



Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

TUOTANTOTALOUDEN KOULUTUSOHJELMA

Tuotannosuunnittelun kehittäminen teknisessä piensarjatuotannossa

Improvement of production planning in technical small-scale production

Kandidaatintyö

Antti Tarvola

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Antti Tarvola

Työn nimi: Tuotannosuunnittelun kehittäminen teknisessä piensarjatuotannossa

Vuosi: 2018

Paikka: Turku

Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalous.

30 sivua, 7 kuvaa, 1 taulukko

Tarkastaja: Annastiina Rintala

Hakusanat: prosessiaika, tuotannon tehokkuus, piensarjatuotanto

Keywords: throughput time, small-scale production

Tässä työssä tutkitaan, miten tuotannosuunnittelua voidaan kehittää teknisessä piensarjatuotannossa. Työn toimeksiantaja on tekniikan alan jälleenmyyntiyritys, joka tarjoaa asiakkailleen kokoonpano- ja räätälöintipalvelua, jolla yrityksen päämiesten komponenteista kootaan asiakkaalle tarpeen mukainen tuotekokonaisuus.

Työn keskeisenä tavoitteena on parantaa toimeksiantajan ymmärrystä tuotannosuunnittelun mahdollisuuksista sekä pureutua konkreettisiin termein toimeksiantajan tuotannon suorituskykyyn. Työn tarkoituksena on tuoda toimeksiantajan organisaation ulkopuolisena toimijana uusia näkemyksiä osaston toiminnasta, heikkouksista ja vahvuuksista, jotta toimintaa on mahdollista kehittää jatkossa.

Työn teoreettinen viitekehys rakentuu tuotannosuunnittelun ympärille; aihetta koskien käsitellään oleelliset käsitteet ja termit, jotka koskettavat kaikkea valmistavaa teollisuutta. Lähdekirjallisuutena hyödynnettiin alalla vakiintuneita teoksia. Teoriakatsauksen pohjalta pääteltiin, että tuotannosuunnittelun merkitys ei rajoitu teollisuudenalaa tai tuotantoyksikön kokoon; suunnittelutoimi on tärkeä linkki tuotannon ja yrityksen muiden elinten välillä, mikä edellyttää tiivistä yhteistyötä ja kommunikointia. Tuotannon läpimenoaika on kriittinen indikaattori

koko ketjun toimivuudesta ja siihen kulminoituu miten tehokkaasti yritysorganisaatio toteuttaa tehtävänsä eli lopputuotteen tarjoamisen asiakkaalle.

Toimeksiantajan tapauksessa toiminnan kehittäminen edellyttää samoja peruseriaatteita kuin laajamittaisemman teollisuuden piirissä; toimintatapojen standardointi, materiaalien saatavuuden varmistaminen ja työvälineinvestoinnit ovat tärkeimpiä kehitysaskelia tuotannon läpimenoajan lyhentämiseksi. Lyhentynyt läpimenoaika edesauttaa puolestaan tuotannosuunnittelua, tekee toiminnasta dynaamisempaa ja kehittää osaston reagoivuutta.

SISÄLLYSLUETTELO

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

1	JOHDANTO	3
1.1	Työn tausta ja tarkoitus.....	3
1.2	Tutkimuskysymys.....	5
1.3	Tutkimuksen tavoitteet	5
1.4	Tutkimuksen rajaukset ja menetelmät	6
2	SELVITYSTYÖN TEOREETTINEN VIITEKEHYS.....	7
2.1	Tuotannosuunnittelu	8
2.2	Tuotantosuunnitelma	9
2.3	Tuotantostrategiat ja MPS-suunnitelman jalkauttaminen.....	10
2.4	Materiaali- ja kapasiteettitarpeen määrittely.....	12
2.5	Tuotannon päivittäisjohtaminen.....	13
2.6	Tuotannon läpimenoaika.....	13
2.7	Läpimenoajan arviointi	15
2.8	Palaute ja LEAN-ajattelu	16
3	TOIMEKSIANTAJAN TUOTANTO.....	18
3.1	Kuvaus osaston toiminnasta.....	18
3.2	Prosessikuvaus	20
3.3	Arvio osaston toiminnasta ja keskeisistä suorituskyvyistä.....	22
4	HAVAINNOT JA JOHTOPÄÄTÖKSET	25
4.1	Selvitystyön myötä tehdyt havainnot	25
4.2	Yhteenvedo	26
	Lähteet	27

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

ATO	Assemble-to-Order
BOM	Bill Of Materials
KPI	Key Performance Indicator
MPS	Master Production Scheduling
MTO	Make-to-Order
MTS	Make-to-Stock
TPT	Throughput time

1 JOHDANTO

Tämä työ käsittelee toimitusketjun kehittämistä tekniikan alan jälleenmyyntiyrityksessä, joka toimittaa komponentteja teollisuuden tarpeisiin. Toimeksiantajana toimii yrityksen tekninen osasto, joka tarjoaa kokoonpano- ja räätälöintipalvelua yrityksen asiakkaille. Osasto toimii autonomisena osana yritystä ja tuottaa päämiesten komponenteista kustomoituja tuotekokonaisuuksia asiakkaiden vaatimusten mukaisesti.

Työn tarkempaan aiheeseen on tuotannosuunnittelun kehittäminen. Työvoimaresurssien kohdentaminen sekä tuotannon aikataulutus ja seuranta ovat teknisen osaston keskeisiä haasteita, jotka ovat tunnistettu kumpuavan suunnittelutoimen puutteellisuudesta. Tällä työllä pureudutaan edellä mainittuihin osa-alueisiin ja pyritään tuottamaan toimeksiantajalle hyödyllinen ja jalostuskelpoinen raportti tuotannosuunnittelun nykytilasta sekä keskeisistä kehityskohteista.

Työ koostuu teoreettisesta viitekehyksestä ja soveltavasta empiriaosuudesta, jotka yhdessä muodostavat koherentin ja yksinkertaisen, mutta kattavan katsauksen toimeksiantajan asettamaan tutkimuskysymykseen. Työ toteutettiin tiiviissä yhteistyössä toimeksiantajan kanssa siten, että vuorovaikutus osastojohdon kanssa oli jatkuvaa. Selvitystyön teoriakatsauksen pohjalta tehtyjä havaintoja käsiteltiin aktiivisesti, jotta havainnoista muodostetut johtopäätökset olisivat mahdollisimman realistisia.

1.1 Työn tausta ja tarkoitus

Toimeksiantajan tekninen osasto tuottaa räätälöityjä tuotekokonaisuuksia yrityksen asiakkaille. Tuotteet ovat pääsääntöisesti yksinkertaisia kokoonpano- ja johdotustöitä, jotka suunnitellaan asiakkaan vaatimusten mukaisesti yhteistyössä yrityksen myyntihenkilöstön ja teknisen osaston työjohdon kanssa. Suunniteltu tuote valmistetaan teknisen osaston tiloissa asiakkaan tilauksesta. Palvelun tuottama lisäarvo konkretisoituu muun muassa pienemmän artikkelimäärän muodossa; asiakkaan on merkittävästi helpompaa tilata yksi tuotekokonaisuus kymmenien osakomponenttien sijaan. Tämän myötä asiakkaan oma logistiikka helpottuu ja toimitusketju yksinkertaistuu. Kuva 1 esittää aktiivisessa tuotannossa olevaa valomastokokoonpanoa. Tuote koostuu noin kymmenestä osakomponentista, jotka kuuluvat

yrittäjien tuoteportfolioon ja ovat tilattavissa erillisinä tuotteina. Asiakkaalle toimitetaan yksittäisten komponenttien sijaan valmis tuote, mikä helpottaa asiakkaan omaa asennustyötä.



Kuva 1. Esimerkki tuoteartikkelista; räätälöity valomastokokoonpano

Osaston tuotantoresurssit eivät ole sidottu minkään tuotteen tai tuotealueen artikkeleiden valmistukseen vaan osasto palvelee talon sisäisesti eri tuotealueiden asiakkaita. Tuotantotyöt toteutetaan aina asiakkaan tilauksesta sovitulla aikataululla, joka voi vaihdella jopa päivästä aina muutamaan viikkoon. Kuvailtu toimintaperiaate antaa osastolle mahdollisuuden reagoida hyvin nopeasti muuttuviin tilanteisiin, joten asiakkaita kyetään palvelemaan tarpeen vaatiessa jopa henkilökohtaisesti, mikä erottaa palvelun kilpailijoiden jähmeämmistä alihankintapalveluista. Toisaalta näin dynaaminen ja muuttuva toimintamalli asettaa haasteita etenkin tuotannosuunnittelun suhteen; työvoimaresursseja on vaikea kohdentaa tarkasti tarpeen mukaan, sillä tuotannon ohjaaminen edellyttää käytännössä jatkuvaa tilannejohtamista ja reaaliaikaista seuranta.

Osastojohdon käyttämät suunnittelu- ja resursointimetodit eivät ole riittäviä enää lähitulevaisuudessa, sillä liian suurpiirteiset työaika-arviot ja vaihteleva tuotantotehokkuus ovat jo nyt koituneet muun muassa tuotannon ruuhkautumisiin sekä aikataulujen pitämättömyyteen. Tämän työn tarkoituksena on tuottaa osastojohdon käyttöön yksityiskohtaisempaa tietoa

tuotantotyön työllistävyydestä, sekä pureutua tarkemmin teknisen osaston tehokkuuteen ja suorituskyykyyn konkreettisin termein. Osastojohdon keskeiset insentiivit työn teettämislle ovat seuraavat:

1. Osaston suorituskyykyyn tarkempi analysointi resursoinnin helpottamiseksi jatkossa, tarpeettomien ruuhkautumisten välttäminen ja kerrannaisongelmien kuten reklamaatioiden vähentäminen.
2. Taloudellisesti kannattamattomien tilausten välttäminen jatkossa ja hintojen korottaminen tarpeellisilta osin.

1.2 Tutkimuskysymys

Työn pääpaino asetettiin siten valmistavan teollisuuden tuotannosuunnitteluun, -johtamiseen ja läpimenoaikoihin. Tarkoituksena oli muodostaa kattava yleiskäsitys aihetta koskevasta teoriasta, jotta jatkossa opittua voidaan hyödyntää toiminnan kehittämiseksi. Tutkimuskysymys muotoiltiin seuraavasti:

”Miten tuotannon läpimenoajat vaikuttavat tuotannosuunnitteluun ja millaisilla toimenpiteillä suunnittelua voidaan helpottaa?”

Tutkimuskysymyksen perusteena oli se tosiasia, että nykyisen toimintamallin mukaiset työaika-arviot eivät suurelta osin vastanneet toteutunutta ajankäyttöä, mikä johti aiemmin esille tuotuihin ongelmiin kuten tuotannon ruuhkautumiseen ja tarpeettomiin reklamaatioihin. Realistisempien työaika-arvioiden tuottamiseksi jatkossa on hylättävä aiemmat arvioperusteet ja otettava tuotantoprosessiin kuluva ajankäyttö huomioon kokonaisuutena. Koska tämän työn puitteissa ei otettu kantaa esimerkiksi yksittäisen työntekijän vaikutuksesta työmääräyksen läpimenoaikaan, aihetta lähestyttiin ennen kaikkea todellisen suorituskyykyyn näkökulmasta asettamatta hätiköityjä ennakko-oletuksia tulosten suhteen.

1.3 Tutkimuksen tavoitteet

Selvitystyön ensisijaisena tavoitteena oli tuottaa selkeä katsaus toimeksiantajan tuotantotyöhön ja sitä rasittaviin heikkouksiin. Osastojohdon vaatimuksena oli, että työn myötä muodostettuja

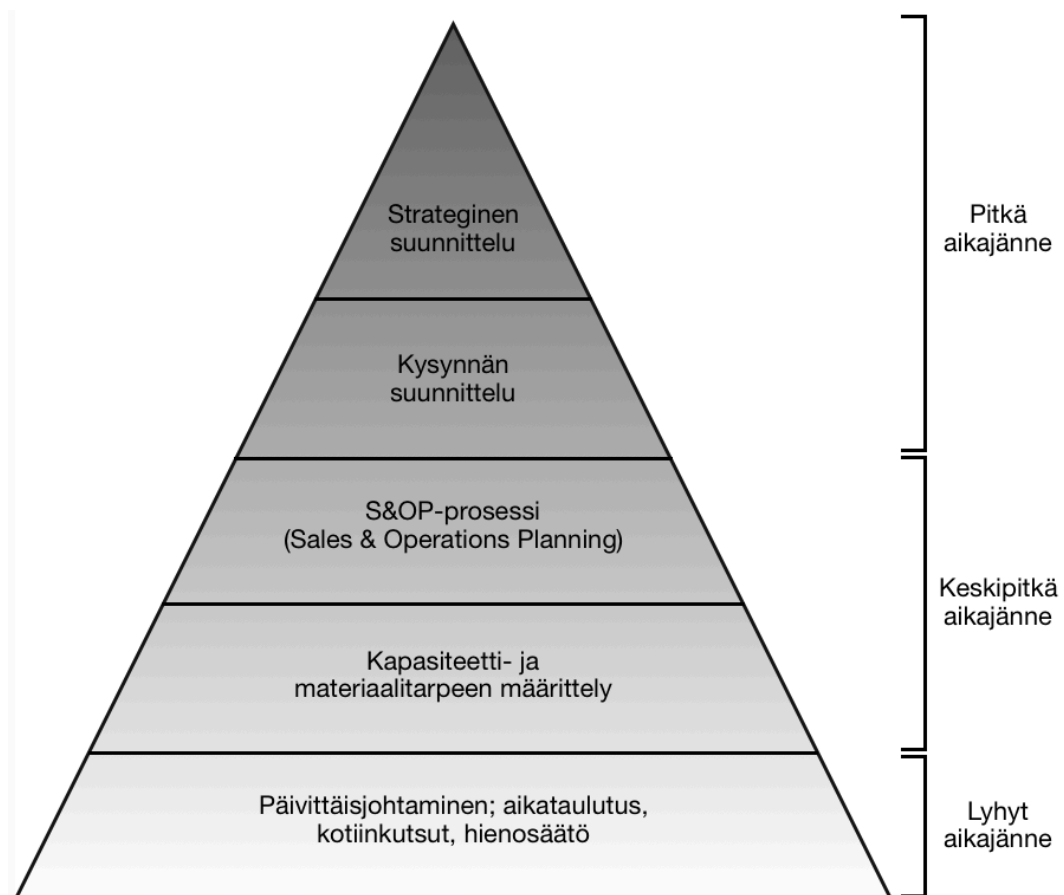
johtopäätöksiä ja korjausehdotuksia voidaan tosiasiallisesti hyödyntää toiminnan kehittämiseksi. Tavoitteena oli saavuttaa ammattimainen ja konsultoiva ote aiheeseen sekä tarjota toimeksiantajan organisaation ulkopuolisena toimijana uusia näkemyksiä ja konkreettisia ehdotuksia toiminnan kehittämiseksi. Tarkoituksena ei siten ollut pelkästään akateemisen kirjallisuuden tutkiminen aihetta koskien vaan myös tarjota toimeksiantajan henkilöstölle konkreettisia referenssejä, joita voidaan soveltaa osaston omaan toimintaan.

1.4 Tutkimuksen rajaukset ja menetelmät

Työssä keskityttiin ainoastaan tuotannosuunnitteluun ja sen keskeisiin osa-alueisiin. Työn laajuudessa käsiteltiin aihepiiriä koskevaa teoriakirjallisuutta tuotannon karkeasuunnittelusta aina päivittäisjohtamisen tasolle. Erityishuomio kiinnitettiin etenkin tuotannon läpimenoaikaan ja sen lyhentämiseen. Lähteeksi valikoitiin akateemista kirjallisuutta ja pyrittiin löytämään aihetta koskevat peruseräaatteet menemättä liian tarkkaan ja yksityiskohtaiseen lähdekirjallisuuteen. Työssä ei käytetty verkkolähteitä, sillä useiden työssä esiteltyjen peruskäsitteiden havaittiin pohjautuvan alalla vakiintuneisiin teoksiin.

2 SELVITYSTYÖN TEOREETTINEN VIITEKEHYS

Selvitystyön yleinen viitekehys on valmistavan yrityksen tuotanto, jota koskien käsitellään tuotannosuunnittelua ja -ohjausta sekä valmistavan yksikön läpimenoaikoja. Tuotanto on Lapinleimun (Lapinleimu ym. 1997 s. 37) mukaan yksi valmistavan yrityksen neljästä päätehtävästä tuotekehityksen, markkinoinnin ja jälkimarkkinoinnin ohella. Valmistavilla yrityksillä on lukuisia eri metodeja tuotannon toteuttamiseksi; perinteisimpinä mainittakoon erä-, projekti- ja linjatuoanto (Scott ym. 2011, s. 54). Yrityksestä ja tuotantometodista riippumatta tuotannon järjestäminen ja suunnittelu perustuu samoihin peruseriaatteisiin: miten paljon tuotetaan, mitä tuotetaan ja millaisilla erityisvaatimuksilla (Scott ym. 2011, s. 57). Mainittujen periaatteiden nojalla luodaan yleiskäsitys työn aiheesta, jota myöhemmin hyödynnetään toimeksiantajan tapauksessa. Kuvassa 2 esitetään yritysorganisaation tavanomaiset suunnitteluhorisontit; työn sisältö keskittyy ainoastaan keskipitkän ja lyhyen aikajänteen suunnittelutoimiin.



Kuva 2. Suunnitteluhorisontit (Scott ym. 2011, s.33)

2.1 Tuotannosuunnittelu

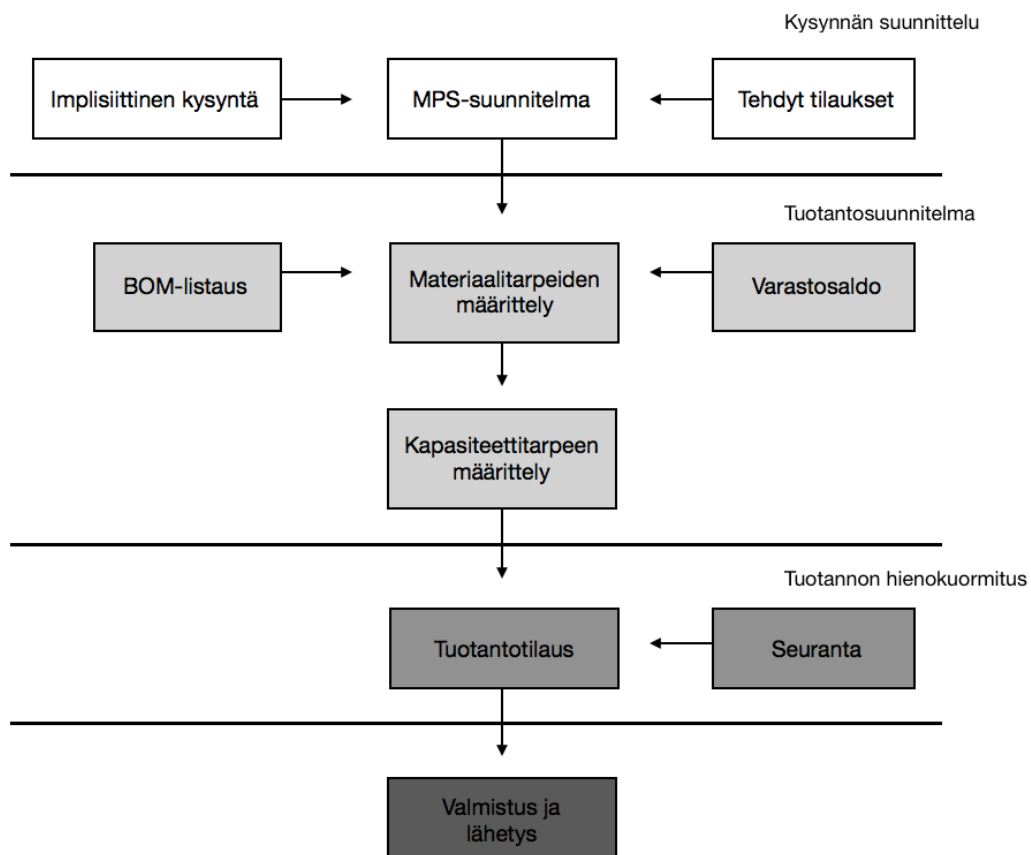
Tuotannosuunnittelulla tarkoitetaan valmistavan yrityksen tuotannon ja siihen vaadittavien materiaalien, työvoimaresurssien ja aikataulujen suunnittelua markkinoilla olevan kysynnän kattamiseksi. Sipper & Bulfinin (Sipper & Bulfin 1997, s. 319) mukaan kysyntä ja tarjonta muodostavat toistuvan kehän, jonka jatkuvuuden takaaminen edellyttää tuottajataholta niin pitkän kuin lyhyenkin aikajänteen suunnittelutoimia. Tuotannosuunnittelu on hallinnonalainen tehtävä, joka toimii tärkeänä linkkinä varsinaisen tuotannon, johtoportaan ja yrityksen muiden toimintojen välillä. Esimerkiksi markkinointiosaston toimet tulee ottaa huomioon myös valmistavalla portaalla, jotta tulevaan kysynnän muutokseen kyetään varautumaan jo ennen tuotannon toteuttamista.

Perinteisesti tuotannosuunnittelun tavoitteena on ollut yritysorganisaation käytössä olevien tuotantoresurssien optimaalinen allokointi tavoiteltujen suorituskykyä mittaavien tasojen saavuttamiseksi. (Kempf, K., Keskinocak, P. & Uzsoy, R. 2011) Kempf ym. luonnehtivat tuotannosuunnittelua ”ratkaisemattomaksi”, millä viitataan suunnittelutoimen dynaamisuuteen ja jatkuvaan muutostilaan. Suunnittelussa on otettava huomioon sekä markkinoiden ja kysynnän muutokset että tuotantoprosessia koskevat funktiot, kuten materiaalivaraukset, tilausten priorisointi ja tuotannon ajoittaminen. Tämän vuoksi yritysorganisaation on väistämättä suunniteltava omaa tuotantoaan yhä uudelleen vastatakseen asiakkaidensa tarpeisiin. Kilpailuasemansa säilyttääkseen yritys ei voi vakioda tuotantoaan pysyvästi vaan huolellinen suunnittelutoimi niin lyhyellä kuin pitkälläkin aikajänteellä on välttämätöntä.

Tuotannosuunnittelu perustuu ennen kaikkea kysyntäennusteelle, joka on tietyn aikajänteen kattava arvio markkinoilla vallitsevasta kysynnästä ja sen suuruudesta. Kysyntäennuste muodostuu varsinaisista tilauksista sekä implisiittisestä kysynnästä, joka ei vielä ole tuottajan tiedossa. Ennusteen tueksi on syytä käyttää sekä myyntihistoriasta kerättyä dataa että asiantuntijuuteen perustuvia arvioita, jotta voidaan muodostaa mahdollisimman tarkka ja objektiivinen arvio tulevasta kysynnästä. (Stadtler & Kilger 2008, s.133-134)

2.2 Tuotantosuunnitelma

Kysyntäennusteen pohjalta muodostetaan karkea suunnitelma (Master Production Scheduling, MPS) tuotantoresurssien käytöstä kysynnän kattamiseksi tietyllä aikajänteellä. MPS-suunnitelmassa huomioidaan lopputuotteiden arvioitu kysyntä sekä kysynnän kausittaiset vaihtelut. (Stadtler & Kilger 2008, s. 89–90). Fogarty ym. huomauttavat, että MPS-suunnitelma on keskeinen linkki markkinoiden kysynnän ja tuotantoyksikön tarjonnan välillä, eli suunnitelma siitä miten tuotantoyksikkö valmistaa halutut tuotteet tietyllä aikajänteellä. MPS-suunnitelma sitoo yritysorganisaation tavoitteet ja tuotantokapasiteetin toisiinsa; yhtenäisen tuotantosuunnitelman myötä esimerkiksi myyntihenkilöstö kykenee antamaan asiakkailleen esimerkiksi toimitusaika-arvioita, sillä he kykenevät suhteuttamaan tulevan kysyntätarpeen olemassa olevaan kapasiteettiin ja sen kuormitukseen. (Fogarty ym. 1991, s. 121-123)



Kuva 3. Tuotannonsuunnittelun vaiheet (Scott ym. 2011, Fig 4.3 mukailten)

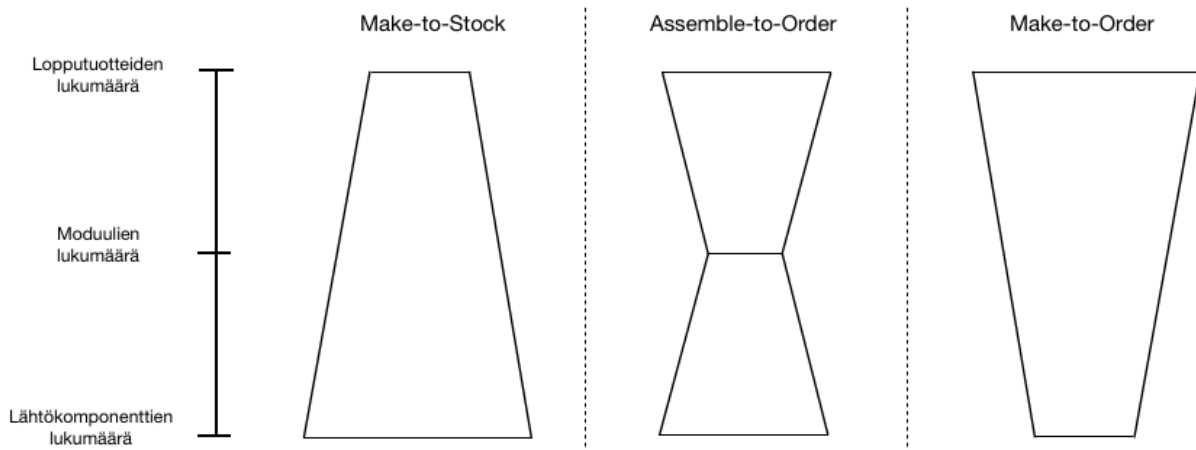
On huomionarvoista, että MPS-suunnitelman horisontti, eli aikajänne riippuu tuotannonalasta ja yrityksestä itsestään. Suunnitteluhorisontti on luontevinta jakaa jaksoihin, jotka määrittävät

tuotantoaikataulun pysyvyyden. Esimerkiksi 12 kuukauden mittaisen suunnitteluhorisontin ensimmäiset kuusi kuukautta voivat olla vakiintuneita ja varmistettuja suunnitellun tuotannon suhteen; seuraavien kolmen kuukauden aikana voidaan tehdä vielä joustavia muutoksia ja viimeisten kolmen kuukauden aikaiset suunnitelmat ovat vielä kokonaan muutettavissa. (Scott et al. 2011, s. 60) Luomalla vakiintuneet pelisäännöt sekä tuotannon suunnittelun että toteutuksen suhteen yrityksen on helpompi priorisoida asiakastilaukset niiden tärkeyden ja kiireellisyyden mukaan; ei ole tarkoituksenmukaista, että kaikkiin tilauksiin reagoidaan samalla tavoin ja pahimmassa tapauksessa ruuhkautetaan oma tuotantokapasiteetti tarpeettomasti. Keskeinen osa tuotannosuunnittelua on myös vähemmän tärkeiden tilausten siirtäminen kauemmas tulevaisuuteen tai jopa niiden hylkääminen huonon tuottavuuden ja suurten kustannusten nimissä. (Toomey 1996, s. 49–50)

Pragmaattisemmasta näkökulmasta tarkasteltuna tuotantosuunnitelmaa määrittää yrityksen luonnollinen tavoite tuottavuuden ja voittojen maksimoinnista sekä kulujen minimoinnista siten, että haluttu palvelutaso ei kärsi. Hugosin (Hugos 2003, s. 80-81) mukaan suunnitelman kannalta kolme tekijää on avainasemassa: tuotannon mahdollisimman korkea käyttöaste, pieni materiaalivarasto sekä korkea palvelualltius. Tuottaja pyrkii löytämään sopivan tasapainon näiden toistensa kanssa ristiriidassa olevien tavoitteiden välille. Yhden tai muutaman valmistettavan tuotteen tapauksessa tasapainon löytäminen on suhteellisen helppoa, mutta tuoteportfolion kasvaessa myös ongelma käy monimutkaisemmaksi, sillä samalta tuotelinjalta usean eri tuotteen valmistaminen kasvattaa tuotannon valmisteluun ja käynnistämiseen kuluva ajankäyttöä. Tällöin on tärkeää määrittää miten paljon tiettyä tuotetta kannattaa valmistaa, jottei sen varastointikulut kasva liian suureksi.

2.3 Tuotantostrategiat ja MPS-suunnitelman jalkauttaminen

Greene (Greene, 1997 s.12.18) tiivistää, että MPS-suunnitelma on tuotantoaikataulu, jossa tarkennetaan mitä odotetaan tuotettavan, kuinka paljon ja millaisilla erityisvaatimuksilla. MPS-suunnitelman jalkauttaminen jää jokaisen yrityksen ratkaistavaksi, mutta tavanomaisia tuotantostrategioita on kolme. Sipper & Bulfin (Sipper & Bulfin 1997, s. 321-322) kirjoittavat näistä toimintamalleista, jotka koskettavat valmistavan teollisuuden yrityksiä. Tuotantostrategiat on esitetty visuaalisesti kuvassa 3.



Kuva 4. Tuotantostrategiat Sipper & Bulfinin mukaan

Make-to-Stock (MTS) –strategialla tarkoitetaan toimintamallia, jossa yritys valmistaa tiettyjä tuotteita varastoonsa. MTS-mallissa lopputuotteiden kysynnän suuruus ja tarkka ajankohta eivät ole tiedossa ennen tuotannon aloittamista, mutta valmiit tuotteet kyetään toimittamaan nopeasti varastosta kysynnän realisoituessa. Nopean toimituksen käänköpuolena on suuri raaka-aineiden ja komponenttien varastoinnin tarve ja siihen sitoutunut pääoma. Esimerkkinä mainittakoon pienlaitetuotanto, jossa tuottaja varautuu tulevaan kysyntään valmistamalla määrättyjä tuotteita etukäteen varastoon.

Make-to-Order (MTO) –strategia on pitkälti edellisen vastakohta; tuottava taho ei valmista tuotteita varastoon vaan valmistus käynnistyy vasta asiakkaan tilauksesta. Toimintamallia leimaa korkea räätälöinnin taso ja suuri variaatioiden määrä, minkä vuoksi loppukysynnän ennustaminen on haastavaa. Kuvaan 3 viitaten puolivalmisteiden ja lopputuotteiden määrä on suurempi kuin lähtökomponenttien määrä, eli samoja lähtökomponentteja käytetään erilaisten lopputuotevariaatioiden valmistukseen.

Assemble-to-Order (ATO) –strategiassa pyritään vastaamaan suureen räätälöintitarpeeseen tuottamalla rajattu määrä puolivalmisteita tai moduuleja, joista voidaan edelleen tarpeen mukaan koota suuri määrä erilaisia lopputuotevariaatioita. Autoteollisuus hyödyntää laajasti tätä toimintamallia, sillä kaikkien mahdollisten variaatioiden valmistaminen valmiiksi ei ole kannattavaa, mutta rajatusta moduulimäärästä on mahdollista kokoonpanna suuri määrä kustomoituja lopputuotteita.

2.4 Materiaali- ja kapasiteettitarpeen määrittely

Luvun alussa esitettiin, että valmistava tuotanto perustuu tuotannonalasta riippumatta samoille peruseriaatteille. Valmistava yritys suunnittelee valmistettavien tuotteiden määrän, laadun ja erityistarpeet vastatakseen kysyntään. Näiden peruskivien pohjalta organisaatio joutuu suunnittelemaan muun muassa sen milloin asiakkaat haluavat tuotteen, mistä niiden valmistukseen hankintaan raaka-aineet, onko jonkin raaka-aineen toimitusaika poikkeuksellisen pitkä ja mitä raaka-aineita on jo tuotannon käytettävissä. Kyse on kuvaan 2 viitaten materiaalitytarpeen määrittelystä (Material Requirements Planning, MRP). (Scott ym. 2011, s.60)

Materiaalitytarve perustuu kolmelle syötteelle: MPS-suunnitelma, varastosaldo (inventory file) ja valmistettavien tuotteiden osaluettelointi (BOM). Sipper & Bulfin korostavat näistä kolmesta etenkin tuotantosuunnitelman merkitystä tämän suunnitteluvaiheen kannalta sen sisältäessä tietoa siitä mitä halutaan tuotettavan. MRP-suunnittelun tarkoituksena on määrittää raaka-aine- ja materiaalitytarve yksittäisten komponenttien tarkkuudella, jotta luotu tuotantosuunnitelma kyetään realisoimaan oikea-aikaisesti (Sipper & Bulfin 1997, s. 337-338).

Vollmann ym. kirjoittavat, että materiaalitytarve määritetään tarkkojen määrien lisäksi myös aikaan sitoen. Karkea tuotantosuunnitelma jalostetaan jaotelluksi suunnitelmaksi, jossa lopputuotteiden eri jalostusvaiheet aikataulutetaan ja lasketaan eri vaiheita vastaavat materiaalitymäärät. On huomioitava, että lopputuotteen valmistaminen ei edellytä kaikkien osakomponenttien yhtäaikaista hankintaa; riittää, että tuotannon edetessä oikeat ja riittävät raaka-aineet ovat tuotannon saatavilla (Vollmann ym. 1988, s. 493).

Materiaalitytarpeen suunnittelun ohella tärkeä vaihe on kapasiteettitarpeen määrittely, jolla tarkoitetaan tuotantoon osallistuvien koneiden ja työvoiman tarpeen määrittelyä tiettyä tuotantoa vastaavalle tasolle. Jokaisen tuotantoyksikön kapasiteetti on rajallinen, joten MPS-suunnitelman realisointi edellyttää joko riittävää tuotantokapasiteettia tai aikataulun muuttamista, jotta siinä pysyminen on mahdollista käytössä olevilla resursseilla (Scott ym. 2011, s. 62). Fogarty huomauttaa tyypillinen ongelma jälkimmäisenä mainitussa tapauksessa on ylioptimistinen MPS-suunnitelma, joka asettaa tuotantoyksikölle liian suuren kuorman, jota

ei pystytä aikataulun mukaan toteuttamaan. Tämä luonnollisesti johtaa esimerkiksi jonojen kasvamiseen ja raaka-aineiden tarpeettomaan kertymiseen (Fogarty ym. 1991, s. 404).

2.5 Tuotannon päivittäisjohtaminen

Yrityksen lyhyimmän aikajänteen operatiivista suunnittelua kutsutaan päivittäisjohtamiseksi (kuva 2), jolla tarkoitetaan tuotannon jokapäiväiseen työnohjaukseen liittyviä rutiineja. Päivittäisjohtamisen aktiviteetteihin voidaan lukea yrityskulttuurista riippuen lukusia eri tehtäviä, mutta tavanomaisimpiin lukeutuu tilausten vastaanotto ja käsittely, aikataulutuksen hienosäätö, tiedonkeruu ja palautteenanto sekä tilausten jatkokäsittely (Greene 1997, s. 14.4).

Plossl (Plossl 1985, s. 316-317) puolestaan korostaa varsinaista tuotantoa edeltävien aktiviteettien tärkeyttä. Läpimenoaikojen lyhentämisen, osaluetteloiden yksinkertaistamisen ja realististen tuotantoaikataulujen merkitys on suuri päivittäisjohtamisen onnistumisen kannalta. Tuotannon arkipäiväisessä johdossa on puolestaan kiinnitettävä huomiota tuotannon aikana havaittuihin heikkouksiin, jotka kasvattavat tuotannon läpimenoaikaa ja lisäävät raaka-aineiden ja puolivalmisteiden tarpeetonta seisomista tuotantolinjalla. Esimerkkinä mainittakoon huonolaatuiset materiaalit tai työkalut, konerikot ja virheelliset tuotteet. Kirjoittaja tiivistää, että paras metodi päivittäisjohtamisen ohjenuoraksi on estää tuotantotöitä päätyvästä tuotantojonoon.

2.6 Tuotannon läpimenoaika

Läpimenoajalla tarkoitetaan valmistavassa teollisuudessa yksittäisen osakomponentin tai koko lopputuotteen valmistamiseen kuluvaa aikaa. Läpimenoaika käsittää tuotannon valmisteluun, käynnistykseen, valmistukseen, tuotteen liikutteluun ja jonottamiseen kuluvan ajan (Greene 1997, s. 2.4).

Läpimenoaika koostuu erilaisista segmenteistä, jotka kaikki tulee ottaa huomioon tuotteen valmistukseen kuluvaa aikaa arvioitaessa. Melnyk & Christensen (Melnik & Christensen 2016, s. 16) jakavat käsitteen kahteen ryhmään:

1. Operaatioaika; viittaa tuotteen varsinaiseen valmistukseen kuluvaan aikaan. Operaatioajan keskeinen yhteinen nimittäjä on lisäarvon tuottaminen tuotteeseen tai palveluun. Käytetään myös termiä prosessiaika.
2. Tukitoiminnot; viittaa lisäarvoa tuottamattomiin toimintoihin kuluvaan aikaan. Esimerkiksi tuotannon valmisteluun tai tuotannonaikaiseen liikutteluun kuluva aika luetaan tähän ryhmään. Voidaan tulkita koko läpimenoajan ja varsinaisen prosessiajan erotuksena.

Läpimenoaikojen huolellinen tarkastelu ja analysointi on erittäin tärkeää sekä tuotannon suunnittelun että toteutuksen kannalta. Tuotteen läpimenoaika vaikuttaa niin materiaalitarpeen suunnitteluun, varastoinnin tarpeeseen kuin tilausten priorisointiinkin; karkeana esimerkkinä voidaan esittää, että tuotteen lyhyt läpimenoaika tekee tuotannosuunnittelusta joustavampaa, vähentää varmuusvarastojen tarvetta ja parantaa yrityksen kykyä reagoida asiakkaiden äkillisiin tarpeisiin. Läpimenoajat ovat myös tärkeä KPI-mittari mille tahansa yritysorganisaatiolle; mikäli suunniteltujen ja toteutuneiden läpimenoaikojen välillä ilmenee suurta poikkeavuutta, on hyvä syy tutkia tarkemmin suorituskyvyn heikentymistä. Pitkän aikajänteen seuranta ja huolellinen segmentointi tuotannon eri vaiheiden välillä voi myös paljastaa pullonkauloja, joita ei pelkkää tuotantovaihetta tarkastelemalla muutoin huomattaisi. Läpimenoajan tutkiminen ja jaottelu operaatioajan ja tukitoimintojen välille helpottaa tuotantoprosessin suhteellisen tehokkuuden analysointia; esimerkiksi tukitoimintoihin kuluvan ajan prosentuaalinen osuus koko läpimenoajasta kuvaa kuinka paljon koko tuotantoprosessista kuluu arvoa tuottamattomiin toimintoihin, kuten tuotteen siirtelyyn, valmisteluun ja jonottamiseen. (Womack & Jones, 2013)

Tuotteen läpimenoaika on kriittinen komponentti koko toimitusketjun kannalta sen vuoksi, että siihen kulminoituu koko ketjun tehokkuus. Läpimenoaika osoittaa siten hyvin konkreettisesti, miten yrityksen ja sen yhteistyökumppaneiden välinen yhteistyö synkronoituu yhteen ja mikä on varsinaisen toteuttavan portaan kyky realisoida tuotteen valmistamiseksi tehdyt suunnitelmat. Huolellisella analysoinnilla on mahdollista löytää tuotantoprosessia rasittavat heikkoudet, jotka ovat luonnollisesti ensisijaisia kehityskohteita. (Santos, J., Wysk, R. & Torres, J. 2015, s. 24) Santos ym. mukaan kehityksen lähtökohta on heikkouden tunnistaminen

ja tarkka määrittely, minkä perusteella voidaan perustellusti tehdä toimenpiteitä tuotantoketjun parantamiseksi.

Pragmaattisemmasta näkökulmasta läpimenoaikaa voidaan arvioida sen suhteen, miten se näyttäytyy asiakkaalle. Plossl (Plossl 1985, s. 310-311) huomauttaa, että asiakkaan näkökulmasta läpimenoaika alkaa tilauksenantohetkestä; toisaalta tuotannossa läpimenoaika käsitetään alkavaksi hetkestä, jolloin työmääräys vastaanotetaan. Kokonaisvaltaisempi tarkastelu läpimenoajan käsitteeseen paljastaa, mitkä toimitusketjun vaiheet vievät suhteellisesti eniten aikaa. Tämän vuoksi läpimenoajan pienentäminen jo valmiiksi tehokkaasta toimitusketjun vaiheesta ei välttämättä tuota haluttuja tavoitteita, mikäli jokin toinen vaihe suoriutuu merkittävästi huonommin. Yritysorganisaation on siten syytä perehtyä koko toimitusketjun läpimenoaikaan aina tilauksenantohetkestä lopputuotteen kuljetukseen asti. Tavanomaisia kehityskohteita ovat tilauksen käsittelyyn kuluva aika sekä tuotannonaikaisen odottamisen vähentäminen.

2.7 Läpimenoajan arviointi

Vollmann ym. (Vollmann ym. 1988, s.164) mukaan tuotteen täydellisestä läpimenoajasta tavanomaisesti jopa 80% kuluu tuotteen odottaessa seuraavaa työstövaihetta. Kirjoittajat jakavat läpimenoajan käsitteen neljään vaiheeseen:

- Työstöaika (run time)
- Asetusaika (setup time)
- Siirtoaika (move time)
- Jonotusaika (queue time)

Kuten edellisessä kappaleessa todettiin, läpimenoajan rakenteen tunteminen on oleellista rasitteiden ja heikkouksien korjaamiseksi, mutta näiden ongelmakohtien yksiselitteinen tunnistaminen voi silti olla haastavaa. Suri (Suri 1998, s. 458-459) kirjoittaa läpimenoajan käsitteen määrittelyn tärkeydestä; organisaation kesken tulee olla yksimielisyys siitä, mitä termillä tarkoitetaan, jotta jatkossa kerättävä data ja sen pohjalta tehtävät johtopäätökset olisivat merkityksellisiä. Toisin sanoen, käytännön tasolla on tiedettävä tiettyä prosessiin kuluva ajankäyttö alkaa ja loppuu.

Läpimenoajan arviointi pelkkiä numeraalisia arvoja tulkitsemalla ei välttämättä ole kovin merkityksellistä vaan sen sijaan tulisi arvioida indikaattoreita, jotka oleellisesti liittyvät läpimenoaikaan kokonaisuutena tai sen osaan. Plossl (Plossl 1985, s. 218-219) kirjoittaa miten tuotannossa seuraavaan työvaiheeseen pääsyä odottavat puolivalmisteet kielivät huonosta suunnittelu- ja ostotoimesta sekä puutteellisesta päivittäisohjauksesta. Melan (Melan 1993, s.112-113) puolestaan kirjoittaa yleisemmällä tasolla prosessien suoriutumisesta kielivistä indikaattoreista ja mainitsee edellisen lisäksi muun muassa vaihtelevan laadun ja ongelmanratkaisun pitkän vasteajan. Näitä indikaattoreita seuraamalla saadaan suoraa tietoa yksittäisten osaprosessien tehokkuudesta, mikä luonnollisesti kulkee käsi kädessä läpimenoajan kanssa. Konkreettisia syitä, jotka tehoittomia osaprosesseja rasittavat, voivat olla esimerkiksi komponenttien laatu ja materiaalivirta, tuotteen rakenne, osaprosessien määrä ja moninaisuus, työkalujen ja -koneiden määrä ja laatu, työntekijöiden taitotaso ja asenne sekä johtamiskulttuuri. (Melan 1993, s. 119-120)

2.8 Palaute ja LEAN-ajattelu

Konkreettinen osa tuotannon päivittäisjohtamista on palautteenanto, havaintojen tekeminen ja niistä raportointi. Ei riitä, että esimerkiksi läpimenoaikoja seurantaan aktiivisesti vaan tuotannon suorituskyvystä ja sen eri indikaattoreista on tuotettava informaatiota niin alemman kuin korkean portaan vastuuhenkilöille. Ajantasaisen tiedon tuottaminen edellyttää aktiivisuutta ketjun kaikilta osapuolilta aina yksittäisen työntekijän tasolla. Operatiivisella tasolla tehdyt havainnot ketjussa ilmenevistä puutteista tulee välittömästi raportoida eteenpäin mahdollisimman selkeästi ja ehdottaa niihin soveltuvaa korjaustoimenpidettä. Vastaavasti johtoasemassa olevan henkilön vastuulla on valtuuksiensa rajoissa pyrkiä korjaamaan havaitut ongelmat tai tarpeen vaatiessa raportoida asiasta eteenpäin. (Plossl 1985, s. 320-321)

Ketjussa havaitut puutteet eivät välttämättä ole pelkästään viallisia työkaluja tai rikkiäisiä työkoneita vaan ne voivat olla toimivia ja vakiintuneita prosesseja, jotka ovat tarpeettoman monimutkaisia ja aikaa vieviä. LEAN-ajattelu on tässä suhteessa kytköksissä tuotannon läpimenoaikojen arviointiin ja kehittämiseen; termillä viitataan prosessien virtaviivaistamiseen ja tarpeettoman hukan karsimiseen tehokkuuden kasvattamiseksi. Womack & Jones (Womack & Jones 1998, s. 19-20) kirjoittavat arvoketjusta, jolla tarkoitetaan tuotteen tai palvelun tietä

aina suunnitteluvaiheesta myynnin ja markkinoinnin kautta valmistukseen asti. Kirjoittajien mukaan arvoketjut koostuvat vaiheista, joiden eri tyyppisiä on kolme: (1) arvoa lisäävät vaiheet, (2) väistämättömät mutta arvoa lisäämättömät vaiheet sekä (3) arvoa lisäämättömät vaiheet. Jälkimmäisenä mainittu on luonnollisesti silkkää hukkaa, joka ei ainoastaan syö yrityksen rajallisia resursseja, mutta myös pidentää tuotteen tai palvelun läpimenoaika. Tästä perspektiivistä tarkasteltuna koko ketjun vaiheita tulisi arvioida arvonlisäyksen kannalta ja pyrkiä karsimaan työvaiheet ja prosessit, jotka eivät lisää lopputuotteen arvoa.

Trent (Trent 2008, s. 80-82) puolestaan kirjoittaa tavoista, joilla LEAN-ajattelua hyödyntäen voidaan karsia hukka-aikaa etenkin teollisuuden piirissä. Suurimman huomion saa tuotannon valmistelu- ja asetusaika, joka väistämätön seuraus tuotantolinjalla tehtävistä säädöistä ja kalibroinneista tuotteesta toiseen siirryttäessä. Kirjoittajan mukaan tuotannossa tulisi kiinnittää huomiota siihen, että uuden työn aloittaminen olisi mahdollisimman sujuvaa ja kitkatonta. Riippuu luonnollisesti tuotannonalasta ja valmistettavista tuotteista miten työllistäviä mainitut operaatiot ovat, mutta periaate pysyy samana. Toisena huomiona hän mainitsee uusien ja tarkoitukseen sopivien työkalujen ja -koneiden käytön. Tavoitteena on lyhentää yksittäisiin osatoimintoihin kuluva aikaa mahdollisimman lyhyeksi koko ketjun joustavuuden kasvattamiseksi. Laiteinvestoinnit tulevat kysymykseen etenkin, jos ne leikkaavat kyseiseen operaatioon kuluva aikaa merkittävästi. Sekä Trent että Womack & Jones käyttävät termiä virta (flow) puhuessaan tuotteen toimitusketjusta. Termi kuvaa tuotteen liikettä ketjun läpi, ”virraten” vaiheesta toiseen mahdollisimman suoraviivaisesti, mikä luonnollisesti kulkee käsi kädessä tuotannon joustavuuden ja lyhyempien läpimenoaikojen kanssa.

3 TOIMEKSIANTAJAN TUOTANTO

Tämän luvun tarkoituksena on käsitellä toimeksiantajaa yleisellä tasolla sekä kuvata sen keskeiset toiminnot ja prosessirakenteet. Luvun aikana pyritään havaitsemaan keskeisiä toimintoja koskevat lainalaisuudet ja löytämään yksinkertaisia analogioita edellisessä luvussa käsiteltyyn teoriapohjaan.

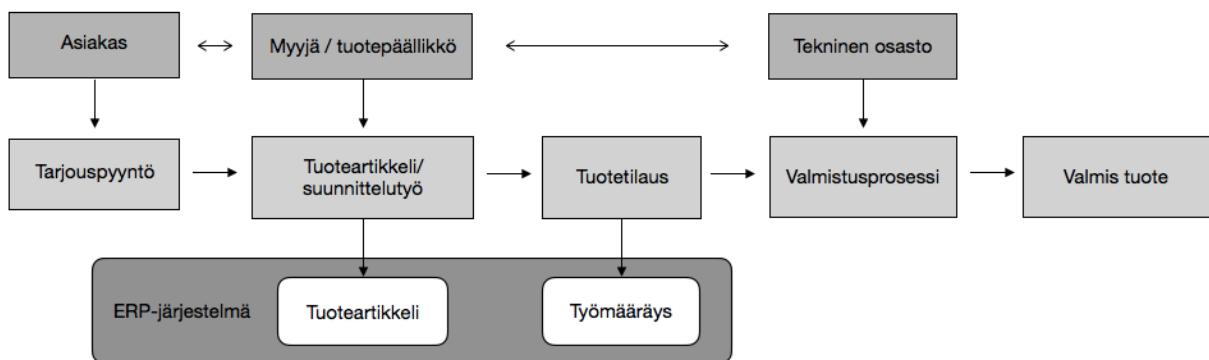
3.1 Kuvaus osaston toiminnasta

Kuten johdantokappaleessa tuotiin ilmi, toimeksiantaja on suoraan hallinnonalainen osatoimija yrityksen organisaatorakenteessa. Se ei kuulu suoranaisesti minkään muun osaston alaisuuteen, eikä sen tuotantoresursseja ole pysyvästi sidottu esimerkiksi minkään tuotealueen käyttöön. Toimintaa voisi kuvailla in-house –lisäarvopalveluksi; yrityksen eri osastot myyvät palvelun itsenäisesti omille asiakkailleen, minkä jälkeen palvelu hankitaan ja laskutetaan talon sisäisesti. Teknisen osaston toimeksiannot ovat pääsääntöisesti yksinkertaisia kokoonpano- ja johdotustöitä, jotka asiakas haluaa ulkoistaa suoraan tavarantoimittajalleen. Ulkoistamisen tuoma lisäarvo konkretisoituu seuraavasti:

1. Asiakkaan oma ostotoimi helpottuu; valmis kokoonpantu tuote saattaa koostua kymmenistä komponenteista, joten asiakkaan on merkittävästi helpompi hankkia yksi tuote kokonaisen BOM-listan sijaan.
2. Suunnittelutyö vähenee; tuote suunnitellaan asiakkaan vaatimusten mukaan, asiakas saa valmiin tuotteen oikeista osakomponenteista koottuna ja tuotteen revisiointi on helppoa.
3. Asennustyö nopeutuu; asiakkaan kannattaa keskittyä omaan erityisosaamiseensa ja ulkoistaa määrättyjen kokonaisuuksien valmistaminen esimerkiksi tilanteessa, jossa tuotteen valmistaminen edellyttää erikoistyökaluja tai piensarjatyö on merkittävästi tehokkaampaa.

Räätälöidyt asiakastilaukset suunnitellaan yhteistyössä myyjän, tuotepäällikön sekä asiakkaan kanssa, minkä jälkeen ne avataan omina tuoteartikkeleinaan yrityksen ERP-järjestelmään. Tuoteartikkeliin liitetään BOM-listaus, jonka perusteella järjestelmä ilmoittaa työmääräykseen

vaadittavien komponenttien lukumäärän hyllypaikkoineen. Artikkelit lisätään teknisen osaston omaan tuotantoportfolioon, eli niistä tehdään tarvittavat työohjeet laatuvaatimuksineen tuotantohenkilöstön käyttöön. Työmääräykset toteutetaan aina asiakkaan tilauksesta ja tavanomaisesti piensarjatyönä. Kuva 6 esittää räätälöidyn tuoteartikkelin suunnitteluvalmistusprosessin tyypilliset työvaiheet. Huomioitavaa on, että koko prosessi ei etene aina samalla tavoin vaan tilannekohtaisia poikkeavuuksia esiintyy melko paljon; esimerkiksi suunnittelutyö voidaan toteuttaa yhteistyössä kaikkien osapuolten kanssa hyödyntäen henkilöstön teknistä osaamista tai asiakas vastaa itse koko suunnittelutoimesta.



Kuva 5. Räätälöidyn tuoteartikkelin tuotantoprosessi

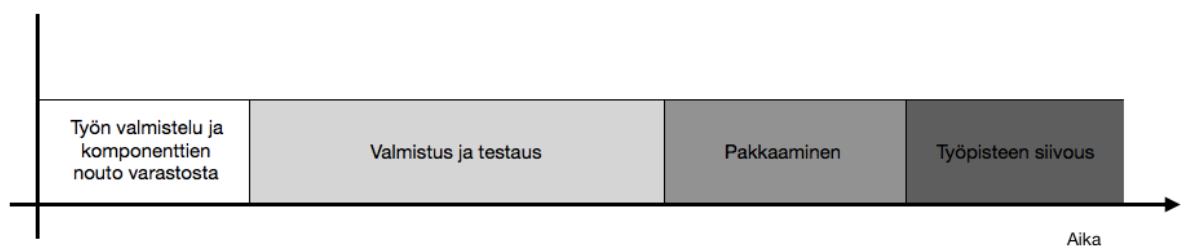
Osasto työllistää kuusi henkeä; vuosittain erilaisia työmääräyksiä valmistetaan noin 2500 kappaletta, jotka yhteensä käsittävät noin 100 000 yksittäistä tuotetta. Vuotuinen liikevaihto on arvoltaan noin kaksi miljoonaa euroa. Osaston työtehtävät tulevat sekä pitkä- että lyhytaikaisilta asiakkailta; joitakin artikkeleita tehdään ainoastaan yksittäisiä kappaleita siinä missä vanhimmat artikkelit ovat olleet säännöllisessä tuotannossa lähes 10 vuotta. Tuotantoportfolio käsittää satoja tuotteita, joista aktiivisessa ja säännöllisessä tuotannossa on suurpiirteisesti arvioiden 50–100 tuotetta. Tavanomaisesti työmääräysten vaatima työpanos on yhdestä viiteen tuntia; vain harvat tuotteet edellyttävät yli yhden työpäivän mittaisen työpanoksen.

Osaston johtaja vastaa työtaakan jakamisesta ja työmääräysten priorisoinnista; aikataulutus tehdään pääsääntöisesti kahden viikon jaksoissa ja yhden työpäivän tarkkuudella. Töitä ei jaeta tarkalleen tietylle työntekijälle vaan työt toteutetaan tilanteen mukaan siten, että työ saadaan suunniteltuun päivämäärään mennessä valmiiksi lähettämistä varten. Työnjohtaja jakaa päivittäin työt työntekijöille ja varmistuu aikataulun pitävyydestä. Osaston toiminta on hyvin joustavaa ja mukautuu nopeasti tilanteen mukaan. Yleisesti ottaen työntekijä tekee

työmääräyksen itse alusta loppuun, mutta tarvittaessa valmistukseen voi osallistua useampi työntekijä, jos työn kiireellisyys sitä vaatii. Lisäksi työntekijöiden vaihteleva osaamistaso vaikuttaa tuotantoon muun muassa siten, että tietyn artikkelin valmistukseen perehtynyt työntekijä tekee kyseiset työmääräykset aina itse tai kouluttaa muita työntekijöitä sen valmistamiseen.

3.2 Prosessikuvaus

Kokoonpanoprosessi on osaston toiminnan luonteen vuoksi melko joustava, eikä kaavamaisia toimintamalleja juuri ole. Tehtävät työt eivät edellytä liukuhinnamaista massatuotantoa vaan toteutus riippuu etenkin työntekijästä, joka itse päättää työskentelymetodinsa työtä koskevien vaatimusten puitteissa. Työntekijä saattaa tehdä päivän aikana useita eri töitä ja joutuu siten aloittamaan saman alla kuvatun prosessin käytännössä aina alusta. Varsinainen kokoonpanoprosessi pysyy työstä riippumatta lähestulkoon samankaltaisena, mutta eri vaiheiden kesto vaihtelee paljon työstä riippuen. Kuvassa 7 on esitetty visuaalisesti prosessin eri vaiheet, jossa palkkien pituus indikoi työvaiheen tavanomaista kestoa.



Kuva 6. Kokoonpanoprosessi keskeiset vaiheet

Kuten kuvasta käy ilmi, prosessi muodostuu neljästä päävaiheesta:

1. Työn valmistelu ja komponenttien nouto varastosta
2. Tuotteen valmistus ja testaus
3. Tuotteiden pakkaaminen
4. Työpisteen siivous

Työ alkaa aina työmääräyksen noutamisesta sekä työpisteen valmistelusta työn suorittamista varten. Artikkelista riippuen tilantarve ja vaadittujen työkalujen määrä voi vaihdella hyvinkin

paljon; nopeimmillaan tarvittavat alkuvalmistelut ovat tehtävissä muutamassa minuutissa, toinen tuote saattaa vaatia moninkertaisen ajan. Tämän jälkeen työntekijä noutaa itselleen tarvikelistan mukaiset komponentit varastosta, mihin voi vastaavasti kulua artikkelista riippuen aikaa muutamasta minuutista jopa tuntiin. Vaikka teknisen osaston tilat sijaitsevat aivan varastotilan vieressä, komponenttien keräily voi viedä merkittävän osan koko valmistusprosessin kestosta, sillä keräily tapahtuu manuaalisesti ja komponenttien sijainti ei tyypillisesti ole tuotantotyön kannalta optimaalinen.

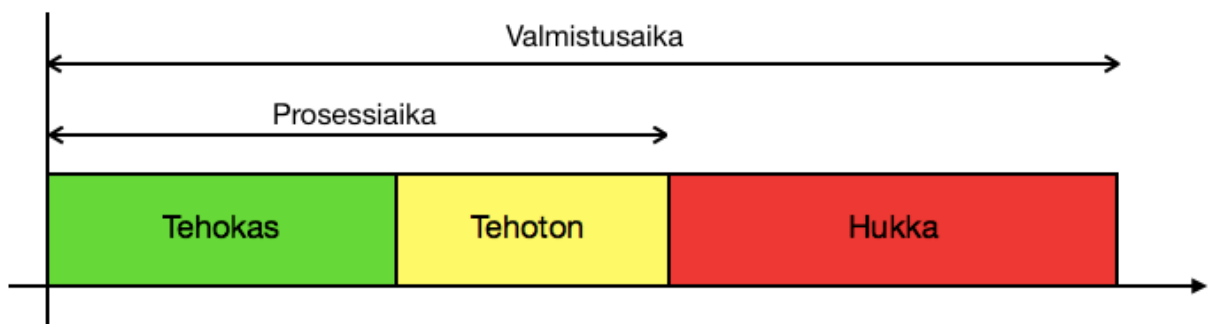
Komponentit kerättyään työntekijä valmistaa vaaditun määrän kyseistä tuotetta sitä koskevien työohjeiden mukaisesti. Valmistusprosessin ajallinen kesto riippuu luonnollisesti valmistettavan erän koosta, tuotteesta ja räätälöinnin tarpeesta, mutta myös työntekijän taitotasosta sekä inhimillisistä osatekijöistä. Tavanomaisesti yksittäisen työmääräyksen valmistukseen kuluu yhdestä viiteen tuntia, mutta isommat ja työlämmät työt voivat vaatia jopa 20–30 tunnin työpanoksen. Suurin osa töistä valmistetaan yksin, mutta tarpeen ja kiireellisyyden mukaan useampi työntekijä voi osallistua työn valmistukseen. Tyypillisesti työmääräykset tulevat tuotantoon kahden viikon sisällä tilauksen rekisteröintihetkestä, mutta kiireellisiin tapauksiin kyetään reagoimaan käytännössä välittömästi – tapauksesta riippuen kiireelliset tapaukset voidaan ottaa tuotantoon osastojohdon määräyksellä, mikäli työhön vaadittavat komponentit ovat saatavilla. Poikkeustapausten kiireellisyys pakottaa siirtämään pienemmän prioriteetin tilaukset myöhempään ajankohtaan; kiireellisyys ja tuotantojärjestys määräytyy osastojohdon päätöksen myötä. Tuotantosunnitelma elää jatkuvasti, eli toimeksiantajan tapauksessa voidaan puhua pelkästään tuotannon hienokuormituksesta, minkä vuoksi yli kahden viikon aikajänteellä tehdyt suunnitelmat tuotannon toteutuksesta käyvät harvoin toteen.

Työntekijä pakkaa valmistamansa tuotteet ja huolehtii työpisteensä siisteydestä ennen seuraavan työn aloittamista. Artikkelista riippuen tuotteiden pakkaaminen saattaa kestää parista minuutista jopa tuntiin, joten kyse ei ole täysin vähäpätöisestä työvaiheesta. Pakkaamisen merkitys myös korostuu sellaisten tuotteiden kohdalla, jotka pitää suojata erityisen hyvin naarmuuntumiselta tai kolhimiselta. Työpisteen siivoaminen käsittää työkalujen palauttamisen paikoilleen sekä yhteisessä käytössä olevien laitteiden huoltamisen seuraavaa käyttäjää varten. Siisteyden ylläpidolla on luonnollisesti pragmaattinen merkitys, mutta myös imagollinen sillä osastolla käy säännöllisesti vierailijoita asiakas- ja toimittajayrityksistä. Vaikka siisteyden

ylläpito ei muodostaisi suurta osaa koko valmistusprosessista, se kuitenkin sitoo työvoimaresursseja kyseiseen työmääräykseen liittyen ja on siten otettava huomioon.

3.3 Arvio osaston toiminnasta ja keskeisistä suorituskyvyistä

Edellisessä luvussa kuvattu nelivaiheinen malli ei vastaa täydellisesti toteutunutta ajankäyttöä; todellisuudessa työntekijä käyttää aikaansa sekä tahattomasti että tahallisesti erinäisiin työntekoa hidastaviin asioihin, kuten työkalujen etsimiseen, virheiden korjaamiseen, ajantasaisten ohjeiden etsintään, reklamaatioselvityksiin, myyjien kanssa tehtävään suunnitteluun ja puuttuvien tai viallisten komponenttien korvaamiseen uusilla. Lukuun 2.6 viitaten näitä ajankäytön muotoja ei voida katsoa osaksi varsinaisen tuotantoprosessin tukitoimintoja; nämä aktiviteetit ovat suoraa seurausta huonosta suunnittelu- ja valmistelutyöstä ja ne ensisijaisesti indikoivat koko prosessin tehottomuudesta. Toteutuva valmistusprosessi havainnollistetaan kuvassa 7.



Kuva 7. Valmistus- ja prosessiajan rakenne (sovellettu Santos ym. 2015, Fig. 1.11.)

Tuotteen valmistusprosessi on jaettu Santos ym. mukaan tarpeellisilta osin soveltaen kolmeen segmenttiin: tehokas työaika, tehoton työaika sekä hukka-aika. Toimeksiantajan tapauksessa useiden työmääräysten osalta tuotteen valmistamiseen kuluva ajasta vain murto-osa on tehokasta työaikaa, jonka aikana työ etenee häiriöttä. Tehottomaksi työajaksi katsotaan varsinaista tuotantoa rasittavat tekijät, jotka koituvat työntekijän ratkaistavaksi. Hukkaa indikoiva punainen palkki puolestaan koostuu tuotantoa edeltävien portaiden puutteellisesti toteuttamasta suunnittelusta ja valmistelusta, jotka joudutaan tilannekohtaisesti ratkaisemaan eri osapuolten välillä. Toimeksiantajan tapauksessa keltaisten ja punaisten palkkien pituus on valistuneen arvion mukaan merkittävä. Syitä tälle lienee lukemattomia, mutta keskeiset epäkohdat on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 1. Tehottomaan työaikaan ja hukka-aikaan johtavat tekijät

Tehoton työaika	Hukka-aika
<ul style="list-style-type: none"> • Standardoimattomat työskentelymetodit • Violliset työkalut tai tarkoitukseen sopimattomat välineet • Väärät tai virheelliset komponentit • Tilanpuute, työkalujen riittämättömyys 	<ul style="list-style-type: none"> • Asiakkaan vaatimusten huono tuntemus • Työohjeiden puutteellisuus tai puuttumattomuus • Kommunikaation puute myyntihenkilöstön ja teknisen osaston välillä • Tuoteartikkelin liian suurpiirteinen suunnittelu

Tiedonkulun tehottomuus on edellä esitettyjen tekijöiden yhteinen nimittäjä. Ketjun toimintaa voisi kuvailla eräänlaiseksi rikkiäiseksi puhelimeksi: ketjun eri osapuolet saattavat kyetä kommunikoimaan keskenään, mutta tiedon siirtäminen eteenpäin seuraavalle portaalle on usein vaillinaista. Tiedon huono kulku kumuloituu ja lopulta koituu toteuttavan portaan ongelmaksi aina yksittäisen työntekijän tasolle. Tiedonkulkuun liittyvät heikkoudet konkretisoituvat juuri edellä mainittujen esimerkkien mukaisesti; asiakas saattaa tilata tuotteen tietyillä komponenteilla varustettuna, mutta myyntihenkilö ei välttämättä tiedä tiettyjen komponenttien yhteensopimattomuutta. Mikäli hän ei selvitä asiaa vaan kirjaa tilauksen ”sokkona”, ongelma ilmenee vasta varsinaisessa valmistusvaiheessa, mikä edellyttää välittömiä toimenpiteitä tilanteen korjaamiseksi.

Näiden tekijöiden lisäksi yksittäisen työntekijän taitotaso, hetkittäinen suorituskyky ja tuotekohtainen kokemus vaikuttaa suuresti työn tehokkuuteen. Osaston henkilöstöllä on periaatteessa valmius valmistaa mikä tahansa tuotantoportfolion tuote, mutta käytännössä töitä jaetaan subjektiivisen osaamisen mukaan tehokkuuden parantamiseksi. Myös laatuaspekti vaikuttaa työnjakoon; tietty työntekijä saattaa osata artikkelin valmistuksen ja tietää siihen liittyvät laatuvaatimukset sekä huomioonotettavat yksityiskohdat, joten tämän osaamisen hyödyntäminen on luontevaa ja suoranaisesti myyntihenkilöstön intressien mukaista.

Osastojohdon kannalta osaston toimintaa rasittavat heikkoudet konkretisoituvat juuri tuotannosuunnittelun hankaluutena; kun suorituskyvystä on käytössä ainoastaan subjektiiviseen arvioon perustuvat referenssitason, tuotantoa on erittäin hankala suunnitella

johdonmukaisesti, eikä realistisia tuotantoaikatauluja kyetä luomaan edes viikon tai kahden tarkkuudella. Ongelma johtaa tuotantoresurssien liian vähäiseen tai liialliseen kuormitukseen; mikäli tuotantoon otetaan liian vähän työmääräyksiä esimerkiksi viikon ajalle, suunnitellut työt valmistuvat edellä aikataulua ja osa työntekijöiden työpanoksesta jää käyttämättä. Toisaalta liian suuri työkuorma johtaa välittömästi tuotannon ruuhkautumiseen ja vaikuttaa negatiivisesti asiakaskokemukseen. Osastajohto joutuu siten päivätasolla tarkastelemaan työkuormaa, mikä vie heidän resurssejaan muusta toiminnasta.

4 HAVAINNOT JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn viimeisen pääluvun aikana käsitellään tutkimuksen aikana tehdyt havainnot ja koostetaan selkeä ja yksinkertainen yhteenveto tehdyistä huomioista.

4.1 Selvitystyön myötä tehdyt havainnot

Selvitystyön myötä tehtiin useita havaintoja teknisen osaston tuotantoa ja suorituskykyä koskien. Toimeksiantajan keskeinen huomio liittyy valmistusprosessin kokonaisrakenteeseen ja täydelliseen läpimenoaikaan; tutkimuksen myötä osastojohdolla on ymmärtänyt, miten paljon aikaa tuotteen valmistamisen ohella kuluu etenkin valmistelu- ja keräilyvaiheeseen sekä pakkaamiseen. Yksinkertaisella tutkimusjärjestelyllä kyettiin asettamaan tuotantoprosessin vaiheet selkeään viitekehukseen, jonka avulla on helpompi tarkastella koko osaston toimintaa johdonmukaisemmin sekä tunnistaa siihen liittyviä heikkouksia ja vahvuuksia. Osastojohdon mukaan jo työn alkuvaiheessa saatiin viitteitä vanhojen työaika-arvioiden ja toteutuvien valmistusaikojen välisistä poikkeavuuksista ja kyettiin ottamaan tämä huomioon tuotannonsuunnittelussa sekä päivittäisessä ohjauksessa.

Toinen tehty päähuomio liittyy yksittäiseen työntekijään ja hänen suorituskykyynsä. Osastojohdolla on aiemmin ollut pelkkä näppituntumaan perustuva arvio työntekijöiden välisistä osaamiseroista, mutta tehdyn seurannan myötä työntekijäkohtaiset osaamiserot osataan ottaa huomioon sekä päivittäisessä työnohjauksessa että pidemmän aikajänteen tuotannonsuunnittelussa. Osastojohdon kanssa pääteltiin, että piensarjatuotannon kannalta työntekijän vaikutus työn sujumuuteen on erittäin kriittinen, mikä tekee juuri tästä tuotantotyypistä poikkeuksellisen. Työntekijöiden osaamiseen on syytä panostaa, jotta osaamiseroja saadaan kavennettua ja tuotantotehokkuus olisi tasapainoisempaa.

Kolmantena päähavaintona mainitaan piensarjatuotantoa määrittävien muuttujien määrä ja skaala. Ennen selvitystyön teettämistä osastojohdon käsityksen mukaan tuotanto oli jo valmiiksi kohtuullisen suoraviivaista ja häiriötöntä. Työn etenemisen myötä onnistuttiin kerryttämään uusia näkökulmia tuotantoa koskevista muuttujista liittyen teknisen osaston omaan henkilöstöön, myyntihenkilöstöön, asiakkaisiin, alihankkijakumppaneihin ja logistisiin yhteyksiin. Näillä muuttujilla tarkoitetaan tuotantoon useimmiten negatiivisesti vaikuttavasti

tekijöistä, joita ei voi täydellisesti hallita ja kontrolloida. Esimerkkinä mainittakoon yksittäisen työntekijän päiväkohtainen suorituskyky, joka voi radikaalisti vaikuttaa valmistusprosessin sujuvuuteen. Yhtä lailla asianomaisen myyntihenkilön läsnä- tai poissaolo tietyllä hetkellä saattaa jossain tapauksessa vaikuttaa useiden tuntien tai jopa päivien edestä työtilauksen valmistumiseen.

4.2 Yhteenveto

Selvitystyön keskeiset havainnot koostetaan seuraaviin kolmeen kohtaan, jotka vastaavat työn alkuperäiseen tutkimuskysymykseen.

1. Teknisessä piensarjatuotannossa on syytä standardoida työskentelymenetelmät, toimintatavat ja tiedonkulkua koskevat formaatit mahdollisimman pitkälle, jotta kyetään vähentämään päällekkäistä työtä ja jakamaan osaamista työn optimoinniksi.
2. Tuotannonsuunnittelussa korostuu ammattitaito ja tuotannosta kerättyyn dataan perustuvat laskelmat; pelkkiin numeroihin luottaminen ei takaa riittävää tarkkuutta ja aikataulun pysyvyyttä. Päivittäisen työnohjauksen merkitys on tärkeä aikataulussa pysymisen varmistamiseksi.
3. Työntekijöiden osaamisen ja erityistaitojen merkitys työn tehokkuuteen on suuri; henkilökohtaisien heikkouksien ja vahvuuksien löytäminen on tärkeää, jotta työnohjauksessa voidaan hyödyntää vahvuuksia ja vastaavasti kehittää heikkouksia tilanteen niin salliessa.

LÄHTEET

Fogarty, D.W., Blackstone, J.H. & Hoffmann, T.R. (1991), *Production & Inventory Management*, 2nd ed., Roger L. Ross, Ohio, United States of America.

Greene, J. h. (1997), *Production & Inventory Control Handbook*, 3. painos, McGraw Hill.

Hugos, M. (2003), *Essentials of Supply Chain Management*, 1. painos, John Wiley & Sons, Canada.

Kempf, K.G., Keskinocak, P. & Uzsoy, R. (Eds.). (2011), *Planning Production and Inventories in the Extended Enterprise: A State of the Art Handbook. Volume 1*, Springer, New York.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. (1997), *Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät*, 1. painos, WSOY, Porvoo.

Melan, E.H. (1993), *Process Management: Methods for Improving Products and Service*, McGraw Hill, New York.

Melnyk, S.A. & Christensen, R.T.C. (2016), *Back to Basics: Your Guide to Manufacturing Excellence*, CRC Press.

Plossl, G.W. (1985), *Production and Inventory Control. Principles and Techniques*, 2. painos, Prentice-Hall, Inc., United States of America.

Santos, J., Wysk, R.A. and Torres, J.M. (2015), *Improving Production with Lean Thinking*, John Wiley & Sons.

Scott, C., Lundgren, H. & Thompson, P. (2011), *Guide to Supply Chain Management*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. Saatavilla: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-17676-0>.

Sipper, D. & Bulfin, R.L., JR. (1997), *Production: Planning, Control, and Integration*, McGraw Hill, Yhdysvallat.

- Stadtler, H. & Kilger, C. (Eds.). (2008), *Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software, and Case Studies*, 4. painos, Springer, Berlin.
- Suri, R. (1998), *Quick Response Manufacturing: A Companywide Approach to Reducing Lead Times*, CRC Press.
- Toomey, J. (1996), *MRP II: Planning for Manufacturing Excellence*, Springer Science & Business Media.
- Trent, R.J. (2008), *End-to-End Lean Management: A Guide to Complete Supply Chain Improvement*, 1. painos, J. Ross Publishing, United States of America.
- Vollmann, T.E., Berry, W.L. & Whybark, D.C. (1988), *Manufacturing Planning and Control Systems*, 2. painos, McGraw Hill Professional, Illinois.
- Womack, J.P. & Jones, D.T. (1998), *Lean Thinking: Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation*, Touchstone, Glasgow, Great Britain.