaajan suuntaan. Urakoitsijapalaveri on kerran viikossa. Last Planner seinätaulutekniikalla on hankkeen hallinnan pääasiallinen työkalu. Vastaavan työnjohtajan kokemuksen mukaan Last Planner on toimiva menetelmä, jolla työmaat valmistuvat ajallaan. Aikataulun kirimistä on tehty viikonlopputöillä tarpeen mukaan.

Last Plannerilla häiriöiden korjaus on reaaliaikaista. Aikataulussa pysymiseen ei tarvitse kiinnittää huomiota erikseen, koska asiaa hoidetaan joka viikoisella Last Planner –palaverilla. Yleisaikataulu pitää olla näkyvillä, kun Last Planneria tehdään. Last Plannerin käytön selkeys on saanut kiitosta elementtitehtaalta.

Kuva 25. *Last Planner –seinätaulu. Pystyakselilla kerrokset ja vaaka-akselilla aika.*

4.1.3 Kehityskohteet ja –ideat

-iTWO ja LastPlanner –sovellus käyttöön (haastattelijan kommentti).

-Sähköiseen muotoon sisällytetään liikaa asiaa. Aikatauluohjelmat ovat hankalia käyttää. (haastateltavan kommentteja)

-TATE-taustat pitää maalata ensin ja tämän sopimuksiin tuominen. TATE:n hallitseminen. (haastateltavan kommentteja)

4.1.4 Yhteenveto

Aikataulun laadinta (ohjelmat ja esitystavat, aikataulutyypit, ketkä laatineet): Yleisaikataulu on Excelissä, Tocomanissa ja työmaatoimiston seinällä, jossa on myös Last Planner päivätarkkuudella. TATE-vaiheaikataulu on Tocomanissa. Aikatauluja on laadittu yhteistyössä vastaavan työnjohtajan, tuotantoinsinöörin ja muiden osapuolten kanssa.

Urakoitsijoiden mukanaolo laadintavaiheessa: TATE-urakoitsija on tehnyt oman työnvaiheaikataulunsa.

Lohkojako: Kerros on lohko.

Mistä menekki- ja määrätieto saatu: Menekkitieto on pitkälti vastaavan työnjohtajan kokemuksesta saatu. TATE on saanut menekit ja määrät omasta laskennasta.

Last Planner tai tahtiaikataulu: Last Planner toimii seinätaulutekniikalla viikoittain. Tahtiaikataulu ei ole käytössä.

iTWO ja tietomallien käyttö: Tietomallit ovat käytössä, iTWO ei. Myös TATE-urakoitsija käyttää tietomallia.

Aikataulun toteutumatiedon ja kustannuksien jälkilaskenta: TATE-urakoitsija tekee jälkilaskentaa.

Aikataulutiedonsiirto osapuolten ja ohjelmien välillä: Aikataulutieto toimitetaan tilaajan suuntaan Tocomanilla ja urakoitsijoille kokouspöytäkirjan liitteenä kuvana Last Planner –seinätaulusta.

Aikataulun valvonnan aikavälit ja menetelmät: Last Planner –palaveri ja urakoitsijapalaveri pidetään viikoittain. Toteutuman kirjaus tehdään 3 viikon välein Tocomaniin.

Miten poikkeamiin reagoidaan: Poikkeamiin on reagoitu aikataulujen päivityksillä ja elementtiasennuksissa viikonlopputöillä.

4.2 Kohde 1, haastattelu 2

Tässä rakennushankkeessa talotekniikan kokonaisurakka on samalla aliurakoitsijalla sisältäen ilmanvaihto-, putki-, sähkö- ja automaatiotyöt. Haastateltavina ovat putkipuolen projektipäällikkö ja LVIAJ projektipäällikkö. Haastattelu on pidetty kesäkuussa 2022.

4.2.1 Aikataulun laadinta

Aikataulun runkoa on lähdetty hahmottamaan aikaisessa vaiheessa. Alkuun on haettu riippuvuustekijöitä ja tehty raami, miten kerrostyöt menevät ja mietitty, milloin mikäkin työ pystyy alkamaan. Näin on runko aikataululle luotu. Aikataulua on päivitetty siirtymien myötä. Yleisaikataulun jälkeen tehtiin tarkempi työnvaiheaikataulu. Aikataulun laadinta tapahtuu projektipäällikkötasolla ja yhteydenpito on ollut helpompaa, kun samalla urakoitsijalla on koko TATE-urakka. Ensimmäinen versio tehtiin Excelillä, kun riippuvuuksia määritettiin. Tämän jälkeen TATE:n töiden osittelu alkoi ja IV- ja sähkötyöt sisällytettiin aikatauluun. Tämän jälkeen soviteltiin lisää Lujatalon kanssa. Aikataulussa on pysytty kohtuullisen hyvin.

Haastatteluhetkellä on aikataulun päivityskierros menossa saadun lisäajan takia. Kytkettekö aikatauluanne toteutuneihin kustannuksiin aikataulun suunnitteluvaiheessa? -Ei. Puretaan laskennallisiin tunteihin ja työyksiköihin. Miten mitoitatte resursseja? -Määrät ja kestot tulevat laskennasta. Lasketteko tietomalleista? -Lähinnä dokumenteista lasketaan. Tietomallia käytetään korkeintaan apuna. Massalistoihin ei talotekniikassa pysty luottamaan. Ohjelmat eivät ole vielä tarpeeksi kehittyneitä. Tietomallista saatu tieto on jonkun verran virheellistä. Mitä haasteita on ollut? -Tontti on ahdas ja työmaanosturia ei saatu paikalle. Tekniikan määrä on valtava ja tässä on perinteinen toimistotalon runko. Talotekniikan tiheyttä mitataan neliöhinnalla.

4.2.2 Aikataulun valvonta ja ohjaus

Omaa työtä seurataan Tocoman-tasolla. Last Planner kokoukset ovat viikoittain. Viikkotasoiset projektipalaverit ovat TATE:n sisällä, mestarikierros ja Last Planner palaveri kerran viikossa, ja työmaakokous on kerran kuukaudessa. Keskiviikkoisin on aikataulupalaveri ja torstaisin urakoitsijapalaveri. Seinätaulutekniikka on ollut toimiva. Ollaan nähty riippuvuuksia ja aikataulutetaan ne työt, jotka vaikuttavat toisten töihin. Aikataulun suunnittelu on tehty yhdessä ja ajoissa, minkä haastateltavat näkevät onnistumisen syynä. Putki- IV- ja sähkötöiden projektipäälliköt kirjaavat toteutumaprosentit Tocomaniin. Tehtävärivejä on paljon, mutta ne on ositeltu kerroskohtaisesti ja ovat siksi paremmin hallittavissa. Useat janat toimivat myös varmistuksena, että kaikki työt tulevat tehdyiksi. Lujatalolle toimitettava aikataulu voisi olla suppeampi haastateltavien mielestä. Seuranta olisi helpompaa kirjata niille, jotka eivät ole niin sisällä tekniikassa. Projektipäälliköt eivät ole kokeilleet aikataulun mobiiliseurantaa. Toteutumalle tehdään jälkilaskenta. Talotekniikkaurakoitsija on osallistutettu hyvin.

4.3 Kohde 2

Turussa Lujatalo rakentaa kaksi 9-kerroksista asuinkerrostaloa KVR-hankkeena. Talojen lisäksi hankkeeseen kuuluu autohalli, jonka päälle tulee pihakansi. Kohteen rakennusaika on 11/2021–9/2023 ja haastattelu on pidetty huhtikuussa 2022. Hankkeessa käytössä olevat aikataulutyypit ovat yleisaikataulu, 3-viikkoisaikataulu ja viikkoaikataulu. Yleisaikataulu on laajennettu vaiheaikatauluksi. Käytettävä aikatauluohjelma on Tocoman aikataulu. Hankkeessa haastateltavat ovat:

-työpäällikkö (30 vuotta rakennusalalla)

-työnjohtaja (2–3 vuotta rakennusalalla)

-vastaava työnjohtaja (kokemusta 2017 alkaen)

-tuotantoinsinööri (valmistuminen 2019).

Kuva 26. *Kohteen 2 arkkitehtimalli.*

4.3.1 Aikataulun laadinta

Aikataulua on tehty useampaan otteeseen. Elementtien saatavuus on aiheuttanut muutoksia aikatauluun ja työjärjestyksiin. On mietitty, miten hanke saadaan jouhevasti liikkeelle, vaikka elementtejä saadaan vasta elokuussa 2022. Ratkaisuja on löydetty, esimerkiksi tehdään ensin kaikki kellarin paikallavalut valmiiksi. Tontin ahtaus on myös aiheuttanut muutoksia työjärjestyksissä. Hanke on jaettu kahteen lohkoon ja paikkoina toimivat kerrokset.

Vastaava työnjohtaja on laatinut yleisaikataulun, joka on laajennettu vaiheaikatauluksi. Aikataulu on tehty Tocomanilla ja esitystapana on janakaavio. Aikataulun laadinnassa on käytetty Planmanista saatua pohjaa, mikä on sopinut hyvin Tocomaniin. TATE-urakoitsija on laatinut oman vaiheaikataulunsa, muut aliurakoitsijat eivät. Aliurakoitsijat ovat sitoutuneet Lujatalon tekemään yleisaikatauluun. Heinäkuun 2022 työmaa on kokonaisuudessaan kiinni, mikä toimii häiriöpelivarana. Määrät on saatu määrälaskentatoimistosta ja tarkastettu iTWO:sta. Toimistosta saadut määrät ovat jonkin verran suuremmat, joten kustannuksien kannalta johto luottaa tilattuihin määrälaskelmiin.

4.3.2 Aikataulun valvonta ja ohjaus

Hankkeella on käytössä yleisaikataulu, kolmiviikkoisaikataulu ja viikkoaikataulu. Tocomaniin täytetään valmiusprosentteja kerran kuukaudessa, mutta Tocoman on sivuroolissa. Tocomanin aikataulua jaetaan seurantakokouksen liitteenä tilaajalle. Last Planner toimii seinätaulutekniikalla ja on hankkeen pääasiallinen hallinnan menetelmä. Aikataulupalaverit ovat kerran viikossa. Tarkoitus on, että aliurakoitsijat asettavat tehtävälaput seinätauluun itsenäisesti. Talotekniikan toteutuman valvonta on hyvin vaikeaa. Nimikkeitä pitäisi olla työpäällikön mukaan hurjasti, että pystyisi realistisesti kirjaamaan toteutumaprosenttia. Talotekniikka on vaikeasti hahmotettava kokonaisuus. Rakennesuunnittelija toimittaa elementtisuunnitelmien valmiusprosentin viikoittain. Lujabetonille suunnitelmat liikkuvat projektipankin kautta.

4.3.3 Tietomallien, iTWO:n ja Last Plannerin käyttö projektissa

Hankkeessa käytettävä tietomalli jäi pahasti jälkeen kun alkuperäinen asuntojen lukumäärä kasvoi 82:sta 96:teen. Tietomallissa on esiintynyt virheitä, esim. perustuksissa on mennyt putkia anturoiden läpi. iTWO:ssa aikataulu on saman sisältöinen kuin Tocomanissa, mutta tehtävärivejä on yhdistelty. Tietomallia ei ole kytketty iTWO:ssa eli 4D-näkymä ei ole käytössä. Last Planneria käytetään seinätaulutekniikalla. Vastaava työnjohtaja on käyttänyt Last Planneria myös aiemmin.

4.3.4 Kehityskohteet ja –ideat

Kehityskohteina Lujabetoni voisi käyttää tietomallia suunnitelmien hakuun. Aliurakoitsijoille olisi hyödyksi jonkinlainen infopaketti siitä, mikä on Last Planner. Last Planner on

ollut uutta lähes kaikille Lujatalon käyttämille aliurakoitsijoille Varsinais-Suomessa. Tahtituotantoa voisi myös harjoitella esim. kylpyhuoneiden osalta jollain tulevalla hankkeella (työmaan idea).

4.3.5 Yhteenveto

Aikataulun laadinta (ohjelmat ja esitystavat, aikataulutyypit, ketkä laatineet): Yleisaikataulu Tocomanissa on laajennettu vaiheaikatauluksi. Tocoman toimii tiedonvaihdossa tilaajan kanssa ja esitystapana on jana-aikataulu.

Urakoitsijoiden mukanaolo laadintavaiheessa: TATE-urakoitsija on tehnyt oman työnvaiheaikataulunsa, muut eivät.

Lohkojako: Talo on lohko ja autohalli on jaettu kahteen lohkoon.

Mistä menekki- ja määrätieto saatu: Määrätieto on tilattu määrälaskentatoimistosta, josta saadut määrät ovat suuremmat kuin iTWO:ssa.

Last Planner tai tahtiaikataulu: Last Planner on käytössä seinätaulutekniikalla.

iTWO ja tietomallien käyttö: iTWO ja tietomallit ovat käytössä.

Aikataulutiedonsiirto osapuolten ja ohjelmien välillä: Aikataulutietoa tilaajan suuntaan toimitetaan Tocomanilla seurantakokouksen liitteenä.

Aikataulun valvonnan aikavälit ja menetelmät: Last Planner –palaveri pidetään viikoittain. Tocomaniin täytetään toteutumatieto kerran kuukaudessa. Rakennesuunnittelija toimittaa elementtisuunnitelmien valmiusprosentin viikoittain.

Miten poikkeamiin reagoidaan: Ei ole ollut poikkeamia.

Erityispiirteitä: Työjärjestyksiä ja aikataulua on muutettu elementtien hitaan saatavuuden takia ja tietomallissa on ollut epäselvyyksiä.

4.4 Kohde 3

Haastattelu koskee samaan kortteliin rakennettavia asuinkerrostaloja Pirkanmaalla: alahankkeet nro 3.1 (rakennusaika 9/2020–3/2022), 3.2 (10/2021–6/2023) ja 3.3 (10/2021–6/2023). Hankkeet haastateltiin yhtenä haastatteluna työmaatoimistossa, koska niissä on osin sama toteutusorganisaatio. Haastattelu pidettiin huhtikuussa 2022 ja haastateltavat ovat:

-hankkeen 3.2 vastaava työnjohtaja (kokemusta 1995 alkaen)

-hankkeen 3.3 vastaava työnjohtaja

-työpäällikkö (3 vuotta työpäällikkönä)

-projektipäällikkö (2,5 vuotta projektipäällikkönä, 14 vuotta työkokemusta)

-tuotantoinsinööri (4 vuotta tuotantoinsinöörinä).

Lisäksi maaliskuussa 2022 on haastateltu kahta tuotantoinsinööriä hankkeisiin liittyen. Hanke 3.1 on perustajaurakointihanke ja hankkeet 3.2 ja 3.3 ovat KVR-hankkeita. Kaikki tuotantoaikataulut ovat Tocomanissa sekä hankkeella 3.3 myös Excelissä ja Visileanissa.

Kuva 27. *Kohteen 3.3 arkkitehtimalli.*

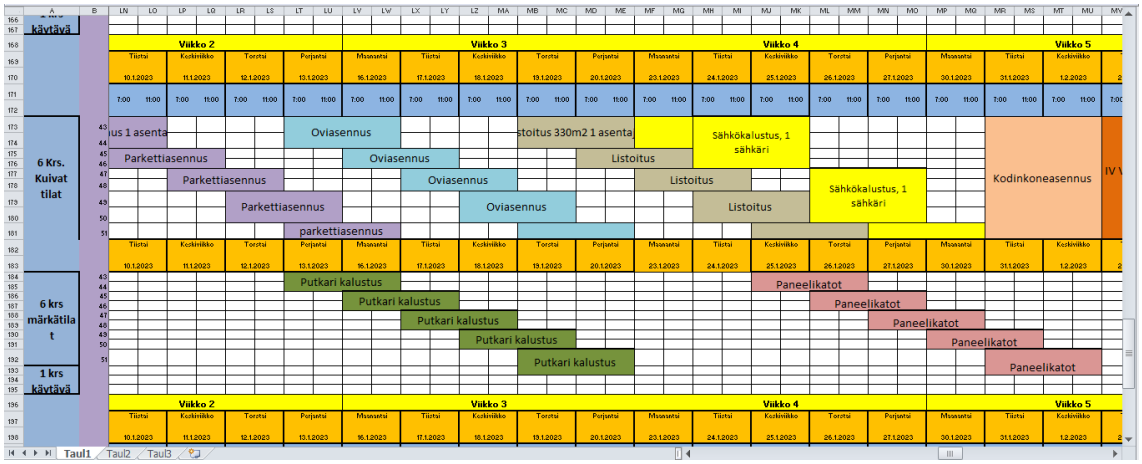
4.4.1 Aikataulun laadinta: Hankkeet 3.1 ja 3.2

Vastaava työnjohtaja ja tuotantoinsinööri ovat laatineet tuotantoaikataulut yhteistyössä. Hankeaikataulu on projektipäällikön tekemä ja suunnitteluaikataulu on myös tehtynä. Nämä alahankkeet ovat perinteisen aikataulutuksen hankkeita ja niiden aikataulut on tehty Tocomanilla paikka-aika- ja janamuotoja käyttäen. Yleisaikataulu on tehty janamuodossa, täsmennetty paikka-aikamuodossa ja palautettu takaisin janamuotoon. Yleisaikataulussa on TATE sovitettuna kerroksen tarkkuudella. Maanrakennus–perustusvaiheesta on tehty oma aikataulu. Aliurakoitsijat eivät ole laatineet omia aikataulujaan.

4.4.2 Aikataulun laadinta: Hanke 3.3

Hankkeella 3.3 tehtiin tahtiaikataulu Excelissä (ks. kuva 28) käyttäen Tocomanissa olevaa yleisaikataulua pohjana. Tahtiaikataulu on tehty puolen päivän tarkkuudella sisältäen runko- ja sisävalmistusvaihe. Excel-aikataulu on viety Tocomaniin, koska siitä aika-

taulun toteutumatieto saadaan vietyä suoraan iTWO:hon. Myös Visilean-aikatauluohjelma otetaan hankkeella käyttöön toteutumatiedon tuottamista varten, mikä saatettiin työmaalle tiedoksi haastattelun yhteydessä.



Kuva 28. *Ote Excelissä tehdystä tahtiaikataulusta.*

4.4.3 Aikataulun laadinta: Kaikki hankkeet

Paikka-aikakaavio on tehty sisältäen kriittisen polun tehtävät. Työmenekit ovat pitkälti kokemusperäistä tietoa aikaisemmista asuinkerrostalohankkeista. Väliseinämääriä on haettu tietomallista.

4.4.4 Aikataulun valvonta ja ohjaus

Työnjohtajat tekevät 3-viikkoisaikataulut omista töistä Excel-pohjan mukaan. Niihin merkitään aloitus ja lopetus rasti ruutuun –menetelmällä. Aliurakoitsijat ovat saaneet aikataulun urakkasopimusneuvotteluissa. Aikataulua on myös jaettu janamuodossa joillekin urakoitsijoille selkeyden vuoksi. Tocomanilla toteutumatiedon kirjaaminen ei paikka-aikakaavioon onnistu, koska ohjelma tekee uutta viivaa ja siirtää jäljellä olevia tehtäviä eteen päin. Seuranta tehdään janamuodossa toteutumaviivalla. Aikataulut on tallennettu Pro3:een.

Jokainen työnjohtaja tekee 3-viikkoisaikataulua omista töistä. Palaverit ovat kerran viikossa: mestaripalaveri, urakoitsijapalaveri ja viikkopalaveri. Mestaripalaverissa sovitetaan koko tontin töitä, viikkopalaverissa on nokat ja omat työntekijät ja siinä käydään 3-viikkoisaikataulua läpi.

Työpäällikön mielestä toteutumapoikkeamiin pitää reagoida nopeasti. Jos urakoitsija jää aikataulusta, reklamoidaan jos voidaan ja pyydetään palaveriin, jossa mietitään, miten

tilanne saadaan korjattua. Runkotöitä ei paljoakaan saa kirittyä, mutta sisävaiheessa voidaan yleensä jonkin verran kiriä resursseja lisäämällä ja hyvällä suunnittelulla. Työjärjestyksiä muutetaan tarvittaessa, esim. seinien tasoitus voidaan aloittaa ennen lattioiden tasoitusta. Tahtiaikataulu on sopimuksissa liitteenä ja välitavoittein. Kaksi hanketta menee tontilla vierekkäin ja niissä on osin samoja urakoitsijoita. Osa urakoitsijoista tekee töitä vuorotellen molemmissa kohteissa.

Hankkeella 3.3 on 3 aikatauluohjelmaa käytössä iTWO:n rinnalla: Excel, Tocoman ja Visilean. Excelistä tehty paperituloste toimii hyvänä visuaalisena esityksenä työmaatoimiston seinällä. Siihen on myös jonkin verran rastitettu tehtävien toteutumia. Tocomaniakaan ei ole poistettu käytöstä hankkeella, vaan sinnekin on täytetty toteutumaprosentteja. Tocomania tarvitaan tuotantovaiheessa kuitenkin lähinnä tiedonvaihdossa tilaajan suuntaan. Visileanissakin pystyttäisiin erilaisia dokumentteja tuottamaan, mutta niitä ei ole hyödynnetty hankkeella.

4.4.5 Visileanin ja Last Plannerin käyttö projekteissa

Hankkeella 3.3 lähdetään testaamaan Visilean-aikatauluohjelman käyttöä, mikä ei vielä haastatteluhetkellä ollut täysin selvää. Tämä muuttaa joitakin ennalta suunniteltuja prosesseja. Päätavoitteena on testata, miten ohjelma palvelee töiden toteutumien kirjaamisessa ja aikataulun valvonnassa, siis projektin hallinnassa. Tavoitteena on myös kokeilla aliurakoitsijoiden osallistamista tehtävien toteutumatiedon tuottamisessa. Aliurakoitsija pystyy kirjaamaan omien töidensä toteutumaa itsenäisesti mobiilisovelluksella tai selaimella. Lopulta vain laatoittaja saatiin testaamaan ohjelmaa, koska Visileanin käyttöä ei ole kirjattu urakkasopimuksiin.

Kaikissa hankkeissa käytetään Last Planneria loppuvaiheessa vähintään talotekniikan osalta. Hankkeella 3.1 tämä toteutettiin seinätaulutekniikalla ja hankkeella 3.2 tullaan toimimaan samoin. Last Plannerin sisältöä on myös päivitetty Tocoman aikatauluun. Last Plannerissa ei ole hyödynnetty Visileanin tarjoamia mahdollisuuksia.

4.4.6 Kehityskohteet ja -ideat

Aikataulun käsittely pitäisi olla helpompaa Pro3:ssa. Nyt Tocoman –tiedoston joutuu lataamaan omalle tietokoneelle muokkaamista varten ja tämän jälkeen takaisin Pro3:een. Last Planner on hyvä menetelmä. Tahtiaikataulu aikatauluttaa myös työnjohdon töitä ja tekee selkeämmäksi sen, mitä työnjohdon tarvitsee milloinkin tehdä. iTWO:sta toivotaan konkreettista apua aikataulun toteutumien kanssa. Toteutumatilaston arkistointia

iTWO:hon toivotaan jatkokäyttöä varten. Kustannustietoisuutta halutaan lisätä. Aikatauluohjelman pitäisi olla sellainen, mitä työnjohtokin osaa käyttää. Projektien valmisteluun työnjohto kaipaa lisää aikaa.

Visileanin toteutumatiedon kautta voisi selvittää iTWO:n tunnuslukuja ja sitä, saadaanko niistä hyötyä. Ajantasaista toteutumatiedon kirjaamista toivoisi saatavan lisää. Aikataulupoikkeamiin halutaan reagoida nopeammin.

4.4.7 Yhteenveto

Aikataulun laadinta (ohjelmat ja esitystavat, aikataulutyypit, ketkä laatineet): Tocomanilla laadituissa aikatauluissa on hyödynnetty jana- ja paikka-aikakaavioita. Tocomania ja iTWO:ta on käytetty jokaisessa hankkeessa, hankkeella 3.3 lisäksi Exceliä ja Visileania. Visileanissa esitystapa on jana. Tuotantoaikatauluja on laadittu yhteistyössä vastaavan työnjohtajan ja tuotantoinsinöörin kesken. Maanrakennus–perustusvaiheesta on tehty vaiheaikataulu kaikilla hankkeilla.

Urakoitsijoiden mukanaolo laadintavaiheessa: Aliurakoitsijat sovittavat oman aikataulunsa Lujatalon antamaan yleisaikatauluun eli aliurakoitsijat eivät ole yleisaikataulun laadintavaiheessa olleet mukana.

Lohkojako: Lohkojaot on.

Mistä menekki- ja määrätieto saatu: Menekkitietoa on johdolla kokemuksen kautta tullut ja sitä on hyödynnetty. RATU:a on myös käytetty. Määriä on haettu myös tietomallista.

Last Planner tai tahtiaikataulu: Kaikilla hankkeilla käytetään Last Planneria seinätaulutekniikalla. Tahtituotanto on käytössä hankkeella 3.3.

iTWO ja tietomallien käyttö: iTWO ja tietomallit ovat käytössä. Väliseinämääriä on haettu tietomallista.

Aikataulun tunnuslukujen käyttö: Eivät ole käytössä.

Aikataulutiedonsiirto osapuolten ja eri ohjelmien välillä: Tietoa siirtyy palavereissa, eri ohjelmien välillä sekä työmaatoimiston seinällä. Toteutumaa kirjataan Tocomaniin ja siirretään sieltä iTWO:hon. Hankkeella 3.3 Excel-aikataulu on lähetetty aliurakoitsijoille. Visileanilla tuotetaan toteutumatietoa hankkeella 3.3.

Aikataulun valvonnan aikavälit ja menetelmät: Kerran viikossa on palaverit, mutta hankkeella 3.3 valvotaan useammin.

Miten poikkeamiin reagoidaan: Tarkoitus on reagoida nopeasti, mutta siinä on parannettavaa.

Erityispiirteitä: Hankkeella 3.3 on monta aikatauluohjelmaa (Excel, Tocoman, Visilean ja iTWO) ja tuotannonohjausmenetelmää käytössä (tahtituotanto ja Last Planner).

4.5 Kohde 4, haastattelu 1

Kohde 4 on uusi sairaala ja Sote-keskus Kaakkois-Suomessa. Rakennuksen bruttoala on 20600 m2 ja kerroksia on viisi. Kohde on rakennettu ajalla 2/2020–12/2021. Toteutusmuotona on yhteistoiminnallinen projektinjohtourakka eli Lujatalolla on pääurakoitsijan ja projektinjohtourakoitsijan velvoitteet. Aikataulut on laadittu Tocoman aikataululla janamuodossa. Aikataulun valvonnan apuvälineenä on käytetty Fluent Planneria janamuodossa. Haastattelu pidettiin huhtikuussa 2022 etäyhteyksin ja haastateltavat ovat:

-tuotantoinsinööri (rakennusalalla 12 vuotta)

-vastaava työnjohtaja (rakennusalalla 35 vuotta)

-projektipäällikkö (rakennusalalla 19 v., nyk. tehtävässä 6 v.)

-työpäällikkö (kokenut).

4.5.1 Aikataulun laadinta

Yleisaikataulu tehtiin vastaavan työnjohtajan, työpäälliköiden ja projektipäällikön toimesta. Tuotantoinsinööri tuli kesken mukaan projektiin, minkä jälkeen alettiin laatia sisävaiheen ja loppuvaiheen aikatauluja tuotantoinsinöörin johdolla. Runkovaiheen aikataulu on yleisaikatauluun sisällytetty. Urakoitsija on tehnyt elementtiasennuksesta oman aikataulunsa, jota myös seurattiin. Runkovaiheen lohkojako on eri kuin sisävaiheen.

Sisävaihe mentiin 16 lohkolla, joista jokaisella on oma aikataulu. Lohkojako on IV-koneiden vaikutusalueiden mukaan määritelty loppusiivouksen ja P1-puhtausvaatimusten takia. Urakoitsijoille poimittiin sisävaiheesta jokaiselle oma lohkoittainen aikataulu ja välitettiin urakkasopimuksen liitteenä. Kesällä 2021 oltiin jääty aikataulusta sen verran, että aikataulua tarkennettiin sisältäen luovutuksen. Syyskuussa 2021 tehtiin vielä luovutusvaiheen aikataulu. Aikataulun laadinnassa on lähdetty pitkälti tyhjältä pohjalta liikkeelle ja mitoitettu urakoitsijoiden saatavissa olevilla resursseilla. Sopimuksiin nähden resursseja on myöhemmin lisätty.

Tocomanilla on käytetty janamuotoa, kuten Fluent Plannerissakin. Vinoviivaa ei ole käytetty missään vaiheessa. Sisävalmistusvaihe havaittiin tiukaksi, kun sitä alettiin tekemään. On jouduttu miettimään, kuinka paljon resurssia mahtuu yhdelle lohkolle, että tekeminen on järkevää. Urakoitsijoiden kanssa sisävaiheaikataulua on sovitettu yhteen monta kertaa. Aikataulujen hyväksyntä on tullut työmaakokousten kautta, pöytäkirjan liitteenä.

Last planneria ja tahtiaikataulua ei ole käytetty. Tahtiaikataulua ei koettu soveltuvaksi. Työmaahenkilöstö mietti, miten Last Planneria voisi käyttää käytössä olevilla järjestelmillä, mutta heidän mielestään menetelmä ei soveltunut tälle hankkeelle.

4.5.2 Fluent Plannerin käyttöönotto projektissa

Aluksi mietittiin, miten sisävaihetta aletaan seuraamaan. TATE-urakoitsija oli käyttänyt Fluent Planneria jo aikaisemmin ja hänen myötävaikutuksesta ohjelma tuli käyttöön projektille. Tocomanilla tehty sisävaiheen aikataulu vietiin Fluent Planneriin, jossa on janamuotoinen viikkonäkymä. Tocomanin aikataulussa on paljon rivejä, eikä aikataulua saatu havainnolliseksi aliurakoitsijoita varten Planetissa. Fluent Planner on havainnollinen esitystavaltaan. Urakoitsijat pystyivät kommentoimaan Fluent Plannerissa ja päivittämään edistymistä. He olisivat pystyneet myös siirtämään janoja, mutta työnjohto ei antanut tähän lupaa. Edistymisprosentti päivitettiin janoihin ja aliurakoitsijat pystyivät seuraamaan kaikkien edistymistä ohjelmassa.

4.5.3 Aikataulun valvonta ja ohjaus Fluent Plannerilla

Aikataulua seurattiin viikoittain Fluent Plannerin kanssa isolla joukolla ja joka toinen viikko tärkeimpien urakoitsijoiden kanssa omissa palavereissa, joissa kirjattiin tilannetta ja lyötiin lyhyen tähtäimen valmistumispäiviä lukkoon. Talotekniikka-, putki-, IV-, sähkö-, väliseinä-, maalari- ja alakattotyönjohtajat sekä logistiikkahenkilö olivat joka kokouksessa. Esimerkiksi laatoittajan ja mattourakoitsijan työnjohtajan tilalla oli Lujatalon kyseisistä urakoista vastaavat työnjohtajat kokouksessa. Merkittävimpien urakoitsijoiden kanssa pidettiin 2 viikon välein yksilöity aikataulupalaveri, jossa urakoitsijan asiat käytiin läpi.

Toteutumaprosenttia kirjattiin viikoittain. TATE-urakoitsijoiden janat olivat pitkiä, joten toteutumaprosentin havainnollisuus oli niissä hankalaa. Prosenttien kirjaaminen väheni hankkeen loppua kohden. Loppuvaiheessa ennen luovutusta pilkottiin TATE:n janaa pie-

nemmiksi kokonaisuuksiksi. Viimeiset puoli vuotta 4:lle seuraavalle viikolle pyrittiin määrittämään tarkempia tehtäviä. Kerran viikossa oli erillinen aikataulupalaveri, jossa kaikki työnjohtajat ja aliurakoitsijat olivat paikalla. Aliurakoitsijat kirjasivat 100 prosenttiin tehdyksi Fluent Plannerissa. Urakoitsijat kokivat vaikeaksi laittaa 100% jos oli pieniäkin puutteita. Sisävaihetta seurattiin Fluent Plannerilla viikoittain.

Kun aikataulusta jäätiin, lisättiin resursseja ja käännettiin tehtävien järjestyksiä. Kohde valmistui kuukauden myöhässä. Yksi urakoitsija jäi jälkeen tahdistaen muut työt. Lopulta Fluent Plannerin aikataulu ei palvellut enää ketään. Tämän jälkeen muutettiin aikataulua tilaajan luvalla ja päivitettiin Fluent Planneriin tilanteen mukainen aikataulu.

Projektilla ei osattu vielä hyödyntää ohjelman kaikkia ominaisuuksia, koska se oli lähes kaikille uusi. Jos työntekijäpuolta olisi saanut käyttämään Fluent Planneria aktiivisemmin, olisi aikataulun voinut saada tarkemmaksi. Ohjelmaa käytettiin lähinnä palavereissa vastaavan työnjohtajan mukaan. Kaikki pitäisi sitouttaa ohjelman käyttöön.

Yhteistyö ohjelman edustajien kanssa oli hyvää. Ensin pidettiin tuotantoinsinöörille oma koulutus ja yleinen tämän jälkeen. Alkuun oli säännöllinen palaveri (2 viikon tai kuukauden välein) tuotantoinsinöörin ja kouluttajan välillä kysymyksien esittämistä varten. 965 riviä piti kohdistaa erikseen urakoitsijoille, työntekijöille ja työnjohdolle, mikä oli työlästä, mutta nyt on tullut päivitys ohjelmaan: pystyy ryhmäkohdistamaan.

Toteutumalle ei ole tehty jälkilaskentaa. Toteutumatieto tallentuu lähinnä mukana olleiden omalle kovalevylle tai muistin varaan eli tässä ei ole virallista prosessia. Kustannuksien jälkilaskentaa tehdään.

4.5.4 Kehityskohteet ja -ideat

Joku Fluent Plannerin kaltainen järjestelmä olisi hyvä olla. Siihen pääsi kaikki urakoitsijat kiinni internet-selaimen kautta. Lujatalolla ei ollut omaa järjestelmää, jossa olisi saanut havainnollista esitystä toteutumasta. Itseopiskelu ei välttämättä ole tehokkain tapa opiskella ohjelmaa. Lujatalolla voisi olla jokin järjestelmä valmiina, ei olisi hankintaprosessia eikä tulisi alueille kustannuksia hankkimisesta. Resurssit työmaalla on oltava riittävät aikataulujen parissa työskentelyyn ja työnjako pitää olla selkeä. Työmaalle voisi sopia pelisäännöt, milloin tehtävä voidaan kirjata 100 %:iin tehdyksi, koska moni koki vaikeaksi laittaa 100 %, jos oli vähänkin puutteita.

Työmaahenkilöstö tekisi aikataulut uudestaankin janalla, paitsi osa näkee vinoviivankin hyötyjä töiden törmäyksien havaitsemiseksi. Vinoviivassa näkee, missä vaiheessa pitää

vähentää tai suurentaa työryhmän kokoa. Vinoviiva-aikataulu muodostuu toki Tocomanissa itsestäänkin jana-aikataulun perusteella.

Tekla Structuresissa 4D-aikatauluesitys oli vaikeakäyttöinen. Työmaa pitää kyseenalaisena, tuoko 4D:n käyttäminen lisäarvoa. TATE-urakoitsija haluaisi, että urakoitsijat voisivat muokata aikatauluja 3-viikkoistasolla, jotta aikataulut vastaisivat paremmin todellista tilannetta ja omia töitä voisi suunnitella paremmin suhteessa toisten töihin 3-viikkoistasolla, pitämällä kuitenkin yleisaikataulusta kiinni.

4.5.5 Yhteenveto

Aikataulun laadinta (ohjelmat ja esitystavat, aikataulutyypit, ketkä laatineet): Tocomanin janamuodossa on yleisaikataulu sekä vaiheaikatauluja. Vaiheaikataulut on tehty elementtiasennuksista, sisävaiheesta ja luovutuksesta. Fluent Plannerissa on sisävaiheaikataulu valvonnan välineenä.

Urakoitsijoiden mukanaolo laadintavaiheessa: Urakoitsija on tehnyt elementtiasennuksesta aikataulun. TATE-urakoitsija on sovittanut oman aikataulunsa. Sisävaiheaikataulua on sovitettu yhdessä aliurakoitsijoiden kanssa.

Lohkojako: Sisävaiheessa on 16 lohkoa IV-koneiden vaikutusalueiden mukaan. Runkovaiheessa käytetään eri lohkojakoa.

Mistä menekki- ja määrätieto saatu: Aikataulut on tehty urakoitsijoiden saatavissa olevilla resursseilla.

Last Planner tai tahtiaikataulu: Nämä eivät olleet käytössä. Työmaa ei kokenut soveltuviksi yrityksen käytössä olevilla järjestelmillä.

iTWO ja tietomallien käyttö: On tietomallinnettu, mutta iTWO ei ollut käytössä.

Aikataulun tunnuslukujen käyttö: Tunnuslukuja ei käytetty.

Aikataulun toteutumatiedon ja kustannuksien jälkilaskenta: Kustannuksista tehdään jälkilaskenta.

Aikataulutiedonsiirto osapuolten ja ohjelmien välillä: Urakoitsijoille poimittiin sisävaiheesta jokaiselle oma lohkoittainen aikataulu ja välitettiin urakkasopimuksen liitteenä. Lisäksi aikataulupalaverit ja Fluent Planner ovat tiedonkulun ja aikataulun valvonnan välineinä.

Aikataulun valvonnan aikavälit ja menetelmät: Viikoittain pidettiin palaveri. Osalle urakoitsijoista pidettiin yksilöity palaveri joka toinen viikko.

Miten poikkeamiin reagoidaan: Sisävaiheesta on tehty uusi ajantasainen aikataulu jälkeen jäämisen takia. Resursseja on lisätty ja tehtävien järjestyksiä muutettu.

Erityispiirteet: Fluent Planner oli käytössä ja se koettiin hyödylliseksi apuvälineeksi.

4.6 Kohde 4, haastattelu 2

Haastattelu toteutettiin kesäkuussa 2022. Haastateltavana on TATE-urakoitsijan työnjohtaja, jonka vastuualueena on IV ja rakennusautomaatio. Kyseisellä yrityksellä on hankkeessa TATE-urakka ilman sähköjä. Saman yrityksen toinen työnjohtaja vastasi putkiurakasta.

Aikataulu oli haasteellinen. Ensimmäisen version mukaan luovutus oli maaliskuun lopussa 2022, mikä olisi ollut sopivan kireä aikataulu. Myöhemmin selvisi, että rakennuksen pitää olla vuoden 2021 loppuun mennessä valmis. Urakoitsija teki itse aikataulunsa Lujatalolta saamaansa rakennusvaiheaikatauluun sovittaen Planet–ohjelmalla. Toimintakokeita pidettiin lopulta vastaanoton jälkeen, koska hankkeen valmistuminen myöhästyi.

Tuntimäärät saatiin laskennasta ja määrät massalistan mukaan. Massalista tuli urakoitsijalle muualta. Aikataulujen yhteensovittaminen on aina haastavaa nykyisten aikataulujen kanssa. P1-vaatimus kohteessa on aiheuttanut omat haasteensa. Hänen mielestä ohjelma on hyvä ison työmaan aikataulun hallintaan. Urakoitsijoilla olisi pitänyt olla hänen mielestään enemmän käyttövaltuuksia ohjelmassa.

Urakoitsija olisi halunnut itse siirtää aikataulujanoja 3-viikkoissuunnittelun tapaan, eli täsmentää, mitä milloinkin tapahtuu. Tästä olisi voinut olla apua TATE:n omassa työnjohtamisessa. Lisäksi palaveriin mentäessä aikataulu olisi ollut paremmin ajantasainen. Koulutukset olivat hankkeella puutteelliset. Ohjelma on kuitenkin käyttökelpoinen ja siitä on aliurakoitsijalla hyvät kokemukset aikaisemmalta työmaalta. Hankkeella aikataulunhallintaan olisi voinut panostaa enemmän. Into ohjelman käyttöön loppui monella aliurakoitsijalla kesken. Tuotantoinsinööri täytti tietoa aikataulupalaverissa, mutta työmaan todellinen tilanne ei selvinnyt kokouksissa. Loppuvaiheessa ohjelmaan sai jo lisätä omia janoja, mutta monelta se jäi tekemättä perehdytyksien puutteessa.

Ohjelmaan saattoi päivittää tietoa samalla kun oli työmaalla kierroksella. Pienemmällä työmaalla aikataulun hallinta hoituu hyvin perinteisinkin menetelmin, mutta isolla helpottaa varmasti. Kun aikataulua voisi itse muokata 3-viikkoistasolla, näkisi toistenkin ajantasaisen tilanteen ja voisi sen mukaan sovittaa omia töitä paremmin suhteessa muiden töihin.

4.7 Kohde 5

Kohde 5 on Tampereella sijaitseva asuinkerrostalohanke, jonka rakennusaika on 9/2021–2/2024. Hankkeeseen kuuluu kerrostalo ja parkkihalli. Kerrostalon toteutusmuoto on perustajaurakka ja parkkihallin KVR. Haastattelu on pidetty huhtikuussa 2022 ja haastateltavat ovat:

-vastaava työnjohtaja (kokemusta rakennusalalta n. 20 v.)

-projektipäällikkö (kokemusta yli 10 v.)

-työpäällikkö (3 vuotta työpäällikkönä, kokemusta 14 vuotta)

-työnjohtaja (runko, kokemusta 40 v.)

-työnjohtaja (kokemusta alle 10 v.)

-tuotantoinsinööri (kokemusta alle 10 v.).

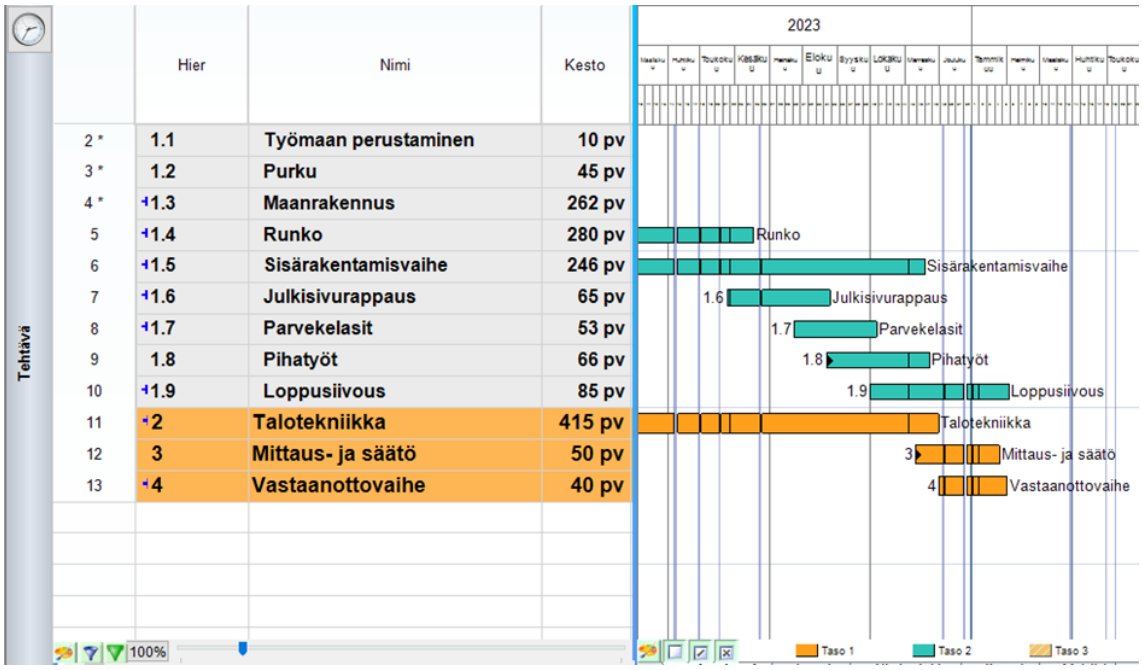
Parkkihalli toteutetaan kiinteistökehityshankkeena toisen yhtiön kanssa. Kohde on iTWO:ssa laskettu ja tietomallit ovat käytössä. Tuotantoaikataulut on laadittu Tocomanilla jana- ja vinoviivamuotoja käyttäen ja Excelissä paikka-aikakaaviona. 3-viikoisaikataulut laaditaan Excelillä.

Kuva 29. *Kohteen 5 arkkitehtimalli.*

4.7.1 Aikataulun laadinta

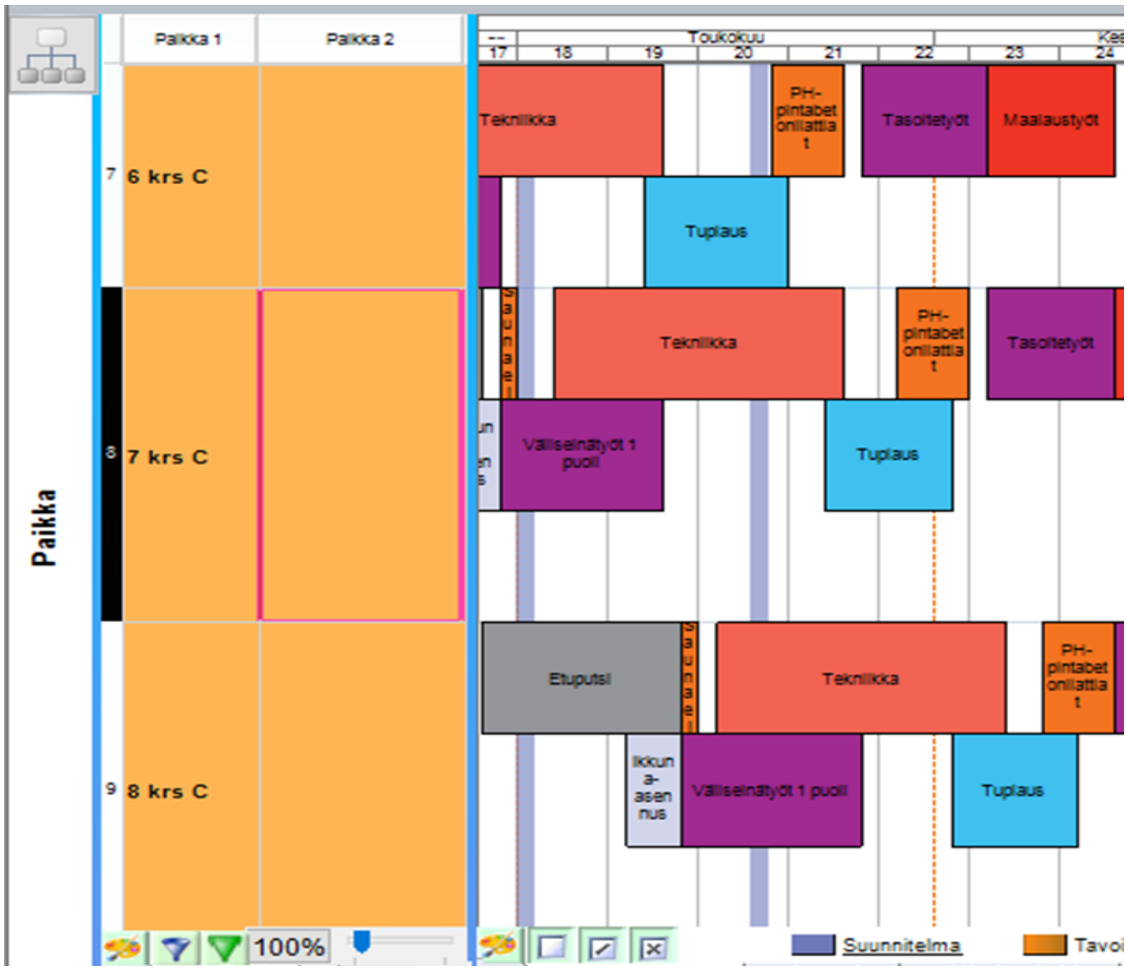
Hankekehitysvaiheessa on tehty karkea yleisaikataulu työpäällikön toimesta. Yleisaikataulun on tehnyt vastaava työnjohtaja. Muut aikataulut ovat maanrakennus-, runkovaihe-, elementtiasennus-, luovutus-, 3-viikkois-, hankinta-, suunnitelma- ja asukasmuutosaikataulu sekä anturatöistä ja kellariseinistä on oma aikataulu. Yleisaikataulussa (kuva 30)

on paljon tehtävärivejä (yhteensä 669), koska hanke on iso. Tuotantoaikataulut on tehty Tocomanilla ja hankinta-aikataulut Excelillä. Yleisaikataulu on tarkkasisältöinen ja sisältää talotekniikan. Yleisaikataulu on tehty janamuodossa, josta se on muokattu paikka-aikakaavioon. Hanke on haastatteluhetkellä perinteistä aikataulutusta eli tahtituotanto ja Last Planner eivät ole käytössä. Tahtiaikataulu on kuitenkin tullut haastattelua myöhemmin käyttöön hankkeella aikataulun kirimisen keinona. Tahtiaikataulu on Excelissä ja Tocomanissa (kuva 31) paikka-aikakaaviona.



Kuva 30. *Kohteen 5 yleisaikataulun päänimikkeet Tocomanissa. Sinisillä merkeillä merkittyjen otsikkojen alta löytyy alatehtäviä.*

Yleisaikataulu on tehty työpäällikön tekemän raakaversion pohjalta. Ratu-korteista on haettu tietoa ja kokemuksesta myös. Käynnissä olevia työmaita on myös hyödynnetty aikataulun toteutumatiedon lähteinä. Aikatauluja ovat tehneet pääasiassa vastaava työnjohtaja ja tuotantoinsinööri. Työnjohtajatkin osallistuvat ideoimiseen. Urakoitsijat eivät ole olleet mukana tekemässä aikatauluja, mutta ovat pääosin hyväksyneet aikataulut. Aikataulut on tallennettu Pro3:een ja hankinta-aikataulu on kohdetiedostossa.



Kuva 31. *Ote kohteen 5 tahtiaikataulusta Tocomanissa.*

4.7.2 Aikataulun valvonta ja ohjaus

Hankkeella pidetään seuraavia kokouksia:

-urakoitsijapalaveri joka viikko, ja siellä on kaikki aliurakoitsijat

-työmaakokous, jossa ovat suunnittelijat, pääurakoitsija ja tilaaja

-kerran kuukaudessa seurantapalaveri, jonka työpäällikkö pitää työmaahenkilöstölle

-mestaripalaveri on kerran kuukaudessa.

Tocomaniin täytetään toteutumaprosenttia Lujatalon työnjohdon toimesta. Aliurakoitsijat näkevät aikataulun urakoitsijapalavereissa ja saavat sen kokouspöytäkirjan liitteenä. Aikataulu on välitetty heille urakkasopimusten liitteenä. Aikatauluun liittyviä tunnuslukuja on tarkoitus käyttää projektin ennustamiseen, mutta ei aikataulun hallintaan. Töissä jou-

dutaan kirimään, koska maanrakennus on viivästynyt. Tilaajan kanssa on vain valmistumispäivä sovittu, joten yhdessä aliurakoitsijoiden kanssa voidaan vapaammin kehittää keinoja aikataulun saavuttamiseksi. Valmistumispäivän muuttaminen on vasta äärimmäinen keino.

4.7.3 Erityispiirteitä

Pilaantunutta maata ja vanhoja betonirakenteita oli enemmän kuin arveltiin ja niiden käsittelyyn meni suunniteltua enemmän aikaa. Viikolla 16 ollaan kuukausi myöhässä. Maanrakennusurakoitsijalla ei ole minkäänlaista aikataulunhallintaa ja he antavat ristiriitaisia arvioita töiden kestosta. Sakkojakaan heille ei ole pystytty antamaan toistaiseksi, koska alkupään työt viivästyttivät heidän aloitustaan. Projektipäällikön mielestä kuitenkin voisi käyttää, kunhan asetetaan välitavoitteet.

Maanrakennusurakoitsija ei ole noudattanut työjärjestystä. Viemäreiden siirrot ovat tekemättä, vaikka piti vuoden 2021 puolella tehdä. Maanrakennukselle piti olla yksi lohko, mutta nyt sitä on jouduttu lohkomaan, jotta päästäisiin liikkeelle runkotöissä.

Maanrakentajan sopimuksissa on eri aikataulu kuin se, mikä nyt on käytössä. Ennen sopimusta on tehty uusi aikataulu, muttei ole onnistuttu liittämään sitä sopimukseen. Tästä syystä on ihan urakoitsijasta kiinni, mitä vauhtia heidän työnsä etenevät.

4.7.4 Kehityskohteet ja -ideat

Täytyy terävöittää hankintavaihetta tarjouspyyntöineen ja sopimuksineen ja miettiä, mitä sinne kirjataan. On mietittävä, miten näitä valmistellaan.

Tällä hankkeella saadaan rungolla ehkä vähän tiivistettyä, mutta varsinkin seuraavia työvaiheita pitää tiivistää. Sisätyövaiheet ovat vielä hankkimatta. Ne pitää tahdistaa uudestaan. Varsinkin väliseinävaiheesta otetaan välykset pois. Otetaan siitä väliseinä-, putki-, sähkö- ja ilmaurakoitsijoilta kaikki välykset pois. Ei anneta väliseinäurakoitsijalle koko kerrosta vaan päästetään muutkin jo aikaisemmin töihin.

Maanrakennuksesta ei ole pyynnöt tulleet aina aliurakoitsijaketjun kautta Lujatalon työnjohdolle asti, ja sitä kautta on hävitty. Keskusteluyhteyttä yritetään rakentaa, että aliurakoitsijat uskaltaisivat ottaa yhteyttä, jos jokin työ ei onnistu. Aliurakoitsijan aliurakoitsijat eivät välttämättä osallistu urakoitsijapalavereihin, eivätkä tule käymään aamuisin työmaatoimistollakaan, vaikka pyydetty on.

4.7.5 Yhteenveto

Aikataulun laadinta (ohjelmat ja esitystavat, aikataulutyypit, ketkä laatineet): Yleis- ja vaiheaikataulut ovat Tocomanissa janamuodossa. Yleisaikataulussa on TATE mukana. Vaiheaikataulut on tehty maanrakennuksesta, rungosta ja elementtiasennuksesta. Tahtiaikataulu on laadittu Excelillä. 3-viikkoisaikataulutusta tehdään säännöllisesti. Vastaava työnjohtaja ja tuotantoinsinööri ovat laatineet aikatauluja yhteistyössä.

Urakoitsijoiden mukanaolo laadintavaiheessa: Urakoitsijat eivät ole pääsääntöisesti laatineet aikatauluja.

Lohkojako: Hankkeella on 3 lohkoa rappujen mukaan.

Mistä menekki- ja määrätieto saatu: Menekkitietoa on haettu RATU-tietokannoista ja toisilta Lujatalon työmailta. Osa on kokemusperäistä tietoa.

Last Planner tai tahtiaikataulu: Last Planner ja tahtiaikataulu eivät ole käytössä haastatteluhetkellä, mutta tahtiaikataulu on otettu käyttöön myöhemmin.

iTWO ja tietomallien käyttö: iTWO ja tietomallit ovat käytössä.

Aikataulun tunnuslukujen käyttö: Aikataulun tunnuslukuja on tarkoitus käyttää projektin ennustamiseen.

Aikataulutiedonsiirto osapuolten ja ohjelmien välillä: Aikataulut ovat Pro3:ssa ja urakoitsijat näkevät aikataulun kokouksissa. Aikataulu on lisäksi urakoitsijasopimusten ja kokouspöytäkirjojen liitteinä.

Aikataulun valvonnan aikavälit ja menetelmät: Urakoitsijapalaveri on kerran viikossa ja siellä on aikataulu esillä. 3-viikkoissuunnittelua tehdään.

Miten poikkeamiin reagoidaan: Aikatauluja on päivitetty ja sisävaiheesta tehdään tahtiaikataulu alkuperäisistä suunnitelmista poiketen.

Erityispiirteitä: Pilaantuneet maat viivästyttivät hankeen alkuvaihetta ja maanrakennuksessa on aikatauluongelmia.

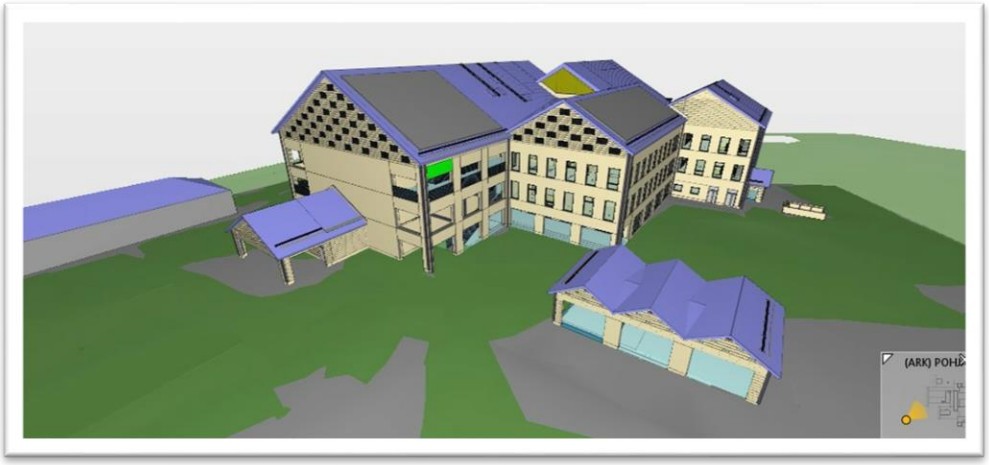
4.8 Kohde 6, haastattelu 1

Uudellamaalla rakennettava hanke on monitoimirakennus, johon rakennetaan tilat lukion, musiikkiopiston, kuvataidekoulun ja kansalaisopiston käyttöön. Kohteen rakennusaika on 8/2021–5/2023 ja toteutusmuotona on kilpailu-urakka. Haastattelu on pidetty huhtikuussa 2022. Haastateltavat ovat:

-vastaava työnjohtaja (14 vuotta rakennusalalla, nykyisessä tehtävässä 5-6 vuotta)

-tuotantoinsinööri.

Hankkeella käytetään tietomalleja. Tahtituotanto, iTWO ja Last Planner eivät ole käytössä. Tuotantoaikataulut on laadittu Tocomanilla vinoviivamuodossa. Runkovaiheen aikataulussa käytettiin myös Synchro Pro:ta ja 3-viikkoisaikataulut tehdään Excelillä.



Kuva 32. *Kohteen 6 arkkitehtimalli.*

4.8.1 Aikataulun laadinta

Toukokuussa 2021 tehtiin kiinteähintainen urakkasopimus tilaajan kanssa, ja työmaa pääsi alkamaan elokuussa 2021. Aloitus oli nopea ja elementtejä oli huomattavan vaikea saada. Muitakin materiaalihaasteita oli alussa. Rakenneratkaisuja on muutettu puuosienkin osalta saatavuuden takia. Aikataulu on iso prioriteetti tilaajalla.

Tarjousvaiheen alustava yleisaikataulu on työpäällikön tekemä. Siinä vaiheessa huomattiin, että aikataulu on kireä ja saatiin tilaajalta pari kuukautta lisää. Alussa ostettiin määräluettelo hankkeesta. Alussa voisi jo pyytää määräluettelon lohkoittain, vaikka lohkoja-

koa ei ole usein mietittynä alkuvaiheessa. Aikataulua on jouduttu pari kertaa järjestelemään uusiksi. Betonielementtejä on vaihdettu paikallavaluihin ja muitakin muutoksia on tullut rakenteisiin.

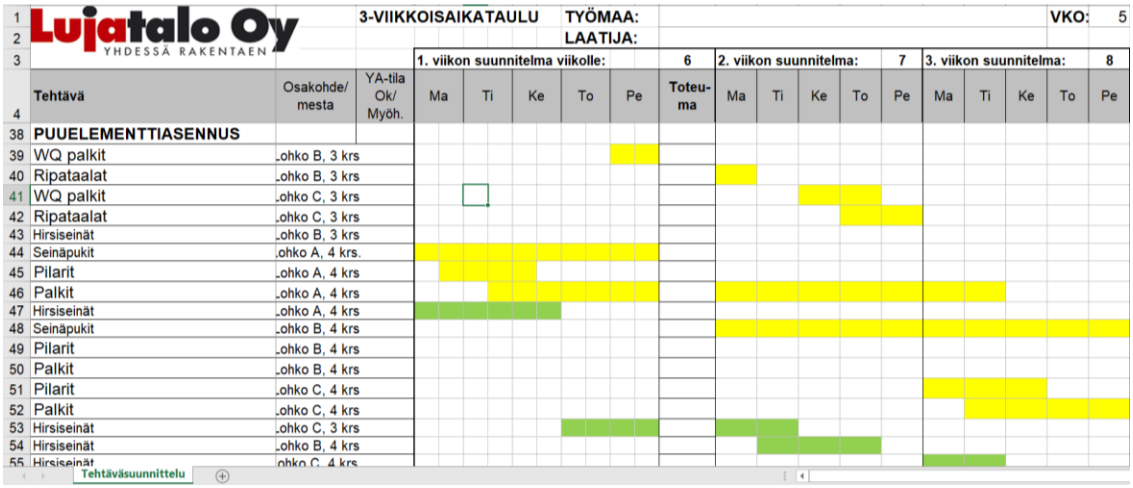
Yleisaikataulu on tehty vastaavan työnjohtajan toimesta Tocomanilla. Kaikki Tocomanilla tehdyt aikataulut on tehty paikka-aikakaavioon. Yleisaikataulu hyväksyttiin tilaajalla ja asetettiin välitavoitteet. Tocomanin aikatauluohjelma on melko samanlainen kuin Planet. Vaiheaikatauluja on tehty perustuksista, rungosta, vesikatosta, sisävalmistuksesta ja luovutuksesta on myös tarkoitus tehdä. Yleisaikataulu on tehty sillä tarkkuudella, että vaiheaikataulut saa lähes suoraan siitä. Excelillä tehtävät 3-viikkoisaikataulut tehdään perustuen yleisaikatauluun tai kyseessä olevaan vaiheaikatauluun. Määrät on laskettu suunnitelmista yleisaikataulua varten lohkoittain. Hyvän yleisaikataulun tekemiseen menee tällaisessa hankkeessa ainakin 1,5 kuukautta.

Talotekniikka ja hirsitoimittaja olivat tekemässä yleisaikataulua yhteistyössä Lujatalon kanssa. Hirsitoimittaja toimitti itse aikataulunsa, jonka sisältöä on hyödynnetty pitkälti käytettävän aikataulun laadinnassa. Rakenneratkaisujen ja –materiaalien sekä toimittajien suuri määrä on aiheuttanut omat haasteensa aikataulun laadinnassa. Runko tehdään sääsuojan alla. Sääsuojan siirtäminen menee erilailla kuin aikataulun laatija on ajatellut, ja se on aiheuttanut myös omat hankaluutensa.

4.8.2 Aikataulun valvonta ja ohjaus

Yleisaikataulussa on välitavoitteet ilman sakkoja ja aikataulu on aliurakoitsijoiden sopimusten liitteenä. Seuranta tehdään yleisaikatauluun janamuodossa, koska paikka-aikakaaviossa se näkyy huonosti. Seurantaa tehdään viikkopalavereihin ja seurantatilanne lähetetään tilaajille kuukausittain. Urakoitsijapalavereissa käydään aikataulutilanne läpi.

Katkopalaveri on kerran kuukaudessa. Siinä katsotaan aikataulu, hankintojen tilanne, työturvallisuus ja kustannukset. 3-viikkoisaikataulussa (kuva 33) on päiväkohtainen suunnitelma, jossa verrataan suunnitelmaa yleisaikatauluun tai kyseiseen vaiheaikatauluun. Excelissä ruksitaan aloitukset ja lopetukset.



	Lujatalo Oy YHDESSÄ RAKENTAEN		3-VIIKKOISAIKATAULU	TYÖMAA:															VKO:	5
				LAATIJA:																
				1. viikon suunnitelma viikolle:					6	2. viikon suunnitelma:					7	3. viikon suunnitelma:				8
	Tehtävä	Osakohde/ mesta	YA-tila Ok/ Myöh.	Ma	Ti	Ke	To	Pe	Toteu-ma	Ma	Ti	Ke	To	Pe	Ma	Ti	Ke	To	Pe
38	PUUELEMENTTIASENNUS																		
39	WQ palkit	ohko B, 3 krs																	
40	Ripataalat	ohko B, 3 krs																	
41	WQ palkit	ohko C, 3 krs																	
42	Ripataalat	ohko C, 3 krs																	
43	Hirsiseinät	ohko B, 3 krs																	
44	Seinäpukit	ohko A, 4 krs.																	
45	Pilarit	ohko A, 4 krs																	
46	Palkit	ohko A, 4 krs																	
47	Hirsiseinät	ohko A, 4 krs																	
48	Seinäpukit	ohko B, 4 krs																	
49	Pilarit	ohko B, 4 krs																	
50	Palkit	ohko B, 4 krs																	
51	Pilarit	ohko C, 4 krs																	
52	Palkit	ohko C, 4 krs																	
53	Hirsiseinät	ohko C, 3 krs																	
54	Hirsiseinät	ohko B, 4 krs																	
55	Hirsiseinät	ohko C, 4 krs																	

Tehtäväsuunnittelu

Kuva 33. *Ote kohteen 3-viikkoisaikataulusta. Värikoodeissa vihreä=hyvä, keltainen=neutraali ja punainen=huono. Sarakkeet ”Työryhmä/urakoitsija” ja ”Syy poikkeamaan 1. viikon tavoitteesta” poistettu näkyvistä.*

Urakoitsijapalavereissa käydään aikataulutilanne läpi. Lujatalon työnjohtajat tekevät 3-viikkoisaikataulut ja käyvät ne kyseisen urakoitsijan kanssa läpi. Vastaava työnjohtaja yhdistää ne yhdeksi 3-viikkoisaikatauluksi ja jakaa pöytäkirjan liitteenä. Joka viikko tehdään 3 viikkoa eteenpäin.

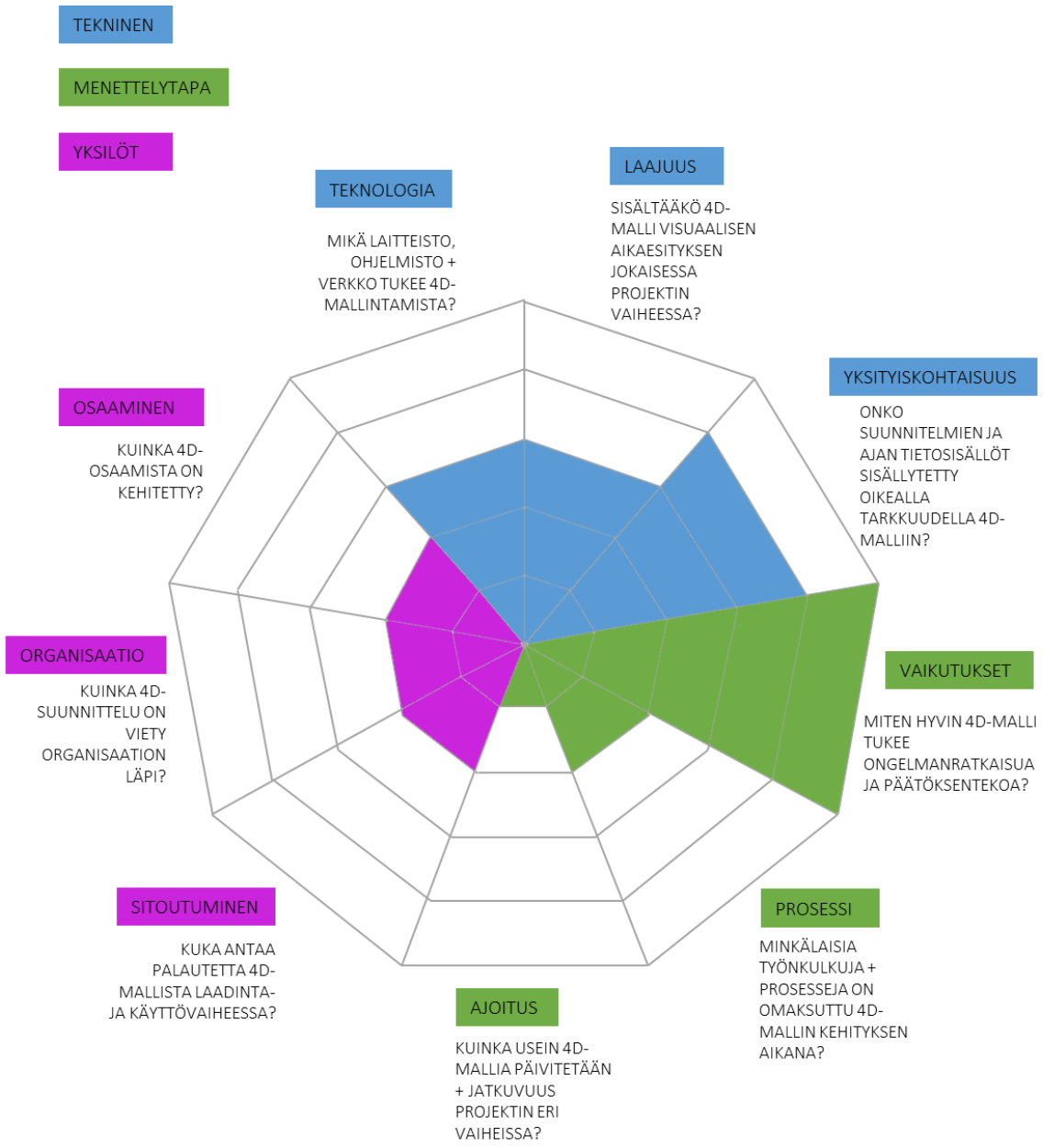
Aikataulussa on haastatteluhetkellä viivettä rungossa, joka myöhästyy noin 2 viikkoa. Hirsitoimittajalla on 2 hirsiasennusryhmää suunnitellun 1 sijaan. Vesikaton puutöihin, joka on iso työvaihe, on otettu lisää resurssia kirimiseksi. Sääsuoja on kuitenkin mahdollistanut sisävaiheen aloittamisen suunniteltua aiemmin yhdellä lohkolla.

4.8.3 Synchro Pro ja 4D-aikataulun käyttö projektissa

4D-mallinnusta käytettiin hankkeessa runkovaiheessa ja se toteutettiin Synchro Pro –ohjelmalla. Alussa ohjelma toimi hyvänä apuvälineenä runkotyön johtajalle. Sen kautta saatiin ongelmakohtia esille ja asennusjärjestyksiä muutettiin. 4D:n seuranta eli toteutumatiedon kirjaaminen pitäisi saada tehtyä työmaalla. Tällä hankkeella se jäi tekemättä muun muassa siksi, koska ohjelman lisenssisopimukset olivat puutteelliset. Seurannan päivitykset olisivat vaatineet yhteydenottoa ohjelman toimittajaan ja aikataulun uudelleen muokkaaminen oli haastavaa. 4D-malli ei ollut aliurakoitsijoiden nähtävillä.

4D-aikataulun kypsyystasot hankkeella on arvioitu kuvassa 34. Lisätietoa arviointimenetelmästä on kappaleessa 3.4.4. Kypsyystasot ovat, alkaen matriisin keskeltä, satunnainen / ad hoc, määritelty, johdettu, integroitu ja optimoitu. Teknisessä näkökulmassa kypsyystasot vaihtelevat johdetun ja integroidun välillä. Menettelytapojen näkökulmassa

kypsyystasot vaihtelevat satunnaisen ja optimoidun välillä. Yksilöiden toiminnan osa-alue on arvioitu tasolle määritelty.



Kuva 34. *4D-aikataulun kypsyystasojen arviointimatriisi kohteella 6. Arviointi on tehty tutkijan, kohdeyrityksen digitaalisen rakentamisen johtajan ja kohdeyrityksen ohjelmistoasiantuntijan kanssa yhteistyössä. Vrt. kappaleet 3.4.4 ja 4.12.3.*

4D-mallin mahdollisesta käyttämisestä sisätyövaiheen aikana keskusteltiin haastattelussa. Vastaavan työnjohtajan mukaan 4D-mallissa pitää olla kaikki päätyövaiheet. Malli voisi auttaa talotekniikan tahdistuksessa. 4D-aikataulun laadinta on kuitenkin aloitettava huomattavasti ennen töiden aloitusta. Tällä työmaalla ei ehdi enää kunnolla. Jollakin alkavalla työmaalla voisi tehdä ja aikataulu tehtäisiin suoraan 4D-aikatauluohjelmaan. 4D-

aikataulu on hyödyllinen aikataulun laadinnassa mm. asennusjärjestyksen ja asennettavien alueiden riippuvuuksien hahmottamisessa. Seurannassa se ei luo lisää dataa haastateltavan mielestä kuin ainoastaan visuaalisuuden osalta.

4.8.4 Erityispiirteet

Logistiikka on haasteellista, koska on niin paljon toimittajia. Tavara on välivarastossa keskimäärin viikon. Ja hyvin paljon etukäteen joudutaan tilaamaan tavaroita. Toimituksissa on kova työ saada ne toimimaan niin, että tavara on silloin kun tarvitaan. Vesikaton puutyöt on suuri ja monimuotoinen työ.

Sääsuoja on hyvin tahdistava työvaihe: puutyöt tehdään sääsuojan alla, mikä on kirjattu sopimuksiin. Suunnitelmat ovat olleet koko ajan melko valmiina, koska hanke yritettiin rakennuttaa alun perin 2 vuotta aikaisemmin. Suunnittelijat suunnittelevat kaiken tietomalliin ja suunnitelmat tulevat tietomallista. Tietomallista otetaan mittoja ja määriä tehtäväsuunnitelmia varten.

4.8.5 Kehityskohteet ja -ideat

Toimittajat pitää sitoa aikatauluun ja vielä parempi jos saadaan heidät mukaan laatimaan. Asetetaan heille sakolliset välitavoitteet. Mallipohjainen kehitys etenee, mikä on hyvä. Aikataulukin olisi hyvä olla siellä. Hyvän yleisaikataulun tekemiseen menee 2 kuukautta. Turhasta määrälaskennasta voisi päästä eroon, jos tilataan määräluettelot lohkoittain. Niitä ei vain ole usein mietittynä siinä vaiheessa hanketta. iTWO:ssa pystytään laskemaan määrät lohkoittain ja määräjakoa voidaan muuttaa myöhemminkin. 3-viikkoisaikataulutus voitaisiin korvata jollakin paremmalla menetelmällä. Tahtituotanto ja prosessien standardisointi ovat hyviä tavoitteita, sekä muutosvastaisuuden selättäminen. 4D-aikataulu olisi hyvä talotekniikassa, jos se on hyvin tehty (TATE-urakoitsijan mielipide).

4.8.6 Yhteenveto

Aikataulun laadinta (ohjelmat ja esitystavat, aikataulutyypit, ketkä laatineet): Yleis- ja vaiheaikataulut ovat Tocomanissa vinoviivamuodossa. Runkovaiheaikataulu on Synchro Pro:ssa. Vaiheaikataulut ovat: perustukset, runko, vesikatto, sisävalmistus ja luovutus. 3-viikkoisaikataulutusta tehdään työnjohtajien ja vastaavan työnjohtajan toimesta. Vastaava työnjohtaja on laatinut tuotantoaikataulut.

Urakoitsijoiden mukanaolo laadintavaiheessa: TATE ja hirsitoimittaja ovat osallistuneet aikataulujen laadintaan.

Lohkojako: Hanke toteutetaan 6 lohkossa.

Mistä menekki- ja määrätieto saatu: Määrät on tilattu määrälaskentatoimistosta ja määrät on laskettu myöhemmin suunnitelmista lohkoittain.

Last Planner tai tahtiaikataulu: Last Planner ja tahtiaikataulu eivät ole käytössä.

iTWO ja tietomallien käyttö: iTWO ei ole käytössä, tietomallit ovat käytössä. Suunnittelijat suunnittelevat kaiken tietomalliin ja suunnitelmat tulevat tietomallista. Tietomallista otetaan mittoja ja määriä tehtäväsuunnitelmia varten. TATE on hakenut mallista korkotietoja.

Aikataulutiedonsiirto osapuolten ja ohjelmien välillä: Sopimusten liitteenä ja kokousten pöytäkirjan liitteenä. Excelillä tehtävät 3-viikkoisaikataulut tehdään perustuen yleisaikatauluun tai kyseessä olevaan vaiheaikatauluun.

Aikataulun valvonnan aikavälit ja menetelmät: Tilaajalle lähetetään kerran kuukaudessa toteutumatieto. 3-viikkoissuunnittelua tehdään joka viikko.

Miten poikkeamiin reagoidaan: Resursseja on lisätty. Paikallavaluja on tehty elementtien sijaan ja materiaalien saatavuus on aiheuttanut muutoksia rakenneratkaisuihin.

Erityispiirteitä: Kyseessä on monikkorakenne, jossa on puuta, betonia ja terästä. Toimittajia on paljon. Yleisaikataulua ei ole päivitetty aliurakoitsijahaastattelun ajankohtana, vaikka siitä ollaan huomattavasti jäljessä.

4.9 Kohde 6, haastattelu 2

Kohteen työmaalta on haastateltu TATE-urakoitsijaa, jolla on hankkeessa LVIS-urakka. Haastattelu pidettiin kesäkuussa 2022. Haastatteluun osallistuivat:

-LV projektipäällikkö

-IV työnjohtaja.

TATE:n henkilöt ovat vastaavan työnjohtajan kanssa tehneet TATE:n aikataulun. IV-, putki- ja sähköpuolelta on ollut henkilöt tekemässä aikataulua. Aikataulutehtävä kerrallaan on katsottu, paljonko aikaa tarvitaan, ja kommenttikierros käyty. Suunnitelmat olivat hyvin valmiita koko ajan. Suunnitelmia käytiin läpi laadintaa varten. Työryhmän määritys on täysin kokemuspohjaista urakoitsijalla. Nyt kesäkuussa enää kolmiviikkoisaikataulua käytetään. Yleisaikataulu on aika kaukana todellisesta tilanteesta. Tavaratoimitukset

ovat pitkiä ja varastointi on tilaa vievää työmaalla. Tavarat pitää tilata paljonkin ennakkoon, eivätkä toimitusajat ole olleet pitäviä. Resurssisuunnittelua on vaikea tehdä pelkän 3-viikkoissuunnittelun perusteella. Yleisaikataulu pitäisi ehdottomasti päivittää. Jos yleisaikataulu olisi päivitetty, olisi 3-viikkoissuunnittelukin oletettavasti helpompaa, eikä välttämättä tarvitsisi joka viikko kokoustaa aikataulusta. Aikataulun päivitys on tehtävä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa: heti kun tiedetään, ettei se pidä paikkaansa.

Käytättekö tietomalleja? -Tietomallit eivät ole aina paikkansa pitäviä. Jos käytetään niin pitäisi kaikkien käyttää ja paikkansa pitävyydestä huolehtia. Korkotietoja on mallista otettu, suunnitelmissa ei korkotietoja olekaan. 4D-aikataulu olisi hyödyllinen talotekniikassa, jos se on hyvin tehty.

4.10 Kohde 7

Kohde 7 on Lujatalon perustajaurakkahanke, joka sisältää kaksi 8-kerroksista asuinkerrostaloa sekä pysäköintihallin. Kohde sijaitsee Espoossa ja sen rakennusaika on 3/2021–3/2023. Haastattelu pidettiin toukokuussa 2022. Haastateltavana on tuotantoinsinööri, jolla on 6 vuotta työkokemusta tuotantoinsinöörin tehtävistä.

Tontilla on ennestään ollut liiketila, joka purettiin. Perustajaurakointisopimuksissa on valmistumisaikaikkuna eli valmistumista pystyy viivyttämään muutamalla kuukaudella. Tahtiaikataulua ja Last Planneria ei ole käytetty työmaalla. Tuotantoaikataulut on tehty Tocoman aikataululla janamuodossa. iTWO:ssa on myös aikataulu laadittuna.

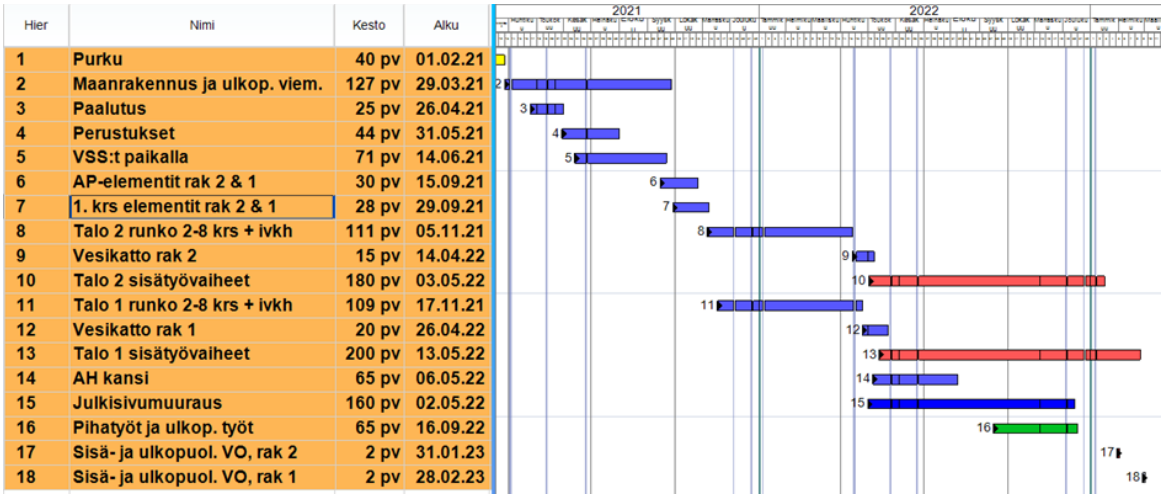
Kuva 35. *Kohteen 7 arkkitehtimalli.*

4.10.1 Aikataulun laadinta

Tässä hankkeessa on laadittu yleisaikataulu sekä useita rakentamisvaiheaikatauluja. Julkisivutyöt ja parkkihallin työt on aikataulutettu ensimmäisenä, koska julkisivuihin liittyy

paikallavalettavan parkkihallin päältä tehtävät työt. Yleisaikataulu on laadittu myöhemmin ja se on karkeatasoinen (18 nimikettä, ks. kuva 36). Yleisaikataulun laadinnassa on käytetty vanhaa hanketta pohjana ja käytetty lohkojako on talojen mukaan. Kaikki tuotantoaikataulut on laadittu Tocomanilla. Laaditut rakentamisvaiheaikataulut ovat:

- perustukset ja väestönsuoja
- runko
- valulohko 1&2 parkkihalli
- vesikatto
- julkisivutyöt ja parkkihallin työt
- sisävaihe.



Hier	Nimi	Kesto	Alku
1	Purku	40 pv	01.02.21
2	Maanrakennus ja ulkop. viem.	127 pv	29.03.21
3	Paalutus	25 pv	26.04.21
4	Perustukset	44 pv	31.05.21
5	VSS:t paikalla	71 pv	14.06.21
6	AP-elementit rak 2 & 1	30 pv	15.09.21
7	1. krs elementit rak 2 & 1	28 pv	29.09.21
8	Talo 2 runko 2-8 krs + ivkh	111 pv	05.11.21
9	Vesikatto rak 2	15 pv	14.04.22
10	Talo 2 sisätyövaiheet	180 pv	03.05.22
11	Talo 1 runko 2-8 krs + ivkh	109 pv	17.11.21
12	Vesikatto rak 1	20 pv	26.04.22
13	Talo 1 sisätyövaiheet	200 pv	13.05.22
14	AH kansi	65 pv	06.05.22
15	Julkisivumuuraus	160 pv	02.05.22
16	Pihatyöt ja ulkop. työt	65 pv	16.09.22
17	Sisä- ja ulkopuol. VO, rak 2	2 pv	31.01.23
18	Sisä- ja ulkopuol. VO, rak 1	2 pv	28.02.23

Kuva 36. *Kohteen 7 yleisaikataulu on Tocomanilla tehty.*

Yleisaikataulussa työvaiheet on esitetty yksinkertaistetusti. Esimerkiksi sisätyövaihe on vain yhtenä janana siellä. Urakoitsijoilta on alustavasti kyselty tehtävien kestoja, mutta laadintavaiheessa urakoitsijoita ei ollut montaa tiedossa. Yleisaikataulu on aliurakkasopimuksissa ja se on lähetetty urakoitsijoille sähköpostin liitteenä. Yleisaikataulu ja sisävaiheaikataululuonnos on lähetetty LVI- ja sähköurakoitsijoille, jotka ovat omat aikataulunsa laatineet. Näitä on lopullisen sisävaiheaikataulun laatimiseen hyödynnetty. Sisävaiheen aikataulusta tehtiin ensin raakaversio, jota on jalostettu tarkemmaksi.

Tutkijan huomio: Sisävaiheen työt on aloitettu ensiksi talossa, jossa sisävaihe on lyhyin (kuva 36, rivi 10). Tässä ei tosin ole suurta eroa, mutta Hossin säännön (vrt. kappale 3.1.3) mukaan pitäisi aloittaa siinä, missä se on pisin. Talon 1 sisätyövaihe kestää 200 päivää ja jos se aloitettaisiin talon 2 sisätyövaiheiden paikalla, voitaisiin koko hankkeen

aikataulua lyhentää 10 päivällä. Joko asiaa ei ole pidetty prioriteettina tai sitten alkuvaiheen työjärjestykset tai tuotantotavat ovat vaikuttaneet valittuun ratkaisuun.

Aikatauluissa kestot on mitoitettu edellisten työmaiden kokemukseen perustuen ainakin seuraavissa työvaiheissa: elementtiasennus, käännetyn vesikaton rakenteet, väliseinä, tasoitus ja maalaus. Aikataulujen laadinnassa on ollut mukana työpäällikkö, vastaava työnjohtaja ja tuotantoinsinööri. Sisätyövaiheessa on osa töistä esitetty kerroksen tarkkuudella.

Parkkihallin kannen päälliset työt kuten julkisivumaalaukset, pellitykset, levyseinät ym. tehdään suoja-asvaltin päältä nostimella. Näiden jälkeen vasta päästään kannen päällisiin pihatöihin. Aliurakoitsijoiden työnjohtajille lähetetään aikataulut laadinnan jälkeen. Pelivarat sisältyvät janan sisälle, mutta tuotantoinsinööri ei näyttäisi asiaa juuri ajatelleen (vrt. kuva 4, s. 10).

4.10.2 iTWO:n ja tietomallien käyttö hankkeessa

iTWO (kuva 37) on käytössä ja siellä näkyvät myös PR 8–9 (=työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset), suunnittelukustannukset ja maksuerätaulukko. iTWO:ta lähdettiin pilottina tekemään hankkeen jo alettua. Alkuvaihe mentiin vanhalla järjestelmällä. iTWO:n seuranta-aikataulua tuotantoinsinööri näkisi hyväksi tehdä yksityiskohtaisemmin jatkossa. Tuotantoinsinööri päivittää iTWO:hon toteutumatiedon kuukausittain katkopalaverin yhteydessä. iTWO:n 4D-ominaisuus ei ole käytössä. Tietomalleja ei ole käytetty aikataulusuunnittelussa. Tietomallia on käytetty putkien risteilytarkasteluihin ja mittojen ottamiseen.

Koodi	Kuvaus	Alku	Kesto [pv]	Loppu	Valmiusprose...
1	Kustannus-/yleisaikataulu	1.2.2021	528,00	28.2.2023	29,07
001	Purku	1.2.2021	40,00	26.3.2021	100,00
002	Maanrakennus ja ulkop. viem.	29.3.2021	127,00	27.9.2021	75,00
003	Paalutus	26.4.2021	25,00	31.5.2021	100,00
004	Perustukset	31.5.2021	29,00	9.7.2021	89,16
005	VSS:t paikalla	10.6.2021	41,00	6.8.2021	95,39
006	AP-elementit rak 2 & 1	2.8.2021	21,00	30.8.2021	100,00
007	Talo 2 ja 1 runko 1-8 krs + ivkh	16.8.2021	133,00	21.2.2022	50,22
008	Vesikatto rak 1 ja 2	24.1.2022	42,00	22.3.2022	0,00
009	Talo 2 ja 1 sisätyövaiheet	31.1.2022	234,00	30.12.2022	0,00
010	AH kansi	1.3.2022	65,00	2.6.2022	0,00
011	AH lattia	23.5.2022	27,00	30.6.2022	0,00
012	Julkisivumuuraus, saumaus, pellitys ja parvekekaiteet	1.3.2022	181,00	14.11.2022	0,00
013	Pihatyöt ja ulkop. työt	1.9.2022	65,00	30.11.2022	0,00
014	Sisäpuol. ja ulkopuol. VO	31.1.2023	2,00	1.2.2023	0,00
015	LVIAS-työt	2.8.2021	382,00	31.1.2023	8,00
016	PR 8 kustannukset	31.3.2021	466,00	31.1.2023	37,00
017	PR 9 kustannukset	31.3.2021	466,00	31.1.2023	21,00
018	Suunnittelu	31.3.2021	466,00	31.1.2023	78,00
019	Maksuerätaulukot	12.4.2021	480,00	28.2.2023	0,00

Kuva 37. *Ote hankkeen 7 iTWO-aikataulusta. Janat on poistettu kuvasta sekä määrä-, yksikkö-, kriittisyyden valinta ja keston laskennan tyyppi –sarakkeet.*

4.10.3 Aikataulun valvonta ja ohjaus

Aikataulussa on pääosin pysytty tehtävien kestojen osalta. Elementtitehtaalla oli kuukauden pysähdys koronaviruksen takia kesällä 2021. Väestönsuojan valun jälkeen oli työmaallakin noin kuukauden seisaus elementtitehtaan takia. Alkuperäiseen aikatauluun ollaan kuukausi myöhässä. Aikataulu on muutettu vastaamaan nykyistä tilannetta. Runkotyövaiheen toteutuman kirjaaminen on tehty aikatauluun. Sisävaiheessa on tarkoitus aloittaa tasoitusvaiheessa kirjaaminen. Yleisaikataulussa sisätyövaihe on vain yhtenä janana ja siellä sen valmiusastetta on vaikea arvioida.

Aikatauluvinjetti ei ole käytössä. Kahvihuoneen seinällä on 2-viikkois aikataulu, mihin isompia tapahtumia merkitään, ja jota päivitetään säännöllisesti. Työnjohtajaa ohjataan toteutuman kirjaamiseen, mutta tuotantoinsinööri tarkastaa parin viikon välein ja täydentää työmaapäiväkirjan mukaan aloitukset ja lopetukset. Näin saadaan kestoista tietoa, jota voidaan hyödyntää muissa kerroksissa. Aliurakoitsija ilmoittaa työvaiheilmoituksissa työntekijävahvuuden kuukausittain. Työmaapäiväkirjaan kerätään tietoa päiväkohtaisesti.

Aikataulun viikkopalavereita ei ole pidetty työmaalla. Vain joitakin on pidetty koronakauden jälkeen. Urakoitsijapalavereita ei ole pidetty säännöllisesti. Näissä kirjataan monesti jo sovittuja asioita. Asentajienkin kanssa keskustellaan aikataulusta. Työmaapalaverit pidetään kerran kuukaudessa, minne aliurakoitsijat tekevät työvaiheilmoituksen. Työnjohtajat pitävät omista töistään aikataulua.

Tasoitetyöt on iso työvaihe, jonka jälkeen viikoittaisia palavereita on pidetty aikaisemmilla työmailla. Aliurakoitsijat ilmoittavat työnvaiheilmoituksissa toteutumaansa. Jälkilaskentatietoa kirjataan litteroille kuukausitasolla. Jos jäädään jälkeen aikataulusta,

-neuvotellaan aliurakoitsijan nokkamiehen kanssa tarvittavista toimenpiteistä

-lähetetään reklamaatio urakoitsijalle

-käytetään sakollisia välitavoitteita.

4.10.4 Kehityskohteet ja -ideat

Haastateltavan mielestä tahtiaikataulun ja Last Plannerin ollessa käytössä tarvittaisiin enemmän työnjohtoa, kun samaan aikaan olisi enemmän töitä käynnissä. Tahtituotannolla saataisiin tehostettua jonkin verran, mutta sisävaiheessa on nytkin limitykset työvaiheiden välillä. Last Plannerin käyttämiseen työmaita kannustetaan. Tuotantoinsinööri näkee, että työmäärä lisääntyisi, eikä siksi onnistuisi. Tarvitaan aliurakoitsijat mukaan tekemiseen. Last Planner voidaan ottaa käyttöön vaiheittain. Aliurakoitsijat eivät noudata kaikkia sopimustenmukaisia työnjohtovelvoitteitaan nykyisellään asuntotyömailla pääkaupunkiseudulla. Epäilys on siitä, hoitaisivatko he Last Planneriakaan kunnolla. Aliurakoitsijat eivät tee viikkotasoista aikataulusuunnitteluakaan.

Auditointikriteeristössä vaaditaan aikatauluseurantaa ja vaatimuksia, mutta kaikella siellä olevalla ei ole käytännön merkitystä. Esimerkiksi kaikista yleisaikatauluun merkityistä työvaiheista on tehtävä resurssisuunnitelma. Tuotantoinsinöörin mielestä tämä kuuluu aliurakoitsijan tehtäviin.

4.10.5 Yhteenveto

Aikataulun laadinta (ohjelmat ja esitystavat, aikataulutyypit, ketkä laatineet): Tocoman janassa ovat yleisaikataulu (18 tehtäväriviä) sekä vaiheaikataulut. iTWO:ssa on kustannusaikataulu, jossa 19 tehtäväriviä.

Urakoitsijoiden mukanaolo laadintavaiheessa: LVI ja sähkö ovat olleet laatimassa.

Lohkojako: Lohkojako on talojen mukaan.

Mistä menekki- ja määrätieto saatu: Menekkitieto on kokemusperäistä.

Last Planner tai tahtiaikataulu: Nämä eivät ole käytössä. Työmaalla on mielikuva, että nämä menetelmät vaativat enemmän henkilöstöresursseja.

iTWO ja tietomallien käyttö: iTWO ja tietomallit ovat käytössä.

Aikataulun toteutumatiedon ja kustannuksien jälkilaskenta: Kestoja kirjataan ylös ainakin hankkeen sisäistä käyttöä varten aikatauluohjelmaan ja työmaapäiväkirjaan. Kuukausitasolla kirjataan jälkilaskentatietoa litteroille.

Aikataulutiedonsiirto osapuolten ja ohjelmien välillä: Laadinnan jälkeen aikataulut on lähetetty sähköpostilla aliurakoitsijoille. Aliurakoitsijat ilmoittavat työnvaiheilmoituksissa toteutumatietonsa.

Aikataulun valvonnan aikavälit ja menetelmät: Asentajien kanssa keskustellaan ja kerran kuukaudessa pidetään työmaapalaveri. Aikataulu- ja urakoitsijapalavereita ei ole pidetty säännöllisesti. Viikoittaiset palaverit on pidetty tavallisesti vasta tasoitusvaiheen jälkeen.

Miten poikkeamiin reagoidaan: Yleisaikataulu on päivitetty vastaamaan nykyistä tilannetta. Jos jäädään jälkeen aikataulusta, neuvotellaan ja tarvittaessa lähetetään reklamaatio. Sakolliset välitavoitteet ovat käytössä.

Erityispiirteitä: Yleisaikataulutiedostossa Tocomanissa ovat vain päänimikkeet.

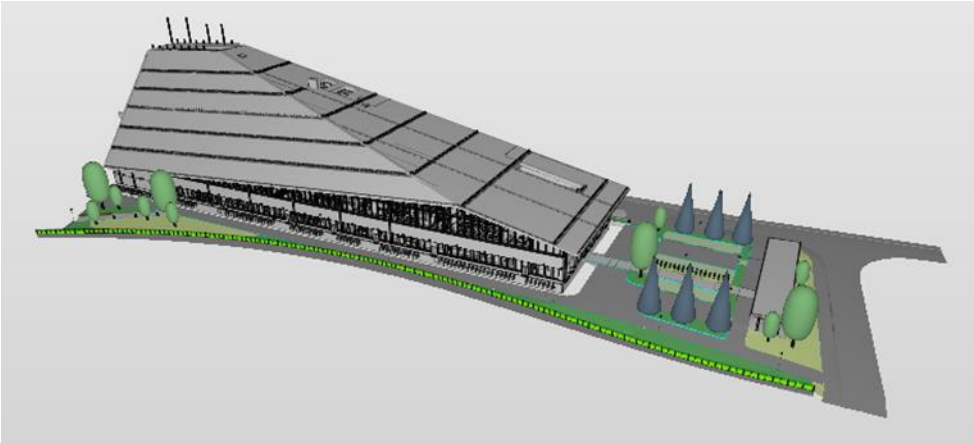
4.11 Kohde 8

Kohde 8 on oppilaitosrakennus Kaakkois-Suomessa. Hankkeen rakennusaika on 9/2021–10/2023 ja toteutusmuotona tavoitehintainen jaettu urakka. Kerroksia on 6 ja bruttoala on 17300 m2. Hankkeen yleisaikataulu on laadittu Tocoman aikataululla janamuodossa. Fluent Planneria käytetään sisävaiheen aikataulun valvonnassa. Hanke on erityislaatuinen muun muassa siksi, koska siinä on paikalla valettu runko. iTWO ei ole käytössä. Haastattelu on pidetty toukokuussa 2022 ja haastateltavat ovat:

-vastaava työnjohtaja (valmistunut 1988, nykyisessä tehtävässä 2006 asti)

-tuotantoinsinööri (rakennusalalla 12 vuotta)

-tuotantoinsinööri



Kuva 38. *Kohteen 8 arkkitehtimalli.*

4.11.1 Aikataulun laadinta

Alustavaa yleisaikataulua lähdettiin tekemään tyhjältä pohjalta. Ensimmäisen kerroksen rakenteita rakennetaan haastatteluhetkellä. Rakentaminen on jouduttu aloittamaan rakennuksen matalasta päästä toisin kuin piti, koska kalliota on jouduttu injektoimaan, ja tämä on viivästyttänyt rakentamisen aloitusta. Rakennusaikaa on saatu lisää viivästyksen verran, mutta enemmänkin olisi ehkä kannattanut pyytää rakentamisjärjestyksien muutoksien takia.

Runkourakoitsijalta saatiin aikataulu, joka on lähes sellaisenaan sisällytetty yleisaikatauluun. TATE-urakoitsijat ja teräsrakenneurakoitsija ovat tehneet aikataulujansa yhteistyössä Lujatalon kanssa. Aikatauluja laatineet urakoitsijat ovat toimittaneet aikataulunsa pääasiassa Planetilla tai Planetista tulostettavana PDF-tiedostona, jotkut Excelillä. Hankinta-aikataulu on tehty Lujatalon valmiille Excel-pohjalle. Jana-aikataulun on oltava riittävän tarkka ja alueisiin jaettu ollakseen käyttökelpoinen. Julkisivu ja ulkoseinät tehdään kolmessa lohkossa ja sisävaihe 10 lohkossa. Tilaajan määräluettelo on pohjana. Määrätietoa on saatu myös runkourakoitsijalta ja kokonaismäärät on jaettu lohkoihin laskemalla. Vaiheaikatauluja ei ole vielä haastatteluhetkellä tehty.

Laadintaa varten on Ratu-pakista haettu T4-aikoja ja urakoitsijat ovat myös antaneet omia menekkitietoja. 3-viikkoisaikataulujen teko on aloitettu. Vanhoista urakkaneuvottelumuistioista on myös haettu tietoja. Muurarille pitää saada lohkoittain aikataulu poimittua. Sivu-urakoitsijoita on 16. Alun perin hankemuoto piti olla projektinjohto-urakka, mutta muuttui jaetuksi urakaksi.

4.11.2 Aikataulun valvonta ja ohjaus

Last Planner –menetelmä otetaan käyttöön ja Fluent Planner –aikatauluohjelma. Sisävalmistukseen ja talotekniikalle tarvittaisiin lisäaikaa ja tähän on mietitty keinoja. Sivuurakoitsijoita on 16 ja näillä on vielä omia aliurakoitsijoita, ja Lujatalolla myös on aliurakoitsijoita. Aikataulut ovat tallennettuina projektipankissa ja kohdetiedostossa. Pro3:ssa on vain lopulliset aikataulut, koska Pro3 ei tue aikataulujen muokkausta. Rakennuttaja ja sivu-urakoitsijat hyväksyvät aikataulut.

Sakolliset välitavoitteet ovat käytössä ja välitavoitteet ovat tulleet tilaajalta. Aluejohdolle raportoidaan kuukausittain. Urakoitsijapalaveri on joka viikko, mutta aikataulupalaveri on vielä erikseen joka viikko. Merkittävimpien urakoitsijoiden kanssa voitaisiin pitää 2 viikon välein yksilöity aikataulupalaveri, jossa hänen asiansa käydään läpi. Runko- ja maarakennusurakoitsijat ovat toimittaneet toteutumaansa väritetyllä pohjakuvalla.

Aliurakoitsijat täyttävät itse toteutumaprosenttejaan Fluent Plannerissa ja he pystyvät näkemään myös toisten urakoitsijoiden työt. Aikataulupoikkeamiin on reagoitu viikonlopputöillä, esim. raudoittajat joutuivat viikonlopputöihin, että saatiin maanantaille valu. Työjärjestyksiä voidaan muuttaa tarvittaessa. Rakennuttajaan ollaan oltu yhteydessä, kun maarakentaja viivästyi. Tarkoitus on tallettaa tämän mittavan hankkeen tuotanto- ja aikataulutiedot jollakin tavalla tulevia hankkeita varten.

4.11.3 Last Plannerin ja tietomallien käyttö projektissa

Last Planner otetaan käyttöön todennäköisesti seinätauluna. Tuotantoinsinööri käyttää tietomalleja yleiseen tilan ja rakennuksen hahmottamiseen ja mittojen ottamiseen. Mittamies käyttää tietomalleja päivittäin.

4.11.4 Kehityskohteet ja –ideat

Yleisaikataulua olisi voinut miettiä vieläkin suuremmalla henkilömäärällä, ja sitä, miten talotekniikka sovitetaan siihen. Laskentavaiheessa pitäisi olla aikaa tehdä laskentavaiheen aikataulu, että nähtäisiin, kannattaako hanketta tarjota.

Tocomaniin voisi saada määrätiedot tuotua sijainneittain ja niihin liittyvät kestot, mutta tässä on käsin syötetty tiedot ja ohjelmalla lähinnä piirretty janat. Laskentavaiheessa kun mietittäisiin lohkojako, niin voitaisiin tilata tai laskea määrät heti lohkoittain.

Tietomallien käyttö paranee, kun sinne saadaan aikataulutieto liitettyä. Tällöin voitaisiin toimia näin: Kun urakoitsija on syöttänyt aikatauluun, missä vaiheessa hänen työnsä on menossa, niin katsotaan, vastaako todellisuutta. Saataisiinpa aliurakoitsijat mukaan tietomallintamiseen, se on pitkä prosessi. He tuottaisivat meille tietoa, joka olisi helposti nähtävissä ja hahmotettavissa. Monesti urakoitsijat kertovat sijainneilla tai moduuleilla, missä ovat tehtäviä tehneet. Tällöin joudutaan tarkastelemaan monia kuvia, että päästään käsitykseen, missä töitä on tehty ja mitkä alueet ovat valmiita. Tietoa voisi tuottaa esimerkiksi tietomallilla tai väritetyillä 2D-kuvilla. Toteutumatieto on hajanaista. Esimerkiksi tieto siitä, että työvaiheesta 70 % on tehty ei kerro kuitenkaan, voidaanko seuraava urakoitsija päästää tekemään. Seurannankin puolella voisi tietomalli ja 4D-aikataulu auttaa: palavereissa näytettäisiin visuaalisesti, mitä on tehty, niin työnjohto ja urakoitsijat pääsevät heti käsitykseen, mistä puhutaan.

4.11.5 Yhteenveto

Aikataulun laadinta (ohjelmat ja esitystavat, aikataulutyypit, ketkä laatineet): Yleisaikataulu ja vaiheaikataulut ovat Tocomanissa janamuodossa. Yleisaikataulu sisältää 415 tehtävää. Aliurakoitsijat käyttävät Planetia. Fluent Planneria käytetään sisävalmistusvaiheessa. Hankinta-aikataulu on Excelissä.

Urakoitsijoiden mukanaolo laadintavaiheessa: Runkourakoitsija on laatinut oman aikataulunsa. TATE- ja teräsrakenneurakoitsijat ovat mukana laadinnassa.

Lohkojako: Julkisivu ja ulkoseinät tehdään kolmessa lohkossa ja sisävaihe 10 lohkossa.

Mistä menekki- ja määrätieto saatu: Tilaajan määräluettelo on pohjana. Määrätieto on saatu runkourakoitsijalta ja kokonaismäärät on jaettu lohkoihin laskemalla. RATU-tietokantaa on käytetty T4-aikojen hakemiseen ja urakoitsijat ovat antaneet omia menekkejään.

Last Planner tai tahtiaikataulu: Last Planner otetaan käyttöön todennäköisesti seinätauluna. Tahtiaikataulua ei oteta käyttöön.

iTWO ja tietomallien käyttö: iTWO ei ole käytössä, tietomallit ovat käytössä.

Aikataulun toteutumatiedon ja kustannuksien jälkilaskenta: Jollakin tavalla on tarkoitus tallettaa projektin aikataulu- ja tuotantotiedot tulevia projekteja varten.

Aikataulutiedonsiirto osapuolten ja ohjelmien välillä: Aikataulut ovat tallennettuina projektipankissa ja kohdetiedostossa. Pro3:ssa on vain lopulliset aikataulut. Runko- ja maarakennusurakoitsijat ovat toimittaneet toteutumaansa väritetyn pohjakuvan muodossa.

Aikataulun valvonnan aikavälit ja menetelmät: Aliurakoitsijat täyttävät toteutumansa Fluent Plannerissa. Urakoitsija- ja aikataulupalaverit ovat joka viikko. Yksilöityjä aikataulupalavereja aiotaan pitää keskeisille urakoitsijoille 2 viikon välein. Sakolliset välitavoitteet on asetettu ja aluejohdolle raportointi tehdään kerran kuukaudessa.

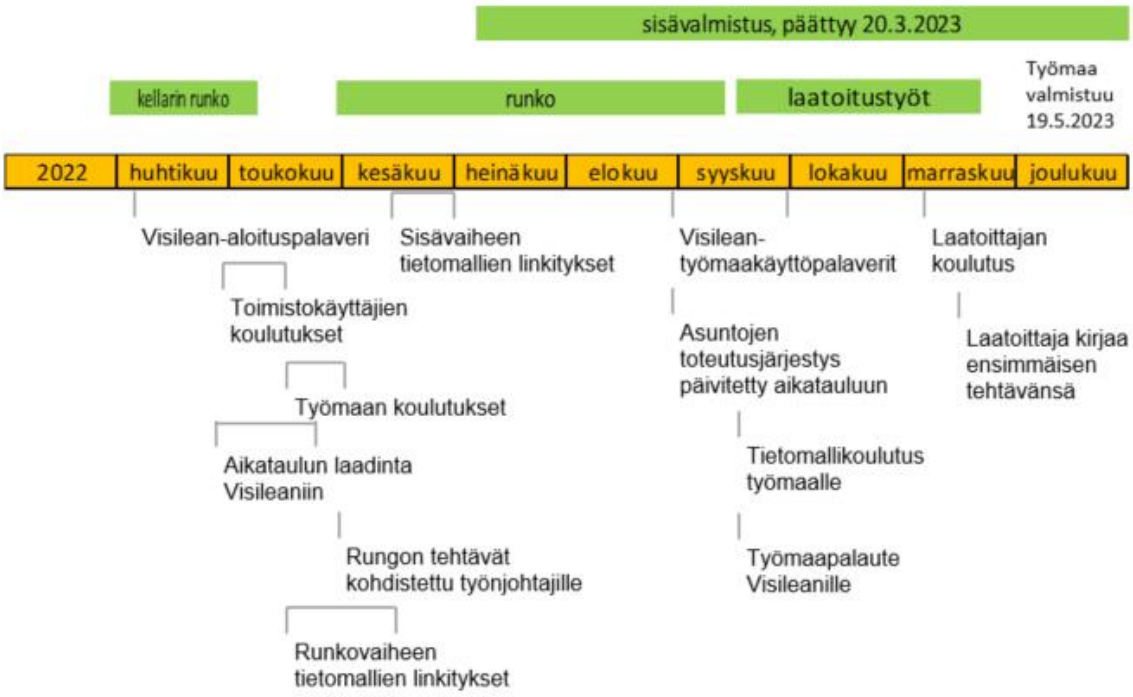
Miten poikkeamiin reagoidaan: Yleisaikataulu on päivitetty tilaajan luvalla saadun lisäajan takia. Viikonlopputöitä on tehty raudoituksissa ja työjärjestyksiä muutetaan tarvittaessa. Maanrakennuksen viivästymisestä oltiin yhteydessä rakennuttajaan.

4.12 Visilean-aikatauluohjelman käyttöönotto ja käyttö kohteessa 3.3

4.12.1 Ohjelman käyttöönotto ja aikataulun laadinta

Lujatalossa on tehty Visileanin edustajien kanssa ohjelmaan tutustuminen syksyllä 2021. Tutustumisesta saatujen kokemusten perusteella päätettiin, että kokeillaan ohjelmaa jollakin projektilla. Aliurakoitsijoiden osallistaminen aikataulutehtävien kirjauksiin on yksi keskeinen testattava ominaisuus. Tietomallit ovat myös käytettävissä Visileanissa ja 4D-aikatauluominaisuudet. Ohjelma on otettu käyttöön hankkeella 3.3, joka on 6-kerroksinen asuinkerrostalo Pirkanmaalla.

Kuvassa 39 on kuvattu Visileanin käyttöönotto- ja käyttövaiheen keskeiset tapahtumat. Alkuvaiheen koulutukset ovat olleet ajallaan ja muutenkin alkuvaiheen tapahtumat ovat olleet oikea-aikaisia ottaen huomioon, että Visileania alettiin käyttää runkovaiheesta eteen päin. Työmaan tietomallikoulutus pidettiin vasta syyskuussa, koska tämän puuttuminen havaittiin vasta elokuun lopussa palaverissa. Laatoittajan koulutus on pidetty melko myöhään, vaikka otetaankin huomioon, että laatoitustyöt ovat olleet aikajanaan verrattuna viikkoja myöhässä.



Kuva 39. *Hankkeen 3.3 keskeiset Visileaniin liittyvät tapahtumat.*

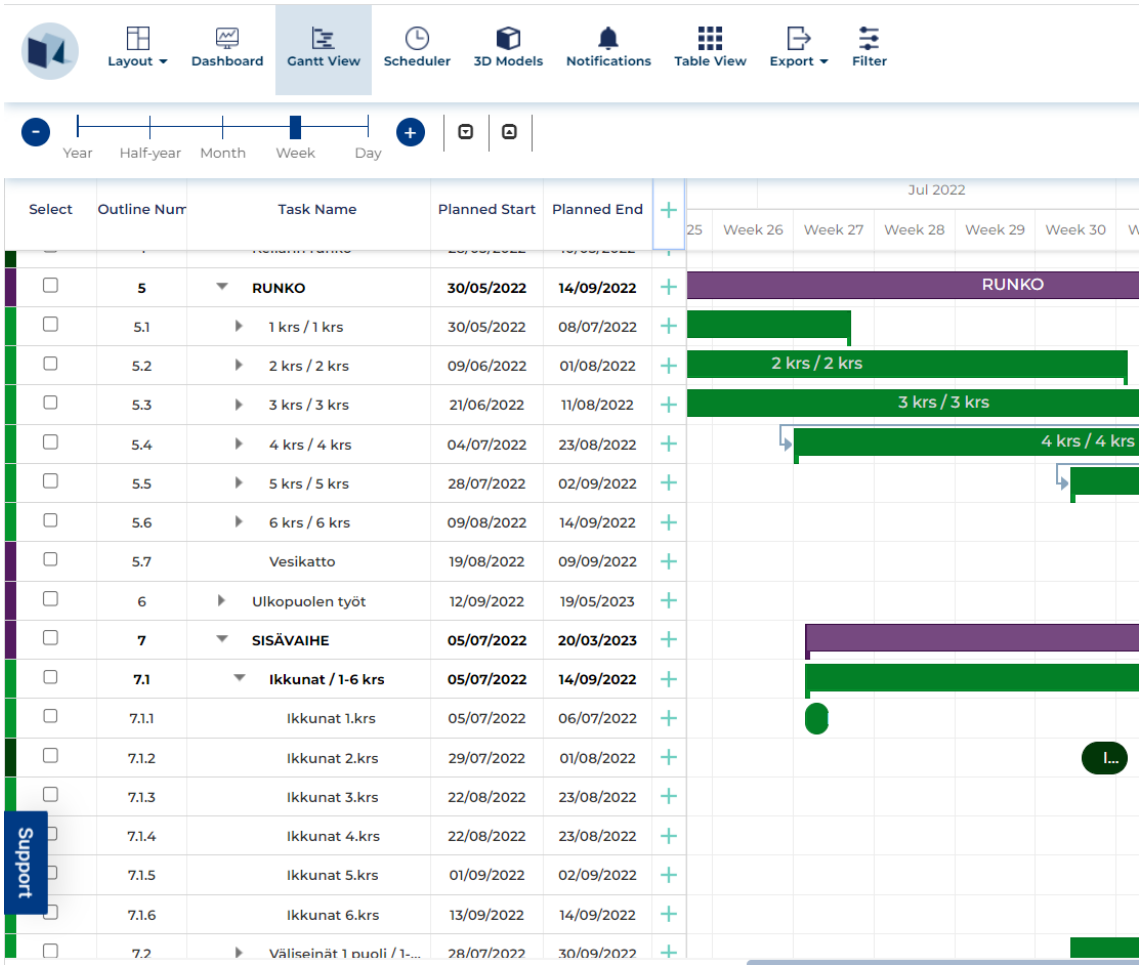
Työmaakäyttäjille on pidetty 2 saman sisältöistä koulutustilaisuutta touko–kesäkuussa ja tietomallikoulutus syyskuussa 2022. Toimistokäyttäjille on pidetty laajempi koulutus, sisältäen 4 yhden tunnin mittaista tilaisuutta, joista viimeinen koski tietomalleja ja niiden linkityksiä aikatauluun. Koulutukset ovat koskeneet sekä selainversiota että mobiiliversiota. Tämän lisäksi ohjelmistotoimittaja on pitänyt viikoittain työmaan ohjelmiston käyttöön liittyvää koulutusta siten, että käyttäjät ovat päässeet kysymään suoraan ohjelmistotoimittajan kouluttajilta ohjelmiston käyttöön liittyviä täydentäviä kysymyksiä.

Hankkeen aloituspalaveri Visileanin kanssa on pidetty huhtikuun ensimmäisellä viikolla 2022 väestönsuojan ollessa jo valmiina ja kellarin runkotöiden ollessa käynnissä (ks. kuva 39). Tämän jälkeen on testattu Visileanin edustajien kanssa aikataulutiedonsiirtoa Visileanin ja iTWO:n välillä. iTWO:sta tuotiin ensin aikataulu Visileaniin onnistuneesti, minkä jälkeen molemmissa ohjelmissa oli saman sisältöinen aikataulu tehtäväriveineen. Tarkoituksena tässä on ensin kirjata tehtävien toteutumat Visileanissa ja sitten siirtää aikataulu toteutumatietoineen iTWO:hon, niin ei tarvitsisi kirjata toteutumia molempiin ohjelmiin erikseen. Näiden kokeilujen jälkeen päätettiin, että viedään toteutumatieto kerran viikossa Visileanista iTWO:hon MS Project xml –muodossa. Lopulta Visilean-aikataulusta kuitenkin muodostui tehtäväriveiltään erilainen kuin iTWO:ssa oleva aikataulu,

joten toteutumaa on kirjattu molemmissa ohjelmissa erikseen. Visilean-aikataulu muokattiin lopulta palvelemaan ainoastaan työmaata ja työmaatehtävien toteuttamista ja valvontaa.

Tutkija on yhteistyössä kohdeyrityksen ohjelmistoasiantuntijan kanssa tehnyt aikataulun Visileaniin Excelissä (kuva 28, sivu 60) tehdyn aikataulun pohjalta. Aikataulua on alettu luoda huhtikuun 2022 lopussa. Excelissä tehty aikataulu on puolen päivän tarkkuudella tehty tahtiaikataulu ja tarkoitettu työmaan johtamisen välineeksi. iTWO:sta on tuotu päätehtävänimikkeet Visileaniin, mutta alatehtävät ja paikat on luotu manuaalisesti Visileanissa. Visileanissa aikataulutehtävät kohdistetaan jokaiselle aliurakoitsijalle ja Lujatalon työnjohtajalle, minkä jälkeen nämä voivat muokata vain omia tehtäviään.

Visileanissa aikataulu esitetään janamuodossa (kuva 40). Muitakin näkymiä on käytettävissä ja niissä voidaan luoda erilaisia näkymäsuodattimia. Runkovaiheessa päätehtävät on jaettu kerroksittain, ja alatehtävät ovat näiden alla. Sisävaiheessa jako on tehtävittäin, ja kerroskohtainen sijaintierittely on tehtävien alla. Kuvassa 41 on tarkennettu aikataulun sijaintierittelyn käyttöä.



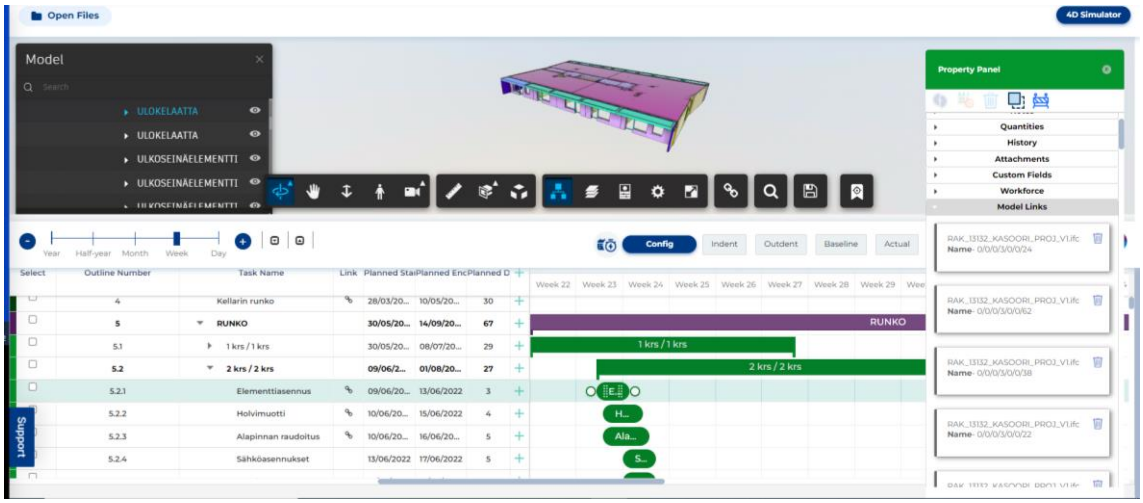
Kuva 40. *Ote hankkeen 3.3 Visilean-aikataulusta jananäkymässä.*

Tehtävien sijaintierittelyllä on merkitystä aikataulun valvonnan näkökulmasta. Jos käytetään hyvin tarkkaa erittelyä, saadaan tarkkaa tietoa työn valmiusasteesta ja työryhmän sijainnista, mutta tämä edellyttää enemmän työtä toteutumatiedon päivityksessä aikatauluohjelmaan. Jos taas käytetään karkeampaa erittelyä, ei työn sijaintipohjaisesta valmiusasteesta saada niin tarkkaa tietoa, mutta toteutumatiedon päivitys ei muodostu isoksi työksi. Toisaalta on havaittu, että selaimessa tehtävien päivittäminen on melko nopeaa ja niitä voidaan päivittää myös päätehtävätasolla niin, että esim. koko kerroksen väliseinien johdotukset voidaan yhdellä kertaa kuitata tehdyiksi. Tämä tulee kyseeseen erityisesti, jos tehtävien päivityksissä ollaan jääty jälkeen. Visilean-aikatauluun on laadittu sijaintierittelyt hankkeen tuotantoinsinöörin esittämän mukaisesti (kuva 41).

Sisätyöt	Sijaintierittely	
	Asunnot	Kerrokset
Ikkuna-asennus		x
Väliseinät 1. puoli	x	
Väliseinien johdotukset	x	
Väliseinät umpeen	x	
IV-asennus	x	
SU nousujohdot porrashuone		x
Putkihajotukset kylpyhuoneet	x	
Märkätilojen pohjat	x	
Plaano + valmistelut		x
Vesieristys ja laatoitus		x
Tasoitus		x
Maalaus		x
Vesijohtorungot	x	
Kalusteasennus		x
Laminaatti	x	
Paneelikatto	x	
Ovet & varusteet	x	
Listoitus	x	
Sähkökalustus	x	
Kodinkoneet		x

Kuva 41. *Sisävaiheen tehtävien sijaintierittely Visileanissa.*

Ohjelmassa tehtävät tietomallien linkitykset aikataulutehtäville on aloitettu toukokuussa 2022 (ks. kuva 42). Rungon tehtävät on linkitetty rakennemallin kanssa valmiiksi ennen kesäkuun puoliväliä. Runkovaiheen tehtävistä on linkitetty elementtiasennus, holvimuotti, alapinnan raudoitus, yläpinnan raudoitus, valu, holvimuotin purku, pystysauma-pumppaus ja rungon etuputsi. Sisävaiheen töitä on linkitetty arkkitehtimalliobjektien kanssa.



Kuva 42. *Visileanin tietomallinäkymä. Link-sarakkeessa on ketjun symboli, jos tehtävälle on linkitetty tietomalliobjekteja. Property panelin model links –valikossa näkyvät valitulle tehtävälle linkitetyt objektit.*

4.12.2 Aikataulun käyttö ja seuranta

Runkotyövaiheessa toteutumatiedon päivityksistä Visileanissa on huolehtinut Lujatalon oma työnjohto. Sisätyövaiheessa on tarkoitus antaa tehtävien kirjaukset aliurakoitsijoiden tehtäväksi. Odotettavissa on, että kaikki aliurakoitsijat eivät lähde kokeiluun mukaan. Marraskuun lopussa 2022 tilanne on se, että laatoittaja käyttää Visileania ja muiden tehtävien kirjauksista vastaa Lujatalon työnjohto. Laatoittaja saatiin suostuteltua käyttäjäksi sillä perusteella, että hänen tehtävänsä olivat myöhässä. Aliurakoitsijoilla on paras tieto omista töistä ja tämän takia Lujatalo pyrkii edistämään aliurakoitsijoiden käyttöä tehtävien kirjauksissa. Aliurakoitsijat voivat hyötyä käytöstä itsekin ja olla käytön myötä paremmin sitoutuneita omaan aikatauluunsa.

Viikoittaisia palavereja Visileanin käyttäjätuen kanssa on pidetty kysymyksien esittämistä ja tiedonvaihtoa varten. Joitakin lisäpalavereita on myös järjestetty tarvittaessa. Työmaata varten on joka viikko lyhyt palaveri, johon työmaalta ei kuitenkaan ole aktiivisesti osallistuttu. Näissä kokouksissa työmaata on usein edustanut toimiston tuotantoinsinööri, joka on tahtiaikataulun hankkeelle alun perin laatinut.

Työmaa on käyttänyt Visileania täyttämällä sinne tehtävien toteutumaprosentteja. Aluksi työmaa kirjasi tehtäviä aktiivisesti. Syksyllä 2022 on myöhästyneitä tehtäviä ollut Visileanissa yleisesti noin 100. Visileanissa tehtävien toteutumaprosenttilla (PPC tai TTP) kuvataan, kuinka suuri osuus kyseisellä viikolla valmistuviksi suunnitelluista tehtävistä on valmistunut kyseisellä viikolla. Tehtävien toteutumaprosentti on tarkastelujaksolla 30.5.–23.12. ollut 58 %. Luvun alhaisuuteen ovat hankkeella vaikuttaneet myöhäiset tehtävien kirjaukset ja tehtävien myöhästymiset.

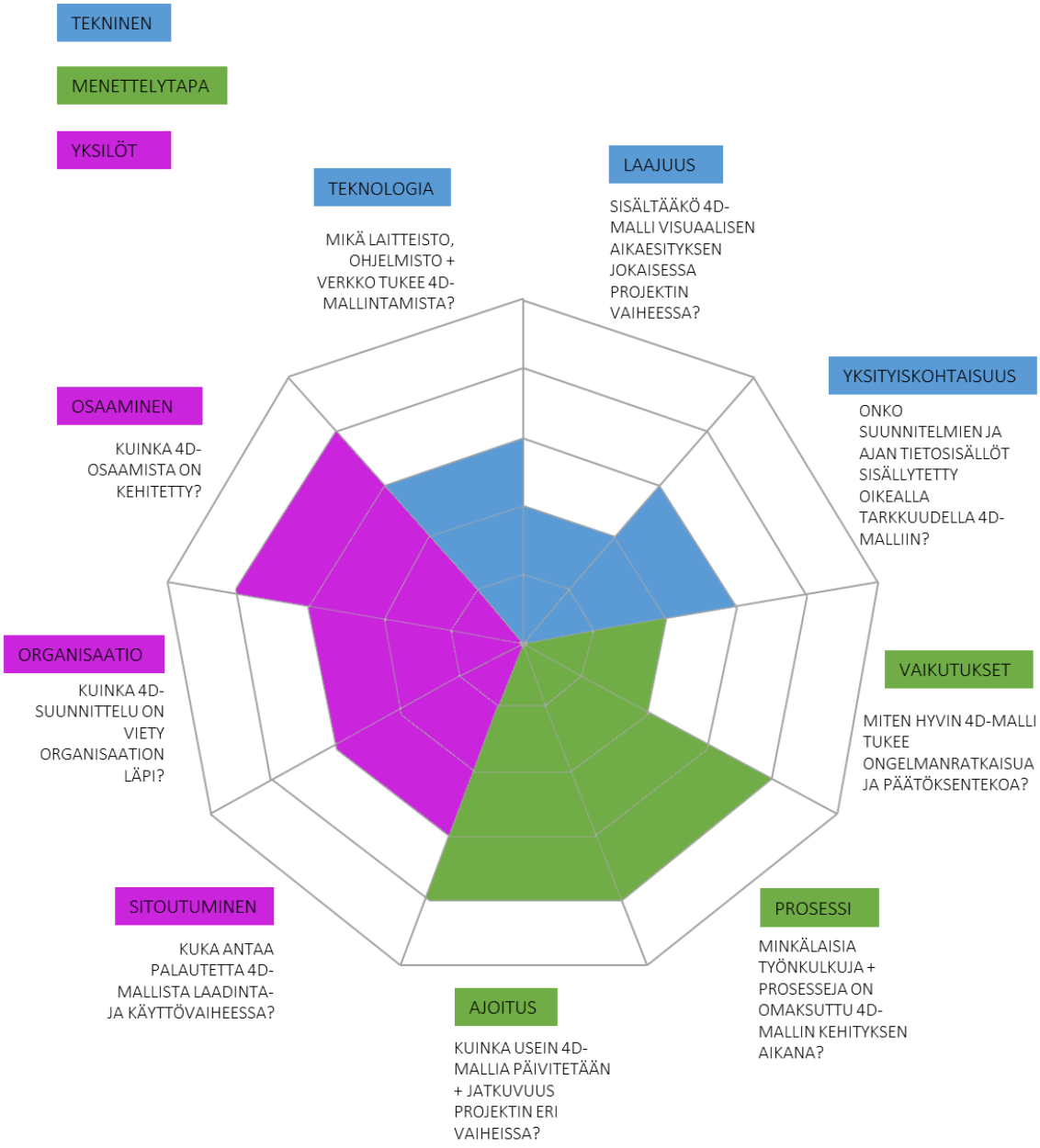
Ohjelmiston käytön palautteen keräämiseksi tutkija on pitänyt työmaalla 2 työmaakäytön palaveria (kuva 39, s. 88). Ensimmäisen haastattelun yhteydessä havaittiin, ettei työmaa ollut saanut Visileanin tietomallikoulutusta. Tietomallikoulutus päätettiin pitää. Näissä palavereissa on kysytty, miten Visileania on käytetty, ja vastaanotettu palautetta ohjelmasta. Palaute on viety Visileanille ohjelman jatkokehittämistä varten. Visileanin edustajien yhteydenpito on ollut säännöllistä ja aktiivista.

Marraskuussa yksi työnjohtajista otti tutkijaan yhteyttä ja valitti, että tehtävät ovat mobiililaitteella liian hitaita ja työläitä päivittää. Tämän johdosta pidettiin 10 minuutin Teams-puhelu, jossa käytiin läpi, miten tehtäviä päivitetään selainversiossa. Työnjohtaja näki tämän olevan nopeaa, ja aikoi selventää asiaa muillekin työmaalla.

Muutosvastarinta on uusien työtapojen äärellä usein vastassa ja se tulee voittaa yhteistyöllä positiivisessa ilmapiirissä. Havaittavaa muutosvastarintaa on ollut tehtävien kirjaamiset harvakseltaan päivittäisen kirjaamisen sijaan, tietomallikoulutuksen tarpeellisuuden kyseenalaistaminen ja passiivisuus aliurakoitsijoiden hankkimisessa Visileanin käyttäjiksi. Yksi aliurakoitsija kuitenkin saatiin mukaan, kun työnjohtoa useita kertoja kannustettiin aliurakoitsijoita mukaan pyytämään. Tehtävien kirjauksista on myös muistuteltu työmaata pitkin hanketta.

4.12.3 4D:n kypsyystasojen arviointi

Kuvassa 43 on esitetty Visilean-aikatauluohjelman kypsyystasojen arviointi kohteessa 3.3. Arvioinnin ovat laatineet tutkija, kohdeyrityksen digitaalisen rakentamisen johtaja ja kohdeyrityksen ohjelmistoasiantuntija yhteistyössä. Kypsyystasot ovat satunnainen / ad hoc, määritelty, johdettu, integroitu ja optimoitu (Swallow et al, 2021) (vrt. kappale 3.4.4). **Teknisestä näkökulmasta** kypsyystaso on määritellyn ja johdetun välissä. Ohjelmisto tukee tietomallien käyttöä, mutta toiminnallisuudet ovat osittain hankalia käyttää ja tehtävien visualisointi mallilla koettiin myös puutteelliseksi. Kaikista projektin vaiheista ei voitu tehdä riittävän yksityiskohtaista aikatauluesitystä. Tämä johtui tietomallissa olevista puutteista ja johti siihen, että kaikkia tehtäviä ei voitu kiinnittää tietomallin rakennusosille. **Menettelytapojen näkökulmasta** kypsyystaso vaihtelee määritellyn ja integroidun välillä. 4D-osaamista on kehitetty integroidulla tasolla ja se on sisältynyt pidettyihin koulutuksiin. Tietomallit ovat olleet käytettävissä ohjelmassa koko ohjelman käytön ajan ja niitä on myös tarvittaessa päivitetty.



Kuva 43. *Kohteen 3.3 4D-aikataulun kypsyystasojen arviointimatriisi. Arvioinnissa on otettu huomioon Visilean-ohjelmisto kokonaisuutena. Pelkkien 4D-asioiden perusteella arvioitaessa arvosanat olisivat heikompia.*

Yksilöiden toiminnan näkökulmasta kypsyystaso on johdetun ja integroidun välillä. Yksilöiden osaamisen kehittäminen on kytketty mukaan viikoittaiseen aikataulun seurannan toimintaan ohjelmistotoimittajan kysely- ja koulutustilaisuuksien kautta. Sitoutuminen Visileaniin on ollut johdetulla tasolla ja ohjelmasta on annettu palautetta Visileanille kehitystyötä varten. 4D-malli ei ole juuri tukenut päätöksen tekoa, siksi vaikutuksiin on arvioitu määritelty taso.

4.13 Aikataulut iTWO:ssa

Kohdeyrityksessä käytössä oleva projektinhallintajärjestelmä (iTWO) mahdollistaa katkeamattoman ja täydentyvän informaation hyödyntämisen määrälaskennasta kustannusarvioiksi ja tarjousten muodostamiseksi (laskentavaihe, tarjousvaihe), sen jälkeen tavoitearvioksi ja aikataulutehtävien muodostamiseksi (työmaan valmisteluvaihe, sopimusvaihe) ja lopulta rakennustyön taloudellisen toteutuman ennustamiseksi ja ohjaamiseksi (toteutusvaihe, työmaan aikaiset toimenpiteet). Aikataulun laadinta ja ylläpito ovat kiinteä osa ohjelman käyttöä ja aikataulu sitoo rakennuksen tavoitearvion suunnitellut rakennusosakohtaiset kustannukset ja syntyvät todelliset rakennuskustannukset toteutusaikatauluun hankkeen ohjaamista ja valvontaa varten. Kohdeyrityksessä käytössä oleva projektinhallintajärjestelmä mahdollistaa tietomallien käyttämisen hankkeen määrä- ja kustannuslaskentavaiheessa sekä rakentamisvaiheen aikataulusuunnittelussa ja -valvonnassa. Tietomalleja käytettäessä puhutaan tällöin yleisesti 4D-aikataulusta ja 5D-kustannuslaskennasta erilaisine visualisointeineen ja simulointeineen, ks. kappale 3.4.

iTWO:ssa voidaan tehdä useita erilaisia aikatauluja (tehtävämalleja). Käytettävissä ovat seuraavat:

1. perinteiset työmääriin perustuvat Ganttin kaavion (jana-aikataulu) tyyppiset yleis- ja tehtäväaikataulut
2. tietomalliin perustuvat 4D-aikataulut
3. kustannus- ja tuottoaikataulut perustuen kohtien 1 ja 2 (sis. 5D) aikataulutyyppeihin rakennushankkeen toteutuman seuraamista varten.

Kohdan 1 mukainen työmääriin perustuva aikataulu voidaan luoda tehtävittäin järjestelmässä. Tehtävien alku- ja lopetuspäivämäärät annetaan ja tehtävien kestot lasketaan automaattisesti suoritteille kirjatuista työmääristä tai syötetään manuaalisesti tehtävälle. Aikataulu voidaan muodostaa myös toisessa aikatauluohjelmassa ja se tuodaan toisesta aikatauluohjelmasta järjestelmään muokattavaksi ja täydennettäväksi. Järjestelmässä tehty aikataulu voidaan myös siirtää toiseen aikatauluohjelmistoon mm. xml-muodossa.

Kohdan 2 mukaisessa tavassa hyödynnetään tietomallia ja kohdan 1 mukaan muodostettua aikataulua. Tietomalli tuodaan projektinhallintajärjestelmään ja järjestelmässä tehdään tietomallipohjainen määrälaskenta sekä muodostetaan määräluettelo. Tämän jälkeen määräluettelon avulla yhdistetään tietomallin rakennusosat aikataulutehtäville (tehtävämalliin). Näin luotu aikataulu on käytettävissä erilaisiin aikatauluvisualisointeihin niin suunnittelun, tarjousvaiheen kuin rakentamisen aikana.

Kohdeyrityksessä järjestelmän 4D-ominaisuuksia käytetään vielä rajoitetusti. Käytön lisääminen edellyttää tietomallipohjaisen määrä- ja kustannuslaskennan lisäämistä ja siihen liittyvien toiminnallisuuksien omaksumista ja käyttöä laskentavaiheessa.

Kohdan 3 mukainen kustannus- ja/tai tuottoaikataulu muodostetaan hankkeen toteutusvaiheen kustannusten ja aikataulun toteutuman seuraamista varten. Kustannus- ja tuottoaikataulun muodostamista varten tarvitaan lähtötiedoksi tarjouksen muodostamiseen käytetty määräluettelo ja tarjouslaskelma sekä hyväksytty tarjoushinta mahdollisine maksuerätaulukkoineen. Lähtötietona olevien luetteloiden ja laskelmien avulla muodostetaan tavoitearvio. Tavoitearviossa jokainen määräluettelon määrä ja tarjouslaskelman kustannusrivi on kytketty jo hinnoitteluvaiheessa tai kytketään tässä vaiheessa seurantalitteraan rakentamisen aikana toteutuvien rakennuskustannusten ja tuottojen seuraamista varten. Seurantalitterarakenne käyttää Talo 80 -nimikkeistön tehtävänimikkeitä sovelletusti ja täydennetysti. Litteroitu määräluettelo yhdistetään manuaalisesti kohdan 1 tai 2 mukaan muodostetuille aikataulutehtäville (tehtäväpohjainen kustannus- ja tuottoaikataulu), jolloin tavoitearvion kustannukset ja tuotot kohdistuvat suunnitellusti aikataulutehtäville.

Kohdan 3 mukainen toteutuman valvontaa palveleva aikataulu voidaan myös muodostaa edellä olevasta poikkeavalla tavalla. Tällöin aikataulu muodostetaan seurantalitteroihin perustuvana kustannus- ja tuottoaikatauluna. Aikataulu tuotetaan (puoli)automaattisesti ohjelmallisesti seurantalitterarakenteesta litteranimien mukaisesti. Tämän jälkeen seurantalitteroille annetaan yleisaikataulun tai tehtäväaikataulun mukaiset aloitus- ja lopetuspäivämäärät, jolloin litteran tavoite- ja toteutumakustannukset ja tuotot kohdistuvat aikataulun mukaisesti tehtävän aikataulujaksolle. Litterapohjaisessa aikataulussa (kuva 44) saadaan jokaiselle litteralle oma aikataulutehtävä ja oma ajankohta määritettyä. Litterapohjaisen aikataulun myötä saadaan myös järjestelmän valvontamoduulissa tehtävän seurattavat määrät näkyviin. 5D-aikataulun laatiminen on litterapohjaisesti nopeampaa kuin yleis- tai tehtäväpohjaista aikataulua käytettäessä.

Koodi	Kuvaus	Alku	Kesto [pv]	Loppu	Kustannukset	Valmiusprosentti
0	RAKENNUTTAJAKUSTANNUKSET	1.9.2021	620,00	6.2.2024	1 458 250,87	47,84
09222	C122 Asukasmuutos	3.7.2023	5,00	7.7.2023	3 953,00	0,00
09225	C125 Asukasmuutos	3.7.2023	5,00	7.7.2023	33 199,60	0,00
09501	Pumppaamon pohjalaatta ja seinät	15.7.2022	15,00	4.8.2022	17 107,00	100,00
09502	VSS-kaivot	1.7.2022	22,00	1.8.2022	1 800,00	100,00
09503	Kaukolämmön ja -kylmän mitoitusmuutos	20.12.2022	1,00	20.12.2022	0,00	0,00
09600	Liiketilojen 4-6 yhdistäminen	7.9.2022	81,00	30.12.2022	0,00	0,00
1	MAA- JA POHJARAKENNUS	23.8.2021	533,00	21.9.2023	1 629 225,56	81,70
2	PERUSTUKSET JA ULKOPUOLISET RAKENTEE	16.5.2022	394,00	24.11.2023	895 387,52	84,28
3	RUNKO- JA VESIKATTORAKENTEET	16.5.2022	294,00	7.7.2023	4 071 958,45	18,73
4	TÄYDENTÄVÄT RAKENTEET	1.2.2022	453,00	7.11.2023	1 181 467,31	0,00
5	PINTARAKENTEET	3.10.2022	279,00	1.11.2023	1 502 022,54	0,00
6	KALUSTEET, VARUSTEET JA LAITTEET	20.5.2022	373,00	1.11.2023	1 048 588,05	0,00
7	KONETEKNISET TYÖT	8.8.2022	372,00	19.1.2024	2 573 087,12	3,21
8	TYÖMAAN KÄYTTÖKUSTANNUKSET	1.9.2021	618,00	2.2.2024	1 130 634,00	25,28
9	TYÖMAAN YHTEISKUSTANNUKSET	1.9.2021	618,00	2.2.2024	1 380 651,93	30,87
TULO.	Maksuerätaulukko	31.8.2021	571,00	22.11.2023	0,00	0,00

Kuva 44. *Litterapohjainen kustannusaikataulu eräältä kohdeyrityksen hankkeelta. Sinisellä pohjalla olevat tehtävärivit sisältävät alatehtäviä, jotka eivät ole näkyvissä.*

Rakennushankkeen seurantaa varten voidaan käyttää vain yhtä järjestelmän aikataulua ja tämä aikataulu on aina kohdan 3 (sivulla 96) mukainen kustannus- ja tuottoaikataulu joko ilman tietomallia tai tietomallin kanssa (5D). Tämä aikataulu tehdään yleensä työmaan valmisteluvaiheessa. Toteutusvaiheessa aikataulutehtävien toteutumaa seurataan valmiusprosenteilla, jotka kirjoitetaan tehtäville joko prosenttilukuina ja/tai toteutusmäärinä. Litterapohjaisessa aikataulussa aikataulun litteroille muodostuvat kustannuksien suunnitellut ajankohdat ja tehtävien määräävät määrät seurantaa ja toteutumaa varten.

5. POHDINNAT

5.1 Tutkimuskysymys 1: Nykyaikainen aikataulunhallinta rakennushankkeessa

Nykyään aikatauluja hallitaan sekä perinteisin menetelmin että käyttämällä uudempia menetelmiä ja vaikuttaakin siltä, että tällä hetkellä aikataulunhallinta on muutostilassa. Kirjallisuustutkimuksen mukaan perinteiset aikataulumenetelmät ovat tyypiltään jana-aikataulu ja vinoviiva-aikataulu, jotka ovat laadittu käyttäen ohjelmistoympäristöä, jossa aikataulua ei voida jakaa yhteiskäyttöisesti eri käyttäjille. Aikataulujen laadinnassa sitoudutaan etenemään yleisaikatauluista vaiheittain tarkentuviin tehtäväaikatauluihin ja viikkoaikatauluihin, jotka ohjaavat tuotantoa työmaalla. Kirjallisuustutkimuksen mukaan tehtävien kestot mitoitetaan laskennallisesti tuotantonopeutta määrittävien määrien ja tuotantoryhmien mukaan.

Uudempia aikataulumenetelmiä ovat mm. 4D- ja 5D-aikataulut sekä pilvipohjaiset aikataulut, jotka saadaan myös aliurakoitsijoille käyttöön. Myös tahtituotanto, Last Planner, sekä Lean rakentamisen ajattelu- ja toimintatavat ovat uudempia menetelmiä. Tietomallien käyttö on suurimmilla rakennusliikkeillä jo vakiintunutta, ja niistä saadaan useita tunnustettuja hyötyjä, kuten virheiden etsintä ja törmäystarkastelut. Aikataulutiedon lisääminen 3D-malliin tuottaa neljännen ulottuvuuden, 4D:n. 4D-aikataulussa voidaan mm. suunnitella aikataulu, täyttää toteutumatietoa ja visualisoida mallia usealla tavalla, esimerkiksi myöhässä olevien tehtävien osalta. Visualisoinnit auttavat myös rakennusjärjestyksen suunnittelussa ja aikataulun toteutettavuuden arvioinnissa. Jos 4D-aikataulu on tehty hyvin ja sitä pidetään ajan tasaisena, voidaan siitä saada mainittavia hyötyjä, esim. aikataulupalavereissa keskustelun tukena selventämässä tehtävien tilannetta ja auttamassa 3-viikkoisaikataulutuksessa. Tahtituotanto soveltuu erityisesti sellaisiin rakennushankkeisiin, joissa on paljon samanlaisina toistuvia tehtäviä. Last Plannerin on työmailla todettu edistävän aikataulunhallintaa, joten sen käyttämistä kannattaa suosia.

5D-aikataulu tuo 4D-aikatauluun kustannukset ja on työväline kassavirran hallitsemiseksi ja projektin ennustamiseksi. Aikatauluohjelmaan voidaan tallettaa tehtäväkohtaista tietoa, kuten syitä tehtävien aloituksien viivästyksistä, vapaita muistiinpanoja, kuvia ja tarkastuslistoja. 4D- ja 5D-aikatauluissa voidaan havainnollistaa aikataulua visuaalisesti tietomallien avulla, mutta myös pohjapiirustuksia voidaan niissä käsitellä ja tehdä

niihin merkintöjä. Pilvipohjaiset aikataulut mahdollistavat tiedon jakamisen myös työntekijäpuolelle, mahdollistaen parempaa kommunikaatiota ja yhteistyötä rakennushankkeen osapuolten kesken.

5.2 Tutkimuskysymys 2: Aikataulunhallinta kohdeyrityksessä

Tässä tutkimuksessa on tutkittu kohdeyrityksen tietomallinnettuja rakennushankkeita sekä niissä käytettyjä aikatauluohjelmia ja toimintatapoja. Taulukossa 3 on esiteltynä tutkituissa rakennushankkeissa aikataulunhallintaan käytettävät ohjelmat. iTWO:ta eli kohdeyrityksen projektinhallintajärjestelmää käytetään neljällä hankkeella, ja usealla niistä ensimmäistä kertaa kyseisissä organisaatioissa. iTWO:ssa on näillä hankkeilla kustannusaikataulu eli tulot ja menot on aikataulutettu. Tocomania käytetään yleis-, työ- ja vaiheaikataulujen laadinnassa jokaisella hankkeella niin kuin kohdeyrityksessä on linjattu. Fluent Planneria on käytetty kahdessa toimitilahankkeessa sisävaiheessa ja Synchro Pro:ta yhden toimitilahankkeen runkovaiheessa. Visileania on käytetty läpi hankkeen 3.3. Exceliä on käytetty hankkeella 1 yleisaikataulun laadinnassa ja hankkeella 3.3 tahtiaikataulun laadinnassa, sekä viidellä hankkeella 3-viikkoisaikataulutuksessa.

Taulukko 3. *Aikataulujen parissa käytetyt ohjelmat ja Last Planner.*

	iTWO käytössä	Tocoman	Fluent Planner	Synchro Pro	Visilean	Excel	Last Planner
Kohde 1	EI	KYLLÄ	EI	EI	EI	YLEISAIKATAULUSSA	KYLLÄ
Kohde 2	KYLLÄ	KYLLÄ	EI	EI	EI	EI	KYLLÄ
Kohde 3.1	KYLLÄ	KYLLÄ	EI	EI	EI	3-VIIKKOISAIKATAULU	KYLLÄ
Kohde 3.2	KYLLÄ	KYLLÄ	EI	EI	EI	3-VIIKKOISAIKATAULU	KYLLÄ
Kohde 3.3	KYLLÄ	KYLLÄ	EI	EI	KYLLÄ	TAHTIAIK. JA 3-VIIKKOIS.	KYLLÄ
Kohde 4	EI	KYLLÄ	KYLLÄ	EI	EI	3-VIIKKOISAIKATAULU	EI
Kohde 5	KYLLÄ	KYLLÄ	EI	EI	EI	3-VIIKKOISAIKATAULU	EI
Kohde 6	EI	KYLLÄ	EI	KYLLÄ	EI	3-VIIKKOISAIKATAULU	EI
Kohde 7	KYLLÄ	KYLLÄ	EI	EI	EI	EI	EI
Kohde 8	EI	KYLLÄ	KYLLÄ	EI	EI	3-VIIKKOISAIKATAULU	KYLLÄ
Yhteensä	4/8	8/8	2/8	1/8	1/8	6/8	4/8

3-viikkoisaikataulutusta tehdään pääsääntöisesti joko Excelillä tai Last Planner –menettelyllä. Last Planneria on tehty seinätaulutekniikalla. Last Planneria ja Exceliä hyödyntävää 3-viikkoisaikataulutusta käytetään osittain samoilla hankkeilla. Näissä tapauksissa eri menetelmät koskevat tavallisesti eri työvaiheita, kuten hankkeella 3, jossa Last Planneria on käytetty runkovaiheessa ja talotekniikan töissä. Hankkeella 7 on tehty 3-viikkoissuunnittelun sijaan 2-viikkoisaikataulutusta.

Tutkituista hankkeista kolmessa on käytetty yleisaikataulun esitystapana jana-aikataulun lisäksi vinoviiva-aikataulua (ks. taulukko 4). Jana-aikataulu sisältää paikat seitsemällä hankkeella. Erillisiä vaiheaikatauluja on laadittu jokaisella hankkeella vähintään yksi. Aliurakoitsijoita on ollut mukana aikataulujen laadinnassa kuudella hankkeella. Hankkeilla 1 ja 2 nämä ovat olleet talotekniikkaurakoitsijoita. Hankkeiden yleisaikataulut sisältävät pääsääntöisesti enemmän tehtäviä kuin teorian mukainen yleisaikataulu, jossa tehtäviä on n. 20–40 (vrt. kappale 3.2.1, s. 20). Teoriaa vastaava yleisaikataulu on laadittu hankkeella 7, ja muiden hankkeiden yleisaikataulut vastaavat enemmän työaikataulua tehtävien lukumäärän perusteella.

Taulukko 4. *Tietoja yleis- ja vaiheaikatauluista.*

Kohde	Last Planner	Yleisaikataulu jana/vinoviiva	Yleisaikataulu jana sisältää paikat	Vaiheaikataulut	Urakoitsijoita mukana laadinnassa	Yleisaikatauluteh tävät yhteensä
Kohde 1	KYLLÄ	JANA	KYLLÄ	TATE	TATE	339
Kohde 2	KYLLÄ	JANA	KYLLÄ	TATE	TATE	455
Kohde 3.1	KYLLÄ	MOLEMMAT	KYLLÄ	KYLLÄ	EI	216
Kohde 3.2	KYLLÄ	MOLEMMAT	KYLLÄ	KYLLÄ	EI	784*
Kohde 3.3	KYLLÄ	MOLEMMAT	EI	KYLLÄ	EI	85
Kohde 4	EI	JANA	KYLLÄ	KYLLÄ (3)	KYLLÄ (USEITA)	255
Kohde 5	EI	MOLEMMAT	KYLLÄ	KYLLÄ (4)	EI	1061
Kohde 6	EI	MOLEMMAT	KYLLÄ	KYLLÄ (5)	KYLLÄ (2)	795
Kohde 7	EI	JANA	EI	KYLLÄ (6)	KYLLÄ (2)	18
Kohde 8	KYLLÄ	JANA	KYLLÄ	KYLLÄ	KYLLÄ (3)	415
Yhteensä	4/8		7/8	8/8	6/8	

*Luvussa on mukana 2 asunto-osakeyhtiötä, jotka muodostavat yhdessä kerrostalon.

Vähintään kolmella hankkeella (1, 3 ja 5) yleisaikataulua on laadittu yhteistyössä pääurakoitsijan organisaation sisällä ja yhdellä hankkeella (6) vastaavan työnjohtajan toimesta. Hankkeissa käytettävät lohkojaot vaihtelevat ja useissa hankkeissa käytetään eri lohkojakoa sisävaiheessa kuin runkovaiheessa, mikä on töiden organisoinnin kannalta järkevää. Aikataulujen laadinnassa menekkitieto on ainakin osittain kokemusperäistä hankkeilla 1, 3, 5, ja 7. RATU-menekkejä on käytetty hankkeilla 3, 5, ja 8. Lisäksi hankkeella 5 on haettu toteutuneita menekkejä muilta kohdeyrityksen työmailta ja hankkeella 8 on käytetty myös urakoitsijoiden omia menekkitietoja. Määrätietoa on saatu määrälaskentatoimistosta ainakin hankkeilla 2 ja 6. Hankkeella 3 määrätietoa on haettu myös tietomallista. Toimistosta tilattuja määriä joudutaan yleensä laskemaan vielä lohkoittain myöhemmin. Näin on ollut ainakin hankkeilla 6 ja 8. Määrät voisi tilata lohkoittain kaksinkertaisen työn välttämiseksi, mutta yleensä lohkojako ei ole tilausvaiheessa vielä tiedossa. Hankkeella 1 ainakin TATE-urakoitsija käyttää tietomallia, hankkeella 3 välisei-

nämääriä on haettu tietomallista, sekä hankkeella 6 tietomallista otetaan mittoja ja määriä tehtäväsuunnitelmia varten ja TATE hakee mallista korkotiedot. Aikataulun toteutumatiedon tai kustannuksien jälkilaskentaa tehdään hankkeilla 1, 4 ja 7.

Aikataulutietoa tilaajalle toimitetaan yleensä Tocomanilla, johon kirjataan aikataulutehtävien toteutumaa. Tätä tarkoitusta varten toteutumat kirjataan tavallisesti kolmen–neljän viikon välein. Muissa aikatauluohjelmissa tehtävien kirjaukset on syytä tehdä useammin, että projektin todellinen tilanne kävisi siitä ilmi. Tocoman-tiedostoja siirretään suoraan iTWO:hon edellisen aikataulun päälle, jolloin saadaan toteutumatieto välitettyä iTWO:hon. Jos aikataulut ovat näissä ohjelmissa eri sisältöiset, joudutaan valmiutta kirjaamaan molemmissa erikseen. Aikataulutietoa on tuotettu Tocomanilla, Fluent Plannerilla, Visileanilla ja iTWO:lla. Aikataulutietoa siirtyy tavallisesti myös urakoitsijapalavereissa kokouspöytäkirjan liitteenä ja aikataulut on lähetetty sähköpostilla urakoitsijasopimusten liitteenä sopimusten tekovaiheessa. Aliurakoitsijat toimittavat toteutumatietoa työnvaiheilmoituksilla sähköpostilla pääurakoitsijalle ennen urakoitsijakokouksia. Kuitenkin, jos aikataulu ei ole esillä kokouksissa, eivät eri urakoitsijat pääse välttämättä käsitykseen toisten tehtävien tilanteesta. Urakoitsija- ja aikataulupalaverit pidetään tavallisesti kerran viikossa ja 3-viikkoissuunnittelua tehdään joka viikko. Aikataulut ovat esillä monessa yhteydessä ja niitä hallitaan usealla tavalla.

5.3 Tutkimuskysymys 3: Aikatauluohjelmiston käyttöönotto projektilla

Tässä diplomityössä on tutkittu Visilean-aikatauluohjelman käyttöönottoa hankkeella 3.3, joka on asuinkerrostalohanke Pirkanmaalla. Lisäksi hankkeiden 4 ja 6 haastatteluissa on sivuttu muiden aikatauluohjelmien käyttöönottoa ja käyttöä. Hankkeella 3.3 aikatauluohjelman käyttöönotto ja käyttö on mennyt isossa kuvassa suunnitellusti. Ohjelmaan saatiin luotua käyttökelpoinen aikataulu, jossa rakennushankkeen tehtävät vastuutettiin työnjohtajille ohjelmassa. Työnjohtajat saatiin käyttämään ohjelmaa ja merkitsemään tehtäviä valmiiksi suhteellisen säännöllisesti. Hankkeessa testattiin myös aliurakoitsijan toimesta aikataulutehtävien kirjauksia. Uuden aikatauluohjelman kaikkien osa-alueiden käyttöön ottaminen ei ole yhdellä kerralla järkevää, koska omaksuttavaa tulee helposti liikaa. Suositeltavaa on poimia keskeisimmät toiminnot ohjelmasta työmaan arkea helpottamaan. Näin toimien myös työmaan vastustus, joka ilmenee useimmin passiivisuutena, pysynee maltillisena. Työnjohdon taidot ohjelman käytössä ovat kuitenkin lisääntyneet hankkeen aikana.

Ohjelmassa tehtiin runkovaiheesta karkeatasoinen 4D-aikataulu, mutta sen käyttö jäi hyvin vähäiseksi työmaalla. 4D-ominaisuuksia esiteltiin työmaalle vasta runkotyövaiheen loppupuolella. 4D:n käyttö olisi hyvinkin hyödyllistä, jos aikatauluohjelman 4D-ominaisuuksia esitellään tarvelähtöisesti ja työmaan edistymisen mukaan. Työmaahenkilöstöä näyttää olevan hyvin vaikea saada käyttämään näitä ominaisuuksia, jos he eivät löydä hyötyä omaan työhönsä. Pelkästään toteutumatiedon dokumentointi tai aikataulutiedon välittyminen ylemmälle johdolle ei näytä motivoivan työmaita.

Uuden aikatauluohjelman käyttöön ottaminen ja opetteleminen vaativat aikaa, minkä johdosta käyttöönottoprosessi on aloitettava tarpeeksi ajoissa. Käyttöönotossa tulee huomioida seuraavat asiat:

- Aikatauluohjelmiston käyttöönotolla on määritellyt tavoitteet,
- Projektilla on nimetty vastuuhenkilö, joka valvoo prosessia,
- Ohjelmiston käyttäjät nimetään,
- Koulutukset pidetään vastuuhenkilölle ja työmaalle,
- Käyttöönoton ajoitus oltava oikea suhteessa rakentamisen aloitukseen,
- Aikataulun tekemiseen ja ylläpitämiseen liittyvät tehtävät ja vastuut on määritelty,
- Tavoitteiden toteutumista valvotaan,
- Ohjelmiston käyttäjiä on syytä motivoida käyttämään ohjelmistoa,
- Käyttäjiltä kerätään palautetta ja kokemuksia.

Yhteydenpito työmaahan olisi ollut säännöllisempää ja luontevampaa, jos tutkijalla olisi ollut säännöllistä tekemistä työmaalla. Näin kysymyksiä olisi voitu esittää helpommin ja myös epävirallista keskustelua ohjelman käytöstä olisi voinut syntyä. Nyt tutkijan yhteydenpito työmaahan oli epäsäännöllistä. Kohdeyrityksen digitaalisen rakentamisen osasto sai kokemusta tietomallin ja aikataulun kytkemisestä toisiinsa aikatauluohjelmassa. Tutkimushanke on ollut mielenkiintoinen ja se on lisännyt niin työmaan, tutkijan kuin digitaalisen rakentamisen osaston tietoja ja taitoja, joita voidaan hyödyntää tulevissa hankkeissa ja aikatauluohjelmistojen kehitystyössä. Ohjelmistotoimittaja on vastaanottanut toiveita ohjelmiston kehitystyötä varten ja antanut myös arvioita siitä, koska näitä toiminnallisuuksia saadaan käyttöön.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Aikataulut ovat rakennustoiminnassa ja Lujatalossa keskeisellä sijalla, ja niiden laadintaan ja hallintaan panostetaan selvästi. Menetelmien käyttö vaihtelee eri työmaiden välillä jonkin verran. Paljon on sellaista osaamista, mitä ei opi muuten kuin työn kautta ja osaaminen on hyvin käytännönläheistä. Käytäntöjä tukevat myös erilaiset menetelmät, kuten 3-viikkoisaikataulutus, palaverit ja muut vakiintuneet menettelyt. Uusia aikatauluohjelmien kokeiluja on myös meneillään.

Uudemmat ja tutkimuksissa hyviksi havaitut menetelmät on tarkoitettu helpottamaan työn tekemistä. Näitä ovat muun muassa tietomallintaminen, Last Planner sekä 4D- ja 5D-aikataulut. Niiden tarkoitus on parantaa aikataulujen, kustannusten ja laadun hallintaa muun muassa luomalla edellytyksiä tuottavan työn tekemiselle. Tietomallintaminen ja projektinhallintajärjestelmä iTWO tarjoavat mahdollisuuksia läpi rakennushankkeen. Uudet aikatauluohjelmat mahdollistavat parempaa kommunikointia ja tiedonkulkua aikatauluihin liittyen. Kuitenkaan pelkkä uuden aikatauluohjelman käyttöön ottaminen ei tuo merkittäviä hyötyjä. Käyttäjien tulee olla valmiita muuttamaan joitakin vakiintuneita rutiineja, jotta käyttöönotosta saadaan parhaat hyödyt esiin.

Tutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että kohdeyrityksen tietomallinnetuissa rakennushankkeissa aikatauluja hallitaan systemaattisesti ja eri menetelmiä hyödyntäen sekä käytetään erilaisia aikatauluihin liittyviä digitaalisia työkaluja melko laajasti. Aikataulut laaditaan käyttämällä erilaisia aikatauluohjelmia ja niitä tehdään eri työvaiheista erilaisin tarkkuustasoin. Aikatauluihin liittyvä tieto liikkuu niin sähköisesti kuin suullisestikin esimerkiksi kokouksissa ja päivittäisissä keskusteluissa. Yrityksessä käytetään ja testataan myös yhteistoiminnallisia aikatauluja, joita voidaan muokata web-selaimessa tai mobiililaitteella, ja joissa projektin eri osapuolet voivat tehdä merkintöjä ja huomioita. Näiden käyttö tulee mitä todennäköisimmin kasvamaan tulevaisuudessa niistä saatavien hyötyjen vuoksi. Tutkimuksen perusteella uuden aikatauluohjelman käyttöön ottaminen on aikaa vaativa oppimisprosessi, joka ei tuota hyötyjä ilman käyttäjien sitoutumista ohjelman käyttöön.

Digitaaliset työvälineet luovat mahdollisuuksia työntekoon. Nykypäivänä tiedonhallinta ja sen käsittely vievät paljon aikaa ja sitä varten kehitetään erilaisia ratkaisuja. Aikataulunhallinta on yksi niistä. Myös aikataulutiedon dokumentaatio on mielenkiintoinen ja kehitettävä asia. Tarvittaisiin helppo ja vaivaton tapa dokumentoida eri työvaiheisiin mennyttä aikaa. Tähän uudet aikatauluohjelmat tarjoavat mahdollisuuksia. Nykyaikainen ja

hyvä aikataulunhallinta on aliurakoitsijoita osallistavaa, säännöllistä ja jatkuvaa. Sitä tehdään usean henkilön toimesta eri aikatauluohjelmia hyödyntäen.

Aikataulujen hallintaan liittyy paljon kehitysmahdollisuuksia ja uuden opettelua. Eräs niistä on työmaan logistiikkasuunnittelun mukauttaminen tietomallipohjaiseksi projektin eri vaiheissa. On kuitenkin olemassa vain vähän julkaisuja yksityiskohtaisen tarkkuustason mukaisista rakentamisen aikatauluista, minkä takia työmaan logistiikkasuunnittelua on hankalaa mukauttaa tietomalliympäristöön sopivaksi.

Olisi hienoa löytää järjestelmä, jossa kaikki aikatauluihin ja kustannuksiin liittyvät toimenpiteet voisi tehdä, mutta tällä hetkellä käytetään vielä useita ohjelmia eri tarkoituksiin hyödyntäen kunkin ohjelman parhaita ominaisuuksia. Nykyaikainen aikataulunhallinta on johtamistapa, jossa otetaan huomioon tarjolla olevat mahdollisuudet, ohjelmat ja menetelmät aikataulun hallitsemiseksi, ja valitaan niistä paras yhdistelmä kyseessä olevalle rakennushankkeelle, ottaen huomioon organisaation nykyiset toimintatavat, osaamiset ja koulutustarpeet.

LÄHTEET

Ahmed, A., Afshan, A. (2022). 4D and 5D Project Management Planning and Scheduling by BIM Application of Parco Station. EasyChair Preprint. 18 s.

Aslam, M., Gao, Z. Integrated implementation of Virtual Design and Construction (VDC) and lean project delivery system (LPDS). J. Build. Eng. 2021, 39, 102252.

Ballard, H. (2000). The Last Planner System of Production Control. Väitöskirja. Birminghamin yliopisto. s. 36.

Binninger, M., Dlouhy, J., Müller, M., Schattmann, M., Haghsheno, S. (2018). Short takt time in construction–a practical study. Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Chennai, Intia,18-20 July.

Castiblanco, F.M., Castiblanco Jimenez, I.A. Qualitative Analysis of Lean Tools in the Construction Sector in Colombia. In Proceedings of the 27th Annuan Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Dublin, Ireland, 6–7 July 2019.

Dlouhy, J., Binninger, M., Oprach, S., Haghsheno, S. (2016). Three-level method of takt planning and takt control – a new approach for designing production systems in construction. Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, MA, USA, 20-22 July.

Dlouhy, J., Oprach, S., Binninger, M., Richter, T. and Haghsheno, S. (2018). Using takt planning and takt control in production projects–comparison of construction and equipment phases. Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Chennai, Intia, 18-20 July.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2008). BIM Handbook. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-470-18528-5, s. 19–20.

Frandson, A., Berghede, K., Tommelein, I.D. (2013). Takt time planning for construction of exterior cladding. Proc. 21st Ann. In Proceedings of the 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC21), Fortaleza, Brasilia, 31-2 August.

Gray, D. (2004). Doing Research in the Real World. SAGE Publications. ISBN 0 7619 4878 3. s. 215–392.

Haghsheno, S., Binninger, M., Dlouhy, J., Sterlike, S. (2016). History and theoretical foundations of takt planning and takt control. Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, MA, USA, 20-22 July.

Junnonen, J.-M. (2010). Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. Suomen Rakennusmedia Oy. s. 19–37.

Jäväjä, P., Lehtoviita, T. (2016). Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Rakennustieto Oy. s. 13–22.

Kenley, R., Seppänen, O. (2010). Location–Based Management for Construction: Planning, Scheduling and Control. Routledge. ISBN 0415370507. s. 335–381.

Keskiniva, K., Saari, A., Junnonen, J.-M. (2022). Suggestions for takt production subcontract clauses – a conceptual study. Tampereen yliopisto. 18 s. Saatavilla: https://www.emerald.com/insight/1471-4175.htm

Koskenvesa, A., Kivimäki, C., Mäki, T., Sahlstedt, S. (2015). Aikataulukirja 2016. 13., uudistettu painos. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS, s. 20.

Koskenvesa, A., Mäki, T., (2019). Last Planner Opas suunnittelun ja tuotannon johtamiseen. Mittaviiva Oy. ISBN 978-952-7356-00-5, s. 7–63.

Koskenvesa, A., Sahlstedt, S. (2017). Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS sr, s. 17–108.

Lehtovaara, J., Mustonen, I., Peuronen, P., Seppänen, O. Peltokorpi, A. (2019). Implementing takt planning and takt control into residential construction. Proceedings of the Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Dublin, Irlanti, 3-5 July.

Lopperi, T. (2019). Organisaation sisäisten vastuiden ja tehtävien määritteleminen 5D-projektinhallintaympäristössä. Diplomityö. Aalto-yliopisto 2019, s. 4.

Namli, E., Isikdag, U. (2019). Building Information Management (BIM), A new approach to project management. J. Sustain. Constr. Mater. Technol. 2019, 4, 323–332.

Peltola, A. (2015). Uudisrakentamisen ajoitusmalli. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, s. 86.

Piselia, M. (2020). 4D BIM implementation to improve EPC project performance from contractor’s perspective. A case study. Artikkeli. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 930 012011. 8 s.

RIB Software GmbH (2022). From 3D to 6D, BIM Dimensions Explained. Viitattu 15.7.2022. Saatavilla: https://www.mtwocloud.com

Sbiti, M., Beddiar, K., Beladjine, D., Perrault, R., Mazari, B. (2021). Toward BIM and LPS Data Integration for Lean Site Project Management: A State-of-the-Art Review and Recommendations. Artikkeli. Buildings 2021, 11, 196. 19 s. Saatavilla: https://doi.org/10.3390/buildings11050196

Stringer, E. T. (1999). Action Research, 2nd edition. Thousand Oaks, CA: Sage.

Swallow, M., Henkai, K., Bowles, J. (2021). How best to implement 4D planning. BIMPLUS. Saatavilla: www.bimplus.co.uk/explainers/how-best-implement-4d-planning

Swapnesh, P. R., Valunjkar, S. S. (2017). Improve the productivity of building project using building information modelling (bim) based 4d simulation model. IJRASET 5 s. 45-98

United-BIM. 2022. Internet-lähde. Viitattu 15.4.2023. Saatavilla: https://www.united-bim.com/the-4d-way-collaboration-of-schedule-with-3d-bim-model/

Willis, J., W., Edwards, C., L. 2014. Action research: models, methods and examples. North Carolina: Information age publishing Inc. 343 s. ISBN 978-1-62396-657-7

YSE 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. Rakennustieto Oy. RAKLI ry ja Rakennustietosäätiö RTS 1998.

YTV Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Yleinen osuus. Versio 1.0 27.03.2012. © CO-BIM - hankkeen osapuolet. Saatavilla: https://drive.buildingsmart.fi/s/7FPE7tGocYZw8BY. s. 5–21.

LIITE A: HAASTATTELUKYSYMYKSET LUJATALO

1. Mikä on sinun roolisi töiden suunnittelussa? Miten säännöllisesti teet aikataulun laadintaa?
2. Projektin perustietoja (urakkamuoto, ovatko tietomallit käytössä)
3. (iTWO käytössä vai ei)

Aikataulun laadinta (tämä projekti)

Haastateltavat kertovat kohteen aikataulun laadinnasta.

- Millainen on hyvä rakentamisvaiheen aikataulu?

- Minkälaisia aikatauluja kohteelle on laadittu? (Hankeaikataulu, Rakentamisvaiheaikataulu, tehtäväaikataulu, viikkoaikataulu)
- Oletteko käyttäneet aikataulun laadinnassa Last planneria ja/tai tahtiaikataulun laadintaperiaatteita?
    - Kuka päätti, millaisia aikatauluja ja aikataulutusperiaatteita hankkeella käytetään?
- Millä ohjelmalla/ohjelmilla ja milloin aikataulu on laadittu?
- mitä esitystapoja on käytetty?
- Ketkä osallistuivat aikataulujen laadintaan?
- Mistä laadinnan osa-alueista eri henkilöt vastaavat?
- Mihin aikataulut on tallennettu?
- Miten/kuka aikataulut hyväksyy?
- Onko laadinnassa käytetty tyhjää pohjaa vai esim. jonkun hankkeen aikataulua pohjana?
- Mitä lähtötietoja tarvitset laadintaa varten/mistä saat tiedot?
- Muodostetaanko laadinnan yhteydessä aikatauluun liittyviä tunnuslukuja? (spi-luku)
- Joudutko muokkaamaan lähtötietoja? Miten?
- Mitä haasteita aikataulun laadinnassa on ilmennyt?
- Miten aikataulun laadintaa voitaisiin kehittää?

Aikataulun valvonta ja ohjaus

- Miten ymmärrätte termit: aikataulun valvonta ja aikataulun ohjaus?
- Miten aikatauluja valvotaan/on valvottu tässä projektissa?
    - kuka, miten, mitä varten, milloin, miten usein?
- Miten, miten usein ja kenen toimesta tehtävien toteutumaa seurataan, kirjataan ja jaetaan eri osapuolille?
    - Miten seurataan aikatauluun/tehtäviin liittyviä tunnuslukuja?
    - Miten aikataulutietoa jaetaan eri osapuolille/kenelle jaetaan?
    - Mitä ohjelmistoja on käytössä aikataulujen valvonnassa ja ohjauksessa? ja miten?
- Miten aikataulun poikkeamiin reagoidaan ja mitä tehtäviä poikkeamista aiheutuu?
- Tehdäänkö tällä projektilla aikataulun toteutumalle jälkilaskentaa?
- Mitä haasteita valvonnassa ja ohjauksessa on ilmennyt?
- Miten valvontaa ja ohjausta voitaisiin kehittää?

Aikataulun laadinnan, valvonnan ja ohjauksen tulevaisuudennäkymät ja työkalut

- Miten näette aikataulun laadinnan, valvonnan ja ohjauksen tulevaisuuden Lujatalossa ja/tai rakennusalalla?
- Mikä tulee muuttumaan lähitulevaisuudessa ja miten?

LIITE B: HAASTATTELUKYSYMYKSET ALIURAKOITSIJAT

Aikataulujen laadinta:

-Minkälaisia aikatauluja kohteelle on laadittu?

-Millä ohjelmalla/ohjelmilla ja milloin aikataulu on laadittu?

-Mitä esitystapoja on käytetty?

-Ketkä osallistuivat aikataulujen laadintaan?

-Mistä laadinnan osa-alueista eri henkilöt vastaavat?

-Mitä lähtötietoja tarvitset laadintaa varten/mistä saat tiedot?

-Mitä haasteita aikataulun laadinnassa on ilmennyt?

-Miten aikatauluja valvotaan ja ohjataan työn aikana?

-Miten toteutumaa seurataan ja miten viedään aikatauluohjelmaan? Ja miten viedään koko projektin aikataululle?

-Minkälaisia kehitysnäkymiä teillä on aikataulujen hallitsemista varten?

Fluent Plannerin tai Synchro Pro:n käyttö:

-Ketkä ovat käyttäneet ohjelmaa?

-Miten on käytetty?

-Oliko apua itse työhön?