VALMISTAVAN TEOLLISUUDEN YRITYKSEN AIKATAULUDATAN SYNKRONOINNIN JA PROJEKTIVAIHEIDEN LÄPINÄKYVYYDEN KEHITTÄMINEN

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Tuotantotalouden diplomityö

Tuotannon johtaminen

2025

Tomi Lääveri

Tarkastaja: Professori Janne Huiskonen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUTin insinööritieteiden tiedekunta

Tuotantotalous

Tomi Lääveri

Valmistavan teollisuuden yrityksen aikatauludatan synkronoinnin ja projektivaiheiden läpinäkyvyyden kehittäminen

Tuotantotalouden diplomityö

2025

93 sivua, 19 kuvaa, 4 taulukkoa ja 4 liitettä

Tarkastaja: Professori Janne Huiskonen

Avainsanat: tilauksesta suunnittelu, projektien aikataulutus, aikatauludatan synkronointi

Tässä diplomityössä tutkittiin aikatauludatan synkronoinnin ja läpinäkyvyyden kehittämistä valmistavan teollisuuden yrityksessä, joka toimittaa tilauksesta suunniteltavia (engineer to order) tuotteita. Tilauksesta suunnitteluperiaatteella toimiessa jokainen asiakastilaus muodostaa projektin, joka lähtee liikkeelle tuotteen suunnittelusta. Tutkittavan liiketoimintayksikön projektit ovat monivaiheisia ja aikataulutieto on jakaantunut moneen eri järjestelmään sekä tiedostoon. Kun aikataulutietoa on monessa eri paikassa, voidaan ajautua tilanteeseen, jossa järjestelmät ja dokumentit sisältävät ristiriitaista aikataulutietoa. Päätarkoituksena tutkimuksessa oli tutkia erilaisia vaihtoehtoja ja antaa toimeksiantajalle suosituksia liiketoimintayksikön aikatauludatan synkronoimiseksi sekä projektien läpinäkyvyyden parantamiseksi.

Tutkimus tehtiin laadullisena tutkimuksena, jossa suurin osa tiedonkeruusta suoritettiin teemahaastatteluiden avulla. Haastattelujen avulla pyrittiin saamaan kattava kokonaiskuva nykytoiminnasta sekä aikatauludatan muodostumisesta toiminnanohjausjärjestelmässä. Toiminnanohjausjärjestelmän dataa tutkimalla saatiin vahvistettua haastatteluissa esiin tulleita havaintoja.

Tuloksissa käsiteltiin erilaisia variaatioita toimintatavoissa, jotka nykytilanteessa estävät aikatauludatan keskittämisen toiminnanohjausjärjestelmään. Tutkimuksen lopputuloksena toimeksiantajalle esiteltiin kaksi erilaista aikatauludatan synkronointikonseptia. Ensimmäisessä konseptissa aikataulutusjärjestelmässä olevaa aikatauludataa synkronoidaan toiminnanohjausjärjestelmässä ja muissa dokumenteissa olevaan aikatauludataan. Ensimmäinen synkronointikonsepti pilotoitiin tutkimuksen aikana. Toinen synkronointikonsepti tuodaan esiin jatkotutkimuskohteissa. Toimeksiantaja voi tulevaisuudessa jatkaa konseptien kehittämistä, jotta liiketoimintayksikön aikatauludataa saadaan synkronoitua. Tuloksissa esitetään myös kehitysehdotuksia aikatauludatan läpinäkyvyyden parantamiseksi.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

LUT School of Engineering Science

Industrial Engineering and Management

Tomi Lääveri

Developing schedule data synchronization and project phase transparency in a manufacturing industry company

Master's thesis

2025

93 pages, 19 figures, 4 tables and 4 appendices

Examiner: Professor Janne Huiskonen

Keywords: engineer to order, project scheduling, schedule data synchronization

Main object of this Master's thesis was to investigate the synchronization and transparency of schedule data in a manufacturing company that delivers products which are made with engineer to order manufacturing strategy. When operating with engineering to order principle, each customer order forms a project that starts with products engineering phase. Business units projects consist of multiple different project phases and schedule data is fragmented across many different systems and files. When schedule data is in multiple places, a situation may arise where sources can contain conflicting schedule information. The main purpose of the study was to examine different options and to provide recommendations to the company on how to synchronize the business unit's schedule data and improve project transparency.

The study was carried out as a qualitative study, where most of the data was collected with thematic interviews. The interviews were used to obtain a comprehensive overview of current ways to work and the formation of schedule data in the ERP system. By examining schedule data from the ERP system, the findings from the interviews were confirmed.

In the results section of this study different variations in operating methods were presented which prevent the centralization of schedule data in the ERP system. As a result of the study, two different schedule data synchronization concepts were presented to the company. In the first concept, schedule data in the scheduling system is synchronized with the data in the ERP system and other documents. The first synchronization concept was piloted during the study. The second synchronization concept will be presented in further research projects. In the future, the company can continue to develop the concepts in order to improve schedule data synchronization. The results also present development suggestions to improve the transparency of schedule data in different project phases.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

1 Johdanto ... 8
1.1 Tutkimuksen tausta ... 8
1.2 Työn tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajaukset ... 9
1.3 Tutkimusmenetelmät ja aineiston kerääminen sekä hyödyntäminen ... 10
1.4 Työn rakenne ... 11
2 Projektien aikataulutus engineer to order -ympäristössä ... 13
2.1 Projektinhallinta ja aikataulutus ... 13
2.2 Engineer to order -toimitusketjurakenne ... 17
2.3 Engineer to order -projektien aikataulutus ... 19
2.4 Engineer to order -projektien eri vaiheet ja niihin liittyvät aikatauluttamisen haasteet ... 23
3 Datan synkronointi eri järjestelmien välillä ... 27
3.1 Datan mallintaminen ja analysointi toimitusketjussa ... 27
3.1.1 Datan mallintaminen ... 27
3.1.2 Datan analysointi toimitusketjussa ... 28
3.2 Datan synkronointi ... 29
3.3 VBA-ohjelmointikieli ... 31
4 Toimintaympäristö ... 34
5 Tutkimusasetelma ... 35
5.1 Tutkimusmenetelmät ... 35
5.2 Alustava tutkimusongelma ja ongelman täsmennys ... 36
5.3 Tutkimuksen tiedonkeruu ... 37
5.4 Kerätyn tiedon analysointi ... 39
6 Tulokset ... 43
6.1 Tutkimuksen piirissä olevat järjestelmät ... 43
6.2 Nykytilanteen kuvaus aikataulutuksen osalta ... 45
6.2.1 Aikataulutusjärjestelmässä tapahtuva aikataulutus ... 45

6.2.2 Toiminnanohjausjärjestelmässä tapahtuva aikataulutus ... 47
6.2.3 Aikatauludatan muodostumisen mallinnus ... 51
6.3 Nykytilanteen kuvaus projektivaiheiden osalta ... 51
6.3.1 Nykytilanteen kuvaus: tuotteen suunnittelu ... 52
6.3.2 Nykytilanteen kuvaus: valmistus ja kokoonpano ... 53
6.3.3 Nykytilanteen kuvaus: hankinta ... 54
6.4 Syyt aikatauludatan eroavaisuuteen ... 56
6.4.1 Esitettyjen asioiden tarkkuus ... 56
6.4.2 Kuljetusajat sekä kalenterit ... 57
6.4.3 Hankinta-ajat ... 58
6.5 Suunnittelun aikataulujen vieminen toiminnanohjausjärjestelmään ... 59
6.5.1 Valmistettava deliverable -tyyppi ... 59
6.5.2 Projektikohtaiset nimikkeet ja referenssinimikkeet ... 60
6.5.3 Alihankintakokoonpanot ja osien toimitus alihankintakokoonpanoon ... 63
6.5.4 Datan luotettavuus ... 64
6.6 Valmistuksenohjausjärjestelmän hyödyntäminen aikataulutuksessa ... 65
6.7 Läpinäkyvyyteen liittyvät ongelmat ... 66
6.8 Synkronointipilotin eri vaiheet sekä tulokset ... 68
6.8.1 Pilotin ensimmäinen vaihe ... 68
6.8.2 Pilotin toinen vaihe ... 70
6.8.3 Pilotin kolmas vaihe ... 71
6.8.4 Pilotin neljäs vaihe ... 72
6.8.5 Pilotin viides vaihe ... 73
6.8.6 Synkronointipilotin kuudes vaihe sekä tulosten analysointi ... 74
6.9 Automatisoinnin tarkastelu ... 76
7 Johtopäätökset ... 79
7.1 Tutkimuskysymyksiin vastaaminen ... 79
7.2 Jatkotutkimusehdotukset ... 84
7.3 Tutkimuksen luotettavuuden ja puolueettomuuden arviointi ... 87
7.4 Tulosten pohdinta ja yhteenveto ... 88
Lähteet ... 90

Liitteet

Liite 1. Teemahaastattelun runko

Liite 2. Aikataulutiedon muodostuminen aikataulutusjärjestelmässä ja toiminnanohjausjärjestelmässä

Liite 3. VBA-koodi tuotantotehtävien ajoitusten päivitykseen

Liite 4. VBA-koodi hankintatehtävien hankinta-aikojen päivitykseen

ILMOITUKSET

Turnitin

Tämän opinnäytetyön alkuperäisyys on tarkistettu Turnitin – samankaltaisuuden tarkastuspalvelun avulla.

Tekoäly

Tämän opinnäytetyön kirjoittaja Tomi Lääveri on käyttänyt seuraavia tekoälytyökaluja opinnäytetyön tekemisessä:

1. ChatGPT (OpenAI), versiot GPT-4o ja GPT-5
    a. Työkalun käytön tarkoitus: kielenhuolto, lauserakenteiden selkeyttäminen ja VBA-koodaaminen
    b. Selvitys työkalun käytöstä: Tekoälyä hyödyntämällä on selkeytetty tiettyjä tutkimuksen lauserakenteita ja poistettu kielioppivirheitä tuotetusta tekstistä. Tekoälyn avulla on myös kehitetty tutkimuksen aikana tehdyt VBA-koodaukset. VBA-koodaukset löytyvät tutkimuksen liitteistä 3 ja 4.

Vastuu

Kirjoittaja, Tomi Lääveri, ottaa täyden vastuun tämän opinnäytetyön sisällöstä ja on tarkistanut ja muokannut mahdollisen tekoälytyökalujen käytön myötä syntyneen sisällön.

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Tämä tutkimus on tehty globaalisti toimivalle teollisuuden laitevalmistajalle, joka toimittaa täysin räätälöityjä laitteita asiakkailleen. Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää eri järjestelmissä ja tiedostoissa sijaitsevan aikatauludatan synkronointia sekä projektivaiheiden läpinäkyvyyttä yrityksen yhdessä liiketoimintayksikössä. Aikatauludatan synkronoinnilla tarkoitetaan, että aikataulutieto on yhtenevää ja luotettavaa riippumatta siitä, missä järjestelmässä tai dokumentissa aikatauludata sijaitsee. Nykytilanteessa kaikki liiketoimintayksikön aikataulutietoa sisältävät järjestelmät eivät ole yhteydessä toisiinsa, jolloin voidaan ajautua tilanteeseen, jossa järjestelmissä sijaitsee ristiriidassa olevaa aikataulutietoa.

Tutkittava aihe oli ajankohtainen, koska liiketoimintayksikössä oli käynnissä aikatauluttamisen kehitysprojekti ja projektissa oli tunnistettu aikataulutietojen ristiriitaisuus ongelmaksi aikatauluja hyödyntävien sidosryhmien toimesta. Projektissa oli myös todettu projektien aikataulutuksen tapahtuvan ikään kuin kahdella rintamalla toiminnanohjausjärjestelmässä sekä aikataulutusjärjestelmässä. Tämä voi johtaa tilanteeseen, jossa aikataulutusjärjestelmässä ja toiminnanohjausjärjestelmässä samaa toimintaa ohjaavat aikataulupisteet eivät ole keskenään samalla ajoituksella.

Aikatauluttamisen kehitysprojektissa oli listattu liiketoimintayksikön kaikki erilaiset aikataulut. Pelkästään aikataulutusjärjestelmässä suunnittelun aikataulujen tekemiseen käytettäviä aikataulumallipohjia oli käytössä noin 25 kappaletta. Kehitysprojektissa oli todettu aikataulujen päivittämisen olevan työlästä, koska muutoksia joudutaan manuaalisesti viemään moneen eri aikatauluun. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli myös vähentää aikataulujen manuaalisesta päivittämisestä aiheutuvaa työtä tulevaisuudessa. Lisäksi yrityksellä oli myös käynnissä järjestelmien ja toimintatapojen harmonisointihanke, jossa projektien aikataulutustekniikat ja -järjestelmät otetaan myöhemmin tarkasteluun. Tämän tutkimuksen oli tarkoitus toimia tietynlaisena esiselvityksenä aikataulutuksen osa-alueella.

Tutkimuksessa selvitettiin, voidaanko liiketoimintayksikön suunnittelun aikatauluja jatkossa tehdä nykytavasta poiketen jollain toisella järjestelmällä. Tutkimuksen aikana tutkittiin

myös nykyisin käytössä olevan aikataulutusjärjestelmän synkronointimahdollisuuksia toiminnanohjausjärjestelmän dataan. Aikatauludatan synkronoinnissa ja läpinäkyvyyden parantamisessa oli tärkeää tunnistaa, missä järjestelmässä sijaitsee projektivaihetta ohjaava aikataulu, missä projektin vaiheessa data muodostuu järjestelmään, miten aikatauludata muodostuu järjestelmään sekä onko data luotettavaa. Edellä mainittuja asioita selvitettiin haastattelujen avulla sekä yrityksen järjestelmissä olevaa dataa tutkimalla.

1.2 Työn tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajaukset

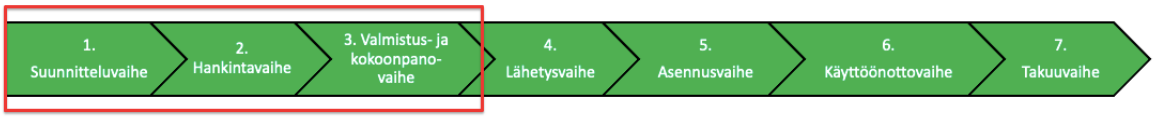
Pääasiassa tutkimuksessa keskityttiin tutkimaan aikatauludatan synkronointia yrityksen suunnittelun aikataulujen osalta. Suunnittelun aikataulut tehdään erillisessä aikataulutusjärjestelmässä ja järjestelmä ei ole yhteydessä muihin yrityksen aikataulutietoa sisältäviin järjestelmiin. Tämän takia yksi tutkimuksen pääkohdista oli tutkia, voidaanko suunnittelun aikatauluissa esitettävät suunnittelun vapautuspisteet esittää toiminnanohjausjärjestelmässä tulevaisuudessa. Lähestyessä aikatauludatan synkronointia toisesta näkökulmasta tutkittiin aikataulutiedon synkronoinnin mahdollisuutta järjestelmien välillä. Synkronointi mahdollistaisi suunnittelun aikataulussa esitetyn suunnittelun vapautuspisteen ajoituksen automaattisen päivittymisen toiminnanohjausjärjestelmässä tapahtuvien datamuutosten mukaan. Aikatauludatan synkronoinnin päätarkoituksena on tehdä aikatauludatasta lukijalle helposti ymmärrettävää sekä luotettavaa, vaikka aikataulutietoa on esillä useammassa eri järjestelmässä.

Vaikka tutkimuksessa tutkittiin aikatauludatan synkronointia, niin tämän tutkimuksen lopputuloksena ei ollut tarkoituksena implementoida ratkaisuja tuotantoon eikä suorittaa järjestelmien integraatioita. Tavoitteena oli tutkia erilaisia mahdollisuuksia ja sitä kautta tuoda esille mahdollisuuksia, miten tulevaisuudessa aikatauludataa saataisiin yhtenäistettyä. Tutkimuksessa tehtyjen havaintojen perusteella oli tarkoituksena antaa suositukset toimeksiantajalle, kuinka aikatauludataa saadaan synkronoitua tulevaisuudessa. Tutkimuksen alussa tutkimuskysymyksiksi määritettiin kaksi kysymystä, joista ensimmäinen tutkimuskysymys oli tutkimuksen ensisijainen ja toinen tutkimuksen toissijainen tutkimuskysymys.

- *Miten aikatauludataa saadaan jatkossa synkronoitua eri järjestelmien välillä?*
- *Miten tulevaisuudessa saadaan aikatauludataa läpinäkyvämmäksi?*

Tutkimus rajattiin käsittelemään yrityksessä nykyisin käytössä olevia järjestelmiä synkronoinnin kehittämisessä. Tutkimuksen ulkopuolelle rajattiin muut markkinoilla olevat aikataulutusjärjestelmät. Tutkimuksesta olisi tullut liian laaja ja tutkimus olisi voinut jäädä hyvin teoreettiselle tasolle, jos tutkimukseen olisi sisällytetty myös muita markkinoilla olevia ohjelmistoja.

Yrityksen projektit ovat hyvin laajoja ja projektien kokonaiskestot voivat olla useita vuosia. Projekteihin kuuluu useita eri projektivaiheita ja yrityksen toimittaessa täysin räätälöityjä ratkaisuja asiakkailleen tuotteiden valmistusvaihetta edeltää aina tuotteen suunnitteluvaihe. Yrityksen tarjoamat tuotteet ovat siis Engineer to order -toimitusketjustrategian mukaisia. Suunnitteluvaiheen jälkeen siirrytään hankintavaiheeseen. Hankintojen tekemisen jälkeen siirrytään valmistus- ja kokoonpanovaiheeseen, jonka jälkeen tapahtuu tuotteen lähetysvaihe sekä mahdollisesti myös tuotteen asennus- ja käyttöönottovaihe. Kuviossa 1 on esitetty yrityksen tyypilliset eri projektivaiheet.



Kuvio 1. Yrityksen eri projektivaiheet karkeasti jaoteltuna

Toinen tutkimuksen rajaus liittyy yrityksen eri projektivaiheisiin. Kuvion 1 punaisessa laatikossa on esitetty projektivaiheet, joihin tutkimuksessa keskityttiin. Rajaukseen päädyttiin, koska tutkimuksessa tutkittiin suunnittelun aikatauluissa esitettyjen projektivaiheiden aikatauludatan synkronointia. Suunnittelun aikatauluissa esitetyt projektivaiheet ovat suunnittelu-, hankinta- ja valmistus- sekä kokoonpanovaihe. Muiden projektivaiheiden ja niiden aikatauludatan synkronoinnin tutkiminen on jätetty tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja aineiston kerääminen sekä hyödyntäminen

Tutkimus suoritettiin kvalitatiivisena eli laadullisena tutkimuksena. Laadullinen tutkimustapa valittiin tutkimustavaksi, koska liiketoiminnan aikatauludatan synkronointia tutkittiin kokonaisvaltaisesti sekä monista eri näkökulmista. Hirsjärven (2009, 140-164) mukaan

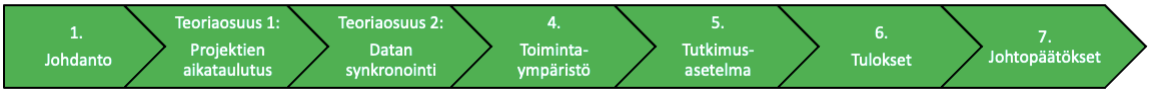
kvalitatiivisessa tutkimuksesta todellista elämää tarkastellaan mahdollisimman kokonaisvaltaisesti monista eri näkökulmista. Laadullisessa tutkimuksessa hyödynnetään tiedonkeruutapoja, joissa haastateltavien omat näkemykset tulevat esiin.

Tutkimuksessa kerätty aineisto hankittiin pääasiassa teemahaastatteluilla, mutta myös syvähaastatteluja hyödynnettiin. Teemahaastatteluissa läpikäydyt teemat perustuivat tutkimuksessa asetettujen tutkimuskysymyksien ympärille. Teemahaastatteluissa keskityttiin toiminnanohjausjärjestelmässä muodostuvan aikatauludatan tutkimiseen ja aikatauludatan luotettavuuteen. Haastatteluissa haastateltiin laajasti eri toimitusketjun osa-alueiden asiantuntijoita laajan kokonaisymmärryksen saavuttamiseksi. Haastattelujen lisäksi yrityksen järjestelmissä olevaa dataa tutkittiin.

Tehtyjen havaintojen perusteella aikatauludatan muodostuminen toiminnanohjausjärjestelmässä mallinnettiin. Havaintojen avulla kehitettiin toimeksiantajalle aikatauludatan synkronointikonsepti, joka pilotoitiin tutkimuksen aikana. Pilotissa aikatauludataa haettiin erillisestä tietolähteestä aikataulutusjärjestelmässä olevaan dataan. Tarkoituksena pilotissa oli tutkia aikataulutusjärjestelmän datan synkronointimahdollisuuksia muihin järjestelmiin tai tiedostoihin.

1.4 Työn rakenne

Tutkimus koostuu seitsemästä pääluvusta, katso kuvio 2. Ensimmäisessä kappaleessa esiteltiin tutkimuksen tausta, tavoitteet, tutkimuskysymykset ja tutkimuksen rajaukset. Kaksi seuraavaa kappaletta ovat teoriakappaleita ja niillä rakennetaan teoriapohja tutkittavaan aiheeseen sekä esitetään aikaisemmin tehtyjä tutkimuksia. Tutkimuksen ensimmäisessä teorialuvussa käsitellään projektinhallintaa, engineer to order-tyyppisiä projekteja sekä niiden aikataulutusta. Toisessa teoriakappaleessa käsitellään datan synkronointia eri järjestelmien välillä. Teoriakappale on rakennettu tukemaan tutkimuksessa kehitettyä aikatauludatan synkronointipilottia ja siinä hyödynnettyjä komponentteja.



Kuvio 2. Diplomityön rakenne

Neljännessä luvussa käsitellään toimeksiantajayrityksen toimintaympäristöä. Viidennessä luvussa käsitellään tutkimuksen tekemisessä hyödynnetty tutkimustapa ja aineistonkeruussa ja aineiston analysoinnissa käytetyt tavat. Luvussa esitetään myös tutkimuksen aikana kehitetyn aikatauludatan synkronointipilotin eri vaiheet. Kuudennessa luvussa kuvataan aikatauluttamisen nykytilaa ja käydään lävitse tutkimuksesta saadut tulokset. Tuloksissa esitetään myös aikatauludatan keskittämiseen ja synkronoimiseen liittyviä haasteita sekä esitellään aikatauludatan synkronointipilotista saadut tulokset. Seitsemännessä luvussa esitetään tutkimuksesta tehdyt johtopäätökset, pohditaan saatuja tuloksia ja esitetään jatkotutkimusehdotukset.

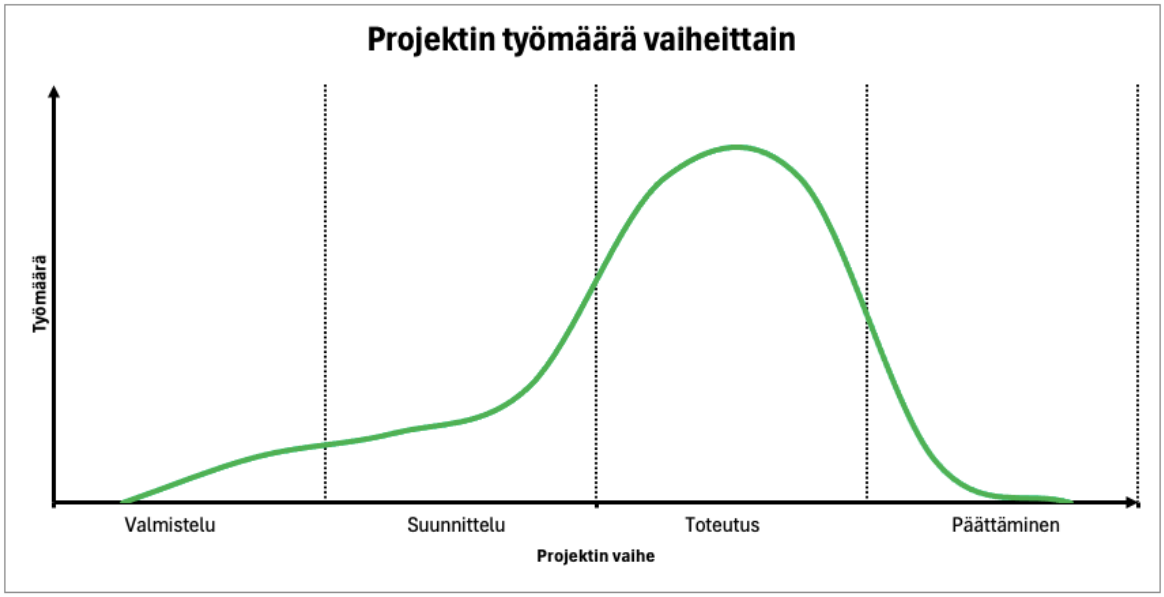
2 Projektien aikataulutus engineer to order -ympäristössä

Tässä kappaleessa tutustutaan projektinhallintaan, engineer to order (ETO) -toimitusketjurakenteeseen sekä engineer to order -projektien aikatauluttamiseen tällä hetkellä saatavilla olevien tutkimusten ja kirjallisuuden kautta. Engineer to order -toimitusketjustrategian tuotteet eli tilauksesta suunniteltavat tuotteet muodostavat itsessään projektin. Projektien optimointi on tärkeää, jotta pysytään projektille asetetussa budjetissa sekä asiakkaalle luvatussa aikataulussa.

2.1 Projektinhallinta ja aikataulutus

Mäntyneva (2025, 7) määrittelee toimitusprojektin olevan yleensä vain kerran tapahtuva toimitus, joka tehdään asiakkaan toimeksiannosta. Hänen mukaansa toimitusprojekteissa on erityisen tärkeää saada luvattu tuote toimitettua asiakkaalle oikeaan aikaan. Hyvä esimerkki projektitoimituksesta on uuden tuotantolinjan käyttöönotto. Schwindt ja Zimmermann (2015, 27) kuvailevat projektinhallinnan olevan toimintaa, jolla ohjataan projektiin liittyviä vaiheita, kuten projektin aloittamista, suunnittelua, päätöksentekoa, toteuttamista ja seurantaa. Projektinhallintaan kuuluu olennaisesti erilaisten tietojen, taitojen ja työkalujen hyödyntäminen, jotta saavutetaan projektille asetetut tavoitteet. Demeulemeesterin ja Herroelenin (2002, 4) mukaan projektinhallinnan tärkeänä tehtävänä on varmistaa projektin pysyminen asetetuissa kustannus- ja aikataulutavoitteissa resursseja tehokkaasti hyödyntäen.

Mäntynevan (2025, 13) mukaan projektilla on aina ennalta määritetty aloitus- sekä päättymispiste. Aloitus- ja päättymispisteen väliin kuuluu erilaisia projektivaiheita, jotka poikkeavat toisistaan työmäärän, toimintojen ja ominaisuuksien osalta. Mäntyneva jakaa projektin neljään eri vaiheeseen, jotka ovat projektin valmistelu, suunnittelu, toteuttaminen ja päättäminen. Kuviossa 3 on esitetty projektin eri vaiheet ja niihin sitoutuva työmäärä.



Kuvio 3. Projektin työmäärä vaiheittain (mukaillen Mäntyneva 2025, 13)

Projektin valmisteluvaiheessa tehdään valmisteluja projekteihin ennen niiden aloitusta. Välttämättä kaikki valmistellut projektit eivät etene valmisteluvaiheesta ollenkaan eli projektit eivät käynnisty. Projektin suunnitteluvaiheessa tehdään yksityiskohtainen suunnitelma, miten projekti saavuttaa asiakkaalle luvatun lopputuloksen. Suunnitteluvaiheessa kartoitetaan erilaisia mahdollisuuksia toteuttaa projekti ja niistä valitaan sopivin. Tärkeä osa suunnitteluvaihetta on luoda projektille aikataulu sekä varata resurssit projektin eri tehtäville. (Mäntyneva 2025, 13.) Adrodegari, Bacchetti, Pinto, Pirola ja Zanardini (2015, 19) toteavat projektin suunnittelun olevan projektia tukeva aktiviteetti, koska sen ydintarkoituksena on parantaa projektin tehokkuutta.

Mäntynevan (2025, 13) mukaan projektin toteuttamisvaiheessa toteutetaan projektin suunnitteluvaiheessa tehtyä suunnitelmaa. Toteuttamisvaiheessa on tärkeintä reagoida erilaisiin muutoksiin, jotta pysytään projektille asetetussa aikataulussa. Osa muutoksista voi vaikuttaa projektin kokonaiskestoon negatiivisesti. Projektin päättämisvaiheessa projektin lopputulos on valmis ja projektiorganisaatio on tehnyt projektista dokumentoinnin. Kaikki projektiin liittyvät toiminnot lopetetaan ja projekti päätetään virallisesti.

Tämän tutkimuksen kannalta on oleellista paneutua syvemmin projektin suunnitteluvaiheeseen, koska tutkittavan liiketoimintayksikön suunnittelun aikataulu tehdään projektin suunnitteluvaiheessa. Demeulemeesterin sekä Herroelenin (2002, 14) mukaan projektin

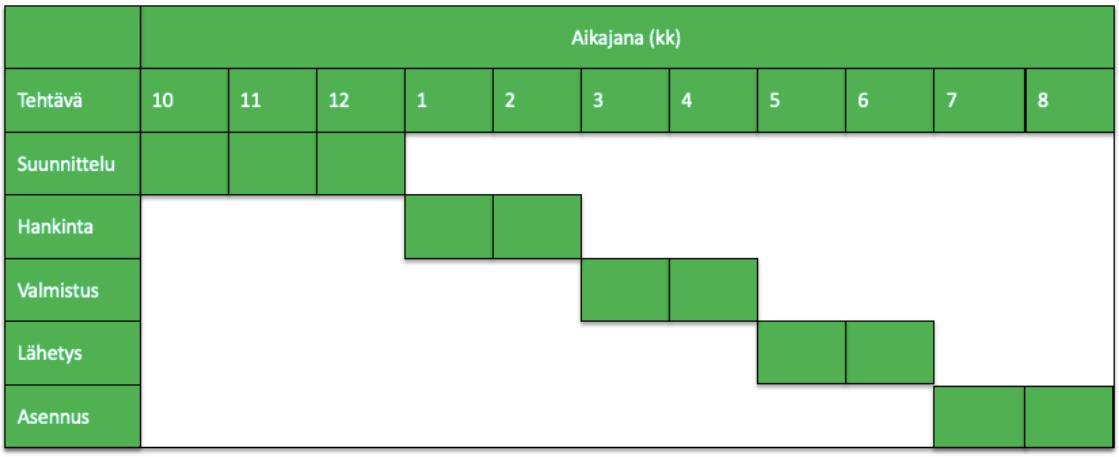
suunnittelua ja toteutusta voidaan lähteä suorittamaan vasta, kun projektin laajuus ja tavoitteet ovat määritetty mahdollisimman selkeästi perustuen haluttuun projektin lopputulokseen. Määrittelyjen jälkeen voidaan haluttua projektin lopputulosta jakaa edelleen pienempiin kokonaisuuksiin, jolloin saadaan aikaan työjaottelurakenne eli Work Breakdown Structure (WBS). Työjaottelurakenteessa määritetään karkealla tasolla projektin toiminnot, joita tarvitaan projektin lopputuloksen saavuttamiseksi. Työjaottelurakenne mahdollistaa projektin ohjauksen ja sen avulla saadaan myös tietoa projektin aika- ja kustannustilanteesta. Project management Instituten (2019, 3) mukaan WBS on tärkeä työkalu, jota hyödynnetään kompleksisten projektien pilkkomisessa pienempiin osiin. Suuriin projekteihin liittyy paljon epävarmuutta. Työjaottelurakenteen avulla pystytään purkamaan yksi riskiltään suuri kokonaisuus pienempiin osioihin, jolloin projektiin liittyvät riskit pienenevät ja projektin ohjaaminen parantuu.

Project management Instituten (2019, 5-12) mukaan työjaottelurakenne ei toimi aikatauluna, vaikka se esittääkin projektin tärkeimmät toiminnot. Työjaottelurakenne ei ota kantaa siihen, milloin projektin toiminnot tullaan suorittamaan. Työjaottelurakenne on rajoitettu esittämään projektin lopputulosta, laajuutta tai toimitettavia kokonaisuuksia eli deliverableja. Työjaottelurakenteen tarkoituksena on luoda pohja visuaaliselle esittämiselle projektin toiminnoista.

Project management Instituten (2019, 88) mukaan työjaottelurakennetta voidaan hyödyntää aikataulumalleissa. Aikataulumalli on aikataulutusjärjestelmään tehty suunnitelma projektin toiminnoista perustuen työjaottelurakenteeseen ja projektikohtaiseen tietoon. Projektin toimituslaajuus saadaan selville projektin dokumenteista ja niissä olevaa tietoa hyödynnetään projektin aikataulumallin muodostamisessa. Projektin toimituslaajuutta ja työjaottelurakennetta hyödyntämällä varmistetaan, että tietyn projektin avaintoiminnot ovat sisällytetty projektin aikataulumalliin. Ambrizin sekä Landan (2015, 49) mukaan aikataulutusjärjestelmä on projektinhallinnan tietojärjestelmä, jossa voidaan ylläpitää tietoa projektiin kuuluvista tehtävistä, resursseista ja kustannuksista. Heidän mukaansa aikataulutusjärjestelmän tarkoituksena on vähentää projektinhallintaan sitoutuvaa työtä.

Mäntyneva (2025, 59) ja Demeulemeester sekä muut (2002, 13) kertovat kirjoissaan projektin aikataulun tehtävänä olevan realistisen ja tarkan kuvauksen antaminen eri projektin vaiheista. Aikatauluun on tunnistettu eri prosessivaiheet tehtävinä ja tehtävien linkittyminen muihin tehtäviin. Tehtävät on suoritettava tietyssä järjestyksessä tiettyjen rajoitusten

mukaisesti, katso kuvio 4. Jos tehtävälle on määritetty edeltäjä, niin tehtävä voidaan aloittaa vasta, kun edeltävä tehtävä on suoritettu. Jokaisella tehtävällä on oma kestonsa ja tehtävän suorittaminen edellyttää resursseja. Aikataulussa voi olla määriteltynä tehtävien tai vaiheiden jälkeen etappeja, joiden tarkoituksena on herättää keskustelua tehtävän tai vaiheen onnistumisesta.

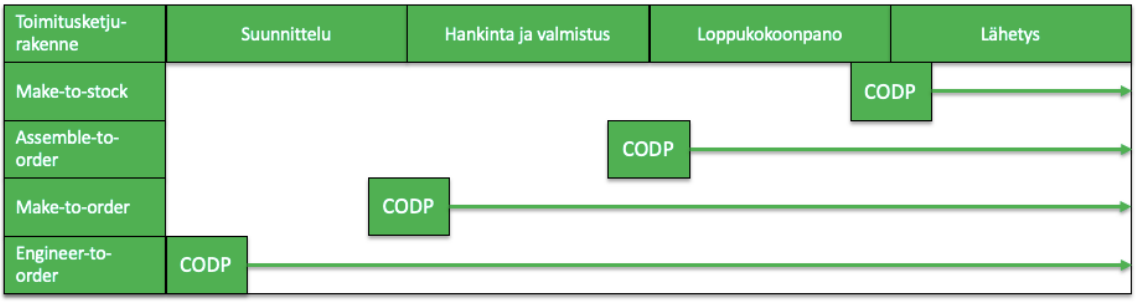


Kuvio 4. Esitys aikataulun Gantt-kaaviosta

Adrodegari sekä muut (2015, 2-27) olivat tutkineet Engineer to order -ympäristössä toimivien yritysten eri päätoimintojen ohjelmistotukivaatimuksia. Tutkimukseen osallistui 21 koneenrakennusalalla toimivaa yritystä. Heidän mukaansa monet yritykset olivat tunnistaneet projektinhallinnan olevan projektiliiketoiminnassa kriittistä, mutta silti projektinhallinta ei ole saanut riittävästi ohjelmistotukea suurimmassa osassa yrityksiä. Projektinhallinta on tärkeää erityisesti uniikkien tuotteiden suunnittelussa ja valmistuksessa, koska resurssien käyttöä on hallittava ja seurattava tarkasti. Tutkimuksessa suurin osa engineer to order -ympäristössä toimivista yrityksistä koki projektinhallinnan, projektin suunnittelun ja projektin ohjauksen olevan kriittisiä toimintoja liiketoiminnalle. Silti näiden toimintojen ohjaamiseen tarkoitettuja ohjelmistoja ei ollut otettu käyttöön tai toimintoja ohjattiin erillisillä stand alone -järjestelmillä.

2.2 Engineer to order -toimitusketjurakenne

Goslingin ja Naimin (2009, 743) mukaan toimitusketjurakenteella kuvataan sitä, kuinka toimitusketju ja sen eri osat toimivat asiakastilausten kanssa. Eri toimitusketjurakenteet ovat perinteisesti jaoteltu CODP:n (customer order decoupling point) eli tilauksen kohdennuspisteen mukaan. Tilauksen kohdennuspiste määrittää tietyn kohdan toimitusketjussa, josta lähtien toimitettava tuote on sidottu asiakastilaukseen ennustamisen sijaan. Olhager (2003, 320) esittelee tutkimuksessaan neljä erilaisia toimitusketjurakennetta. Jokaisessa toimitusketjurakenteessa CODP sijaitsee eri kohdassa, katso kuvio 5.



Kuvio 5. Erilaiset toimitusketjurakenteet (mukaillen Olhager 2003, 320)

-MTS eli make to stock -toimitusketjurakenteessa tilauksen kohdennuspiste sijaitsee toimitusketjun kohdassa, jossa lopputuotteet ovat valmiina varastossa.

-ATO eli assemble to order -toimitusketjurakenteessa tilauksen kohdennuspiste sijaitsee toimitusketjun kohdassa, jossa lopputuote on vielä osakokoonpanoina ennen loppukokoonpanoa.

-MTO eli make to order -toimitusketjurakenteessa tilauksen kohdennuspiste sijaitsee toimitusketjun kohdassa, jossa lopputuote on vasta ostettuina komponentteina tai raaka-aineena.

-ETO eli engineer to order -toimitusketjurakenteessa tilauksen kohdennuspiste sijaitsee välittömästi suunnitteluvaiheen alussa. (Gosling & Naim 2009, 744.)

Edellä esitetyistä toimitusketjurakenteista perehdytään tarkemmin ETO-toimitusketjurakenteeseen. Schönsleben (2022, 11, 335) kertoo kirjassaan tuotteiden asiakaskohtaisen

räätälöinnin olevan yhä tärkeämpää markkinoilla. Asiakkailla on vaatimuksena heidän omien tuotteidensa teknisten vaatimuksien täyttäminen, jolloin asiakkaan vaatimat tuotteet voivat olla hyvinkin spesifejä. Laitetoimittajien tulee pystyä toimittamaan tuotteita, jotka sopivat paremmin asiakkaiden tarpeisiin. Asiakkailla ei välttämättä ole halua tai edes mahdollisuutta sopeuttaa omia prosessejaan standardituotteiden mukaisiksi. Tämä on nostanut kysyntää täysin uniikeille tuotteille, joita engineer to order -toimitusketjustrategiaa hyödyntävät yritykset toimittavat.

Alfierin, Tolion ja Urgon (2011, 995) mukaan ETO-toimitusketjurakenteelle on tyypillistä, että tuotteet tehdään varta vasten tietylle asiakkaalle tiettyä käyttötarkoitusta varten. Tällöin jokaisen tuotteen suunnittelu-, hankinta- sekä valmistusprosessi on ainutlaatuinen ja jokaisen tuotteen asiakastoimitus muodostaa yksilöllisen projektin. Tuotteiden ollessa varta vasten valmistettuja tietylle asiakkaalle, niin Schönsleben (2022, 11) toteaa kirjassaan ETO-tuotteita tarjoavien yritysten olevan hyvin palvelukeskeisiä, jolloin yrityksille on myös tyypillistä luoda arvoa yhdessä asiakkaan kanssa. Goslingin sekä Naimin (2009, 741) mukaan engineer to order -toimitusketjurakenteen hyödyntäminen on hyvin tyypillistä rakennus- ja investointihyödykesektorilla. Näillä sektoreilla projektit ovat yleensä laajoja ja monimutkaisia.

Valmistamisen näkökulmasta Proudin ja Deutschin (2021 206, 355) mukaan ETO-toimitusketjustrategiaa hyödyntävien yrityksien tarjoamille uniikeille tuotteille on tyypillistä tuotteiden kompleksisuus sekä pienet valmistusmäärät. Räätälöityjen tuotteiden ollessa tyypillisesti arvokkaita, valmistajilla ei ole yleensä varaa säilyttää varta vasten suunniteltuja ja valmistettuja tuotteita varastossa. Schönslebenin (2022, 207) mukaan ETO-tuotteisiin ei liity edes asiakkaan tuotteiden komponenttien varastointia, koska komponentitkin tulee suunnitella ennen hankintaa tai valmistusta.

Proud ja Deutsch (2021, 206) kertovat kirjassaan engineer to order-ympäristössä toimivien yrityksien tyypillisestä toimintatavasta, jossa suunnittelua, valmistusta tai hankintaa ei aloiteta ennen kuin yrityksellä on joko aiesopimus asiakkaan kanssa tai asiakkaalta saatu tilaus. Asiakkaalta saadun aiesopimuksen tai tilauksen jälkeen voidaan aloittaa projektin suunnitteluvaihe. Ohlson (2023, 171) toteaa ETO-toimitusketjustrategian mahdollistavan täysin räätälöidyt ratkaisut, mutta vaativan niitä tarjoavalta yritykseltä samalla paljon joustoa. Joustoa vaaditaan kaikilla osa-alueilla, suunnittelussa, hankinnassa, valmistuksessa ja kokoonpanossa. Hänen mukaansa ETO-tuotteiden tunnuspiirteisiin kuuluu suuri vaihtelevuus ja pitkä

toimitusaika. Proud ja Deutsch (2021, 355) mainitsevat kirjassaan monimutkaisten ETO-tuotteiden asiakkaiden joutuvan odottamaan jopa vuosia ennen valmiin tuotteen vastaanottamista.

Schönsleben (2022, 354) kertoo kirjassaan teollisuuslaitoksien rakentamisalan olevan ala, jossa laitoksien tietyt osa-alueet ovat asiakkaalle varta vasten tuotettu. Useimmiten tuotekonseptien avulla pystytään kuitenkin tunnistamaan samanlaisuudet aiemmin tuotettujen laitoksien kanssa. Näin pystytään jopa kehittämään asiakkaalle toimitettavaa kokonaisuutta, kun tiedostetaan ongelmat, jotka ovat liittyneet aikaisempiin toimituksiin. Etenkin laitoksien valmistuksessa vaaditaan paljon tilauskohtaista suunnittelutyötä, jotta saadaan luotua asiakkaalle asiakkaan spesifikaatioita vastaava tuote.

Schönsleben (2022, 348-355) kertoo kirjassaan myös, että laitosvalmistusteollisuudessa on yritetty vähentää asiakaskohtaiseen tilaukseen sitoutuvan suunnittelun määrää käyttämällä generatiivisia menetelmiä. Generatiiviset menetelmät sopivat tuotantoon, jossa tuotevariaatioita on paljon, mutta kaikki variaatiot pystytään luomaan joidenkin tiettyjen tuoteparametrien erilaisilla määrityksillä. Jokainen tuotevariaatio on toisestaan erilainen, mutta tuotteet kuuluvat samaan tuoteperheeseen ja karkealla tasolla niiden tuotantoprosessi pysyy samana riippumatta valmistettavasta variaatiosta.

Schönslebenin (2022, 353-355) mukaan ETO-tuotteidenkin sisällä on hajontaa siinä, kuinka korkealle tasolle prosessien teollistaminen voidaan viedä. Joissakin tapauksissa prosessien standardisointi ja automatisointi on tarpeellista, jotta saadaan lyhennettyä toimitusaikoja sekä pienennettyä kustannuksia. Suunnittelutuntien perusteella mitattuna kompleksisilla ETO-tuotteilla prosessien automatisointi- ja standardisointiaste on matalalla. Prosessien standardisointia ja automatisointia voidaan viedä pidemmälle niiden tuotteiden osalta, joita myydään kappalemäärällisesti enemmän ja joihin ei sitoudu paljon suunnittelutunteja.

2.3 Engineer to order -projektien aikataulutus

Ghiyasinasabin, Lehouxin, Ménardin ja Cloutierin (2020, 1068) mukaan ETO-tuotteiden valmistus on läheisesti sidoksissa projektiaikataulutukseen. ETO-ympäristössä jokaisella valmistettavalla tuotteella on oma tarvepäivä ja tietty ketju erilaisia vaiheita, jotka tulee suorittaa ennen kuin tuote on valmis. Yritykset, jotka toimivat ETO-periaatteella ovat

projektilähtöisiä, koska jokaiselle tuotteelle on määritetty suunnittelun aloitusaika, suunnittelun spesifikaatio sekä valmiin tuotteen tarvepäivä. Kusturica sekä muut (2018, 3909-3910) toteavat ETO-ympäristössä jokaisen tuotteen ja sen toimitusprosessin olevan ainutlaatuinen. Ainutlaatuisuus tekee eri prosessivaiheiden läpimenoaikojen arvioinnista haastavaa. Projektikohtaisesti asiakkaiden tilaukset ja niissä käytettävät komponentit saattavat vaihdella suuresti, jolloin aikaisempien projektien vaiheiden kestoja ei voida aina hyödyntää uusien projektien käynnistyessä. Tämän takia projektin suunnitteluvaiheessa usein hyödynnetään aikavarauspuskureita, joilla pystytään varautumaan erilaisten epävarmuustekijöiden aiheuttamiin mahdollisiin ongelmiin.

Song, Hicks ja Earl (2002, 254-255) ovat tutkineet, miten pystytään määrittämään toimituspäivämääriä räätälöidyille tuotteille, joiden tuottamiseen kuuluu monia eri valmistus- ja kokoonpanovaiheita. Tutkimuksessaan he ovat todenneet räätälöityjen tuotteiden luvattuihin toimitusaikoihin liittyvän paljon epävarmuustekijöitä. Epävarmuuksia syntyy esimerkiksi tuotesuunnittelun muutoksien sekä tuotteiden uniikkien valmistus- ja kokoonpanovaiheiden takia. Vaikka epävarmuuksia esiintyy paljon projektien alussa, niin silti yritykset tekevät alustavia tuotantosuunnitelmia tuotteiden valmistamiselle ja kokoonpanolle. Yrityksen tehdessä alustavia suunnitelmia on mahdotonta ottaa huomioon kaikkia epävarmuutta aiheutuvia tekijöitä. Tämän takia yritys ei voi täysin luottaa tuotantosuunnitelmassa määritettyyn tuotteen valmistumisaikaan, vaan tuotteen toimituspäivämäärää määrittäessä on otettava epävarmuustekijät huomioon aikapuskureiden avulla. Räätälöityjä tuotteita valmistavan yrityksen toimitusaika sekä toimitusajan luotettavuus ovat merkittäviä tekijöitä markkinoilla menestymisessä. Kusturica sekä muut (2018, 3918) toteavat myös tutkimuksessaan ETO-tuotteiden toimitusprojektien olevan monimutkaisia ja näin ollen niiden projektinhallintaan liittyy lukematon määrä epävarmuustekijöitä.

Grabenstetter sekä Usher (2014, 6349-6350) ovat puolestaan tutkineet, miten Engineer to order-ympäristössä toimivat yritykset pystyvät määrittämään suunnittelun päättymispäivämääriä etukäteen, kun tuotetta ei ole vielä suunniteltu. Tuote on suunnittelun näkökulmasta valmis vasta, kun suunnitteluvaihe on päättynyt. Suunnitteluvaiheen päätyttyä tunnetaan vasta lopulliset osaluettelot sekä tarvittavien komponenttien määrät. Grabenstetter ja Usher toteavat tutkimuksessaan suunnittelun päättymispäivämäärien määrittämisen olevan tärkeää, koska suunnitteluvaihe vie huomattavasti aikaa projektin kokonaisläpimenoajasta. Suunnitteluvaihe voi kestää jopa puolet koko projektin kestosta. Jos suunnitteluvaiheen

päättymispäivämäärät ovat määritetty epätarkasti, niin seuraavat toimitusketjun prosessit kärsivät siitä ja voidaan jopa ajautua tilanteeseen, jossa myöhästytään asiakkaalle luvatusta aikataulusta. Jos yrityksen valmistama ETO-tuote on osa suurempaa projektia, niin tuotteen toimituksen myöhästyminen voi johtaa merkittäviin sakkoihin. Projektikohtaisessa liiketoiminnassa toimivien yritysten tulee huolehtia, että kaikki projektin vaiheet pysyvät aikataulussa, jotta pysytään asiakkaille luvatuissa toimitusajoissa.

Grabenstetter ja Usher (2014, 6352) ovat tutkineet ETO-projektien suunnitteluvaiheen aikatauluttamista. He ovat tunnistaneet ETO-projekteissa useita eri haasteita suunnitteluvaiheen päättymispäivämäärien määrittämiselle. He toteavat tutkimuksessaan suunnittelun olevan monimutkainen prosessivaihe. Haasteet perustuvat suunniteltavien tuotteiden ainutlaatuisuuteen sekä monimutkaisuuteen. Siinä vaiheessa, kun suunnittelun päättymispäivämääriä tulisi määrittää on vain rajoitetusti tietoa saatavilla. Project management Institute (2019, 89) kertoo projektin alussa tehtyihin arvioihin liittyvän paljon olettamuksia ja epävarmuutta, koska projektin alkuvaiheessa on hyvin rajallinen määrä informaatiota saatavilla. Projektin arviot tarkentuvat sitä mukaan, kun tietoa tulee lisää saataville projektin edetessä.

Grabenstetterin ja Usherin (2014, 6350-6354) tekemään tutkimukseen osallistui viisi ETO-ympäristössä toimivaa yritystä. Kaikilla tutkimukseen osallistuneilla yrityksillä oli hyvin samanlaisia tapoja suunnitteluvaiheen läpimenoajan määrittämiseen johtuen ETO-ympäristön haasteista. Kuitenkin kaikki viisi tutkimukseen osallistuneista yrityksestä olivat sitä mieltä, että heidän määritystapansa suunnitteluvaiheen päättymiselle oli ongelmallinen. Tutkimuksessa kerätyn aineiston mukaan ETO-ympäristössä toimivien yritysten suunnitteluun varatun ajan määrittäminen saattaa perustua suunnittelun esimiesten arvioihin tai suunnittelulle saatetaan määrittää jokin kiinteä aika projektissa, jonka sisällä suunnittelun tulee valmistua. Edellä mainitut tavat usein johtavat epärealistisiin suunnittelun päättymispäivien määrittämiseen.

Vuonna 2013 Grabenstetterin sekä Usherin (5728-5739) tekemässä tutkimuksessa on tutkittu, kuinka pystytään määrittelemään räätälöidyn tuotteen suunnittelutyön kompleksisuutta ja pystytäänkö erilaisten monimutkaisuustekijöiden määrittämistä hyödyntämään suunnittelun läpimenoaikojen arvioinnissa. Tutkimus perustui yritysten haastatteluista sekä kirjallisuudesta saatuihin tietoihin. Suunniteltavan tuotteen monimutkaisuudella on vaikutus suunnittelutyön läpimenoaikaan ja sitä kautta tuotteen toimitusaikaan. Tutkimuksessa tunnistettiin seuraavien seitsemän monimutkaisuustekijän vaikuttavan suunnittelutyön kestoon:

-Tuotteen toiminnallisten vaatimusten lukumäärä

-Tuotteessa tarvittavien peruskomponenttien lukumäärä

-Syntyvien suunnitteluriippuvuuksien lukumäärä

-Tuotteessa vaadittavien teknologioiden lukumäärä

-Tuotteeseen vaikuttavien säädösten sekä standardien lukumäärä

-Tuoterakenteessa olevien alikokoonpanojen lukumäärä

-Mahdolliset hyödynnettävissä olevat referenssiprojektit tai -tuotteet

Edellä mainituille monimutkaisuustekijöille määritettyjä arvoja asetettiin monimuuttujaregressioyhtälöön, jossa hyödynnettiin myös yritysten historiatietoon perustuvaa suunnittelutyön kestoa päivinä. Monimutkaisuustekijöiden ja suunnittelutyön keston välillä löydettiin yhteys, jolloin monimutkaisuustekijöitä hyödyntämällä pystyttiin systemaattisesti selittämään tuotteiden suunnittelutyön kesto. Heidän kehittämä laskentamalli oli yleispätevä, jonka ansiosta se soveltuu monen eri yrityksen käytettäväksi. Mallista saatavat ennusteet ovat tarkkoja, jos laskennassa hyödynnettävä historiallinen data ei poikkea merkitsevästi nykytilanteesta. (Grabenstetter & Usher 2013, 5728-5739.)

Vuonna 2014 Usher ja Grabenstetter (6354-6360) kehittivät RegComp-laskentamallin, jota voidaan hyödyntää ETO-ympäristössä suunnittelun päättymispäivien määrittelyssä. Laskentamalli perustuu vuonna 2013 kehitettyyn monimuuttujaregressioyhtälöön ja se hyödyntää edellä mainittuja seitsemää eri monimutkaisuusmuuttujaa suunnitteluvaiheen keston määrittämisessä. Regressioyhtälön lisäksi tietoa syötetään vielä useampaan algoritmiin, jotta saadaan laskettua mahdollisimman tarkkoja suunnittelun päättymispäivämääriä. Prosessi oli kolmivaiheinen, ensimmäiseksi tuli kerätä ajan tasalla oleva historiaan perustuva data vastemuuttujasta, joka on suunnittelun läpimenoaika päivinä. Toisessa vaiheessa data tuli kerätä tieto selittävistä muuttujista, selittävät muuttujat ovat työn monimutkaisuustekijöitä ja niille määritettyjä vaihtoehtoja. Kolmannessa vaiheessa data syötettiin regressioyhtälöön. Laskentamenetelmän avulla ETO-ympäristössä toimivat yritykset pystyvät ennustamaan tarkemmin engineer to order -ympäristössä suunnittelutyön kestoja. Parantamalla suunnitteluvaiheen eräpäivien ennustamista parannetaan koko toimitusketjun kykyä toimia oikea-aikaisesti sekä pystytään vaikuttamaan asiakastyytyväisyyteen.

Grabenstetter ja Usher (2014, 6351-6352) toteavat päättymispäivämäärien määrityksestä löytyvän tutkimusmateriaalia, mutta juuri ETO-ympäristön suunnittelun päättymispäivämäärien määritys- sekä laskemistavoista on olemassa erittäin vähän tietoa saatavilla. Suurin osa tutkimuksista perustuu MTO-toimitusketjustrategiaan, eikä ETO-toimitusketjustrategiaan, jossa pullonkaulaksi on osoittautunut suunnitteluvaihe. Grabenstetter ja Usher toteavat myös, että tutkimustiedon lisääminen suunnitteluvaiheen päättymispäivämäärien määrittämisestä olisi erittäin tärkeää ETO-ympäristössä toimiville yrityksille.

2.4 Engineer to order -projektien eri vaiheet ja niihin liittyvät aikatauluttamisen haasteet

Tässä teoriaosuudessa tutustutaan tämän tutkimuksen kannalta olennaisiin ETO-projektien eri vaiheisiin ja niissä esiintyviin haasteisiin. Vaiheet ovat suunnittelu, hankinta, valmistus ja kokoonpano.

Suunnittelu

Strandhagen, Vallandingham, Alfnes ja Strandhagen (2018, 130-131) mukaan ETO-ympäristössä tuotteen suunnitteluvaihe pitää sisällään mekaanista, sähkö- ja ohjelmasuunnittelua, jotta saadaan täytettyä asiakkaan antamat vaatimukset tuotteelle. Suunnitteluvaihe käynnistyy, kun asiakkaan kanssa on tehty sopimus kaupasta. Suunnitteluvaiheessa myynnin aikana tehty tekninen erittely muunnetaan tuotekohtaiseksi spesifikaatioksi.

Vaagenin, Kautin ja Wallacen (2017, 1098) mukaan keskustelut jatkuvat asiakkaan kanssa tuotteen yksityiskohdista vielä suunnitteluvaiheessa, koska suunnitteluprosessi käynnistyy vasta asiakastilauksen jälkeen. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa tuotteen määrityksiin saattaa tulla vielä muutoksia suunnitteluvaiheessa ja pahimmillaan tuotantovaiheessa. Mahdollisuus suunnittelutietojen muuttumisesta aiheuttaa paljon epävarmuutta ETO-ympäristössä. Strandhagen ja muut (2018, 131) korostavat informaation jakamisen tärkeyttä laajojen kokonaisuuksien suunnittelussa toisille suunnitteluryhmille, kuten mekaanisesta suunnittelusta sähkösuunnitteluun. Informaation jakaminen on erityisen tärkeää suunnittelun muutostilanteissa, jotka voivat olla lähtöisin asiakkaasta tai sisäisestä virheestä.

Suunnitteluosasto tekee paljon yhteistyötä valmistuksen ja hankinnan kanssa, koska heidän tehtävänään on luoda tuotteen Bill of material (BOM) eli materiaaliluettelo sekä tuotteeseen

liittyvät dokumentit. Suunnittelun tekemää materiaaliluetteloa ja dokumentaatiota hyödynnetään hankinnoissa, valmistuksessa ja kokoonpanossa. (Strandhagen et al. 2018, 131.) Materiaaliluettelo perustuu tuoterakenteeseen, mutta tuoterakenteesta poiketen se sisältää myös esimerkiksi nimikkeiden lukumäärät. Tuoterakenne puolestaan on jäsennelty lista komponenteista ja alikokoonpanoista, joita kuuluu johonkin tietyn tuotteeseen. Tuoterakenteessa tuotteeseen kuuluvat komponentit kuuluvat tietylle tasolle. (Schönsleben 2022, 29.) Brandon ja Hicks (2000, 4786) kertovat tutkimuksessaan, että suunnittelun luomat materiaaliluettelot eivät aina tue tuotantoaktiviteetteja, jolloin valmistuksen ja kokoonpanon ohjauksen tehokkuus kärsii.

Hankinta

Projektin hankintavaiheessa hankitaan lopputuotteeseen tarvittavat komponentit (Adrodegari et al. 2015, 18). Schönsleben (2022, 32) määrittelee kirjassaan hankinta-ajan olevan kokonaisaika, joka kestää ostotilauksen valmistelusta siihen saakka, kunnes tavara on vastaanotettu ja siirretty varastoon. Tarkemmin avattuna hankinta-aika pitää sisällään seuraavat vaiheet, tilauksen tekeminen, toimittajan toimitusaika, kuljetusaika sekä tuotteen vastaanotto ja varastointi.

Hankinta pystyy aloittamaan hankinnat vasta sitten, kun suunnittelu on saanut yksityiskohtaiset piirustukset valmiiksi (McGovern, Hicks & Earl 1999, 155). Koska ETO-ympäristössä jokainen tuote suunnitellaan ja valmistetaan asiakkaan tarpeiden mukaan, niin tuotteiden rakenteet sisältävät monenlaisia komponentteja. Osa asiakkaan tuotteen osista tai komponenteista voi olla standardeja ja osa komponenteista puolestaan vaatii suunnittelua. (Hicks & Braiden 2000, 4785.) Strandhagenin ja muiden (2018, 131) mukaan standardikomponentit voidaan laittaa tilaukseen, kun asiakastilaus on saatu ja toimitettava tuote on tiedossa. Komponentit, jotka vaativat suunnittelutyötä saadaan hankintaan vasta lähempänä valmistuksen tai kokoonpanon aloitusta, jolloin näille komponenteille jää vähemmän hankinta-aikaa verrattuna standardikomponenttien hankintaan. Hicks sekä Braiden (2000, 4785) toteavat osan ETO-tuotteiden sisältämistä komponenteista olevan hyvin kehittyneitä teknisesti, esimerkiksi ohjausjärjestelmät.

Strandhagenin sekä muiden (2018, 131) mukaan ETO-ympäristössä on erityisen tärkeää tunnistaa ja saada pitkän hankinta-ajan komponentit mahdollisimman nopeasti

hankintaorganisaatiolle ostettavaksi. Heidän mukaansa ei ole poikkeuksellista, että pitkän toimitusajan komponentteja joudutaan ostamaan jo myyntivaiheessa, jotta pystytään toimittamaan asiakkaalle myyty tuote luvatussa ajassa.

Valmistus- ja kokoonpanovaihe

Suunnittelun ja hankintojen valmistuttua projektin valmistus- ja kokoonpanovaiheessa lopputuotteeseen liittyvät komponentit valmistetaan ja lopputuote kokoonpannaan (Adrodegari et al. 2015, 18). Schönsleben (2022, 31) määrittelee valmistusajan kokonaisajaksi, jolloin tuote valmistetaan ja kokoonpannaan alusta loppuun. Valmistusaikaan ei lasketa mukaan komponenttien hankinta-aikaa. Alfierin ja muiden (2011, 996) mukaan projektien aikataulutuksessa tuotannonsuunnittelulla tarkoitetaan puolipitkän tai pitkän aikavälin suunnitelmia, joiden tarkoituksena on tuottaa tarpeellinen tieto tuotteen eri tuotantovaiheista. Silloin ei oteta huomioon kaikkia aikatauluttamisen yksityiskohtia, vaan toimitaan hyvin karkealla tasolla. Karkealla tasolla toimiminen on yleensä pakollista projektin aikaisessa vaiheessa, koska tarkkaa tietoa tuotteen tuotantoprosessista ei ole välttämättä vielä saatavilla. Hicks ja Braiden (2000, 4786) toteavat ETO-ympäristössä etenkin tuotannon läpimenoaikojen perustuvan usein arvioihin, koska ETO-tuotteen valmistamiseen hyödynnettävissä olevaa läpimenoaikatietoa on usein vähän saatavilla ja se saattaa olla epäluotettavaa. Tämä voi aiheuttaa suunniteltujen ja todellisten läpimenoaikojen välille eroja.

Mathew sekä Johansson (2023, 83-84) ovat tutkineet erilaisia haasteita liittyen ETO-projektien tuotannonsuunnitteluun ja aikataulutukseen liittyen. He ovat tutkimuksessaan nostaneet neljä erilaista kategoriaa esille. Ensimmäisessä kategoriassa on tunnistettu haasteita valmistuksen näkökulmasta. Haasteita aiheuttavat suunnitteluosaston tekemät muutokset tuotteeseen myöhäisessä vaiheessa projektia, vaihtelevat valmistusmäärät sekä vaatimus saada tuotteet oikea-aikaisesti valmistettua. Tuotteiden liian aikaiset valmistumiset tuotannosta johtavat varastointikustannuksiin sekä myöhäiset toimitukset puolestaan voivat johtaa asiakassakkoihin.

Tutkimuksen toisessa kategoriassa on nostettu esiin haasteita liittyen projektin suunnittelun työkaluihin sekä käytössä oleviin teknologioihin. Tähän kategoriaan kuuluu muun muassa toiminnanohjausjärjestelmien kykenemättömyys käsitellä keskeneräistä dataa. ETO-ympäristössä toiminnanohjausjärjestelmässä tulee olla mahdollisuus käsitellä keskeneräistä dataa,

koska suunnittelu ei yleensä ole valmis ennen kuin tuotannon aikatauluja tehdään. Toisena haasteena Mathew ja Johansson ovat listanneet yhteensopivuuden projektin suunnittelujärjestelmien sekä yrityksen toiminnanohjausjärjestelmän välillä. Jos suunnittelujärjestelmät, kuten aikataulutus- ja tuotannonsuunnittelujärjestelmät eivät ole yhteydessä toiminnanohjausjärjestelmään, voi datan eroavaisuuksia syntyä järjestelmien välillä. (Mathew & Johansson 2023, 84.)

Kolmannessa kategoriassa on haasteita työntekijöiden näkökulmasta. Kategoriaan on nostettu ensimmäisenä tuotteiden erilaisuus. Jokaisella tuotteella on erilainen tuoterakenne ja siten myös tuotannon reititykset eroavat toisistaan. Haasteeksi on myös tunnistettu ETO-projekteissa alkuperäisten suunnitelmien perustuminen arvioihin, joka usein johtaa suunnitelmien muuttamiseen. Edellä mainitut haasteet tekevät työntekijöiden työstä monimutkaista ja lisäävät työntekijöiden kuormitusta. (Mathew & Johansson 2023, 84.) Neljännessä kategoriassa Mathew ja Johansson (2023, 85) ovat tunnistaneet haasteita tutkimusnäkökulmaan liittyen. Haasteiksi tässä kategoriassa on nostettu esiin rajallisesti saatavilla oleva tutkimuksien ja kirjallisuuden määrä liittyen ETO-ympäristön valmistukseen.

Mathew sekä Johansson (2023, 85) ovat tutkimuksessaan korostaneet tutkimuksessaan aikataulumuutosten sekä uudelleen aikatauluttamisen olevan ETO-projektien valmistuksen osalta huomattava ongelma. Uudelleenaikataulutukset ovat kuitenkin väistämättömiä ETO-ympäristön erilaisten epävarmuustekijöiden sekä kysynnän vaihtelun vuoksi. Vaivalloiseksi uudelleenaikatauluttamisen tekee sen vaatima lisätyön määrä ja ylimääräinen yhteistyön sekä kommunikoinnin tarve niin sisäisille, kuin ulkoisille sidosryhmille.

3 Datan synkronointi eri järjestelmien välillä

Toiminnanohjausjärjestelmät ovat nykyajan yrityksille elintärkeitä. On kuitenkin yleistä, että toiminnanohjausjärjestelmät eivät kykene kaikkiin yrityksessä tehtäviin IT-toimintoihin, jolloin tarvitaan myös muita erillisiä järjestelmiä liiketoiminnan ylläpitämiseksi. Tämän takia toiminnanohjausjärjestelmien integrointi yrityksen muihin käytössä oleviin järjestelmiin on liiketoiminnalle tärkeää. Järjestelmien integrointien avulla pystytään saavuttamaan parhaimmat hyödyt käytössä olevista järjestelmistä. (Themistocleous, Rosemann & Loos 2005, 381.)

Tässä luvussa tutustutaan datan synkronointiin eri järjestelmien välillä perustuen tutkimuksessa rakennettuun synkronointipilottiin ja siinä käytettyihin ratkaisuihin. Luvussa perehdytään datan mallintamiseen ja analysointiin toimitusketjussa, datan synkronointiin sekä VBA-ohjelmointiin.

3.1 Datan mallintaminen ja analysointi toimitusketjussa

3.1.1 Datan mallintaminen

Pohtiessa, mikä on malli Pidd (2010, 14) kuvailee OR/MS-mallin olevan selkeä esitys osasta todellisuutta. Malli kuvaa sitä todellisuuden osaa, jota ihmiset haluavat ymmärtää, muuttaa tai hallita. Piddin kuvaus mallista ei kuitenkaan ole täydellinen, koska todellisuuden määrittäminen ei ole yksiselitteistä. Scholz (1984, 53) kertoo tutkimuksessaan OR/MS olevan lyhenne sanoista Operational Research and Management Science ja sillä tarkoitetaan tieteellisten menetelmien kuten systemaattisten analyysien tai matemaattisen mallinnuksen hyödyntämistä parantaakseen organisaatioiden päätöksentekoa ja toiminnan tehokkuutta. Piddin (2010, 14-16) kuvaus OR/MS-mallista ei ota kantaa perustuuko malli matemaattiseen kaavaan vai yksinkertaiseen prosessikaavioon. Mallit ovat aina arvioita sekä tehty tiettyä tarkoitusta varten. Malleissa korostuvat ihmisten oma ajattelu sekä luovuus. Piddin mukaan malleja voidaan tehdä eri käyttötarkoituksiin, kuten esimerkiksi päätösten automatisointiin, päätöksenteon avuksi tai tutkimusta ja parantamista varten.

Pidd (2010, 18) kertoo tutkimuksessaan tutkimista ja parantamista varten tehtyjä malleja käytettävän, kun yritetään saada ymmärrystä kompleksisesta asiasta tai, kun tehdään uniikkeja tutkimuksia esimerkiksi järjestelmien kehitystä varten. Tutkimusta ja parantamista varten tehtyjen mallien tarkoituksena voi olla antaa tietoa, miten monimutkainen järjestelmä tai järjestelmät toimivat. Mallien tarkoituksena voi olla selventää prosesseja, joiden ymmärtäminen olisi hankalaa ilman mallista saatavaa hyötyä. Tällöin mallien tavoitteena on tuoda esiin, millaiset vuorovaikutukset vaikuttavat järjestelmän käyttäytymiseen. Tutkimista ja parantamista tehtyjen mallien tarkoitus on hyvin spesifi ja ne ovat yleensä rakennettu ratkaisemaan jotain tiettyä ongelmaa. Mallien tarkoituksena on nostattaa keskustelua ongelmasta ja tarjota päätöksentekijöille mahdollisuus tutkia vaihtoehtoja ja harkita päätöksiä etukäteen. Toisin sanoen mallia voidaan käyttää eri vaihtoehtojen simuloinnissa ilman todellisten kokeilujen riskejä tai kustannuksia.

Tipin (2021, 35, 50) mukaan kompleksisen järjestelmän, kuten toimitusketjun käyttäytymistä ei voida ennustaa pelkästään analysoimalla sen yksittäisiä osia. Toimitusketjun mallinnuksen ja analysoinnin tulee kattaa koko tutkittava järjestelmä kokonaisuutena. Toimitusketjun mallintamisessa tulee selvittää, mitä dataa toimitusketjua ohjaavista järjestelmistä tarvitaan, jotta prosessien mallintaminen pystytään suorittamaan.

3.1.2 Datan analysointi toimitusketjussa

Tipin (2021, 50-55) mukaan teknologian kehitys on mahdollistanut yrityksille pääsyn käsiksi valtavaan datamäärään. IT-työkalujen kehittyminen sekä niiden saatavuuden paraneminen on mahdollistanut suurien datamäärien tallentamisen sekä monipuolisten analyysien tekemisen. Eri toimitusketjun osa-alueilla syntyy valtavasti erilaista dataa, esim. tavaroiden liikkeistä, valmistamisesta sekä ennustamisesta. Toimitusketjuun kuuluvaa dataa on esimerkiksi master data, hankinnan ja tuotannonsuunnittelun data sekä jakelua ja varastointia koskeva data. Mitä tarkempaa ja luotettavampaa data on, niin sitä parempi läpinäkyvyys toimitusketjussa on. Proud sekä Deutsch (2022, 348) kertovat kirjassaan datan eheyden olevan toimitusketjun suunnitteluohjelmistojen toimimiselle elintärkeää. Datan eheydellä tarkoitetaan datan tarkkuutta, luotettavuutta ja sen oikeassa paikassa säilyttämistä ajantasaisena.

Tipin (2021, 50-55) mukaan, jotta dataa voidaan hyödyntää mallintamisessa, tulee tarvittava data ensimmäisenä tunnistaa ja valmistella analyysia varten. Analyysia tehdessä kriittisten

tietojen tunnistaminen ja poimiminen muusta datasta on merkittävä haaste päätöksenteon kannalta. Tietomassa, jota tulisi hyödyntää päätöksenteossa saattaa vielä sisältää erimuotoista dataa useista järjestelmistä. Datan tunnistamisvaiheessa on tärkeää tunnistaa, mistä lähteistä dataa tulisi etsiä ja mitä dataa on saatavilla. Toimitusketjuun kuuluu monia eri toimintoja ja näin ollen dataa tulee kerätä monesta toiminnosta. Kun on tunnistettu analyysiin tarvittava data, niin seuraavassa vaiheessa data tulee kerätä. Datan kerääminen on tärkeä vaihe osana datan analysoinnissa. Datan keräämisvaiheessa määritetään pitkälti, kuinka hyödyllinen analyysi datasta saadaan aikaan. Kerättävä data voi olla tyypiltään kvantitatiivista tai kvalitatiivista. Kvantitatiivinen data on numeerisessa muodossa ja kvalitatiivinen data on puolestaan tekstimuodossa. Kvalitatiivisia tiedonkeruutapoja, kuten haastatteluita tai kyselyitä voidaan käyttää datan keräämisessä.

Kolmannessa vaiheessa tapahtuu datan valmistelu, jotta sitä voidaan hyödyntää analysoinnissa. Valmisteluvaiheessa kerätty data puhdistetaan eli arvot tarkastetaan virheiden, kaksoiskappaleiden tai tyhjien kenttien varalta. Valmisteluvaiheessa kerätyn datamassan poikkeavat arvot joko tasoitetaan tai poistetaan kokonaan. Kun data on puhdistettu ja saatu selkeästi ymmärrettävään muotoon, voidaan aloittaa datan analysointi. (Tipi 2021, 54.)

Tipi (2021, 89) kertoo kirjassaan visualisoinnin olevan erittäin tehokas tapa esittää asioita, jos halutaan lisätä selkeyttä analysoitavaan dataan. Suuren datamäärän visualisointi voi tarjota jopa kokonaan uuden näkemyksen tarkasteltavasta kokonaisuudesta. Visualisoinnin avulla pystytään tekemään suuren datamassan näkymättömistä asioista näkyvämpiä sekä näkemään datan jatkuvuus, jota ei olisi välttämättä ilman datan visualisointia huomattu.

3.2 Datan synkronointi

Kuten aikaisemmin todettu nykypäivän yritykset käsittelevät suuria määriä dataa eri järjestelmissä ja tiedostomuodoissa. Malhotran sekä Chaudharyn (2014, 461) mukaan lisääntynyt tietojen hajaantuminen moneen eri järjestelmään sekä tietokantaan, on kasvattanut yritysten tarvetta synkronoida dataa. Berryn (2024) mukaan tietojen synkronointi on tarpeellista, jotta eri järjestelmien, tietokantojen tai laitteiden tiedot saadaan pysymään yhdenmukaisina ja johdonmukaisina. Synkronoinnin päätehtävänä on varmistaa, että kaikissa tietojärjestelmissä on sama tieto riippumatta siitä, missä tietoja käytetään tai säilytetään.

Berry (2024) kertoo datan synkronoinnin tuovan yrityksille monia erilaisia hyötyjä, joita voidaan pitää liiketoiminnalle välttämättöminä. Tietojen synkronointi parantaa datan tarkkuutta sekä johdonmukaisuutta, kun kaikki järjestelmät ja tietokannat sisältävät saman tiedon. Tämä vähentää virheiden ja ristiriitojen mahdollisuuksia, jolloin tiedot ovat luotettavampia. Tietojen luotettavuus on tärkeää liiketoiminnan eheyden säilyttämiseksi. Berryn mukaan tietojen synkronointiprosessi on tarpeellinen, kun vaaditaan tietojen eheyden säilymistä, järjestelmien välisen viestinnän sujumista tai loppukäyttäjien käyttöön ajantasaista dataa. Datan synkronointi mahdollistaa yritykselle ajantasaisen ja tarkkojen tietojen hyödyntämisen. Reaaliaikainen tiedonsaanti mahdollistaa nopeat sekä perustellut päätökset ja se puolestaan parantaa reagointikykyä markkinoiden tai operatiivisiin muutoksiin. Berry korostaa tietojen synkronointiprosessin automatisoinnin vähentävän työntekijöiden manuaalista työtä organisaatiossa, jolloin työntekijöiden resursseja vapautuu tärkeämpiin tehtäviin. Tämä puolestaan lisää koko organisaation tuottavuutta.

Berryn (2024) mukaan, jos datan synkronointia ei tehdä järjestelmien välillä, voi seurauksena olla datan ristiriitaisuuksia. Hänen mukaansa datan ristiriitaisuuksia ja ongelmia organisaation tiedonkulussa saattaa esiintyä, jos dataa hallitaan useissa eri muodoissa eikä dataa synkronoida. Ristiriitaisuudet datassa ja tiedonkulussa puolestaan häiritsevät organisaation päivittäistä toimintaa sekä heikentävät organisaation kykyä tehdä hyviä päätöksiä. Datan synkronoimattomuus järjestelmien välillä vaikeuttaa ajantasaisen sekä luotettavan tiedon saatavuutta, joka puolestaan voi johtaa datan tulkitsijan tekemään huonoja päätöksiä.

Malhotran ja Chaudharyn (2014, 461) mukaan on pääasiassa kaksi erilaista tapaa synkronoida dataa eri järjestelmien välillä. Nämä tavat ovat yksisuuntainen ja kaksisuuntainen datan synkronointi. Berryn (2024) mukaan yksisuuntaisessa datan synkronoinnissa dataa siirretään lähdejärjestelmästä kohdejärjestelmään, mutta kohdejärjestelmässä tapahtuvat datamuutokset eivät vaikuta lähdejärjestelmässä olevaan dataan. Yksisuuntaisessa datan synkronoinnissa on omat heikkoutensa ja rajoitteet. Kun dataa siirretään vain lähdejärjestelmästä kohdejärjestelmään, niin kohdejärjestelmässä tapahtuvat muutokset eivät siirry takaisin lähdejärjestelmään ja näin lähdejärjestelmässä oleva data ei päivity. Kun kohdejärjestelmän dataa ei ajeta takaisin lähdejärjestelmään voi syntyä ristiriitaisuksia järjestelmissä olevan datan välillä.

Kaksisuuntaisessa datan synkronoinnissa pystytään päivittämään niin kohdejärjestelmässä olevaa dataa, kuin lähdejärjestelmässä olevaa dataa. Lähdejärjestelmästä siirretty data

päivittää kohdejärjestelmässä olevaa dataa ja sitten kohdejärjestelmän data synkronoidaan vielä lähdejärjestelmässä olevan datan kanssa. Kaksisuuntaisella datan synkronoinnilla voidaan varmistaa, että molempien järjestelmien data on synkronoitu toisiinsa, jolloin data näiden järjestelmien välillä on yhtäläistä sekä ajan tasalla. Kaksisuuntaisessa synkronoinnissa joudutaan tekemään kuitenkin paljon määrityksiä ja sääntöjä synkronointilogiikkaan, koska molemmissa järjestelmissä tapahtuu samanaikaisesti päivityksiä synkronoitavaan dataan. Jotta data molemmissa järjestelmissä pysyy yhdenmukaisena, tarvitaan myös muutosten seuranta- ja hallintaprosesseja. Määritettyjen sääntöjen tulee pystyä tulkitsemaan versionhallintaa, jotta pystytään varmistamaan datan ajantasaisuus. Kaikki mahdolliset ristiriitaskenaariot on tunnistettava ja niille on määritettävä säännöt, jotta säilytetään datan yhtenäisyys kaksisuuntaisessa datan synkronoinnissa. (Berry 2024.)

3.3 VBA-ohjelmointikieli

Mansfield (2019, 4) kertoo kirjassaan Visual Basic for Applications (VBA) -ohjelmointikielen juurien olevan lähtöisin BASIC-ohjelmointikielestä. BASIC tarkoittaa Beginner's All-Purpose Symbolic Instruction Code ja se on suunniteltu erityisesti aloittelijoille käyttäjäystävälliseksi ohjelmointikieleksi. Se eroaa monista muista ohjelmointikielistä, kuten C-kielestä ohjelmointitermien osalta. BASICin ohjelmointitermit muistuttavat englannin kielen sanoja, joka tekee sen oppimisesta helpompaa. BASIC-ohjelmointikieleen perustuva Visual Basic for Applications -ohjelmointikieli on suunniteltu Microsoft Office -ohjelmien, kuten Excelin ja Wordin ohjaamiseen ja automatisointiin.

Mansfield (2013, 16) kehuu VBA:n ohjelmointiympäristön olevan yksi parhaimmista, perustuen sen käyttäjäystävällisyyteen. VBA:n käyttäjäystävällisiin toimintoihin kuuluu monia ominaisuuksia, joiden avulla ympäristö ohjaa ja avustaa tekijää kirjoittamaan koodia. Ympäristö esimerkiksi listaa käytettävissä olevia koodivaihtoehtoja ja jopa täydentää automaattisesti koodirivejä kirjoittamisen aikana. Ympäristö myös tunnistaa koodissa olevia virheitä ja ehdottaa niihin korjauksia. Makrojen nauhoitusominaisuutta hyödyntämällä voidaan tehdä VBA-ohjelmointia kirjoittamatta yhtään riviä koodia. Makrot ovat sisäänrakennettu joihinkin Microsoftin sovelluksiin, kuten Exceliin ja Wordiin. Korol (2017, 4) kertoo kirjassaan makrojen olevan ohjelmia, joiden avulla käyttäjä pystyy tallentamaan sarjan komentoja

yhdeksi komennoksi. Microsoftin ohjelmistoissa makroja hyödyntämällä pystytään vähentämään säännöllisesti toistuvien tehtävien tekemiseen sitoutuvaa aikaa.

VBA-ohjelmoinnin avulla voidaan ohjata yhtä Microsoftin ohjelmaa toisella Microsoftin ohjelmalla, esimerkiksi Word-tiedostosta voidaan hakea tietoja Excel-tiedostoon VBA-ohjelmoinnin avulla luodulla makrolla. Tällöin toinen ohjelmista toimii palvelinsovelluksena ja toinen ohjelmista toimii asiakassovelluksena. Windows-ympäristössä on pääasiassa kolme erilaista tapaa siirtää dataa järjestelmästä toiseen, nämä tavat ovat Automation, Dynamic Data Exchange (DDE) sekä SendKeys. Tässä tutkimuksessa perehdytään tarkemmin Automation-tapaan, jonka Mansfield esittelee tehokkaimpana tapana siirtää tietoa eri Windows-sovellusten välillä. (Mansfield 2019, 4, 801-802.)

Mansfield (2019, 129, 802) kertoo kirjassaan Automation-tavan perustuvan Component Object Model (COM) -objektien käsittelyyn. Kaikki sovellukset, jotka tukevat Automation-tavan käyttämistä sisältävät COM-objekteja. Objektit voivat esimerkiksi olla sovelluksen käyttämiä tiedostotyyppejä tai sitten tiedostojen eri komponentteja, kuten Excelin välilehtiä sekä kaavioita. Automation-tavassa tietojen hakeminen yhdestä sovelluksesta toiseen perustuu asiakassovelluksen mahdollisuuteen käyttää palvelinsovelluksessa sijaitsevia toimintoja ja ominaisuuksia hyödykseen. Palvelinsovelluksen tehtävänä on tarjota erilaisia tietoja tai työkaluja asiakassovelluksen hyödynnettäväksi. Esimerkiksi Microsoftin tuotteista Excel on erikoistunut laskentaan ja Word kirjoittamiseen. Automation-tavan avulla Word voi hyödyntää Excelissä sijaitsevia laskentaominaisuuksia ja tuoda Excelillä luodut lopputulokset suoraan Word-dokumenttiin.

Mansfield (2019, 803-804) kertoo kirjassaan toisen ohjelman hyödyntämisen käynnistyvän luomalla objekti, jolla viitataan sovellukseen, jota halutaan hyödyntää. Komennolla CreateObject voidaan luoda uusi objekti toiseen sovellukseen. Toisen sovelluksen hyödyntämisessä tärkeä osa on määrittää, miten yhteys muodostetaan toiseen ohjelmaan. Yhdistämiseen on kaksi erilaista tapaa, varhainen yhdistäminen (early binding) sekä myöhäinen yhdistäminen (late binding). Varhaisella yhdistämisellä tarkoitetaan viittauksen lisäämistä etukäteen toisen sovelluksen objektikirjastoon jo ennen koodin suorittamista. Tällöin myös hyödynnettävät objektit määritellään tarkasti. Myöhäisessä yhdistämisessä ohjelma luo yhteyden toiseen sovellukseen vasta koodin suoritushetkellä. Tällöin ei lisätä etukäteen viittausta objektikirjastoon ja ulkoiset objektit määritellään geneerisesti As Object -tyypillä. Mansfieldin mukaan on kuitenkin suositeltavaa hyödyntää varhaista yhdistämistä

sovelluksen sitä tukiessa, koska siinä viitataan toisen sovelluksen objektikirjastoon etukäteen sekä määritellään tarkasti objektit, johon viitataan. Tällöin virheiden riski pienenee ja koodi suoriutuu nopeammin verrattuna myöhäiseen yhdistämiseen. Kaikki Microsoftin sovellukset eivät kuitenkaan tue varhaista yhdistämistä, jolloin on pakko hyödyntää myöhäistä yhdistämistä.

4 Toimintaympäristö

Tämä diplomityö tehtiin globaalisti toimivalle prosessiteollisuuden ratkaisuja tarjoavalle yritykselle. Yritys toimii Engineer to order -periaatteella, jolloin jokainen asiakkaalle myyty laite muodostaa toimitusprojektin. Yrityksen strategian tärkeimmät lähtökohdat ovat asiakkaiden auttaminen toimialoillaan menestymisessä sekä omien tuotteiden kehittämiseen ja parantamiseen sitoutuminen tuotteen elinkaaren ajaksi.

Yrityksen projektit ovat laajoja, monivaiheisia ja pitkäkestoisia. Yrityksen tehdessä tuotteiden suunnittelun, hankinnat ja valmistuksen, niin projektin ohjaamisen liittyvää aikatauludataa syntyy merkittävä määrä projektin aikana. Eri projektivaiheessa olevaa toimintaa ohjataan eri järjestelmissä, jolloin aikataulutietoa muodostuu eri järjestelmiin. Aikatauluja päivitetään useammassa eri järjestelmässä manuaalisesti, jolloin projektin aikana tapahtuvat aikataulumuutokset aiheuttavat suuren määrän työtä.

Tiettyä toimintaa ohjaavaa aikataulutietoa saattaa olla useammassa järjestelmässä erilaisella ajoituksella, koska moni aikataulutietoa sisältävistä järjestelmistä ei ole keskenään yhteydessä toisiinsa. Ristiriitaisen aikataulutiedon takia aikataulujen tulkitseminen hankaloituu organisaatiossa ja aikataulujen uskottavuus madaltuu. Aikataulutietoa tarvitsevalle henkilölle syntyy epävarmuutta, jos samaa toimintaa ohjaavaa aikatauludataa on useammassa eri paikassa eroavalla ajoituksella. Pahimmillaan aikataulutietojen ristiriitaisuus voi johtaa tilanteeseen, jossa myöhästytään asiakkaalle luvatuista toimituspäivistä.

Prosessiteollisuuden laitetoimittajana tuotteiden toimitusajat ja niissä pysyminen ovat merkittävässä roolissa. Tuotteiden toimitusaika on ratkaisevassa roolissa asiakkaan tuotantolaitoksen käynnistämisen kannalta ja se vaikuttaa suoraan asiakkaan tulovirtaan. Jos tuotteiden toimitukset sekä asennukset myöhästyvät aikataulusta, niin asiakkaalle aiheutuu tulonmenetyksiä, kun asiakas ei voi käynnistää tuotantoaan. Yrityksen tuotteiden toimitusaika on myös tärkeä tekijä kilpailijoita vastaan markkinoilla.

5 Tutkimusasetelma

Tässä luvussa esitellään, kuinka tutkimuksen empiirinen puoli on toteutettu. Luvussa esitetään käytetty tutkimusmenetelmä, aineiston keruu- ja analysointimenetelmä sekä perustelut, miksi juuri näitä menetelmiä on hyödynnetty tutkimuksessa. Luvun lopussa esitetään myös aikatauludatan synkronointipilotin eri vaiheet, joiden avulla synkronointipilotti toteutettiin.

5.1 Tutkimusmenetelmät

Työssä hyödynnettiin laadullista eli kvalitatiivista tutkimustapaa työn empiirisessä toteutusvaiheessa. Kvalitatiivista tutkimustapaa hyödyntämällä saatiin kokonaisvaltainen kuva tutkittavasta ilmiöstä. Hirsjärven, Remeksen ja Sajavaaran (2009, 161) mukaan kokonaisvaltaisen kuvan hahmottaminen on tyypillistä kvalitatiiviselle tutkimukselle. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa on tarkoituksena löytää uusia asioita liittyen tutkittavaan ongelmaan. Puusan ja Juutin (2020) mukaan laadullisessa tutkimuksessa tulee esiin tutkittavan kohteen kompleksisuus. Tutkimuskohteet voivat olla tyypiltään aikaan tai paikkaan sidottuja, näkymättömiä tai ihmisten välisessä vuorovaikutuksessa syntyneitä ilmiöitä, joita on vaikea tulkita yksiselitteisesti. Eskola ja Suoranta (1998) kertovat kirjassaan kvalitatiivisen tutkimuksen ominaispiirteeksi tutkittavien tapauksien suhteellisen pienen määrään ja kerättävän tiedon laatuun panostamisen. Tutkittavia tapauksia pyritään analysoimaan mahdollisimman tarkasti ja kokonaisvaltaisesti.

Kvalitatiivinen tutkimustapa valittiin tutkimustavaksi, koska tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia aikatauludatan synkronointia. Dataa synkronoitaessa tuli ymmärtää, mitä toimintaa aikataulupisteet todellisessa elämässä ohjaavat sekä miten aikatauludatan synkronointi vaikuttaa toimintaan myös oikeassa elämässä. Aikatauludatan synkronointia ei siis tutkittu pelkästään järjestelmämielessä, vaan huomioon otettiin myös todellisuus. Hirsjärven sekä muiden (2009, 161) mukaan todellisen elämän kuvaaminen on kvalitatiivisen tutkimuksen pyrkimys.

Tutkimus suoritettiin tapaustutkimuksena. Tapaustutkimuksessa on tarkoituksena tuottaa tutkittavasta ilmiöstä mahdollisimman yksityiskohtaista tietoa. Tapaustutkimuksessa

pyritään ottamaan huomioon kaikki tutkittavaan ilmiöön liittyvät seikat, jotta pystytään ymmärtämään ilmiö kokonaisuutena. (Puusa & Juuti 2020.) Tässä tutkimuksessa tapaustutkimusmenetelmän avulla pyrittiin keräämään tietoa aikataulutiedon muodostumisessa toiminnanohjausjärjestelmässä, jotta pystyttiin kartoittamaan toiminnanohjausjärjestelmässä olevan datan hyödyntämistä aikatauludatan synkronoinnissa ja tutkimaan datan keskittämisen mahdollisuutta. Laadullinen lähestymistapa mahdollisti syvällisen uppoutumisen aikatauludatan muodostumiseen ja keskittämiseen vaikuttaviin toimintatapoihin sekä asioihin.

Hirsjärven ja Hurmeen (2022) mukaan empiirinen tutkimus on monivaiheinen kokonaisuus, jossa eri vaiheet ovat riippuvuussuhteessa toisiinsa. Vaikka heidän mukaansa on hankalaa kuvailla tutkimusta yleistävästi, niin silti tietyt tutkimuksen vaiheet toistuvat tutkimuksesta toiseen. Heidän mukaansa jokainen tutkimus pitää sisällään seuraavat vaiheet: alustavan tutkimusongelman määrittäminen, aiheeseen perehtyminen, ongelman täsmennys, aineiston kerääminen ja aineiston analysointi sekä johtopäätöksien tekeminen. Tämän tutkimuksen tekemisessä hyödynnettiin edellä mainittuja vaiheita.

5.2 Alustava tutkimusongelma ja ongelman täsmennys

Tutkimuksen alussa määritettiin tutkimukselle tutkimuskysymykset yhdessä toimeksiantajan kanssa perustuen tutkimusongelmaan. Koska työssä tuli tutkia erilaisia mahdollisuuksia aikataulutiedon synkronointiin ja läpinäkyvyyden parantamiseen, niin tutkimuksen alussa jouduttiin rajaamaan pois tutkimuksen piirissä olevia järjestelmiä. Työstä olisi tullut liian laaja, jos olisi tutkittu useamman mahdollisen järjestelmän soveltuvuutta aikataulutiedon synkronoinnin parantamiseen yksityiskohtaisesti yhden diplomityön aikana. Eskolan ja Suorannan (1998) mukaan laadullista aineistoa voi olla saatavilla loputtomasti, joten aineiston mahdollisimman tarkka rajaus on tärkeää. Tutkimuksen alussa kannattaa keskittyä pienempään aineistoon ja tarpeen tulleen kerätä aineistoa lisää. Tutkijan tulisi saada muodostettua aineistosta tulkinta, jossa satunnaisesti esiintyvät asiat eivät saa liikaa valtaa. Tutkimuksessa tehtävät tulkinnat eivät saa perustua kokonaan satunnaisuuksiin.

Hirsjärven, Remeksen ja Sajavaaran (2009, 81) mukaan kvalitatiivisessa tutkimuksessa tutkitaan usein aluetta, jota on aikaisemmin tutkittu vähän ja josta on vain rajoitetusti tietoa saatavilla. Tämä voi johtaa tutkittavan aiheen uudelleen tarkastelemiseen, tarkentamiseen tai jopa uudelleen määrittelemiseen, kun päästään tutkimuksessa aineiston keruuvaiheeseen.

Tutkimuksen aikaiset muutokset eivät ole mitenkään poikkeuksellisia ja laadullinen tutkimustapa mahdollistaa tämänlaisen joustavuuden tutkimuksessa. Tutkittavaa aihepiiriä jouduttiin kohdentamaan uudestaan, kun tunnistettiin liiketoimintayksikön kompleksisten toimintatapojen vaikutukset synkronointiin sekä ei pystytty todentamaan toiminnanohjausjärjestelmässä olevien hankinta-aikatietojen luotettavuutta. Edellä mainitut asiat tekivät suunnittelun aikataulutuksen viemisen toiminnanohjausjärjestelmään haastavaksi.

5.3 Tutkimuksen tiedonkeruu

Tutkimuksen tiedonkeruu suoritettiin pääasiassa teemahaastattelujen ja strukturoimattomien haastattelujen avulla sekä järjestelmissä olevaa dataa tutkimalla. Teemahaastattelut valikoituivat päähaastattelutavaksi, koska haastattelut haluttiin pitää joustavana ja vuorovaikutuksellisina. Teemahaastattelu valikoitui myös sen takia käytettäväksi aineistonkeruutavaksi, koska haluttiin kuulla haastateltavan rehellinen mielipide siitä, kuinka aikataulupisteet toimivat sekä kuinka luotettavaa aikatauludata on eri järjestelmissä. Teemahaastatteluista saadut vastaukset ovat haastateltavien ihmisten omia tulkintoja tutkittavasta ilmiöstä (Tuomi & Sarajärvi 2018; Hirsjärvi & Hurme 2001, 48).

Hirsjärvi ja Hurme (2022) kertovat teemahaastattelulle olevan tyypillistä haastattelutilanteiden eteneminen haastattelijan määrittämien teemojen mukaan tarkkojen kysymyksien sijasta. Tuomen ja Sarajärven (2018) mukaan haastattelun teemat perustetaan tutkittavan ilmiön ja siitä tarvittavan tiedon ympärille. Teemahaastattelussa voidaan tarvittaessa esittää haastateltavalle tarkentavia kysymyksiä perustuen haastateltavien vastauksiin.

Tutkimuksessa perehdyttiin vielä syvällisemmin tutkittavaan ongelmaan strukturoimattomien haastattelujen avulla, kun aineiston käsittelyvaiheessa heräsi lisäkysymyksiä tutkittavasta ongelmasta. Strukturoimaton haastattelu tunnetaan toiselta nimeltään syvähaastatteluna. Hirsjärven ja Hurmeen (2022) mukaan syvähaastatteluissa haastattelija porautuu syvemmälle haastateltavan henkilön vastauksiin ja haastateltavan vastauksia hyödyntämällä muodostetaan seuraavia kysymyksiä jatkamaan haastattelutilannetta. Tuomen ja Sarajärven (2018) mukaan syvähaastattelussa on tarkoituksena saada haastateltavalta henkilöltä mahdollisimman tarkka kuvaus tutkittavasta ilmiöstä. Samaa haastateltavaa saatetaan haastatella useamman kerran, jotta saadaan tarpeeksi tietoa tutkittavasta ongelmasta.

Tutkimuksen aikana suoritettiin haastatteluja noin 20 kappaletta. Suurin osa haastatteluista oli teemahaastatteluja ja osa strukturoimattomia haastatteluja. Haastateltavia henkilöitä valittiin laajasti osaajia eri prosessivaiheista, jotta saatiin kattava kokonaiskuva toiminnasta. Haastateltavat henkilöt valikoituivat pääasiassa tutkimuksen tekijän valikoimina. Haastateltaviksi pyrittiin valikoimaan henkilöitä, joilla oli kattava osaaminen oman osa-alueensa aikataulutiedon muodostumisesta tai aikataulujen toiminnasta. Haastattelutilanteidenkin aikana tuli esiin tiettyjä henkilöitä nimeltä, joita haastattelemalla pystyttiin syventymään tutkittavaan ongelmaan. Haastateltavat henkilöt edustivat pääasiassa suunnitteluosastoja, hankintaosastoa ja tuotannonohjausosastoa. Haastateltavina henkilöinä oli yrityksessä työskenteleviä järjestelmäasiantuntijoita, prosessipäälliköitä, prosessiasiantuntijoita, suunnittelupäälliköitä, pääsuunnittelijoita, hankintapäälliköitä, hankintainsinöörejä sekä tuotannonsuunnittelijoita.

Tutkimuskysymyksiä hyödyntäen määritettiin haastatteluun teemoja. Teemahaastatteluissa aihealueet käsittelivät eri osastojen aikatauludatan muodostumista sekä sen luotettavuutta ja läpinäkyvyyttä. Haastatteluista saatujen vastauksien pohjalta pyrittiin luomaan kehitysehdotuksia aikatauludatan synkronoinnin sekä projektien läpinäkyvyyden parantamiseen. Teemahaastattelun rakenne jakautui kolmeen eri teemaan, katso myös liite 1.

1) Haastattelun ensimmäisessä teemassa selvitettiin, minkälaista aikatauludataa on olemassa kullakin projektivaiheen osa-alueella. Teeman tarkoituksena oli selvittää, mitä aikataulupisteitä osasto seuraa, mistä järjestelmästä sekä, mitä toimintaa aikataulupisteet ohjaavat. Teemassa selvitettiin myös ylläpitääkö osasto itse aikataulutietoa ja, missä aikataulutietoa ylläpidetään.

2) Teemahaastattelun toisessa teemassa selvitettiin, miten aikataulujen päivämäärät määräytyvät järjestelmissä kullakin projektivaiheen osa-alueella. Teemassa kaivauduttiin syvällisesti aiheisiin kuten, minkä osa-alueen aikataulutieto tai muut tekijät vaikuttavat osaston seuraamaan aikataulutietoon tai ohjaavat osaston seuraamaa aikataulua.

3) Teemahaastattelun kolmannessa teemassa perehdyttiin järjestelmissä olevan aikatauludatan luotettavuuteen sekä projektien aikatauludatan läpinäkyvyyden ongelmiin. Haastattelujen aikana käytiin myös lävitse, mistä ongelmat johtuvat.

Teemojen avulla pyrittiin saamaan kokonaisvaltainen kuva tutkittavasta ongelmasta ja aikatauludatan muodostumisesta eri järjestelmissä. Koska tutkittava ongelma oli itsessään laaja, niin keneltäkään yksittäiseltä haastateltavalta ei ollut mahdollista saada eri projektivaiheiden kattavia vastauksia, vaan haastattelijan tuli itse muodostaa kokonaiskuva tehtyjen haastattelujen perusteella.

Tutkimuksessa suoritetut teemahaastattelut tehtiin tietokoneella Teams-yhteyden välityksellä ja haastattelija kirjasi omat muistiinpanot tietokoneelle haastattelujen aikana. Haastatteluita ei tallennettu, koska haastatteluiden aikana tuli paljon myös tutkimuksen kannalta irrelevanttia tietoa esiin. Teams-yhteydellä käyty haastattelutilanne mahdollisti myös asioiden havainnollistamisen ruutua jakamalla. Tapaustutkimukselle yksi tärkeistä määritelmistä on tutkittavien asioiden tarkastelu niiden luonnollisessa ympäristössä (Puusa & Juuti 2020).

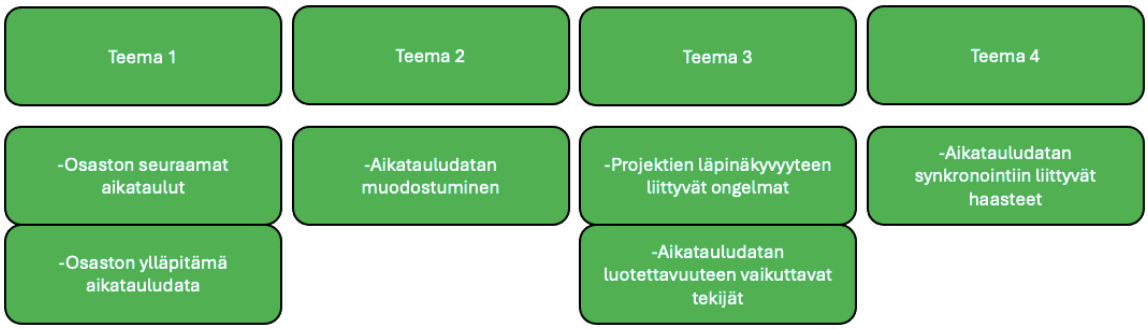
Tutkimuksen aikana suoritettiin tiedonkeruuta myös yrityksen järjestelmistä. Pääasiassa keskityttiin tutkimaan aikataulutusjärjestelmässä sekä toiminnanohjausjärjestelmässä olevaa aikataulutietoa hankintojen sekä tuotannon osalta. Aikatauludatan luotettavuutta tutkittiin perustuen datan analysointi toimitusketjussa luvussa esitettyyn datan analysointimenetelmään. Datan analysoinnin ensimmäisessä vaiheessa tunnistettiin, mikä aikatauludata oli kriittistä synkronoinnille sekä järjestelmät, jossa synkronoinnin osalta kriittistä aikatauludataa sijaitsi. Toiminnanohjausjärjestelmässä sijaitsevan aikatauludatan luotettavuutta tutkittiin tuotantokehoitteiden sekä hankintakehoitteiden osalta. Datan tunnistamisen jälkeen aikatauludata kerättiin järjestelmistä. Kerättävä data oli laadultaan kvantitatiivista, koska data piti sisällään tuotannon ajoituksia sekä komponenttien hankinta-aikoja.

5.4 Kerätyn tiedon analysointi

Haastattelutilanteiden jälkeen suoritettiin aineiston litterointi eli puhtaaksi kirjoittaminen. Aineiston litterointi suoritetaan, jotta aineisto saadaan helpommin luettavaan muotoon. Litterointi voidaan tehdä kokonaisesta aineistosta tai sitten valikoiden perustuen tutkimuksen haastatteluteemoihin (Hirsjärvi & Hurme, 2022). Tutkimuksen haastattelutilanteissa tehdyt omat muistiinpanot vähensivät litteroitavan aineiston määrää. Aineiston litterointi suoritettiin perustuen tutkimuksen haastatteluteemoihin.

Tuomen ja Sarajärven (2018) mukaan kerätylle aineistolle tulee suorittaa sisällönanalyysi, jotta saadaan tutkimuksen aineisto valmisteltua johtopäätöksien tekemistä varten. Sisällönanalyysin tarkoituksena on saattaa tutkittava ilmiö tiivistetyksi ja yleisessä muodossa olevaksi kuvaukseksi menettämättä aineiston alkuperäistä sanomaa. Puusan ja Juutin (2020) mukaan sisällönanalyysin tarkoituksena on tutkittavan ilmiön kuvaileminen, tulkitseminen sekä ymmärtäminen. Haastattelutilanteissa kerätyn aineiston sisällönanalyysissa hyödynnettiin Tuomen ja Sarajärven (2018) aineistolähtöistä sisällönanalyysiä, jota mukailtiin tähän tutkimukseen sopivaksi. Sisällönanalyysin vaiheina olivat aineiston käsitteleminen, aineiston järjestäminen sekä aineiston tulkitseminen, jonka avulla suoritettiin esimerkiksi aikatauludatan muodostumisen mallinnus.

Aineiston käsittelyvaiheessa aineistosta poimittiin tärkein tieto liittyen eri prosessivaiheiden aikatauludataan, sen muodostumiseen ja läpinäkyvyyteen. Aineiston järjestelyvaiheessa tehtiin aineiston teemoittelu. Tuomen ja Sarajärven (2018) mukaan teemoittelun tarkoituksena on jaotella kerätty aineisto erilaisten aihepiirien alle. Teemoittelu suoritettiin jokaiselle tutkittavalle projektivaiheelle eli suunnittelulle, hankinnalle ja valmistukselle sekä kokoonpanolle erikseen. Puusan ja Juutin (2020) mukaan teemat voivat pohjautua tutkimuksessa jo aineistonkeruuvaiheessa päätettyihin teemoihin, mutta tutkimuksen aikana kerätystä aineistosta voidaan jopa löytää täysin uusia teemoja. Tässä tutkimuksessa löydettiin täysin uusi teema aineiston keruuvaiheessa liittyen aikatauludatan synkronoinnin haasteisiin. Teemat ovat esitetty kuviossa 6.



Kuvio 6. Aineiston käsittelyvaiheessa muodostetut teemat

Järjestelmissä olevan datan analysoinnin osalta järjestelmistä kerätty aikataulutieto puhdistettiin ennen analysointia. Toiminnanohjausjärjestelmästä kerätyistä hankinta-ajoista poistettiin virheelliset arvot. Nimikkeen hankinta-aika katsottiin virheelliseksi, jos hankinta-aika oli 300-999 arkipäivää. Datan puhdistamisen jälkeen tuotteen tuoterakenteen avulla toiminnanohjausjärjestelmässä sijaitsevia tuotannon ajoituksia ja hankinta-aikoja verrattiin suunnittelun aikatauluissa oleviin vastaavien tehtävien ajoituksiin. Vertailua jouduttiin tekemään manuaalisesti. Datan luotettavuuden analysoinnista saatuja tuloksia esitellään tutkimuksen Tulokset -osion kappaleessa 6.5.4.

Sisällönanalyysin viimeisessä vaiheessa tehtiin tulkinnat kerätystä ja järjestellystä aineistosta. Tässä vaiheessa kirjoitettiin puhtaaksi aikatauludatan muodostumisen väliset syy-seuraussuhteet, jotta ymmärrettiin, miten aikatauludata muodostuu kokonaisuudessaan toimitusketjussa. Tämän jälkeen pystyttiin mallintamaan aikatauludatan muodostuminen eri toimintatapojen variaatiot huomioon ottaen. Kokonaisuudessaan haastattelujen avulla saadusta aineistosta tutkija sai tärkeää tietoa aikataulutiedon muodostumisen nykytilanteesta.

Haastatteluista ja järjestelmistä kerätyn aineiston analysointi ja tulkitseminen oli välttämätöntä, jotta voitiin siirtyä tutkimuksen seuraavaan osioon eli aikatauludatan synkronointimenetelmän prototyyppisuunnitteluun. Tutkimuksen aikana suunniteltiin konseptitason esitys aikatauludatan synkronoinnista aikataulutusjärjestelmän, toiminnanohjausjärjestelmän sekä muiden aikatauludokumenttien välillä. Konseptitason esityksen toimivuuden varmistamiseksi tutkimuksen aikana suoritettiin pilotti, jossa synkronointia testattiin ilman suoraa järjestelmäintegraatiota. Pilotin tarkoituksena oli tutkia, pystytäänkö toiminnanohjausjärjestelmässä muodostuvaa aikatauludataa tai muissa dokumenteissa ylläpidettävää dataa siirtämään aikataulutusjärjestelmässä sijaitsevaan aikatauluun ja sitä kautta parantamaan aikatauludatan synkronointia.

Synkronointipilotti koostui kuudesta eri vaiheesta. Vaiheiden tarkempi sisältö sekä tulosten analysointi on esitettynä tutkimuksen Tulokset-osuuden luvussa 6.8. Pilotin suunnittelu eteni seuraavasti taulukon 1 mukaan.

Taulukko 1. Synkronointipilotin eri vaiheet sisältöineen

Synkronointipilotin vaihe	Vaiheen sisältö
0. Toiminnanohjausjärjestelmässä olevan datan tutkiminen	-Toiminnanohjausjärjestelmässä olevan datan luotettavuuden tarkastelu
1. Pilotin tavoitteiden määritys	-Synkronoinnin logiikan määritys -Synkronoitavan datan määritykset
2. Datan yhdistämissääntöjen määritys	-Tunnisteiden määritys eri järjestelmissä sijaitsevan datan välille
3. Testidatan muodostaminen	-Testidatan sisällön ja muodon määrittäminen -Testidatan muodostaminen
4. Aikataulumallipohjien tarkastelu ja muuttaminen	-Aikataulumallipohjiin tehtävien muutosten määrittäminen
5. Teknisen toteutustavan määritys	-Käytettävän koodikielen määrittäminen ja koodin luominen
6. Pilotoinnin suorittaminen ja tulosten analysointi	-Pilotin suorittaminen ja eri skenaarioiden testaaminen -Tuloksien tallentaminen ja analysoinnin suorittaminen

6 Tulokset

Tässä luvussa esitetään tutkimuksen tulokset. Kappaleissa 6.1-6.4 esitellään aikataulutuksen nykytilannetta. Ensimmäisenä esitellään tutkimuksen piiriin kuuluvat järjestelmät, joissa sijaitsee aikatauludataa. Seuraavaksi esitellään haastatteluista kerätyn tiedon pohjalta aikataulutiedon muodostumisen nykytilannetta. Haastatteluista kerätyn aineiston avulla luotu aikatauludatan muodostumisen mallinnus esitetään. Lopuksi esitetään syitä, miksi aikataulutieto poikkeaa aikataulutusjärjestelmän ja toiminnanohjausjärjestelmän välillä nykytilanteessa.

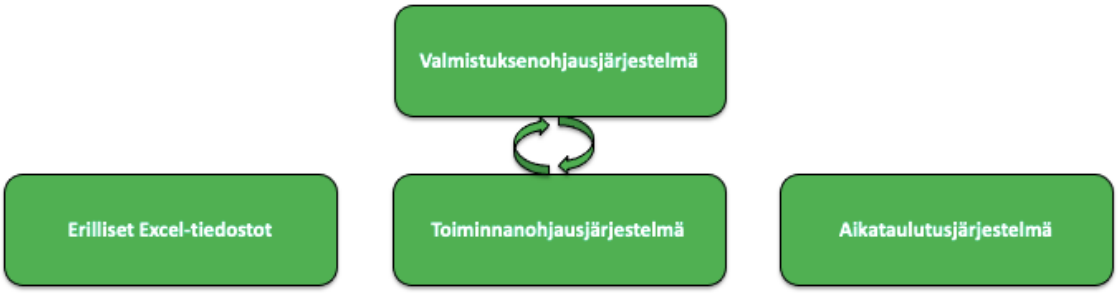
Kappaleessa 6.5 esitetään haasteita liittyen suunnittelun aikatauluttamiseen toiminnanohjausjärjestelmässä olevalla datalla. Luvussa 6.6 pohditaan valmistuksenohjausjärjestelmän soveltuvuutta suunnittelun aikataulutukseen. Kappaleessa 6.7 esitellään tutkimuksen aikana tunnistettuja läpinäkyvyyshaasteita. Kappaleessa 6.8 esitellään tutkimuksessa kehitetty synkronointipilotti ja siitä saadut tulokset. Kappaleessa 6.9 käsitellään synkronoinnin automatisointia.

6.1 Tutkimuksen piirissä olevat järjestelmät

Tutkimuksessa on keskitytty käsittelemään aikatauludatan synkronointia tuotteen suunnitteluvaiheen aloituksesta siihen hetkeen, kun tavarat ovat lähetysvalmiina joko yrityksen omassa varastossa, toimittajan varastossa tai yrityksen hyödyntämän alihankkijan logistiikkakeskuksessa. Edellä mainittujen tapahtumien väliin mahtuu tuotteen suunnittelua, hankintaa, valmistusta ja kokoonpanoa. Näihin projektivaiheisiin liittyvää aikataulutietoa on pääasiassa aikataulutusjärjestelmässä, toiminnanohjausjärjestelmässä, valmistuksenohjausjärjestelmässä ja erillisissä Excel-tiedostoissa.

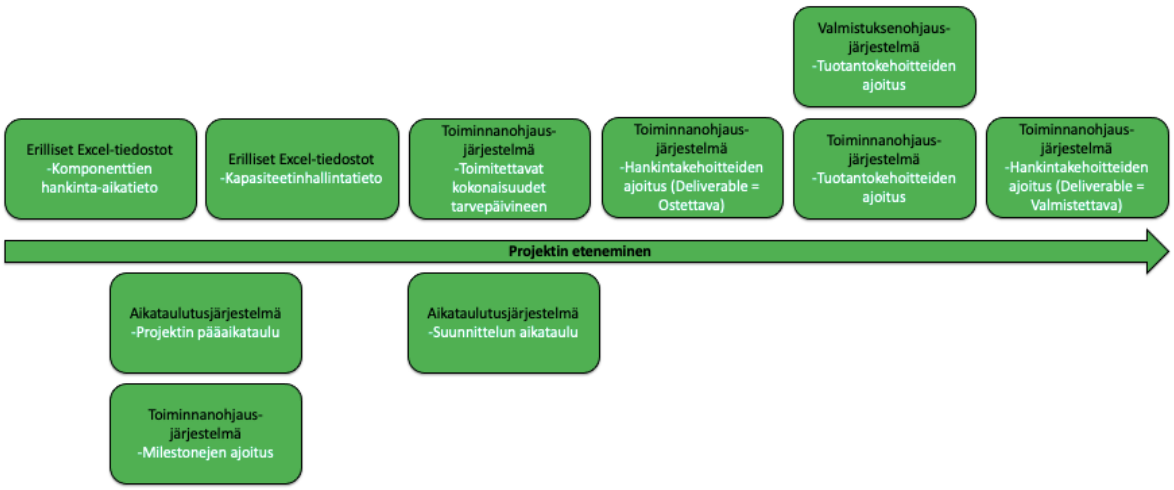
Projektin suunnitteluvaiheen aikataulutus tapahtuu erillisessä aikataulutusjärjestelmässä. Projektien alussa tehdään suunnitteluosastolle suunnittelun aikataulu, joka ohjaa suunnittelutyötä. Hankintaorganisaation toimintaa ohjaava aikataulutieto on toiminnanohjausjärjestelmässä. Lisäksi hankinnalla on useita Excel-tiedostoja, joissa ylläpidetään erilaisten kokonaisuuksien ja komponenttien hankinta-aikoja. Omaa valmistusta ja kokoonpanoa ohjataan erillisessä valmistuksenohjausjärjestelmässä sekä toiminnanohjausjärjestelmässä. Tämän

lisäksi valmistuksen sekä kokoonpanon kapasiteettia hallitaan erillisten Excel -tiedostojen avulla. Kuviossa 7 esitetään tämän tutkimuksen osalta tärkeimmät järjestelmät ja tiedostot, joissa aikataulutietoa esiintyy.



Kuvio 7. Tutkimuksen piirissä olevat järjestelmät ja tiedostot, jotka sisältävät aikataulutietoa

Jokaisella edellä mainitulla järjestelmällä ja tiedostolla on oma tarkoitus projektin aikataulutuksessa. Järjestelmissä ja tiedostoissa oleva aikataulutieto poikkeaa toisistaan esimerkiksi esittämismuodossa. Toiminnanohjausjärjestelmässä oleva aikataulutieto on huomattavasti tarkemmalla tasolla, kuin aikataulutusjärjestelmässä tehtävässä suunnittelun aikataulussa. Projektin aikana aikataulutietoa syntyy toimeksiantajan eri järjestelmiin eri projektin vaiheissa, katso kuvio 8.



Kuvio 8. Aikataulutiedon muodostuminen projektin edetessä

Kuviosta 8 voidaan nähdä projektien alussa aikataulutiedon sijaitsevan erillisissä Excel-tiedostoissa sekä aikataulutusjärjestelmässä. Projektin edetessä aikataulutietoa muodostuu myös toiminnanohjausjärjestelmään sekä valmistuksenohjausjärjestelmään.

6.2 Nykytilanteen kuvaus aikataulutuksen osalta

6.2.1 Aikataulutusjärjestelmässä tapahtuva aikataulutus

Suunnittelun aikataulutus tehdään aikataulutusjärjestelmässä, joka ei ole yhteydessä yrityksen muihin järjestelmiin. Suunnittelun aikataulun tärkeimpänä tehtävänä on määrittää suunnittelun vapautuspiste. Suunnittelun vapautuspiste kertoo, milloin suunnittelutyön tulee olla tietyllä osa-alueella viimeistään valmis, jotta tuotteeseen tarvittavat komponentit saadaan hankintaan tai valmistukseen oikea aikaisesti ja pystytään valmistamaan tuote asiakkaalle luvatussa ajassa. Suunnittelun vapautuspiste määrittää siis takarajan suunnittelun valmistumiselle. Suunnittelutyötä ohjataan pääasiassa rakenneryhmä- tai tuotetasolla, jolloin yksi aikataulu sisältää yhteen rakenneryhmään tai tuotekategoriaan liittyvän aikataulutiedon. Suunnittelun aikatauluissa on esitetty suunniteltavan rakenneryhmän tai tuotteen tuoterakenne karkealla tasolla perustuen tekniseen erittelyyn ja tuotannonjakodokumenttiin, katso kuvio 9.

Kuvio 9. Havainnollistus suunnittelun aikataulusta

Suunnittelun aikatauluja tehdään aikataulumallipohjien avulla. Aikataulumallipohjia on olemassa pääasiassa kaikille tuotteille, joita menee säännöllisesti kaupaksi. Aikataulumallipohjien avulla on nopeampaa toimia, koska jokaista suunnittelun aikataulua ei tarvitse rakentaa alusta saakka. Aikataulumallipohjat sisältävät monia erilaisia vaihtoehtoja, joita valitaan esimerkiksi tuotannonjakodokumentin tai tuotemallin mukaan. Yhden tuotteen malliaikataulupohjassa voi olla jopa yli tuhat riviä aikataulutietoa.

Suunnittelun vapautuspisteet määritetään hyödyntämällä aikataulutietoa useasta eri lähteestä. Projektin sisäisestä pääaikataulusta hyödynnetään toimitettavien kokonaisuuksien lähetyspisteet. Kokoonpanon tilankäytön hallinnan Excel -tiedostosta haetaan kokoonpanojen ajankohdat. Aikataulumallipohjassa on määritetty hankinnoille tarvittava aika. Käyttämällä mallipohjaa hankinta-aikoja ei tarvitse muuttaa projektikohtaista aikataulua tehdessä. Lähetyspisteet, valmistuksen ja kokoonpanon ajoitustiedot sekä hankinta-ajat ovat suunnittelun vapautuspisteen ajankohdan määrittämiseen käytettävää aputietoa. Kun edellä mainitut ajoitukset ovat määritetty suunnittelun aikatauluun, muodostuu suunnitteluaika nykyhetkestä suunnittelun vapautuspisteeseen.

Suunnittelun aikataulun tulee olla valmis kolmen viikon kuluessa projektin käynnistymisestä. Se on ensimmäinen dokumentti, jossa esitetään aikataulutietoa kokonaisvaltaisesti suunnittelun aloituksesta tuotteiden lähetyspisteisiin. Aikataulussa on näkyvillä suunnitteluaika, hankinta-aika, oman valmistuksen sekä kokoonpanon ajoitus sekä valmiin tuotteen lähetysajankohta. Suunnittelun aikataulu sisältää karkealla tasolla esitettynä aikataulutietoa, joka muodostuu toiminnanohjausjärjestelmään myöhemmin projektin edetessä.

Suunnittelun vapautuspiste on tärkein suunnittelun aikataulun sisältämä aikataulutieto, mutta suunnittelun aikataululla on monia muitakin tehtäviä. Suunnittelun aikataulut sisältävät myös aikataulupisteitä, jotka ohjaavat milloin suunnittelijan tulee siirtää lähtötietoja toiselle suunnitteluosastolle, tai milloin suunnittelulla tulee olla layout-piirustukset tai 3D-mallit valmiit. Suunnittelun aikataululla on myös olennainen rooli suunnittelun sekä tuotannon kuormitustiedon ylläpidon osalta. Kuormituksella kuvataan, kuinka paljon yksittäisellä suunnitteluosastolla tai tuotantolaitoksella on työkuormaa. Suunnittelutyön edistymän raportointikin tehdään suunnittelun aikataulun kautta. Yksi tärkeä aikataulutusohjelman mahdollistama ominaisuus on tehtävien resursointi. Tehtäville voidaan määrittää henkilöresursseja, jonka jälkeen tehtävät nousevat vastuullisten henkilöiden tehtävälistalle.

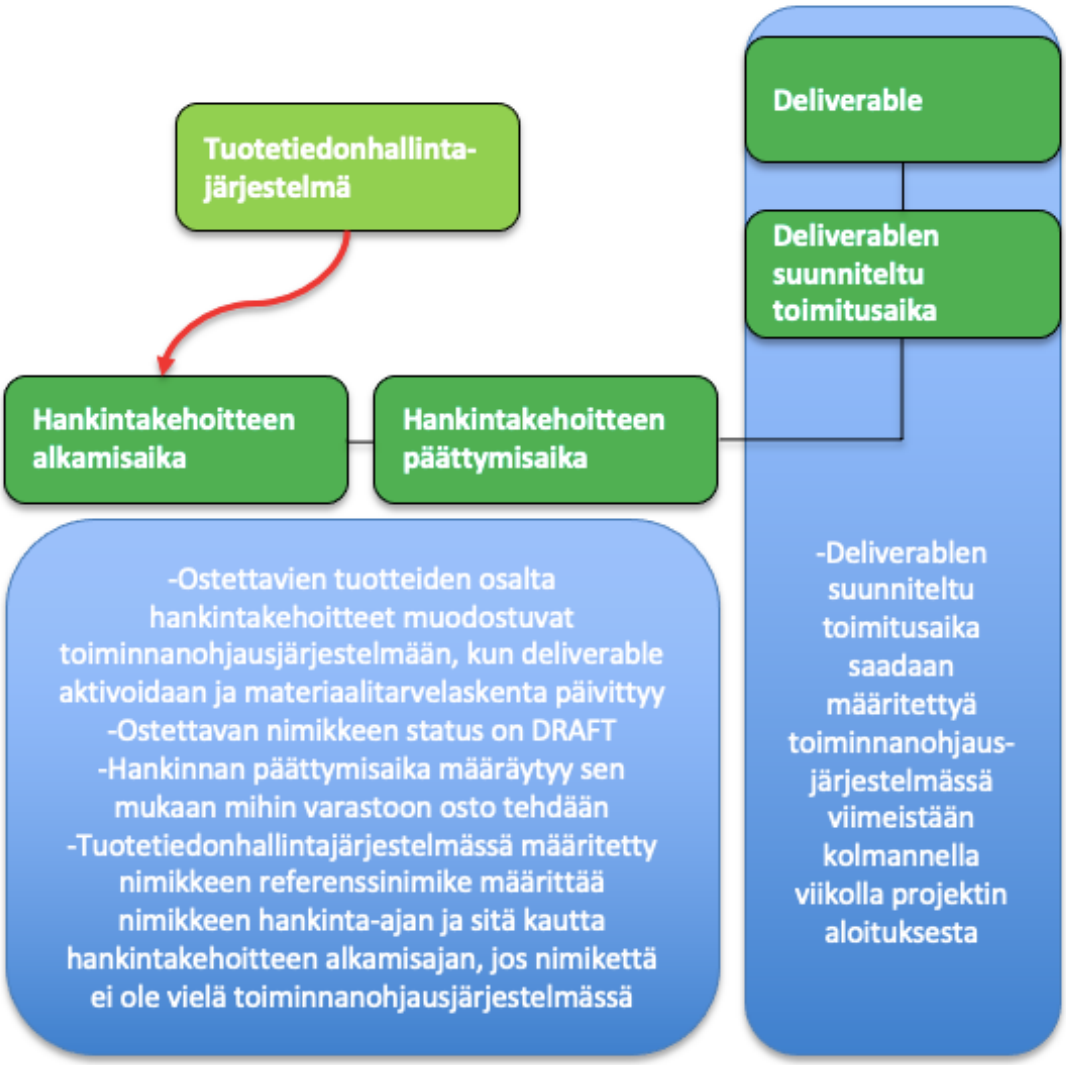
6.2.2 Toiminnanohjausjärjestelmässä tapahtuva aikataulutus

Projektin alussa tuotetiedonhallintajärjestelmässä avataan projektikohtaiset tuoterakenteet mallirakenteiden pohjalta. Tuoterakenteen eri haaroista muodostetaan deliverablet, jotka ovat projektikohtaisia toimitettavia kokonaisuuksia. Tuotetiedonhallintajärjestelmästä deliverablet siirretään toiminnanohjausjärjestelmään. Deliverablen avulla luodaan tarve toiminnanohjausjärjestelmässä tapahtuville toimitusketjun tapahtumille, kuten tuotantokehoitteille ja hankintakehoitteille.

Projektin aikataulutus toiminnanohjausjärjestelmässä tapahtuu samalla tavalla, kuin suunnittelun aikataulussa perustuen takarajojen määritykseen. Deliverablen avulla määritetään hankinnoille, valmistukselle ja kokoonpanoille takarajat eli tarvepäivämäärät. Deliverablen tarvepäivämäärät perustuvat projektin sisäiseen pääaikatauluun. Projektin sisäinen pääaikataulu puolestaan perustuu myyntivaiheessa annettuun toimitusaikaan. Myyntivaiheessa asiakkaalle annettu toimitusaika muutetaan kiinteiksi päivämääriksi projektin sisäisessä pääaikataulussa.

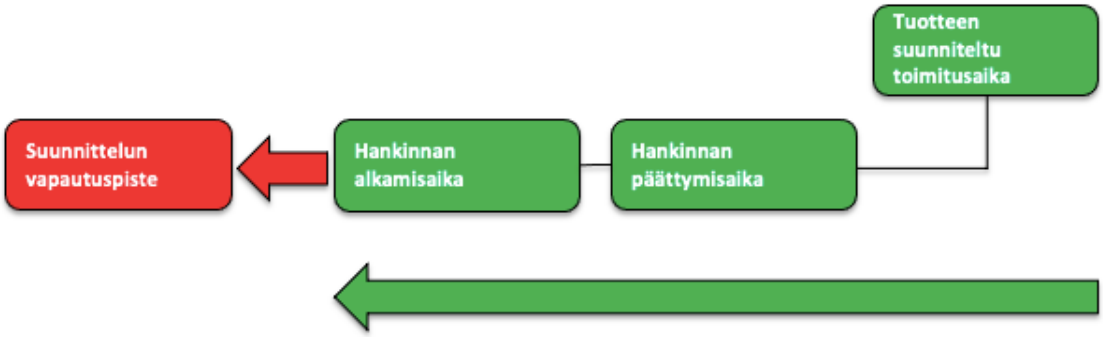
Liiketoimintalinjalla on pääsääntöisesti kolme erilaista deliverable-tyyppiä käytössä. Nämä deliverable -tyypit ovat ostettava, valmistettava sekä pakettiosto. Näistä deliverable-tyypeistä perehdytään kahteen ensin mainittuun tämän tutkimuksen kontekstissa. Tuotetiedonhallintajärjestelmässä nimikkeelle määritetty referenssinimike vaikuttaa nimikkeen dataan. Referenssinimike määrittää muun muassa tuleeko deliverablesta valmistettava vai ostettava toiminnanohjausjärjestelmän puolella.

Ostettavat deliverablet ovat pääasiassa erillistoimituksia, jotka lähetetään asiakkaalle toimittajalta suoraan tai toimitetaan ensin yrityksen käyttämään logistiikkavarastoon ja lähetetään sieltä asiakkaalle. Ostettavan deliverablen hankintakehoite muodostuu toiminnanohjausjärjestelmään, kun deliverablen toimituspäivämäärä on ajoitettu, deliverablen status on muutettu aktiiviseksi sekä materiaalitarvelaskentaprosessi on päivittynyt. Tuotetiedonhallintajärjestelmässä nimikkeelle määritetty referenssinimike määrittää myös hankintakehoitteelle muodostuvan hankinta-ajan. Hankinta-aika puolestaan vaikuttaa hankintakehoitteen alkamisaikaan. Seuraavassa kuviossa 10 on esitetty prosessi ostettavan deliverablen aikatauludatan muodostumisen osalta.



Kuvio 10. Ostettavan deliverable-tyypin aikatauludatan muodostuminen

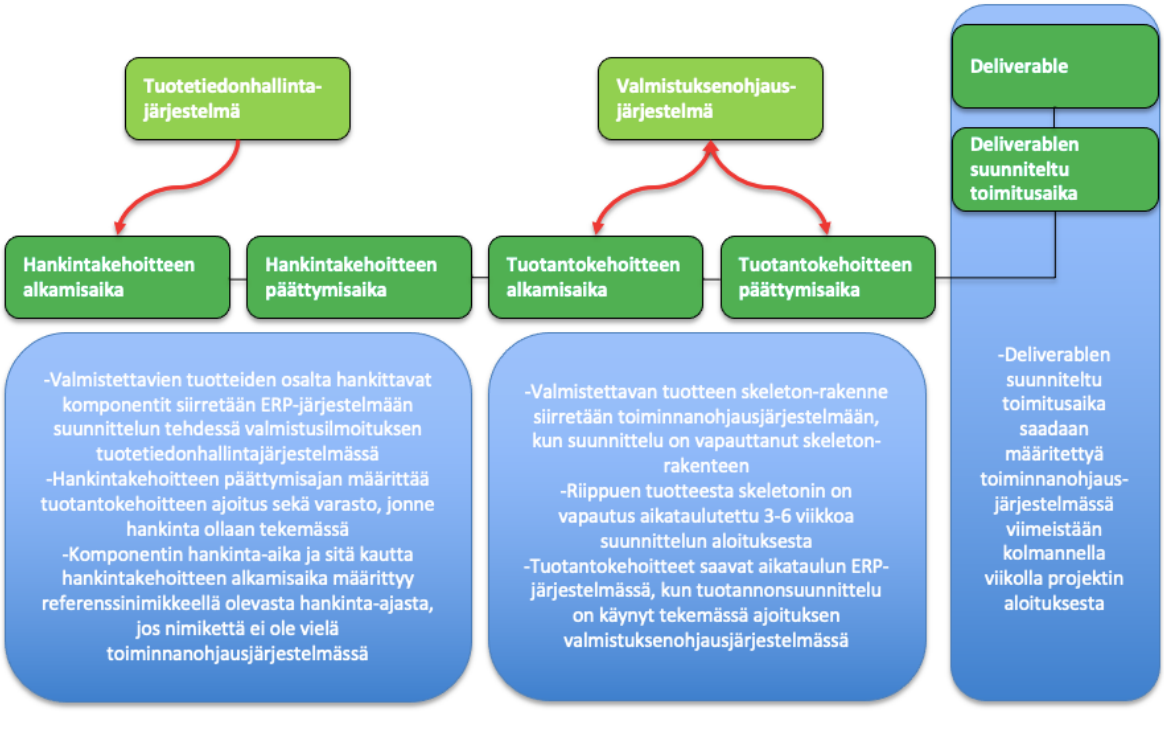
Toiminnanohjausjärjestelmässä ostaja ostaa ostettavasta deliverablesta muodostuvan hankintakehoitteen niin sanottuna yhden rivin ostona. Yksinkertaisemmillaan ostettavan deliverablen aikatauludatan muodostuminen voidaan mallintaa kuvion 11 mukaisesti. Kuvion 11 punaisessa laatikossa esitettyä suunnittelun vapautuspistettä ei esitetä toiminnanohjausjärjestelmässä.



Kuvio 11. Suunnittelun vapautuspisteen määrittäminen ostettavan deliverablen osalta

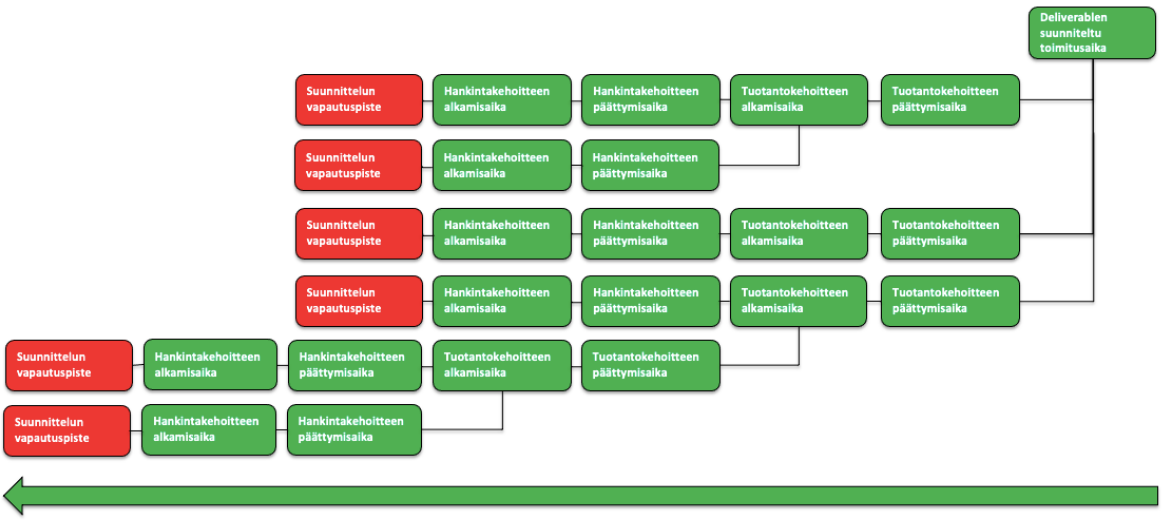
Toimintaan pätee kuitenkin poikkeus, jos toimeksiantajayritys teettää suuren laitteen esikokoonpanon alihankinnassa. Tällöin tyypillisesti laitteen suunnittelu ei ole kerralla valmiina. Tuotteen eri osioita ja niihin liittyviä suunnittelun vapautuspisteitä porrastetaan aikataulutusjärjestelmässä olevan suunnittelun aikataulun avulla, koska toiminnanohjausjärjestelmässä ei ylläpidetä aikataulutietoa alihankintakokoonpanojen ajoituksista. Asiaa käsitellään syvällisemmin luvussa 6.5.3.

Valmistettavaan deliverableen liittyy omassa tuotannossa olevia valmistus- tai kokoonpanovaiheita sekä komponenttien hankintoja. Jokaisesta tuotteen osaluettelon nimikkeestä, jolle on määritetty valmistettava referenssinimike muodostuu tuotantokehoite toiminnanohjausjärjestelmään. Valmistettavan deliverablen aikataulutiedon muodostumiseen vaikuttavat valmistuksenohjausjärjestelmässä tuotantokehoitteille tehdyt ajoitukset sekä tuotetiedonhallintajärjestelmässä nimikkeille määritetyt referenssinimikkeet. Alla olevassa kuviossa 12 on esitetty, kuinka valmistettavan deliverablen aikatauludata muodostuu toiminnanohjausjärjestelmään.



Kuvio 12. Valmistettavan deliverablen aikatauludatan muodostuminen

Valmistettavan deliverablen aikatauludatan mallinnus on esitetty alla olevassa kuviossa 13.



Kuvio 13. Suunnittelun vapautuspisteen määrittäminen valmistettavan deliverablen osalta

Kuviosta 13 nähdään, kuinka tuote, tuotteen eri alikokoonpanot ja alikokoonpanoihin liittyvät hankinnat hajoavat moneen eri tasoon. Tuotteeseen liittyvä aikataulutieto hajoaa moneen eri haaraan, joka tekee tuotteiden eri osioiden suunnittelun aikataulupisteiden määrittämisestä työläämpää.

6.2.3 Aikatauludatan muodostumisen mallinnus

Suunnittelun aikataulun aikatauludatan muodostuminen verrattuna toiminnanohjausjärjestelmässä muodostuvaan aikatauludataan on mallinnettuna liitteessä 2. Mallinnuksen tarkoituksena on tuoda ilmi, mitkä vaiheet vaikuttavat ensimmäisen tehtävän alkamispäivämäärään, kun aikataulutus tehdään perustuen toimitettavan kokonaisuuden lähetyspäivämäärään tai tavoiteltuun toimituspäivämäärään.

Liitteen 2 ylhäällä olevassa sinisessä laatikossa on esitetty vaihe vaiheelta, miten suunnittelun aikataulussa määritetään suunnittelun vapautuspiste. Liitteen 2 alemmassa laatikossa on esitetty vaiheet, jotka vaikuttavat hankintakehoitteelle muodostuvaan aloituspäivämäärään toiminnanohjausjärjestelmässä. Aikataulutuksen nykytilanteessa suunnittelun vapautuspisteen ajankohta pyritään ajoittamaan suunnittelun aikataulussa ennen toiminnanohjausjärjestelmään muodostuvaa hankintakehoitteen aloituspäivämäärän ajankohtaa. Haasteena on kahdessa eri järjestelmässä tapahtuva aikataulutus samalle toimitettavalle kokonaisuudelle.

Valmistettavan deliverablen hankintatarpeisiin ei ole näkyvyyttä ennen kuin suunnittelu on tehnyt ostettavista komponenteista valmistusilmoituksen. Valmistusilmoitustiketin käsittelyn ja osaluettelorakenteen siirtämisen jälkeen muodostuvat tuotteen tiettyyn osaan liittyvät hankintakehoitteet toiminnanohjausjärjestelmään. Nykytilanteessa voidaan ajautua tilanteeseen, jossa hankintakehoite muodostuu toiminnanohjausjärjestelmään vasta siinä vaiheessa, kun hankintaprosessin pitäisi olla jo käynnissä.

6.3 Nykytilanteen kuvaus projektivaiheiden osalta

Tässä kappaleessa esitellään eri projektivaiheiden toimintaa yleisesti. Painotuksena on toimintaa, joka vaikuttaa aikataulutiedon muodostumiseen. Kappaleessa kuvataan nykytilaa tuotteen suunnittelun, hankinnan ja oman valmistuksen sekä kokoonpanon osalta.

6.3.1 Nykytilanteen kuvaus: tuotteen suunnittelu

Liiketoimintayksikön tuotteet ovat monimutkaisia ja niiden suunnittelu vaatii mekaniikka-, sähkö-, hydrauliikka- ja softasuunnittelua. Jopa tuhansia suunnittelutunteja saattaa sitoutua tuotteen suunnitteluun riippuen suunniteltavasta tuotteesta. Liiketoimintayksikön suunnittelu toimii pääasiassa projekteissa tuotemallien pohjalta. Suunnittelu ylläpitää tuotteiden mallirakenteita tuotetiedonhallintajärjestelmässä. Tuotteiden mallirakenteissa on määritettynä tuotteen valmistettavia sekä ostettavia kokoonpanoja tai komponentteja. Valmistettavat sekä ostettavat kokoonpanot ja komponentit erotetaan toisistaan nimikkeen referenssinimikkeen perusteella. Jos tuotemallia ei ole käytettävissä, niin projektikohtaisessa suunnittelussa hyödynnetään referenssiprojekteja. Referenssiprojektilla tarkoitetaan aikaisemmin toimitettua projektia, jonka tiedot ovat mahdollisimman lähellä uutta projektia, jonka tietoja voidaan hyödyntää uuden projektin suunnitteluvaiheessa. Jos suunnittelu hyödyntää tuotteen suunnittelussa referenssiprojektia, niin osaluetteloissa olevien nimikkeiden referenssinimikkeet periytyvät referenssiprojektin osaluetteloista uuteen projektiin.

Yrityksen toimiessa projektiluontoisessa liiketoiminnassa, niin on mahdollista myös toimittaa tuotteita, joihin ei ole mallirakennetta tai valmistettavan tuotteen skeleton-rakennetta saatavilla ja ne tulee luoda projektin alussa. Valmistettavan tuotteen skeleton-rakenteella tarkoitetaan suunnitteluvaiheen alussa valmisteltavaa tuoterakennetta, joka sisältää tuotteen valmistettavat pääkokonaisuudet. Skeleton-rakenne valmistellaan aikaisessa vaiheessa projektia, jotta saadaan varattua valmistuskapasiteetti tuotannosta ja pystytään ajoittamaan hankintojen tarveajankohdat oikein. Suunnitteluvaiheen edetessä skeleton-rakenteen ympärille rakentuu tuotteen osaluettelorakenne.

Kun suunniteltavan tuotteen osio on valmis, suunnittelu tekee valmistusilmoituksen. Valmistusilmoituksen tarkoituksena on käynnistää prosessi datan siirtämisestä tuotetiedonhallintajärjestelmästä eteenpäin toiminnanohjausjärjestelmään. Valmistusilmoitukset voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan kriittisten tai pitkän toimitusajan komponenttien valmistusilmoitus, valmistettavan tuotteen skeleton-rakenteen valmistusilmoitus, sekä suunnittelun valmistuttua tuotteen tietyn osuuden tai jaoksen valmistusilmoitus. Suunnittelun aikataulussa oleva suunnittelun vapautuspiste ohjaa edellä mainittujen valmistusilmoitusten lähettämistä. Tämän tutkimuksen kontekstissa suunnittelun oleellinen aikataulutieto sijaitsee suunnittelun aikataulussa, josta suunnittelijat seuraavat suunnittelun vapautuspisteiden ajankohtia ja

resursoivat suunnittelutyönsä sen mukaan. Aikataulutusjärjestelmässä pääsuunnittelijoille määritetyt vapautustehtävät nousevat erilliselle tehtävälistalle, johon he käyvät kuittaamassa tehtävän tehdyksi, kun suunnittelusta on lähetetty valmistusilmoitus.

Tutkimuksen aikana yritettiin tarkastella, kuinka usein suunnittelu tekee valmistusilmoituksen lähellä suunnittelun aikataulussa määritettyä takarajaa. Tätä ei kuitenkaan ihan täysin pystytty selvittämään, koska aikataulun kautta kuitataan valmistusilmoitus tehdyksi ja tehtävän kuittaaminen ei ole mitenkään sidoksissa siihen, onko valmistusilmoitus tehty oikeasti tuotetiedonhallintajärjestelmässä. Suunnittelu on voinut tehdä valmistusilmoituksen useita viikkoja ennen aikataulun vapautustehtävän kuittaamista. Suunnittelun aikataulun vapautustehtävien kuittausajankohtia verratessa suunnittelun aikatauluissa määritettyihin takarajoihin todettiin, että yli puolet suunnittelun vapautuksista kuitataan tehdyksi kahden viimeisen viikon aikana.

6.3.2 Nykytilanteen kuvaus: valmistus ja kokoonpano

Projektin alussa paikallinen tuotannonsuunnittelu määrittää tuotteiden esikokoonpanojen ajankohdat tilankäytönhallinnan Excel -tiedostoon. Paikallinen tuotannonsuunnittelu ylläpitää valmistuspaikan kuormituksenhallintaa karkealla tasolla tilankäytönhallinnan Excel -tiedostossa, jossa määritetään tuotteen kokoonpanon vaatima aika ja sen vaatima tila kokoonpanohallissa. Tieto tulee olla saatavilla mahdollisimman nopeasti projektin alussa, jotta tietoa voidaan hyödyntää suunnittelun aikataulujen tekemisessä.

Suunnittelun tehdessä valmistusilmoituksen, tieto suunnittelun valmistumisesta siirtyy paikalliseen tuotannonsuunnitteluun. Projektin aikana tuotannonsuunnittelu käsittelee ostettavaan sekä valmistettavaan deliverableen liittyvät valmistusilmoitukset. Paikallisen tuotannonsuunnittelun tehtävänä on tarkastaa toiminnanohjausjärjestelmään siirrettävän osaluettelon rakenne ja määrittää rakenteeseen nimikkeiden referenssinimikkeet siinä tapauksessa, jos ne puuttuvat. Tarkastuksen jälkeen osaluettelorakenne siirretään tuotetiedonhallintajärjestelmästä toiminnanohjausjärjestelmään. Kun nimiketieto on siirretty tuotetiedonhallintajärjestelmästä toiminnanohjausjärjestelmään, tapahtuu nimikedatan päivittäminen manuaalisesti toiminnanohjausjärjestelmän puolella. Datan korjaaminen on työlästä toiminnanohjausjärjestelmässä, joten siirrettävässä osaluettelorakenteessa tulee aina olla nimikkeiden referenssinimikkeet oikein määritettynä.

Valmistettavan deliverablen skeleton-rakenteessa on useita kymmeniä valmistettavia tai kokoonpantavia tasoja. Kuten aiemmin kerrottu, jos tuotteen nimike sisältää valmistettavan referenssinimikkeen, niin nimikkeestä muodostuu tuotantokehoite, kun rakenne siirretään toiminnanohjausjärjestelmään. Tuotantokehoitteet voidaan jakaa kahteen ryhmään. Suurin osa tuotantokehoitteista on materiaalien ajoitusta varten kokoonpanossa. Materiaalien ajoitukseen käytettäviin tuotantokehoituksiin ei tehdä tuntikirjauksia, vaikka tuotantokehoitteisiin voi liittyä kokoonpanoa. Puolestaan pienempi osa tuotantokehoitteista on valmistusoperaatioita sisältäviä tuotantokehoitteita, joille tehdään tuntileimauksia toiminnanohjausjärjestelmässä.

Tuotannonsuunnittelu siirtää tuotantokehoitteet toiminnanohjausjärjestelmästä valmistuksenohjausjärjestelmään, jossa määritetään tuotantokehoitteille alkamis- ja päättymispäivämäärät. Päivämäärät määritetään valmistuksenohjausjärjestelmässä perustuen valmistuspaikan kapasiteettiin, kuormitustilanteeseen sekä deliverablen tarvepäivämäärään. Tämän jälkeen tuotantokehoitteiden ajoitukset siirretään takaisin toiminnanohjausjärjestelmään. Kun paikallinen tuotannonsuunnittelu on ajoittanut valmistettavan deliverablen skeleton-rakenteen valmistuksenohjausjärjestelmässä, niin tuotteeseen liittyvät tuotantokehoitteet on ajoitettu tilankäytönhallinnan Excel -tiedostossa tuotteelle varatun kokoonpanoajan sisäpuolelle. Toiminnanohjausjärjestelmässä olevan aikataulutiedon, valmistuksenohjausjärjestelmässä olevan aikataulutiedon ja erillisessä tilankäytönhallinnan Excel-tiedostossa olevan aikataulutiedon tulee olla synkronissa.

6.3.3 Nykytilanteen kuvaus: hankinta

Hankintaosasto tekee ostoja toiminnanohjausjärjestelmässä olevien hankintakehoitteiden mukaan. Hankinnan pääaikataulutieto on toiminnanohjausjärjestelmän hankintajonossa hankintakehoitteena. Hankintakehoite mahdollistaa hankinnan tekemisen sekä ohjaa ostajaa tekemään hankintoja, jotta saadaan komponentit ja kokoonpanot hankittua oikea-aikaisesti tarpeeseen nähden. Hankintakehoitteella on tämän tutkimuksen kontekstissa kolme tärkeää päivämäärää, suunniteltu hankinnan aloituspäivämäärä, suunniteltu hankinnan loppumispäivämäärä sekä hankinnan tarvepäivämäärä. Edellä mainittujen päivämäärien muodostumiseen vaikuttaa muun muassa deliverable-tyyppi, nimikkeen referenssinimike, toimittajatieto sekä mihin varastoon hankinta tullaan tekemään.

Jos kyseessä on valmistettava deliverable, niin hankintakehoitteiden tarvepäivämäärät muodostuvat tuotantokehoitteiden aloituspäivämäärien mukaan. Hankittava komponentti tarvitaan viimeistään tuotantokehoitteen aloitusajankohdassa. Jos kyseessä on ostettava deliverable, niin hankinnan tarvepäivämäärä tulee suoraan deliverablelta. Hankintojen suunniteltu päättymispäivämäärä määräytyy sen mukaan, mihin varastoon kyseinen hankinta tehdään ja kuinka paljon varaston dataan on määritetty saapuvalle tavaralle läpimenoaikaa. Tämä pätee molemmissa tapauksissa, oli kyseessä sitten tyypiltään ostettava tai valmistettava deliverable.

Hankintakehoitteen suunniteltu aloituspäivämäärä puolestaan kertoo hetken, jolloin ostajan tulee käynnistää hankintaprosessi. Hankintakehoitteen suunniteltu aloituspäivämäärä muodostuu sen mukaan, mikä hankinta-aika on määritetty nimikkeen dataan sekä lähettävän varaston ja vastaanottavan varaston välisestä kuljetusajasta. Tutkimuksen aikana tehdyissä haastatteluissa kävi ilmi, että hankintaosasto ei voi täysin luottaa toiminnanohjausjärjestelmässä olevien hankintakehoitteiden suunniteltuihin aloituspäivämääriin. Toiminnanohjausjärjestelmässä oleva hankinnan suunniteltu aloituspäivämäärä on suuntaa antava. Ongelmaa käsitellään lisää luvussa 6.5.2.

Liiketoimintayksikön hankintaosastolla on monta eri paikkaa, jossa on määritelty komponenttien sekä kokoonpanojen hankinta-aikoja, katso kuvio 14. Hankinta-aikoja määritellään toiminnanohjausjärjestelmässä referenssinimikkeille sekä projektikohtaisille nimikkeille. Tämän lisäksi komponenttien hankinta-aikoja on määritelty Excel-tiedostoissa sekä aikataulutusjärjestelmän hankintatehtävissä.

Kuvio 14. Erilaisia hankinta-aikatiedon sijainteja

Hankinta-aikoja määritellään monessa paikassa, mutta pääasiassa pelkästään Excel-tiedostoissa olevaa hankinta-aikatietoa päivitetään säännöllisesti. Vaikka liiketoimintayksikön hankintaosasto ylläpitää pitkän toimitusajan komponenttien listausta Excel-tiedostossa, niin

sieltä puuttuu paljon ostettavia kokonaisuuksia. Listauksen mukaan komponentti on pitkän toimitusajan komponentti, jos hankinta-aika on yli 10 viikkoa. Liiketoimintayksikön yhden tuotteen malliaikataulun hankinta-aikoja verratessa listaukseen, 80% tuotteen ostettavista kokonaisuuksista olisi pitänyt olla listattuna hankinnan ylläpitämässä Excel-tiedostossa. Yhdessä hankintaorganisaation ryhmässä myös toiminnanohjausjärjestelmässä olevien referenssinimikkeiden hankinta-aikatietoja on päivitetty.

6.4 Syyt aikatauludatan eroavaisuuteen

Tässä kappaleessa esitellään merkittävimmät tekijät, miksi aikataulutieto poikkeaa aikataulutusjärjestelmän sekä toiminnanohjausjärjestelmän välillä. Tutkimuksen aikana tunnistettiin monta eri tekijää, jotka vaikuttavat aikataulutiedon eroavaisuuteen.

6.4.1 Esitettyjen asioiden tarkkuus

Tutkimuksen aikana tarkasteltiin, kuinka paljon aikataulutusjärjestelmällä tehtyjen suunnittelun aikataulujen hankintatehtävien ja kokoonpanotehtävien tarkkuus poikkeavat toiminnanohjausjärjestelmässä sijaitsevan vastaavan datan kanssa. Dataa vertailtiin järjestelmien välillä hyödyntäen yrityksen kahta eri tuotetta.

Suunnittelun aikatauluissa tuotteiden kokoonpanot olivat esitetty alle kymmenellä eri tehtävällä. Toiminnanohjausjärjestelmässä puolestaan voi olla yhteen tuotteeseen liittyviä tuotantokehoitteita jopa yli sata kappaletta. Vertaillessa toiminnanohjausjärjestelmässä olevien kokoonpanojen ajoituksia suunnittelun aikataulussa olevaan kokoonpanon aikataulutietoon, niin pääasiassa kaikki toiminnanohjausjärjestelmässä tiettyyn tuotteeseen liittyvät tuotantokehoitteet olivat suunnittelun aikatauluissa esitettyjen tuotantoajankohtien sisäpuolella. Tuotannon osalta aikataulutieto ei ollut ristiriidassa, vaan toiminnanohjausjärjestelmässä aikatauludata on huomattavasti tarkemmalla tasolla verrattuna aikataulutusjärjestelmässä esitettyyn tuotannon aikatauludataan.

Hankinta-aikojen osalta yhteen suunnittelun aikataulussa olevaan hankintatehtävään saattaa toiminnanohjausjärjestelmässä liittyä kymmeniä eri hankintarivejä riippuen siitä ostetaanko kokonaisuus komponenttitasolla vai yhden rivin hankintana. Eroavaisuutta aikatauludataan aiheutuu, kun suurimmassa osassa suunnittelun aikatauluja hankinnat ovat ajoitettu

saapuvan valmistuksen tai esikokoonpanon ensimmäiselle viikolle. Toiminnanohjausjärjestelmässä komponentit hankitaan porrastetusti valmistuksen tai kokoonpanon käyttöön, koska kaikkia komponentteja ei tarvita tuotteen kokoonpanon ensimmäisellä viikolla. Hankintojen porrastaminen suunnittelun aikatauluissa vapauttaisi enemmän aikaa suunnittelulle, mutta samalla pienentäisi hankinnan käyttöön jäävää hankinta-aikaa ja projektin alkuvaiheessa tehdyn aikataulun puskuriaikoja.

6.4.2 Kuljetusajat sekä kalenterit

Kun toiminnanohjausjärjestelmän hankintajonossa olevalle hankintakehoitteelle määritetään toimittajatieto, toiminnanohjausjärjestelmä laskee komponentin toimittajan varaston sekä vastaanottavan varaston välille kuljetusajan päivinä. Tämän kuljetusajan päivinä materiaalitarvelaskenta lisää hankintakehoitteelle komponentilla olevan hankinta-ajan lisäksi. Suunnittelun aikatauluissa esitettyjen komponenttien hankinta-ajat sisältävät pääasiassa kuljetusajan toimittajalta vastaanottavaan varastoon. Poikkeuksena ovat tapaukset, joissa tavaraa siirretään maanosasta toiselle. Tällöin hyödynnetään erillistä Kuljetusajat Word -dokumenttia, jossa on määritetty liiketoimintayksikön toiminnan kannalta tärkeimpien kaupunkien ja satamien välisiä kuljetusaikoja. Kuljetusajat -dokumentissa olevia kuljetusaikoja hyödynnetään projektin sisäisessä pääaikataulussa, josta maanosien väliset kuljetusajat viedään suunnittelun aikatauluihin.

Tässäkin suhteessa syntyy aikatauluueroavaisuuksia aikataulutusjärjestelmän ja toiminnanohjausjärjestelmän välillä, kun molemmissa järjestelmissä on erilaiset tavat kuljetusaikojen laskemiseen ja määrittämiseen. Koska toiminnanohjausjärjestelmä laskee kuljetusajan hankintakehoitteen toimittajatiedon mukaan, niin tätä tietoa on mahdotonta synkronoida aikataulutusjärjestelmässä olevaan suunnittelun aikatauluun. Käytännössä aikataulutusjärjestelmässä olevan tuotteen hankintatehtävän tulisi olla sidottuna toiminnanohjausjärjestelmässä muodostuvaan hankintakehoitteen numeroon, koska ostajan muuttaessa toimittajatietoa hankintakehoitteenkin sisältämä varastojen välinen kuljetusaikakin voi muuttua. Projektin alussa muodostetussa aikataulussa ei välttämättä ole tiedossa niin yksityiskohtaisella tasolla, miltä toimittajilta hankintoja tullaan tekemään projektin edetessä.

Toiminnanohjausjärjestelmässä hankintakehoitteiden aikataululaskennassa ei oteta huomioon lomakausien, kuten kesälomien tai joululomien vaikutusta. Tehdyissä haastatteluissa

tunnistettiin osan hankintakehoitteista ohjaavan ostajaa tekemään hankinnat liian myöhään, kun lomakausilla ei ole vaikutusta hankintakehoitteiden hankinta-aikoihin. Aikataulutusjärjestelmässä puolestaan on määritetty erikseen lomakaudet kalentereihin, jolloin lomakausien päälle ajoittuvien hankintatehtävien hankinta-ajat pitenevät kalenterissa määritetyn lomakauden pituuden mukaan. Aikataulutusjärjestelmässä hyödynnetään erilaisia kalentereita riippuen siitä, millä mantereella aikataulutettava työ tullaan tekemään, esimerkiksi Kiinassa lomakaudet ovat eri aikaan kuin Suomessa. Hyödyntämällä eri kalentereita eri mantereilla pystytään aikataulutusjärjestelmässä huomioimaan lomakausien vaikutukset työhön. Aikatauludatan eroavaisuuksia muodostuu kahden eri järjestelmän välillä, kun toisessa järjestelmässä lomakausien vaikutus huomioidaan ja toisessa ei.

6.4.3 Hankinta-ajat

Aikataulumallipohjiin päivitetään hankintatehtävien hankinta-aikoja käymällä malliaikataulua lävitse hankinnan kanssa. Mallipohjien hankinta-aikojen päivittämiseen ei ole määritetty erillistä säännöllistä prosessia. Hankinta-ajoissa saattaa olla kuitenkin projektikohtaisia poikkeuksia, jolloin aikataulumallin hankinta-aika ei ole riittävä. Prototyypit ovat hyvä esimerkki tapauksesta, jolloin varattavan hankinnan läpimenoajan tulee olla pidempi, kuin normaalitilanteessa. Prototyyppien hankinta-ajat määritetään aikatauluihin projektikohtaisesti, niiden hankinta-aikoja ei ole missään tiedostossa valmiina saatavilla.

Aikataulumallipohjien hankinta-aikojen päivittämisessä hyödynnetään myös hankinnan ylläpitämiä Excel-tiedostoja, joissa on komponenttien hankinta-aikoja määritettynä. Hankinta-aikatiedostoissa olevien komponenttien hankinta-aikojen vieminen aikatauluihin vaatii kuitenkin osaamista aikatauluttajalta. Aikatauluttajan tulee tunnistaa, mihin tuotteeseen kuuluu mitäkin komponentteja ja siten pystyä päivittämään hankintatehtävien hankinta-aikoja tarvittaessa.

Aikataulumalleissa olevat hankintatehtävät eivät hyödynnä toiminnanohjausjärjestelmässä olevien referenssinimikkeiden hankinta-aikatietoa, jolloin aiheutuu eroavaisuutta toiminnanohjausjärjestelmän ja aikataulutusjärjestelmän hankinta-aikatiedon välillä. Tutkimuksen aikana haluttiin hyödyntää toiminnanohjausjärjestelmässä olevia referenssinimikkeitä aikatauludatan synkronoinnissa. Referenssinimikkeissä olevaa hankinta-aikatietoa viemällä suunnittelun aikataulumalleissa oleviin hankintatehtäviin olisi pystytty synkronoimaan

hankinta-aikadataa. Synkronointi ei kuitenkaan ollut mahdollista, koska tällä hetkellä tuotteiden mallirakenteet eivät ole täydellisiä tuotetiedonhallintajärjestelmässä. Mallirakenteissa ei ole esitettynä kaikkia tuotteen eri osioiden ostettavia pääkomponentteja tai pitkän toimitusajan komponentteja. Jotta referenssinimikkeiden hyödyntäminen on mahdollista suunnittelun ja hankinnan tulee yhdessä lisätä tuotteiden mallirakenteisiin hankittavat pääkokonaisuudet sekä pitkän toimitusajan komponentit. Hankittaville pääkokonaisuuksille sekä pitkän toimitusajan komponenteille tulee määrittää referenssinimikkeet, joilla tulevaisuudessa varataan riittävä määrä hankinta-aikaa tietylle tuotteelle tai tuotteen osiolle. Tämän jälkeen aikataulumallin hankintatehtävien hankinta-ajat voidaan päivittää tuotteiden mallirakenteissa olevien ostettavien komponenttien hankinta-aikojen mukaiseksi. Jokainen tuoteryhmä ja tuote tulee tarkastella ja muokata erikseen.

6.5 Suunnittelun aikataulujen vieminen toiminnanohjausjärjestelmään

Tutkimuksen yksi päätavoitteista oli tutkia, voidaanko suunnittelun aikataulujen suunnittelun vapautuspiste tulevaisuudessa määrittää toiminnanohjausjärjestelmässä aikataulutusjärjestelmän sijaan. Tässä kappaleessa esitetään suurimmat haasteet, jotka tulee ratkaista ennen kuin voidaan siirtää suunnittelun vapautuspisteen määrittäminen toiminnanohjausjärjestelmään. Suurimmat haasteet liittyivät hankinta-aikojen ylläpitämiseen sekä alihankintana tehtävien kokoonpanojen ajoitusten puuttumiseen toiminnanohjausjärjestelmässä.

6.5.1 Valmistettava deliverable -tyyppi

Valmistettavan deliverable-tyypin osalta nykyprosessi ei tue suunnittelun vapautuspisteen määrittämistä toiminnanohjausjärjestelmässä. Hankintakehoitteet muodostuvat valmistettavassa deliverable-tyypissä toiminnanohjausjärjestelmään vasta, kun suunnittelu on suunnitellut tuotteen tietyn osuuden valmiiksi ja tehnyt suunnittelusta valmistusilmoituksen. Nykyisellä toimintatavalla, jossa suunnittelu tekee valmistusilmoituksen takarajaa vasten, hankintaprosessin tulee käynnistyä heti, kun hankintakehoite ilmestyy hankintajonoon. Tämä pätee siinä tapauksessa, jos suunnittelun aikataulun hankintatehtävällä on määritettynä komponentin oikea hankinta-aika.

Jotta saadaan hankintakehoitteet mahdollisimman aikaisessa vaiheessa toiminnanohjausjärjestelmään, suunnittelun tulee varata nimikkeet tuotetiedonhallintajärjestelmässä myös tuotteen ostettaville pääkomponenteille ja nimikkeet tulee siirtää draft-tilaisena toiminnanohjausjärjestelmään. Käytännössä suunnittelun on mahdollista avata ostettavien pääkokonaisuuksien projektikohtaiset nimikkeet draft-tilaisena valmistettavan tuoterakenteen vapautuksen yhteydessä. Pitkän toimitusajan komponenttien valitseminen puolestaan saattaa vaatia suunnittelutyötä, jolloin näiden komponenttien valitseminen projektin aikaisessa vaiheessa voi aiheuttaa ongelmia.

6.5.2 Projektikohtaiset nimikkeet ja referenssinimikkeet

Toimeksiantajayrityksen liiketoimintayksikkö toimii projektiluontoisessa liiketoiminnassa, ja yrityksen tarjoamien tuotteiden osaluettelot saattavat sisältää yli 10 000 osaa. Koska melkein jokainen toimitettava tuote on uniikki, niin myös projektikohtaisia nimikkeitä syntyy paljon vuositasolla. Uusia nimikkeitä muodostuu vuositasolla kymmeniä tuhansia suunnittelun toimesta. Uusien nimikkeiden luomiseen liittyy olennaisesti referenssinimikkeet. Referenssinimike on nimike, jota hyödynnetään uusien nimikkeiden nimikedatan rikastamisprosessissa. Kun nimike siirretään tuotetiedonhallintajärjestelmästä toiminnanohjausjärjestelmään ensimmäistä kertaa, nimike perii referenssinimikkeeltä nimiketietoja, jotta niitä ei tarvitse manuaalisesti syöttää nimikkeen dataan. Liiketoimintayksikössä on tällä hetkellä noin 500 eri referenssinimikettä käytössä.

Ostettava komponentti perii hankintakehoitteelle hankinta-ajan referenssinimikkeen datasta. Referenssinimikkeellä oleva hankinta-aika ottaa huomioon toimittajan toimitusajan lisäksi hankintaorganisaation sisäisen työskentelyn eli toimittajien kilpailutuksen sekä ostotilauksen valmistelun. Referenssinimikkeiden hankinta-aikojen ylläpitoon ei ole määritetty erillistä prosessia, vaan päivittämistä tehdään, kun huomataan tarve muutokselle. Muutoksen tekeminen ei kuitenkaan ole kovin yksinkertaista johtuen seuraavista syistä. Referenssinimikkeitä on hankintaosastoilla jaoteltu eri tavoin, esimerkiksi yhdellä hankintaosastolla referenssinimikkeet on määritetty ostajakohtaisesti, kun taas toisella hankintaosastolla referenssinimikkeet on määritetty komponenttikategoriakohtaisesti. Samaa referenssinimikettä voidaan käyttää useamman eri ostajan hankintavastuulla olevissa komponenteissa. Jos yhtä referenssinimikettä käytetään useamman eri ostajan komponenteissa, niin

referenssinimikkeen hankinta-aikaa päivittäessä tulee ottaa huomioon myös samaa referenssinimikettä hyödyntävien muiden ostajien komponenttien hankinta-ajat. Useampi eri komponenttikategoria voi myös jakaa saman referenssinimiketiedon. Jos yhden kategorian komponenttien todelliset hankinta-ajat pidentyisivät ja referenssinimikkeen hankinta-aikaa päivitettäisiin, niin muidenkin komponenttikategorioiden hankinta-ajat pidentyisivät.

Liiketoimintayksikön hankintaorganisaatio tekee hankintoja kymmenien tuhansien rivien edestä vuositasolla. Koska hankinnan vastuulla on paljon erilaisia hankittavia komponentteja, niin yhden referenssinimikkeen hankinta-aika saattaa ikään kuin olla kompromissi todellisista komponenttien hankinta-ajoista. Tämä puolestaan johtaa joidenkin nimikkeiden liian lyhyeen hankinta-aikaan ja joillakin nimikkeillä vastaavasti pidempään hankinta-aikaan verratessa komponenttien todelliseen hankinta-aikaan. Hankinta-ajan vaikuttaessa toiminnanohjausjärjestelmässä olevien hankintakehoitteiden suunniteltuun aloituspäivään, niin edellä esitetyn takia voidaan todeta hankintakehoitteiden suunniteltujen aloituspäivien olevan ohjeellisia. Hankintaorganisaation mukaan suunnittelun vapautuspisteen määrittämisessä ei kannata hyödyntää toiminnanohjausjärjestelmässä olevaa hankinta-aikadataa.

Hankinnalta saadun palautteen mukaan ostajat kuitenkin seuraavat hankintajonossa olevaa hankintakehoitteen suunniteltua aloituspäivää. Menneisyydessä oleva hankintakehoitteen aloituspäivämäärä toimii ostajalle herättävänä tekijänä. Kuitenkaan hankintaosasto ei mittaa, missä vaiheessa hankintaprosessi on aloitettu verrattuna hankintakehoitteen aloituspäivämäärään. Tärkeintä hankinnalle on, onko toimittaja toimittanut hankittavan tavaran ajallaan.

Hankinnan intresseissä ei ole ylläpitää hankinta-aikadataa toiminnanohjausjärjestelmässä tarkalla tasolla. Tämän takia suunnittelun vapautuspisteen määrittäminen toiminnanohjausjärjestelmän datan avulla voi johtaa kaoottisiin seurauksiin. Yrityksen komponenttitoimittajien kuormitustilanteet voivat muuttua nopeasti, jolloin toimitusajat vaihtelevat. Pitkien toimitusajan komponenttien toimitusajat voivat helposti moninkertaistua, jos toimittajalla ei ole komponentteja varastossa. Komponenttien varsinaiset hankinta-ajat realisoituvat vasta siinä vaiheessa, kun komponentti on ostajan hankintajonossa ja ostaja tekee toimittajakilpailutusta. Syy liiketoimintayksikön hankinta-aikatiedon ylläpidon ”laiminlyöntiin” on osaltaan myös ennustamisen vaikeus. Yrityksen toimittamien laitteiden toimitusajat ovat pitkiä, suunnitteluvaihe voi kestää jopa yli puoli vuotta kaupan saamisesta. Tämän takia myös tuotteeseen hankittavien komponenttien toimitusaikojen ennustettavuus on hankalaa. Kun

suunnittelun aikataulut valmistellaan projektin alussa, komponenttien toimitusajat saattavat olla normaalilla tasolla, mutta projektin edetessä hankinta-ajat saattavat pidentyä tai lyhentyä.

Suunnittelun toimiessa tuotteiden mallirakenteiden pohjalta, niin mallirakenteissa olevien mallinimikkeiden referenssinimikkeet periytyvät projektikohtaisille nimikkeille. Tämän takia osa hankinta-aikojen ylläpitoon liittyvästä ongelmasta on tuotteiden tuotemalleista lähtöisin. Tämän lisäksi hankinta ei osallistu prosessiin, kun dataa siirretään tuotetiedonhallintajärjestelmästä toiminnanohjausjärjestelmään, vaan siirtämisen hoitaa paikallinen tuotannonsuunnittelu. Jos nimikkeeltä puuttuu referenssinimiketieto, niin paikallinen tuotannonsuunnittelija valitsee referenssinimikkeen, jolta periytyy ostettavan komponentin hankinta-aika. Prosessi tunnistettiin ongelmalliseksi hankinta-aikojen oikeellisuuden varmistamisen osalta. Jos hankinta ei ole varmistanut tuotemallissa olevien komponenttien referenssinimikkeiden hankinta-aikojen riittävyyttä, niin nimikkeitä siirtyy toiminnanohjausjärjestelmään liian lyhyillä hankinta-ajoilla.

Referenssinimike vaikuttaa kuitenkin vain nimikkeen hankinta-aikaan, jos nimikettä ei ole vielä siirretty toiminnanohjausjärjestelmään. Toiminnanohjausjärjestelmässä sijaitsevien nimikkeiden hankinta-aikoja ylläpidetään nimikekohtaisesti, mikä hankaloittaa nimikedatan oikeellisuuden ylläpitoa, koska nimikkeitä on valtava määrä. Jos uuden tuotteen tuoterakenteessa hyödynnetään jotain jo aiemmin toiminnanohjausjärjestelmään siirrettyä nimikettä, niin silloin tuotetiedonhallinnanjärjestelmässä referenssinimikettä ei voi muuttaa, vaan se tulee vaihtaa toiminnanohjausjärjestelmässä nimikedataan. Nimike saa hankinta-ajan Business partner -datasta, jos nimike on ostettu aikaisemmin toiminnanohjausjärjestelmässä.

Kuten aikaisemmin todettu valmistettavien deliverablejen osalta suunnittelun aikataulutusta on haasteellista viedä toiminnanohjausjärjestelmään. Jos suunnittelun vapautuspiste halutaan perustaa toiminnanohjausjärjestelmässä olevaan tietoon, niin tuotteiden mallirakenteisiin tulee täydentää ostettavat pääkomponentit ja pitkän toimitusajan komponentit eri toimitusketjuvaihtoehtoineen. Komponenttien täydentämisen lisäksi mallirakenteissa olevien mallinimikkeiden referenssinimikkeitä tai referenssinimikkeiden hankinta-aikatietoa tulee ylläpitää säännöllisesti. Käytännössä liiketoimintayksikön tulee tunnistaa, mikä komponentti aiheuttaa pisimmän hankinta-ajan missäkin tuotteen osiossa eli toimii hankinta-ajallisesti osion määräävänä pääkomponenttina. Toisena vaihtoehtona on varata tiettyjen osioiden hankinnoille tietty ennalta sovittu aika. Lisäksi komponentit, joita käytetään projektista

toiseen, tulee tunnistaa ja niiden hankinta-aikoja pitää ylläpitää toiminnanohjausjärjestelmässä. Edellä mainitut asiat eivät kuitenkaan päde, jos suunnittelu tehdään referenssiprojektin avulta. Silloin tuoterakenne joudutaan mahdollisesti käymään lävitse suunnittelun ja hankinnan toimesta ja määrittämään valmistettavaan tuoterakenteeseen tarvittavat ostettavat päänimikkeet ja niille oikeat referenssinimikkeet.

Edellä mainittujen syiden takia hankinta-aikojen ylläpitäminen Excel-tiedostossa on kevyempi prosessi, kuin toiminnanohjausjärjestelmässä olevien referenssinimikkeiden ja nimikekohtaisten hankinta-aikojen ylläpito.

6.5.3 Alihankintakokoonpanot ja osien toimitus alihankintakokoonpanoon

Suunnittelun vapautuspisteen määrittämisessä toiminnanohjausjärjestelmässä ongelmaksi muodostuivat myös tapaukset, joissa yrityksen tuotteita valmistetaan tai esikokoonpannaan alihankintana. Alihankintakokoonpanojen ajoitustietoa ei ole ollenkaan toiminnanohjausjärjestelmässä, pois lukien deliverablelta tuleva tarvepäivämäärä. Pelkästään toiminnanohjausjärjestelmän dataan turvautumalla ei tunneta, miten esikokoonpanot ajoittuvat alihankinnassa tai kuinka kauan esikokoonpanot tulevat kestämään. Alihankinnassa tapahtuvien kokoonpanojen ajoitustieto saadaan nykyisellä toimintatavalla pelkästään suunnittelun aikataulusta tai erillisistä tilankäytönhallinnan Excel-tiedostoista.

Kun tuote kokoonpannaan alihankinnassa, niin alihankintakokoonpanon suorittaja ostaa yleensä suurimman osan tuotteen komponenteista. Toimeksiantajayritys saattaa toimittaa alihankkijan kokoonpanoon tiettyjä avainkomponentteja tai hinnaltaan arvokkaita komponentteja. Tällöin toimeksiantajayrityksen hankintaorganisaatio tekee hankinnat alihankkijan kokoonpanoon. Nykytilanteessa hankinta hyödyntää komponenttihankintojen ajoituksessa tilankäytönhallinnan Exceliä tai suunnittelun aikataulua. Hankinta ajoittaa komponenttitoimituksien tarvepäivät manuaalisesti toiminnanohjausjärjestelmässä. Tarvepäivien manuaalinen asettaminen on välttämätöntä, koska alihankintakokoonpanojen ajoitustietoa ei ylläpidetä toiminnanohjausjärjestelmässä. Liiketoimintayksikön hankinnan työntekijät joutuvat myös hyödyntämään heidän omaa kokemustaan tai historiaan perustuvaa tietoa, kun he määrittävät hankintojen ajoituksia.

6.5.4 Datan luotettavuus

Tärkeä osa tutkimusta oli tutkia toiminnanohjausjärjestelmässä olevan aikatauludatan luotettavuutta. Tutkimuksen alussa todettiin oman valmistuksen ja kokoonpanon aikatauludatan olevan luotettavaa, koska tuotantoon liittyvät ajoitukset tehtiin manuaalisesti valmistuksenohjausjärjestelmässä, josta tieto siirtyi takaisin toiminnanohjausjärjestelmään. Tutkimuksen aikana toiminnanohjausjärjestelmässä olevien komponenttien hankinta-aikatiedon luotettavuutta ei pystytty täysin todentamaan. Dataa tarkasteltiin tutkimuksen aikana vertailemalla aikataulutusjärjestelmässä ja hankinnan ylläpitämissä Excel-tiedostoissa olevia hankinta-aikoja toiminnanohjausjärjestelmässä oleviin hankinta-aikoihin. Pahimmillaan kaikissa edellä mainituissa järjestelmissä ja tiedostoissa oli määritetty eri hankinta-aika tietyn kokonaisuuden tai komponentin hankintaan.

Kuten aikaisemmin todettu suunnittelun aikataulussa jonkun tietyn kokonaisuuden hankinta-aikaa voidaan esittää yhdellä hankintatehtävällä ja kyseinen hankinta voi jakautua kymmeneen eri ostoriviin toiminnanohjausjärjestelmässä. Tämän takia tutkimuksen aikana oli haasteellista tunnistaa, mikä komponentti määrittää jonkun tietyn kokonaisuuden hankinta-ajan vai onko kokonaisuuden hankinnalle varattu tietty ennalta sovittu määrä aikaa. Tuotteen tietyn osion hankinta-ajan määräävän komponentin tunnistaminen olisi helpottanut hankinta-aikojen vertailussa.

Hankinta-aikadataa tutkiessa hyödynnettiin tuotteiden osaluetteloita, joiden avulla saatiin tuotteeseen kuuluvat nimikkeet. Toiminnanohjausjärjestelmästä kerättiin osaluetteloon kuuluvien nimikkeiden hankinta-ajat. Hankinta-aikoja vertaillessa todettiin suunnittelun aikataulujen hankintatehtävien voivan sisältää enemmän tai vähemmän hankinta-aikaa, kuin toiminnanohjausjärjestelmässä olevien vastaavien nimikkeiden hankinta-aika. Tämä oli täysin odotettua, koska suunnittelun aikataulussa hankintatehtävien hankinta-aikojen määrittämisessä ei hyödynnetä toiminnanohjausjärjestelmässä olevaa hankinta-aikadataa.

Vertailua suorittaessa toiminnanohjausjärjestelmästä löydettiin todella pitkiä hankinta-aikoja yksinkertaisillakin komponenteilla, esimerkiksi muovisen komponentin nimikkeen datassa oli 150 arkipäivän hankinta-aika. Komponentilla oli huomattavasti liian pitkiä toimitusaika verrattuna komponentin todelliseen hankinta-aikaan. Pitkien toimitusaikojen nimikkeiden osalta tunnistettiin riittämättömiä hankinta-aikoja toiminnanohjausjärjestelmässä. Osassa suunnittelun aikatauluja oli varattu 20 viikkoa hankinta-aikaa pitkän toimitusajan

komponentin hankinnalle ja komponentti oli myös hankinnan ylläpitämässä Excel-tiedostossa 20 viikon hankinta-ajalla. Puolestaan toiminnanohjausjärjestelmässä kyseisen nimikkeen datassa hankinta-aika oli vain 6 viikkoa. Edellä mainitut asiat tukivat näkemystä, jonka mukaan nykytilassa suunnittelun vapautuspisteen määrittämisessä ei kannata hyödyntää toiminnanohjausjärjestelmässä olevaa nimikkeiden hankinta-aikadataa. Jos ei komponenttien hankinnoille varata riittävästi aikaa voidaan ajautua tilanteeseen, jossa komponentteja ei saada ajallaan kokoonpanoon tai joudutaan maksamaan lisäkustannuksia toimitusaikojen nopeuttamisesta.

6.6 Valmistuksenohjausjärjestelmän hyödyntäminen aikataulutuksessa

Tutkimuksen aikana tutkittiin myös yrityksen käyttämän valmistuksenohjausjärjestelmän soveltuvuutta suunnittelun aikataulutukseen. Liiketoimintayksikössä oli pilotoitu suunnittelun aikatauluttamista valmistuksenohjausjärjestelmässä yhdeksän vuotta sitten. Tällöin käytössä ei ollut vielä erillistä aikataulutusjärjestelmää vaan suunnittelun aikatauluja tehtiin Excel -järjestelmällä. Pilotointi ei kuitenkaan johtanut valmistuksenohjausjärjestelmän käyttämiseen suunnittelun aikatauluttamisessa, vaan tilalle tuli erillinen aikataulutusjärjestelmä.

Valmistuksenohjausjärjestelmä sopisi joidenkin yrityksen komponenttien suunnittelun aikatauluttamiseen, mutta monimutkaisempien tuotteiden osalta valmistuksenohjausjärjestelmä ei ole visuaalisesta selkeä suunnittelun aikataulujen esittämiseen. Erillinen aikataulutusjärjestelmä tarjoaa huomattavasti visuaalisemman aikataulujen esittämismahdollisuuden. Valmistuksenohjausjärjestelmän hyödyntämisen positiivinen puoli on suunnittelun vapautuspisteiden määrittämisessä hyödynnettävien hankintatehtävien linkittäminen suoraan valmistus- sekä kokoonpanotehtäviin. Paikallisen tuotannonsuunnittelun tehdessä muutoksia valmistuksen tai kokoonpanojen ajoituksiin myös hankintojen ja suunnittelun vapautuspisteiden ajoitukset muuttuisivat automaattisesti. Valmistuksenohjausjärjestelmän hyödyntäminen suunnittelun aikataulutuksessa olisi yksi tapa, jolla liiketoimintayksikön aikatauludataa saataisiin synkronoitua ja keskitettyä.

Tutkimuksen aikana haastatteluja tehdessä tunnistettiin muutosvastarintaa, valmistuksenohjausjärjestelmää pidettiin oman tuotannonohjauksen työkaluna eikä suunnittelun aikataulutuksen työkaluna. Jos suunnittelun aikataulutusta halutaan tehdä jatkossa valmistuksenohjausjärjestelmässä, niin tulee oman tuotannon lisäksi myös erillistoimituksien suunnittelun

aikataulutusta ohjata valmistuksenohjausjärjestelmässä. Erillistoimituksia ei ole valmistuksenohjausjärjestelmässä tutkimuksen tekoaikaan, koska siellä käsitellään vain omaan tuotantoon liittyviä tuotteita. Jos tuote ostetaan kokonaan alihankinnasta, niin ei sitä ole myöskään nykyisellä toimintamallilla ollut tarpeellista viedä valmistuksenohjausjärjestelmään. Jos suunnittelun aikatauluja halutaan tulevaisuudessa tehdä valmistuksenohjausjärjestelmässä, niin tulee myös ostettaville erillistoimituksille tehdä ajoitukset valmistuksenohjausjärjestelmässä. Tämän lisäksi tuotteeseen liittyvien hankintojen ajoittaminen tulee tehdä valmistuksenohjausjärjestelmässä, jotta pystytään määrittämään suunnittelun vapautuspiste. Edellä mainittujen syiden takia valmistuksenohjausjärjestelmän soveltuvuuden syvempi tutkiminen suunnittelun aikataulutukseen jätettiin tekemättä tutkimuksen aikana.

6.7 Läpinäkyvyyteen liittyvät ongelmat

Projektien läpinäkyvyysongelman aiheuttaa aikatauludatan pirstoutuminen moneen eri järjestelmään sekä dokumenttiin. Osa projektia ohjaavista aikatauludataa sisältävistä dokumenteista tehdään aikaisessa vaiheessa projektia, kun taas osa aikatauludatasta syntyy vasta myöhemmin eri järjestelmiin. Yleisesti ottaen, mitä myöhemmässä vaiheessa projektia aikatauludataa syntyy, sen tarkempaa aikatauludata yleensä on. Monesta projektin alkuvaiheessa tehdystä dokumentista saadaan karkealla tasolla aikataulutietoa, kun taas toiminnanohjausjärjestelmässä oleva aikataulutieto tarjoaa tarkat päivämäärät eri toiminnoille. Suunnittelun aikatauluista ja tilankäytönhallinnan Exceleistä saadaan karkealla tasolla aikataulutietoa hankintojen tarveajankohtien ja tuotannon osalta, mutta toiminnanohjausjärjestelmässä oleva aikataulutieto on huomattavasti tarkempaa. Taulukossa 2 on esitetty tässä tutkimuksessa mukana olleiden osastojen työtä ohjaava aikataulu.

Taulukko 2. Osastojen työtä ohjaavat aikataulut

Osasto	**Työtä ohjaava pääaikataulu**
Suunnittelu	Tuotekohtainen suunnittelun aikataulu
Hankinta	Toiminnanohjausjärjestelmässä sijaitseva hankintajono -Hankintakehoitteen suunniteltu aloituspäivämäärä on suuntaa antava -Hankintakehoitteen suunniteltu päättymispäivämäärä on luotettava
Valmistus ja kokoonpano	Toiminnanohjaus- sekä valmistuksenohjausjärjestelmä (Tilankäytönhallinnan Excel-tiedosto)

Läpinäkyvyys muodostuu ongelmaksi etenkin, jos ollaan myöhästymässä jonkun projektivaiheen suunnitelluista takarajapäivistä. Tämä johtaa organisaation tutkimaan erilaisia aikatauludokumentteja ja tekemään johtopäätöksiä dokumenttien perusteella. Kun tunnistetaan myöhästymisen vaara, tulee aina kysyä seuraavalta prosessivaiheelta, miten tämä mahdollinen myöhästyminen tulee vaikuttamaan heidän toimintaansa. Prosessivaiheen omistajilla on reaaliaikainen tieto eri tarveajankohdista.

Pienemmät läpinäkyvyyteen liittyvät ongelmat tunnistettiin suunnittelu- ja hankintaorganisaatioissa. Läpinäkyvyyden osalta komponenttisuunnittelussa on ollut ongelmia, kun suunnittelijat eivät näe oman tuotteen valmistuksen/kokoonpanon ajoitusta aikatauluista. Suunnittelijoille saattaa tulla kyselyitä valmistusvaiheiden ajankohdista, jolloin kyselyt on jouduttu välittämään valmistukseen. Valmistuksen sekä kokoonpanon ajoitukset ovat piilotettu komponenttisuunnittelun aikatauluista, koska niiden ajoitusta ei ylläpidetä enää sen jälkeen, kun suunnittelutyö on valmis. Erillistä aikatauludokumenttia ei haluta jatkuvasti muuttaa manuaalisesti tuotannossa tapahtuvien ajoitusmuutoksien mukaan. Tulevaisuudessa suunnitteluorganisaatiolle voidaan opettaa, kuinka toiminnanohjausjärjestelmästä löydetään tuotteisiin liittyvät valmistuksen ja kokoonpanojen tuotantokehoitteet sekä niiden ajoitukset.

Tarkat tiedot on kuitenkin hyvä varmistaa vastuulliselta tuotannonsuunnittelijalta, vaikka valmistuksen ajoituksen pystyy itse etsimään järjestelmästä.

Hankinnan läpinäkyvyysongelmaksi tunnistettiin valmistettavan deliverable-tyypin ostettavien nimikkeiden siirtyminen toiminnanohjausjärjestelmään vasta sen jälkeen, kun suunnittelutyö on valmis tietyltä osuudelta. Ostettavat komponentit siirtyvät hankintajonoon vasta, kun suunnittelu on tehnyt valmistusilmoituksen ja ilmoitus on käsitelty. Hankintakehoite voi muodostua järjestelmään useita kuukausia projektin aloittamisen jälkeen, joten tämä rajaa hankinnan näkyvyyttä toiminnanohjausjärjestelmässä ostettavien nimikkeiden osalta. Hankinnan osalta läpinäkyvyyttä voidaan parantaa keräämällä suunnittelun aikatauluista komponenttien hankintatehtävät erilliseen raporttiin. Raportista hankinta näkisi karkealla tasolla, milloin viimeistään laitteen komponentteja on tulossa hankintajonoon. Hankinta voisi käyttää raporttia ennusteena ennen kuin komponenttien suunnittelutyö on valmis. Raportti auttaisi hankintaa kilpailutuksissa luomalla näkyvyyttä tulevaan volyymiin.

6.8 Synkronointipilotin eri vaiheet sekä tulokset

Tässä kappaleessa on esitelty tutkimuksen aikana suoritetun synkronointipilotin eri vaiheet sekä pilotin tulosten analysointia. Pilotissa saatuja tuloksia verrattiin pilotin tavoitteisiin ja pohdittiin pilotoinnin luotettavuutta, virhemahdollisuuksia sekä synkronoinnin nopeutta.

6.8.1 Pilotin ensimmäinen vaihe

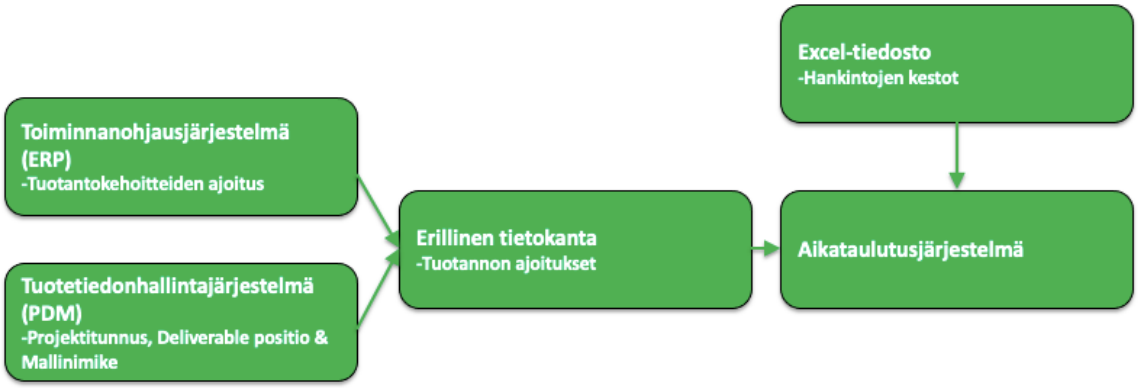
Synkronointipilotin ensimmäisessä vaiheessa määritettiin aikatauludatan synkronointipilotin tavoitteet, synkronoinnin logiikka sekä rajaukset. Pilotissa oli tarkoituksena hakea toiminnanohjausjärjestelmässä sijaitsevaa aikatauludataa sekä Excel-tiedostoissa ylläpidettävää aikatauludataa aikataulutusjärjestelmässä olevaan suunnittelun aikatauluun.

Ensimmäisessä vaiheessa määritettiin synkronoinnin logiikka. Synkronoinnin logiikan määrittämisessä pohdittiin yksisuuntaisen vai kaksisuuntaisen synkronoinnin hyödyntämistä. Aikatauludatan synkronointikonseptissa päädyttiin yksisuuntaiseen synkronointiin, koska aikataulutusjärjestelmässä olevaa aikataulutietoa haluttiin tarkentaa projektin edetessä, jotta aikataulutusjärjestelmässä oleva aikataulutieto pysyisi yhtenäisenä muiden aikataulutietoa sisältävien järjestelmien ja dokumenttien kanssa. Yksisuuntaisella synkronoinnilla

tarkoitetaan tiedon viemistä aikataulutusjärjestelmään, mutta sieltä ei siirry tietoa takaisin muihin järjestelmiin tai dokumentteihin. Suunnittelun aikataulusta oli tarkoituksena saada dokumentti, johon voidaan paremmin luottaa koko projektin keston ajan.

Ensimmäisessä vaiheessa myös tehtiin rajaukset, mitä aikatauludataa haluttiin hakea aikataulutusjärjestelmään sekä, mistä järjestelmästä tai tiedostosta aikataulutieto haettiin. Toiminnanohjausjärjestelmässä muodostuvien omaan valmistukseen ja kokoonpanoon liittyvien tuotantokehoitteiden ajoituksia haluttiin synkronoida aikataulutusjärjestelmässä olevaan dataan. Tähän päädyttiin, koska toiminnanohjausjärjestelmässä on tarkat ja reaaliaikaiset ajoitukset omalle valmistukselle sekä kokoonpanolle. Komponenttien sekä alikokoonpanojen hankinta-aikatiedon osalta päädyttiin hakemaan tietoa erillisestä hankinnan ylläpitämästä Excel-tiedostosta, koska toiminnanohjausjärjestelmässä olevien komponenttien hankinta-aikojen oikeellisuutta ei pystytty todentamaan. Jos kuitenkin toiminnanohjausjärjestelmässä olevien referenssinimikkeiden hankinta-aikojen oikeellisuus saavutetaan tulevaisuudessa, niin voidaan hakea referenssinimikkeiden hankinta-aikoja erillisestä tietolähteestä.

Pilotin ensimmäisen vaiheen lopputuloksena oli konseptitason esitys synkronoinnista, joka on esitetty kuviossa 15.



Kuvio 15. Konseptitason esitys synkronoinnista

Konseptitason esityksessä on esitetty erillinen tietokanta, josta haettaisiin tuotantokehoitteiden ajoitukset aikataulutusjärjestelmään. Pilotissa erillisenä tietokantana kuitenkin toimi Excel-tiedosto myös tuotannon ajoitusten synkronoimisen osalta.

Aikataulutiedon synkronointia voidaan tehdä käyttäjälähtöisesti tai automaattisesti. Käyttäjälähtöisessä synkronoinnissa käyttäjä avaa aikataulun aikataulutusjärjestelmässä ja komentoa painamalla aikatauluun haetaan data joko suoraan toiminnanohjausjärjestelmästä tai välivarastosta. Toinen kehittyneempi vaihtoehto on palvelimelle tehty integraatio, jolloin aikataulut päivittyvät automaattisesti tiettyyn ennalta määritettyyn aikaan ilman erillisiä käyttäjän komentoja. Pilotissa aikataulutiedon synkronointia tehtiin käyttäjälähtöisesti, jolloin käyttäjä avasi aikataulun ja komentoa painamalla aikatauluun haettiin aikataulutietoa erillisestä tietolähteestä.

6.8.2 Pilotin toinen vaihe

Pilotin toisessa vaiheessa määritettiin, minkälaisia yksilöiviä tunnisteita voitaisiin hyödyntää datan parittamiseen eri järjestelmien sekä dokumenttien välillä. Yksilöivät tunnisteet tuli määrittää erikseen tuotantoajankohtien sekä komponenttien hankinta-aikojen paritukseen.

Tutkimuksen aikana toiminnanohjausjärjestelmästä ei löytynyt sopivaa yksilöivää tunnistetta, johon kytkeytyä tuotantokehoitteiden osalta. Toiminnanohjausjärjestelmässä olevat yksilölliset tuotantokehoitteiden numerot saattoivat muuttua, jos tuotantokehoitteiden ajoituksiin tuli muutoksia. Projektikohtainen nimiketunnus ei myöskään ollut tarpeeksi yksilöivä, kun haluttiin parittaa tiettyä toiminnanohjausjärjestelmässä sijaitsevaa tuotantokehoitetta tiettyyn aikataulussa olevaan valmistus- tai kokoonpanotehtävään. Komponenttien valmistuksessa voi olla useampi samanlainen tuote, jotka jakavat saman nimikenumeron. Tällöin aikataulutietoa voi muodostua yhdelle nimikenumerolle useammalla eri ajoituksella, jonka takia pelkkä projektikohtainen nimikenumero ei ollut tarpeeksi yksilöivä. Toiminnanohjausjärjestelmässä tuotantokehoitteet ovat deliverableen sidonnaisia, jonka takia tarvittiin myös deliverable-positio erottamaan edellä mainitut tapaukset.

Tutkimuksen aikana kehitettiin oma yksilöivä tunnistekoodi, jolla olisi pystytty parittamaan dataa tuotannon ajankohtien osalta. Tunnisteen luomisessa hyödynnettiin tuotetiedonhallintajärjestelmässä olevia tuotteiden mallirakenteita ja rakenteessa olevia mallinimikkeitä. Projektin alussa muodostettava projektikohtainen nimike tunnistaa mallinimikkeen tuotetiedonhallintajärjestelmässä, jolloin mallinimikkeen hyödyntäminen oli toimiva ratkaisu. Tuotteen mallirakenteessa oleva mallinimike talletettiin aikataulumallin valmistus- tai kokoonpanotehtävään. Kehitetyssä tunnisteessa hyödynnettiin tuotteen mallirakenteessa olevan

mallinimikkeen lisäksi projektitunnusta sekä deliverable-positiota, jolloin yksilöivä tunniste muodostui seuraavasti:

$$Projektitunnus + Deliverable\ positio + tuotteen\ mallirakenteen\ mallinimike = A01_12_AUR500012$$

Hankinta-aikatiedon synkronoinnissa aikataulumallipohjassa ja Excel-tiedostossa oleville komponenteille määritettiin yksilöiviä tunnisteita. Yksilöivän tunnisteen avulla pystyttiin hakemaan hankinta-aika Excel-tiedostosta aikataulun hankintatehtävälle. Hankinta-aikatiedon tunnisteet olivat pilotissa muodossa AA00. Jos kuitenkin toiminnanohjausjärjestelmässä olevien referenssinimikkeiden hankinta-aikojen oikeellisuus saavutettaisiin tulevaisuudessa, niin yksilöivänä tunnisteena voidaan käyttää referenssinimiketietoa.

6.8.3 Pilotin kolmas vaihe

Pilotin kolmannessa vaiheessa luotiin testidata, josta pystyttiin hakemaan aikataulutietoa aikataulutusjärjestelmään. Vaiheessa määritettiin, mitä tietoja testidatan tuli sisältää ja mistä tiedot saataisiin haettua. Erillisenä tietolähteenä ja testidatana tässä pilotoinnissa päädyttiin käyttämään Excel -tiedostoihin syötettyä aikatauludataa. Testidataa varten luotiin kaksi erillistä Excel-tiedostoa, joista toinen sisälsi tuotannon ajoituksia tunnisteineen ja toinen tiedostoista sisälsi hankinta-aikatietoa tunnisteineen. Pilotissa käytettyihin testidatatiedostoihin syötettiin tuotannon ajoitusten päivämäärät ja hankinta-aikojen kestot manuaalisesti.

Tuotannon ajoitusten osalta testidatadokumentin ensimmäisen sarake sisälsi yksilöiviä tunnisteita. Kahdessa seuraavassa sarakkeessa oli määritetty tuotannon alkamis- sekä päättymispäivämääriä. Tuotannon ajoituksia sisältävä testidata sisälsi noin 1500 riviä aikataulutietoa. Hankinnan osalta testidatan ensimmäisessä sarakkeessa oli hankinnan yksilöiviä tunnisteita ja dokumentin toisessa sarakkeessa komponentin hankinta-aika päivinä.

6.8.4 Pilotin neljäs vaihe

Pilotin neljännessä vaiheessa tarkasteltiin, kuinka aikataulutusjärjestelmässä olevia suunnittelun aikatauluja tulee muuttaa, jotta mahdollistetaan aikatauludatan synkronointi erillisistä tietolähteistä. Päätavoitteena synkronointiratkaisua kehittäessä oli aikatauluttajan tarve tehdä mahdollisimman vähän ylimääräistä työtä aikataulutusjärjestelmässä sijaitsevaan projektikohtaiseen aikatauluun verrattuna nykyiseen toimintatapaan. Kaikki muutokset yritettiin tehdä aikataulutusjärjestelmässä sijaitseviin aikataulumallipohjiin ja mahdollistaa sitä kautta aikatauludatan synkronointi projektikohtaisissa aikatauluissa.

Tuotantotehtävien aikatauludatan synkronoinnin osalta tehtiin eniten muutoksia aikataulumallipohjiin. Kuten aikaisemmin todettu aikataulutusjärjestelmässä tuotteiden valmistus- ja kokoonpanovaiheet ovat esitetty noin kymmenellä aikataulutusjärjestelmän tehtävällä ja toiminnanohjausjärjestelmässä tuotteeseen liittyviä tuotantokehoitteita voi olla toista sataa. Tutkimuksen aikana tunnistettiin osan tuotantokehotteista olevan valmistusoperaatioita sisältäviä ja osa materiaalien ajoitusta varten toiminnanohjausjärjestelmässä. Tarkoituksena synkronointikonseptissa oli tuoda valmistusoperaatioita sisältävät tuotantokehoitteet aikataututehtävinä tuotteiden malliaikatauluihin, jolloin valmistukseen ja kokoonpanoon liittyviä tehtäviä tulisi lisätä tuotteiden aikataulumallipohjiin. Tuotekohtaisesti valmistusoperaatioita sisältäviä tuotantokehoitteita muodostuu tuotteesta riippuen +/- 10 kappaletta.

Jotta pilotin toisessa vaiheessa tuotantotehtäviin liittyvä yksilöivä tunniste saatiin luotua aikataulutusjärjestelmässä malliaikatauluihin, tuli aikataulutusjärjestelmään muodostaa uusia sarakkeita. Uudet sarakkeet tarvittiin tuoterakenteen mallinimikkeelle, tuotteen deliverable-positiolle sekä näiden sarakkeiden tietoja hyödyntävälle yksilöivälle tunnisteelle. Erilliseen deliverable positiotiedon sisältävään sarakkeeseen täydennetään tuotteen deliverable-positio, kun deliverable on luotu toiminnanohjausjärjestelmässä. Tieto, joka tulee lisätä projektikohtaiseen aikatauluun nykyisestä toimintatavasta poiketen, on käsin täytettävä tieto tuotteen deliverable-positiosta. Deliverable-positiotietoa ei lisätä nykyisellä toimintatavalla aikatauluun. Yksilöivän tunnistetiedon sisältävän sarakkeen tarkoituksena oli kerätä aikataulusta projektin projektitunnus, tuotteen deliverable-positio ja tuoterakenteen mallinimike, ja muodostaa näistä tiedoista yhtenäinen yksilöivä tunniste.

Aikataulutusjärjestelmään luotiin yksi sarake hankinnan yksilöivälle tunnisteelle, jotta mahdollistettiin hankintatehtävien synkronointi. Jos jonkun tuotteen mallirakenteen osalta

todettaisiin referenssinimikkeiden hankinta-aikadatan olevan käyttökelpoista hyödynnettäväksi, niin hankinnan yksilöivän tunnistetiedon sisältävään sarakkeeseen voidaan laittaa tieto referenssinimikkeestä.

6.8.5 Pilotin viides vaihe

Pilotin viidennessä vaiheessa määritettiin synkronoinnin tekninen toteutustapa eli millä koodikielellä synkronointi tehdään. Tekniseksi toteutustavaksi päädyttiin käyttämään Microsoftin Visual Basic for Appliances -koodikieltä, joka on kehitetty Microsoftin sovellusten ohjaamiseen sekä automatisointiin. Tekoälyn avulla kehitetyllä VBA-koodilla pystyttiin hakemaan Excel-tiedostosta aikataulutietoa aikataulutusjärjestelmän tehtäville. VBA-koodi käynnistettiin aikataulusta makrokomennolla. Tuotantokehoitteiden ajoitusten osalta koodin toiminta voitiin tiivistetysti jakaa seuraaviin vaiheisiin, katso kuvio 16.

Kuvio 16. Makron eri vaiheet

Koodin alussa oli määritetty polku testidatan sisältävään Excel-tiedostoon, jonka koodi avasi. Seuraavassa vaiheessa aikataulutusjärjestelmässä olevista tunnistekentän tiedoista muodostettiin sanakirja, jota hyödynnettiin Excel -tiedoston läpikäynnissä. Koodi luki Excel -tiedostossa olevan sisällön ensimmäisen sarakkeen, jossa oli yksilöivä tunniste. Tämän jälkeen koodi luki toisen ja kolmannen sarakkeen, joissa oli määritettynä aloitus- ja lopetuspäivämääriä. Jos Excel -tiedostosta löytyi sanakirjaa vastaava tunniste, niin siirrettiin tunnisteeseen liittyvät päivämäärät Excel -tiedostosta aikataulutusjärjestelmään. Viimeisessä vaiheessa Excel -tiedosto suljettiin ja koodi kertoi päivityksen olevan valmis. Koodi ilmoitti myös mahdolliset virheet, jos niitä esiintyi. Tuotantotehtävien ajoitusten päivittämistä varten luotu koodi löytyy tutkimuksen liitteestä 3.

Hankinta-aikojen päivittämisen osalta koodi toimi samalla periaatteella kuin tuotannon ajoitusten päivittämisen, mutta koodilla haettiin tarkkojen päivämäärien sijaan tehtäville kestoja

erillisestä Excel-tiedostosta. Hankinta-aikojen päivittämiseen luotu koodi löytyy kokonaisuudessaan tutkimuksen liitteestä 4.

6.8.6 Synkronointipilotin kuudes vaihe sekä tulosten analysointi

Tässä kappaleessa esitetään synkronointipilotista saatuja tuloksia. VBA-koodikielellä luotu koodi saatiin toimimaan pilotissa tavoitellulla tasolla. Tuotannon ajoitusten hakemiseen luotu makro oli vielä suhteellisen nopea. Luotu makro päivitti ajoitustiedot noin 20 sekunnissa laskennan alkaessa makron käynnistämisestä siihen hetkeen, kunnes aikatauludata oli päivitetty aikatauluun.

Hankinta-aikojen hakeminen aikataulutusjärjestelmään erillisestä Excelistä onnistui erinomaisesti tunnistetta hyödyntämällä. Aikataulujen hankintatehtäviin saatiin päivitettyä hankinta-ajat Excel-tiedostoissa määritetyillä hankinta-ajoilla. Tuotannon ajoitusten osalta pilotissa muodostui haasteeksi yksilöivä tunniste. Tunniste vaati dataa monesta eri järjestelmästä ja dataa olisi pitänyt yhdistellä sekä viedä erilliseen tietokantaan. Tunnisteen lisäksi tietokantaan olisi tarvittu toiminnanohjausjärjestelmästä projektikohtaiseen nimikkeeseen liittyvän tuotantokehoitteen ajoitustieto eli tuotantokehoitteen aloitus- ja päättymispäivämäärä. Tuotannon ajoitusten synkronointiin kehitetyn yksilöivän tunnisteen luominen vaati järjestelmäkehitystä, jota ei suoritettu diplomityön aikana.

Yksilöivän tunnisteen osalta tunnistettiin toinenkin ongelma. Tunnisteen toimiakseen suunnitteluosaston tuli aina hyödyntää tuotteen mallirakennetta perustaessaan projektikohtaista valmistettavaa skeleton-rakennetta. Projektikohtaisen nimikkeen mallinimikkeen piti olla tuotteen mallirakenteesta peräisin. Suunnitteluosastolla ei välttämättä ollut käytössä tuotteen mallirakennetta, josta he tekisivät projektikohtaisen valmistettavan tuoterakenteen suunniteltavalle tuotteelle. Tällöin aikataulumallipohjaan tallennetut tuoterakenteiden mallinimikkeet eivät olisi toimineet aikataulutiedon synkronointiin, vaan nimiketietoa olisi pitänyt muuttaa sen jälkeen, kun valmistettavan tuotteen skeleton-rakenne on luotu ja siirretty toiminnanohjausjärjestelmään.

Tuotantotehtävien ajoitusdatan synkronointi suoritettiin ilman tarkkaa yksilöivää tunnistetta pelkästään projektikohtaisen nimikkeen avulla. Pilotin aikana tuotantotehtävien ajoitusten päivittämisessä ongelmaksi muodostui tehtävän loppumispäivämäärän saaminen kohdalleen

aikataulutusjärjestelmässä. Dataa synkronoitaessa aikataulutusjärjestelmässä tehtävän loppumispäivämääräksi muodostui yhden päivän aikaisempi päivämäärä, kuin mitä Excel-tiedostossa oli määritetty. Tämä mahdollisesti johtui aikataulutusjärjestelmän rajoitepäivämäärä- ja rajoitetyyppiasetuksista. VBA-koodi määritti tehtäville Must Finish Before -rajoitetyypin, jolloin tehtävän tulee päättyä ennen Excelissä olevaa loppumispäivämäärää. Oikea rajoitetyyppi olisi ollut Must Finish On. Todellisuudessa päivän ero tehtävien loppumisajankohdassa ei aiheuta merkittävää haittaa, koska tehtävän alkamispäivämäärä saatiin haettua oikein Excel -tiedostosta aikataulutusjärjestelmään. Suunnittelun vapautuspisteen määrittämisen näkökulmasta on tärkeää saada määritettyä tehtävän aloitusajankohta täysin oikein.

Luodun koodin toimintaa tutkittiin erilaisten skenaarioiden avulla. Eri skenaarioiden avulla tunnistettiin, mitkä tekijät voivat estää aikatauludatan päivittämisen koodilla. Synkronointia testattaessa aikatauluissa määritetyt tehtävien riippuvuudet säilyivät ja linkitettyjen tehtävien ajoitukset päivittyivät oikein aikataulutiedon päivittämisen jälkeen. Valmistus- ja kokoonpanotehtäviin linkitetyt hankintatehtävät siirtyivät aikaisemmaksi tai myöhemmäksi riippuen koodilla päivitetyistä uusista päivämääristä. Yleisesti ottaen tuotannon ajoituksien päivittäminen myöhempään ajankohtaan ei tule aiheuttamaan ongelmia aikatauluissa.

Tuotantotehtävien aikaistaminen koodin avulla aiheutti ristiriitaisuuksia aikatauluissa. Jos tehtäväketjussa oleva tehtävä kuitataan valmiiksi aikataulutusjärjestelmässä, tehtävän ajoitus muuttuu kiinteäksi. Tämän seurauksena tehtävän ajoitus ei enää muutu. Valmiiksi kuitattu tehtävä ei kuitenkaan estänyt tuotannon ajoituksen aikaistamista, vaikka tehtävien riippuvuusketjussa oli jokin aiempi tehtävä kuitattuna valmiiksi. Jos suunnittelun vapautuspiste oli kuitattu valmiiksi, niin hankintatehtävän aloitus siirtyi suunnittelun vapautuspisteen edelle tuotannon ajoitusta aikaistaessa. Suunnittelun aikatauluun syntyi siis ristiriitaista aikataulutietoa, koska hankinta ei voi käynnistyä ennen suunnittelun valmistumista.

Kuten aikaisemmin esitetty takaraja valmistettavan tuotteen skeleton-rakenteen vapautukselle on komponenttiaikatauluissa suunnittelun aloituksesta kolmannella viikolla ja suurempien tuotteiden osalta kuudennella viikolla. Jos halutaan synkronoida aikataulutusjärjestelmässä olevia tuotannon tehtäviä toiminnanohjausjärjestelmässä muodostuvaan tuotannon ajoitusdataan, niin valmistettavan tuotteen skeleton-rakenne tulee olla vapautettuna ja ajoitettuna ennen suunnittelun aikataulun julkaisua. Tällöin saadaan tuotantokehoitteiden tarkat ajoitukset vietyä suunnittelun aikatauluun ennen aikataulun julkaisua. Tavoitteena suunnittelun aikataulun julkaisulle on 3 viikkoa projektin aloituksesta. Jos valmistettavan tuotteen

skeleton-rakenteen vapautus ja ajoitus ei ole valmiina 3 viikon sisällä projektin aloituksesta, niin joudutaan suunnittelun aikataulu päivittämään julkaisun jälkeen.

Synkronointiin liittyi haaste myös muuttuvan tuotannonjaon osalta. Vaikka pääasiassa liiketoimintayksikön tuotteiden tuotannossa valmistettavat ja ostettavat kokonaisuudet ovat standardisoitu tuotteittain, niin silti projektikohtaisesti muutoksia tehdään jaottelun välillä. Yksi syy jaottelun muutokselle on kuormitustilanteen turvaaminen omassa kokoonpanossa. Jos kuorma on laskussa omassa kokoonpanossa, niin työtä voidaan siirtää omaan kokoonpanoon alihankinnasta. Tämä voi johtaa tilanteeseen, jossa suunnittelun aikataulussa ei ole tarpeeksi tuotantotehtäviä, jolla voidaan esittää näitä poikkeustilanteita. Jos tehtäviä joudutaan lisäämään jälkikäteen suunnittelun aikatauluihin, aiheutuu ylimääräistä työtä aikatauluttajalle.

Kokonaisuudessaan synkronointia varten muodostetut koodit saatiin toimimaan pilotissa hyvin, mutta datan päivittäminen tuli aina käynnistää manuaalisesti. Jos synkronointia halutaan automatisoida, niin tutkimustyötä tulee jatkaa. Automatisoinnin osalta tulee tehdä määrityksiä, miten aikataulut käyttäytyvät erilaisissa skenaarioissa. Synkronoinnin automatisointia käsitellään lisää seuraavassa luvussa.

6.9 Automatisoinnin tarkastelu

Tämän tutkimuksen ja aikatauludatan synkronoinnin tausta-ajatuksena oli tutkia, saadaanko suunnittelun vapautuspisteitä automatisoitua seuraamaan toiminnanohjausjärjestelmässä olevien tuotannon ajoituksien vaihtelua. Jos tuotannon tehtäviä aikaistetaan ja ajoitusten muutokset vaikuttavat automaattisesti suunnittelun vapautuspisteen ajoitukseen, niin aikaistukset vaikuttavat suunnitteluaikaan vähentävästi, katso kuvio 17. Järjestelmässä määritetyt tehtävien kestot eivät ole dynaamisia.

Kuvio 17. Tuotannon aikaistuksen vaikutukset muihin tehtäviin

Automatisointiin tulee suhtautua varauksella, etenkin tuotannon aikaistamisen osalta. Suunnittelun vapautuspiste ohjaa suunnittelutyötä, johon suunnitteluosasto tekee oman resursoinnin vapautuspisteiden mukaan. Vapautuspisteiden tulee olla kiinteitä, jos ei toisin sovita suunnitteluosaston kanssa. Jos projekteissa esiintyy tarve tehdä valmistuksen tai kokoonpanon aikaistuksia, niin silloin tulee läheisten sidosryhmien, kuten hankinnan, tuotannon sekä suunnittelun kanssa käydä muutokset lävitse projekti kerrallaan. Kun tarve aikaistamiselle havaitaan, voidaan myös selvittää hankinta-aikojen vähentämisen mahdollisuutta, jotta aikaistuksesta johtuva aikavähennys ei ole automaattisesti suunnitteluajasta pois. Tutkimuksen aikana tuli ilmi tapauksia, jossa suunnitteluosasto ei ollut hyväksynyt suunnittelun vapautuspisteiden aikaistamista, kun tarve oli johtunut valmistuksen tai kokoonpanojen aikaistamisesta tuotannossa.

Jos suunnittelun vapautustehtävää ei ole kuitattu tehdyksi, niin tuotannon ajoituksia aikaistaessa vapautusajankohta voi ajautua menneisyyteen. Tämän takia tulee määrittää, miten estetään vapautuspisteiden ajautuminen menneisyyteen, jos suunnittelun vapautuspiste kytketään seuraamaan toiminnanohjausjärjestelmässä olevaa tuotannon ajoitusdataa ja sen muutoksia automaattisesti. Suunnittelun kuittaamattoman vapautustehtävän ajautuminen menneisyyteen ei ole toivottavaa. Riippumatta suunnittelun vapautuspisteen määritykseen käytettävästä järjestelmästä, järjestelmään tarvitaan myös muutosloki, johon kirjautuu tapahtuneet datamuutokset sekä mahdolliset virheilmoitukset. Järjestelmään tulee tehdä logiikkamäärityksiä, jotta aikataulutieto pysyy eheänä eikä ristiriitaisuuksia pääse esiintymään automaation takia.

Jos nykytilassa suunnittelun vapautusajankohta kytketään seuraamaan toiminnanohjausjärjestelmässä tapahtuvia tuotannon datamuutoksia, niin säästetään työaikaa aikataulujen päivittämisen osalta. Samalla kuitenkin syntyy aikataulujen tarkastus- sekä korjaustyötä virheilmoitusten osalta. Nykytilassa suunnittelun aikataulun päivittäminen tuotannon ajoitusmuutosten osalta ei ole kuitenkaan kovin työlästä, työläin osuus on aikataulukokonaisuuden tarkastaminen ennen aikataulun julkaisua. Aikataulun ja siinä olevien tehtäväketjujen tulee olla loogisia ennen kuin aikataulu voidaan jakaa sidosryhmille. Suunnittelun aikataulut ovat laajoja ja aikatauluissa määritetyt tehtävien riippuvuussuhteet saattavat olla hyvin monimutkaisia. Yhden tehtävän ajoituksen muuttaminen voi vaikuttaa useisiin muihinkin tehtäviin.

Nykytilanteessa suunnittelun aikataulut tallennetaan PDF-muotoon ja PDF-muodossa oleva aikataulu jaetaan sidosryhmille sähköpostitse. Aikataulumuutoksien yhteydessä aikataulusta

tehdään uusi PDF-tuloste, joka jaetaan sähköpostitse projektiorganisaatiolle. Automaattisessa synkronoinnissa PDF-tulosteiden käytöstä tulee mahdollisesti luopua, jos ei keksitä tapaa, jolla saadaan uusi PDF-tiedosto tallennettua ja jaettua aikataulussa tapahtuneen muutoksen jälkeen.

7 Johtopäätökset

Viimeisessä luvussa vastataan tutkimukselle asetettuihin tutkimuskysymyksiin ja tehdään johtopäätöksiä saaduista tuloksista. Luvussa esitellään myös jatkotutkimusehdotukset. Luvun lopuksi käsitellään tutkimuksen luotettavuutta sekä pohditaan kuinka toimeksiantajayritys voi hyödyntää tutkimuksesta saatuja tuloksia.

7.1 Tutkimuskysymyksiin vastaaminen

Seuraavaksi vastataan tutkimukselle asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tarkoituksena oli tutkia erilaisia tapoja liiketoimintayksikön aikatauludatan synkronoinnille:

- *Miten aikatauludataa saadaan jatkossa synkronoitua eri järjestelmien välillä?*

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastausta etsiessä tutkittiin aikatauludatan synkronointia monesta eri näkökulmasta. Tutkimuksen aikana kartoitettiin liiketoimintayksikön toiminnanohjaus- ja valmistuksenohjausjärjestelmän soveltumista suunnittelun vapautuspisteen määrittämiseen sekä aikataulutusjärjestelmässä olevan datan synkronointia toiminnanohjausjärjestelmässä olevaan dataan. Tutkimuksen aikana ei kuitenkaan löydetty yhtä toimivaa tapaa, jolla liiketoimintayksikön aikatauludataa saadaan synkronoitua ja keskitettyä. Tämä johtui nimikedatan oikeellisuuden ylläpitämisen haasteesta, monista eri variaatioista toimintatavoissa sekä projektikohtaisista eroavaisuuksista. Toimeksiantajan tietoon tuotiin yksi synkronointikonsepti tutkimuksen tuloksissa ja toinen konsepti esitetään jatkotutkimusehdotuksissa. Konsepteja tulee jatkossa vielä tutkia ja kehittää, jos konsepteja halutaan jatkossa ottaa käyttöön.

Suunnittelun vapautuspisteen määrittämisen siirtäminen toiminnanohjausjärjestelmään olisi ollut toivottavaa, jotta yhden toimitettavan kokonaisuuden aikataulutusta ei tarvitse tehdä kahdella eri järjestelmällä. Toiminnanohjausjärjestelmään muodostuva aikatauludata on

myös tarkempaa. Tutkimuksen aikana kuitenkin tunnistettiin monia eri haasteita ja variaatioita toimintavoissa, jotka estävät suunnittelun vapautuspisteen määrittämisen toiminnanohjausjärjestelmän datalla. Kaikkiin tunnistettuihin ongelmiin tulisi kehittää toimintatapa, johon ei tässä tutkimuksessa ollut aikaa. Haasteiksi tunnistettiin muun muassa seuraavat asiat:

-Osassa toimintatapoja aikataulutieto muodostuu toiminnanohjausjärjestelmään myöhäisessä vaiheessa projektia

-Alihankinnassa tehtävien esikokoonpanojen ajoitusten puuttuminen toiminnanohjausjärjestelmästä

-Alihankintakokoonpanoihin tehtävien hankintojen ajoittaminen manuaalisesti toiminnanohjausjärjestelmässä

-Toiminnanohjausjärjestelmässä olevien hankintakehoitteiden hankinta-aikojen luotettavuutta ei pystytty todentamaan tutkimuksen aikana

-Komponenttien hankinta-aikatiedon ylläpitäminen toiminnanohjausjärjestelmässä todettiin haasteelliseksi komponenttien suuren määrän takia

Lopulta toiminnanohjausjärjestelmässä olevien hankinta-aikojen ylläpitämisen haasteet ja puuttuvat päivitysprosessit johtivat hylkäämään ajatuksen suunnittelun vapautuspisteen määrittämisestä toiminnanohjausjärjestelmässä. Hankinnan mukaan toiminnanohjausjärjestelmässä olevaa hankinta-aikatietoa ei kannata hyödyntää suunnittelun vapautuspisteen määrittämisessä. Tutkimuksen aikana toiminnanohjausjärjestelmässä olevien hankinta-aikojen luotettavuutta ei myöskään pystytty todentamaan, vaikka sitä tutkittiin. Hankinta-aikatiedon tutkimiseen ja luotettavuuden tarkastelemiseen oli rajallisesti aikaa käytettävissä tutkimuksen aikana ja hankinta-aikatiedon otanta oli suhteellisen pieni. Hankinta-aikatiedon tarkastelussa tunnistettiin pitkän toimitusajan nimikkeillä olevan liian lyhyitä hankinta-aikoja. Tutkimuksen aikana todettiin, että liiketoimintayksikön suunnittelun aikataulutusta ei tule perustaa hankinta-aikadataan, jonka luotettavuutta ei saatu todennettua ja jonka päivittäminen ei ole säännöllistä.

Jos kuitenkin halutaan tutkia lisää toiminnanohjausjärjestelmässä olevan hankinta-aikadatan luotettavuutta, voidaan luoda erillinen raportti. Raportin tarkoituksena on hakea tuotetiedonhallintajärjestelmästä tuoterakenne ja toiminnanohjausjärjestelmästä tuotannon ajoitukset

sekä hankittavien kokonaisuuksien hankinta-ajat. Raportin toimiakseen tulee suunnittelun varata tuotteen eri osioiden projektikohtaiset ostettavat pääkokonaisuudet ja siirtää ne draft-tilaisina toiminnanohjausjärjestelmään valmistettavan tuotteen skeleton-rakenteen vapautuksen yhteydessä. Näin saadaan erilliseen raporttiin tuoterakenne, tuoterakenteen valmistettavat tasot ajoituksineen sekä ostettavat pääkomponentit hankinta-aikoineen. Raportin avulla pystytään paremmin analysoimaan hankinta-aikojen luotettavuutta ja pureutumaan mahdollisiin hankinta-aikaongelmiin, koska dataa olisi enemmän käytettävissä. Isomman datamäärän perusteella voidaan tehdä luotettavampia johtopäätöksiä hankinta-aikojen luotettavuudesta.

Kun toiminnanohjausjärjestelmässä sijaitsevan hankinta-aikatiedon luotettavuutta ei saatu todennettua, niin kehitettiin aikatauludatan synkronointikonsepti. Synkronointikonseptissa tutkittiin toiminnanohjausjärjestelmässä sekä erillisissä dokumenteissa olevan datan synkronoimista aikataulutusjärjestelmässä olevaan suunnittelun aikataulun dataan. Synkronointia päädyttiin myös tutkimaan, koska aikataulutusjärjestelmässä olevilla suunnittelun aikatauluilla tehdään paljon muutakin, kun määritetään suunnittelun vapautuspisteitä. Suunnittelun aikatauluilla ohjataan suunnittelutyötä muillakin tehtävillä kuin vapautuspisteillä, tehdään kuormituksenhallintaa ja resursoidaan tehtäviä. Aikataulutusjärjestelmä mahdollistaa monimutkaistenkin projektien aikatauluttamisen ja aikataulut saadaan visuaaliseen sekä selkeään muotoon.

Täysin suoraa synkronointia, jossa aikatauludata toiminnanohjausjärjestelmästä siirtyy aikataulutusjärjestelmään ei ole mahdollista toteuttaa, koska toiminnanohjausjärjestelmässä toimitusketjun ohjaukset menevät todella tarkalle tasolle. Tämän takia järjestelmien välistä aikatauludatan synkronointia tutkittiin synkronointipilotin avulla. Pilotissa aikataulutusjärjestelmään tehdyllä makrolla haettiin aikataulutusjärjestelmään tuotannon ajoituksia sekä komponenttien hankinta-aikoja erillisestä tietolähteestä. Pilotin päätarkoituksena oli todistaa aikatauludatan synkronoinnin olevan mahdollista liiketoimintayksikön käytössä olevalla aikataulutusjärjestelmällä.

Pilotissa haasteeksi nousi yksilöivä tunniste, jota oli tarkoituksena hyödyntää toiminnanohjausjärjestelmässä olevien tuotantokehoitteiden aikatauludatan ja suunnittelun aikataulussa olevien tuotantotehtävien aikatauludatan parituksessa. Toimivan yksilöivän tunnisteen luominen olisi vaatinut tarkempaa tutkimusta ja järjestelmäkehitystä, jota ei suoritettu tutkimuksen aikana. Tuotannon ajoitusten synkronoinnin järjestelmien välillä todettiin olevan

myös haasteellista, koska kaikille myydyille tuotteille ei ole tuotemalleja ja tuotteen eri osioiden tuotannonjakopäätökset vaihtelevat projekteittain. Edellä mainittujen tekijöiden takia suunnittelun aikataulun valmisteluun kuluisi todennäköisesti enemmän aikaa verrattuna nykytilanteeseen. Tällöin aikatauludatan synkronointikonseptista saatavat hyödyt häviäisivät. Näiden asioiden perusteella tuotannon ajoitusten synkronoinnin kehittämistä ei kannata jatkaa ainakaan tutkimuksessa esitetyllä tavalla.

Toiminnanohjausjärjestelmässä olevien hankinta-aikojen ylläpidon haasteellisuuden, puuttuvien ylläpitoprosessien ja todentamattoman luotettavuuden takia synkronointikonseptissa haettiin hankinta-aikoja erillisestä Excel -tiedostosta. Nykytilanteessa hankintaosasto ylläpitää hankinta-aikoja Excel-tiedostoissa. Mikäli hankinta jatkossakin ylläpitää Excel-tiedostossa hankinta-aikoja, voidaan suunnittelun aikataulujen hankintatehtävien hankinta-ajat päivittää Excel-tiedostoissa olevien hankinta-aikojen mukaisiksi. Suunnittelun aikataulun hankinta-aikojen synkronointi Excel-tiedostoissa olevaan dataan voisi olla liiketoimintayksikön lyhyen aikavälin tavoite synkronoinnin osalta.

Jotta hankinta-aikojen synkronointia voidaan jatkossa tehdä, tulee määrittää tunnisteet aikataulujen mallipohjiin ja hankinnan ylläpitämiin Excel-tiedostoihin. Tunnisteiden luominen ja aikataulumallipohjien päivittäminen tunnistetiedolla tulee tehdä yhdessä hankinnan kanssa, koska yrityksellä on monia eri tuotteita ja tuotteet sisältävät paljon erilaisia komponentteja. Aikatauluttaja ei tiedä tarkalla tasolla, mihin kaikkiin tuotteisiin tiettyjä komponentteja kuuluu.

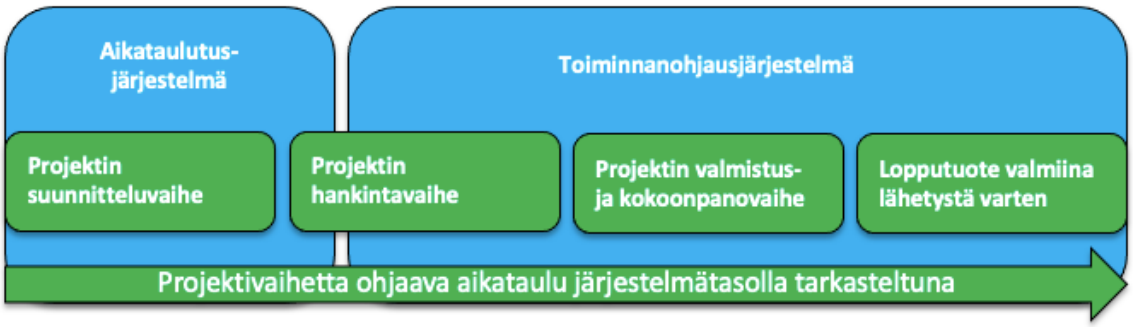
Tutkimuksen erillisessä luvussa käsiteltiin suunnittelun vapautuspisteen kytkemisen kannattavuutta toiminnanohjausjärjestelmässä tapahtuviin datamuutoksiin. Toiminnanohjausjärjestelmän datamuutosten mukaan tapahtuvaan vapautuspisteen automaattiseen päivittymiseen tulee suhtautua varauksella. Aikaistaessa tuotannon ajoituksia alkuperäisestä suunnitelmasta, suunnitteluaika vähenee automaattisesti. Tuotannon aikaistukset eivät voi aina syödä suunnitteluaikaa.

Tutkimuksen toissijaisessa tutkimuskysymyksessä oli tarkoituksena tutkia, miten projektin aikatauludataa saadaan läpinäkyvämmäksi.

- *Miten tulevaisuudessa saadaan aikatauludataa läpinäkyvämmäksi?*

Aikatauludatan läpinäkyvyyden lisäämiseen löydettiin monta eri keinoa. Nykytilanteessa läpinäkyvyysongelma johtuu aikatauludatan hajaantumisesta moneen dokumenttiin. Yrityksen projektit jakautuvat moneen eri vaiheeseen ja eri vaiheessa projektin toimintaa ohjaava aikataulu muuttuu. Liiketoimintayksikössä työskenteleville henkilöille voi olla epäselvää, mistä dokumentista aikataulutietoa tulee seurata. Aikataulutietoa etsiessä tulee tietää, mistä dokumentista tai järjestelmästä löytyy mahdollisimman reaaliaikainen tieto. Tutkimuksessa määritettiin määräävä aikataulu järjestelmineen kussakin projektivaiheessa.

Kun suunnittelun aikataulussa oleva suunnittelun vapautuspiste on ohitettu, niin hankintoja ja valmistusta ohjataan toiminnanohjausjärjestelmässä siihen saakka, kunnes tuote on lähetysvalmiina sille määritetyssä varastossa, katso kuvio 18.



Kuvio 18. Projektivaihetta ohjaava aikataulu järjestelmätasolla tarkasteltuna

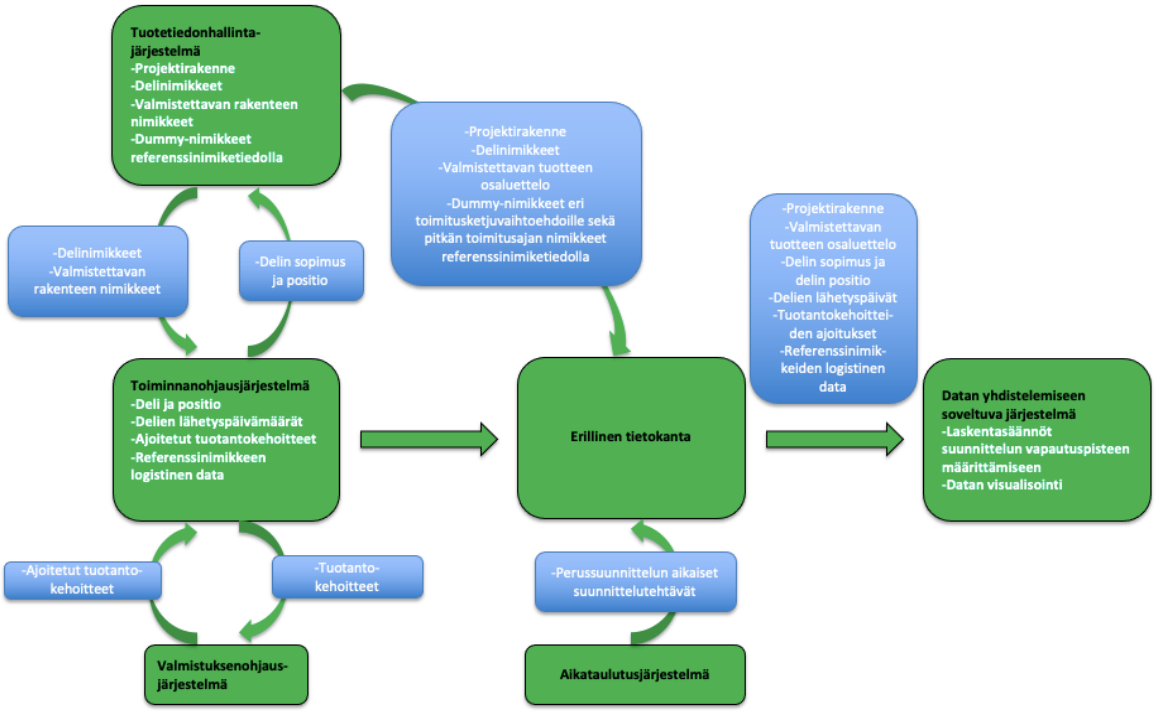
Kuviosta 18 nähdään projektin hankintavaiheen alkupään olevan aikataulutusjärjestelmän alueella. Siitä huolimatta, että hankinnan pääaikatauluna toimii toiminnanohjausjärjestelmä, niin aikataulutusjärjestelmässä laaditut suunnittelun aikataulut toimivat projektissa työkaluna, jolla varmistetaan riittävä aika hankintojen tekemiselle. Etenkin siinä tapauksessa, jos suunnittelu tekee vapautukset juuri ennen suunnittelun vapautuksen takarajaa.

Tehtyjen haastattelujen avulla tunnistettiin kaksi pienempää läpinäkyvyyteen liittyvää ongelmaa, jotka löydettiin hankinta- sekä suunnitteluosastolta. Ongelmiin määritettiin askeleet, joilla läpinäkyvyysongelmia pystytään pienentämään.

Toiminnanohjausjärjestelmän aikataulutietoon ja tuotetiedonhallintajärjestelmän tuotera-kennetietoon perustuva erillinen raportti toisi projektin alkuvaiheisiin läpinäkyvyyttä koko projektiorganisaatiolle. Jatkotutkimusehdotuksissa esitellään raporttia, jossa suunnittelun vapautuspisteen ajankohta määritetään perustuen toiminnanohjaus- ja tuotetiedonhallintajärjestelmän dataan. Toimiva ja käyttökelpoinen raportti voisi toimia liiketoimintayksikön pitkän aikavälin tavoitteena. Seuraavassa luvussa esitellään raportin toimintaa.

7.2 Jatkotutkimusehdotukset

Jatkotutkimusehdotuksena tälle tutkimukselle on suunnittelun vapautuspisteen määrittämiseen kehitetty datamalli. Datamallin tarkoituksena on yhdistää tietoa eri liiketoimintayksikön järjestelmistä, kuten tuotetiedonhallinnanjärjestelmästä, toiminnanohjausjärjestelmästä sekä aikataulutusjärjestelmästä. Järjestelmien tietoja yhdistelemällä pystytään rakentamaan logiikka, jolla saadaan määritettyä suunnittelun vapautuspisteet sekä korvaamaan nykymuodossa tehtävä suunnittelun aikataulu. Kuviossa 19 esitetään konseptitasolla ajatus datamallin toiminnasta.



Kuvio 19. Konseptitason esitys datamallista

Aikataulutusjärjestelmässä sijaitsee tuotteen perussuunnitteluvaiheen aikataulu. Perussuunnitteluaikataulussa esitetään perussuunnitteluvaiheessa suunnittelua ohjaavia tehtäviä, jotka haetaan datamalliin. Tuotetiedonhallintajärjestelmästä datamalliin tarvitaan tuotekohtainen projektirakenne, joka sisältää valmistettavat ja ostettavat deliverablet. Tuotteiden mallirakenteisiin määritetään dummy-nimikkeitä, jotka ovat komponenttien hankinta-aikojen määritykseen käytettäviä apunimikkeitä. Dummy-nimikkeille määritetään referenssinimiketieto. Tuotteen mallirallirakenteesta dummy-nimikkeet periytyvät tuotteen projektikohtaiseen rakenteeseen. Toiminnanohjausjärjestelmästä saadaan deliverablen lähetyspäivämäärä, valmistettavan deliverablen tuotantokehoitteiden ajoitukset sekä tuotteen projektirakenteessa oleville dummy -nimikkeille referenssinimikkeen mukainen hankinta-aika.

Tarkoituksena konseptissa on hakea suunnittelun vapautuspisteen määrittämiseen tarvittava tieto toiminnanohjaus- ja tuotetiedonhallintajärjestelmästä yrityksen erilliseen tietokantaan. Erillisestä tietokannasta data haetaan datan yhdistelemiseen sopivaan järjestelmään. Järjestelmään tulee luoda logiikka, jolla saadaan laskettua suunnittelun vapautuspiste rakenneryhmien tai tuotteiden eri osioille. Seuraavaksi havainnollistetaan suunnittelun vapautuspisteen määrittämistä toiminnanohjaus- ja tuotetiedonhallintajärjestelmässä olevilla tiedoilla. Taulukossa 3 on havainnollistettu tuotetiedonhallintajärjestelmästä haettavaa nimikkeen A001 osaluetteloa dummy -nimikkeineen.

Taulukko 3. Tuotteen osaluettelo referenssinimikkeineen

Nimike	Ylemmän tason nimike	Dummy-nimike	Referenssinimike
A001	-	Ei	X100
A002	A001	Ei	X100
A003	A002	Kyllä	X789

Taulukon 3 nimikkeet A001 ja A002 ovat valmistettavia nimikkeitä. Nimike A001 on osaluettelohierarkiassa korkeimmalla ja nimike A003 alimpana. Nimike A002 on nimikkeen A001 alikokoonpano, johon kuuluu ostettava nimike A003. Osaluettelon nimike A003 on ostettava dummy -nimike, jolle on määritetty referenssinimike X789. Taulukossa 4 havainnollistetaan toiminnanohjausjärjestelmästä haettavaa dataa.

Taulukko 4. Osaluettelon nimikkeet ja niihin liittyvä aikatauludata

Nimike	Valmistuksen alkupäivä-määrä	Valmistuksen loppupäivä-määrä	Hankinta-aika
A001	17.5.2025	20.5.2025	-
A002	15.5.2025	17.5.2025	-
X789	-	-	5

Toiminnanohjausjärjestelmästä haetaan valmistettavien nimikkeiden A001 sekä A002 valmistuksen ajoitukset ja ostettavan dummy -nimikkeen A003 referenssinimikkeen X789 hankinta-aika. Hankinta-aika nimikkeelle A003 on tässä tapauksessa viisi päivää. Taulukoissa olevien tietojen avulla saadaan laskettua suunnittelun vapautuspisteen ajankohta nimikkeelle A003.

Datamallin osalta tunnistettiin paljon määritettäviä asioita, kuten laskentalogiikkojen määrittäminen liiketoimintayksikön eri toimintatapojen osalta. Haasteeksi tunnistettiin alihankinnassa tehtävien tuotteiden esikokoonpanot, joita ei ole ajoitettuna toiminnanohjausjärjestelmässä. Eri toimitusketjuvaihtoehdot tulee huomioida, koska joitain komponentteja ja kokonaisuuksia toimitetaan monelta eri mantereelta riippuen projektista ja asiakkaan sijainnista. Eri toimitusketjuvaihtoehtojen tulee olla mallinnettuna ostettavina dummy-nimikkeinä tuotteen mallirakenteessa. Lisäksi valmistettavan tuotteen skeleton-rakenteen vapautus vaaditaan aikaisessa vaiheessa projektia.

Datamalli muuttaisi liiketoimintayksikön tavan tehdä suunnittelun aikatauluja. Projektin aikatauluttaja olisi vastuussa oikeiden dummy -nimikkeiden valitsemisesta tuoterakenteessa. Valinnat tehtäisiin perustuen erilliseen tuotannonjakodokumenttiin. Aikataulun muutostilanteissa aikatauluttaja pystyy ainoastaan säätelemään hankinnan kestoja referenssinimikkeitä muuttamalla. Tuotannon ajoitukset ovat kiinteät ja niiden ajoitukset ovat toisen osaston vastuulla.

Datamallin tiedot voidaan päivittää automaattisesti esimerkiksi kerran päivässä. Tällöin aikatauludata perustuisi melkein reaaliaikaisesti toiminnanohjausjärjestelmässä määritettyyn dataan. Tuotannon ajoituksien muuttuessa suunnittelun vapautuspisteiden ajankohdat päivittyisivät automaattisesti. Automatisoinnin takia ihmistä ei tarvita tekemään päätöksiä aikataulun muutoksista, jolloin tuotannossa tapahtuvat aikaistukset johtaisivat automaattisesti suunnitteluajan vähenemiseen. Automaattisesti päivittyvä datamalli olisi raaka tapa määrittää vapautuspisteiden ajankohtia.

Jos datamallikonseptia halutaan lähteä tutkimaan ja kehittämään jatkossa, niin seuraavana vaiheena on tutkia, saadaanko tuotetiedonhallintajärjestelmästä tuotteiden projektirakenteet haettua erilliseen tietokantaan. Tämän jälkeen tulee määrittää datan yhdistelemiseen soveltuva järjestelmä, jolla data haetaan tietokannasta.

7.3 Tutkimuksen luotettavuuden ja puolueettomuuden arviointi

Tutkimuksen luotettavuuden arviointi kuuluu kaikkiin laadullisiin tutkimuksiin. Vitikan (2025) mukaan tutkimuksen luotettavuudella tarkoitetaan yhteensopivuuden tarkastelua tutkimuskohteen sekä tutkimuksessa kerätyn ja tulkitun materiaalin välillä. Luotettavuuden arviointia tulee tehdä koko tutkimuksen ajan ja tutkijan tulee pystyä perustelemaan tutkimuksessa tekemiään valintoja, koska jokainen tutkijan tekemä valinta vaikuttaa tutkimuksen luotettavuuteen.

Teorian osalta esitettiin kokonaisuus, joka tuki tutkimuksessa pilotoitua aikatauludatan synkronointikonseptia engineer to order-ympäristössä toimivalle yritykselle. Keskeisimmät tutkimuksen käsitteet ja alan tunnuspiirteet ovat esitetty teoriakokonaisuudessa. Tutkimuksen eri vaiheet ovat kuvattu tarkasti, joka luo läpinäkyvyyttä ja luotettavuutta tutkimukseen. Tutkimuksen alussa ongelmaa lähestyttiin monesta eri näkökulmasta ja tutkimuksen aikana tehdyt valinnat ovat hyvin perusteltuja.

Päätiedonkeruumenetelmänä hyödynnetiin teemahaastatteluita. Haastatteluissa käsitellyt teemat tukivat tutkimuskysymyksiin vastaamista. Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttaa eniten tiedonkeruuvaiheessa teemahaastatteluiden tallentamattomuus sekä haastateltavien epätasainen jakautuminen eri osa-alueille. Puolestaan haastatteluista kerätyn aineiston luotettavuutta parantaa, kun haastattelut suoritettiin haastateltavien henkilöiden luonnollisessa ympäristössä.

Haastattelujen lisäksi tutkittiin toiminnanohjausjärjestelmässä olevaa dataa. Toiminnanohjausjärjestelmän aikatauludatasta tehdyt havainnot olivat linjassa haastatteluista saadun tiedon kanssa. Hankinta-aikojen vertailu oli hyvin työlästä manuaalisesti, jonka takia hankinta-aikojen vertailun otanta jäi pieneksi. Tämä vaikutti datan luotettavuudesta tehtyihin johtopäätöksiin. Toiminnanohjausjärjestelmän hankinta-aikojen luotettavuutta ei pystytty toteamaan tutkimuksen aikana.

Tutkimuksen rajoitteisiin kuului toimeksiannon laajuus, joka hankaloitti tutkimukseen syventymistä. Tutkimuksen alkuvaiheessa tiettyjä järjestelmiä rajattiin pois tutkimuksen piiristä. Tehdyillä valinnoilla oli myös vaikutus lopputulokseen. Tutkimuksen edistyessä tunnistettiin erilaisia aikatauludatan synkronointiin liittyviä ongelmakohtia detaljitasolla, johtuen tutkitun liiketoimintayksikön monimutkaisista toimintatavoista sekä projektikohtaisista eroavaisuuksista. Tämän takia tutkimuksen piiristä alussa pois jätettyjen järjestelmien sopivuutta datan synkronointiin voitaisiin tarkastella vielä uudelleen.

Vitikan (2025) mukaan puolueettomuusnäkökulma tulee myös ottaa huomioon luotettavuutta arvioitaessa. Puolueettomuutta tulee arvioida, koska usein tutkimuksen tekijä kuuluu tutkittavaan yhteisöön. Tutkimuksessa aikatauludatan synkronointia yritettiin tutkia puolueettomasti huomioiden nykyiset toimintatavat. Aikatauludatan synkronointipilotissa pyrittiin toteuttamaan synkronointi ilman, että nykyisiin toimintatapoihin tarvitsisi lisätä ylimääräisiä tehtäviä. Jos synkronoinnin toimiminen olisi edellyttänyt uusien manuaalisten tehtävien lisäämistä, olisi se vähentänyt aikatauludatan synkronoinnista saatavia hyötyjä.

7.4 Tulosten pohdinta ja yhteenveto

Tässä diplomityössä tutkittiin aikatauludatan synkronointia toimeksiantajayrityksen yhdessä liiketoimintayksikössä. Toimeksiantajayritys toimii engineer to order-periaatteella, jossa jokainen tuote suunnitellaan asiakkaan tilauksesta. Jokainen toimitusprojekti on uniikki tuotteiltaan ja toimituslaajuudeltaan. Tutkimuksen alussa tutkittiin yrityksen muiden työkalujen soveltuvuutta liiketoimintayksikön suunnittelun aikatauluttamiseen ja sitä kautta aikatauludatan synkronointiin. Aikatauludatan synkronoinnin ja keskittämisen ongelmaksi tunnistettiin engineer to order-ympäristössä toimivan yrityksen kompleksiset toimintatavat, ylläpidettävän datamäärän paljous ja monet eri tuotteiden sekä toimitusketjujen projektikohtaiset variaatiot. Yrityksen alihankkijoiden kuormitustilanteet voivat muuttua nopeasti, jolloin esimerkiksi hankinta-aikadataa on mahdotonta ylläpitää toiminnanohjausjärjestelmässä reaaliaikaisesti johtuen laajasta tuotevalikoimasta ja tuotteiden monimutkaisuudesta. Edellä mainittujen tekijöiden takia tutkimuksessa ei löydetty yhtä toimivaa tapaa, jolla saadaan synkronoitua liiketoimintayksikön aikatauludataa. Tutkimuksessa on myös nostettu esiin ongelmia, joita liiketoimintayksiköllä tulee esiintymään, jos aikatauludataa halutaan keskittää toiminnanohjausjärjestelmään.

Tutkimuksessa on tuotu esiin kaksi erilaista konseptia, joilla liiketoimintayksikön aikatauludatan synkronointia voidaan tulevaisuudessa kehittää. Molemmat konseptit kuitenkin vaativat jatkotutkimusta sekä kehitystä, jos niitä halutaan ottaa käyttöön tulevaisuudessa. Vaikka tutkimuksessa ei ollut tarkoituksena suorittaa integraatioita järjestelmien välillä, niin tutkimuksen aikana varmistettiin aikataulutusjärjestelmän sopivuus aikatauludatan synkronointiin ja suoritettiin synkronointipilotointi.

Pelkästään aikatauludatan synkronoinnin kannalta jatkotutkimusehdotuksissa esitelty datamalli olisi suositeltavin tapa tehdä aikatauludatan synkronointia, koska ajoitusdata perustuisi täysin toiminnanohjausjärjestelmässä olevaan dataan. Toimivan ja käyttökelpoisen datamallin luominen vaatii kuitenkin paljon lisäselvityksiä sekä toimintatapojen muutoksia. Aikataulutuskokonaisuutta tarkasteltaessa laajemmin aikataulutusjärjestelmällä pystytään tekemään aikatauluja eri toimintatavat ja projektikohtaiset variaatiot huomioon ottaen. Lisäksi aikataulutusjärjestelmässä ylläpidetyt tuotteiden malliaikataulut sopivat myös projektien myyntivaiheessa myynnin tukemiseen. Aikataulumalleilla voidaan simuloida tuotteiden läpimenoaikoja. Samanlaiseen simulointiin ei välttämättä pystytä datamallilla.

Projektien aikataulutuksessa tulee ottaa huomioon, että yritys toimii projektiluontoisesti. Yrityksen toimialalla kilpailu on kovaa ja tuotteiden toimitusaika on merkitsevä kilpailutekijä. Projektiaikataulujen vaaditaan olevan joustavia, jotta saadaan myytyä tuotteita asiakkaille. Projektikohtaisessa markkinassa jokainen myyty projekti ei voi mennä lävitse samoilla standardiläpimenoajoilla. Tämän takia pitää olla mahdollisuus tehdä täysin projektikohtaisia aikatauluja projektikohtaisilla läpimenoajoilla. Tähän tarkoitukseen erillinen aikataulutusjärjestelmä ja sillä tehdyt aikataulut ovat soveltuva ratkaisu.

Aikataulutiedon synkronoinnin tutkimista ja kehittämistä tulee kuitenkin jatkaa liiketoimintayksikössä. Mathew sekä Johansson (2023, 85) ovat todenneet tutkimuksessaan ETO-projektien aikataulumuutosten sekä uudelleen aikataulutusten aiheuttavan huomattavasti ylimääräistä työtä. Jos tulevaisuudessa saadaan suunnittelun vapautuspisteet kytkettyä toiminnanohjausjärjestelmässä tapahtuviin datamuutoksiin, säästyy aikataulupäivityksiin kuluvaa työaikaa.

Lähteet

Adrodegari, F., Bacchetti, A., Pinto, R., Pirola, F. & Zanardini, M. 2015. Engineer-to-order (ETO) production planning and control: an empirical framework for machinery-building companies. Production Planning & Control. 26(11), 910-932. [Viitattu 15.4.2025]. Saatavilla: DOI: 10.1080/09537287.2014.1001808

Alfieri, A., Tolio, T. & Urgo, M. 2010. A project scheduling approach to production planning with feeding precedence relations. International Journal of Production Research. 49(4), 995-1020. [Viitattu 15.4.2025]. Saatavilla: DOI: 10.1080/00207541003604844

Ambriz, R. & Landa, M. 2015. Dynamic Scheduling with Microsoft Project 2013: The Book by and for Professionals. 1st edition. Plantation, FL: J. Ross Publishing, Inc. [E-kirja]. [Viitattu 25.4.2025].

Berry, S. 2024. Data Synchronization: What is It and Top Tools to Know in 2024. [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 18.3.2025]. Saatavilla https://www.cdata.com/blog/data-synchronization-tools

Demeulemeester, E. L. & Herroelen W. S. 2002. Project Scheduling: A Research Handbook. 1st edition. Boston: Kluwer Academic Publishers. [E-kirja]. [Viitattu 25.3.2025].

Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere: Vastapaino. [E-kirja]. [Viitattu 16.3.2025].

Ghiyasinasab, M., Lehoux, N., Ménard, S. & Cloutier, C. 2020. Production planning and project scheduling for engineer-to-order systems- case study for engineered wood production. International Journal of Production Research. 59, 1-20. [Viitattu 4.4.2025]. Saatavissa: DOI: 10.1080/00207543.2020.1717009

Gosling, J. & Naim, M. M. 2009. Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. International journal of production economics. 122(2), 741-754. [Viitattu 9.4.2025]. Saatavissa: DOI: 10.1016/j.ijpe.2009.07.002

Grabenstetter, D. H. & Usher, J. M. 2013. Determining Job Complexity in an Engineer to Order Environment for Due Date Estimation Using a Proposed Framework. International

journal of production research. 51(19), 5728-5740. [Viitattu 2.5.2025]. Saatavilla: DOI: 10.1080/00207543.2013.787169

Grabenstetter, D. H. & Usher, J. M. 2014. Developing Due Dates in an Engineer-to-Order Engineering Environment. International journal of production research. 52(21), 6349-6361. [Viitattu 3.5.2025]. Saatavilla: DOI: 10.1080/00207543.2014.940072

Hicks, C. & Braiden, P.M. 2000. Computer-Aided Production Management Issues in the Engineer-to-Order Production of Complex Capital Goods Explored Using a Simulation Approach. International journal of production research. 38(18), 4783-4810. Web. [Viitattu 27.4.2025]. Saatavissa: DOI: 10.1080/00207540010001019

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2001. Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Lisäpainos. Helsinki: Yliopistopaino.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2022. Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö. 2. painos. Helsinki: Gaudeamus. [E-kirja]. [Viitattu 22.3.2025].

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Institute, Project Management. 2019. Practice Standard for Work Breakdown Structures. Third edition. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc. [E-kirja]. [Viitattu 4.4.2025].

Korol, J. 2017. Microsoft® Excel® 2016 - Programming by Example with VBA, XML, and ASP. Dulles, Virginia: Mercury Learning and Information. [E-kirja]. [Viitattu 17.4.2025].

Kusturica, W., Laroque, C., Gliem, D., Stolipin J. & Wenzel, S. 2018. ESTIMATING PROCESS DURATION AND SAFEGUARD PROJECT PLANNING IN A ONE-OF-A-KIND PRODUCTION ENVIRONMENT BY THE USE OF SIMULATION TECHNIQUES. Winter Simulation Conference (WSC), IEEE Gothenburg, Sweden. 3909-3920. [Viitattu 10.5.2025]. Saatavissa: DOI: 10.1109/WSC.2018.8632299

Malhotra, N. & Chaudhary, A. 2014. Implementation of Database Synchronization Technique between Client and Server. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT). 3(4), 460-465. [Viitattu 22.3.2025]. Saatavilla: https://www.ijesit.com/Volume%203/Issue%204/IJESIT201404_63.pdf

Mansfield, R. 2013. Mastering VBA for Microsoft Office 2013. 1st edition. Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons, Incorporated. [E-kirja]. [Viitattu 15.4.2025].

Mansfield, R. 2019. Mastering VBA for Microsoft® Office 365®. Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons, Incorporated. [E-kirja]. [Viitattu 16.4.2025]. Saatavilla: https://vbacourses.azurewebsites.net/eBooks/Mastering%20VBA%202019.pdf

Mathew, N. & Johansson, B. 2023. Production Planning and Scheduling Challenges in the Engineer-to-Order Manufacturing Segment—A Literature Study. International Journal of Innovation, Management and Technology (IJIMT). 14(3), 80-87. [Viitattu 16.4.2025]. Saatavissa: DOI: 10.18178/ijimt.2023.14.3.942

McGovern, T., Hicks, C. & Earl, C. F. 1999. Modelling Supply Chain Management Processes in Engineer-to-Order Companies. International Journal of Logistics Research and Applications. 2(2), 147-159. [Viitattu 29.3.2025]. Saatavilla: DOI: 10.1080/13675569908901578

Mäntyneva, M. & Helsingin seudun kauppakamari, kustantaja. 2025. Hallittu projekti: jäntevästä suunnittelusta menestykselliseen toteutukseen. 3. uudistettu painos. Helsinki: Kauppakamari. [E-kirja]. [Viitattu 12.4.2025].

Ohlson, N. E. 2023. Underlying Mechanisms for Planning Engineering Capacity and Load in an Engineer-to-Order Context. Teoksessa: Advances in Production Management Systems. Production Management Systems for Responsible Manufacturing, Service, and Logistics Futures: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2023, Trondheim, Norway, September 17-21, 2023, Proceedings, Part III. Cham: Springer Nature Switzerland. [E-kirja]. [Viitattu 17.4.2025].

Olhager, J. 2003. Strategic positioning of the order penetration point. International Journal of Production Economics. 85(3), 319-329. [Viitattu 12.4.2025]. Saatavissa: DOI: 10.1016/S0925-5273(03)00119-1

Pidd, M. 2010. Why Modelling and Model Use Matter. The Journal of the Operational Research Society. 61(1), 14-24. [Viitattu 13.4.2025]. Saatavilla: 10.1057/jors.2009.141

Proud, J. F. & Deutsch, E. 2021. Master Planning and Scheduling: An Essential Guide to Competitive Manufacturing. Fourth edition. Newark: John Wiley & Sons, Incorporated. [E-kirja]. [Viitattu 28.4.2025].

Puusa, A. & Juuti, P. 2020. Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät. Helsinki: Gaudeamus. [E-kirja]. [Viitattu 16.4.2025].

Scholz C. 1984. OR/MS methodology - A conceptual framework. OMEGA The International JournaI of Management Science. 12(1), 53-61. [Viitattu 15.4.2025]. Saatavilla: DOI: 10.1016/0305-0483(84)90010-0

Schönsleben, P. 2022. Handbook Integral Logistics Management: Operations and Supply Chain Management Within and Across Companies. Sixth edition. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin / Heidelberg. [E-kirja]. [Viitattu 12.4.2025].

Schwindt, C. & Zimmermann, J. 2015. Handbook on Project Management and Scheduling Vol. 1. 1st edition. Cham: Springer International Publishing AG. [E-kirja]. [Viitattu 25.4.2025].

Song, D. P., Hicks, C. & Earl, C. F. 2002. Product due date assignment for complex assemblies. International Journal of Production Economics. 76(3), 243-256. [Viitattu 16.4.2025]. Saatavissa: DOI: 10.1016/S0925-5273(01)00170-0

Strandhagen, J. W., Vallandingham, L. R., Alfnes, E. & Strandhagen, J. O. 2018. Operationalizing lean principles for lead time reduction in engineer-to-order (ETO) operations: A case study. IFAC-PapersOnLine. 51(11), 128-133. [Viitattu 9.4.2025]. Saatavilla: DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.08.246

Themistocleous, M., Rosemann, M. & Loos, P. 2005. Enterprise Resource Planning and Enterprise Application Integration. 1st edition. Bradford, England: Emerald Group Publishing. [E-kirja]. [Viitattu 14.4.2025].

Tipi, N. 2021. Supply Chain Analytics and Modelling: Quantitative Tools and Applications. 1st edition. London: Kogan Page. [E-kirja]. [Viitattu 10.4.2025].

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Uudistettu laitos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi. [E-kirja]. [Viitattu 16.4.2025].

Vaagen, H., Kaut M. & Wallace S.W. 2017. The impact of design uncertainty in engineer-to-order project planning. European Journal of Operational Research. 261(3), 1098-1109. ISSN 0377-2217. [Viitattu 14.5.2025]. Saatavissa: DOI: 10.1016/j.ejor.2017.03.005

Liite 1. Teemahaastattelun kysymykset

Aikatauludatan muodostuminen, läpinäkyvyys ja luotettavuus

Haastateltavan osasto:

1. Teema: Osaston seuraamat aikataulut ja aikatauludatan ylläpito

    1) Mitä aikataulupisteitä projektivaiheessa seurataan?

    2) Mitä toimintaa aikataulupisteet ohjaavat?

    3) Mistä kaikista järjestelmistä aikatauluja seurataan nykyhetkellä?

    4) Missä järjestelmässä tai dokumentissa osasto ylläpitää aikatauluihin liittyvää dataa?

2. Teema: Aikatauludatan syntyminen

    1) Miten aikataulutieto syntyy?

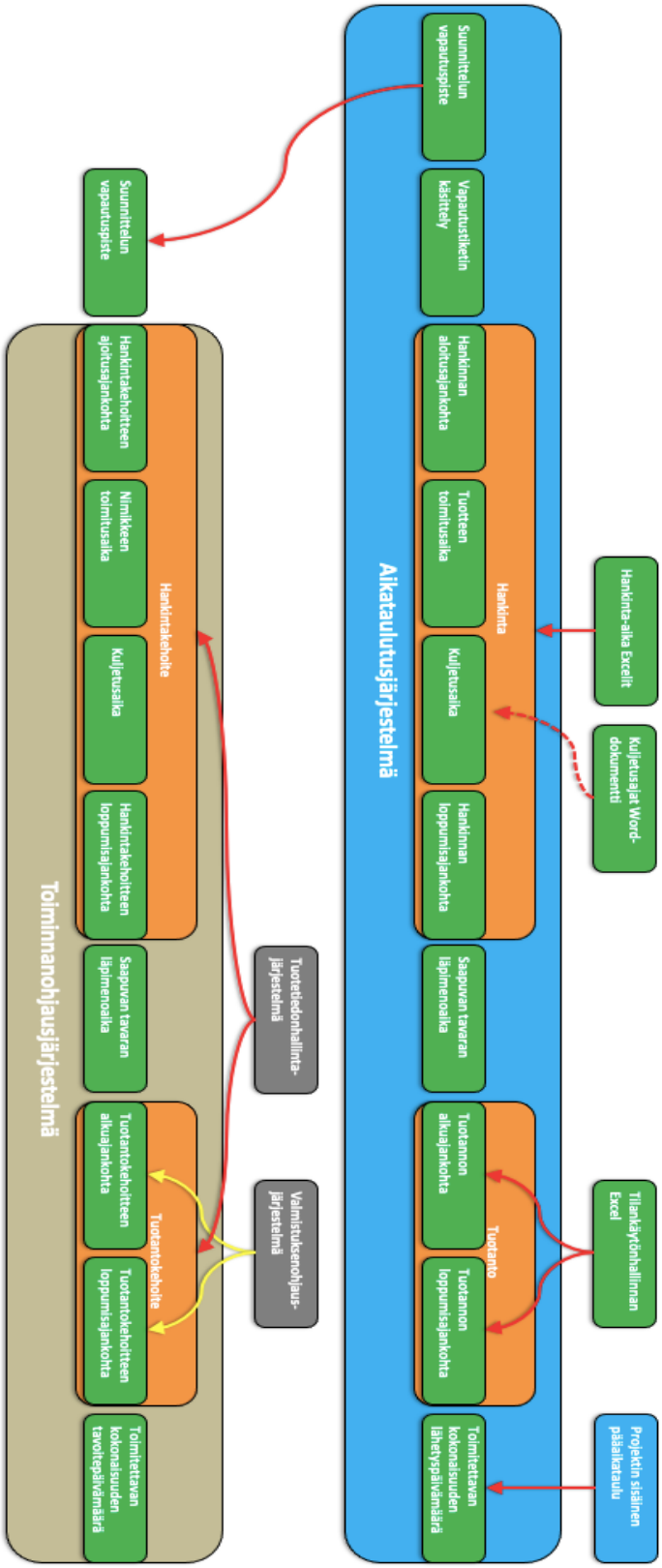
    2) Minkä osa-alueen aikataulutieto tai muut tekijät vaikuttavat aikataulutietoon tai ohjaavat aikataulutietoa?

3. Teema: Aikatauludatan läpinäkyvyys ja luotettavuus

    1) Onko aikatauludata läpinäkyvää?

    2) Onko aikatauludata luotettavaa?

Liite 2. Aikataulutiedon muodostuminen aikataulutusjärjestelmässä ja toiminnanohjausjärjestelmässä



Liite 3. VBA-koodi tuotantotehtävien ajoitusten päivitykseen

```
Sub Tuotantoajoitusten paivitys ()

    Dim xlApp As Object
    Dim xlWb As Object
    Dim xlWs As Object
    Dim tiedostoPolku As String
    Dim rivi As Long
    Dim tehtava As Task
    Dim tehtavaDict As Object
    Dim tunniste As String
    Dim aloitusPaiva As Variant
    Dim lopetusPaiva As Variant

    On Error GoTo VirheAvaus

    ' Manuaalinen polku Excel-tiedostoon
    tiedostoPolku = "--"

    ' Luo Excel-sovellus
    Set xlApp = CreateObject("Excel.Application")
    xlApp.Visible = True

    ' Avaa työkirja
    Set xlWb = xlApp.Workbooks.Open(tiedostoPolku)
    If xlWb Is Nothing Then
        MsgBox "Excel-työkirjaa ei voitu avata.", vbCritical
        GoTo VirheSiivous
    End If

    ' Päivitä mahdolliset PowerQuery- tai datataulut
    On Error Resume Next
    xlWb.RefreshAll
    On Error GoTo 0

    ' Odota hetki päivityksiä varten
    Dim t As Double: t = Timer
    Do While Timer < t + 5
        DoEvents
    Loop

    ' Käytä ensimmäistä välilehteä
    Set xlWs = xlWb.Sheets(1)
    If xlWs Is Nothing Then
        MsgBox "Excel-taulukkoa ei löytynyt.", vbCritical
        GoTo VirheSiivous
    End If

    ' Luodaan sanakirja aikataulun tehtävistä
    Set tehtavaDict = CreateObject("Scripting.Dictionary")
    For Each tehtava In ActiveProject.Tasks
        If Not tehtava Is Nothing Then
            If Trim(tehtava.Tunniste) <> "" Then
                tehtavaDict.Add Trim(tehtava.Tunniste), tehtava
            End If
        End If
    Next tehtava

    ' Luetaan Excelin tiedot ja päivitetään tehtävät
    rivi = 2
    Do While xlWs.Cells(rivi, 1).Value <> ""

        tunniste = Trim(CStr(xlWs.Cells(rivi, 1).Value))
        aloitusPaiva = xlWs.Cells(rivi, 2).Value
        lopetusPaiva = xlWs.Cells(rivi, 3).Value

        If tehtavaDict.exists(tunniste) Then
            Set tehtava = tehtavaDict(tunniste)

            If IsDate(aloitusPaiva) Then tehtava.Start = CDate(aloitusPaiva)
            If IsDate(lopetusPaiva) Then tehtava.Finish = CDate(lopetusPaiva)
        End If

        rivi = rivi + 1
    Loop

    MsgBox "Tehtävien päivittäminen valmis!", vbInformation

VirheSiivous:
    On Error Resume Next
    If Not xlWb Is Nothing Then xlWb.Close SaveChanges:=False
    If Not xlApp Is Nothing Then xlApp.Quit
    Set xlWs = Nothing
    Set xlWb = Nothing
    Set xlApp = Nothing
    Set tehtavaDict = Nothing
    Exit Sub

VirheAvaus:
    Debug.Print "Virhe: " & Err.Number & " - " & Err.Description
    MsgBox "Virhe Excel-tiedoston avaamisessa tai lukemisessa: " & Err.Description, vbCritical
    Resume VirheSiivous

End Sub
```

Liite 4. VBA-koodi hankintatehtävien hankinta-aikojen päivitykseen

```
Sub Hankinta-aikojen paivitys()

    Dim xlApp As Object
    Dim xlWb As Object
    Dim xlWs As Object
    Dim tiedostoPolku As String
    Dim rivi As Long
    Dim tunniste As String
    Dim durationArvo As String
    Dim kestoMinuutteina As Long
    Dim durationDict As Object
    Dim tehtava As Task
    Dim virheelliset As String

    ' Polku Excel-tiedostoon
    tiedostoPolku = "--"

    ' Avaa Excel
    On Error GoTo Virhe
    Set xlApp = CreateObject("Excel.Application")
    Set xlWb = xlApp.Workbooks.Open(tiedostoPolku)
    Set xlWs = xlWb.Sheets(1)
    xlApp.Visible = True

    ' Luetaan tunniste-duration -parit Excelistä sanakirjaan
    Set durationDict = CreateObject("Scripting.Dictionary")
    rivi = 2

    Do While xlWs.Cells(rivi, 1).Value <> ""
        tunniste = Trim(CStr(xlWs.Cells(rivi, 1).Value))
        durationArvo = Trim(CStr(xlWs.Cells(rivi, 2).Value))
        kestoMinuutteina = MuunnaKestoMinuuteiksi(durationArvo)

        If kestoMinuutteina > 0 Then
            durationDict(tunniste) = kestoMinuutteina
        Else
            virheelliset = virheelliset & "Rivi " & rivi & ": """ & durationArvo & """" & vbCrLf
        End If

        rivi = rivi + 1
    Loop

    ' Käydään läpi vain ne tehtävät, joilla on Tunniste-arvo
    For Each tehtava In ActiveProject.Tasks
        If Not tehtava Is Nothing Then
            If Trim(tehtava.Tunniste) <> "" Then
                tunniste = Trim(tehtava.Tunniste)
                If durationDict.exists(tunniste) Then
                    tehtava.Duration = durationDict(tunniste)
                End If
            End If
        End If
    Next tehtava

    ' Ilmoitetaan virheellisistä Duration-arvoista
    If virheelliset <> "" Then
        MsgBox "Seuraavat Duration-arvot olivat virheellisiä tai tuntemattomia, eikä niitä käytetty:" & vbCrLf & vbCrLf & virheelliset,
vbExclamation
    End If

    MsgBox "Duration-arvot päivitetty kaikille tunnisteen sisältäville tehtäville!", vbInformation

    ' Siivous
    xlWb.Close SaveChanges:=False
    xlApp.Quit
    Set xlWs = Nothing
    Set xlWb = Nothing
    Set xlApp = Nothing
    Set durationDict = Nothing
    Exit Sub

Virhe:
    MsgBox "Virhe: " & Err.Description, vbCritical
    On Error Resume Next
    If Not xlWb Is Nothing Then xlWb.Close SaveChanges:=False
    If Not xlApp Is Nothing Then xlApp.Quit

End Sub

Function MuunnaKestoMinuuteiksi(kesto As String) As Long
    Dim arvo As Double
    Dim yksikko As String
    Dim i As Integer

    For i = 1 To Len(kesto)
        If Not IsNumeric(Mid(kesto, i, 1)) And Mid(kesto, i, 1) <> "." Then Exit For
    Next i

    If i > 1 Then
        arvo = Val(Left(kesto, i - 1))
        yksikko = LCase(Trim(Mid(kesto, i)))

        Select Case yksikko
            Case "m", "min", "minutes": MuunnaKestoMinuuteiksi = arvo
            Case "h", "hr", "hours": MuunnaKestoMinuuteiksi = arvo * 60
            Case "d", "day", "days": MuunnaKestoMinuuteiksi = arvo * 480
            Case "w", "wk", "week", "weeks": MuunnaKestoMinuuteiksi = arvo * 2400
            Case "mo", "month", "months": MuunnaKestoMinuuteiksi = arvo * 19200
            Case Else: MuunnaKestoMinuuteiksi = 0
        End Select
    Else
        MuunnaKestoMinuuteiksi = 0
    End If
End Function
```