



Wilma Vainio

# Taajuusmuuttajalinjan SAP Routing -toiminnon kehitys ja automatisointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalous

Insinöörityö

8.3.2023

## Tiivistelmä

Tekijä:	Wilma Vainio
Otsikko:	Taajuusmuuttajalinjan SAP Routing -toiminnon kehitys ja automatisointi
Sivumäärä:	50 sivua + 2 liitettä
Aika:	8.3.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Tuotantotalouden tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	Kansainvälinen ICT-liiketoiminta
Ohjaajat:	Lehtori Anna Sperryn Tuotannonsuunnittelun esihenkilö Juhana Junes

---

Tämän insinööriyön tavoitteena oli kehittää ja automatisoida Routing-toimintoa SAP-toiminnanohjausjärjestelmässä taajuusmuuttajalinjalla. Insinööriyössä tutkittiin mahdollisia vaihtoehtoja ja parhaita käytäntöjä tuotannonsuunnittelun routingeihin liittyviin prosesseihin niiden automatisoinnin tueksi.

Insinööriyö perustui yrityksen tuotannonsuunnittelijoiden, prosessinomistajan, suunnitteluinsinöörin ja tuotannon kehitysspesialistin tietoihin. Insinööriyön aikana pidettiin haastatteluja sekä käytettiin yrityksen sisäisiä dokumentteja hyödyksi. Teoriaosuus rakennettiin eri tuotantomenetelmien ominaisuuksista sekä SAP ERP -ominaisuuksista routing-ympäristössä.

Nykytila-analyysin avulla todennettiin tarve SAP routingien kehittämiseen, niiden määrän minimoimiseen sekä prosessin automatisoimiseen. Hyödyiksi muodostui työajan lyhentäminen, routingien helpompi modifiointi sekä kapasiteetin ja kuorman hallinnan parempi optimointi ja hallinta.

Insinööriyön tuloksena syntyi uusi kehitetty tuotannonsuunnittelun routing-prosessi, sekä viisi uutta routingia SAP-toiminnanohjausjärjestelmään. Yritykselle luotiin sisäinen dokumentti uusien routingien yksityiskohdista. Uusien routingien sekä uuden prosessin testaus ja käyttöönotto toteutetaan keväällä 2023, insinööriyön jälkeisellä ajalla.

Avainsanat: Routing, Tuotannonsuunnittelu, SAP

## Abstract

Author: Wilma Vainio  
Title: Improvement and Automation of SAP Routing Function in Frequency Converter Production Line  
Number of Pages: 50 pages + 2 appendices  
Date: 8 March 2023

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Industrial Engineering and Management  
Professional Major: ICT Business Management  
Supervisors: Anna Sperryn, Senior Lecturer  
Juhana Junes, Production Planning Manager

---

The objective of this thesis was to develop and automate the Routing function in the case company's SAP enterprise resource planning system for the frequency converter production line. In the thesis, different possibilities and best practices were investigated for processes related to production planning routings to support their automation.

The thesis is based on interviews with of the company's production planners, process owner, design engineer and development specialist. In addition, the company's internal documents were used as support. The theory part was built on the characteristics of different production methods, as well as SAP ERP features in the routing environment.

With the help of the current state analysis, the need for developing SAP routings, reducing their quantity, and automating the process was verified. The benefits that were found include reduced working time, easier modification of routings, and better optimization and management of the production lines capacity and load.

The outcome of this thesis is a new improved production planning routing process, as well as five new routings for the SAP ERP system. An internal document was created for the company about the details of the new routings. The testing and implementation of the new routings and the new process will be carried out in the spring of 2023, outside of this thesis

Keywords: Routing, Production Planning, SAP

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tutkimussuunnitelma	3
3	Nykytila-analyysi	4
3.1	Multidives Routing -prosessi	4
3.2	Multidives Routing -prosessin ongelmakohdat	12
3.3	Cabinet Drives Superrouting	13
3.4	Tuntien jakautuminen CD Superroutingilla	18
3.5	Kehityskohteet	20
4	Kirjallisuustutkimus	21
4.1	Tuotannonohjausmenetelmät	21
4.2	Engineer to Order -valmistusprosessi	23
4.3	Routing	25
4.4	Yhteenveto	28
5	Prosessin kehittäminen	29
5.1	Ihanneprosessin määrittely	30
5.2	Routingin vaiheiden prosentuaalinen jako	31
5.3	Routingin rakentaminen SAP:iin	34
5.4	Alihankkijan routing	39
5.5	Superrouting-toiminnallisuuden luominen	41
5.6	Saavutettavat hyödyt ja jatkokehitys	43
6	Yhteenveto	45
6.1	Insinööriyön yhteenveto	46
6.2	Insinööriyön itsearviointi	48
	Lähteet	49

## Liitteet

Liite 1: Haastattelun kysymykset - Prosessinomistaja

Liite 2: Haastattelun kysymykset - Suunnitteluinsinööri

## Lyhenteet

SD:	System Drives, ABB:n yksikkö.
MD:	Multidrives, ABB:n taajuusmuuttajalinja.
ETO:	Engineer to Order, Tilauksesta suunnittelu. Tuote suunnitellaan asiakkaan tilauksen mukaan.
CD:	Cabinet Drives, ABB:n taajuusmuuttajalinja.
OBE:	Order Based Engineering, Tilauksen pohjalta suunnittelu.
SAP:	ERP-toiminnanohjausjärjestelmä.
MTS:	Make to Stock, Varasto-ohjautuva tuotanto.
ATO:	Assemble to Order, Tilauksesta kokoonpano.
MTO:	Make to Order, Tilauksesta valmistus.
OPP:	Order Point Penetration, Tilauksen kohdennuspiste.
RFQ:	Request for Quotation, Tarjouspyyntö.
RFP:	Request for Proposal, Ratkaisupyyntö.
PRD:	Product requirements document, Tuotevaatimusasiakirja.
BOM:	Bill of Materials, Osaluettelo.

## 1 Johdanto

Tuotannonohjauksen periaatteiden ja toimintatapojen avulla ohjataan tuotantoa, jotta tuotanto täyttäisi vaatimukset toimitusajasta, määrästä ja laadusta. Nykyinen tuotannonohjaus on suurilta osin tietojärjestelmien tukemaa. SAP-tuotannonohjausjärjestelmän tuotannolle suunnattu valmistusmoduuli sisältää esimerkiksi toimintoja tarvesuunnittelua, tuotannon suunnittelua, tuotannon suoritusta ja laadunhallintaa varten. (Sap.com 2022.) SAP-toiminnanohjausjärjestelmän routing-ominaisuus kertoo, missä tuotanto tapahtuu, missä järjestyksessä tuotanto etenee ja kuinka paljon siihen kuluu aikaa. Tuotannon tyypistä riippuen voidaan käyttää erilaisia routing-menetelmiä. Routing (suom. reititys) on tärkeä osa tuotantokustannusten ja työajan laskemista. (Tutorialspoint.com 2022.)

Tämä insinööriyö tehdään ABB Oy:lle, System Drives-yksikölle, tarkemmin Multidives (MD) -linjalle. Multidives-linjalla Helsingin Pitäjänmäellä tuotetaan asiakkaiden tarpeisiin yksilöllisesti suunniteltuja (ETO) taajuusmuuttajia. Taajuusmuuttaja on sähkölaite, jota käytetään virran taajuuden muuttamiseksi ja energian säästämiseksi. (Electroexp.com 2019) Multidrive-linjalla valmistetaan sekä ilmajäähdytteisiä ACS880 sekä nestejäähdytteisiä ACS880LC-laitteita. Insinööriyön kehitystyö koskee molempia tuotteita. Multidives-linjan taajuusmuuttajia valmistetaan myös alihankkijan toimesta. Insinööriyö pitää sisällään myös alihankkijalla käytettävien routingien kehityksen.

Nykyinen manuaalisesti tuotannonsuunnittelijan toimesta luotu routing perustuu lähinnä laitteelle myytyihin tunteihin sekä aikaisempien samankaltaisten laitteiden toteutuneisiin tunteihin. Nämä routingille määritetyt asennustunnit harvoin kuitenkaan vastaavat todellista työmäärää, kun niitä jälkeen päin verrataan toteutuneisiin tunteihin. Arvioitujen asennustuntien avulla tuotannonsuunnittelijat optimoivat tuotannon kapasiteettia, sekä muun muassa ajoittavat laitteiden tuotannon aloituksen.

Työn aiheena on linjan SAP-routingien kehittäminen niin, että manuaalisesti tehtävästä tuotannon keston arvioimisesta ja routinkien luomisesta siirrytään automatisoituun, ERP-järjestelmän laskeman niin sanotun superroutingin käyttöön. Tällä kehityksellä tuotannosuunnittelijoiden työmäärä pienenee huomattavasti, kun manuaalisesta työstä siirrytään automatisoituun työhön. Samalla tuotannon hallinta ja optimointi muuttuvat tarkemmaksi.

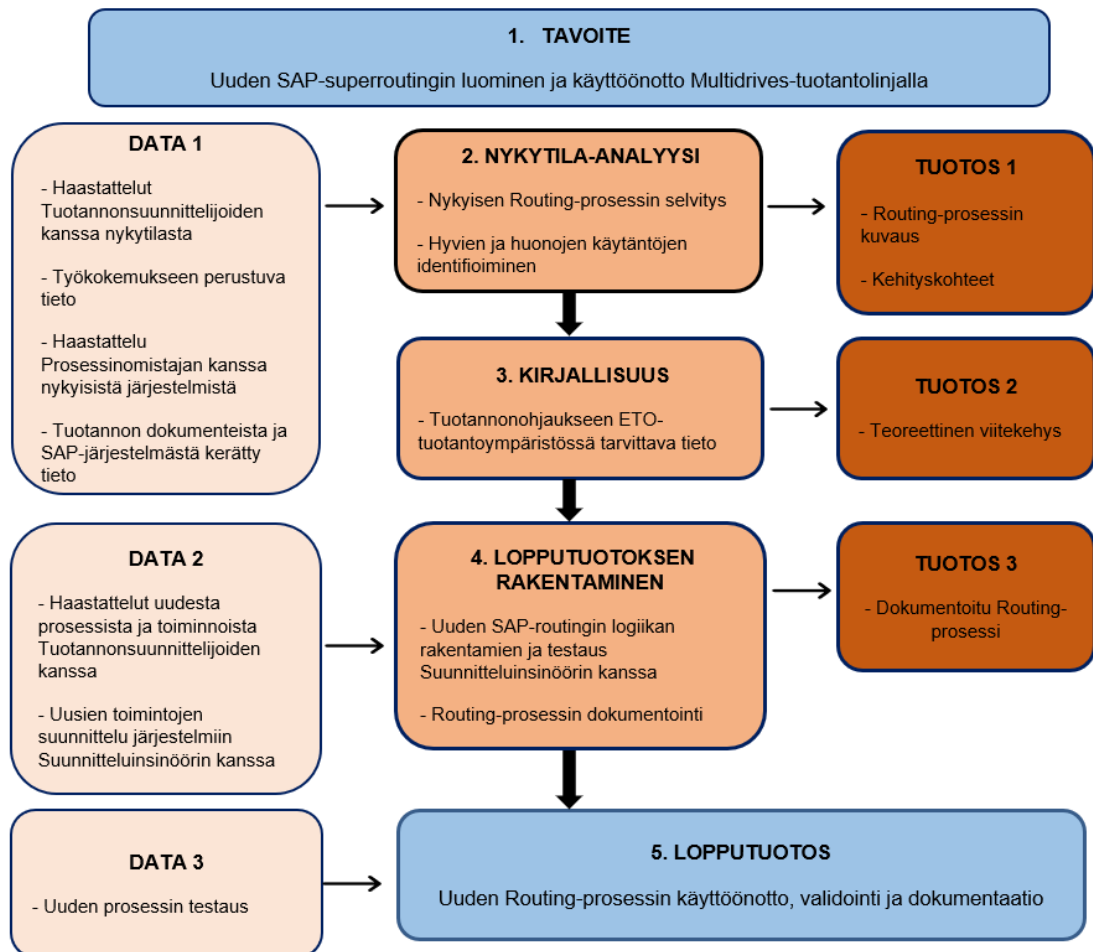
Työn tavoitteena on kehittää uusi automatisoitu superrouting, joka muun muassa laitteen tyyppikoodin ja koon perusteella laskee laitteelle asennukseen kuuluvat tunnit. Nämä tunnit ovat saatavilla esimerkiksi konfigurointityökalu Harvesterista. Superrouting on käytössä viereisellä Cabinet Drives -linjalla, mutta sen suora kopioiminen MD-linjalle ei onnistu tuotteiden eroavaisuuksien vuoksi.

Työ alkaa aiheen esittelyllä, insinööriyön rajauksella ja tavoitetilan määrittämisellä. Tämän jälkeen on esitelty tutkimussuunnitelma, joka kertoo, miten kehitys toteutetaan. Työ etenee nykytilan kuvaukseen, jossa määritellään nykyisten routingien ongelmakohdat sekä pohditaan mahdollisia parannuksia ja niistä saatavia hyötyjä. Nykytilassa myös tutkitaan Cabinet Drives -linjan superrouting-toimintoa. Kirjallisuusosiossa perehdytään ETO-tuotteiden tuotannonohjaukseen sekä SAP-tuotannonohjausjärjestelmän Routing-ominaisuuteen, joista saatua tietoa hyödynnetään myöhemmin kehitysprojektin toteuttamisessa. Tämän jälkeen kuvataan insinööriyön kehitysprojektin eteneminen ja lopputulos. Insinööriyö loppuu yhteenvetoon, jossa esitellään myös mahdolliset jatkokehityksen kohteet sekä omaa pohdintaa.

## 2 Tutkimussuunnitelma

Taulukko 1 esittää tämän työn tutkimussuunnitelman, visualisoi työn ja datanke-ruun vaiheet sekä niistä saatavat lopputuotokset.

Taulukko 1 Tutkimussuunnitelma



Työ alkaa tavoitteen määrittämisellä, jonka jälkeen haastatellaan tuotannosuunnittelijoita sekä Multidrivein tilaus-toimitusketjun prosessinomistajaa. Tuotannossa on saatavilla dokumentteja, jotka liittyvät SAP-routing-ominaisuuteen sekä tuotannon nykyiseen routing-prosessiin. Näiden lähteiden pohjalta luodaan nykytila-analyysi, jossa myös omaa työkokemukseen perustuvaa tietoa on hyödynnetty. Analyysissa lukijalle on avattu nykyinen tuotannosuunnittelun routingiin liittyvä prosessi ja sen haasteet. Myös viereisellä tuotantolinjalla käytössä



oleva superrouting-käytäntö esitellään nykytila-analyysissä, sillä Cabinet Drives -linjan vastaavan routingin logiikkaa käytetään apuna insinööriä tehtäessä. Tämän vaiheen tuotoksena saadaan prosessikuvaus, käsitys prosessin ongelmakohdista sekä hyvää pohjatietoa järjestelmistä ja niiden toiminnoista kehityksen toteuttamiseksi.

Kirjallisuusvaiheessa kerätään tietoa tuotannonohjauksesta ETO-ympäristössä. Kirjallisuustutkimukseen on myös kerätty tietoa SAP-toiminnanohjausjärjestelmän Routing-ominaisuudesta, jota tarvitaan insinööriä kehityksen toteutukseen. Tutkimuksessa kerättyä tietoa käytetään hyödyksi insinööriä toteutettaessa. Lopputuotosta rakennettaessa haastatellaan tuotannonsuunnittelijoiden lisäksi suunnitteluinsinööriä, jolla on tietoa insinööriä toteuttamisessa tarvittavien järjestelmien, kuten konfigurointityökalu Harvesterin kehityksestä. SAP-järjestelmään tarvittavat isommat muutokset tehdään tuotannon kehitysspesialistin kanssa. Uusi routing-logiikka rakennetaan ja testataan. Prosessi ja järjestelmiin tehdyt kehitykset dokumentoidaan ja esitellään muille tuotannonsuunnittelijoille. Tästä muodostuu insinööriä kirjallinen tuotos. Kun uusi routing on todettu toimivaksi, se otetaan käyttöön tuotannossa.

### **3 Nykytila-analyysi**

Tässä osiossa perehdytään Multidrive-linjan nykyiseen SAP-routing maailmaan, tuotannonsuunnittelijoiden kokemuksiin routinkien ja tuotannonohjauksen kanssa sekä kuvataan Cabinet Drives-linjan superrouting prosessi. Haastattelujen pohjalta nykyisestä prosessista saadaan todellinen ja kattava näkemys. Näiden haastattelujen avulla selvitetään nykyiset ongelmat sekä nykyiset hyväksi todetut käytännöt.

#### **3.1 Multidrive Routing -prosessi**

Nykyinen tuotannon ajoittaminen ja asennustuntien arvioiminen on moniosainen prosessi. Kun tuotantolinjalle myydään uusi kauppa eli projekti, myynnin assistentti määrittää sille yhdessä prosessinomistajan kanssa päivämäärän, jolloin

laitteen on oltava valmis tuotantolinjalta. Apuna käytetään MDPP-työkalua, johon on visualisoitu tuotantolinjan kapasiteetti ja jo olemassa oleva kuorma. Multidrive-linjalla jokainen projekti varaa tietyn aikajakson kapasiteetista. Projekteja ei siis myydä aina tietyn toimitusajan päähän, vaan jokaiselle projektille määritellään ja hyväksytään projektikohtainen aikataulu.

Order Lineup	T...	Description	Type designation
SALES ORDER 1		4 MULTIDRIVE	ACS880
SO 1 POSITION 10		TRANSPORT LENGTH	TL1
0010		1 DRIVE UNIT	ACS880-107-0035A-3
0020		1 DRIVE UNIT	ACS880-107-0035A-3
0030		1 DRIVE UNIT	ACS880-107-0035A-3
0040		1 DRIVE UNIT	ACS880-107-0470A-3
0050		1 DRIVE UNIT	ACS880-107-0470A-3
0060		1 DRIVE UNIT	ACS880-107-1250A-3
0070		1 DRIVE UNIT	ACS880-107-1250A-3
0080		1 DRIVE UNIT	ACS880-107-0640A-3
0090		1 MANUAL LIST	SAFETY MANUALS
0100		1 MECHANICS	TL 1
SO 1 POSITION 20		TRANSPORT LENGTH	TL2
SO 1 POSITION 30		TRANSPORT LENGTH	TL3
SO 1 POSITION 40		TRANSPORT LENGTH	TL4

Kuva 1. Kaupan rakenne (SAP)

Multidrive-linjan kaupan rakenne SAP-järjestelmässä koostuu niin sanotusta lineupista (kuvassa 1 rivi sales order 1, Multidrive), joka on kaupparakenteen ylin taso, jonka alla ovat kuljetuspituudet (Transport Length), joiden alla on laitteeseen kuuluvat kentät (kuvassa 1 rivit 0010–0080). Näiden lisäksi järjestelmän rakenteessa on rivit turvallisuuskäsikirjalle sekä mekaniikkaa sisältävälle osaluettelolle (kuvassa 1 rivit 0090 ja 0100). Kuljetuspituuksille lasketaan yksilöllisesti suunnitteluun, kokoonpanoon sekä testaukseen kuuluva aika. Tuotantolle näistä tärkeimmät ovat kokoonpanoon ja testaukseen arvioidut tunnit. Kuljetuspituudet sisältävät erilaisia rakenteita ja optioita käyttötarkoituksen sekä

asiakkaan toiveiden mukaan. Asiakas voi tilata useita Multidrivejä, joilla voi olla useita kuljetuspituuksia.

	Suunnittelutunnit	Asennustunnit	Testaustunnit
<b>SALES ORDER 2</b>			
Kuljetuspituus 1	23,18	126,10	11,70
Kuljetuspituus 2	19,48	106,00	9,00
Kuljetuspituus 3	17,03	186,70	11,50
Kuljetuspituus 4	36,58	214,50	24,90
<b>Total</b>	<b>96,25</b>	<b>633,30</b>	<b>57,10</b>

Kuva 2. Harvesterin generoimat tunnit

Myynnin työssä käytetään apuna konfigurointityökalu Harvesteria, josta saadaan generoitua jokaiselle eri asiakkaan valitsemalle laitetypille tuntiarviot. Harvesterista nähdään Multidriven suunnittelu-, asennus- ja testaustunnit kuljetuspituuskohtaisesti, jotka on havainnollistettu kuvassa 2. Harvesterin generoimat tunnit perustuvat yhdessä työnjohdon ja myynnin kanssa ylläpidettävään Excel-pohjaiseen hintalistaan, johon on kerätty kenttien ja optioiden asennustunnit. Tätä listaa päivitetään säännöllisin väliajoin toteutuneiden tuntien tarkastelulla, jolloin tuntiarvioista tulee tarkempia. Kun uusi kauppa syötetään Harvesteriin, sen kokonaistunnit siirtyvät myös MDPP-työkaluun. Myynnin assistentti syöttää samat tunnit manuaalisesti SAP-toiminnanohjausjärjestelmään, jossa on nähtävillä tuotannon työjono.

3	ACS880-107LC-1660A-7	Drive	ACS880-107LC-1660A-7
3	Panels	Panel bus for common control ...	3AUA0000121217
1	Extension adapter	FEA-03, I / O Extension adapter	3AUA0000121222
5	Cable lead through	Lead through, Roxtec frame w...	3AXD50000669998
3	Modbus	FMBT-21, Modbus / TCP	3AXD50000443307
3	Cabling cubicle	Common motor terminal for 2...	3AXD50000040120
3	PROFIBUS	FPBA-01, PROFIBUS DP, DPV0...	3AUA0000120518
3	Marine type approved	nxR8i, nxD8T, nxNBRx, nxD8D...	3AXD50000047950
3	DDCS communication	RDCO-04, DDCS Communicatio...	3AUA0000137803
4	Pulse encoder	FEN-31, HTL pulse encoder	3AUA0000120511
2	Output for motor heater	Output for motor heater	3AUA0000127642

Kuva 3. Kentän ominaisuuksia (Harvester)

Yksi kenttä sisältää erilaisia ominaisuuksia. Ominaisuuksille on luotu omat MRP-koodit, jotka pitävät sisällään alustavat osaluettelot sekä ominaisuuksien suunnittelu-, asennus- ja koestustunnit.

Harvesterin vapaaseen "Additional Information" -kenttään voidaan kirjata halutut niin sanotut erikoisuudet eli ominaisuudet, jotka eivät ole normaalissa laiterakenteessa. OBE-suunnittelijan tulisi suunnittelun alkaessa määrittää näille erikoisuuksille asennustunnit. Niitä ei ole saatavilla suoraan Harvesterista, vaan laitteen OBE-suunnittelijan tulee arvioida ne itse. SAP-työjonoon sekä MDPP-työkaluun kuitenkin jäävät aikaisemmat tunnit, jotka generoitiin kaupan kirjausvaiheessa, sillä erikoisuuksien tunneista ei muodostu uutta riviä Harvesteriin. Tämä hankaloittaa myös hintalistan päivitystä, sillä erikoisuuksiin kuluneet tunnit eivät tule suoraan esiin, kun tutkitaan, mistä toteutuneet asennustunnit koostuivat. Myös kaupan toimitusaika annetaan asiakkaalle siinä vaiheessa, kun optiot ja erikoisuudet on valittu. Erikoisuudet voivat vaikuttaa laitteiden läpimenoaikaan merkittävästi, joten niistä saatavat tunnit helpottaisivat myös prosessinomistajan työtä toimitusajan määrittämisessä.

#### ▼ ADDITIONAL INFORMATION

---

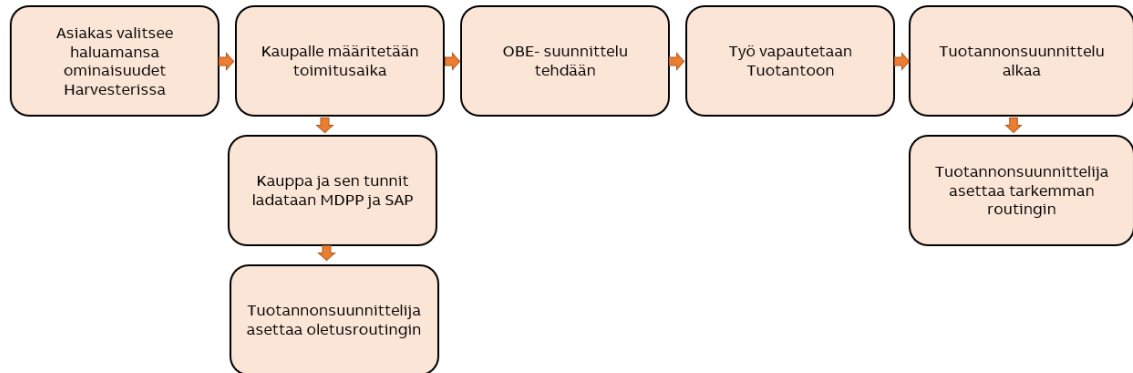
##### Additional Information

Kuva 4. "Additional Information" -kenttä (Harvester)

Kun uusi projekti kirjataan SAP-järjestelmään, tuotannosuunnittelija asettaa sille oletusarvoisen routingin, joita on ACS880- ja ACS880LC-laitteille molemmille kolme erilaista, jotka sisältävät eri tuntimäärät. Eri oletusroutinkien avulla tuotannosuunnittelija pystyy jo aikaisessa vaiheessa oman arvionsa mukaan valitsemaan näistä vaihtoehtoista sopivimman, joka asettaa projektille arvioidun

tuotannon aloituspäivämäärän. Taulukossa 2 on visualisoitu myynnin ja tuotannon suunnittelun välinen prosessi.

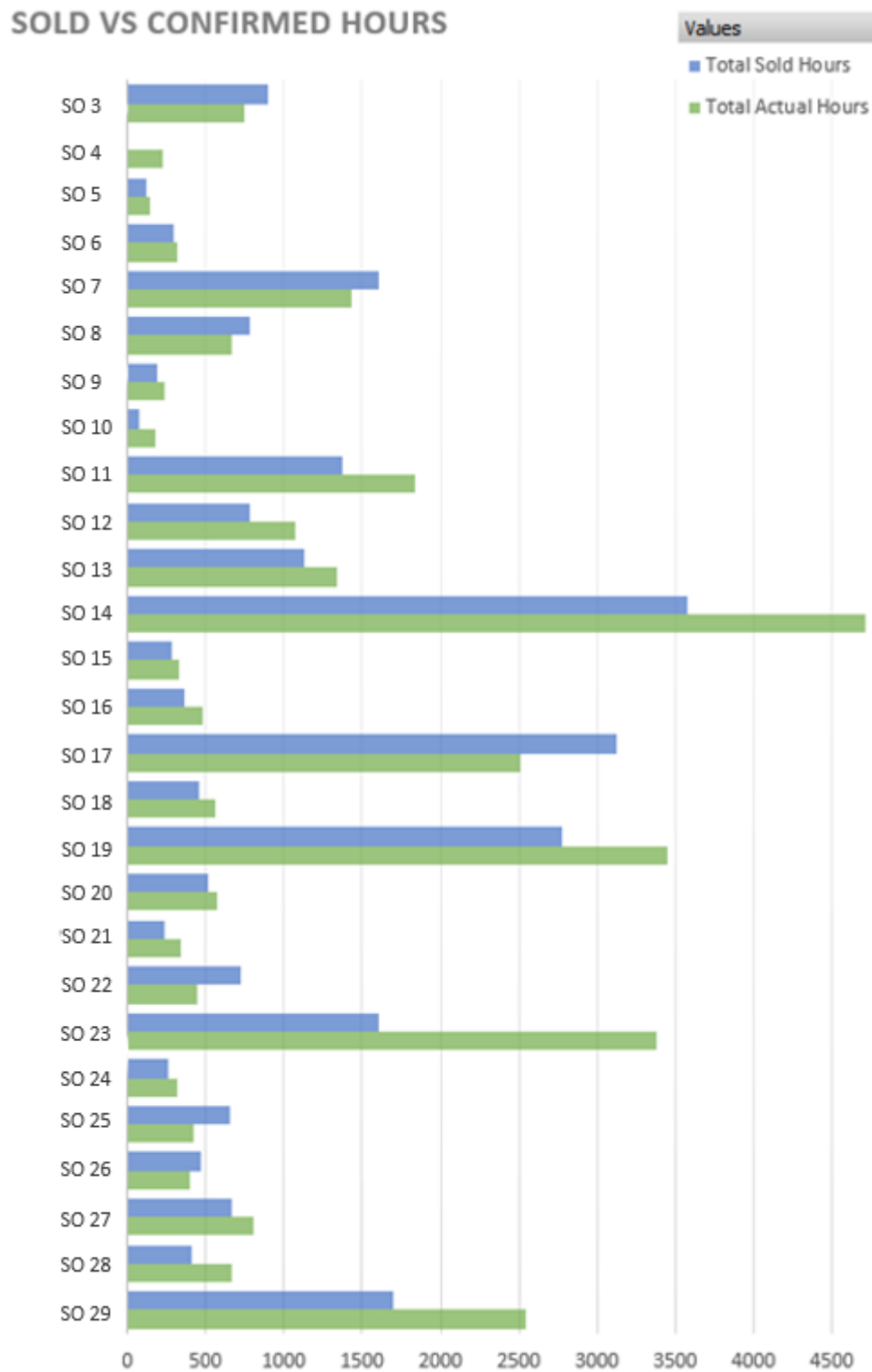
Taulukko 2 Prosessikaavio



Kun laitteen tuotannon aloituspäivä lähestyy, tuotannosuunnittelija asettaa kuljetuspituuksille uuden routingin, joka on tarkempi arvio asennustunneista, jolla todellinen kokoonpanoon kuuluva aika tarkentuu. Nämä tunnit perustuvat Harvesterin generoimiin tunteihin. Tällä hetkellä tuotannosuunnittelijan täytyy kysyä prosessinomistajalta Harvesterin generoimia kuljetuspituuskohtaisia tunteja, sillä ne eivät ole näkyvissä tuotannosuunnittelijalle, eikä tuotannosuunnittelijoilla ole pääsyä Harvesteriin. Harvesterista generoituvat tunnit perustuvat kaupan avausvaiheessa laitteisiin valittujen ominaisuuksien kokoonpanojen tunteihin.

Myös aikaisempien samankaltaisten laitteiden toteutuneiden asennustuntien tarkastelulla voidaan tarkentaa arviota. Tuotannosuunnittelijan on myös mahdollista laskea tyyppikoodin ja plussakoodien perusteella tunnit. Plussakoodit kertovat laitteen ominaisuuksista. Tämä on kuitenkin hyvin työlästä, joten usein asetettu routing on määritelty Harvesterin generoimien tuntien perusteella. Kun tuotannosuunnittelija on määrittänyt projektin eri kuljetuspituuksille kokoonpanoon ja koestukseen kuluvat tunnit, hän asettaa niille routingit, jotka sisältävät nämä juuri arvioidut tietyt tuntimäärät. Tarkempien routingien avulla laitteen kokoonpanon todellinen aloituspäivä tarkentuu, ja tuotannosuunnittelija pystyy

järjestämään eri kauppojen ja kuljetuspituuksien kokoonpanojen aloitukset sopivaan järjestykseen.



Kuva 5. Myytyt ja toteutuneet tunnit

Kun kuvassa 5 tarkastellaan myytyjen ja toteutuneiden tuntien erotuksia satunnaisesta vuonna 2022 valmistetusta joukosta projekteja, huomataan, että ne eroavat usein toisistaan. Tämä johtuu esimerkiksi siitä, että laitteeseen suunnitelluille ns. erikoisuuksille ei muodostu uutta riviä Harvesteriin, jolloin ne jäävät pois laskuista tuotantoaika arvioitaessa. Myydyt tunnit saattavat myös olla korkeammat kuin toteutuneet tunnit, mutta tuotannonohjauksen näkökulmasta huomattavasti enemmän ongelmia aiheutuu liian pienistä myydyistä tunneista. Myös tuotannonaikaiset muutokset, tuotannon sen hetkinen kapasiteetti, suunnitteluvirheet, asentajan kokemus ja materiaalien saatavuus vaikuttavat asennuksen keston pituuteen.

Op...	SOp	Work Center	Plnt	Control Key	Description	B...	O...	U...	Sta...	Labor	Unit	Activit...
0005		AS6XXSTA	0001	PP08	Non Allocated Components	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN	ASSEM
0010		ASMDP	0001	PP08	Production Begin	1	<input type="checkbox"/>	PC	STA.	1	MIN	ASSEM
0011		ASMDP	0001	ZZ98	Subassembly Frame Components	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN	ASSEM
0012		ASMDP	0001	ZZ98	Subassembly Final Components	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN	ASSEM
0015		ASFRAME	0001	PP08	Frame Start	1	<input type="checkbox"/>	PC	FRA.	1	MIN	ASSEM
0015	2015	ASMDP	0001	PP05	Subassembly Frame Start	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN	ASSEM
0015	2016	ASMDP	0001	PP05	Subassembly Frame End	1	<input type="checkbox"/>	PC		50,000	H	ASSEM
0015	2024	ASMDP	0001	PP05	Subassembly Final Start	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN	ASSEM
0015	2025	ASMDP	0001	PP05	Subassembly Final End	1	<input type="checkbox"/>	PC		10,000	H	ASSEM
0020		ASFRAME	0001	PP08	Frame End	1	<input type="checkbox"/>	PC		30,000	H	ASSEM
0024		ASMDA	0001	PP08	Final Assembly Start	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN	ASSEM
0025		ASMDA	0001	ZZ98	Final Assembly Allocation 1	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN	ASSEM
0029		ASMDA	0001	ZZ98	Final Assembly Allocation 2	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN	ASSEM
0030		ASMDA	0001	ZZ98	Final Assembly Allocation 3	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN	ASSEM
0039		ASMDA	0001	ZZ98	Final Assembly Allocation 4	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN	ASSEM
0040		ASMDA	0001	PP08	Final Assembly End	1	<input type="checkbox"/>	PC	FIN.	110,000	H	ASSEM
0047		ASMDA	0001	PP08	Visual Inspection Start	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN	ASSEM
0048		ASMDA	0001	PP08	Visual Inspection End	1	<input type="checkbox"/>	PC		8,000	H	ASSEM
0049		TEST6XX	0001	PP08	Testing Start	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN	TESTIN
0050		TEST6XX	0001	PP11	Testing End	1	<input type="checkbox"/>	PC	TEST	15,000	H	TESTIN
0051		TEST6XX	0001	PP05	FAT Testing	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN	TESTIN
0052		ASMDA	0001	PP05	FAT Changes	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN	ASSEM

Kuva 6. Nykyisen routingin vaiheet MD-routingilla (SAP)

Kuvassa 6 SAP-järjestelmässä avattu routing "1MD88200" pitää sisällään 200 asennukseen eli kokoonpanoon kuluva tuntia. Tunnit on jaettu eri tuotannon vaiheisiin. Varsinaisiin vaiheisiin, joille on asetettu tuntimäärät (kuvassa 6 Labor-sarake ja yksikkö Unit-sarake), kuuluu rungon osakokoonpano (Subassembly Frame End), loppukokoonpanon osakokoonpano (Subassembly Final End), runko (Frame End) ja loppukokoonpano (Final Assembly End). Testaus eli koestustunnit eivät sisälly asennustunteihin. Näiden lisäksi routingiin on lisätty

visuaaliseen tarkastukseen (0048, Visual Inspection End) käytettävät tunnit asennustuntien päälle.

Routingilla vaiheella 0015 on neljä alioperaatiota. Ne ovat osakokoonpanoja, jotka on asetettu routingille runkovaiheen ”sisään” vaiheiden asennustuntien vahvistusjärjestyksen mukaan. Vaiheet 0011 ja 0012 pitävät sisällään näihin alioperaatioihin tarvittavat komponentit, mutta niille ei aseteta tunteja.

Eri tuntimääristä koostuvia Multidrive-linjan routingeja on tällä hetkellä käytössä yli 100. Jokainen routing on manuaalisesti ylläpidettävä, joten jos routingiin halutaan muutos, se täytyy tehdä jokaiseen routingiin yksitellen. Kun uusi routing luodaan, sen vaiheille asetetaan tunnit, jotka yhteenlaskettuina muodostavat koko routingin sisältämän tuntimäärän. Routingin pituudet vaihtelevat 15 tunnista noin 500 tuntiin, joka ilmenee routingin nimen perässä olevasta luvusta. Kuvassa 7 on tällä hetkellä käytössä olevat routingit ABB:n Pitäjänmäellä tehtäville kuljetuspituuksille.

Group	1MD88190	Group	2MD88190	1LC88070	2LC88040	18LCDEF1
1MD88015	1MD88200	2MD88015	2MD88200	1LC88150	2LC88050	18LCDEF2
1MD88035	1MD88210	2MD88030	2MD88210	1LC88170	2LC88080	18LCDEF3
1MD88040	1MD88220	2MD88040	2MD88220	1LC88200	2LC88100	
1MD88050	1MD88230	2MD88050	2MD88230	1LC88220	2LC88120	
1MD88060	1MD88240	2MD88060	2MD88240	1LC88240	2LC88150	
1MD88070	1MD88250	2MD88070	2MD88250	1LC88260	2LC88200	
1MD88080	1MD88260	2MD88080	2MD88260	1LC88280	2LC88220	
1MD88090	1MD88270	2MD88090	2MD88270	1LC88320	2LC88240	
1MD88100	1MD88280	2MD88100	2MD88280	1LC88330	2LC88260	
1MD88110	1MD88290	2MD88110	2MD88320	1LC88360	2LC88330	
1MD88120	1MD88300	2MD88120	2MD88330	1LC88380	2LC88360	
1MD88130	1MD88310	2MD88130	2MD88380	1LC88420	2LC88380	
1MD88140	1MD88320	2MD88140	2MD88400	1LC88440	2LC88400	
1MD88150	1MD88330	2MD88150		1LC88470	2LC88560	
1MD88160	1MD88340	2MD88160	18MDDEF1	1LC88500		
1MD88170	1MD88350	2MD88170	18MDDEF2			
1MD88180	1MD88360	2MD88180	18MDDEF3			
	1MD88500					

Kuva 7. Erilaisia routingeja MD-tuotannosta (SAP)



Numerolla 1 alkava routing on aina Multidrive-rakenteen ensimmäisen kuljetuspituuden routing. Loput routingit alkavat numerolla 2. Routingit, joissa on tunnus "LC" (Liquid Cooled), on tarkoitettu nestejäähdytteisille laitteille. "DEF"-tunnuksen sisältävät routingit ovat oletusarvoisia (default) routingeja, joita käytetään ennen tuotannosuunnittelun aloitusta.

### 3.2 Multidrive Routing -prosessin ongelmakohdat

Nykyinen routing-prosessi on tuotannosuunnittelijoiden näkökulmasta paljon manuaalista työtä vaativa sekä epätarkka. Harvesterista generoitujen tuntien sekä aikaisempien laitteiden toteutuneiden tuntien tarkastelulla määritetty routing ei laitteen valmistuessa yleensä pidä paikkaansa. Kun taajuusmuuttajaan lisättyjen asiakkaan pyytämien ns. erikoisuuksien tunneista ei muodostu uutta riviä Harvesteriin, tunnit eivät täten myöskään siirry tuotannosuunnittelijan nähtäville SAP-työjonoon eivätkä MDPP-työkaluun, jolla tehtaan kuormaa ja kapasiteettia hallitaan. Kokoonpanoon kuluva aika siis arvioidaan Harvesterin generoimista tunneista ennen OBE-suunnittelun valmistumista. Taajuusmuuttajaan halutut erikoisuudet voivat lisätä asennustuntien määrää suuresti, jolloin koko tuotannonohjaus muuttuu vaikeammaksi, kun kokoonpanoon kuluva ajasta ei saada tarkkaa arviota. Tämä voi aiheuttaa sen, että kokoonpanolle on varattu liian lyhyt aika, jonka seurauksena projektille kehittyy lisäkustannuksia mahdollisten ylitöiden takia. Laite voi jopa myöhästyä sen toimituspäivästä, kun sen kuormittavuus asennuslinjalla on arvioitu liian pieneksi.

Nykyisessä prosessissa tuotannosuunnittelija asettaa kaksi kertaa projektille routingin: ensin oletusroutingin, kun kauppa kirjataan SAP-järjestelmään, ja toisen kerran tarkemman routingin, kun laitteen suunnittelutyö on valmistunut ja kokoonpanon aloitus lähenee. Tuotannosuunnittelija näkee SAP-työjonosta koko lineupin yhteisen Harvesterin generoiman tuntimäärän, jonka myynnin assistentti on sinne syöttänyt. Tuotannosuunnittelija tarvitsee Harvesterista kuljetuspituuskohtaiset tuntiarviot, jotka on kysyttävä prosessinomistajalta jokaiselle projektille erikseen. Kuljetuspituuskohtaisien tuntien automaattinen generoituminen SAP-työjonoon helpottaisi niin myynnin kuin tuotannosuunnittelijan työtä.

Koska routingit täytyy asettaa kuljetuspituuskohtaisesti, tuntien kohdistuminen oikeille kuljetuspituuksille on tärkeää. Näin laitteen kokoaminen voidaan aloittaa eniten aikaa vievästä kuljetuspituudesta. Myös laitteen erikoisuuksiin kohdistuvien asennustuntien määrän generoituminen SAP-työjonoon sekä MDPP-työkaluun olisi tärkeää, jotta asennustunneista saadaan tarkempi arvio ja kuormitusta on helpompi hallita.

### 3.3 Cabinet Drives Superrouting

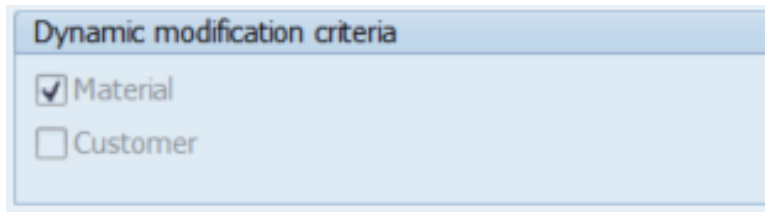
Nykyinen Cabinet Drives -linjalla käytössä olevaan SAP-järjestelmässä sijaitsevaan Superrouting-toimintoon generoidaan asennustunnit Excel-tiedostosta, jota päivitetään tarpeen mukaan. Tiedostoon on kerätty eri tuntimäärät laitteiden koon ja jännitteen mukaan. Tämän lisäksi on listattu noin 200 erilaista plussakoodia, jotka kertovat laitteen ominaisuuksista. Näille jokaiselle ylläpidetään tuntiarvioita ja erilaisia sääntöjä riippuen taajuusmuuttajan koosta ja sen jännitteen voimakkuudesta.

Cabinet Drives -taajuusmuuttajalinjalla valmistetaan ACS880-ilmajäähdytteisiä OBE-laitteita kuin myös niin sanottuja vakiolaitteita, jotka ovat ominaisuuksiltaan nimensä mukaan vakioita. OBE-laitteille syötetään routing manuaalisesti kuten Multidrives-linjalla. OBE-laitteille on käytössä kaksi erilaista routingia, joista toinen Low Power -laitteille tarkoitettu routing 3ICD\_AE5 sisältää 62 tuntia ja toinen High Power -laitteille tarkoitettu routing 3ICD\_AE6 sisältää 136,16 tuntia. Cabinet Drives -linjalla OBE-laitteilla ei ole niin suurta eroa tuotannon läpimenoajoissa, että routingia olisi tehty useampia. CD-linjan superroutingia 1CD\_CONF käytetään tällä hetkellä vain vakiolaitteille.

Group 1CD_CONF	
Task list	
Group	1CD_CONF
Group Counter	1
Plant	0001
	Cabinet Drives SuperRouting
	<input type="checkbox"/> Long text exists

Kuva 8. Superrouting 1CD\_CONF (SAP, CA03)

Laitetyypit tunnustetaan ACS880-tunnuksen jälkeen olevasta kahdesta numerosta, jotka ovat 07, 17 ja 37. Tässä työssä routingin logiikkaa esiteltäessä käytetään ACS880-07-laitteelle tarkoitettua routingia. Näille kolmelle laitetypille on luotu omat vakio materiaalikoodit, joiden perusteella superrouting yhdistää ne oikeaan laitetyyppiin. Tämä on määritelty SAP:n asetuksissa valitsemalla Material-kenttä Dynamic modification criteria -valikosta, joka näkyy kuvassa 9.



Kuva 9. Routingin linkittäminen MRP-koodiin (SAP, CA03)

Rule	Counter	Curre	Application	Product Series	Material	Plant	Description	Acti..
10036	6	<input checked="" type="checkbox"/>	ROUTING		3AUA0000138087	0001	ACS880-07 Base Values	<input checked="" type="checkbox"/>
10037	3	<input checked="" type="checkbox"/>	ROUTING		3AUA0000138087	0001	ACS880-07 Base Values For Testng	<input type="checkbox"/>
10038	8	<input checked="" type="checkbox"/>	ROUTING		3AUA0000138087	0001	ACS880-07 option Blue	<input checked="" type="checkbox"/>
10039	10	<input checked="" type="checkbox"/>	ROUTING		3AUA0000138087	0001	ACS880-07 option Orange	<input checked="" type="checkbox"/>
10040	8	<input checked="" type="checkbox"/>	ROUTING		3AUA0000138087	0001	ACS880-07 option Yellow	<input checked="" type="checkbox"/>
10106	3	<input checked="" type="checkbox"/>	ROUTING		3AUA0000138087	0001	ACS880-07 Functional Testing	<input checked="" type="checkbox"/>
10107	3	<input checked="" type="checkbox"/>	ROUTING		3AUA0000138087	0001	ACS880-07 Visual Testing	<input checked="" type="checkbox"/>

Kuva 10. Superrouting säännöt (SAP)

Superrouting sisältää erilaisia sääntöjä, joiden avulla tunnit lasketaan. Description kohtaan on määritelty, mihin kyseinen sääntö liittyy. Esimerkiksi kuvassa 10 sääntö 10036 kertoo ACS880-07-laitteen perusarvoista, kun taas 10106 kertoo testaukseen liittyvien arvojen säännöistä. Näiden sääntöjen perusteella käytettyjä laskukaavoja ylläpidetään Excel-tiedostossa, jossa ne on lajiteltu eri värien mukaan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	
2	Assembly									Common	0	0	0	2,5	2	0,2				0,2	0	0,2	0,2	0,5	2	3,5	1	3,5	1	3,5	1
3	ACS880-07_HP_6_Pulse									Color	B	B	B	Y	Y	Y	Y	Y	Y	B	B	B	Y	B	O	O	O	O	O	O	
4										Option qty	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5										Option	ADD4	B053	B054	B055	C121	C128	C129	C134	C130	C132	C164	C179	C180	C188	C189	C200	C201				
6	1xD8T + 2xR8i	ACS880	07	1140A	3																										
7	2xD8T + 2xR8i	ACS880	07	1250A	3																										
8	2xD8T + 2xR8i	ACS880	07	1480A	3																										
9	2xD8T + 2xR8i	ACS880	07	1760A	3																										
10	3xD8T + 3xR8i	ACS880	07	2210A	3																										
11	3xD8T + 3xR8i	ACS880	07	2610A	3																										
12	1xD8T + 2xR8i	ACS880	07	1070A	5																										
13	2xD8T + 2xR8i	ACS880	07	1320A	5																										
14	2xD8T + 2xR8i	ACS880	07	1450A	5																										
15	2xD8T + 2xR8i	ACS880	07	1580A	5																										
16	2xD8T + 3xR8i	ACS880	07	1800A	5																										
17	2xD8T + 3xR8i	ACS880	07	1980A	5																										
18	1xD8T + 2xR8i	ACS880	07	0800A	7																										
19	1xD8T + 2xR8i	ACS880	07	0900A	7																										
20	2xD8T + 2xR8i	ACS880	07	1180A	7																										
21	2xD8T + 2xR8i	ACS880	07	1450A	7																										
22	2xD8T + 3xR8i	ACS880	07	1650A	7																										
23	3xD8T + 4xR8i	ACS880	07	1950A	7																										
24	3xD8T + 4xR8i	ACS880	07	2300A	7																										
25	4xD8T + 5xR8i	ACS880	07	2600A	7																										
26	4xD8T + 5xR8i	ACS880	07	2860A	7																										

Kuva 11. Superrouting Excel -tiedosto

Vasemmalla puolella on jaettu laitetypit jännitteiden mukaan kolmeen ryhmään, jotka näkyvät kuvassa vihreällä, violetilla ja punaisella. Näille tyyppikoodiyhdistelmille on laskettu perustunnit kokoonpanolle, funktionaalille testaukselle sekä visuaaliselle testaukselle. Myös kenttien (unit) määrät on kerrottu tässä taulukossa. Oikealla puolella taulukkoa on lueteltu kaikki plussakoodit, jotka on lajiteltu sinisiin, keltaisiin ja oransseihin väreihin. Näitä plussakoodia on noin 200 kappaletta. Jos tyyppikoodiyhdistelmään kuuluu sinisellä värillä oleva plussakoodi, kaapin routingiin lisätään automaattisesti sen tyyppikoodin kohdalle asetetut tunnit. Keltaisella värillä olevilla koodeilla sen plussakoodin arvo kerrotaan vasemmalla puolella näkyvien kenttien lukumäärän kanssa. Oranssilla värillä olevan plussakoodin arvo lisätään samalla tavalla kuin sinisellä värillä olevien, mutta tämän lisäksi sille lisätään plussakoodin perässä olevan sarakkeen arvon verran kenttiä. Tässä Excel-tiedostossa olevat arvot on generoitu SAP:iin, josta superrouting-toiminto hakee ne oikean MRP-koodin mukaan.

☒	Rule	Counter	Type Code	Restrictions	StdVal	StdVal	StdVal	StdVal	Cubicles	B
	10036	1	ACS880-07-1140A-3		0,000	0,000		0,000	4	
	10036	2	ACS880-07-1250A-3		0,000	0,000		0,000	4	
	10036	7	ACS880-07-1070A-5		0,000	0,000		0,000	4	
	10036	8	ACS880-07-1320A-5		0,000	0,000		0,000	4	
	10036	11	ACS880-07-1800A-5		0,000	0,000		0,000	4	
	10036	12	ACS880-07-1980A-5		0,000	0,000		0,000	4	
	10036	15	ACS880-07-1160A-7		0,000	0,000		0,000	4	
	10036	16	ACS880-07-1450A-7		0,000	0,000		0,000	4	
	10036	21	ACS880-07-2860A-7		0,000	0,000		0,000	6	
	10036	22	ACS880-07-0990A-3 A004		0,000	0,000		0,000	4	
	10036	25	ACS880-07-1480A-3 A004		0,000	0,000		0,000	4	
	10036	26	ACS880-07-1760A-3 A004		0,000	0,000		0,000	4	
	10036	27	ACS880-07-2210A-3 A004		0,000	0,000		0,000	5	
	10036	28	ACS880-07-2610A-3 A004		0,000	0,000		0,000	5	
	10036	33	ACS880-07-1800A-5 A004		0,000	0,000		0,000	4	

Kuva 12. Sääntö 10036 (SAP)

Kuvassa 12 avattu sääntö 10036 kertoo ACS880-07 High Power -laitteen perusarvoista. Sama data löytyy superroutingin Excel-tiedostosta, josta nämä tiedot on SAP-järjestelmään generoitu (vrt. kuva 11). Sääntöön 10036 on määritetty järjestelmässä attribuutit (kuva 13), joiden avulla se yhdistää säännön oikeanlaiseen laitteeseen. Tämän säännön kohdalla tarkastelu tehdään arvojen ACS880 sekä 07 avulla.

Rule condition	
Attribute	O.. Option
ACS880_PROD_FAMILY	= ACS880
ACS800_PROD_TYPE	= 07

Kuva 13. Säännön attribuutit (SAP)

0008	ICD1SUB	0001	2298	ACU components	1	<input type="checkbox"/>	PC	0,000		0,000		1	MIN ASSEM		
0008	1005	ICD1PICK	0001	PP05	Picking ACU start	1	<input type="checkbox"/>	PC	0,000		0,000		1	MIN ASSEM	
0008	1006	ICD1PICK	0001	PP05	Picking ACU end	1	<input type="checkbox"/>	PC	0,000		0,000		1	MIN ASSEM	
0010		ICD1A10	0001	PP08	Frame Start	1	<input type="checkbox"/>	PC	0,000		0,000		1	MIN ASSEM	
0010	1010	ICD1PICK	0001	PP05	Picking P1 Start	1	<input type="checkbox"/>	PC	0,000		0,000		1	MIN ASSEM	
0010	1015	ICD1PICK	0001	PP05	Picking P1 End	1	<input type="checkbox"/>	PC	0,000		0,000		1	MIN ASSEM	
0010	2008	ICD1SUB	0001	PP05	SubAss Start	1	<input type="checkbox"/>	PC	0,000		0,000		1	MIN ASSEM	
0010	2009	ICD1SUB	0001	PP05	SubAss End	1	<input type="checkbox"/>	PC	0,000		0,000	1,000	H	ASSEM	
0010	2010	ICD1SUB	0001	PP05	SubAss Inspection Start	1	<input type="checkbox"/>	PC	0,000		0,000		1	MIN ASSEM	
0010	2011	ICD1SUB	0001	PP05	SubAss Inspection End	1	<input type="checkbox"/>	PC	0,000		0,000	1,000	H	ASSEM	
0010	2012	ICD1SUB	0001	PP05	IP54 assembly Start	1	<input checked="" type="checkbox"/>	PC	0,000		0,000		1	MIN ASSEM	
0010	2013	ICD1SUB	0001	PP05	IP54 assembly End	1	<input checked="" type="checkbox"/>	PC	0,000		0,000			H	ASSEM

Kuva 14. Osa CD Superroutingin vaiheista (SAP)

CD-linjalla käytetty superrouting sisältää monia vaiheita. Kuvassa 14 on pieni osa vaiheista. Jotkut näistä vaiheista on niin sanottuja alioperaatioita, jotka auttavat tarkentamaan, missä vaiheessa tuotantoa laite sillä hetkellä on. Pääoperaatioille eli varsinaisille tuotannon vaiheille on merkitty yksi tunti asennusaikaa. Superrouting hakee näille vaiheille niihin oikeasti kuluvat tunnit järjestelmästä. Jotkut plussakoodit lisäävät tuotantoaikaa tietyn verran riippumatta laitteen koosta tai ominaisuuksista. Esimerkiksi kuvassa näkyvä IP54 on tällainen.

**Product selection**

Material  FREQUENCY CONVERTER  
Plant

---

**Rule, type 2**

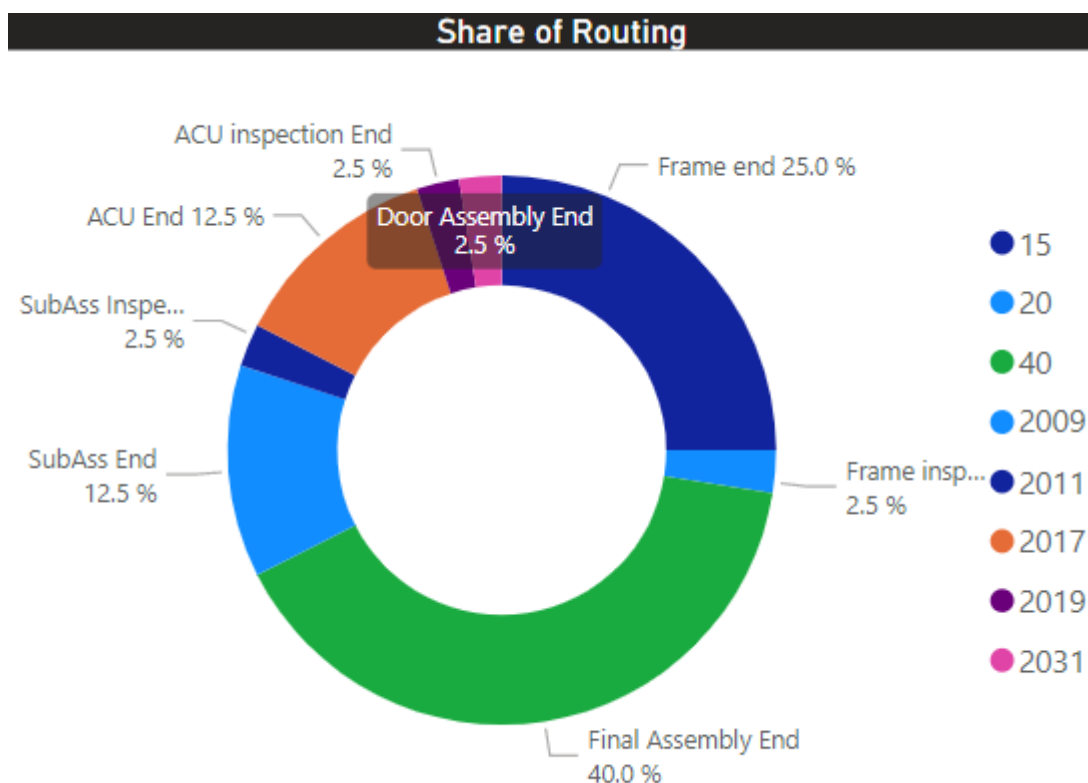
Rule   Changed by  
 Current ver.  Active  Material dependent  
Type Code

Kuva 15. Superrouting-asetuksia (SAP)

Kaikkien eri sääntöjen (rule) tulee olla merkittynä aktiivisiksi. ”Material dependent” kohdan valinnalla tämä sääntö linkitetään kyseiseen materiaali- eli MRP-koodiin. Kuvassa 15 nämä ovat valittuna.

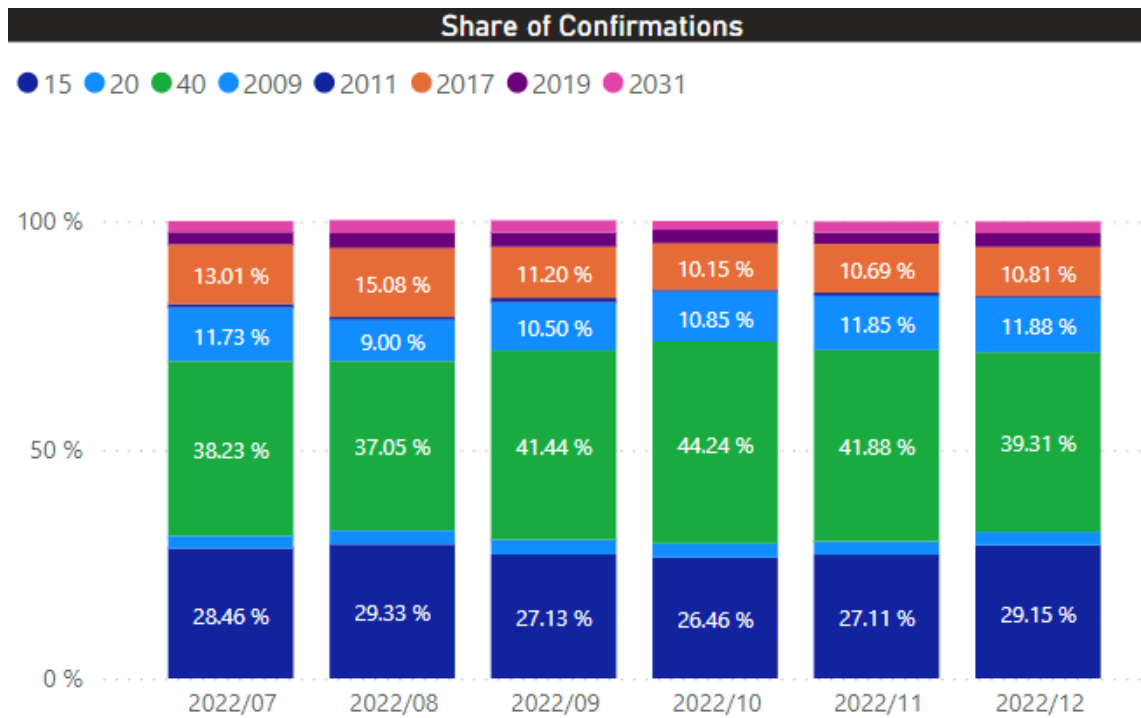
### 3.4 Tuntien jakautuminen CD Superroutingilla

Kun vakiokauppa kirjataan SAP-järjestelmään, sille muodostuu automaattisesti routing. SAP hakee laitteelle siihen kuluvat asennustunnit ja jakaa ne ennalta määriteltyjen osuuksien mukaan tietyille vaiheille.



Kuva 16. Tuntien jakautuminen CD-Superroutingilla

Cabinet Drivesin superroutingilla laitteen tyyppikoodin perusteella lasketut tunnit jaetaan prosentuaalisesti. Kuvassa 16 on havainnollistettu eri kokoonpanovaiheiden prosentuaalinen jako. Operaatiolle 15 (runko), joka näkyy kuvassa tummansinisellä, on esimerkiksi määritelty 25 % kokonaistunneista ja vihreänä näkyvälle loppukokoonpanolle 40 %. CD-linjan superroutingin vaiheiden prosenttiosuudet on määritelty linjan toteutuneiden asennustuntien avulla.



Kuva 17. Toteutuneet tunnit

Kuvassa 17 on tarkasteltu kuuden kuukauden ajalta raportoituja tunteja. Jokaisen vaiheen kohdalla on hajontaa jakautumisessa, mutta kun verrataan esimerkiksi vihreällä olevan vaiheen 40, eli loppukokoonpanon toteutuneita prosenttiosuuksia, niistä laskettu keskiarvo on hyvin lähellä routingille määritettyä 40 prosenttia. Kuvassa 18 on vaiheen "ACU Assembly" sekä "ACU Inspection" määritetyt prosenttiosuudet SAP:ssa.

Operations settings				
Operation Key	Std Value 1	Std Value 2	Std Value 3	P...
ACU Assembly			12,500	<input type="checkbox"/>
ACU Inspection			2,500	<input type="checkbox"/>

Kuva 18. Prosenttijako (SAP)

SAP-järjestelmässä vaiheet tunnistetaan "Operation Key" -arvon perusteella. Ennalta määritetyt prosenttiosuudet määritellään vaiheille superroutingin



ominaisuuksissa järjestelmässä, jonka perusteella routingin laskemat kokonaistunnit jaetaan oikein vaiheille.

Nykytilan katsausta tehtäessä haastateltiin kahta Cabinet Drives -linjan tuotannon suunnittelijaa. Molemmat heistä ovat työskennelleet tehtävässä jo ennen superroutingin käyttöönottoa, jolloin tuntiarvioita laskettiin laitteen kokoluokan mukaan manuaalisesti. Mielenpito superroutingin käytöstä ovat hyvin samankaltaiset keskenään tuotannon suunnittelijoiden keskuudessa. Tuotannon ajoittaminen ja tuntien kohdistaminen on helpottanut muutoksen myötä.

### 3.5 Kehityskohteet

Multidrive-linjan routing-prosessia halutaan automatisoida, jotta tuotannon suunnittelijan työ helpottuu. Tuotannon kapasiteetin hallinnasta ja optimoinnista tulee myös helpompaa ja tarkempaa, kun kuljetuspituuskohtaiset tuntiarviot laitteen kokoonpanolle tarkentuvat. Kehitykset kohdistuvat muun muassa Harvester-työkaluun, josta tuntiarviot konfiguroidaan. OBE-suunnittelijan suunnittelemista erikoisuuksista muodostetaan uudet rivit Harvesteriin, jotka voidaan tämän jälkeen lisätä kaupan alkuperäiseen tuntiarvioon. Koska Harvesterissa on saatavilla tyyppikoodien ja optioiden asennustunnit, voidaan niitä hyödyntää suoraan superroutingissa. Harvester-kehitys tehdään yhteistyössä suunnitteluisinöörin ja prosessinomistajan kanssa.

Kun Harvester pitää sisällään mahdollisimman tarkan kokoonpanon tuntiarvion, seuraavaksi kehitetään toiminto SAP:iin, jossa järjestelmä hakee laitteille määritellyt tunnit ja jakaa ne sinne asetettujen sääntöjen perusteella. Tämän toiminnon rakentamisessa käytetään apuna tuotannon kehitysspesialistin osaamista. Ylläpidettäviä routingeja on yhteensä yli 200 kappaletta. Näiden lukumäärä halutaan minimoida, jotta niiden hallinta olisi mahdollisimman helppoa. Koko prosessi automatisoidaan mahdollisimman pitkälle.

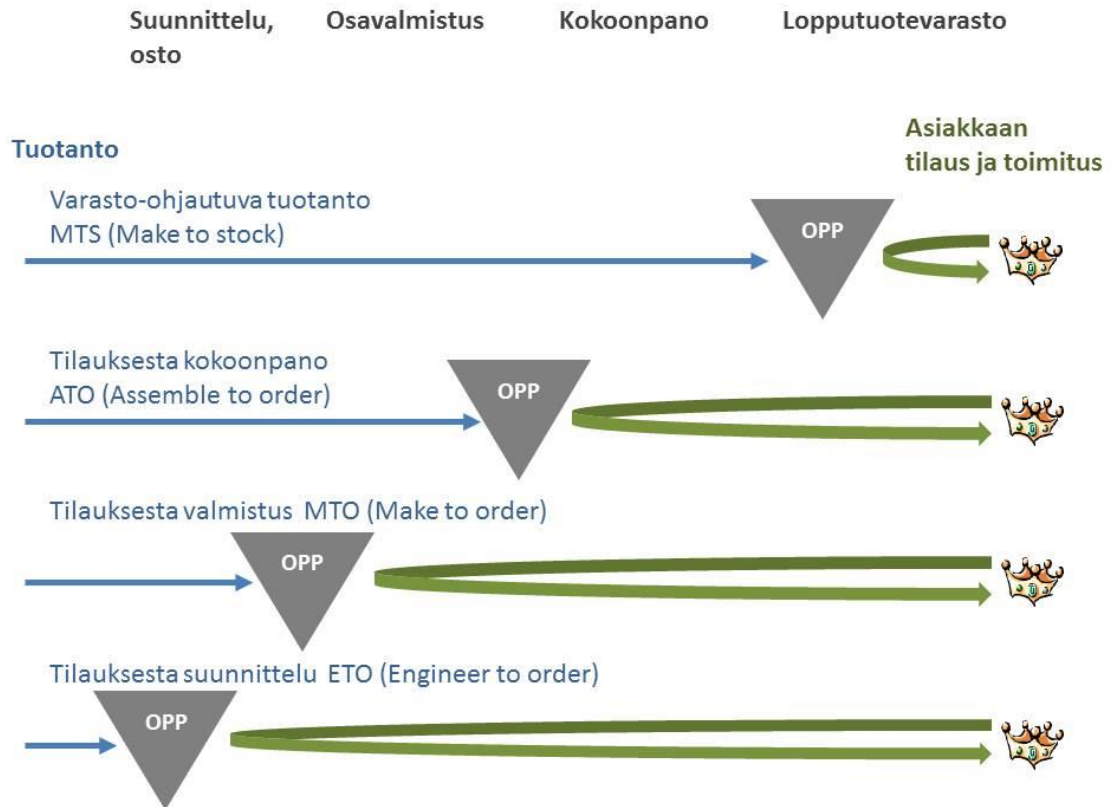
## 4 Kirjallisuustutkimus

Tässä luvussa tutustutaan neljään tunnetuimpaan tuotannonohjausmenetelmään, joita ovat Engineer to order (ETO), Make to order (MTO), Assemble to order (ATO) sekä Make to stock (MTS). Kirjallisuustutkimus keskittyy syvemmin ensimmäisenä mainittuun ETO-menetelmään, jossa tuote valmistetaan tilauksen pohjalta. Insinööriyön kohteena oleva Multidrives-linja käyttää ETO-menetelmää. Tämän jälkeen tutkimuksessa käsitellään SAP-tuotannonohjausjärjestelmän Routing-ominaisuutta ja sen mahdollisuuksiin tuotannon ajoittamisen apuna. Kirjallisuustutkimuksesta kerättyä tietoa käytetään yhdessä nykytilan kartoituksesta selvinneiden Cabinet Drives ja Multidrives-linjojen routing-prosessien kuvauksien kanssa uuden superroutingin luomiseen.

### 4.1 Tuotannonohjausmenetelmät

#### **Engineer To Order (ETO)**

Engineer to order, eli Tilauksesta suunnittelu on tuotannonohjausmenetelmä, jossa tuote suunnitellaan tilauksen pohjalta. Tilauksesta suunnittelu on yleinen toimintatapa, kun asiakas tarvitsee tarkan käyttökohteen mukaisesti mitoitettun laitteen tai tuotteeseen vaaditaan toiminnallisuus, jota jo olemassa olevissa tuotteissa ei ole. Tuotteet ovat monimutkaisia ja uniikkeja sekä usein myös arvoltaan muita tuotteita suurempia. Tällaisessa tuotantoympäristössä lopputuotetta ei varastoida, vaan se toimitetaan asiakkaalle sovittuna toimituspäivänä tuotannon valmistumisen jälkeen. Tuotteen toimitusaika on tällöin vähintään yhtä pitkä kuin aika, joka kuluu tuotteen suunnitteluun, valmistamiseen ja kuljetamiseen. (Logistiikanmaailma.fi 2022.) Tilauksen kohdennuspiste (OPP, Order Penetration Point) eli kohta, jossa tuote kiinnitetään asiakkaan tilaukselle, on ETO-tuotannossa jo ennen varsinaisen tuotannon aloitusta. (Logistiikanmaailma.fi 2022.) Prosessin suurimpiin haasteisiin kuuluukin pidempi läpimenoaika, joka on tällaisessa tuotannossa muita tuotantomuotoja suurempi. (Smahl & Haapala 2014.)



Kuva 19. Tilauksen kohdentamispiste (OPP) eri tuotantomuodoissa. (Logistiikanmaailma.fi 2022.)

Tilauksen kohdentamispiste vaikuttaa asiakkaan tilauksen läpimenoaikaan. Mitä kauempana piste on asiakkaasta, sitä kauemmin asiakkaalla kestää tilauksen saamisessa. OPP tulee valita tuotteen perusteella. Esimerkiksi suurimennekkiset tuotteet valmistetaan yleensä varasto-ohjautuvan tuotannon perusteella. Tällöin menekkiä pitää pystyä ennustamaan ja tuotantomäärät ovat suuria. Kohdennuspisteen sijainti näkyy asiakkaalle lähinnä toimitusajan pituudessa. (Logistiikanmaailma.fi 2022.)

### Make To Order (MTO)

Make to order on tilauksesta valmistamista. Tuote on suunniteltu valmiiksi, mutta sen valmistusta ei ole aloitettu. Myös MTO-tuotannossa voidaan tehdä suunnittelutyötä, joten ETO- ja MTO-tuotannon raja ei ole aina selkeä. Aivan kuten Engineer to order -menetelmässä tässäkin menetelmässä ei ole

lopputuotevarastoa. Tilauksesta valmistus on ratkaisu tilanteisiin, joissa lopputuotteiden vaihtoehtojen määrä on suurempi kuin realistinen tuotantomäärä. MTO:n avulla saavutetaan hyvin laaja tuotevalikoima, varasto on komponentteina, eikä lopputuotteiden varastointiin mene kustannuksia. Tilauksesta valmistettaessa läpimenoaika kuitenkin suurenee. (Logistiikanmaailma.fi 2022.)

### **Assemble To Order (ATO)**

Assemble to order, eli tilauksesta kokoonpano on tuotantomuoto, jossa asiakkaan tilaus käynnistää tuotannon jo olemassa olevista varaston puolivalmis-teista. Lopputuotteen kokoonpano tapahtuu tilauksen pohjalta, joihin tarvittavat osakokoonpanot ovat jo varastossa. Tällaista tuotantoa yleensä ennakoidaan, ja OPP sijaitseekin osavalmistuksen ja kokoonpanon välissä. Parhaimmillaan ATO-menetelmä on tilanteessa, jossa tuotanto koostuu erilaisista vakioiduista tuotteista, joita yhdistelemällä voidaan saavuttaa erilaisia lopputuotteita. (Logistiikanmaailma.fi 2022; Smahl & Haapala 2014.)

### **Make To Stock (MTS)**

Make To Stock, eli varasto-ohjautuvassa tuotannossa tilaukset toimitetaan lopputuotevarastosta. Tuotteita ei valmisteta asiakkaan toiveesta, vaan ne pysyvät vakioina. Tilauksen kohdennuspiste on tällaisessa tuotannossa lähimpänä asiakasta. MTS-menetelmän etuihin kuuluu muun muassa lyhyet toimitusajat asiakkaalle. Monet elintarvikkeet ja kuluttajien tuotteet ovat varasto-ohjautuvaa tuotantoa. Menekkiä ennustetaan erilaisin tavoin, ja varastoihin sidotaan pääomaa, joka on riski. (Logistiikanmaailma.fi 2022.) Varastotasojen hallinta sekä tuotannon eräkokojen ja kysynnän ennustaminen ovat MTS-menetelmän tärkeimmät toimenpiteet. (Smahl & Haapala 2014.)

## **4.2 Engineer to Order -valmistusprosessi**

ETO-prosessi alkaa asiakkaan tilauksesta, jolloin asiakas määrittelee laitteelle haluamansa ominaisuudet. Tämä tehdään yleensä tarjouspyynnön (Request for

Quotation, RFQ) tai ratkaisupyynnön (Request for Proposal, RFP) avulla. Kun asiakas on määritellyt haluamansa spesifikaatiot, suunnittelija selvittää tuotevaatimusasiakirjan (Product requirements document, PRD) avulla, voidaanko laite valmistaa standardeja komponentteja käyttämällä vai tarvitaanko laitteeseen spesifisesti suunniteltuja komponentteja. Tämän jälkeen suunnittelija suunnittelee edellä mainittujen vaatimusten perusteella laitteen. Suunnittelija luo laitteelle alustavan osaluettelon (Bill of Materials, BOM), josta käy ilmi laitteeseen käytettävät komponentit sekä niiden määrät. Laitteen ominaisuudet ja design hyväksytetään asiakkaalla, joka joko hyväksyy tai pyytää muutoksia suunnittelijalta. Mikäli asiakas haluaa muutoksia, suunnittelija toteuttaa vaatimukset ja pyytää uutta hyväksyntää asiakkaalta. (Erp-information.com 2022.)

Hyväksynnän saamisen jälkeen laitteen osaluettelo ja muut dokumentit siirretään tuotantotiimin käsittelyyn. Laitteelle määritetään projekti aikataulu ja mahdollisten spesifisten komponenttien hankintaprosessi alkaa. Komponenttien saatavuus vaikuttaa projektin aikatauluun, aivan kuten itse laitteen kokoonpanoon kestävä aika. Aikataulu hyväksytetään asiakkaalla, jonka jälkeen laitteen varsinainen kokoonpano alkaa. Tuotanto valmistaa laitteen sovitussa aikataulussa ja testaa sen ominaisuuksien toimivuuden. Tämän jälkeen laite toimitetaan asiakkaalle. (Erp-information.com 2022.)

Nykypäivän tuotantoympäristössä ETO-tuotteiden suosio on kasvussa. Asiakkaat haluavat yhä enemmän täysin omiin tarpeisiin räätälöityjä tuotteita, joita ei ole suoraan saatavilla valmistajalta, sillä niiden kysyntä ei riitä oikeuttamaan tuottamaan suuria määriä. ETO sallii räätälöityjen tuotteiden valmistamisen, jolloin luodaan pääsy markkinoille. (Erp-information.com 2022.)

ETO-prosessiin liittyy myös haittoja. Asiakas voi vaatia laitteelta paljon, hyväksymisten saaminen kestää ja laitteen ominaisuuksia ja osaluetteloita joudutaan muokkaamaan. Alkuperäinen tuotantoaikataulu voi siirtyä suunnitellusta, kun asiakkaan ja laitteen suunnittelijan näkemykset eroavat toisistaan. Tämä hankaloi tuotannon optimointia ja kapasiteetin hallintaa. (Elfsquad.io 2021.)

Kustomoitujen tuotteiden valmistus on yleensä kalliimpaa kuin standardien tuotteiden valmistus. Tuotteiden suunnitteluun pitää käyttää enemmän aikaa, ja tuotteen kokoonpanoon kuluva aika on pidempi kuin standardien tuotteiden. (Erp-information.com 2022.)

### 4.3 Routing

SAP-toiminnanohjausjärjestelmän Routing-ominaisuutta käytetään tuotannon ajoittamisen apuvälineenä. Routingin sisään luodaan eri tuotannon operaatioita eli vaiheet, joille siinä vaiheessa tuotantoa tarvittavat komponentit voidaan allokoida. Jokaiselle vaiheelle on määritelty kuormituspaikka (work center), joka kertoo, missä vaihe toteutetaan. Oletusarvot kapasiteetille, tuotannon kustannuksille ja päivien ajoittamiselle asetetaan myös jokaiselle routingin operaatiolle. (Help.sap.com 2022.)

Routingeille voidaan asettaa ryhmäarvo (group counter), jonka avulla se luokitellaan samankaltaisten routingien ryhmään. Jos tätä arvoa ei määritellä, järjestelmä asettaa sen automaattisesti. Arvosta on helppo tarkastaa, millainen routing on kyseessä. Myös muiden routingille järjestelmään asetettavien arvojen perusteella voidaan esimerkiksi tarkistaa, mihin kyseistä routingia käytetään, onko se vapautettu tuotannon käyttöön vai vielä testauskäytössä. (Help.sap.com 2022.)

Routing voi sisältää monia operaatioita, joiden lukumäärän käyttäjä määrittää itse. SAP ajoittaa operaatioille niiden aloitus- ja valmistumispäivät routingin sisältämän tuntimäärän sekä käyttäjän valitseman tuotannon valmistumispäivän mukaan. Tuotannon vaiheella, eli routingin operaatiolla voi olla samanaikaisesti useampi työntekijä, jolloin routingille määritetään jakamisarvo (splitting), jolla järjestelmää jakaa sen vaiheen kuormituksen työntekijöiden kesken. Esimerkiksi jos vaiheella on 100 tuntia työtä ja sillä työskentelee samanaikaisesti kaksi työntekijää, järjestelmä laskee vaiheen todelliseksi kestoksi 50 tuntia. (Hämäläinen 1998.)

**Display Routing: Operation Details**

Work center
  Routings
  Sequences
  CompAlloc
  PRT

Splitting

Required splitting

No. of splits

Min. processing time   (Economical Splitting)

Kuva 20. Splitting (SAP)

Järjestelmä laskee tuotantoon kuluvaan ajan ennalta määritetyn kapasiteetin perusteella. Kapasiteetiksi voidaan määrittää esimerkiksi kahdeksan tuntia, kello seitsemästä kello kolmeen. Jos kapasiteettia ei ole määritetty, järjestelmä käyttää kapasiteettina koko vuorokautta, eli 24 tuntia. Kuormituspaikalle (work center) tulee määrittellä kalenteri, josta ilmenee esimerkiksi pyhäpäivät. Jos kalentereita ei ole määritetty, järjestelmä käyttää gregoriaanista kalentereita.

(Help.sap.com 2022.) Ennen routingin käyttöönottoa voidaan tarkastella routingin ajoittamia päiviä scheduling-toiminnolla, SAP:n transaktiolla CO03. Tämän jälkeen valitaan joko asennuksen aloitus tai lopetuspäivä, jonka perusteella järjestelmä laskee päiväyksen mukaan eteen- tai taaksepäin vaiheiden ajoituksen. (Hämäläinen 1998.) Kuvassa 21 on esitettyä routing 1MD88100, joka sisältää 100 tuntia ja on ajoitettu alkamaan 7.11.2022.

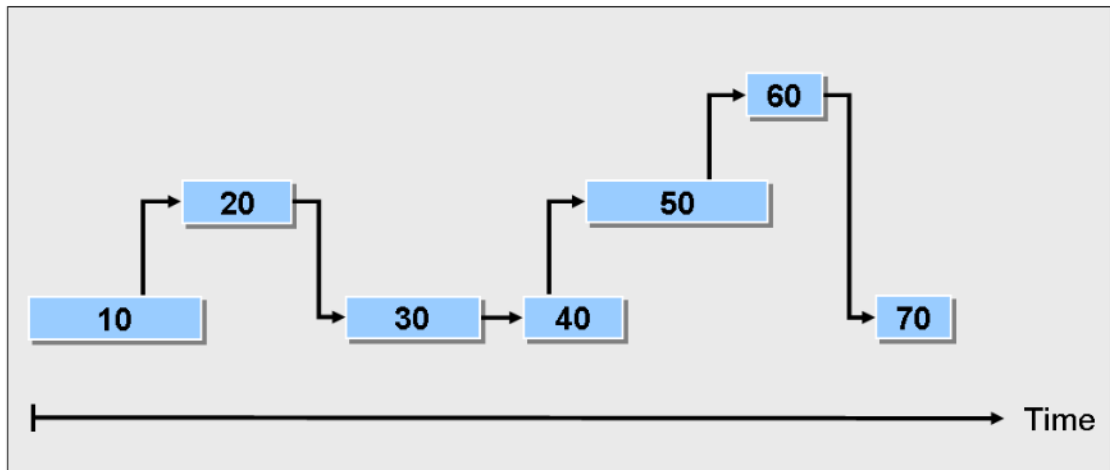
<b>Display Routing: Scheduling Overview</b>				
Operation            Scheduling results            Scheduling log            View            Routings				
Group <b>IMD88100</b> <b>MDA valm 100h (fr15 pa30 fa55) tark 10h</b> Grp.Count1				
Objects				
Act.	Work Center	Latest start		Queue
-----				
<input type="checkbox"/>	Sequence    0	Std.seq.		
<input type="checkbox"/>	0005    AS6XXSTA	07.11.2022	07:00:00	0,0
<input type="checkbox"/>	0010    ASMDP	07.11.2022	07:01:04	0,0
<input type="checkbox"/>	0011    ASMDP	07.11.2022	07:02:20	0,0
<input type="checkbox"/>	0012    ASMDP	09.11.2022	07:03:36	2,0    D
<input type="checkbox"/>	0015    ASFRAME	09.11.2022	10:12:29	0,0
<input type="checkbox"/>	0020    ASFRAME	09.11.2022	10:13:45	0,0
<input type="checkbox"/>	0021    ASMDP	10.11.2022	11:10:25	0,0
<input type="checkbox"/>	0024    ASMDA	10.11.2022	11:48:12	0,0
<input type="checkbox"/>	0025    ASMDA	10.11.2022	11:49:28	0,0
<input type="checkbox"/>	0029    ASMDA	10.11.2022	11:50:44	0,0
<input type="checkbox"/>	0030    ASMDA	10.11.2022	11:52:00	0,0
<input type="checkbox"/>	0039    ASMDA	10.11.2022	11:53:16	0,0
<input type="checkbox"/>	0040    ASMDA	10.11.2022	11:54:32	0,0
<input type="checkbox"/>	0047    ASMDA	21.11.2022	10:20:05	0,0
<input type="checkbox"/>	0048    ASMDA	21.11.2022	10:21:21	0,0
<input type="checkbox"/>	0049    TEST6XX	24.11.2022	11:55:48	2,0    D
<input type="checkbox"/>	0050    TEST6XX	01.12.2022	11:56:56	5,0    D
<input type="checkbox"/>	0051    TEST6XX	01.12.2022	13:04:56	0,0
<input type="checkbox"/>	0052    ASMDA	01.12.2022	13:06:04	0,0
<input type="checkbox"/>	0890    PACKING	01.12.2022	13:07:20	0,0

Kuva 21. Scheduling (SAP)

Kuvassa 21 näkyvä Queue-arvo tarkoittaa mahdollista puskuriaikaa. Tätä arvoa käytetään tuotannon häiriöiden ja viiveiden kompensoimiseen. (Help.sap.com 2022.) Esimerkiksi yllä olevassa kuvassa vaiheelle 0049, testauksen aloitus, on määritelty kahden päivän puskuriaika.



Läpimenoaikaa voidaan lyhentää vaiheiden päällekkäisyyksillä (overlapping), joka tarkoittaa vaiheiden tekemistä samaan aikaan. Jokaiselle vaiheelle voidaan määritellä, meneekö se toisen vaiheen kanssa limittäin vai vaatiiko seuraava vaihe edellisen vaiheen täydellisen valmiuden. Toiminnolle voidaan valita vähimmäisrinnakkaisuusaika, joka sallii vaiheiden päällekkäisyyden, kun aikaisemman vaiheen minimi tuotantoaika on saavutettu. (Help.sap.com 2022.)

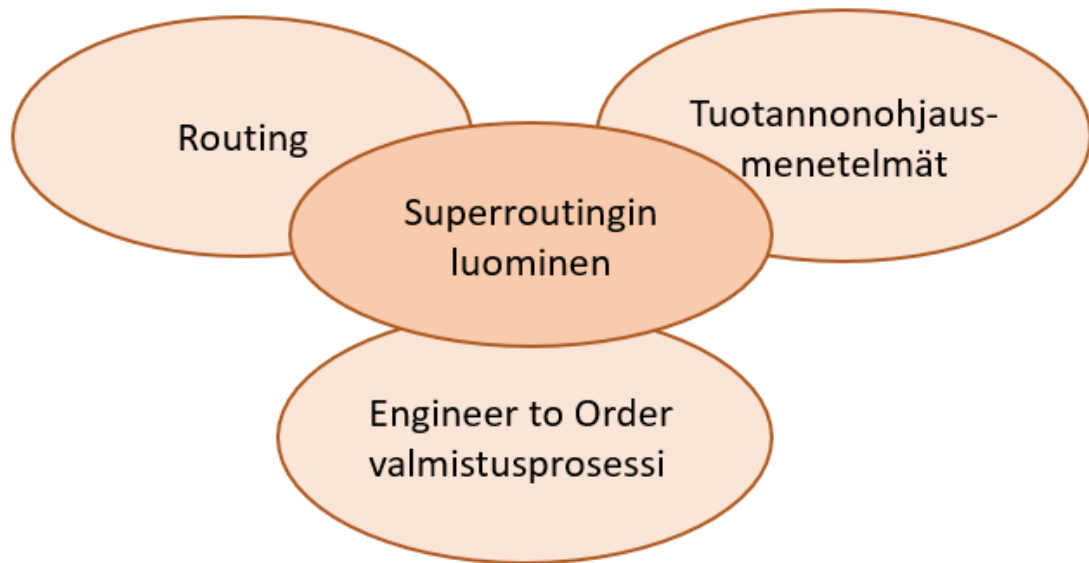


Kuva 22. SAP Overlapping (Help.sap.com 2022.)

Routing-toiminto koostuu monesta eri toiminnosta, joita voidaan hyödyntää sen käyttötarkoituksen sekä tuotantotyypin mukaan.

#### 4.4 Yhteenveto

Kirjallisuustutkimuksessa käsitelty kirjallisuus on tukena superroutingin luomisprosessissa. Tuotannonohjausmenetelmistä kertovassa luvussa 4.1 eriteltiin erilaiset menetelmät ja tehtiin yleiskatsaus eri tuotantotyyppien eroavaisuuksista. Luku 4.2 syventyi tarkemmin Engineer to Order -tuotannon valmistusprosessiin, sen etuihin ja mahdollisiin kompastuskiviin. Luvussa tutkittiin, miten valmistusai-koja voidaan hallita tällaisessa tuotannossa. SAP-järjestelmän Routing-ominaisuudesta kertova luku 4.3 antaa superroutingin kehitykseen tarvittavaa tietoa mahdollisista routingiin sisältyvistä teknisistä ominaisuuksista.



Kuva 23. Käsitekehys

Kuvassa 23 on visualisoitu superroutingin luomiseen apuna käytetty kirjallisuus. Kirjallisuustutkimuksessa käsiteltyjen aiheiden avulla toteutetaan insinööriyön varsinainen routing-kehitys yhdessä nykytila-analyysistä saatujen tietojen kanssa.

## 5 Prosessin kehittäminen

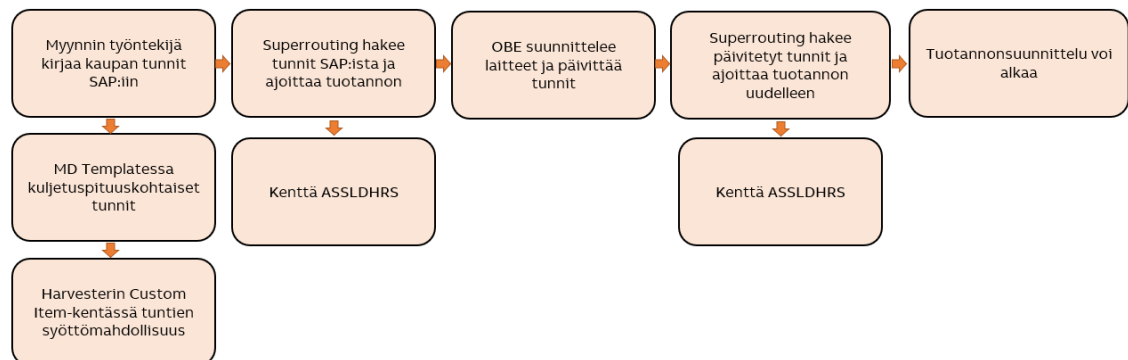
Tässä luvussa kartoitetaan routing-kehityksen vaatimukset, osa-alueet ja tarvittavat tekniset ominaisuudet. Luvussa kehitetään logiikat ja laskukaavat eri järjestelmiin, jotta superrouting voidaan käyttöönottaa.

Tuotannosuunnittelun kannalta on tärkeää, että kokoonpanoon arvioidut tunnit kohdistuvat oikeille kuljetuspituuksille. Superroutingin kehityksen johdosta ne myös näkyvät automaattisesti työjonossa. Superroutingin kehittämiseen on hyödynnetty Cabinet Drives -linjan olemassa olevaa logiikkaa, jota voidaan osaltaan soveltaa Multidrives-linjalle.

## 5.1 Ihanneprosessin määrittely

Insinööriyön kehittäminen aloitettiin pitämällä haastattelut marraskuussa 2022 prosessinomistajan sekä suunnitteluinsinöörin kanssa. Prosessinomistajan kanssa käydyssä haastattelussa keskusteltiin konfiguraatiotyökalu Harvesterin toiminnoista ja sen mahdollisista kehityskohdista. Kehityskohdaksi nousi Harvesterin ”Custom item” -kentän päivitys niin, että sille voidaan lisätä suunnitteluun, asennukseen ja koestukseen käytettävät tunnit. Custom item -kenttään lisätään erikoisuuksia, joita ei pysty automaattisesti valitsemaan Harvesterista. Näistä tunneista voi muodostua kaupalle useita lisätunteja. Tästä on luotuna tiuketti Harvesterin kehitystiimin työjonossa.

Suunnitteluinsinöörin kanssa käydyssä haastattelussa keskusteltiin Harvesterista generoituvien tuntien automaattisesta siirtymisestä SAP:iin. Tästä ideasta luovuttiin toiminnon vaikeuden vuoksi. Haastattelussa selvisi, että myynnin assistentit käyttävät apunaan tuntien kirjaamiseen kaupalle ”MD Template” -nimistä tiedostoa, joka generoidaan Harvesterista. Tätä tullaan hyödyntämään routing-prosessin kehityksessä.



Kuva 24. Ihanneprosessi

Insinööriyön edetessä pidettiin keskusteluja, joissa ideoitiin mahdollisia ratkaisuja superroutingin käyttöönottoa varten. Uudesta toimintatavasta luotiin ihanneprosessi (kuva 24). Prosessi alkaa siitä, kun myynnin assistentti kaupaa kirjattaessaan asettaa kaupalle kuljetuspituuskohtaiset tunnit. Myynnin assistentti

käyttää tässä apunaan MD Templatea, joka generoidaan Harvesterista. Tiedostossa on näkyvillä Multidrivelle arvioidut asennustunnit. Palaverissa päädyttiin MD Templaten kehittämiseen niin, että siihen muodostuvat tunnit ovat jatkossa kuljetuspituuskohtaisia, jotka myynnin assistentti kauppaa kirjatessaan asettaa oikeille kuljetuspituuksille tämän tiedoston perusteella. Tästä kehityksestä luotiin tiketti Harvesterin kehitystiimin työjonoon. Nykyisessä prosessissa MD Templaten muodostuu koko Multidreven tunnit, jotka assistentti kirjaa työjonoon, joten prosessi pysyy assistenteille melko samana. Tässä vaiheessa generoituvat tunnit perustuvat alustaviin osaluetteluihin, joille on määritelty tietyt tuntimäärät.

Tämän jälkeen SAP:in sisälle rakennettu superrouting-toiminto hakee tunnit sille määrittelystä paikasta, johon tunnit on syötetty, sekä laskee kuljetuspituuksien tuotannon aloitusajankohdan. Tämän jälkeen projekti siirtyy laitteen OBE-suunnittelijalle, joka suunnittelee laitteet ja laiterakenteet. Alustavat osaluettelot vaihdetaan oikeisiin osaluetteluihin. Kun suunnittelu on valmis, OBE-suunnittelija päivittää uudet tarkemmat tunnit kaupalle. Kun OBE-suunnittelija merkitsee suunnittelun valmiiksi, superrouting hakee uudet päivitettyt tunnit ja ajoittaa tuotannon. Tämän jälkeen kauppa on valmis siirtymään tuotannonsuunnittelijan käsittelyyn.

## 5.2 Routingin vaiheiden prosentuaalinen jako

Multidrive linjan SAP-työjonossa on kenttä "AssSldHrs" (Assembly Sold Hours), josta näkyvät kaupan kokoonpanoon arvioidut tunnit. Kentässä "TstSldHrs" (Testing Sold Hours) on koestukseen eli testaukseen tarkoitetut tunnit. Superroutingin tuntien jako vaiheille tehdään kokoonpanoon tarkoitettujen perusteella, joiden päälle testaukseen tarkoitetut tunnit lisätään sellaisenaan routingin tuntimäärään. Kuvassa 25 asennuksen tunnit on asetettu kuljetuspituuksille.

Order Lineup	AssSldHrs	TstSldHrs
Lineup 1	289	25
Kuljetuspituus 1	122	
Kuljetuspituus 2	107	
Kuljetuspituus 3	60	

Kuva 25. Tunnit kuljetuspituuksilla (SAP)

Routingin sisältämien tuntien prosentuaalista jakoa varten tarkasteltiin satunnaisia joukkoa toimitetuista kaupoista, ja niiden toteutuneita tunteja vaiheittain vuodelta 2022. Mukaan tarkasteluun otettiin 18 ilmajähdytteistä- ja 15 nestejähdytteistä kuljetuspituutta. Eri tuotannon vaiheille raportoidut tunnit laskettiin ja niistä laskettiin keskiarvot erikseen ilma- ja nestejähdytteisille laitteille. Koestukseen käytettyjä tunteja ei huomioitu, sillä koestuksen tunnit lisätään sellaisenaan asennustuntien päälle routingille.

ILMA	Operaatio	%
	0015 (2016)	12
	0015 (2025)	8
	0020	18
	0040	60
	0048	2

Kuva 26. Tuntien jakautuminen (Ilmajähdytteinen laite)

Ilmajähdytteisten laitteiden vaiheiden keskiarvoiksi muodostui pyöristettynä seuraavat arvot: rungon osakokoonpano (0015, alioperaatio 2016) 12 %, loppukokoonpanon osakokoonpano (0015, alioperaatio 2025) 8 %, runko (0020) 18 %, loppukokoonpano 60 % ja visuaalinen tarkastus 2 % asennukseen kestävästä työmäärästä (kuva 26).

<b>NESTE</b>	<b>Operaatio</b>	<b>%</b>
	0015 (2016)	<b>8</b>
	0015 (2025)	<b>8</b>
	0020	<b>16</b>
	0040	<b>66</b>
	0048	<b>2</b>

Kuva 27. Tuntien jakautuminen (Nestejäähdytteinen laite)

Nestejäähdytteisten laitteiden vaiheiden keskiarvoiksi muodostui pyöristettynä seuraavat arvot: rungon osakokoonpano (0015, 2016) 8 %, loppukokoonpanon osakokoonpano (0015, 2025) 8 %, runko (0020) 16 %, loppukokoonpano (0040) 66 % ja visuaalinen tarkastus (0048) 2 % asennukseen kestävästä työmäärästä (kuva 27).

Kun tarkastellaan erikseen ilma- ja nestejäähdytteisten laitteiden vaiheille kuluvia aikoja, huomataan, että nestejäähdytteisten laitteiden osalta loppukokoonpanoon kuluva aika kasvaa suhteessa koko asennuksen keston, kun taas osakokoonpanon ja rungon työmäärä prosentuaalisesti pienenee. Tämän takia päätetään luoda näille erilliset routingit, toinen ilma- ja toinen nestejäähdytteisille laitteille. Oma superrouting luodaan myös yhdelle tietyntyyppiselle ilmajäähdytteiselle laitteelle, jonka kokoonpano eroaa huomattavasti muista ilmajäähdytteisistä.

<b>Spesiaali</b>	<b>Operaatio</b>	<b>%</b>
	0015 (2016)	<b>12</b>
	0015 (2025)	<b>1</b>
	0020	<b>20</b>
	0040	<b>66</b>
	0048	<b>1</b>

Kuva 28. Spesiaali-laitteen routing

Näiden laitteiden osalta tarkasteltiin 10 laitetta, joiden avulla vaiheiden prosentuaalisista jaoista muodostui seuraavanlaiset: rungon osakokoonpano (0015, 2016) 12 %, loppukokoonpanon osakokoonpano (0015, 2025) 1 %, runko (0020) 20 %, loppukokoonpano (0040) 66 % ja visuaalinen tarkastus 1 % (kuva 28). Tämän routingin nimeksi luotiin 1MD\_SHS.

### 5.3 Routingin rakentaminen SAP:iin

Uusia routhingeja luodaan Helsingin tehtaalla valmistettaville kuljetuspituuksille kolme kappaletta. Routingien luominen ja testaus tehdään SAP EST:ssä, joka on niin sanottu SAP:in testipuoli. Siellä tehdyt muutokset eivät vaikuta tuotantoon. Routingien rakentaminen aloitettiin ilmajähdytteisille laitteille tarkoitetusta superroutingista, jonka nimeksi annettiin 1MD\_AIRS. Routing luotiin SAP:n transaktiolla CA01. Superroutingin operaatiot kopioitiin olemassa olevasta MD:n routingista. Operaatiot pysyvät siis samassa järjestyksessä ja ovat nimiltään samoja kuin ennenkin. Vaiheet, jotka tulevat sisältämään asennustunteja, ovat Rungon osakokoonpano (0015, 2016), Loppukokoonpanon osakokoonpano (0015, 2025), Runko (0020), Loppukokoonpano (0040) sekä Visuaalinen tarkastus (0048). Näille vaiheille määritettiin arvoksi Labor-kenttään "1" ja Unit-kenttään "H", jotta niille pystytään asettamaan järjestelmään superroutingin laskevat tunnit. Labor-kenttä kertoo tietylle vaiheelle kuluvasta tuntimäärästä. Muilla vaiheilla arvona on 1MIN. Myös testauksen tunneiksi määriteltiin 1H, sillä testaukseen kuluvat tunnit tullaan lisäämään sellaisenaan asennustuntien päälle. Kuvaan 29 on merkitty vaiheille niihin kuuluvat tunnit, jos kuljetuspituudelle olisi arvioitu 100 tuntia, jotta routingin ajoitusta voitiin tarkastella.

Group		1MD_AIRS		MD AIR SUPERROUTING		Grp.Count1					
Sequence		0									
Operation Overv.											
Op...	SOp	Work Center	Pnt	Cont...	Description	B...	O...	U...	Sta...	Labor	Unit
0005		AS6XXSTA	0001	PP08	Non Allocated Components	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN
0010		ASMDP	0001	PP08	Production Begin	1	<input type="checkbox"/>	PC	STA..	1	MIN
0011		ASMDP	0001	ZZ98	Subassembly Frame Components	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN
0012		ASMDP	0001	ZZ98	Subassembly Final Components	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN
0015		ASFRAME	0001	PP08	Frame start	1	<input type="checkbox"/>	PC	FRA..	1	MIN
0015	2015	ASMDP	0001	PP05	Subassembly Frame Start	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN
0015	2016	ASMDP	0001	PP05	Subassembly Frame End	1	<input type="checkbox"/>	PC		12,000	H
0015	2024	ASMDP	0001	PP05	Subassembly Final Start	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN
0015	2025	ASMDP	0001	PP05	Sub Assembly Final End	1	<input type="checkbox"/>	PC		8,000	H
0020		ASFRAME	0001	PP08	Frame End	1	<input type="checkbox"/>	PC		18,000	H
0024		ASMDA	0001	PP08	Final Assembly Start	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN
0025		ASMDA	0001	ZZ98	Final Assembly Allocation 1	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN
0029		ASMDA	0001	ZZ98	Final Assembly Allocation 2	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN
0030		ASMDA	0001	ZZ98	Final Assembly Allocation 3	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN
0039		ASMDA	0001	ZZ98	Final Assembly Allocation 4	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN
0040		ASMDA	0001	PP08	Final Assembly End	1	<input type="checkbox"/>	PC	FIN..	60,000	H
0047		ASMDA	0001	PP08	Visual Inspection Start	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN
0048		ASMDA	0001	PP08	Visual Inspection End	1	<input type="checkbox"/>	PC		2,000	H
0049		TEST6XX	0001	PP08	Testing Start	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN
0050		TEST6XX	0001	PP11	Testing End	1	<input type="checkbox"/>	PC	TEST	1,000	H
0051		TEST6XX	0001	PP05	FAT Testing	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN
0052		ASMDA	0001	PP05	FAT Changes	1	<input type="checkbox"/>	PC		1	MIN

Kuva 29. 1MD\_AIRS Operaatiot (SAP)

Niille operaatioille, joille on merkitty 1H, SAP:in User Specific Fields-tauluun merkitään ConfigR-OpKey kohtaan uniikki merkintä, jolla vaihe tunnistetaan ja sille asetetaan oikea prosentuaalinen osuus laitteelle arvioiduista asennustunneista. Esimerkiksi 1MD\_AIRS routingin vaiheelle 0015/2015 (Rungon osakoonpano) konfigurointiavaimeksi asetettiin "Sub Assembly Frame" (kuva 30).

User-Specific Fields			
Field key	ZDRI001		
Printouts		ConfigR-OpKey	Sub Assembly Frame
Dep.Req. Offset	0,000		
<input type="checkbox"/> Sched.Operation			

Kuva 30. Konfigurointiavain (SAP)



Routingille asetettiin kuuden päivän edestä kirjallisuusosiossa esiteltyä puskuriaikaa (queue): runkovaiheen aloitukselle kaksi päivää ja loppukokoonpanon aloitukselle yhden päivän edestä. Asennustyön valmistumisen ja testauksen aloittamisen välille asetettiin kolmen päivän puskuriaika. Puskuriajat ovat nähtävillä kuvassa 31. Tässä kuvassa on myös asetettu yhteensä 100 tuntia routingin operaatioille luvussa 5.2 määriteltyjen osuuksien mukaan, jotta operaatioiden ajoituksia voitiin tarkastella.

Objects								
Act.	Work Center	Latest start		Queue		Setup		Edit
Sequence	0	Std.seq.						
0005	AS6XXSTA	08.02.2023	07:00:00	0,0		0,0 MIN	1,0	MIN
0010	ASMDP	08.02.2023	07:01:04	0,0		0,0 MIN	1,0	MIN
0011	ASMDP	08.02.2023	07:02:20	0,0		0,0 MIN	1,0	MIN
0012	ASMDP	08.02.2023	07:03:36	0,0		0,0 MIN	1,0	MIN
0015	ASFRAME	10.02.2023	07:04:52	2,0	D	0,0 MIN	1,0	MIN
0020	ASFRAME	10.02.2023	07:06:08	0,0		0,0 H	18,0	H
0024	ASMDA	15.02.2023	12:46:08	1,0	D	0,0 MIN	1,0	MIN
0025	ASMDA	15.02.2023	12:47:24	0,0		0,0 MIN	1,0	MIN
0029	ASMDA	15.02.2023	12:48:40	0,0		0,0 MIN	1,0	MIN
0030	ASMDA	15.02.2023	12:49:56	0,0		0,0 MIN	1,0	MIN
0039	ASMDA	15.02.2023	12:51:12	0,0		0,0 MIN	1,0	MIN
0040	ASMDA	15.02.2023	12:52:28	0,0		0,0 H	30,0	H
0047	ASMDA	22.02.2023	08:09:08	0,0		0,0 MIN	1,0	MIN
0048	ASMDA	22.02.2023	08:10:24	0,0		0,0 H	2,0	H
0049	TEST6XX	27.02.2023	10:41:31	3,0	D	0,0 MIN	1,0	MIN
0050	TEST6XX	27.02.2023	10:42:39	0,0		0,0 H	1,0	H
0051	TEST6XX	27.02.2023	11:50:39	0,0		0,0 MIN	1,0	MIN
0052	ASMDA	27.02.2023	11:51:47	0,0		0,0 MIN	1,0	MIN
0890	PACKING	27.02.2023	11:53:03	0,0		0,0 MIN	1,0	MIN
0900	PACKING	27.02.2023	11:54:11	0,0		0,0 MIN	1,0	MIN

Kuva 31. 1MD\_AIRS ajoitus (SAP)

Kirjallisuusosiossa esiteltiin myös routingiin saatavilla oleva overlapping-toiminto, jolla vaiheita voidaan asettaa tapahtumaan ”päällekkäin”. Tätä ominaisuutta ei ole ennen käytetty Multidrive-linjan routingeilla, koska eri tuotannon vaiheita ei yhden kuljetuspituuden osalta juurikaan tehdä samanaikaisesti. Tästä syystä superroutingille ei asetettu overlapping-arvoa (kuva 32).

Overlapping	
<input type="radio"/>	Required overlapping
<input type="radio"/>	Optional overlapping
<input type="radio"/>	Continuous flow prod
<input checked="" type="radio"/>	No overlapping

Kuva 32. 1MD\_AIRS Overlapping (SAP)

Tuotantolinjalla voi olla samanaikaisesti useampi henkilö töissä yhdellä tuotannon vaiheella. Rungon kokoonpanon vaiheella (0020) on yleensä samanaikaisesti 1–2 työntekijää. Tästä syystä rungon vaiheella voitaisiin käyttää splitting-arvona numeroa kaksi (kuva 33). Jos tällä routingin vaiheella siis on esimerkiksi 10 tuntia, katsotaan, että vaiheen läpimenoaika on viisi tuntia ( $10/2=5$ ). Routingia rakennettaessa ja sen ajoituksia tarkastettaessa huomattiin, että aliopeeraatioiden, eli vaiheiden 0015/2016 ja 0015/2025 tunnit eivät lisää laitteen läpimenoaika järjestelmässä (sarake "Edit" kuvassa 31). Luvusta 5.2 selvisi, että osakokoonpanon vaiheisiin kuuluu yhteensä noin 20 % kokonaistunneista ja runkovaiheeseen noin 18 %. Koska osakokoonpanovaiheiden ja runkovaiheen prosentuaaliset osuudet ovat lähellä toisiaan ja jotta läpimenoaika olisi mahdollisimman todellisuutta vastaava, vaiheelta 0020 (runko) jätetään tuntien jakaminen eli splitting-arvo pois.

Splitting	
<input checked="" type="checkbox"/>	Required splitting
No. of splits	<input type="text" value="2"/>
Min. processing time	<input type="text" value="0,000"/> (Economical Splitting)

Kuva 33. Splitting 1MD\_AIRS (SAP)

Loppukokoonpanon vaiheella 0040 työskentelee lähes poikkeuksetta aina kaksi henkilöä samalla kuljetuspituudella, jonka takia operaatiolla on "splitting"-arvona kaksi.

Vesijäähdytteisten laitteiden routing nimettiin "1MD\_LCS", joka on operaatioiltaan samanlainen kuin ilmajäähdytteinen superrouting. Tämä routing luotiin "Copy From" -toiminnolla aikaisemmin luodusta routingista. Jotta SAP:iin tehty superrouting toiminto osaa erottaa ilma- ja nestejäähdytteiset laitteet toisistaan, nestejäähdytteisten laitteiden konfigurointiavaimiin lisätään tunnus "LC" (Liquid-Cooled).

User-Specific Fields			
Field key	ZDRI001		
Printouts		ConfigR-OpKey	Subassembly Frame LC
Dep. Req. Offset			
<input type="checkbox"/> Sched. Operation			

Kuva 34. Konfigurointiavain LC (SAP)

Nestejäähdytteisten laitteiden routing pitää sisällään samat puskuriajat ja splitting-arvot kuin ilmajäähdytteisten laitteiden routing. Luvussa 5.2 osakokoonpanoihin arvioitu kuluva aika on yhteensä 16 % kuljetuspituuden kaikista kokoonpanoon kuluvista tunneista. Myös runkovaiheeseen on arvioitu kuluvan 16 % tunneista. Tämän takia tällä routingilla käytetään samaa logiikkaa kuin ilmajäähdytteisen routingilla vaiheiden "Splitting"-arvojen kanssa, eli vaiheelta 0020 jätetään jako pois.

Ilmajäähdytteisen spesiaalilaitteen routing nimettiin 1MD\_SHS:ksi. Tällä routingilla on yhteensä viiden päivän edestä puskuriaikaa. Asennustunteja sisältäville vaiheille konfigurointiavaimiin on lisätty tunnus "SH", jotta se erotetaan järjestelmässä muista laitetyypeistä. Myös tällä routingilla vaiheella 0040 tunnit jaetaan kahdella. Muista routingeista poiketen tällä routingilla myös runkovaihe jaetaan kahdella, sillä osakokoonpanon vaiheisiin kuluva aika on suhteessa

pienempi kuin runkovaiheeseen. Näin laitteen läpimenoajasta saadaan mahdollisimman todenmukainen.

#### 5.4 Alihankkijan routing

Multidrive-tuotantolinjan toimittamia kuljetuspituuksia valmistetaan myös alihankkijalla. Tuotannosuunnittelijat jakavat työkuormaa oman tehtaan ja alihankkijan tehtaan välillä. Kun laite päätetään valmistaa alihankkijalla, tästä merkitään tuotannon työjonoon tieto, jolloin kuorma poistuu Helsingin tehtaan linjan kuormasta eri työkaluista, joilla tuotannon kapasiteettia hallitaan.

Uusia routingeja luodessa tarkasteltiin myös alihankkijalla valmistettujen kuljetuspituuksien routingeja, joita on yli 100 kappaletta. Nämä routingit on luotu puskuriaikaa (Queue) hyödyntäen. Alihankkijan valmistamien kuljetuspituuksien läpimenoaikoja tarkasteltiin erikseen ilma- ja nestejäähdytteisten laitteiden osalta. Niille tehtiin erilliset uudet routingit, sillä nestejäähdytteisen laitteen läpimenoaika on pidempi kuin ilmajäähdytteisen. Uudetkin routingit luotiin puskuriaikoja käyttämällä.

Alihankkijalla tuotetut kuljetuspituudet tilataan ostotilauksen avulla. Alihankkijan routingit eivät sisällä kokoonpanotunteja samalla tavalla kuin Helsingin tehtaan routingit. Yhdellä routingin vaiheella on arvona 1H, joka muuttuu koko asennuksen tuntimääräksi ostotilausta tehdessä. Tämä on määritelty vaiheen arvoissa "Conversion of Units of Measure". Esimerkiksi jos kokoonpanoon on arvioitu 100 tuntia, kuljetuspituudelle asetetaan routing, joka kääntää routingin yhden tunnin sadaksi tunniksi ostotilaukselle (kuva 35).

Standard Values		Conversion of Units of Measure			
Base Quantity	1,000	Header	Unit	Operat.	Un
Operation unit	H	1	PC	<=>	100
Break	0,000				H

Kuva 35. Alihankkijan routing (SAP)

Group	1PR_AIRS	MD PR AIR SUPERROUTING	Grp.Count8
<b>Objects</b>			
Objects			
Act.	Work Center	Latest start	Queue
-----			
<input type="checkbox"/>	Sequence 0	Std.seq.	
<input type="checkbox"/>	0005	SUBCON	21.02.2023 15:16:24 1,0 D
<input type="checkbox"/>	0010	SUBCON	21.02.2023 15:17:32 0,0
<input type="checkbox"/>	0011	SUBCON	22.02.2023 15:18:40 1,0 D
<input type="checkbox"/>	0012	SUBCON	22.02.2023 15:19:48 0,0
<input type="checkbox"/>	0015	SUBCON	22.02.2023 15:20:56 0,0
<input type="checkbox"/>	0024	SUBCON	22.02.2023 15:22:04 0,0
<input type="checkbox"/>	0030	SUBCON	22.02.2023 15:23:12 0,0
<input type="checkbox"/>	0031	SUBCON	22.02.2023 15:24:20 0,0
<input type="checkbox"/>	0032	SUBCON	09.03.2023 15:25:28 11,0 D
<input type="checkbox"/>	0035		09.03.2023 15:26:36 0,0
<input type="checkbox"/>	0039	SUBCON	10.03.2023 15:26:36 0,0
<input type="checkbox"/>	0040	SUBCON	23.03.2023 15:27:44 9,0 D
<input type="checkbox"/>	0045	SUBTEST	24.03.2023 15:28:52 1,0 D
<input type="checkbox"/>	0046		26.03.2023 07:00:00 0,0
<input type="checkbox"/>	0048	ASMDA	27.03.2023 07:00:00 0,0
<input type="checkbox"/>	0049	TEST6XX	29.03.2023 07:01:16 2,0 D
<input type="checkbox"/>	0050	TEST6XX	29.03.2023 07:02:24 0,0
<input type="checkbox"/>	0051	TEST6XX	29.03.2023 08:10:24 0,0
<input type="checkbox"/>	0052	ASMDA	29.03.2023 08:11:32 0,0
<input type="checkbox"/>	0890	PACKING	29.03.2023 08:12:48 0,0
<input type="checkbox"/>	0900	PACKING	29.03.2023 08:13:56 0,0

Kuva 36. 1PR\_AIRS (SAP)

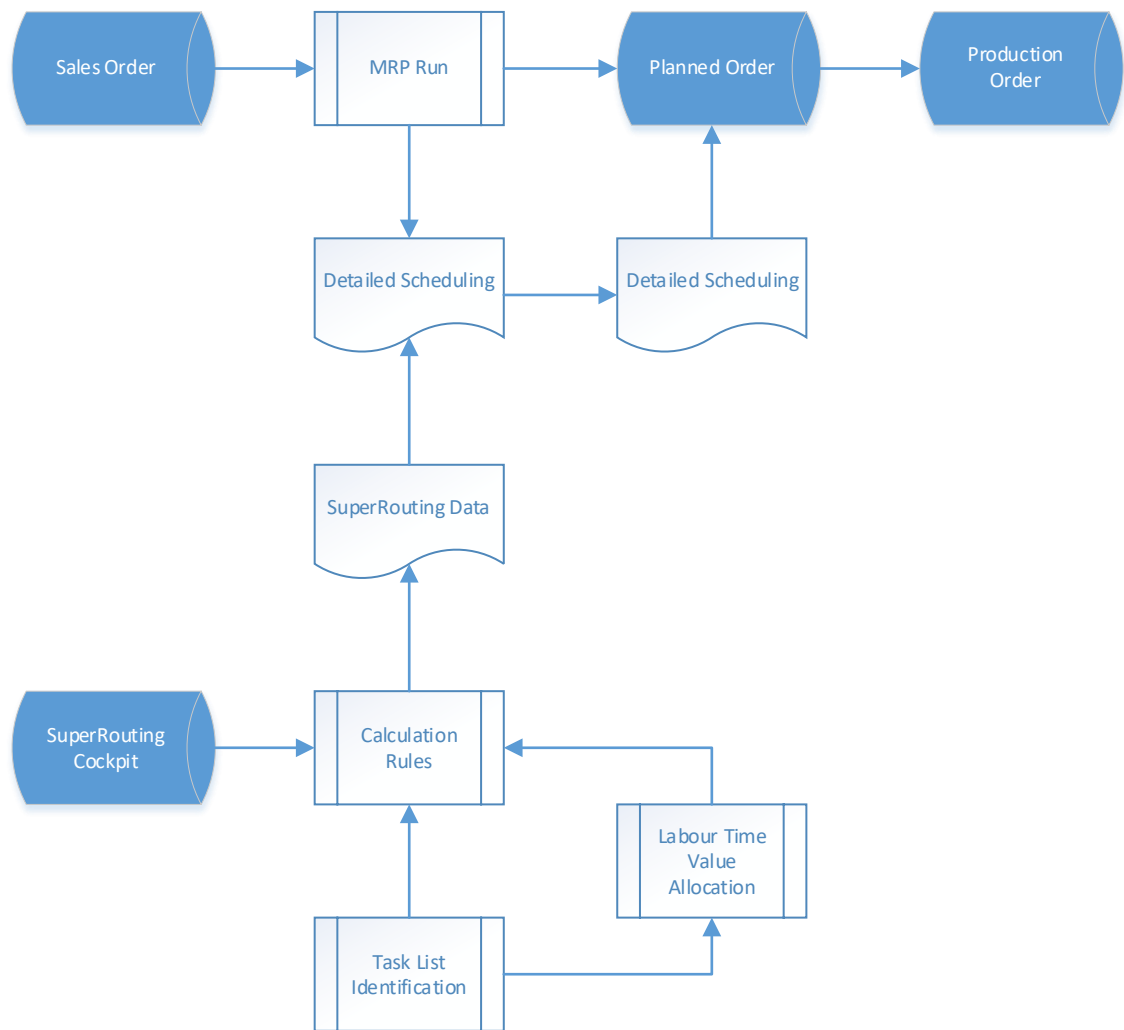
Ilmajäähytteisten laitteiden routingille "1PR\_AIRS" sijoitettiin puskuriaikaa yhteensä 25 päivän edestä (kuva 36). Aika määriteltiin toteutuneita asennustunteja ja läpimenoaikoja tarkastelemalla. Puskurit sijoitettiin niin, että tuotannon alkupuolella tarvittavia materiaaleja sisältävät operaatiot ovat saatavilla heti tuotannon alussa. Näiden operaatioiden jälkeiselle vaiheelle (0032) sijoitetaan puskuria, joka siirtää seuraavia operaatioita, sekä niiden sisältämien materiaalien tarveajoituksia myöhemmälle.

Nestejäähdytteisten kuljetuspituuksien routing on operaatioiltaan samanlainen kuin ilmajäähdytteisten. Se kuitenkin sisältää 10 päivää enemmän puskuriaikaa pidemmän läpimenoajan takia. Tämä routing nimettiin "1PR\_LCS":ksi.

Alihankkijan kokoonpanemat kuljetuspituudet testataan ABB:n toimesta MD-linjan koestamossa. Koska koko Multidrivelle on saatavilla testaukseen myydyt tunnit, ne lisätään sellaisenaan kuljetuspituuksille. Testauksen vaiheelle 0050 asetetaan työn pituudeksi 1H, jotta superrouting-toiminto pystyy ensin hakemaan ja sen jälkeen asettamaan tunnit tälle operaatiolle, aivan kuten toisillakin routingeilla.

## 5.5 Superrouting-toiminnallisuuden luominen

Superrouting-toiminnallisuus luodaan tuotannon kehitysspecialistin kanssa. SAP-järjestelmään luodaan ohjaamo (Cockpit), jonka avulla superrouting saadaan käyttöön. Toimintoon tarvittavat ominaisuudet ja logiikka määriteltiin palaverissa, jonka jälkeen kehitysspecialisti loi dokumentin, jossa määritellään funktionaalinen ja tekninen malli. Dokumentti on apuna kehittäjällä ohjaamon luomissa. Tähän SAP-kehitykseen valikoitui sama henkilö, joka on luonut Cabinet Drives -linjan superrouting-ohjaamon SAP:iin. Uusi superrouting-toimintoon liittyvä prosessi on visualisoituna kuvassa 37.



Kuva 37. Superrouting-prosessikaavio (Tommi Niemi 2023.)

Superrouting-prosessi alkaa, kun uusi kauppa ja sen tunnit kirjataan järjestelmään kaupanumerolla. Tästä muodostuu ”planned order” eli suunniteltu tilaus. Samaan aikaan superrouting hakee kaupan tunnit ja laskusääntöjen sekä kaupan tyyppin tunnistamisen avulla allokoii tunnit oikeille vaiheille. Toiminto yhdistää tunnit ja niiden allokaatiot kaupan kuljetuspituudelle. Suunnitellulle tilaukselle määräytyy aloituspäivä sen asennustyöhön kuluviin tuntien perusteella. Kun varsinainen suunnittelutyö laitteen ominaisuuksista on valmis, voidaan luoda tuotantotilaus, joka vapautetaan tuotantoon.

Dokumentti ominaisuuksista välitettiin kehittäjälle, ja sen valmistumisen arvio on keväällä 2023, jonka jälkeen toimintoa testataan ja siihen luodaan säännöt eri

laitetyyppien tuntien prosentuaalisesta jakamisesta. Harvesteriin tarvittavien kehitysten (erikoisuuksista rivien muodostuminen, sekä MD Templateen kuljetuspituuskohtaisten tuntien muodostuminen) valmistuminen on myös arvioitu keväälle 2023. Kun kaikki kehitystyöt on tehty ja toiminto testattu toimivaksi, superrouting-toiminto siirretään SAP:in testauspuolelta tuotannon käyttöön.

## 5.6 Saavutettavat hyödyt ja jatkokehitys

Insinööriyöstä saavutettavilla kehityksillä on merkittävä vaikutus routing-prosessiin. Nykyisessä prosessissa ylläpidettäviä routingeja Helsingissä tehtäville laitteille on yhteensä yli 100. Tämä määrä tulee superroutingin käyttöönottamisen avulla vähenemään kolmeen routingiin. Myös alihankkijalla käytettyjä routingeja tutkittiin, sekä luotiin kaksi uutta routingia. Kun uusi routing-käytäntö saadaan testattua ja käyttöönotettua, tulee myös alihankkijan routingien määrä laskemaan yli 100:sta vain kahteen. Kokonaisuudessa ylläpidettävien routingien määrä tulee siis laskemaan yli 200:sta vain viiteen routingiin (kuva 38). Routingien määrän minimoimisella saavutetaan merkittävää hyötyä esimerkiksi silloin, kun routingeihin pitää tehdä muutoksia.



Group	Group	Group	Group	Group	Group	Group
1MD88015	2MD88015	1JA88030	2JA88040	1LC88070	1PRLC100	2PRLC040
1MD88035	2MD88030	1JA88070	2JA88050	1LC88150	1PRLC200	2PRLC100
1MD88040	2MD88040	1JA88080	2JA88060	1LC88170	1PRLC230	2PRLC170
1MD88050	2MD88050	1JA88090	2JA88070	1LC88200	1PRLC250	2PRLC180
1MD88060	2MD88060	1JA88100	2JA88080	1LC88220	1PRLC260	2PRLC200
1MD88070	2MD88070	1JA88110	2JA88090	1LC88240	1PRLC280	2PRLC250
1MD88080	2MD88080	1JA88120	2JA88100	1LC88260	1PRLC290	2PRLC260
1MD88090	2MD88090	1JA88130	2JA88110	1LC88280	1PRLC310	2PRLC270
1MD88100	2MD88100	1JA88140	2JA88120	1LC88320	1PRLC320	2PRLC280
1MD88110	2MD88110	1JA88150	2JA88130	1LC88330	1PRLC330	2PRLC290
1MD88120	2MD88120	1JA88160	2JA88140	1LC88360	1PRLC360	2PRLC350
1MD88130	2MD88130	1JA88170	2JA88150	1LC88380	1PRLC370	2PRLC360
1MD88140	2MD88140	1JA88180	2JA88160	1LC88420	1PRLC380	2PRLC380
1MD88150	2MD88150	1JA88190	2JA88170	1LC88440	1PRLC390	2PRLC390
1MD88160	2MD88160	1JA88200	2JA88180	1LC88470	1PRLC400	2PRLC400
1MD88170	2MD88170	1JA88210	2JA88190	1LC88500	1PRLC410	2PRLC410
1MD88180	2MD88180	1JA88220	2JA88200		1PRLC430	2PRLC430
1MD88190	2MD88190	1JA88230	2JA88210		1PRLC450	2PRLC440
1MD88200	2MD88200	1JA88240	2JA88220		1PRLC460	2PRLC460
1MD88210	2MD88210	1JA88250	2JA88230	<b>Group</b>		2PRLC490
1MD88220	2MD88220	1JA88260	2JA88240	2LC88040		2PRLC530
1MD88230	2MD88230	1JA88270	2JA88250	2LC88050		2PRLC540
1MD88240	2MD88240	1JA88280	2JA88260	2LC88080		2PRLC550
1MD88250	2MD88250	1JA88290	2JA88270	2LC88100		2PRLC570
1MD88260	2MD88260	1JA88300	2JA88280	2LC88120		2PRLC590
1MD88270	2MD88270	1JA88310	2JA88290	2LC88150		
1MD88280	2MD88280	1JA88320	2JA88300	2LC88200		
1MD88290	2MD88290	1JA88330	2JA88310	2LC88220		
1MD88300	2MD88300	1JA88340	2JA88320	2LC88240		
1MD88310	2MD88310	1JA88350	2JA88330	2LC88260		
1MD88320	2MD88320	1JA88360	2JA88340	2LC88330		
1MD88330	2MD88330	1JA88400	2JA88350	2LC88360		
1MD88340	2MD88340	1JA88410	2JA88360	2LC88380		
1MD88350	1MD88SH1	1JA88440	2JA88370	2LC88400		
1MD88360	1MD88SHS	1JA88460	2JA88400	2LC88500		
1MD88500		1JA88520	2JA88430	2LC88560		
			2JA88450	2JA88580		
			2JA88500			
			2JA88560			
			2JA88580			

**Group**


1MD\_AIRS

1MD\_LCS

1MD\_SHS

1PR\_LCS

1PR\_AIRS



Kuva 38. Routingien lukumäärän kehitys

Kun superrouting-prosessi on otettu käyttöön tuotannossa, se vapauttaa aikaa tuotannonsuunnittelijoiden päivittäisestä työstä, sillä kuljetuspituuksille ei enää tarvitse hakea tunteja Harvesterista, tai laskea niitä tyyppikoodin perusteella. Routingeja ei tarvitse enää asettaa manuaalisesti, vaan ne asettuvat automaattisesti kuljetuspituuksille. Tämän johdosta säästetty aika on merkittävä etu varsinkin isompien, eli useampia kuljetuspituuksia sisältävien kauppojen käsittelyssä tuotannonsuunnittelijoille.

Tuotannosuunnittelijan työhön kuuluu kapasiteetin ja kuorman hallinta. Kun Harvesterista saadaan entistä tarkempi arvio asennustyöhön kuuluvasta ajasta, kuormaa ja kapasiteettia on helpompi optimoida. Tämä helpottaa myös prosessinomistajan työtä, joka määrittää kaupoille niiden toimitusajankohdan.

Ennen insinööriä kuljetuspituuksien kokoonpanoon kestävä tuntimäärä näkyi Multidrive-tasolla. Kun tuntiarviot jaetaan kuljetuspituuksille, kuormaa on helpompi hahmottaa. Uusien routingien tuotannon vaiheilla kuluva prosentuaalinen osuus on laskettu toimitettujen kuljetuspituuksien toteutuneiden tuntien perusteella. Routingin jakaessa kuljetuspituuden tunnit tuotannon vaiheille, voidaan tulevaisuudessa hallita kuormaa ja kapasiteettia helpommin tuotannon vaiheiden tasolla. Esimerkiksi uuden kuormituskuvaajan rakentaminen niin, että siinä näkyy erikseen eri tuotannon vaiheet, auttaisi linjan sisäisen kapasiteetin hallintaa. Tällöin voidaan huomata ajoissa, jos jollekin tuotannon vaiheelle on tulossa isompi kuorma tai jollain tuotannon vaiheella on pieni työkuorma suhteessa sen kapasiteettiin.

Uusien routingien testaamisen ja käyttöönoton jälkeen niiden asetusten paikansäilyvyyttä täytyy seurata. Kun routingeja on vain muutama, niihin on helppo tehdä pieniäkin muutoksia, esimerkiksi puskuriaikojen tai vaiheiden jakojen lukumääriin. Cabinet Drives -linjalla routingeja seurataan erilaisten kuvaajien avulla. Luvussa 3.4 kuvassa 17 on esimerkiksi seurattu tuotannon vaiheiden kokoonpanotuntien prosentuaalisten jakojen toteutumaa vertailemalla toteutuneita tunteja arvioituihin tunteihin. Tällaisen raportin tekeminen uusille MD-linjan routingeille on myös tärkeää, jotta toteutuneita osuuksia voidaan seurata ja tarkentaa.

## **6 Yhteenveto**

Tässä luvussa käsitellään insinööriä yhteenveto sekä pohditaan insinööriä onnistumista alussa asetettuihin tavoitteisiin. Lopuksi itsearviointissa pohditaan käytettyjä menetelmiä ja insinööriä merkitystä.

## 6.1 Insinööriyön yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli luoda ja käyttöönottaa uusi superrouting Multidives -linjalla. Nykytilan katsauksen aikana havainnoitiin nykyisen prosessin ongelmakohtiksi routingien epätarkkuus sekä routingien manuaaliseen asettamiseen sekä ylläpitoon kuluva aika. Superrouting-käytäntö Cabinet Drives -linjalla todettiin aikaa säästäväksi, mikä vahvisti MD-linjan superroutingin tarpeellisuutta. Kuvaukset molempien taajuusmuuttajalinjojen prosesseista tehtiin haastattelujen, tuotannon dokumenttien sekä omaan työkokemukseen perustuvan tiedon pohjalta.

Kirjallisuusosiossa etsittiin tietoa ETO-tuotantoympäristöstä ja sen hyvistä sekä huonoista puolista. Tässä osiossa myös tehtiin taustatyötä SAP:in routing-ominaisuudesta. Routing voidaan rakentaa monella eri tavalla riippuen tuotantoympäristöstä. Nykytilan kuvauksesta saadun Cabinet Drives superrouting -käytännön yksityiskohdista sekä kirjallisuusosiossa esitellyiden routing-ominaisuuksien avulla Multidives- superroutingin kehitykseen saatiin hyvää pohjatietoa.

Nykytilan kuvauksen ja kirjallisuusosion jälkeen toteutusta MD-superroutingille lähdettiinideoimaan tuotannonsuunnittelijoiden, suunnitteluinsinöörin ja tuotannon kehitysspesialistin kanssa. Varsinaisen uuden superrouting-ominaisuuksien määrittämisellä huomattiin, että sen käyttöönotto vaatii kokonaan uuden toiminnon SAP-järjestelmään. Alkuperäisenä ideana oli kopioida Cabinet Drives -linjan superrouting-käytäntöä, mutta nykytilan katsausta tehdessä havaittiin, että Harvesterista generoituvat tunnit antavat kaikkein tarkimmat arviot, jotka voidaan saada. Ei siis ollut tarpeellista luoda samanlaista datalähdettä, jota CD-linja käyttää, sillä data oli jo valmiiksi saatavilla konfigurointityökalu Harvesterissa. Tämä data ei siirry automaattisesti SAP:iin, vaan tuntien siirtäminen sinne manuaalisesti on myynnin työntekijöiden vastuulla. Datan automaattinen siirtyminen Harvesterista SAP:iin todettiin hankalaksi, jonka takia myynnin tukena käytettävää MD Template -tiedostoa haluttiin muokata, jotta tuntiarviot olisivat kuljetuspituuskohtaisia aikaisemman Multidrive-tason sijasta. Tästä kehityksestä luotiin tiketti Harvesteriin tehtävien muutosten työjonoon. Tuntien

oikeellisuuteen havainnoitiin vaikuttavan myös ns. erikoisuudet, joita laitteisiin voidaan suunnitella. Näistä ei nykyprosessissa muodostu lisää tunteja laitteen asennustunteihin. Tämän ongelman selättämiseksi Harvesteriin oli jo luotuna kehitystiketti, jonka toteutuksella laitteen suunnittelija voi lisätä erikoisuuksille tunteja. Tikettiä ei olla vielä otettu käsittelyyn.

Nykytilan kuvauksessa mainittiin, kuinka tuotannonsuunnittelijoilla ei ole pääsyä konfigurointityökalu Harvesteriin, josta laitteiden kokoonpanotunnit generoidaan. Insinööriyön kehitysosuuden aikana tuotannonsuunnittelijoille saatiin rajattu pääsy Harvesteriin, jotta he pystyvät itse tarkastamaan laitteiden arvioidut tunnit. Tuotannonsuunnittelijoiden ei siis tarvitse enää pyytää prosessinomistajaa hakemaan kaupan tunteja Harvesterista.

Uuden toiminnon luominen SAP:iin tapahtuu siihen erikoistuneen kehitystiimin kautta. Avuksi tähän luotiin dokumentti, johon on selitetty vaadittavat uudet ominaisuudet sekä miten tunnit saadaan linkitettyä oikeille kuljetuspituuksille. Jotta uusi automatisoitu routing-prosessi voidaan ottaa käyttöön, tulee kaikkien insinööriyön aikana tehtyjen tikettien olla valmiina, sekä SAP:in uuden toiminnon olla saatavilla. Näiden kehitysten valmistumisajankohta on arvioitu keväälle 2023. Kun kehitykset saadaan käyttöön, superrouting toiminto testataan, prosentuaaliset allokaatiot asetetaan tuotannon vaiheille, logiikkaa muokataan tarvittaessa, jonka jälkeen superrouting-toiminto siirretään tuotantoon. Insinööriyö kuitenkin päättyy ennen superroutingin käyttöönottoa.

Insinööriyön lopputuotoksena oli tarkoitus olla dokumentoitu, validoitu ja käytöön otettu uusi routing-prosessi. Vaikka tähän ei päästy, siihen tarvittava pohjatyö on tehty valmiiksi, jotta uusien ominaisuuksien valmistuessa superrouting voidaan ottaa helposti käyttöön. Uudesta superrouting ominaisuudesta ja sen vaikutuksesta nykyiseen prosessiin luotiin sisäinen dokumentti tuotannon työohjeisiin.

## 6.2 Insinööriyön itsearviointi

Insinööriyön tarkoituksena oli kehittää ja automatisoida Multidrives- taajuusmuuttajalinjan SAP-routing-ominaisuutta. Työn alussa luotu tutkimussuunnitelma pitää sisällään tavoitteen uuden superroutingin käyttöönotosta insinööriyön lopuksi. Vaikka toimintoa ei saatu tuotannon käyttöön työn aikana siihen tarvittavien kehityksien ajankulun takia, on tuotannolla hyvä pohja ottaa toiminto käyttöön, kun tarvittavat muutokset järjestelmiin on tehty. Uudesta prosessista ja superroutingin käytöstä luotiin ohjeistus tuotannonsuunnittelijoiden käyttöön ABB:n sisäisiin dokumentteihin.

Nykytilan kuvaukset Multidrives- sekä Cabinet Drives- linjan prosesseista ovat kattavat, ja niiden oikeellisuus on tarkistettu. Kirjallisuustutkimuksessa kerättyä tietoa hyödynnettiin Multidrives-linjan routing-prosessin kehittämisessä. Varsinkin ominaisuudet SAP:in routing-toiminnallisuudesta tukivat insinööriyön aikana tehtyä kehitystä.

Insinööriyön tekeminen itsessään eteni hyvin. Aihe oli mielenkiintoinen ja työn vaikutus koettiin merkittävänä. Työn aikana suurimmaksi haasteeksi nousi aikataulusta kiinni pitäminen. Kun varsinaista kehitystyötä tehtiin, aikataulujen saattaminen yhteen haastateltavien sekä muiden sidosryhmien kanssa oli melko haastavaa. Alussa määritelty tavoite uusien routingien käyttöönotosta kaatui myös aikataulullisiin ongelmiin, sillä uuden prosessin toiminnallisuuteen vaadittavia kehitystoimenpiteitä, jotka tehdään muiden kehittäjien toimesta, ei saatu valmiiksi insinööriyön aikana.

Insinööriyön avulla tulevaisuudessa saavutettava uusi automatisoitu routing-prosessi tulee tarkentamaan kokoonpanoon arvioitua tuntimäärää. Tällä on positiivinen vaikutus linjan kuorman ja kapasiteetin hallintaan. Manuaalisen työn määrä myös pienenee huomattavasti. Voidaan siis todeta insinööriyö merkitykselliseksi.

## Lähteet

ABB Suomessa. 2022. Verkkoaineisto. <<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>> Luettu 8.6.2022.

ElectoExpert. 2019. Verkkoaineisto. <<https://electroexp.com/fi/chastotnyj-preo-brazovatel.html>> Luettu 8.6.2022.

Hämäläinen, Tuomo. Routing. 1998. IMS Dokumentti. Luettu 7.11.2022.

Mikä on ERP? 2022. Verkkoaineisto. <<https://www.sap.com/finland/insights/what-is-erp.html>> Luettu 8.6.2022.

SAP PP-Routing. 2022. Verkkoaineisto. <[https://www.tutorialspoint.com/sap\\_pp/sap\\_pp\\_routing.htm](https://www.tutorialspoint.com/sap_pp/sap_pp_routing.htm)> Luettu 8.6.2022.

SAP Product Cost Planning. 2022. Verkkoaineisto. <[https://help.sap.com/docs/SAP\\_ERP\\_SPV/92419cca24534eaebb91b731261d911a/c294d7531a4d414de1000000a174cb4.html?version=6.06.28](https://help.sap.com/docs/SAP_ERP_SPV/92419cca24534eaebb91b731261d911a/c294d7531a4d414de1000000a174cb4.html?version=6.06.28)> Luettu 5.11.2022.

SAP Routing. 2022. Verkkoaineisto. <[https://help.sap.com/docs/SAP\\_MANUFACTURING\\_EXECUTION/e1adc70af32241619335c8768a892edb/9cf01debaa804b4c9f59c6d5f9c8a5d0.html?version=15.1](https://help.sap.com/docs/SAP_MANUFACTURING_EXECUTION/e1adc70af32241619335c8768a892edb/9cf01debaa804b4c9f59c6d5f9c8a5d0.html?version=15.1)> Luettu 7.11.2022.

Scheduling Routings. Queue Time. 2022. Verkkoaineisto. <[https://help.sap.com/docs/SAP\\_ERP\\_SPV/c3e2b6d2348f46d7ace93871ef834933/b085b6535fe6b74ce1000000a174cb4.html?version=6.00.31](https://help.sap.com/docs/SAP_ERP_SPV/c3e2b6d2348f46d7ace93871ef834933/b085b6535fe6b74ce1000000a174cb4.html?version=6.00.31)> Luettu 7.11.2022.

Smahl, Jukka. Haapala, Sakari. Tuotannonohjausmuotojen valintakriteerit ja niiden soveltaminen valintaprosessissa. 2014. Kandidaatintyö. Lappeenranta University of Technology. <[https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/96463/Kandi\\_Final\\_Smahl\\_Haapala.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/96463/Kandi_Final_Smahl_Haapala.pdf?sequence=2&isAllowed=y)> Luettu 1.7.2022.

These are the benefits of configure to order. 2021. Verkkoaineisto. <<https://www.elfsquad.io/blog/advantages-of-configure-to-order/>> Luettu 17.9.2022.

Tilauksen kohdennuspiste. 2022. Verkkoaineisto. <<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/>> Luettu 1.7.2022.

Tilauksesta kokoonpano. 2022. Verkkoaineisto. <<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-kokoonpano-ato/>> Luettu 1.7.2022.

Tilauksesta suunnittelu. 2022. Verkkoaineisto. <<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-suunnittelu-eto/>> Luettu 1.7.2022.

Tilauksesta valmistus. 2022. Verkkoaineisto. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-valmistus-mto/> Luettu 1.7.2022.

Varasto-ohjautuva tuotanto. 2022. Verkkoaineisto. <<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/varasto-ohjautuva-tuotanto-mts/>> Luettu 1.7.2022.

What is Engineer-to-Order? 2022. Verkkoaineisto. <<https://www.erp-information.com/engineer-to-order-eto>> Luettu 17.9.2022.

## Liite 1: Haastattelun kysymykset - Prosessinomistaja

Haastateltava	Multidrive-linjan Prosessinomistaja
Päivä ja aika	28.11.2022 30min
Haastattelun tyyppi	Microsoft Teams

Kysymys
Mistä Harvester generoi tunnit?
Miten tuntien paikkansapitävyyttä ylläpidetään?
Miten tunnit siirtyvät Harvesterista SAP:in työjonoon?
Onko Harvesterissa jotain kehitettävää, jonka avulla tuntiarvioita voitaisiin tarkentaa?



**Liite 2: Haastattelun kysymykset - Suunnitteluinsinööri**

Haastateltava	Suunnitteluinsinööri
Päivä ja aika	29.11.2022 1h
Haastattelun tyyppi	Microsoft Teams

<b>Kysymys</b>
Miten Harvesterin tunnit linkittyvät SAP:iin?
Mistä myynnin työntekijät näkevät kaupan tunnit?
Onko tuntiarvioita mahdollista saada siirtymään automaattisesti SAP:iin?
Mikä olisi paras tapa, jolla kuljetuspituuksien tunnit saataisiin SAP:iin?