

Tuotannonohjausprosessin kehittäminen raidekaluston kunnossapidossa

Tatu Väänänen

Opinnäytetyö

Toukokuu 2021

Tekniikka ja liikenne

Insinööri (YAMK), Teknologiaosaamisen johtamisen tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Väänänen, Tatu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, ylempi AMK	Päivämäärä Toukokuu 2021
	Sivumäärä 109	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Tuotannonohjausprosessin kehittäminen raidekaluston kunnossapidossa		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (ylempi AMK), Teknologiaosaamisen johtamisen tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Jaakko Oksanen		
Toimeksiantaja(t) VR FleetCare Oy, Ilkka Männistö, Seppo Saarinen		
Tiivistelmä Organisaatiomuutokset, uusi tuotanto ja liiketoiminnan kasvutavoitteet olivat lisänneet vaatimuksia tuotannonsuunnittelulle ja -ohjaukselle. Suunnittelun rooli oli aiemmin ollut opastava ohjaavan sijaan. Suunnittelussa ei oltu hyödynnetty kaikilta osin ERP-järjestelmän ominaisuuksia eikä ohjaukseen liittyviä tietoja oltu pidetty ajan tasalla. Tilannekuvan muodostaminen ja sen pohjalta päätettävät toimenpiteet oli haasteellisia toteuttaa. Kehittämistutkimustyyppisen opinnäytetyön tavoitteena oli löytää ratkaisu lyhyen aikavälin tuotannon ohjauksen kokonaisprosessin hallintaan hyödyntäen käytettävissä olevia tietojärjestelmiä. Prosessiin sisältyi tilannekuvan muodostaminen, suunnitelman muodostaminen, viestintä tuotantoon sekä toteuman seuranta. Opinnäytetyön tutkimusmenetelminä käytettiin puolistrukturoituja haastatteluja, benchmarkkausta, tiedonkeruuta sekä kyselyä. Nykytilanteen ja benchmarkkauksen kokemusten pohjalta kehitettiin tahtotilan mukainen prosessikuvaus, jonka vaiheiden kohteita tutkittiin ja kehitettiin. Käytössä olleen ERP-järjestelmän toimintaperiaatteiden selvittyä kehitettiin Työjonoon perustuva tuotannon ohjauksen konsepti. Työjonon käyttöä pilotoitiin yhdellä kohdeyrityksen osastolla. Opinnäytetyön tuloksena syntyi konsepti Työjonon käyttöönottoa varten. Toimintamallikuvaukset ja ohjeet työkaluineen auttavat ERP-järjestelmässä olevan suunnitteluun liittyvän tiedon ylläpitoon ja korjaukseen, hienosuunnittelun toteuttamiseen ja tuotannon ohjaukseen. ERP-järjestelmän oikeanlainen hyödyntäminen mahdollisti helppolukuisen seurannan kehittämisen.		
Avainsanat (asiasanat) tuotannonohjaus, ERP-järjestelmät, toimintamallit, kunnossapito		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet) Liitteet 6, 8, 10 ja 12 ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassapitoaika on viisi (5) vuotta. Salassapito päättyy 31.5.2026.		

Author(s) Väänänen, Tatu	Type of publication Master's thesis	Date May 2021
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 109	Permission for web publication: x
Title of publication Development of the production control process in rolling stock maintenance		
Degree programme Master's Degree Programme in Technological Competence Management		
Supervisor(s) Oksanen, Jaakko		
Assigned by VR FleetCare, Ilkka Männistö, Seppo Saarinen		
Abstract Organizational changes, new production, and business growth targets had increased demands on production planning and management. The role of planning had previously been guiding rather than directive. Planning did not fully utilize the features of the ERP system and the control-related information had not been kept up to date. It was challenging to create snapshot of production situation and decide what should be done. The aim of the development research-type thesis was to find a solution for the management of the overall process of operations scheduling control, utilizing the available information systems. The process included creating a snapshot of production, creating short term plan, communicating to production and monitoring the actual situation. The research methods of the thesis were semi-structured interviews, benchmarking, data collection and a questionnaire. Based on the experience of the current situation and benchmarking, a process description according to the state of mind was developed, the stages of which were researched and developed. After clarifying the operating principles of the ERP system in use, a production control concept based on the Work Queue was developed. The use of the Work Queue was piloted in one department of the target company. As a result of the thesis, a concept was created for the implementation of the Work Queue. The operating model descriptions and instructions with their tools help to maintain and correct the planning-related information in the ERP system, to implement the operations scheduling and to control the production. Proper utilization of the ERP system made it possible to develop easy-to-read monitoring.		
Keywords/tags (subjects) production control, ERP systems, operations models, maintenance		
Miscellaneous (Confidential information) Annexes 6, 8, 10 and 12 are confidential and have been removed from public work. The basis for secrecy is section 24 paragraph 17 of the Publicity Act 621/1999, business of professional secrecy of the company. The confidentiality period is five (5) years. The secrecy expires on May 31, 2026.		

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Työn taustaa	4
1.2	Tavoitteet ja rajaukset	5
1.3	Tutkimusmenetelmät.....	6
1.4	Tutkimuskohde VR FleetCare, Pieksämäen komponenttituotanto.....	9
2	Tuotannonohjauksen tehtävät ja tavoitteet.....	11
2.1	Tuotannon merkitys yrityksen liiketoiminnalle.....	11
2.2	Tuotannonohjauksen tavoitteet.....	14
2.3	Tuotannonohjausprosessi	17
2.3.1	Kokonaissuunnittelu	19
2.3.2	Karkeasuunnittelu	21
2.3.3	Hienosuunnittelu.....	23
2.3.4	Valmistuksen ohjaus.....	25
2.4	Tuotannon ohjattavuus.....	27
3	Tuotannonohjausmenetelmät ja -filosofiat	32
3.1	Ajoitus	32
3.2	Työntö- ja imuohjaus	34
3.3	Pullonkaulaohjaus.....	36
3.4	MRP- ja MRP II-tuotannonohjaus	39
3.5	Lean-filosofia	42
4	Tuotannonohjausjärjestelmät	45
4.1	ISA-95 standardi.....	45
4.2	Tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen järjestelmät	47
4.2.1	ERP – Toiminnanohjausjärjestelmä	47
4.2.2	APS – Tuotannonsuunnittelujärjestelmä	48
4.2.3	MES – Tuotannonohjausjärjestelmä	49
5	Kunnossapito	50
5.1	Kunnossapito palveluna	50
5.2	Kunnossapitolajit	53
5.3	Kunnossapidon suunnittelu.....	54
6	Kehittämistutkimuksen toteutus	55
6.1	Tutkimusaineiston hankinta ja analysointi.....	55
6.1.1	Nykytilanneselvitykset	55
6.1.2	Nykytilanteen mittarit	58
6.1.3	Benchmarking.....	59
6.1.4	Nykytilanneselvityksen tulokset ja kehityskohteiden arviointi.....	60
6.2	Suunnittelun perustietojen korjaus ja ylläpito	62
6.3	Suunnitteluprosessin kehittäminen – hienosuunnittelu	64
6.4	Tuotannon ohjauksen kehittäminen.....	70
6.5	Tuotannon seurannan kehittäminen	72
6.6	Pilotointi ja käyttöönottosuunnitelma.....	75

7	Pohdinta ja kehitysehdotukset	79
7.1	Kehitettyjen mallien käyttökelpoisuus	79
7.2	Tavoitteiden saavuttaminen	81
7.3	Jatkokehitysehdotukset	82
7.4	Tutkimusmenetelmien käytön onnistuminen	83
	Lähteet	85
	Liitteet	89
	Liite 1. Nykytilanneselvityksen haastattelurunko – Tuotannon johto	89
	Liite 2. Nykytilanneselvityksen haastattelurunko – Suunnittelu	90
	Liite 3. Nykytilanneselvityksen haastattelurunko – Tuotantojen työpajat	91
	Liite 4. Tuotannonohjausprosessi yleisellä tasolla.....	93
	Liite 5. Suunnitteluprosessin toimenpiteiden arviointi.....	94
	Liite 6. Nykytilanneselvityksen tulokset (salassa pidettävä)	95
	Liite 7. Benchmarkkauksen tulokset	96
	Liite 8. Kehityskohteet listaus (salassa pidettävä)	97
	Liite 9. Työjonon ERD-malli (entiteettien suhteita kuvaava malli)	101
	Liite 10. Suunnitteludatan korjaus- ja ylläpito-ohjeistus (salassa pidettävä)	102
	Liite 11. Suunnittelutyökalun suunnittelunäkymä (arvot muutettu)	104
	Liite 12. Tuotantotilanteen seurantojen tehtävät (salassa pidettävä).....	105
	Liite 13. Muutoksen toimenpidelistat – Koneistamo pilotointi	106
	Liite 14. Pilotoinnin loppukysely	107

Kuviot

Kuvio 1. Kehittämistutkimuksen rakenne	8
Kuvio 2. VR Gropuin liiketoiminnot	10
Kuvio 3. Yrityksen talousprosessi	12
Kuvio 4. Valmistavan yrityksen päätoiminnot.....	13
Kuvio 5. Tuotannonohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuus.....	16
Kuvio 6. Tuotannonohjausprosessin vaiheet	18
Kuvio 7. Suunnittelu eri aikajänteillä	19
Kuvio 8. Kokonaissuunnittelu.....	19
Kuvio 9. Aikajaksot.....	21
Kuvio 10. Kuormituspiirros.....	23
Kuvio 11. Ganttin taulu	25
Kuvio 12. Tuotantomuodot	27
Kuvio 13. Tuotantomuodot toistuvuuden ja volyymin mukaan	29
Kuvio 14. Asiakastilauksen kohdentamispistevaihtoehtoja.....	31
Kuvio 15. Taakse- ja eteenpäin ajoitus	33
Kuvio 16. Rajoittamattoman ja rajoitetun kapasiteetin erot.....	34
Kuvio 17. Työntö- ja imuohjaus	35
Kuvio 18. Pullonkaulat lentoasemalla.....	36
Kuvio 19. Pullonkaulaohjauksen periaate.....	38
Kuvio 20. MRP ohjelmiston periaate	39
Kuvio 21. MRP II prosessi	42

Kuvio 22. ISA-95 standardin tasot ja suunnittelun toiminnot.....	46
Kuvio 23. APS-järjestelmä	49
Kuvio 24. Avoin ja suljettu tuotannonsuunnittelun silmukka	50
Kuvio 25. Kunnossapidon kokonaiskustannukset	52
Kuvio 26. Kunnossapitolajit PSK 6201:2011 mukaan	54
Kuvio 27. Kehityskohteiden ryhmittelyä.....	58
Kuvio 28. Toiminnan ohjauksen kehittäminen.....	61
Kuvio 29. Suunnitteluprosessi	66
Kuvio 30. Kuormitusgraafi.....	68
Kuvio 31. Työjono	68
Kuvio 32. Graafinen hienokuormitus.....	69
Kuvio 33. Yhtenäinen ohjaus työjonolla	71
Kuvio 34. Päivittäisjohtamisen kehitys	73
Kuvio 35. Esimerkki osastokohtaisesta tilannenäkymästä	74

Taulukot

Taulukko 1. Aineistonkeruu.....	8
Taulukko 2. Tuotantojärjestelmän vaikutus eri toimintoihin	30
Taulukko 3. Operatiivisten mittareiden yhteys taloudellisiin mittareihin.....	37
Taulukko 4. ERP-järjestelmän toimintoja.....	47
Taulukko 5. Nykytilanneselvityksen kommentit pääprosessivaiheiden, havaintotyyppin ja vakavuuden mukaisesti.....	57
Taulukko 6. KPI-mittareiden kuvaukset	59
Taulukko 7. Datan korjauksen KPI-mittareiden tulokset.....	64
Taulukko 8. Suunnittelutyökalun kuormitusnäkyminen.....	67
Taulukko 9. Pilotoinnin loppukyselyn tulokset	78
Taulukko 10. Työjonon käyttöönoton resursointi	79

1 Johdanto

1.1 Työn taustaa

Sujuva tiedonkulku erityisesti suunnittelun ja asentajatasen välillä on välttämätöntä nykypäivän dynaamisessa valmistavassa teollisuudessa. Oikean tiedon valossa voidaan tehdä yrityksen tavoitteiden kannalta oikeita päätöksiä. FIMECC:n MANU-ohjelman LeanMES-hankkeen tutkimuksesta käy kuitenkin ilmi, että valmistavassa teollisuudessa toimivat yritykset kamppailevat käytössään olevien johtamisjärjestelmien sekä niihin liittyvien tietojärjestelmien kanssa. Tampereen Teknillisen Korkeakoulun, Aalto-Yliopiston sekä VTT:n yhteiseen tutkimukseen vastasi 25 suomalaista yritystä vuosien 2013 – 2014 aikana. Tutkimuksesta ilmenee, etteivät käytettävissä olevat tietojärjestelmät tue laajalti suunnittelua ja tuotannon ohjausta. 84 % tutkimukseen vastanneista käytti suunnitteluun ja tuotannon seurantaan ERP ja Excel yhdistelmää, 8 % MES ja Excel yhdistelmää ja 8 % ERP-järjestelmää. Varsinaista APS-järjestelmää ei ollut käytössä tutkimukseen vastanneissa yrityksissä. Suunnittelua tehdään pääosin Excel-työkaluilla, sekä paperisilla dokumenteilla, jotka eivät ole integroitu muihin tietojärjestelmiin eivätkä tue nopeaa reagointia muutoksiin ja häiriöihin. (Järvenpää, Lanz, Tokola, Salonen & Koho 2015, 2-5.)

Oikeat päätökset suunnittelussa vaativat oikeaa tilannekuvaa, joka puolestaan muodostetaan useista eri lähteistä saatavasta tiedosta. Tiedon oikeellisuus nousee merkittävään asemaan. Siltasen (2020, 79) tutkimuksen mukaan toimeksiantajan toimintamallien variaatioista ja järjestelmädatan ylläpidon puutteesta johtuen tuotannon suunnittelulla ei ole käytettävissä oikeanlaista dataa, jonka pohjalta voidaan laatia laadukkaita suunnitelmia. Koivurannan (2019, 41) tutkimus puolestaan osoitti toimeksiantajan tuotannon informaatiovirran haasteellisuuden eri toimijoiden kesken. Tuotanto suunnitellaan ja ohjataan nykyään pääasiassa useiden Excel-taulukoiden ja muiden järjestelmien avulla. ERP-järjestelmän dataa ja ominaisuuksia hyödynnetään vain vähän. Sirpaloitunut informaation hallinta voidaan välttää tuotannon tietojärjestelmiä hyödyntämällä, johon tässä opinnäytetyössä pureudutaan (Fang 2011, 9).

Tämän opinnäytetyön tarpeen taustoihin liittyy kohdeyrityksen, VR FleetCare, ja sen kohdetuotannon suuret muutokset ja kasvutavoitteet. Tuotannon ohjauksessa käytettävät työkalut ja menetelmät eivät täytä tämän hetken vaatimuksia, joita suunnittelulta vaaditaan. Tässä kehittämistutkimuksessa keskitytään tuotannonohjausprosessin kehittämiseen tietojärjestelmien avulla.

Työn rakenne jakautuu neljään osaan. Luvussa 1 määritellään työn tausta, tavoitteet, käytetyt tutkimusmenetelmät sekä esitellään tutkimuskohde. Luvuissa 2-5 käsitellään aihealueeseen liittyvää teoreettista kirjallisuutta, jota hyödynnetään kehitysratkaisuehdotusten laadinnassa. Teoreettisen lähdemateriaalin käsittely aloitetaan yleisestä näkökulmasta etsien vastausta kysymykselle, miksi tuotannonsuunnittelua tehdään. Merkityksen hahmotuttua pureudutaan tuotannonohjausmenetelmiin ja filosofioihin, joita täytyy sovittaa kuhunkin tuotantoon yrityksen strategian mukaisesti. Teoreettisen kirjallisuusosion lopuksi käsitellään tuotannonohjausjärjestelmiä ja niissä käytettävien tietojen ylläpitoa. Kunnossapitoluonteisen tuotannon vuoksi teoreettisessa kirjallisuusosiossa on otettu huomioon kunnossapitonäkökulma. Lukuun 6 on koostettu tutkimuskehitystyön käytännön toteutus sekä työn tulokset. Luvussa 7 pohditaan työlle asetettujen tavoitteiden saavuttamista, työn toteutuksen onnistumista sekä esitellään jatkokehitysehdotukset perusteluineen.

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää kohdeyrityksen lyhyen aikavälin tuotannonohjausta hyödyntämällä entistä enemmän käytössä olevia tietojärjestelmiä ja kehittämällä tuotannonohjaukseen liittyviä prosesseja. Tavoitteet pyritään saavuttamaan ajantasaisten prosessikuvausten, toimivien suunnittelu- ja seurantatyökalujen sekä datan ylläpitotyökalujen avulla. Selkeiden ja tehokkaiden prosessien avulla tuotannonohjauksesta tavoitellaan henkilöriippumattomampaa. Työn lopullisena tavoitteena on luoda vankat perustukset, joiden päälle muuta toimintaa ja raportointia on parempi rakentaa. Sivutuotteena on työn lopputuloksen käyttökokemuksien hyödyntäminen käynnissä olevassa ERP- ja toimintamalli hankkeessa.

Opinnäytetyön päätutkimuskysymys on:

- Kuinka ohjataan tuotantoa?

Päätutkimuskysymykseen haetaan vastauksia alakysymysten kautta:

1. Kuinka saadaan tilannekuva tuotannon tilasta?
2. Kuinka suunnitelma muodostetaan?
3. Kuinka suunnitelma viestitään tuotannolle?
4. Kuinka suunnitelman toteutumista seurataan?

Opinnäytetyö rajataan koskemaan VR FleetCare:n Pieksämäen komponenttituotantoa ja pilotointivaiheessa Koneistamo-osastoa. Muu Pieksämäen konepajan alueella tapahtuva tuotanto, kuten tavaravaunujen ja vetureiden kunnossapito rajataan työn ulkopuolelle. Myös Helsingin komponenttituotanto rajataan työn ulkopuolelle. Edellä mainittujen tuotantojen toimintamallit poikkeavat merkittävästi rajauksen kohteena olevasta tuotannosta ja organisatorisesti tuotannot ovat erillään Pieksämäen komponenttituotannosta. Työn rajauksen ulkopuolelle jätetään myös käyttöönottovaiheen johtaminen, joka toteutetaan pilotointivaiheen kokemusten mukaisessa laajuudessa.

1.3 Tutkimusmenetelmät

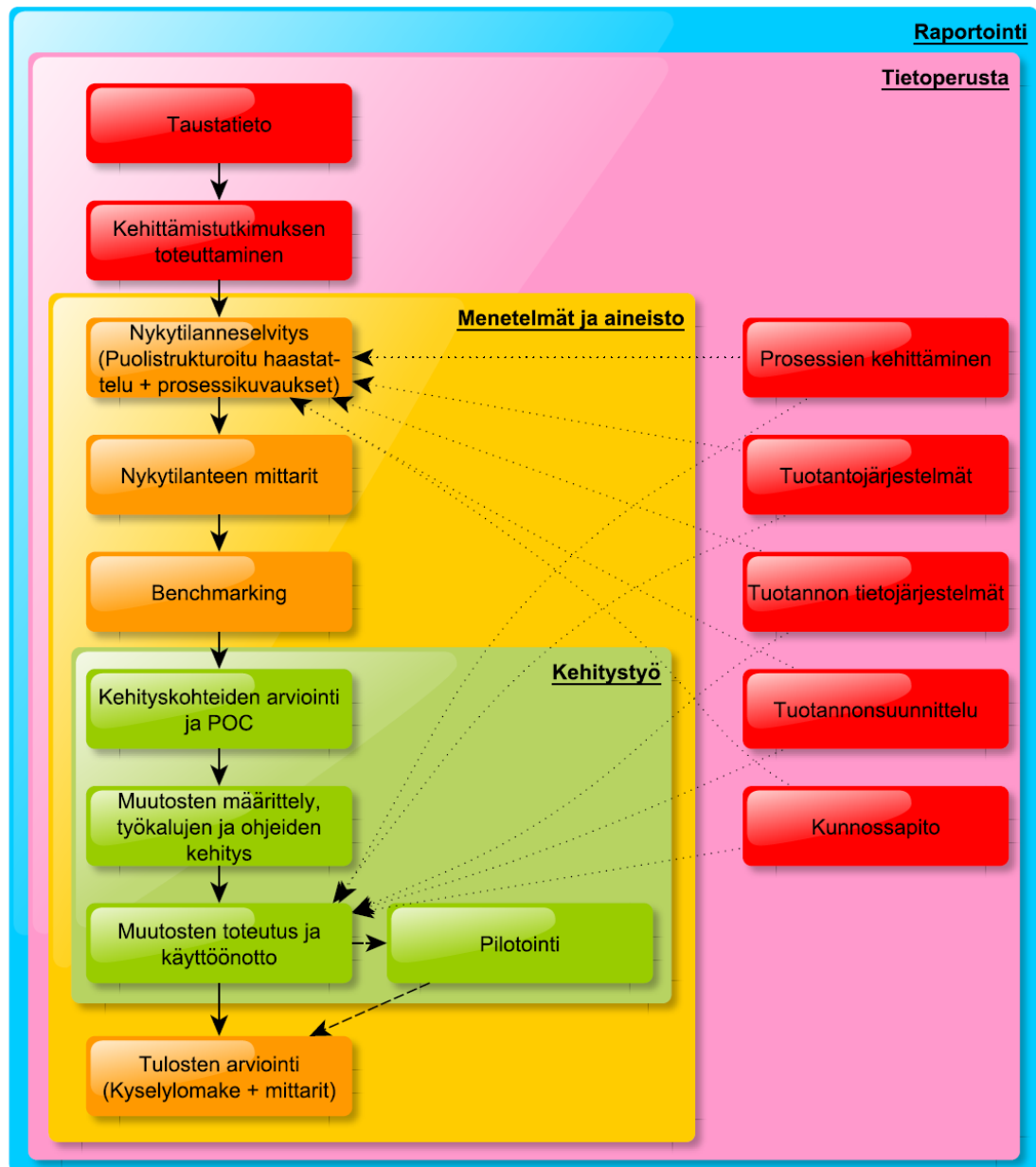
Tämä opinnäytetyö on luonteeltaan kehittämistutkimus. Kehittämistutkimus on monitahoinen tutkimusmenetelmä, jossa kehittäminen ja tutkiminen yhdistävät teoreettisia ja kokeellisia vaiheita. Työ rakentuu useista syklisistä prosesseista ja siinä hyödynnetään erilaisten sidosryhmien asiantuntijuutta. Kehittämistutkimuksessa teoria liitetään kehitystyöhön ja sillä tavoitellaan ratkaisuja, jotka on mahdollista yleistää suuremmassa mittakaavassa. (Pernaa 2013, Kehittämistutkimuksen määritelmä.)

Kehittämistutkimus alkaa aina ongelma-analyysillä, jossa analysoidaan kehittämisen tarpeet, mahdollisuudet ja haasteet. Tavoitteiden selkiytyttyä laaditaan ohjaava kehittämissuunnitelma, jota joudutaan päivittämään tutkimuksen edetessä tutkimuksen syklisyyden luonteen vuoksi. (Pernaa 2013, Kehittämistutkimuksen toteuttaminen.)

Opinnäytetyön aihe-ehdotuksia käsiteltäessä on suoritettu ongelma-analyysi useille eri vaihtoehtoisille ongelmille ja niistä saataville hyödyille.

Kehittämistutkimuksen luonteen vuoksi tämän opinnäytetyön tutkimusotteeksi valikoitui monimetodinen, joka sisältää määrällisiä ja laadullisia tutkimusmenetelmiä. Perinteisesti tutkimukset voidaan jakaa ongelmanratkaisumenetelmien kokonaisuuden eli metodologian mukaan yleisesti määrälliseen ja laadulliseen tutkimukseen. Laadullinen tutkimus perustuu havainnointiin, haastatteluihin, kyselyihin ja sekundääriaineistona voi käyttää ilmiöön liittyviä dokumentteja, kuvia ja muita tallenteita. Määrällinen tutkimus toteutetaan kyselyillä ja tavoitteena on saada suurelta joukolta määrämuotoinen vastaus rajattuun ongelmaan. (Kananen 2015, 24, 27, 76, 95.)

Tämä opinnäytetyö toteutettiin kuviossa 1 esitetyn vaiheistuksen mukaisesti. Ongelman laajuuden ymmärtämiseksi toteutettiin nykytilanneselvitys puolistrukturoituna haastatteluina. Nykytilanneselvityksen nykyisten prosessikaavioiden piirtäminen ja niiden kehityskohteiden sekä positiivisten havaintojen arviointi toteutettiin pienryhmätyöpajoina. Nykytilanneselvitykseen osallistutettiin jokaisen osaston henkilöstöä, jolla tavoiteltiin näkymää osastojen eroavaisuuksista. Määrällinen lähestymistapa ongelman laajuuteen ja ratkaisujen toteuttamisvaihtoehdoille otettiin huomioon mittareiden laadinnassa. Nykytilanteessa esiin nousseiden ongelmien vakavuuksia arvioitiin mahdollisuuksien mukaan järjestelmästä saadun datan perusteella. Dataa vasten rakennettiin mittarit, joiden muutosta ja merkitystä arvioitiin työn lopuksi. Yrityksen sisäisiä parhaita käytäntöjä vastaavasta prosessista tutkittiin benchmarkkauksen avulla. Tutkimuksista saadun aineiston analysointimenetelmät, tulokset ja perustelut on esitetty tarkemmin luvussa 6.1. Työn lopputuloksia ja jatkokehitysehdotuksia arvioidessa käytettiin kyselylomaketta, joka mahdollisti muutoksen arvioinnin määrällisessä muodossa. Sekundääriaineistona opinnäytetyössä on käytetty muun muassa organisaation yleisiä prosessikuvauksia, ERP-hankkeen dokumentaatiota sekä käytössä olevien ohjelmistojen manuaaleja. Opinnäytetyön aineistonkeruu on kuvattu taulukossa 1.



Kuvio 1. Kehittämistutkimuksen rakenne

Taulukko 1. Aineistonkeruu

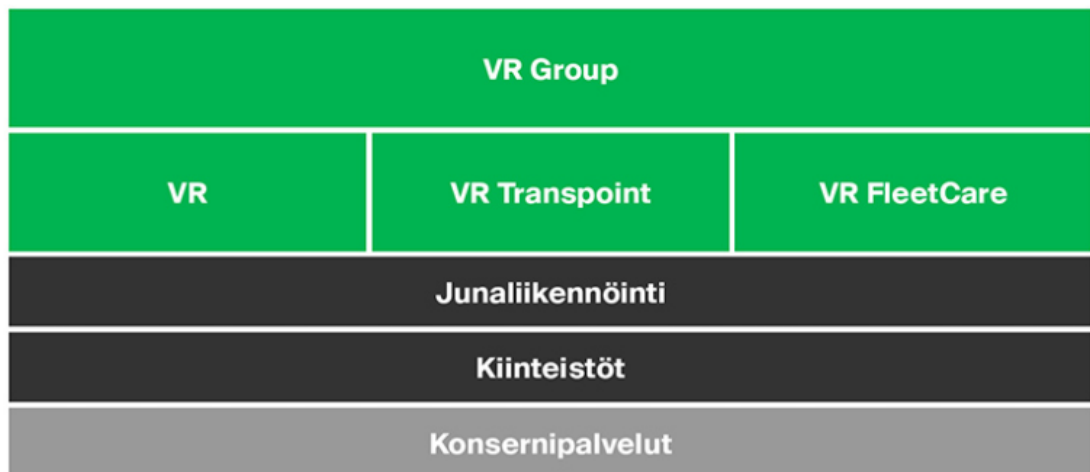
Menetelmä	Tietolähde	Tieto
Puolistrukturoitu haastattelu	Prosessiin osalliset sidosryhmät omissa pienryhmissään (7 osastoa, n. 4 hlö ryhmät)	Nykytilanne: prosessikuvaukset, ongelmakohdat, hyvät käytänteet
Tiedonkeruu	Data	KPI mittaristot suunnittelun nykytilanteesta
Benchmarking	Muut FleetCaren tuotannon/työnsuunnittelijat (5 hlö)	Hyvät käytänteet, ohjelmiston toimintamahdollisuudet
Kyselylomake	Pilotointiin osallistuneet tuotannon asentajat ja työnjohtaja (4+1 hlö)	Jälkianalyysi kehityksen onnistumisesta.
Tiedonkeruu	Data	KPI mittaristot suunnittelun tilanteesta kehityksen jälkeen

Kehittämistutkimuksen luotettavuutta voidaan vahvistaa kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen tutkimusmenetelmien yhdistämisellä, jolloin tutkittavasta ilmiöstä saadaan kokonaisvaltaisempi kuva triangulaation myötä. Luotettavuutta voidaan lisätä myös standardoitujen mittareiden käytöllä ja tarkalla dokumentoinnilla sekä raportoinnilla. (Pernaa 2013, Kehittämistutkimuksen luotettavuus.)

Tämän opinnäytetyön luotettavuutta pyrittiin varmistamaan dokumentoimalla työn toistamisen kannalta merkittävimmät vaiheet riittävällä tarkkuustasolla. Haastattelussa on hyödynnetty prosessien toiminnan kannalta kaikkien merkittävimpien henkilöiden tietoutta, jotka liittyvät joiltain osin tutkimuskohteen prosesseihin. Työn vaiheet on toteutettu sen kuvauksen mukaisessa järjestyksessä ja käytetyt menetelmät ovat ongelmaan nähden olleet oikeita. Luotettavuutta lisää myös käytettyjen valintojen perustelu.

1.4 Tutkimuskohde VR FleetCare, Pieksämäen komponenttituotanto

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on VR FleetCare ja tutkimuskohde on yhtiön Komponenttipalveluiden Pieksämäen yksikkö. VR FleetCare, toiminimeltään VR Kunnossapito Oy on osa valtio-omisteista VR Group -konsernia (kuvio 2.). VR FleetCare on saanut alkunsa liikenne- ja viestintäministeriön tavoitteesta vapauttaa raideliikenne avoimelle kilpailulle. 4.6.2018 Liikenne- ja viestintäministeriö sekä VR-Yhtymä sopivat, että VR ja LVM perustavat kalustoyhtiön sekä kiinteistöyhtiön erityistehtäväyksiköksi LVM:n ohjaukseen. Samassa yhteydessä sovittiin, että VR yhtiöittää kunnossapidon omaksi yhtiökseen, mutta jättää sen VR-konsernin sisälle ja luopuu siitä markkinaehtoisesti ennen kilpailutetun liikenteen aloittamista. Kunnossapito ennätettiin eriyttää VR-konsernista 1.1.2019, mutta muut toimet peruuntuivat eikä suunnitelmissa ole tällä hetkellä Kunnossapidon irtauttaminen konsernista. Kunnossapidon yhtiöittäminen kuitenkin avasi mahdollisuuden kasvulle konsernin ulkopuolelle, joka on ollut ja tulee olemaan merkittävässä roolissa komponenttituotannon kasvussa. (Rautateiden henkilöliikenteen kilpailun avaaminen etenee yhtiöjärjestelyillä 2018; VR-Yhtymä yhtiöittää kunnossapidon liiketoiminnan 2019.)



Kuvio 2. VR Gropuin liiketoiminnot (Liiketoiminnot, n.d.)

VR FleetCare tarjoaa raidekaluston asiantuntijuutta neljän palvelukategorian kautta:

- ModernCare – Kaluston elinkaaripidennykset, modernisointi ja järjestelmäpäivitykset
- SmartCare – Kunnonvalvonta, optimointi ja digitalisaatio
- AssetCare – Kaluston kunnossapito, elinkaarenhallinta, konsultointi ja analytiikka
- ComponentCare – Komponenttipalvelut; telit, elektroniikka, kompressorit, venttiilit, pumput ja moottorit (Palvelut, n.d.)

Komponenttien kunnossapito on ollut suurien muutosten alla viimeiset 4 vuotta Hyvinkään konepajan sulkemisesta alkaen. Konepajan lakkauttamisen myötä tuotanto siirrettiin osittain Pieksämäelle, Helsinkiin ja osittain toimintaa ulkoistettiin (VR Group, 2017, VR Group lopettaa toiminnan Hyvinkään konepajalla). Viimeisen uudelleenorganisoinnin taustalla onkin kasvun tavoittelu ja yhtenä kasvun kärjistä pidetään komponenttien kunnostusta, jolle perustettiin 1.2.2021 oma liiketoimintayksikkö. Komponenttipalveluissa on noin 200 henkilöä, joita reilu 100 toimii Pieksämäen yksikössä. (VR FleetCare 2021, VR FleetCare hakee vauhtia kasvuun, komponenttipalvelut yhtenä kasvun kärjistä.) VR FleetCare:n liikevaihto vuonna 2019 oli noin 200 M€ (Taloustiedot, n.d., VR Kunnossapito Oy).

Hyvinkään lakkauttamisvaiheessa tuotantoa siirtyi Helsingistä ja Hyvinkäältä Pieksämäelle, jolloin työn määrä Pieksämäen komponenttituotannossa kasvoi merkittävästi. Pieksämäellä käytössä olleet toimintamallit eivät palvelleet uusien tuotteiden

osalta tuotannonohjausta ja sidosryhmien vaatimuksia. Kullekin tuotteelle ja asiakkaalle alkoi muodostua yksilöllisen tarpeen mukaiset ohjausmenetelmät, joilla tuotanto saatiin ylläpidettyä. Samaan aikaan alkanut konsernin ulkopuolinen kasvu toi uusia vaatimuksia kaikkiin tuotannon prosesseihin hankinnan ja laskutuksen välillä. Pian yhtiöittämisen jälkeen havaittiinkin, että kasvu tarvitsee tuekseen nykyaikaiset toimintamallit sekä järjestelmät, jonka pohjalta uuden ERP-järjestelmän hankinta aloitettiin ja hanke on kesken tämän opinnäytetyön kirjoitushetkellä (Enterprise times 2021). Tässä opinnäytetyössä keskitytään edellä esitetyn historian aiheuttamien variaatioiden yhtenäistämiseen tarkastelemalla kokonaisuutta ottaen huomioon myös tulevat ERP-järjestelmän vaatimukset.

Pieksämäen komponenttituotanto on mukautunut ajan saatossa hyvin itseohjautuvaksi ja suunnittelun rooli on ohjaajan sijaan opastaja. Nykyisillä toimintamalleilla ja käytössä olevilla tiedoilla suunnittelulla ei ole mahdollisuutta ylläpitää suunnitelmaa, joka ohjaisi tuotannon tekemistä vaaditulla tasolla.

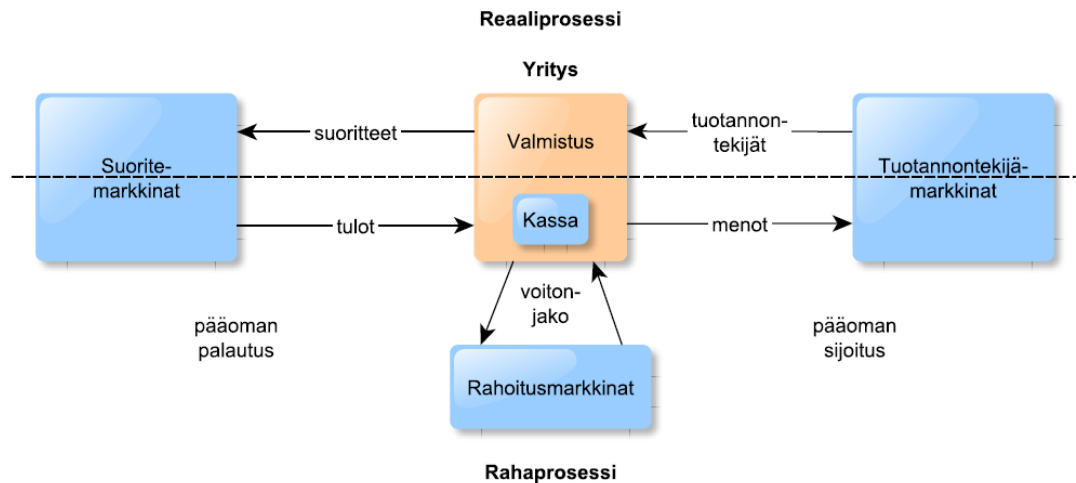
2 Tuotannonohjauksen tehtävät ja tavoitteet

2.1 Tuotannon merkitys yrityksen liiketoiminnalle

Koko olemassaoloaikansa ihminen on käyttänyt hyväkseen luonnon raaka-aineita ja muuttanut niitä tarpeitaan vastaavaan muotoon. Yksilön rajallisten resurssien vuoksi ihmiset ovat ajautuneet muiden yksilöiden kanssa yhteistyöhön, joka on toiminut ihmiskunnan kehityksen moottorina. Aikojen saatossa yhteistyö on alkanut organisoi-
tua ja nykyään tätä toimintaa kutsutaan liiketoiminnaksi. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 16.)

Nykyään yrityksen päätehtävä on lisätä omistajiensa varallisuutta tuottamalla asiak-
kaille lisäarvoa ja saamalla vastineeksi tulovirtaa rahan muodossa. Nykyaikainen val-
mistava liiketoiminta kuvataan kuviossa 3, joka jakautuu reaaliprosessiin, jossa käyte-

tään hyödyksi työvoimaa, luodaan tuotteelle lisäarvoa ja toimitetaan tuote markkinoille. Kuvion alaosassa on kuvattu liiketoimintaan liittyvä rahaprosessi. Tuloja vastaan syntyy kuluja, jotka täytyy ottaa huomioon pitkän- ja lyhyen aikavälin kannattavassa liiketoiminnan harjoittamisessa. (Haverila ym. 2009, 17-19; Lehtonen 2008, 14.)



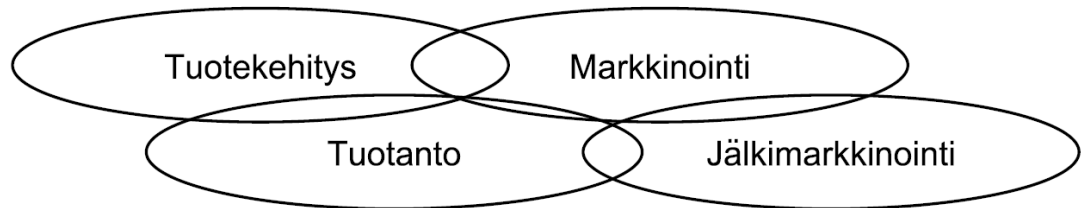
Kuvio 3. Yrityksen talousprosessi (Haverila ym. 2009, 17)

Lean-oppien mukaan liiketoiminnassa keskitytään asiakkaan arvon tuottamiseen hukan poistamisen keinoin. Keskiössä on ymmärtää mitä asiakas todella tarvitsee ja pyrkiä poistamaan arvontuottoketjusta kaikki mikä ei tähtää lisäarvon tuottamiseen. Arvon jalostus tapahtuu tuotantojärjestelmässä, jossa luodaan valmiudet tuotteen valmistukselle, ajoitetaan ja annetaan tuotantoimpulssit tuotannolle. (Womack & Daniel 2003, 15, 37; Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 15.)

Kannattava liiketoiminta vaatii keskittymistä laatuun ja tuottavuuteen. Tuottavuus kuvaa yrityksen kykyä hyödyntää järjestelmään sisälle syötettyjä panoksia, joista se saa aikaiseksi tuotoksia. Tuottavuutta voidaan täten kuvata tuotosten ja panosten suhteena. Tuottavuuden kasvu on erityisen tärkeää kansakunnan kehittymisen kannalta. Laatu puolestaan voidaan kuvata asiakkaan odotusten täyttymisen mittarina. (Haverila ym. 2009, 20-22; Stevenson 2009, 53.)

Valmistava yritys jakautuu erilaisiin päätoimintoihin, joiden kaikkien täytyy toimia korkealla tasolla, jos yritys pyrkii menestymään tavoitellullaan markkina-alueella. Lapinleimu ym. (1997, 37) on kuvannut päätoimintojen jakautuvan tuotekehitykseen,

markkinointiin, tuotantoon ja jälkimarkkinointiin. Kuvio 4 kuvaa toimintojen limittymistä. Tuotanto on yksi yrityksen päätoiminnoista, jonka päämääränä on valmistaa yrityksen myymät tuotteet (Lehtonen 2008, 61).



Kuvio 4. Valmistavan yrityksen päätoiminnot (Lapinleimu ym. 1997)

Tuotantoa koskevat kilpailukykyyn vaikuttavat tekijät näkyvät yleisesti seuraavina tavoitteina, jotka ovat usein ristiriidassa keskenään (Haverila ym. 2009, 357-358; Lehtonen 2008, 61):

- kustannustehokkuus = alhaiset valmistuskustannukset
- laatu = tuotesuunnittelun ja tuotannon virheettömyys
- toimituskyky = nopea toimitusaika, luvattu toimituspäivä
- joustavuus = kyky vastata kysynnän vaihteluihin.

Kustannustehokkuus on merkittävimpiä tuotannon tavoitteita, jossa kokonaiskustannukset pyritään minimoimaan tehokkaalla resurssien käytöllä sekä pitämällä toimintaan sitoutuneen pääoman määrän mahdollisimman pienenä. Kustannustehokkuuden parantuessa saadaan yksikkökustannukset pienennettyä ja täten hintakilpailukyky on parempi. (Haverila ym. 2009, 357.)

Korkea laatu on ristiriidassa kustannustehokkuuden kanssa, joten tuottaessa täytyy löytää sopiva tavoiteltu laatutaso, joka vastaa asiakkaan tarpeisiin. Tuotannon näkökulmasta laatu on tuotantoprosessin sekä lopputuotteen virheettömyyttä, jotta vältetään virheistä aiheutuvat ylimääräiset kustannukset. Tuotannosta pyritään poistamaan virhelähteet, jotka aiheuttavat poikkeamia suunniteltuun toimintaan nähden. Toiminnassa ilmenevät virheet heijastuvat helposti toimitusvarmuuteen. (Haverila ym. 2009, 357.)

Toimituskyky on riippuvainen tilaus-toimitusprosessin nopeudesta. Prosessin pituus riippuu työn suorittamiseen liittyvien materiaalien hankinta-ajoista, oman valmistamisen läpimenoajasta sekä tuotannon kuormitustilanteesta. Tuotannon roolissa korostuu oman tuotannon läpäisyajan lyhentäminen sekä tuotantojärjestelmän hyvä ohjattavuus. Nopeus on kilpailuvaltti asiakasohjautuvassa tuotannossa. Läpäisyajan lyhentäminen on tyypillinen lähtökohta tuotantoprosessien kehittämisessä, koska se on havaittu tehostavan prosesseja, toiminnan laatua ja pienentävän kustannuksia. (Lapinleimu ym. 1997, 38; Haverila ym. 2009, 357.)

Joustavuus kuvaa kykyä sopeutua kysyntään. Volyymijoustavuus kuvaa kykyä sopeutua kausittaiseen kysynnän vaihteluun. Joustavuus tuotemixin muutoksille kuvaa kykyä sopeutua eri tuotetyyppien menekin vaihteluun. Teknologiajoustavuus puolestaan kuvaa uudistumiskykyä uusien teknologioiden käyttöönotossa. Joustavuus ilmenee pienempänä pääomien sitoutumisena materiaali- ja valmisvarastoihin, lyhyinä toimitusaikoina ja pieninä eräkokoina. (Haverila ym. 2009, 358; Lapinleimu ym. 1997, 38-39.)

2.2 Tuotannonohjauksen tavoitteet

Toiminnanohjauksella tarkoitetaan yrityksen tilaus-toimitusketjun eri toimintojen ja tehtävien suunnittelua ja hallintaa, joka sisältää tuotannonohjauksen lisäksi muitakin toimintoja, kuten myynnin, hankinnan ja jakelun. Käsite valmistuksenohjaus kuvaa tuotteiden valmistuksen suunnittelua ja ohjausta (Haverila ym. 2009, 397.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään tuotannon ja sen ohjauksen kehittämiseen, joten käytetään jatkossa käsitettä tuotannonohjaus, joka sisältää valmistuksenohjauksen.

Tuotannonohjauksen tavoitteena on ohjata toimintaa siten, että tuotannolle asetetut tavoitteet toteutuvat parhaalla mahdollisella tavalla. Tuotannonohjauksen periaatteet ja säännöt perustuvat yrityksen strategiaan ja siitä pohjautuviin valintoihin. Tuotantoa ohjataan kokonaisuutena, jonka keskeisimmät työvälineet ovat budjetit sekä tavoitteisiin perustuvat tunnusluvut ja mittarit. (Haverila ym. 2009, 397-398.)

Tuotannonohjauksen tavoitteet ovat yhteneväisiä tuotannolle asetettuihin tavoitteisiin nähden. Haverilan ym. (2009, 402) mukaan tuotannonohjauksen keskeisimmät tavoitteet ovat:

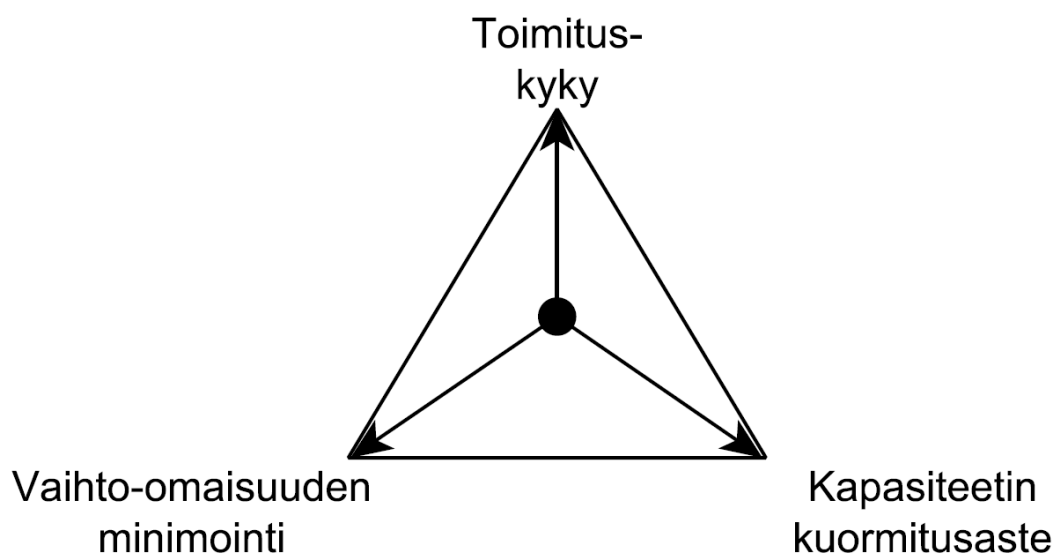
- kapasiteetin korkea tuottavuus
- toimintaan sitoutuneen vaihto-omaisuuden minimointi
- toimitusvarmuus
- lyhyt tuotannon läpäisy aika.

Tuotannonohjauksen tavoitteena on suunnitella keskeisimpien resurssien käyttö mahdollisimman tehokkaasti, jotta niihin investoidulla pääomalla on mahdollisimman korkea tuottavuus. Korkeisiin käyttöasteisiin päästään suurilla sarjoilla, jolloin asetusajoista johtuvia seisokkeja voidaan vähentää. Liiallinen kapasiteetti puolestaan rasittaa yrityksen taloutta sitomalla pääomia koneisiin, laitteisiin tai tiloihin, joilla ei ole käyttöä. Pääomia sitovat kapasiteettiratkaisut ovat strategisia päätöksiä, joiden varjolla tuotannon täytyy toimia. Rajoitettu kapasiteetti luo rajoitteita tuotannonohjaukselle, jolloin tuotannonohjauksen täytyy ottaa käyttöön pullonkaulaohjaus-menetelmä. (Haverila ym. 2009, 402-403; Stevenson 2009, 186-187.)

Valmistusta ja materiaalitoimintoja ohjattaessa täytyy huomioida vaihto-omaisuuden ohjaus, jossa pyritään sitomaan raaka-aineisiin, keskeneräiseen työhön ja lopputuotevarastoihin mahdollisimman vähän pääomaa. Keskeneräiseen tuotantoon (KET) sitoutunutta pääomaa voidaan pienentää eräkokoja ja puolivalmisteverastoja vähentämällä, joka on ristiriidassa kapasiteetin kuormitusastetavoitteen kanssa. (Haverila ym. 2009, 403.)

Toimitusvarmuus ja lyhyt tuotannon läpäisy aika voidaan yhdistää termillä toimituskyky. Läpäisyajojen lyhentäminen on todettu tehokkaaksi keinoksi ristiriitaisten tavoitteiden toteuttamisessa. Lyhyellä läpäisyajalla pienennetään keskeneräiseen tuotantoon sitoutunutta pääomaa sekä ylläpidetään hyvää toimituskykyä. (Haverila ym. 2009, 404.)

Tuotannonohjausta vaikeuttaa eri sidosryhmien näkemykset tavoitteiden tärkeydestä. Myynti ja markkinointi painottaa toimituskykyä ja joustavuutta saavuttaakseen parhaan mahdollisen asiakaskokemuksen. Valmistuksessa tavoitellaan kapasiteetin korkeaa käyttöastetta kustannusten alentamisen mielessä. Talouspuoli painottaa puolestaan toimintaan sitoutuneen pääoman merkitystä. Tavoitteiden ristiriitaisuutta on kuvattu kuviossa 5, mikä havainnollistaa, kuinka ohjauksen painottuessa yhteen suuntaan, kärsii siitä muut tavoitteet. Tuotannonohjauksessa ja kehitettäessä täytyy huomioida kokonaisuus. (Haverila ym. 2009, 404.)



Kuvio 5. Tuotannonohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuus (Haverila ym. 2009, 404)

Lapinleimun ym. (1997, 191-192) mukaan operatiivisella tasolla tuotannonohjauksen vastuulla olevia tehtäviä ovat:

- realistisen tuotantosuunnitelman laadinta ja viestintä kaikkien toteuttajien tietoon
- oman tuotannon kuormituksen hallinta ja alihankintaketjujen toimitusmahdollisuuksien hallinta
- toimitusaikataulujen vahvistus myynnille
- tilausten jonon hallinta
- tilausten purkaminen materiaalihankinnoiksi ja valmistusimpulsseiksi oikea-aikaisesti ilman tarpeetonta pääoman sitoutumista vaihto-omaisuuteen.

Tuotannonohjauksen tehtäväkenttään, ohjauksen tehtäviin, ongelmakenttään sekä käytettäviin ohjausperiaatteisiin ja menetelmiin vaikuttaa olennaisesti käytössä oleva

tuotantojärjestelmä kokonaisuutena. Hyvä ohjattavuus voidaan tunnistaa siitä, että ohjaus onnistuu eikä se maksa paljon. Tunnusmerkkejä hyvälle ohjattavuudelle ovat:

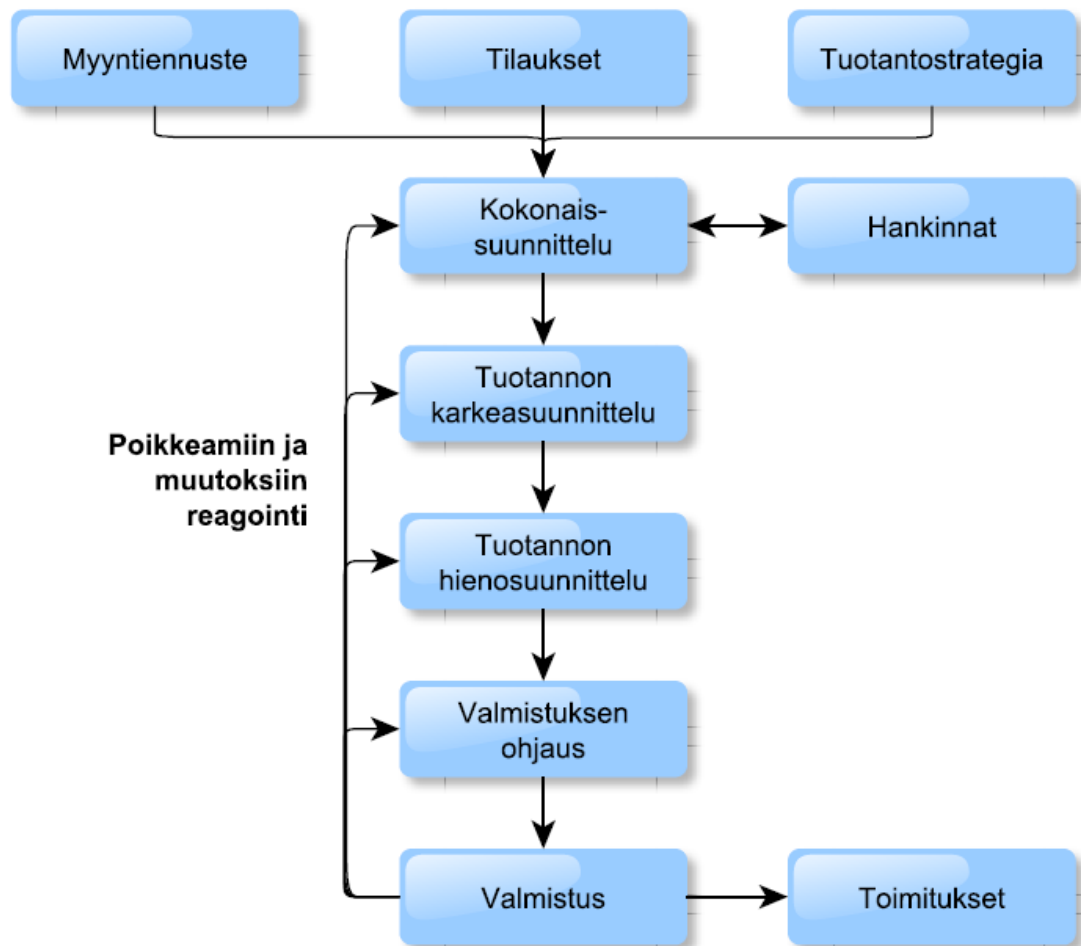
- uusi tilaus on helppo sijoittaa tuotantosuunnitelmaan kohtuullisella toimitusajalla
- tuotantosuunnitelman lyhyt kiinteä osa helpottaa uuden tilauksen sijoitusta
- materiaalisaatavuus voidaan toteuttaa rutiininomaisesti
- muutokset voidaan hoitaa ilman kaaosta
- toiminta valmistukseen panon jälkeen on häiriötöntä
- tuotantosuunnitelma toteutuu, kuin itsestään. (Lapinleimu ym. 1997, 230.)

Ohjattavuus kuvaa tuotantojärjestelmän kykyä vastata ohjausmuuttujiin. Hyvään lopputulokseen vaikuttaa tuotantojärjestelmän ominaisuudet, joita Haverila ym. (2009, 405) on listannut seuraavasti:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| • tuotantomuoto | • kapasiteetin joustavuus tuotantomäärän muutoksille |
| • tuotannon läpäisy aika | • kapasiteetin joustavuus tuotemixin ja tuotetyypin muutoksille |
| • valmistuserien suuruus | • lisäkapasiteetin saatavuus |
| • materiaalivirtojen selkeys | • keskeneräisen tuotannon (KET) määrä |
| • layoutin selkeys | • tuotteiden ja tuotevariaatioiden määrä |
| • tuotantoyksikön koko | • materiaalinimikkeiden määrä |
| • henkilöstön osaaminen | • ohjattavien työvaiheiden määrä. |
| • henkilöstön motivaatio | |
| • toiminnan organisointiperiaatteet | |
| • toiminnan laatu | |
| • henkilöstön motivaatio | |
| • tuotantoprosessin laaduntuotokkyky | |

2.3 Tuotannonohjausprosessi

Suunnittelutehtävät ja päätöksenteko jakautuu hierarkkisesti organisaation eri tasoille. Ylätasolla keskitytään suurempien kokonaisuuksien ja pidemmän aikavälin päätösten tekoon strategiatasolla. Ohjaus tarkentuu mitä lähemmäksi valmistusajanhetken tasoa siirrytään. Tuotannonohjauksen tehtävät voidaan kuvata prosessina, joka etenee vaiheittain pitkän aikavälin tuotantostrategiasta ja kysynnästä saatavasta tiedosta valmistusta ohjaavaksi tiedoksi. Tuotannonohjausprosessin vaiheet on kuvattu kuviossa 6. (Haverila ym. 2009, 409; Martinsuo, Mäkinen, Suomala, Lyly-Yrjänäinen 2016, Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus osana toiminnanohjausta.)

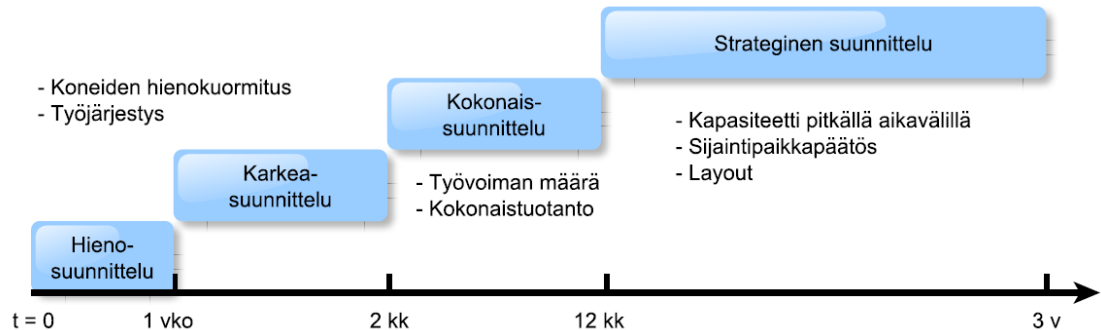


Kuvio 6. Tuotannonohjausprosessin vaiheet (Martinsuo ym. 2016, Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus osana toiminnanohjausta)

Selkeänä esitetty prosessimainen toimintamalli sisältää todellisuudessa jatkuvaa uudelleensuunnittelua ja tehtävien välistä koordinoitua. Prosessin iteraatiokierrosten määrä on sitä suurempi mitä tarkempia ja monimutkaisempia suunnitelmia toteutetaan. Tuotannossa esiintyy jatkuvasti häiriöitä, jotka aiheuttavat uudelleensuunnittelua. (Haverila ym. 2009, 409.)

Tuotannonohjausprosessi sisältää erilaisia suunnittelutasoja. Suuremmissa tuotantoyksiköissä suunnittelutasoja ovat yleensä: kokonais- karkea- ja hienosuunnittelu. Pienemmissä tuotantoyksiköissä suunnittelutasoja voi olla yksi tai kaksi. Tyypillisesti suunnittelua toteutetaan rullaavasti, jolloin pitkälle aikavälille laaditut suunnitelmat toimivat karkeina ja toteutusajanhetken lähestyessä suunnitelmat tarkentuvat hienosuunnittelussa. Suunnitelmien avulla yritys kykenee varautumaan tuleviin tilanteisiin

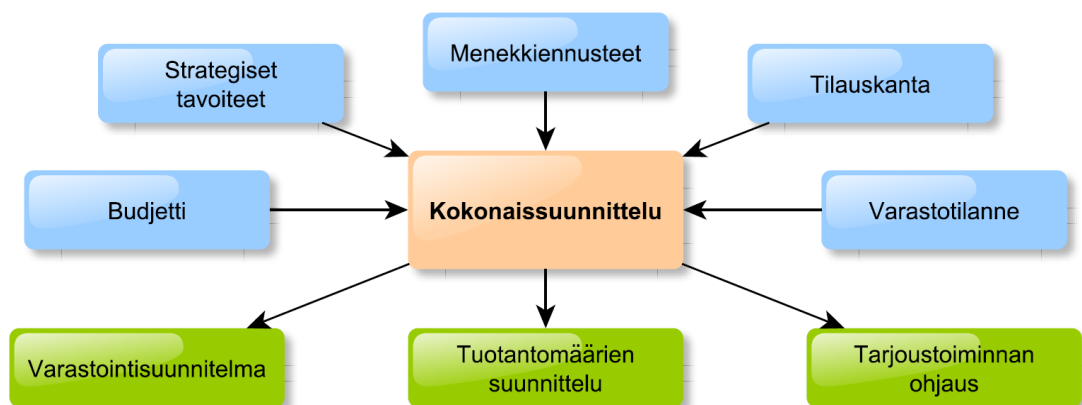
riittävän aikaisin ja toteutettua tarvittavat muutokset. Eri suunnittelutasojen aikajän-
teitä on kuvattu kuviossa 7. (Martinsuo ym. 2016, Tuotantokapasiteetin ja kuormi-
tuksen ohjaus.)



Kuvio 7. Suunnittelu eri aikajänteillä (Martinsuo ym. 2016, Tuotannon kapasiteetin ja kuormituksen ohjaus)

2.3.1 Kokonaissuunnittelu

Kokonaissuunnittelussa (sales and operational planning / aggregate planning) keskitytään keskipitkän aikavälin suunnitteluun, jotka koskevat kokonaisvolyymiä ja taloutta. Suunnitelmat tehdään luonnollisesti budjetoinnin yhteydessä ja niitä tarkastetaan muutaman kerran budjettikauden aikana. Tärkeimmät tehtävät kokonaissuunnittelussa ovat: toiminnan volyymin määrittely, varastotasojen suunnittelu ja tarvittavien resurssi- ja kapasiteettitarpeiden määrittely sekä keskipitkän aikajänteiden tavoitteiden ja toimenpiteiden suunnittelu. Kokonaissuunnittelun syötteet ja tulokset on esitetty kuviossa 8. (Haverila ym. 2009, 411-412; Martinsuo ym. 2016, Kokonaissuunnittelu.)



Kuvio 8. Kokonaissuunnittelu (Haverila ym. 2009, 412)

Kokonaissuunnittelun lähtökohtana on tilauskanta, ennusteet sekä varastotilanne. Kokonaissuunnittelussa määritellään tavoiteltu varastotilanne tulevan aikajakson loppuksi, jonka avulla saadaan arvioitua tulevat tuotantovolyymit. Tuotantovolyymi vaatii kapasiteettia, joiden muutoksiin pyritään vaikuttamaan kokonaissuunnittelussa palkkaamalla lisää tai vähentämällä henkilökuntaa. Muutokseen voidaan varautua pidemmällä aikavälillä myös muuttamalla sopimuksia toimittajien sekä alihankkijoiden kanssa tai vaikuttamalla kysyntään. Käytettävät menetelmät vaihtelun hallintaan ovat täysin yrityskohtaisia ja vaikuttavat laajasti kannattavuuteen, henkilöstön hyvinvointiin, riskeihin ja yrityksen maineeseen. (Haverila ym. 2009, 411-412; Martinsuo ym. 2016, Kokonaissuunnittelu.)

Kokonaissuunnittelu nojautuu hyvin pitkälle menekkiennusteisiin, koska muutokset menekissä ovat nopeampia, kuin tuotannon reagoitukyky muutoksiin. Sopeuttamistoimenpiteet muutokseen täytyy toteuttaa ennusteisiin luottaen. Ennusteisiin nojaava kokonaisvaltainen ohjaus on altis ympäristön aiheuttamille muutoksille, joita ennusteissa ei ole osattu huomioida oikein ja se aiheuttaa yrityksen kokonaiskannattavuudelle haittaa. Ennusteriippuvuutta voi vähentää rakentamalla tuotantojärjestelmään joustavuutta ja reagoitukykyä. (Haverila ym. 2009, 413.)

Menekivaihtelujen hallinta on yksi kokonaissuunnittelun tärkeimmistä tehtävistä. Menekivaihtelu on toimiala- ja yrityskohtainen, mutta kaikkialla sitä ilmenee. Vaihtelu voi olla vuodenaikakohtaista, kuten mansikanmyynti tai pitempiaikaista, jopa vuosikymmeniä kestäviä trendejä, kuten joukkoliikenteen käyttö. Normaalisti kapasiteetin joustavuus on menekinvaihteluja pienempi, jolloin vaihteluun täytyy varautua ennakkolta. Keinoja vaihtelun hallintaan ovat:

- Tuotteiden varastointi
- Kapasiteettijoustojen käyttö
- Toimitusaikasiirto tai toimitusten menettäminen
- Menekkiin vaikuttaminen (Haverila ym. 2009, 414.)

Kapasiteetin ja kysynnän vaihteluun on kolme yleistä lähestymistapaa. Ensimmäinen vaihtoehto on pitää käytettävissä oleva kapasiteetti vakiona ja vastata kysyntään

joko varaston vaihtelua hallitsemalla tai mitoittaa kapasiteetti maksimikysynnän mukaan, joka voi toimia esimerkiksi kriittisissä huoltotoiminnoissa. Toinen malli perustuu kysynnän seurantaan. Kapasiteettia muutetaan kysynnän muuttuessa lyhyilläkin aikaväleillä. Tämä lähestymistapa vaatii järjestelmältä erityistä joustavuutta. Kolmas vaihtoehto on pitää oma kapasiteetti vakiona ja vaikuttaa kysyntään esimerkiksi hinnoittelun, markkinoinnin tai vaihtoehtoisten tuotteiden avulla. (Greasley 2013, 246-249.)

2.3.2 Karkeasuunnittelu

Kokonaissuunnittelussa tuotettu menekkiennuste toimii karkeasuunnittelun lähtötietona. Karkeasuunnittelusta käytetään myös termiä tuotannon aikataulusuunnittelu (master production schedule) ja sen lähtötietoja ovat tyypillisesti tilauskanta, tuotteiden varastotilanne sekä budjetin tavoitteet. Ennusteiden merkitys vähenee mitä lähempänä tuotantohetkeä ollaan. Karkeasuunnitelman aikajaksot; jäädytetty, joustava ja vapaa on esitetty kuviossa 9. Lähellä tuotantohetkeä suunnitelma jäädytetään, jotta toimintaa voidaan johtaa hallitusti ja tilaukset saadaan toimitettua ajallaan. Keskipitkällä aikavälillä suunnitelma on joustava, jolloin suunnitelmaan voidaan tehdä muutoksia, kun halutaan erityisissä tilanteissa palvella asiakasta. Joustavassa tilanteessa järjestely saattaa aiheuttaa muiden tilausten myöhästyttämistä tai muita lisäkuluja, joita on tilanteen mukaan harkittava. Pitkällä aikavälillä suunnitelma on vapaa, jolloin tilauksia voi lisätä tai poistaa ilman merkittäviä vaikutuksia tuotannon tekemiseen. Pitkä aikaväli on usein asetettu lopputuotteen kokonaisläpäisyajan mukaan materiaalihankinnoista lopputuotteeksi asti. (Haverila ym. 2009, 415; Stevenson 2009, 632; Chapman 2006, 75-76.)

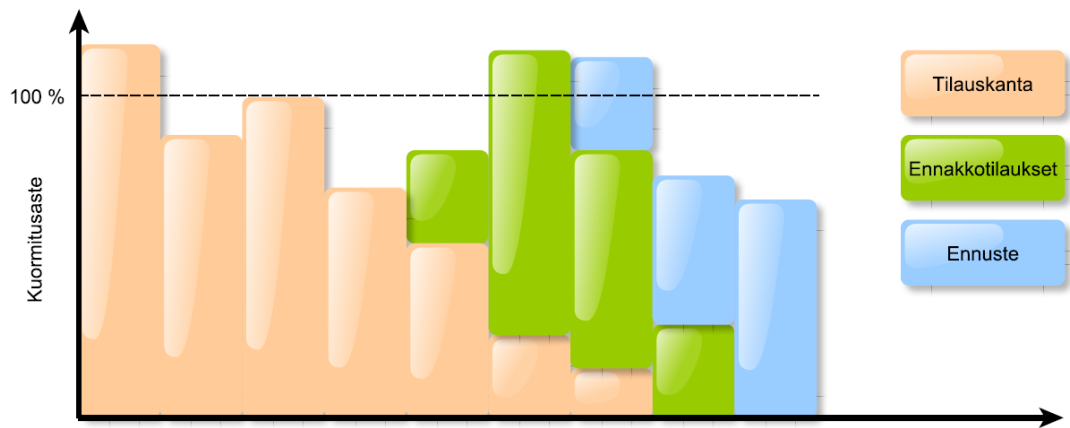


Kuvio 9. Aikajaksot (Stevenson 2009, 632)

Karkeasuunnittelun tärkeimmät tehtävät ovat resurssien käytön yleissuunnittelu, toimituskyvyn määrittely sekä tuotannon kokonaisaikataulun suunnittelu. Toimituskyvyn määrittely on tärkeää, koska sen perusteella usein ilmoitetaan asiakkaiden toimitusajat. Resurssien käytön yleissuunnittelulla tavoitellaan resurssin sopeuttamista menekkiä vastaavalle tasolle. Tarkastelu tehdään henkilö-, kone- ja laitekapasiteetille. Tarkasteluajanjaksojen ollessa lähiviikot ovat käytössä olevat toimenpiteet pääosin työaikajärjestelyitä. Tuotannon kokonaisaikataulu on kokonaissuunnittelun jäljiltä usein tuoteperhekohtainen ja karkeasuunnitteluvaiheessa suunnitelma muutetaan lopputuotetasolle. Suunnitelman päivityksen pohjalta tehdään usein myös merkittävimmät materiaalihankinnat. (Haverila ym. 2009, 415-416; Martinsuo ym. 2016, Karkeasuunnittelu eli tuotannon aikataulusuunnittelu; Chapman 2006, 71.)

Resurssien käytön yleissuunnittelua kutsutaan kuormitus suunnitteluksi. Keskeisin rajoittava tekijä on valmistuskapasiteetti, jonka riittävyyttä tarkastellaan alustavien tuotantosuunnitelmien avulla. Alustavat tuotantosuunnitelmat antavat karkean näkymän tuotannon kuormituksesta. Karkeasuunnittelussa usein riittää tehtaan kokonaiskapasiteetti, koneryhmien kapasiteetti tai linjojen ajo-ohjelmat. Usein karkeasuunnitteluun riittää pullonkaulakuormitusryhmien tarkastelu. (Haverila ym. 2009, 416.)

Karkeasuunnittelussa käytetään hyväksi kuormituspiirrosta, jonka avulla havaitaan mahdollinen kapasiteetin sopeutuksen tarve. Periaatepiirustus kuormituspiirrokselta on kuvattu kuviossa 10. Kuormituspiirroksen palkit kuvataan tavallisesti viikon jaksoissa, jossa yhdistellään eri kuormitusryhmien töitä. Laskenta ei ota huomioon jakson sisällä mahdollista päällekkäisyyttä vaan kuormitus toteutetaan tässä vaiheessa usein rajoittamattomaan kapasiteettiin. Karkeasuunnittelussa hetkelliset yli- tai alikuormitukset eivät ole ongelma vaan niitä tullaan tasoittamaan hienosuunnitteluvaiheessa. (Haverila ym. 2009, 416-417.)



Kuvio 10. Kuormituspiirros (Haverila ym. 2009, 417)

2.3.3 Hienosuunnittelu

Hienosuunnittelun (operations scheduling / manufacturing planning) lähtökohtana on karkeasuunnittelun karkea ajoitus, joka muokataan tarkaksi tuotantosuunnitelmaksi lyhyelle aikavälille. Tavoitteena on tasaisesti virtaava tuotanto korkealla henkilöstön ja kapasiteetin käyttöasteella. Tuotannon tarkka ajoitus ja tuotantoresurssien käytön suunnitelma vaatii työvaiheiden ja vaiheaikojen tuntemuksen. Hienosuunnittelun tarkkuustaso on yrityskohtaista ja usein tavoitellaan mahdollisimman karkeaa tasoa, joka voidaan saavuttaa kehittämällä tuotannon itseohjautuvuutta esimerkiksi muodostamalla suurempia itseohjautuvia tuotantosoluja. Hienosuunnittelun laadinnan perustana on tuotannon todellinen tilanne. Tiedossa täytyy olla eri kuormitusryhmien työjonot, suunnitelmien jättämät ja häiriöt, jotka vaikuttavat käytettävissä olevaan kapasiteettiin. Hienosuunnittelun keskeisin haaste liittyy jatkuviin muutoksiin ja häiriöihin, jotka edellyttävät tuotannon uudelleensuunnittelua. (Haverila ym. 2009, 417-418; Stevenson 2009, 736.)

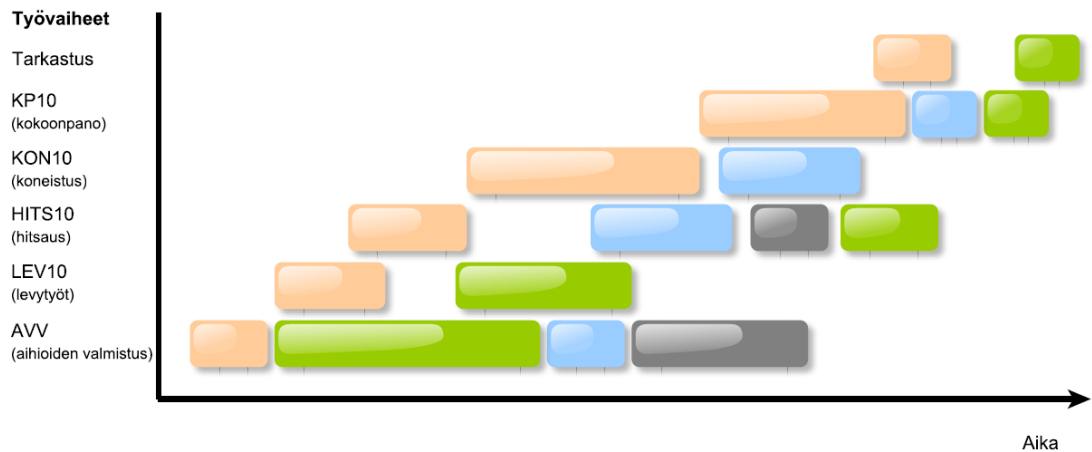
Hienosuunnittelulla pyritään hyvään toimitusvarmuuteen ja korkeaan tuottavuuteen ja sen toteutukseen on yleisiä peruseriaatteita. Hienosuunnittelussa voidaan yhdistellä tuotantoeriä, jolla säästetään asetusajoissa. Eräkoon kasvattaminen liian suureksi voi puolestaan läpäisyajat pidentyä, joka aiheuttaa puolestaan toimitusvarmuuden heikkenemisen. Erityisen suuressa roolissa on pullonkaulojen ohjaaminen, jossa kannattaa painottaa enemmän tuottavuuden maksimointia, koska sen käyttöaste vaikuttaa koko tehtaan tuotantoon. Muiden työvaiheiden myöhästely ei saa vaikuttaa

pullonkaulan tuotantoon. Muissa, kuin pullonkaulavaiheissa kannattaa keskittyä läpäsyaikojen lyhentämiseen. (Haverila ym. 2009, 418; Martinsuo ym. 2016, Hienosuunnittelu eli tuotannon resurssisuunnittelu.)

Hienosuunnittelussa joudutaan järjestämään työt järjestykseen ja siinä on hyvä olla käytössä jokin sovittu yksinkertainen priorisointimalli. Yksinkertaisten priorisointisääntöjen avulla voidaan saavuttaa hyvä lopputulos usein yhden suunniteltavan kuormitusryhmän kannalta, mutta kokonaisuuteen sääntöjen sovellus on haasteellisempaa. Suunnittelujärjestelmissä on erilaisia mahdollisuuksia töiden priorisoinnin tekemiseen ja yleisimpiä sääntöjä ovat:

- saapumisjärjestys FIFO
- pienin pelivara (toimitusaika-vaiheajat)
- pienin pelivara/vaiheiden lukumäärä
- suurin myöhästyminen
- lyhin työvaihe ensin
- pisin työvaihe ensin
- kallein tuote-erä ensin
- nopeimmin valmistuva ensin
- aikaisin aloitusajankohta
- pienin jäljellä olevien vaiheiden lukumäärä
- suurin jäljellä olevien vaiheiden lukumäärä
- asetuskustannusten minimointi (Haverila ym. 2009, 420.)

Hienosuunnittelu voidaan toteuttaa visuaalisessa muodossa Gantt-taulukkona, jossa kukin työvaihe on eritelty ja jaettu eri kuormitusryhmille. Gantt-taulukon voi toteuttaa fyysisesti magneetti- tai legopalikkatauluna tai virtuaalisesti hienosuunnitteluohjelmiston avulla, johon syvennytään luvussa 4.2.2. Gantt näkymän avulla voidaan havainnollisesti testaila eri tuotantojärjestyksiä ja arvioida vaihtoehtojen paremmuutta. Tyypillisesti pystyakselilla esitetään käytettävät resurssit ja vaaka-akselilla aika. Työt jaetaan vaiheisiin ja yhden työn eri vaiheet voidaan esittää yhdellä värillä. Esimerkki Ganttin taulusta on esitetty kuviossa 11. (Haverila ym. 2009, 421; Stevenson 2009, 739-740.)



Kuvio 11. Ganttin taulu (Haverila ym. 2009, 421)

2.3.4 Valmistuksen ohjaus

Valmistuksen ohjaus on hienosuunnittelun tiedon vielä yksityiskohtaisempi taso, jonka lopputuloksena tuotannon henkilökunta saa tiedon, milloin mitäkin työtä täytyy tehdä. Yksityiskohtaisen suunnittelun ja töiden jakelun lisäksi valmistuksen ohjaukseen kuuluu työtehtävien ohjaaminen, valvonta sekä raportointi. Valmistuksen ohjauksen toteutustapa on yrityskohtaista, johon vaikuttaa paljon tuotantovolyymit, tilajärjestelyt sekä tuotannon organisointi. Vakiotuotannolla suunnittelun määrä on pieni, mutta se vaatii valvontaa kustannusten minimoimiseksi. Haasteellisinta on yksittäiset tilaustuotteet, koska ne vaativat paljon suunnittelua ja toteutus on usein haasteellista arvioida ennakolta oikein. (Haverila ym. 2009, 425; Martinsuo ym. 2016, Valmistuksen ohjaus.)

Funktionaalisessa tuotannossa valmistuksen ohjaus toteutetaan eri työpisteisiin ajoitettujen tuotantoerien ohjaamiseen. Työpisteiden suuren määrän vuoksi ohjaus on haasteellista ja usein työtä ei ohjata aloituksen jälkeen vaan annetaan tuotannon edetä omalla painollaan vaiheesta toiseen. Ohjauksessa havahdutaan usein vasta myöhästymiseen, jolloin työ ajoitetaan uudelleen eteenpäin. Solu- ja linjatuotannossa ohjaus on selkeämpää. Työn aloituksesta osa etenee itsenäisesti valmistusketjun läpi ja se voidaan toteuttaa imu- tai työntöohjauksen menetelmin. Työnohjaus toteutetaan solu- tai linjakohtaisilla työmääräimillä. (Haverila ym. 2009, 425; Martinsuo ym. 2016, Valmistuksen ohjaus.)

Valmistuksen ohjaus perustuu usein työmääriin. Yleisesti käytössä ovat työ- ja materiaalmääräimet sekä saattokortit tai näiden yhdistelmät. Työmääräin määrittelee suoritettavan työvaiheen tai valmistettavan tuotteen. Se voi sisältää lisäksi piirustustiedot, työkalutiedot, koneistusohjelman tunnuksen sekä työhön liittyvää muuta ohjeistusta. Materiaalmääräin määrittelee työssä tarvittavat osat ja sen tarkoitus on ohjata materiaaleja työvaiheessa. Saattokortti kertoo valmistettavan tuotteen työnkulun, jotta se ohjautuu oikein seuraavalle työpisteelle. Näiden lisäksi työn ohjauksessa voidaan toimittaa työn suorittajalle esimerkiksi laadunvalvontakortteja sekä urakka- tai tuntikortteja. Nykyaikana tieto- ja mobiilijärjestelmien kehittyttyä työmääräimet sekä ohjeistukset toteutetaan yhä useammin sähköisesti tietokoneen tai älypuhelimien kautta. (Haverila ym. 2009, 425; Martinsuo ym. 2016, Valmistuksen ohjaus.)

Valmistuksen ohjausta voidaan järjestellä ennalta sovittujen priorisointisääntöjen mukaan siihen asti, kunnes työmääräin on toimitettu tuotannon työntekijälle. Sähköisesti toteutettu valmistuksen ohjaus antaa suunnittelulle entistä paremman mahdollisuuden vaikuttaa lähellä tuotantohetkeä olevan tuotannon priorisointiin. Suunnittelun- ja valmistuksen ohjauksen sähköisiä järjestelmiä käsitellään tarkemmin luvuissa 4.2.2 ja 4.2.3. (Martinsuo ym. 2016, Valmistuksen ohjaus.)

Takaisinraportointi on toiminnan ohjaamisen ja kehittämisen kannalta olennaista. Toteumatiedot kertovat tuottavuudesta, resurssien käytösateesta ja läpäisyajoista, jotka ilmaisevat tuotannon tuotantokyvykkyyttä ja tilaa. Mikäli suunnitelmat jatkuvasti poikkeavat toteumasta, tulee arvioida suunnitelman korjausta jatkoa varten. Aikaisemmin työtunnit ja materiaaliotot on kirjattu papereihin käsin, jonka perusteella järjestelmiin on kirjattu tiedot tarvittavin osin. Virhealttiuden vuoksi kirjauskäytäntöjä kehitetään jatkuvasti ja nykyään on usein käytössä viivakoodeja ja erilaisia sähköisiä järjestelmiä, joiden avulla kirjaukset voidaan suorittaa reaaliaikaisesti. (Haverila ym. 2009, 426; Martinsuo ym. 2016, Valmistuksen ohjaus.)

2.4 Tuotannon ohjattavuus

Tuotannon ohjattavuuteen ja ohjauksessa käytettäviin menetelmiin vaikuttaa useat tekijät, joita on kuvattu tässä luvussa. Karkein taso ohjattavuuden kuvauksessa syntyy tuotteiden volyymin ja variaatioiden yhdistelmästä. Seuraavat kappaleet kuvaavat tarkemmin tuotannon jaottelua erilaisten tuotantomuotojen sekä kysynnän vaatimusten perusteella.

Tuotantomuodot

Tuotantoon soveltuva tuotantomuoto määrittelee hyvin pitkälle tuotantojärjestelmän ominaisuudet sekä ohjauksen ja johtamisen periaatteet. Käytännössä yksi valittu tuotantomuoto ei sovellu kaikkeen yrityksen tuotantoon vaan se on sekoitus useampia tuotantomuotoja. Tuotantomuotojen ryhmittely kuvioden 12 ja 13 mukaan auttaa hahmottamaan soveltuvan ohjaustavan valinnassa. (Haverila ym. 2009, 353; Chapman 2006, 6.)



Kuvio 12. Tuotantomuodot (Haverila ym. 2009, 354; Miltenburg 2005, 327, muokattu)

Tuotteen mukaan tuotantomuoto voidaan jakaa tilaustuotannoksi ja vakiotuotannoksi. Suurin osa kulutushyödykkeistä on vakiotuotteita, kuten autot tai vaatteet. Vakiotuotteiksi luetaan myös asiakaskohtaisesti mitoitettut tuotteet, joiden perustiedot ovat olemassa, kuten mittatilausikkunat. Ikkunalla on vakiokonstruktio, joka vain valmistetaan asiakkaan mittojen perustella. Tilaustuotteiksi lasketaan puolestaan kaikki

tuotteet, jotka vaativat edes pienen osan asiakaskohtaista suunnittelua, kuten laiva, rakennus tai taideteos. (Haverila ym. 2009, 353.)

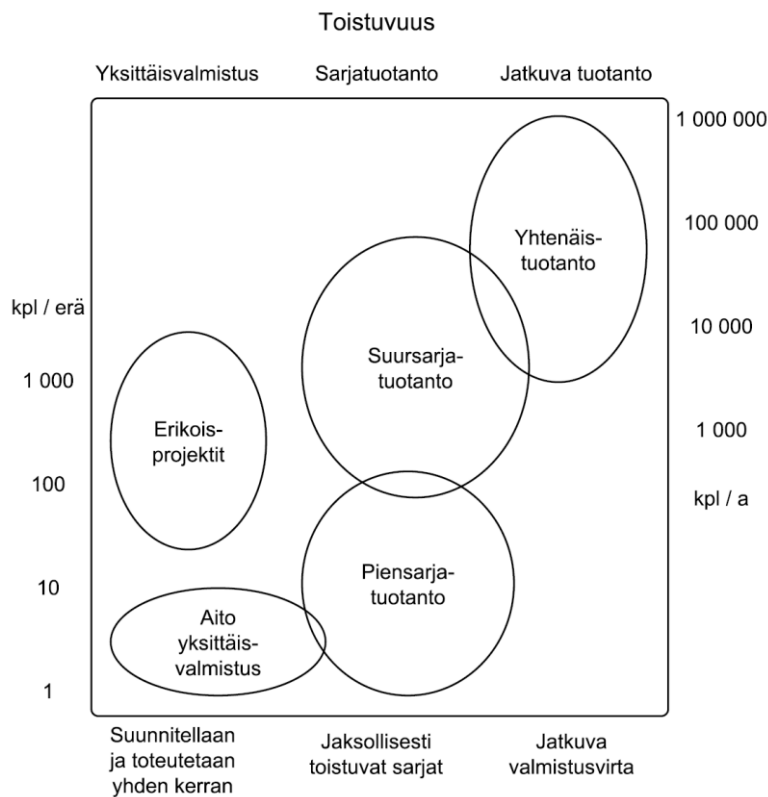
Valmistusaloitteen mukaan tuotantomuodot jakautuvat asiakas- ja varasto-ohjautuvaan. Varasto-ohjautuvan tuotannon aloite syntyy varaston täydennystarpeen perusteella. Suuria määriä kulutettavat vakiotuotteet ovat usein varasto-ohjautuvia. Asiakasohjautuvassa tuotannossa valmistusimpulssi syntyy asiakkaan tilaukseen, koska tuotteen ainutkertaisuuden vuoksi sitä voida valmistaa varastoon vaan vaatimukset saadaan vasta tilausvaiheessa. Vakiotuote voi olla myös asiakasohjautuva, jos tilaustoimitusprosessin läpäisyäikää on saatu kehitettyä asiakkaan vaatimaa toimitusaikaa lyhemmäksi. Konfiguraation hallinnalla on voitu kehittää niin suuria määriä variaatioita vakiotuotteista, ettei niiden valmistaminen varastoon ei ole kannattavaa tai mahdollista. Pilaantuvat tuotteet, kuten esimerkiksi ravintola-annoksien valmistus tapahtuu usein asiakasohjautuvasti. (Haverila ym. 2009, 353-354.)

Valmistusprosessin jatkuvuuden mukaan tuotanto jaotellaan tuotantoeräkoon mukaisesti yksittäis-, sarja- ja yhtenäistuotantoon. Yksittäistuotannon erä koko on yksi. Tuotteet ovat ainutlaatuisia, kuten rakennukset tai laivat, joita ei voida tai haluta varastoida ja ne valmistetaan usein asiakasohjautuvasti yksittäiskappaleina. Investointi-hyödykkeiden markkina on usein yksittäistuotantoa. (Haverila ym. 2009, 354-355; Lappinleimu ym. 1997, 43.)

Sarjatuotannossa valmistetaan tietty erä tuotetta sarja kerrallaan, jolla tavoitellaan tuotantotehokkuuden parantamiseen. Tuottavuuden parantuminen selittyy asetus-aikojen vähentymisellä ja toistuvuudesta kehittyvään oppimiseen. Sarjatuotannon eräkoon suuruuteen vaikuttaa valmistettavien tuotteiden vaihdon asetuskustannukset. Mitä kalliimmaksi tuotteen vaihtaminen tulee, sitä suurempia sarjoja tuotannossa kannattaa toteuttaa. (Haverila ym. 2009, 355.)

Yhtenäis- eli massatuotanto on jatkuvaa tuotantoa, joka jaetaan suursarjatuotantoon ja prosessituotantoon. Suursarjatuotanto on kappale-tavaroiden tuottamista jatkuvassa tuotantoprosessissa, kuten esimerkkinä elintarvike- ja virvoitusjuomateollisuus, jossa lopputuotteet ovat eroteltavissa toisistaan. Prosessituotannossa kappaleita ei

enää voida erottaa toisistaan vaan kappaleet virtaavat vaiheesta toiseen, kuten esimerkiksi kemianteollisuudessa valmistettavat kemikaalit. (Haverila ym. 2009, 353.)



Kuvio 13. Tuotantomuodot toistuvuuden ja volyymin mukaan (Lapinleimu ym. 1997, 45, muokattu)

Tuotantojärjestelmän mukaan tuotanto voidaan jaotella työpajaksi, erätuotannoksi, FMS-järjestelmäksi (Flexible Manufacturing System, joustava valmistussolu), linjatuo-
tannoksi (operaattorin nopeuteen tai koneen nopeuteen perustuva) ja jatkuvaksi
tuotannoksi. Tuotantojärjestelmät sisältävät samoja piirteitä, kuin aiemmin esitetyt
jaottelumenetelmät ja soveltuvat kuvion 12 mukaan samalla tasolla oleviin määritel-
miin. Tuotantojärjestelmän vaikutuksia eri toimintoihin on esitetty taulukossa 2.

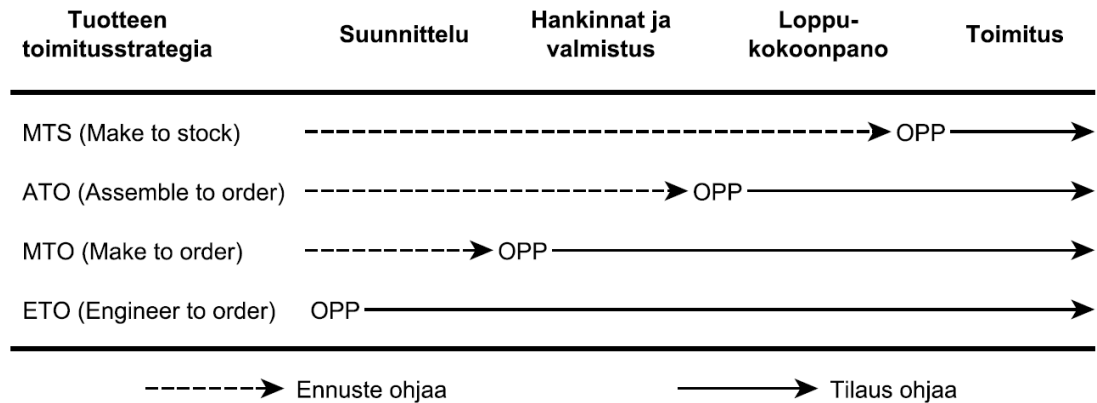
Taulukko 2. Tuotantojärjestelmän vaikutus eri toimintoihin (Stevenson 2009, 242; Miltenburg 2005, 329-419, muokattu)

Toiminto	Työpaja	Erätuotanto	FMS	Linja	Jatkuva
Kustannusarvio	Vaikea	Osittain rutiinia	Rutiini	Rutiini	Rutiini
Yksikkökustannus	Korkea	Kohtalainen	Kohtalainen	Matala	Matala
Työkalujen käyttö	Yleinen käyttö	Yleinen käyttö	Erikoiskäyttö	Erikoiskäyttö	Erikoiskäyttö
Kiinteät kustannukset	Matala	Kohtalainen	Korkea	Korkea	Erittäin korkea
Muuttuvat kustannukset	Korkea	Kohtalainen	Matala	Matala	Erittäin matala
Henkilöstön osaaminen	Korkea	Kohtalainen	Matala	Matala	Matalasta korkeaan
Markkina-alue	Monipuolisuus	Monipuolisuus; osittain standardoidut tuotteet ja palvelut	Monipuolisuus; osittain standardoidut tuotteet ja palvelut	Standardoidut tuotteet ja palvelut	Standardoidut tuotteet ja palvelut
Aikataulutus	Monimutkainen	Kohtalaisen monimutkainen	Kohtalaisen monimutkainen	Rutiini	Rutiini
KET	Korkea	Korkea	Kohtalainen	Matala	Matala
Layout	Funktionaalinen	Funktionaalinen tai solu	Erikoistuotantolinja tai solu. Materiaalivirta linjamainen.	Linja	Linja

Asiakastilauksen kohdentamispiste OPP

Aiemmin mainittujen lisäksi tuotannon ohjauksen periaatteet voidaan jakaa asiakastilauksen kohdentamispisteen (OPP, order penetration point) perusteella. OPP määrittelee, missä kohti tuotantoa kyseinen tuote liitetään asiakastilaukseen ja samalla se on viimeinen vaihe, jossa varasto ei ole kohdistunut asiakkaaseen. Resurssien käyttöä voidaan optimoida ennen OPP hetkeä, jolloin suunnitelmat pohjautuvat vielä ennusteisiin tai suunnitelmiin, eikä tilauksiin. Erilaiset tuotantoympäristöt, kuten make to stock (MTO), assemble to order (ATO), make to order (MTO) ja engineer to order (ETO) vaikuttavat OPP:n ajankohtaan tilaus-toimitusprosessissa ja ne kuvaavat tilaus-toimitus-strategiaa, jolla on laajasti vaikutusta asiakaspalveluun, tuotantotehokkuuteen ja varastojen investointeihin. Merkittävimmät tekijät oikean strategian

valinnassa ovat kysyntä, kysynnän hajonta ja yhteys toimituksen- ja tuotannon läpäisyajoilla. Kuviossa 14 on esitetty erilaisten toimitusstrategioiden ja tuotantovaiheiden yhdistelmiä. (Olhager 2003, Abstract; Lehtonen 2004, 68-69.)



Kuvio 14. Asiakastilauksen kohdentamispistevaihtoehtoja (Olhager 2003, Figure 1)

MTS – Make to stock

MTS tuotanto perustuu ennusteisiin ja tuotteet myydään asiakkaalle valmisvarastosta minimoiden näin asiakkaan toimitusaika. Tämä toimintamalli on käytössä usein päivittäistavara-kaupoissa, jossa täydennykset voidaan toteuttaa varastosta välittömästi. Toimintamalliin soveltuvat tuotteet ovat standardityyppisiä, valmistusmäärät suuria ja tuotanto perustuu ennusteisiin. (Stevenson 2009, 531; Krajewski, Ritzman & Malhotra 2012, 117.)

ATO – Assemble to order

ATO tuotannossa tuotteet viimeistellään loppukokoonpanossa asiakkaan tilausten mukaisesti. Tarve huomioidaan tuotannon karkeasuunnittelussa vain tuoteperheellä heikon ennustettavuuden vuoksi (Chapman 2006, 78). Kokoonpanon viimeistely perustuu usein modulaarisuuteen, jossa standardikomponentteja yhdistelemällä saadaan aikaisesti asiakkaalle räätälöity lopputuote. Tuotannon kokoonpanon läpäisyajan ollessa lyhyt, voidaan asiakkaalle luvata lyhyt toimitusaika. Kokoonpanovaihetta edeltävä tuotanto puolestaan perustuu ennusteisiin ja on näin tuotannon sisäisesti MTS tyyppistä tuotantoa. Lyhyemmän toimitusajan saavuttamiseksi tuotteita voitaisiin valmistaa varastoon, mutta mahdollisesti suurien variaatioiden määrä aiheuttaa

ennusteisiin lisää epävarmuutta ja täten pääoman sitoutuminen varastoon kasvaisi merkittävästi. (Stevenson 2009, 531; Krajewski ym. 2012, 116-117.)

MTO – Make to order

MTO tuotannossa tuote on valmiiksi suunniteltu, mutta valmistuspäätös syntyy vasta asiakkaan tilauksesta. Toimintamalli on käytössä tuotannoissa, jossa lopputuotevarastoon ei ole kannattavaa valmistaa pääomien sitoutumisen vuoksi, kuten lentokoneiteollisuudessa. Toimitusajat ovat suhteellisen pitkiä, mutta kuitenkin lyhyempiä, kuin ETO-tuotannossa. Tuotannon volyymit ovat pieniä yhden kappaleen tai pienien erien kokoisia. MTO tuotanto on hyvin suosittua myös palvelutyypissä tuotannossa. Vaihtelevuuden vuoksi karkeasuunnitteluvaiheessa voidaan arvioida vain karkealla tasolla kapasiteetti ja raaka-ainetarpeita. (Stevenson 2009, 530; Krajewski ym. 2012, 116; Chapman 2006, 78.)

ETO – Engineer to order

ETO tuotannossa tuote suunnitellaan ja valmistetaan asiakastilauksen perusteella. Toimintatapaa käytetään jatkuvasti suurissa rakennusteollisuuden projekteissa, uniikkien talojen valmistamisessa ja muussa yksittäistuotannossa. Toimitusajat ovat muihin tuotantotyyppisiin nähden pitkiä projektimaisen luonteen ja mahdollisten muiden jonossa edellä olevien töiden vuoksi. (Stevenson 2009, 530.)

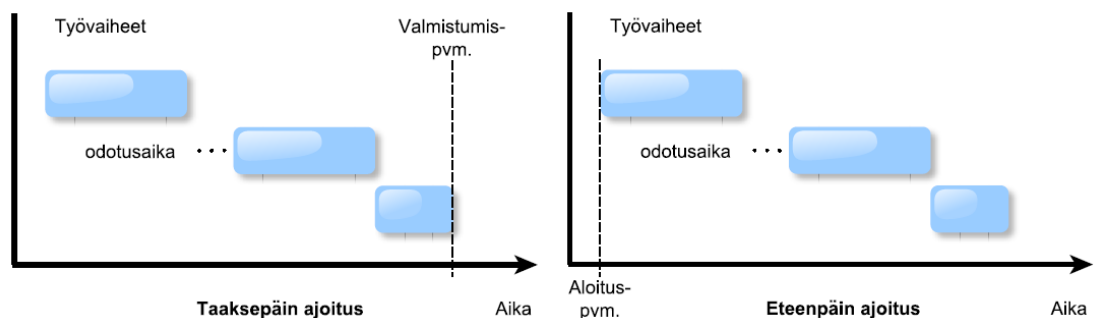
3 Tuotannonohjausmenetelmät ja -filosofiat

3.1 Ajoitus

Tuotannon karkea- ja hienokuormitusvaiheissa tehdään töiden ajoitusta, jotta saavutetaan haluttu tasainen kapasiteetin käyttöaste. Ajoittaminen on tuote-erien vaatimien työtehtävien vaiheajojen sijoittamista suunnitelmaan realistisella tavalla. Ajoituksen perusmenetelmät ovat eteen- ja taaksepäin ajoitukset. Ajoituksen laskentaan

vaikuttaa myös kuormitusmenetelmän huomiointi. Kuormitus voidaan ottaa huomioon rajallisena- tai rajoittamattomana kapasiteettina. (Haverila ym. 2009, 418-419; Vollman, Berry & Whybark 1997, 176.)

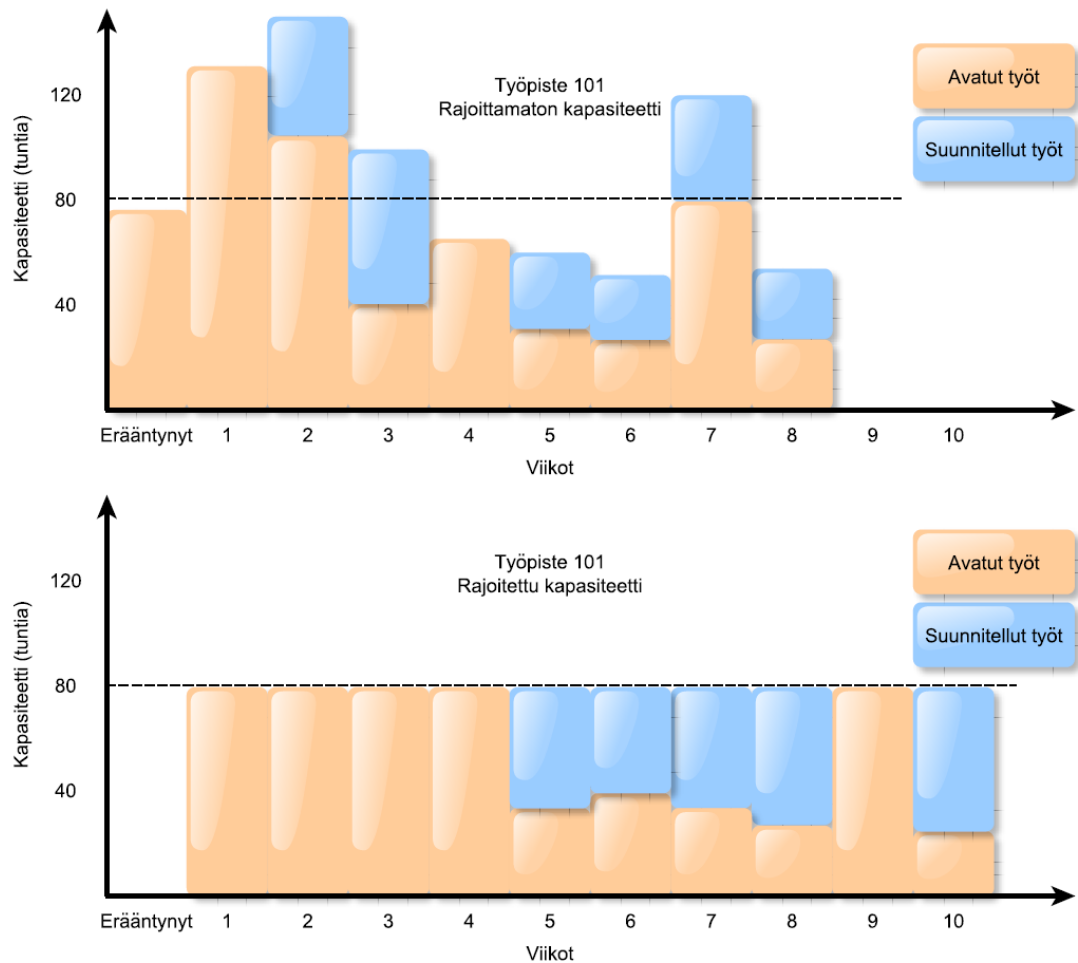
Kuviossa 15 on esitetty perusperiaatteet eteen- ja taaksepäin ajoituksesta. Taaksepäin ajoituksessa ajoitetaan työn viimeisen vaiheen lopetusajankohdaksi suunniteltuun valmistumisajankohtaan. Lasketaan lopetusajankohdesta taaksepäin vaadittu vaiheen kesto, jolloin saadaan viimeisen ajankohdan vaatima aloitusaika. Lasketaan tästä taaksepäin toiseksi viimeisen vaiheen vaatima aika ja käydään samalla periaatteella läpi kaikki työn vaatimat vaiheet. Eteenpäin ajoituksen lähtökohtana on tuotannon aloitusajankohta, johon lisätään ensimmäisen vaiheen aloitusajankohta. Aloitusajankohdasta eteenpäin lasketaan ensimmäisen vaiheen vaatima aika, jolloin saadaan toisen vaiheen aloitusaika. Menetelmä toistetaan koko työvaiheketjun läpi, jolloin lopulta saadaan työn valmistumisajankohta. Ajoituksen tarkkuutta voidaan parantaa lisäämällä odotusaikoja ennen ja jälkeen työvaiheen. (Haverila ym. 2009, 419.)



Kuvio 15. Taakse- ja eteenpäin ajoitus (Haverila ym. 2009, 419, muokattu)

Karkeakuormitusta tarkastellessa töiden todellisella ajoituksella ei ollut merkitystä, koska tarkasteltiin kapasiteetin riittävyyttä kokonaisuutena. Tässä suunnittelun vaiheessa työt on ajoitettu rajoittamattomaan kapasiteettiin, jolloin kuormitusryhmällä saattaa olla useita töitä kuormitettuna samanaikaisesti ja toisena hetkenä ei kuormitusta ollenkaan. Suunnitelman tarkentuessa hienosuunnittelussa voidaan hyödyntää rajoitettua kapasiteettia, joka jakaa työkuorman määriteltyjen ajoitussääntöjen mukaisesti. Sääntöinä ovat ajoitustapa eteen- tai taaksepäin, käytettävissä oleva kapasiteetti, työvaiheiden vaaditut kuormitusryhmät sekä määritelty yhden tai useamman työn valmistusjärjestys. Rajoitetun ja rajoittamattoman kapasiteetin eroja on kuvattu

kuviossa 16. Kuviosta voidaan havaita, että työkuorman pituus viikoissa muuttuu kapasiteetin rajoituksen vaikutuksesta. (Vollman ym. 1997, 174-176.)



Kuvio 16. Rajoittamattoman ja rajoitetun kapasiteetin erot (Vollman ym. 1997, 176)

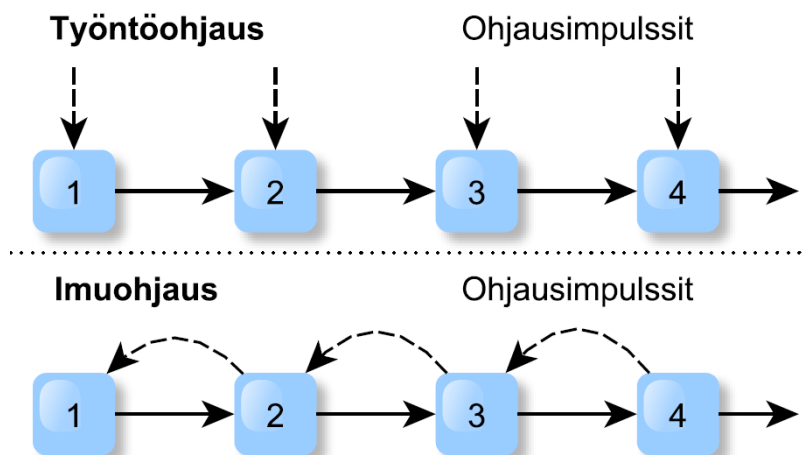
3.2 Työntö- ja imuohjaus

Tuotanto voidaan jakaa valmistusimpulssin mukaan kahteen eri luokkaan, työntö- ja imuohjaukseen. Kuviossa 17 on kuvattu molempien menetelmien periaatteet. Työntöohjauksen periaatteen mukaan ohjausimpulssi tulee suunnittelusta, jonka jälkeen tuotantoerä työnnetään tuotannon läpi. Menetelmän käytöstä riippuen suunnitelmasta tuleva impulssi voi tulla vain ensimmäiselle vaiheelle, jonka jälkeen työ virtaa aikanaan ketjun läpi tai jokaiselle työvaiheelle annetaan impulssi työn suorittamisesta. Työntöohjatussa tuotannossa jokaisen työvaiheen välillä pidetään välivarastoa, jotta koko tuotanto ei seisahtu yhden vaiheen ongelmien vuoksi. Välivarastot ja kes-

keneräiseen tuotantoon sitoutuneen pääoman ohjaus on työntöohjauksen heikkouksia. Hienosuunnitteluperiaatteet järjestelmissä perustuvat yleisesti työntöohjaukseen. (Haverila ym. 2009, 422; Greasley 2013, 306-307.)

Imuohjauksen periaatteena on valmistaa tuotteita tarpeeseen. Tuotantoketjussa koonpanoon "imetään" osia välttämättömän tarpeen verran. Ohjausimpulsseina toimivat jatkuvasti tuotannossa kiertävät kortit tai laatikot, jotka tuotantovaiheessa täytetään ja toimitetaan varastoon tai seuraavaan työvaiheeseen, josta ne palautuvat aikanaan tyhjänä takaisin ja toimivat valmistusimpulsseina. Imuohjauksen periaatteella tuotannolle ei ohjata työtä, jos sillä ei ole tarvetta, jonka vuoksi käytettävissä olevaa kapasiteettia ei pidetä kiireisenä. Imuohjaus soveltuu erityisesti vakiotuotannolle, jolla on tasainen menekki. Imuohjauksen etuna on lyhyt läpäisy aika, joka perustuu pieniin tuotantoeriin. Pienet eräkoot ja minimoidut välivarastot puolestaan vaativat prosessilta virheetöntä laatua, koska pienetkin virheet ketjussa voi aiheuttaa koko tuotantoon katkoksia. (Haverila ym. 2009, 422; Hopp & Spearman 2011, 356-357, 307; Vollman ym. 1997, 79.)

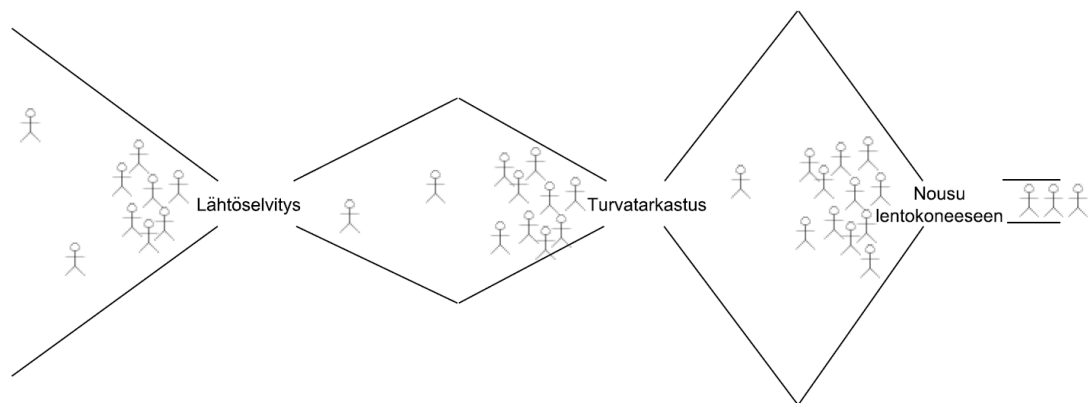
Tuotantoa voidaan ohjata vain yhdellä menetelmällä tai molempien yhdistelmällä. Esimerkiksi kokonaisaikataulu ja tilauskohtaiset valmistustehtävät voi suunnitella työntöohjauksella ja toteuttaa vakio-osien valmistuksen ohjauksen imuohjauksen periaatteella. (Haverila ym. 2009, 423.)



Kuvio 17. Työntö- ja imuohjaus (Haverila ym. 2009, 423)

3.3 Pullonkaulaohjaus

Yrityksen liiketoiminnan kaikissa toiminnoissa on rajoitteita, jotka estävät kokonaisuutta toimimasta tehokkaammin. Näitä esteitä kutsutaan pullonkauloiksi. Pullonkaulat ovat prosessin vaiheita tai osavaiheita, jotka rajoittavat läpimenoa pullonkaulan tavoin. Pullonkaulan läpäisy aika on prosessin pisin, jolloin sen läpivirtaus on pienintä ja tämän vuoksi pullonkaula määrittelee prosessikokonaisuuden tehokkuuden ja tahdin. Kuviossa 18 on kuvattu lentoasemalla lentokoneeseen meno prosessina, jossa on pullonkaulapisteitä, joihin muodostuu ruuhkia. (Modig, Åhlström & Tillman 2013, 37-38.)



Kuvio 18. Pullonkaulat lentoasemalla (Modig ym. 2013, 37)

Eliyahu Goldratt ja Jeffrey Cox ovat esitelleet teoksessaan *The Goal* (1984) systemaattisen lähestymistavan, joka keskittyy liiketoiminnan rajoitteiden poistamisella kohti lopullista päämäärää eli liikevoiton maksimointia ja tehokasta resurssien käyttöä. Menetelmän suomennoksena on käytetty termiä Kapeikkoajattelu (Theory of Constraints, TOC), jota voidaan kutsua myös esteiden teoriaksi. TOC soveltuu kaikenlaisen prosessimaisen toiminnan kehittämiseen. Menetelmän mukaan kehitettäessä mitä tahansa prosessia on sen vaikutus ehdottoman tärkeää yhdistää yrityksen taloudellisiin mittareihin. Taulukossa 3 on esitetty operatiivisten mittareiden yhteys TOC näkökulmaan sekä taloudellisiin mittareihin. (Krajewski ym. 2012, 265; Stevenson 2009, 756.)

Taulukko 3. Operatiivisten mittareiden yhteys taloudellisiin mittareihin (Krajewski ym. 2012, 265)

Operatiivinen mittari	TOC näkökulma	Yhteys taloudellisiin mittareihin
Varasto	rahaa, joka on sidottu tuotteisiin ja materiaaleihin, joita käytetään prosesseissa	varaston pienentyminen vaikuttaa nettotuloksen, sijoitetun pääoman tuoton ja kassavirran kasvuun
Läpivirtaus	tahti, jolla järjestelmä tuottaa rahaa myydyistä tuotteista	läpivirtauksen lisääntyminen vaikuttaa nettotuloksen, sijoitetun pääoman tuoton ja kassavirran kasvuun
Käyttökustannukset	raha, joka tarvitaan varaston muuttamiseksi läpivirtaukseksi; sisältäen tarvikkeet, hävikin, poistot ja niin edelleen	käyttökustannusten pienentyminen vaikuttaa nettotuloksen, sijoitetun pääoman tuoton ja kassavirran kasvuun
Käyttöaste	kapasiteetin käyttöaste. keskimääräisen toteuman suhde maksimaaliseen	käyttöasteen lisääntyminen pullonkaulalla vaikuttaa nettotuloksen, sijoitetun pääoman tuoton ja kassavirran kasvuun

TOC tavoitteena on läpivirtauksen kasvattaminen saman aikaisesti, kun varastoa ja käyttökustannuksia pienennetään. TOC periaatteiden mukaan koko arvoa tuottava prosessi synkronoidaan toimimaan pullonkaulojen määräämässä tahdissa. TOC periaatteet on esitelty yhdeksän kohdan listana:

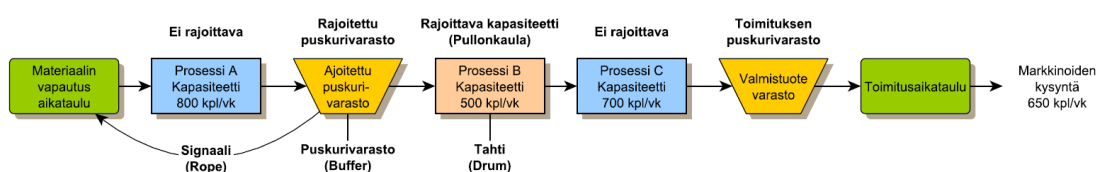
1. Tasapainota virtaus, älä kapasiteettia.
2. Muiden kuin pullonkaularesurssien käyttöaste määräytyy jonkin pullonkaulan mukaan. Ainut 100 % käyttöasteella toimiva resurssi on pullonkaula.
3. Resurssitehokkuus ei ole kokonaistehokkuuden kannalta tehokkain mahdollinen tapa. Resurssin käyttö ilman pullonkaulan tarvetta on hukkaa.
4. Menetetty tunti pullonkaulassa on menetetty tunti koko järjestelmässä, sitä ei saa koskaan takaisin.
5. Muualla kuin pullonkaulassa säästetty tunti on arvoton, se ei todellisuudessa lisää koko järjestelmän lopullista tuottavuutta.
6. Pullonkaulat määrittelevät läpivirtauksen ja varastojen tason. Varasto kerääntyy ennen pullonkaulaa ja sen jälkeen varastoa ei kannata pitää.
7. Kuljetuserän tulee usein olla erisuuri kuin valmistuserä.
8. Valmistuksen eräkoon tulee olla muuttuva, ei vakio. Vaihtelevalla eräkoolla tasoitetaan valmistussyklin virtausta.
9. Tuotantoaikataulua laadittaessa täytyy ottaa huomioon kaikki pullonkaulat samanlaisesti. (Greasley 2013, 232-233.)

TOC prosessin kautta toiminnan kehittäminen on kuvattu viisivaiheisena prosessina:

1. Etsi pullonkaulat.
2. Suunnittele, kuinka pullonkaulat voi käyttää parhaalla mahdollisella tavalla.
3. Suunnittele kaikki muut toiminnot pullonkaulojen mukaan.
4. Avarra pullonkauloja.
5. Toista prosessi seuraaville pullonkauloille. (Krajewski ym. 2012, 266-267.)

Pullonkauloja voi esiintyä kaiken muotoisissa tuotannoissa työpajoista jatkuvaan prosessiin. Pullonkaulojen tunnistaminen eri muotoisista tuotannoista toteutetaan erityyppisin keinoin. Tuotannon tuotevariaatioiden monipuolisuuden vuoksi pullonkaulojen tunnistaminen saattaa olla haasteellista. Tuotevariaatiot lisäävät mahdollisia asetusaikoja, joka vaikuttaa valmistuksen kannalta kerralla valmistettavaan taloudelliseen eräkokoon. Riippumatta asetusaikojen merkittävydestä, voidaan pullonkaula tunnistaa sen käyttöasteesta. Yksinkertainen tapa lähestyä ongelmaa on kysyä tuotannon työntekijöiltä ja esimiehiltä mahdollisia pullonkauloja ja aloittaa niiden tarkempi tutkiminen. (Krajewski ym. 2012, 268-270.)

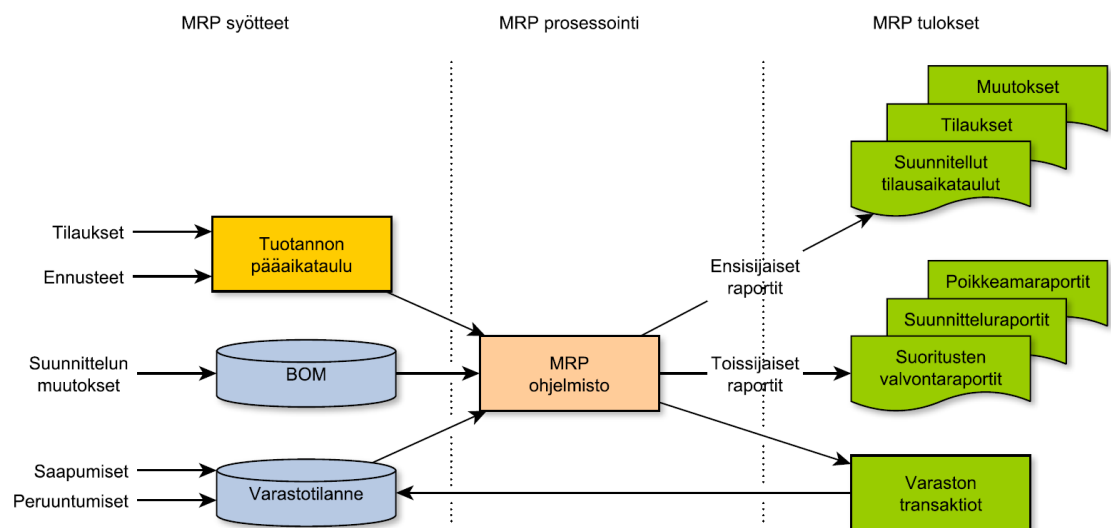
Pullonkaulojen tunnistuksen jälkeen tavoitellaan kyseisen resurssin maksimaalista käyttöastetta, koska se sanelee koko tuotantolaitoksen tahtiajan (Drum). Pullonkaulalle luodaan tarkka lyhyen aikaväli suunnitelma, jonka tarkoituksena on minimoida mahdolliset muusta prosessista johtuvat odotusajat. Erityisen tärkeää on suunnitella toiminta ennen pullonkaulaa. Pullonkaula sanelee edellisten työvaiheiden tarpeet eli pullonkaulaa ennen toimitaan imuohjauksen ja JIT-tuotantofilosofian mukaisesti (Rope). Pullonkaulan materiaalitarve varmistetaan sopivan kokoisella puskurivarastolla (Buffer). Pullonkaulan jälkeen tuotanto toimii työntöohjauksena, joka saa impulssin pullonkaulasta. Kuviossa 19 on kuvattu pullonkaulaohjauksen periaate, jonka englannin kielinen termi on Drum-Buffer-Rope. (Krajewski ym. 2012, 270-272; Greasley 2013, 233-234.)



Kuvio 19. Pullonkaulaohjauksen periaate (Krajewski ym. 2012, 273)

3.4 MRP- ja MRP II-tuotannonohjaus

MRP (Material Requirement Planning) suomennoksena käytetään termiä Materiaalin tarvelaskenta. MRP on tietojärjestelmäpohjainen menetelmä, joka on saanut alkunsa 1960-luvulla IBM:llä, jolloin Joseph Orlicky ja muut kehittäjät ratkaisivat aikataulutusta ja varastonhallintaongelmia. 1972 menetelmä sai huomiota ja sen käyttö laajeni merkittävästi. Nykyään MRP on lähes jokaisen tuotannon tietojärjestelmän perusominaisuus. MRP:n perusperiaate on laskentatapa, jolla lopputuotteiden vaatimat tarpeet puretaan tuotannon aikataulusuunnitelman mukaisesti alikokoonpanoihin, komponentteihin ja raaka-aineisiin taaksepäin ajoitetulla menetelmällä. MRP:tä voidaan kuvata tekniikaksi, mutta se on samalla filosofia. MRP on tuotannon aikataulutussuunnitelma ja samalla se toimii varaston hallinnan menetelmänä. MRP on suunniteltu vastaamaan kolmeen kysymykseen; Mitä tarvitaan? Paljonko tarvitaan? Milloin tarvitaan? MRP-järjestelmän toiminnan syötteet ja tulokset on kuvattu kuviossa 20. (Stevenson 2009, 648-649; Hopp & Spearman 2011, 114.)



Kuvio 20. MRP ohjelmiston periaate (Stevenson 2009, 649)

Merkittävimmät syötteet MRP laskentaan ovat valmistettavien tuotteiden rakenne (BOM, Bill of materials), joka kertoo mitä kaikkea lopputuotteen valmistamiseen tarvitsee; tuotannon pääaikataulu, joka määrittelee lopputuotteiden määrän ja valmistajankohdan; varastotilanne, joka kertoo mitä materiaalia on käytettävissä ja ti-

lauksessa. Tuotannon pääaikataulun pääkohdat on kuvattu karkeasuunnittelun yhteydessä kappaleessa 2.3.2. BOM on lista kaikista lopputuotteen valmistamiseen käytettävistä kokoonpanoista, alikokoonpanoista, komponenteista ja raaka-aineista, joita tarvitaan yhden lopputuotteen valmistamiseen. BOM kuvataan usein puumaisena rakenteena, joka havainnollistaa lopputuotteen jakautumiseen alikokoonpanoihin ja siitä edelleen komponentteihin ja raaka-aineisiin. BOM on hyvä lähtökohta tuotteen valmistuksen työvaiheiden määrittelyyn, mutta se ei itsessään kerro valmistuksen vaihejakoa. Varastotilanne ottaa huomioon varaston nykytilanteen sekä tulevaisuuden ennalta tiedossa olevien transaktioiden mukaisesti. Varastotilanteeseen vaikuttaa saapuvat tilaukset, mahdolliset toimitusviivästykset sekä tulevan tuotantosuunnitelman mukainen kulutus. Varaston tiedoista käytetään hyödyksi myös tilausten läpäisyajoja tilauksesta toimitukseen. (Stevenson 2009, 650-653.)

MPR prosessointi toteutetaan ohjelmiston avulla. Tuloksen kannalta on erityisen tärkeää, että syötteen ovat kaikilta osin oikeita ja ajan tasalla. MRP:n toimintamalli jokaiselle osalle on seuraavanlainen:

1. Nettotarpeet. Määritellään osien nettotarpeet vähentämällä bruttotarpeista nykyisen varaston arvo sekä erääntyvät tilaukset. Lopputuotteiden bruttotarpeet perustuvat tuotannon karkeaan valmistusaikatauluun ja rakenteen alempien tasojen MRP:n operaatioihin.
2. Erien muodostaminen. Nettotarpeet jaetaan ohjausparametrien mukaisesti sopiviin eräkokoihin, joista muodostuu tuotannon työt.
3. Aikatauluttaminen. Valmistuspäivän ja tuotannon läpäisyajojen perusteella lasketaan tuotannon aloitusajat.
4. Tuoterakenteen läpikäynti. Puretaan tuoterakenteen mukaiset bruttotarpeet alemman tason osille tuotannon aloitusaikojen, eräkokojen ja tuoterakenteiden mukaisesti.
5. Iterointi. Vaiheiden läpikäynti kaikilta tuoterakenteen tasoilta.
6. Suunnitelmien vapautus. MRP:n laskennan mukaan tehty tarvelaskentaehdotus hyväksytään, jonka jälkeen tarpeet muuttuvat tuotannon töiksi ja ostotilauksiksi. (Chapman 2006, 133.)

MRP prosessin tuloksena syntyy raportteja, jotka voidaan jakaa ensisijaisiin ja toissijaisiin raportteihin. Raportit usein räätälöidään toiminnan johtamisen kannalta taustauskohtaisesti.

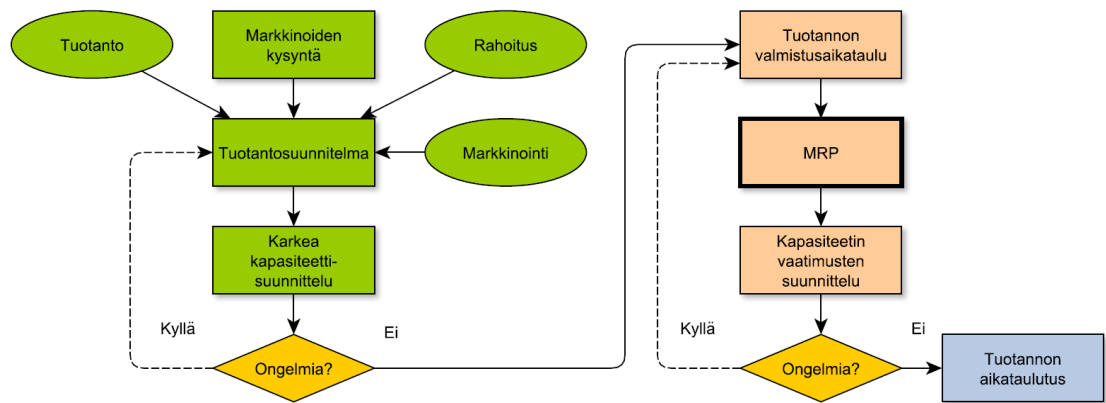
Ensisijaisia

1. Suunnitellut tuotannon tilaukset – tulevana aikana tehtävät tilaukset
2. Suunnitelmien julkaisu – tuotantoehdotukset hyväksytään
3. Muutokset – suunniteltuihin tilauksiin vaikuttavat muutokset, jotka täytyy uudelleen suunnitella sekä peruuntuneet tilaukset

Toissijaisia

1. Suoritusten valvontaraportit – suunnitelmista poikkeamat mukaan lukien myöhästyneet toimitukset, varastojen loppumiset ja tietoa kustannuskehityksestä.
2. Suunnitteluraportit – tulevan vaihto-omaisuusennusteen näkymä sisältäen tiedon vahvistetuista tilauksista ja muuta dataa tulevaisuuden arviointiin.
3. Poikkeamaraportit – merkittävimpien poikkeamien havainnointiin, kuten myöhästyvät ja myöhässä olevat toimitukset, korkea hävikkiaste, virheiden määrä ja materiaallipuutteet. (Stevenson 2009, 661.)

MRP II-järjestelmät kehittyivät 1980-luvulla, kun yritykset halusivat ottaa laajemmin huomioon eri tekijöitä, kuten markkinoinnin, rahoituksen ja suunnitteluprosessit. MRP II ei korvannut MRP järjestelmää vaan MRP:n ympärille kehitettiin lisää toimintoja, jotta kokonaisuutta voisi ohjata hallitummin. Yhtenäisen järjestelmän etuna on myös kaikkien osapuolten toimintojen liittyminen toisiinsa, jolla saadaan henkilöstö toimimaan yhteisten tavoitteiden mukaisesti. MRP II-järjestelmän toimintaperiaate on esitetty kuviossa 21. MRP II-järjestelmä jakautuu hierarkkisesti kolmen eri aikajän-teen, pitkän ja keskipitkän aikavälin suunnitteluun sekä lyhyen aikavälin hallintaan. Pitkän aikavälin suunnittelu ottaa huomioon valmistusresurssit, taloudellisen tilan-teen eri aikajaksoilla sekä myynnin ennusteet. Kokonaissuunnitteluvaiheessa kaikkien resurssien täytyy täyttää vaatimukset, jotta suunnitelma voidaan vahvistaa ja edetä seuraavalla tasolle. Keskipitkällä aikavälillä suunnitelmaa tarkastellaan MRP:n avulla ja suunnitelmaa voidaan joutua muuttamaan, jotta kaikki tuotannon vaatimat edelly-tykset on täytetty. Tuotantosuunnitelman hyväksyttyä tuotantoa aletaan toteutta-maan aikataulun mukaisesti ja tilannetta seurataan raporttien avulla. Useat MRP II-järjestelmät sisältävät myös simulointi mahdollisuuksia, joilla on mahdollista tarkas-tella eri skenaarioiden vaikutusta kokonaisuuteen. (Stevenson 2009, 664-665.)



Kuvio 21. MRP II prosessi (Stevenson 2009, 665)

3.5 Lean-filosofia

Lean on filosofia yhdistettynä menetelmiin, jossa keskitytään arvoa tuottamattoman toimintojen poistamiseen koko toimitusketjusta. Leanin kolme peruselementtiä ovat:

- kysyntäohjautuvuus
- hukan poisto
- kulttuuri, joka on omistautunut erinomaisuuteen ja jatkuvaan parantamiseen.

John Krafcik käytti ensimmäisenä Lean-termiä artikkelissaan 'Triumph of the Lean Production System' vuonna 1988, joka kertoi menestyksekkäistä autotehtaista, jotka toimivat 'Lean' -periaatteiden mukaisesti. Tehtaat kykenivät tuottamaan useita eri automalleja yhä säilyttäen korkean laadun ja tuottavuuden. Samainen viesti julkaistiin uudelleen James Womackin, Daniel Jonesin ja Daniel Roosin teoksessa 'The Machine That Changed the World' vuonna 1990, josta Lean-termi on tullut tunnetuksi. Teos käsittelee pääosin Toyotan autovalmistuksen tuotantojärjestelmää nimeltä "Toyota Production System (TPS). Nykyään Lean-termiin on yhdistetty yhä enemmän erilaisia kehittämismenetelmiä. (Greasley 2013, 297; Stevenson 2009, 694.)

JIT – Tuotannonohjaus

Lean-tuotannon ohjaus perustuu Toyotan Just In Time -toimintatapaan (JIT), jonka suomennos on Juuri Oikeaan Tarpeeseen (JOT). JIT-toimintamallissa pyritään oikea-

aikaisuuteen, jolloin tuotteet ja osat valmistetaan tai toimitetaan välittömän tarpeen perusteella. Ohjauskeinona voidaan käyttää kanban-ohjausta. JIT-periaatteen mukaisesti tavoitteeseen päästään läpäisyajoja lyhentämällä. Lyhyet läpäisyajat mahdollistavat valmistuserien pienentämisen ilman kannattavuuden heikkenemäistä. JIT-tuotannon perustana on selkeä tuotanto, jossa materiaalivirrat ja tuotannonohjaus ovat selkeitä ja tehokkaita kokonaisuuksia. (Haverila ym. 2009, 428.)

JIT-tuotanto perustuu todelliseen asiakkaan tarpeeseen ja on täten imuohjautuvaa. Imuohjautuva tuotanto tukee yhden kappaleen virtausta ja pieniä eräkokoja. JIT-tuotannon ideaalierä koko on yksi, jota ei aina saavuteta, mutta pidetään tavoitteena. JIT-tuotannon pienet eräkoot vaativat erityistä joustavuutta, joka aiheuttaa kapasiteetin käyttöasteen laskun. Alhaisempi kapasiteetin käyttöaste mahdollistaa työntekijän useamman koneen yhtäaikaisen käytön. Solutuotanto onkin yksi parhaiten JIT-tuotantoon soveltuvista layout-muodoista. Solutuotannon etuja ovat tuotannon tasottaminen, työnkierto sekä välitön palaute mahdollisista laatuvirheistä. (Tuotantojärjestelmien suunnittelu A/B 1994, 51, 53; Lehtonen 2004, 65.)

JIT-tuotannon keskeisiä periaatteita ovat:

- tehokas laadunohjaus
- henkilöstön sitoutuminen kehitystyöhön
- välivarastojen minimointi tai poisto
- ohut tasainen materiaalivirta
- toiminnan jatkuva kehittäminen
- ennaltaehkäisevä kunnossapito
- alihankkija- ja toimittajasuhteiden kehittäminen
- nopea läpäisy aika
- selkeät materiaalivirrat
- pieni valmistuserä koko
- tasoitettu tuotanto
- visuaalinen tuotannonohjaus
- imuohjaus (Haverila ym. 2009, 429.)

Kanban

Kanban on Taiichi Ohnon vastine Henry Fordin aikoinaan kehittämälle linjamaiselle työntöohjaukselle. Kanban on JIT-periaatteen mahdollistava signaalimenetelmä, jolla edelliseen työvaiheeseen voidaan viestiä tuleva tarve. Kanban on japaninkielinen

termi, joka suomeksi käännettynä tarkoittaa korttia. Kortti sisältää yleensä tietoa, kuten valmistettavan tuotteen tunnisteen, varaston sijainnin, pakkauseräköön, työpisteen tai toimittajan. Mekanismin alkuperäinen periaate on laatikko, joka tyhjentyyessä palautetaan takaisin edelliseen vaiheeseen. Tyhjä laatikko tarvetta ilmentävän kortin kanssa on itsessään automaattinen signaali tarpeesta, joka käynnistää tuotannon. (Womack, Daniel, Roos 2007, 61; Chapman 2006, 208-209.)

Kanban-kortteja on kahta eri tyyppiä, kuljetuskanban sekä valmistuskanban. Kuljetuskanban on laatikon sivussa oleva kortti, joka siirretään kortin osoittamaan kokoonpanopisteeseen. Täynnä olevan laatikon käyttöönoton jälkeen kortti ja laatikko palautuvat keräilypisteen kautta komponentin valmistajalle, joka valmistaa laatikkoon kanbanin ilmoittaman määrän samaista tuotetta. Valmiit laatikot toimitetaan jälleen kokoonpanopisteeseen, josta kerätään samalla tyhjät takaisin. Kanban-järjestelmän voi toteuttaa myös yksi-kortti järjestelmänä, jolloin erillistä kuljetuskanbania ei ole käytössä. Yksi-kortti järjestelmä soveltuu paremmin tuotantoon, jossa on vain yksi välivarasto työpisteiden välillä. Kaksi-kortti järjestelmä soveltuu paremmin tuotantoon, jossa työpisteiden välit ovat suuria ja siirtoja varten on erilliset kuljettajat. (Chapman 2006, 209-212; Haverila ym. 2009, 423-424.)

Kanban-järjestelmällä toteutettu imuohjattu tuotanto on itseohjautuvaa, jonka priorisointi kiireellisissä tilanteissa voi olla haasteellista. Useita eri tuotteita valmistava tuotanto voi joutua priorisoimaan töitä ja tällöin tieto todellisesta tarpeesta on merkittävä. Valmistusta odottavien kanbanien määrä voi kertoa ensimmäiseksi priorisoitavasta, mutta se ei kaikissa tapauksissa näin ole. Kanban-järjestelmää ohjataan tuotannon karkeasuunnittelussa ennustettujen tarpeiden pohjalta. Suunnitelman perusteella säädetään valmistuserät ja korttien lukumäärät tarpeisiin sopivaksi. Menekin muuttuessa voidaan korttien lukumäärää ja eräkoja muuttaa. Tuotannon optimointia voi toteuttaa pienentämällä korttien lukumäärää ja eräkoja. (Chapman 2006, 214; Haverila ym. 2009, 424-425.)

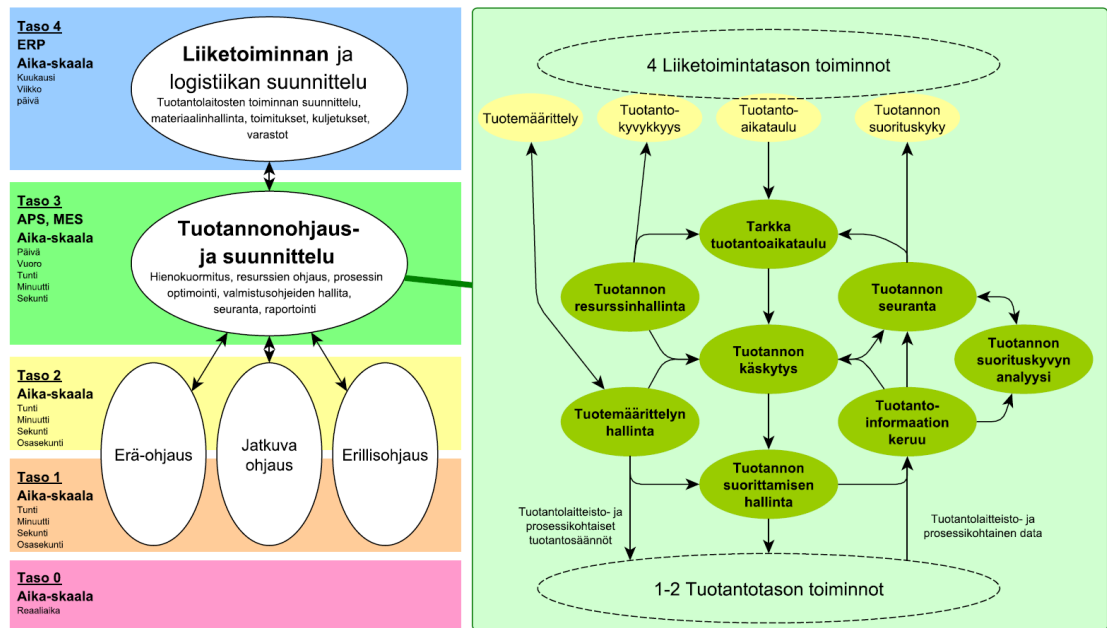
Imuohjaus Kanbanin avulla ja työntöohjaus MRP:n avulla eivät ole toisiaan poissulkevia vaihtoehtoja. Tuotannonohjauksessa voidaan käyttää molempia menetelmiä ja

niiden parhaita puolia. MRP-mallin mukaisesti voidaan reagoida paremmin esimerkiksi projektien aiheuttamiin tuotantopiikkeihin, joihin tarvittavat pitkän toimitusajan materiaalit saadaan hankittua ajallaan. MRP ottaa huomioon paremmin myös oman valmistuksen kapasiteetin tarpeen, jos siinä tulee merkittävää vaihtelua. Vaikka ohjauksessa käytettäisiinkin osittain MRP-mallia valmistuksen tarpeiden arviointiin ja materiaalien hankintaan, voi tuotannon operatiivinen ohjaus toimia siitä huolimatta tehokkaasti imuohjauksen ja karkeiden suunnitelmien pohjalta. (Chapman 2006, 216-217.)

4 Tuotannonohjausjärjestelmät

4.1 ISA-95 standardi

ISA-95 standardi ja sen kansainvälinen IEC 62264 versio on suurten järjestelmätoimijoiden kanssa yhteistyössä kehitetty standardimalli liiketoiminnan- ja tuotannonhallintajärjestelmien integrointiin. ISA-95 standardin tavoitteena on vähentää riskejä, kustannuksia ja virheitä järjestelmäintegraatioprojektien rajapintojen toteutuksessa. ISA-95 standardi kuvaa terminologian, joka helpottaa järjestelmätoimittajan ja järjestelmän käyttäjän välistä kommunikaatiota. Se tarjoaa myös johdonmukaiset informaatiomallit liiketoiminnan ylimmän hallinnan tason ja alimman tuotannon toteutuksen tason välille. ISA-95 tarjoaa myös geneeriset aktiviteettimallit, jotka toimivat perustana eri järjestelmien liittämässä eri informaatioon. ISA-95 standardin mukaiset suunnittelun ja ohjauksen tasot ja niihin liittyvät toiminnot on kuvattu kuviossa 22. (Kivikunnas & Heilala 2011, 13; Scholten 2007, 27-28.)



Kuvio 22. ISA-95 standardin tasot ja suunnittelun toiminnot (Scholten 2007, 29, 41, muokattu)

Vasemmalla puolella kuvattu standardin järjestelmäjako viiteen eri tasoon ja niiden tyypillisimmät tehtävät. Tasojen tehtävillä on eri aikatarkkuudet. Ylimmällä liiketoimintatasolla puhutaan kuukausitason tehtävistä ja alatasolla puhutaan tuotantolaitteen toiminnoista alle sekunnin tarkkuudella. Tasoihin on yhdistetty tietojärjestelmät: ERP (Enterprise Resource Planning, Toiminnanohjausjärjestelmä), APS (Advanced Planning and Scheduling, Tuotannonsuunnittelu- ja ohjausjärjestelmä) ja MES (Manufacturing Execution System, Tuotannonohjausjärjestelmä), joita ei standardissa ole esitetty, mutta käytännössä tänä päivänä tuotannon suunnittelu- ja ohjausjärjestelmät toimivat tasoilla 4 ja 3. Tasot 0-2 kuvaavat tuotannon lattiataason suorittamista sisältäen fyysisen prosessin ja laite- tai automaatiotason. Kuvion 22 oikealla puolella on kuvattu tason 3 tuotannonohjauksen- ja suunnittelun hallinnan aktiviteettimalli. Standardin kuvat ja funktioiden määrittelyt antavat selkeän kuvan tuotannon eri toiminnoista ja niiden välisistä yhteyksistä. Selkeän mallin pohjalta on helppoa aloittaa oman tuotannon prosessien kuvaaminen ja yhteydet tietojärjestelmiin. (Scholten 2007, 29-30, 41-42.)

4.2 Tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen järjestelmät

4.2.1 ERP – Toiminnanohjausjärjestelmä

Yritysten organisaatiot ovat monimutkaisia kokonaisuuksia, joiden toiminnot kuten hankinta, tuotanto, jakelu, myynti, henkilöstöhallinto, talous ja kirjanpito täytyy toimia tehokkaasti yhteen, jotta saavutetaan yrityksen päämäärä. Tiedonkulku erillisten toimintojen sisällä voi olla hallittavissa ilman apuvälineitä, mutta tiedonkulku kaikkien eri toimintojen välillä suurissa määrin on mahdotonta ilman yhteistä järjestelmää, joka mahdollistaa tiedon jaon kaikille käyttäjille. ERP-järjestelmät (Enterprise Resource Planning) ovat vastaus standardoituun informaation varastointiin ja tehokkaaseen tiedonjakoon eri toimintojen välillä. Yhteiskäyttöisen reaaliaikaan pohjautuvan järjestelmän avulla koko organisaation päätöksentekokyky tehostuu. ERP-järjestelmät koostuvat moduuleista, joita järjestelmän toimittajalta voi hankkia tarpeen mukaan. Taulukossa 4 esitellään yleisimpiä ERP-järjestelmän toimintoja. (Stevenson 2009, 668-669.)

Taulukko 4. ERP-järjestelmän toimintoja (Haverila ym. 2009, 432)

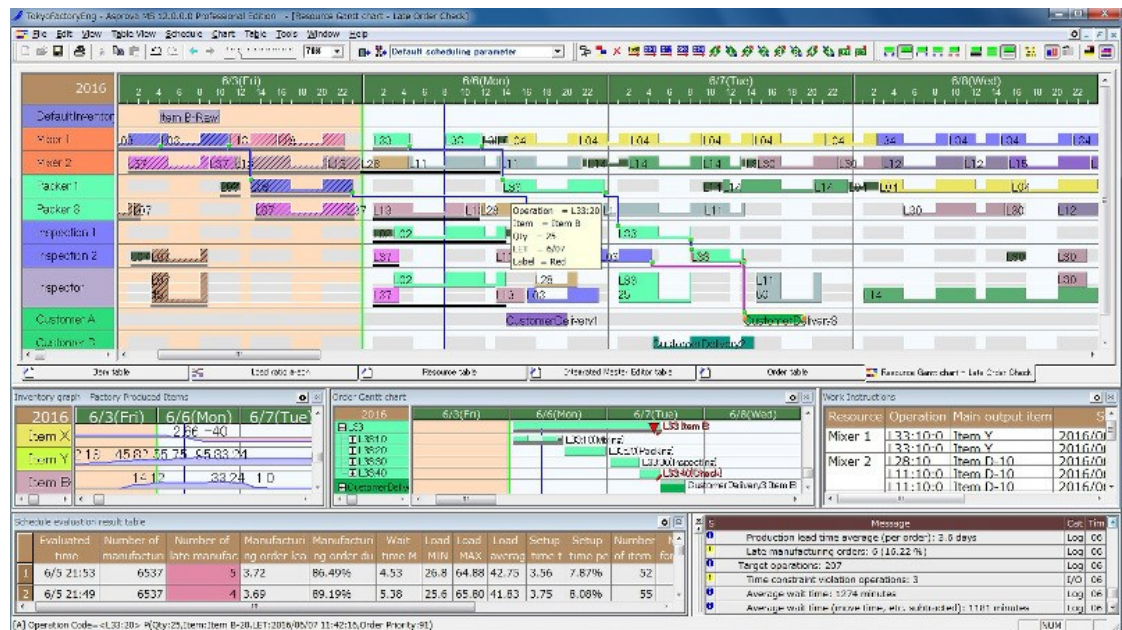
Tarjouslaskenta - vanhojen tarjousten muokkaus - hinnoittelu - tarjouskanta - siirto tilauksiksi	Tilausten käsittely - tilausten syöttö - toimitusaikojen määrittely - tilausvahvistukset	Ostotoiminta - hankintaehdotukset - ostotilaukset - saapumisten valvonta - alihankkijoiden ohjaus - vuosisopimukset
Tuotesuunnittelu, tuotarakenteiden käsittely - materiaalit ja komponentit - työnvaiheet	Tuotannon suunnittelu - työnumeroiden avaus - materiaalivaraukset - kapasiteettivaraukset - hinnoittelu rakenteiden mukaan	Raaka-aine- ja komponenttivarasto - saapumiset tilausten mukaan, inventoinnit - materiaaliotot ja siirrot - keräilydokumentit
Jälkilaskenta - työkohtaisesti ja osastoittain - materiaalit ja työtunnit - vertailu suunnitelmiin	Valmistuksen ohjaus - töiden etenemisen valvonta - töiden aloitus, työpaperit - valmistumisten kirjaus - kustannuslaskentatiedot	Lähetys - toimituspaperit - lähetyksen kirjaus - kuljetussuunnittelu
Hallintorutiinit - laskutus, tilastot - myynti/ostoreskontra - kirjanpito/palkanlaskenta	Johto - yhteenvetoraaportit	Perustiedot - asiakasrekisteri - toimittajarekisteri - ohjaustiedot

Suunnittelun näkökulmasta ERP-järjestelmät sisältävät yleensä perustoiminnot kärkeaan suunnitteluun ja kapasiteetin sekä varastojen hallintaan, mutta ne eivät sovellu hienosuunnitteluun ja tuotannon ohjaukseen. ERP-järjestelmistä puuttuu kyky kerätä reaaliaikaista tietoa tuotannon toiminnasta eikä se kykene tekemään uudenajoitusta todellisen tilanteen perusteella esimerkiksi konerikkojen, hävinneiden osien tai poissaolojen huomioiden. ERP-järjestelmän puutteita voidaan paikata integroimalla siihen erilliset APS- ja MES-järjestelmät, jotka luovat reaaliaikaisen näkymän tuotannon tilasta ja mahdollistavat toteutuskelpoisemman suunnitelman laadinnan. (Järvenpää & Lanz 2014, 9.)

4.2.2 APS – Tuotannonsuunnittelujärjestelmä

APS (Advanced Planning System) on tuotannonsuunnittelujärjestelmä, joka hyödyntää reaaliaikaista dataa, historian toteumatietoja sekä järjestelmän muita parametreja läpi toimitusketjun ja muodostaa niiden avulla pitkän sekä lyhyen aikavälin suunnitelmia. APS-järjestelmät ovat edistyskellisiä ennusteiden laadinnassa sekä toimivat optimoinnin työkaluna. APS-järjestelmällä toteutetaan viimeinen suunnitteluvaihe ennen varsinaista tuotannon aloitusta. Markkinoilla on tuotannon suunnitteluun ja ohjaukseen puhtaasti erillisiä APS- ja MES-järjestelmissä sekä niiden yhdistelmiä. Myös ERP-järjestelmiin on saatavilla valmiina moduuleita, jotka laajentavat ERP-järjestelmän suunnitteluominaisuuksia. APS-järjestelmät eivät kuitenkaan ole yleistyneet eikä markkinoilla ole yhtä hallitsevaa toimijaa, kuten SAP on ERP-markkinoilla. (Olson 2014, 7-8; Järvenpää & Lanz 2014, 1, 9.)

APS-järjestelmät on suunniteltu monimutkaisille arvovirroille ja vastaamaan vaihtelevaan kysyntään. Esimerkki Asprovan APS-järjestelmän suunnittelunäkymästä on esitetty kuviossa 23. Järjestelmä kykenee synkronoimaan useiden tuotantosolujen ja tuotantolinjojen aikataulut hetkessä ja esittämään vaihtoehtoisia ratkaisuja. APS-järjestelmän suurimman hyödyn saavat yritykset, joiden tuotantotapa on MTO tai ETO, koska niissä suunnitellaan kapasiteetin käyttö. Vakioitu imuohjaus, joka on toteutettu kanban-menetelmällä ei APS-järjestelmästä hyödy. (Liddell 2015, 44.)



Kuvio 23. APS-järjestelmä (Asprova Advanced Planning and Scheduling (APS), n.d.)

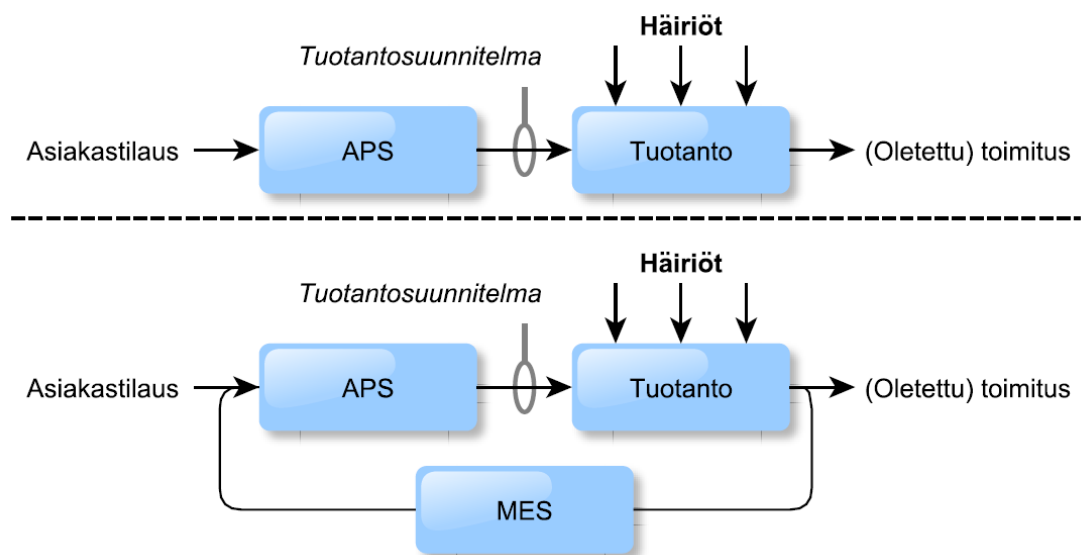
4.2.3 MES – Tuotannonohjausjärjestelmä

1980-luvulla havaittiin, että ERP-järjestelmät eivät tarjonneet valmistavan tuotannon tarvitsemaa tietoa eikä tuotannosta saanut todenmukaista tilannekuvaa tuotannosta. Tuohon aikaan tuotantolaitteista oli alettu keräämään suorituskysykytietoja erilliseen tiedonkeruujärjestelmään laadunvalvonnan sekä tuotannonsuunnittelun tarpeisiin. Tuotannon lattiataason vaatimukset raportoinnille sekä tuotannon ohjauksen tarpeet reaaliaikaisesta näkymästä käynnistivät MES-järjestelmäkehityksen (Manufacturing Execution System), jonka pohjana olivat aiemmin käytössä olleet tiedonkeruujärjestelmät. MES on tuotannonohjausjärjestelmä, joka välittää tietoa ylemmän tason ERP-järjestelmän ja alemman tason, esimerkiksi tuotantoautomaatiojärjestelmän välillä. (Liddell 2015, 35; Govindaraju & Putra 2016, 1.)

MES-järjestelmän avulla tuotannolle voidaan tarjota heidän tarvitsemansa tiedot oikea-aikaisesti ja monipuolisesti. Raportoinnin reaaliaikaistuminen ja yksinkertaistaminen helpottaa tuotannon tuoteinformaation ylläpitoa. (Govindaraju & Putra 2016, 2.)

Monimutkaisten työnkulkujen ohjaukseen tarkoitetut APS-järjestelmät itsessään eivät ratkaise tuotannon tehokasta ohjausta, koska takaisinkytkennän puutteen vuoksi niiden tarjoamat hyödyt ketterästä tuotannon ohjauksesta jäävät hyödyntämättä.

MES-järjestelmä yhdessä APS-järjestelmän kanssa tarjoaa mahdollisuuden tuotannon optimointiin ja suunnittelun nopeampaan päivittämiseen useiden eri sääntöjen mukaisesti. Kuviossa 24 on kuvattu suunnitelman ero MES-järjestelmän kanssa ja ilman. Avoin silmukka ilman MES-järjestelmää tuottaa tilannekuvan pohjalta suunnitelman, joka on todenmukainen vain sillä hetkellä, kun suunnitelma muodostetaan. Suljetun silmukan mallissa MES-järjestelmän takaisinkytkentä tuotannon tilanteesta tarjoaa mahdollisuuden jatkuvalle rullaavalle suunnittelulle. Takaisinkytkentä tuottaa myös toteumatietoa, jonka pohjalta suunnittelun täytyy päivittää suunnittelun sääntöjä. MES-järjestelmän avulla suunnitelmien teko helpottuu ja laatu parantuu, joka vaikuttaa positiivisesti tuotannon tehokkuuden kehitykseen. (Lambregts, Wilgen & Chakraborty 2006, Improvement of production scheduling by closing the loop with MES; Kletti 2007, 119.)



Kuvio 24. Avoin ja suljettu tuotannonsuunnittelun silmukka (Lambregts ym. 2006, Improvement of production scheduling by closing the loop with MES)

5 Kunnossapito

5.1 Kunnossapito palveluna

Yritykset tarvitsevat suoritteiden tuottamiseen resursseja, joita kutsutaan käyttöomaisuudeksi. Käyttöomaisuutta ovat esimerkiksi koneet, laitteet, kiinteistöt ja maa-

alueet. Käyttöomaisuuden hankinta ja ylläpito vaatii investointeja, joita kunnossapito toteuttaa. Käyttöomaisuutta pyritään käyttämään tehokkaasti, joka vaikuttaa käyttöomaisuuteen tehtyjen investointien tuottoon ja edelleen yrityksen kannattavuuteen. (Järviö & Lehtiö 2017, 13.)

Opinnäytetyön kohdeyrityksen tuotanto on palvelua, jonka toiminnan vaikutukset ovat laajat. Rossi (2019, 32-33) kuvaa diplomityössään muun muassa Pieksämäen komponenttituotannon tekemisien vaikutuksen koko palveluntuottoketjuun seuraavasti:

Pahimmassa tapauksessa osien varastoon saamiseen saattaa valmistajasta riippuen mennä päivistä kuukausiin. Pienikin varaosa puute voi vaikuttaa aikaan, jonka veturi on sitoutuneena kunnossapitoon. Tästä esimerkistä kuvastuu kokonaisuus, josta kunnossapito muodostuu. Osa-alueiden olisi oltava kunnossa, jotta ei muodostuisi ongelmia aiheuttavia pullonkauloja, kuten vetureiden turhaa kunnossapitoon sitoutumista. Loppukädessä näistä ongelmista kärsivät logistiikan asiakkaat, kuten tehtaat ja liike-elämän yritykset, sekä matkustajaliikenteen asiakkaat eli kaukoliikenne junien matkustajat.

Kunnossapito voi olla yrityksen itse toteuttama tai alihankittu tukitoiminto, jolloin on tarkoitus pitää oma käyttöomaisuus kunnossa. Kunnossapito voi olla myös yrityksen päätoiminto, jolloin puhutaan palveluliiketoiminnasta. Palveluliiketoiminnalle on olemassa kolme peruspiirrettä:

- Palvelut ovat prosesseja, jotka koostuvat toiminnoista tai toimintojen sarjoista eivätkä asioista.
- Palvelut tuotetaan ja kulutetaan ainakin jossain määrin samanaikaisesti.
- Asiakas osallistuu palvelun tuotantoprosessiin ainakin jossakin määrin. (Järviö & Lehtiö 2017, 197.)

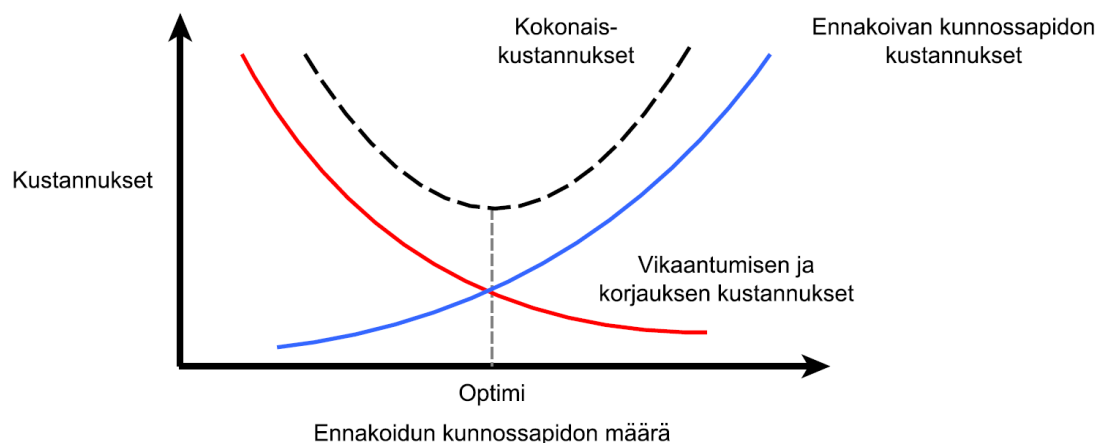
Kunnossapidon pohjimmiltaan tavoittelee käyttöomaisuuden maksimaalista käyttöastetta minimaalisilla kustannuksilla. Käyttöomaisuudesta käytettävyydestä huolehtiminen vaikuttaa yrityksen tuotannolliseen toimintaan muun muassa seuraavasti:

1. Vältetään tuotanto- tai palveluhäiriöitä
2. Vältetään tuotantoon tai palveluun kohdistuvia lisäkustannuksia
3. Ylläpidetään korkea laatutaso
4. Vältetään toimitusviivästyksiä

Käyttöomaisuuden vikaantuminen aiheuttaa haitallisia seurauksia:

1. Käytettävissä oleva kapasiteetti vähenee ja tilaukset myöhästyvät
 2. Lopputuotteita ei valmistu, mutta kulut kertyvät, josta seuraa yksikkökustannusten kasvu
 3. Laatuongelmat lisääntyvät; lopputuotteet saattavat olla vaurioituneita.
 4. Turvallisuusongelmat lisääntyvät; työntekijät tai asiakkaat saattavat loukkaantua.
- (Stevenson 2009, 727-728.)

Kunnossapidon aiheuttamiin kustannuksiin voi vaikuttaa ennakoivan kunnossapidon menetelmillä, joilla pyritään estämään koneen vikaantuminen. Ennakoitu kunnossapito aiheuttaa aina kustannuksia ja mitä enemmän ennakoitua kunnossapitoa toteutetaan sitä suuremmat kustannukset ovat. Vaihtoehtona on valita korjaava kunnossapito, jolloin korjataan syntynyt vika. Tällä lähestymistavalla säästetään ennakoidut kunnossapitokustannukset, mutta joudutaan maksamaan koneen käyttöasteen heikentymiseen liittyvät muut kulut sekä mahdolliset vikaantumisen aiheuttamat suuremmat korjauskulut. Periaatepiirros optimoidulle kunnossapitostrategialle on kuvattu kuviossa 25. (Stevenson 2009, 728.)



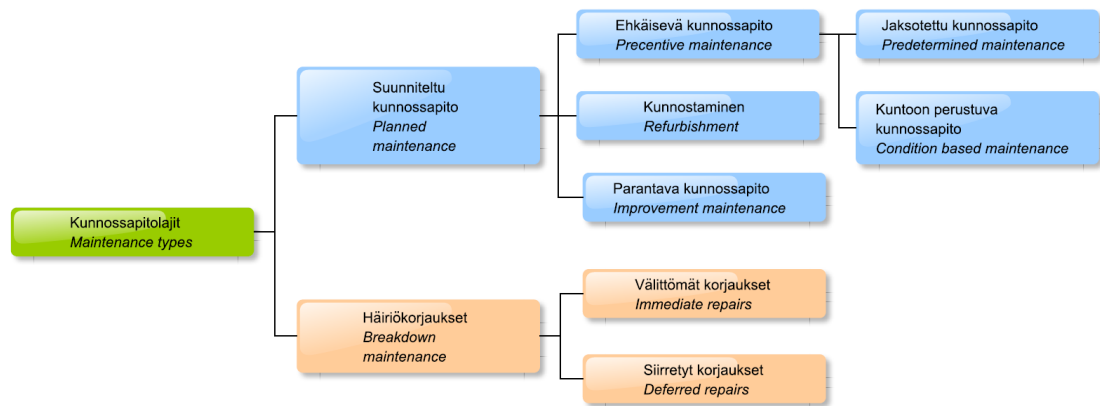
Kuvio 25. Kunnossapidon kokonaiskustannukset (Stevenson 2009, 728)

Keskeisimpiä kunnossapidon tavoitteita kuvaavat tuotannon kokonaistehokkuus (KNL) sekä käyttövarmuus, joka kuvaa luotettavuutta. Korkea kokonaistehokkuus saavutetaan korkeiden käytettävyyden (K), toiminta-asteen (N) ja laatukertoimen (L)

avulla. Käytettävyys kertoo sen osuuden minkä kohde on tilassa, jossa se kykenee suorittamaan siltä vaaditut toiminnot. Toiminta-aste puolestaan ilmaisee, kuinka tehokasta tuotantotoiminta on ollut. Toiminta-asteen määrittelyssä lasketaan tuotantomääriä. Laatukerroin kuvaa markkinoille toimitettujen tuotteiden määrää suhteessa kokonaismäärään. (Järviö & Lehtiö 2017, 59.)

5.2 Kunnossapitolajit

Käyttöomaisuuden hallintaan liittyvä kunnossapitotoiminta on jaoteltava selkeiksi kokonaisuuksiksi, jotta voidaan johtaa kunnossapitoa systemaattisesti. Kunnossapidon lajitteluun on olemassa muun muassa SFS-EN ja PSK-standardeja. SFS-EN 13306:2010 standardi jakaa kunnossapitotoimenpiteet vian havaitsemisen mukaan. PSK 6201:2011 standardin näkökulmasta kunnossapitolajit jaotellaan sen mukaan, onko toimenpiteet suunniteltuja vai aiheuttavatko ne tuotantohäiriön. Kuviossa 26 on kuvattu kunnossapitolajit PSK 6201:2011 -standardin mukaisesti jaoteltuna. Ensimmäinen jaottelu jakautuu suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjaukseen. Suunniteltu kunnossapito on ennakoivaa ja sen toimenpiteillä pyritään välttämään häiriökorjausten tarve. Suunniteltu kunnossapito voi olla seurantamittausten perusteella kuntoon tai aikaan perustuvaa huolto-ohjelman mukaista kunnossapitoa. Se voi olla myös parantavaa, jolloin muutosten avulla koneen elinkaarta tai suorituskykyä parannetaan. Häiriökorjaukset ovat korjaavaa kunnossapitoa ja tilanteen mukaan toimenpiteet ovat joko välittömiä tai siirrettyjä. Kriittisen koneen korjaus suoritetaan välittömästi, mutta toisarvoisen koneen korjausta voidaan siirtää. (Järviö & Lehtiö 2017, 46-51.)



Kuvio 26. Kunnossapitolajit PSK 6201:2011 mukaan (mts. 47)

5.3 Kunnossapidon suunnittelu

Kunnossapidon suunnittelu perustuu käyttöomaisuuden hallintaan laadittuun kunnossapito-ohjelmaan. Kunnossapito-ohjelman sisältö antaa päälinjat kunnossapito-palvelun suunnittelulle. Suunnittelun lähtötietoina voi olla myös vikahistoriatietoa, jonka pohjalta voi ennustaa vikaantumista ja sen osalta tulevia kunnossapitotarpeita. Vikahistoria ja sen analysointi antaa kunnossapitäjälle mahdollisuuden myös kehittää kunnossapito-ohjelmaa, jotta tarpeeton vikaantuminen voitaisiin välttää. Vikaantumismalleja on nykykäsityksen mukaisesti useita erilaisia. Monimutkaisten laitekokoaisuuksien vikaantumismallit ovat moninaiset kehittyneempien raaka-aineiden, tarkempien suunnittelumenetelmien sekä kehittyneempien valmistusmetodien vuoksi. Uudet mallit eivät ole nykyään selkeästi aikaan tai käytön määrään sidoksissa. (Järviö & Lehtiö 2017, 22-23.)

Kunnossapidon palvelumaisen luonteen vuoksi toiminta on asiakkaan toiminnasta riippuvaista. Yhteistyö asiakkaan kanssa on kriittistä kokonaispalveluprosessin toimivuuden kannalta. Suunnittelun kannalta on ensisijaisen tärkeää saada tietoon ennusteisiin tarvittavat tiedot töiden ajoituksesta ja laajuudesta. Tiivis yhteistyö auttaa asiakasta saamaan parhaan mahdollisen lopputuloksen käyttöomaisuuden kunnossapidon osalta. Ennalta suunnitelluilla kunnossapitotoimilla voidaan saavuttaa lyhin mahdollinen kunnossapitoseisokkiaika parantaen kunnossapidon kokonaistehokkuutta. Kunnossapitopalvelun kannalta yksi merkittävimmistä mittareista onkin tuotannon läpäisy aika. (Mts. 238-239.)

Kunnossapitopalvelussa materiaalivirtaa ja -varastoja on mahdoton hallita, jos tarvetta ei voi ennustaa luotettavasti. Materiaaliennusteet laaditaan mahdollisimman luotettavan mitatun tai arvioidun lähtötietojen perusteella. Kaikkeen vikaantumiseen ei voi ennalta varautua, mutta seuranta sekä olosuhde- ja laitetuntemusta kehittämällä voidaan ennustetarkkuutta kehittää. Kunnossapidettävän käyttöomaisuuden luonteesta ja käyttävistä materiaaleista riippuen, kunnossapitäjä voi joutua sitomaan pääomaa vaihto-omaisuuteen merkittäviäkin määriä, kun toisella alalla toimija voi käyttää pääosin tukkutoimittajia eikä pääoma täten sitoudu vaihto-omaisuuteen. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 204-205.)

6 Kehittämistutkimuksen toteutus

6.1 Tutkimusaineiston hankinta ja analysointi

6.1.1 Nykytilanneselvitykset

Tiedon hankinta

Luvussa 1.2 ja 1.3 kuvattiin tämän opinnäytetyön taustaa ja menetelmiä, kuinka pää-
tutkimuskysymykseen liittyviä ilmiöitä pyrittiin hahmottamaan. Tutkimusaineiston
keräys aloitettiin haastattelemalla eri prosessin vaiheisiin liittyviä henkilöitä jokai-
selta tuotannon osastolta, jonka pohjalta voitiin laatia kattava nykytilannekuvaus
käytössä olevista toimintamalleista. Haastatteluihin osallistui asentajia, työnjohtajia,
suunnittelijoita, tuotantopäällikkö sekä liiketoimintajohtaja. Haastatteluihin osallis-
tuttiin laaja joukko henkilöstöä, jolla varmistettiin jokaisen vaiheen todenmukainen
kuvaus nykytilanteesta ja saatiin kommentit vallitsevista ongelmakohdista sekä hy-
vistä käytänteistä. Johdon haastattelurunko on kuvattu liitteessä 1, suunnittelun liit-
teessä 2 ja tuotannon osastojen nykytilanneselvitysten tavoite ja työpajarakenne on
kuvattu liitteessä 3.

Nykytilanneselvityksen pohjana toimi prosessikuvaukset, joiden jokainen vaihe numeroitiin ja jokaiselle prosessille annettiin oma tunniste. Tunnisteen ja vaiheen yhdistelmällä haastatteluissa annetut kommentit voitiin liittää tiettyyn prosessiin ja prosessin vaiheeseen. Prosessikuvaukset jaettiin viiteen päävaiheeseen opinnäytetyön luvussa 1.2 esitettyjen alakysymysten pohjalta. Pääprosessivaiheiden avulla toimenpiteet voitiin jakaa selkeisiin kokonaisuuksiin. Pääprosessivaiheet ovat:

1. Suunnitelman laadinta
2. Suunnitelman viestintä työnjohdolle
3. Suunnitelman viestintä asentalle
4. Tuotannon totutus
5. Tuotannon seuranta.

Prosessikuvaukset laadittiin uimaratamallilla, jossa yhdistettiin suoritettava toimenpide, suoritettava toiminto sekä järjestelmät, joita vaiheessa käytetään. Esimerkki tuotannonohjausprosessista yleisellä tasolla on esitetty liitteessä 4. Nykytilanneselvityksessä laadittiin seuraavat prosessikuvaukset:

- Tuotannonohjausprosessi yleisellä tasolla
- Suunnitteluprosessi
- Viikkosuunnitelma -mallitiedoston päivitys
- Materiaalien varmistaminen
- Tuotannonohjausprosessi 7 eri osaston omasta näkökulmasta.

Nykytilanneselvityksen aluksi kuvattiin nykyinen toimintamalli prosessikaaviomuodossa, jonka pohjalta keskusteltiin jokaisen vaiheen ongelmakohtista sekä hyvistä käytänteistä. Kommentit kirjattiin Excel-taulukkoon pääprosessivaiheen mukaisesti lajiteltuna. Ongelmakohtien vakavuudet arvioitiin 1-3 asteisella arviolla toistuvuuden ja vakavuuden yhtälönä, jota voitiin jatkossa käyttää ongelmien priorisoinnissa. Hyviä käytänteitä haluttiin nostaa esiin, jotta mahdollisesti jollain osastolla esiintyvät hyvät toimintamallit voitaisiin sellaisenaan tai soveltuen ottaa käyttöön laajemminkin. Suunnitteluprosessien osalta laadittiin osastokohtainen taulukko, jossa vertailtiin suunnittelun toimenpiteiden eroavaisuutta osastojen välillä (liite 5).

Tiedon analysointi

Kaikkien haastatteluiden ja työpajojen materiaali koostettiin yhteen Excel-tiedostoon, jossa kommentit luokiteltiin pääprosessivaiheiden, prosessin, osaston, havaintotyyppin, vakavuuden sekä ennalta arvioidun asiakokonaisuuden mukaisesti. Asiakokonaisuudet olivat:

- Toimintamallit
- Ohjeet
- Nimikkeiden perustiedot
- Järjestelmä ja työkalut

Taulukossa 5 on esitetty kommenttien määrät ja jakautuminen eri pääprosessivaiheille.

Taulukko 5. Nykytilanneselvityksen kommentit pääprosessivaiheiden, havaintotyyppin ja vakavuuden mukaisesti

Määrä / KOMMENTTI	Sarakeotsikot				
	KEHITYSKOHDE			POSITIIVINEN	Kaikki yhteensä
Riviotsikot	1	2	3 (tyhjä)		
1. SUUNNITELMAN LAADINTA	14	31	18	34	97
2. SUUNNITELMAN VIESTINTÄ TYÖNJOHDOLLE	3	3	4	5	15
3. SUUNNITELMAN VIESTINTÄ ASENTAJALLE	6	9	3	13	31
4. SUUNNITELMAN TOTEUTUS	30	39	19	14	102
5. TUOTANNON SEURANTA	3	1	3	5	12
Kaikki yhteensä	56	83	47	71	257

Kommenttien ryhmittely pääprosessivaiheisiin paljasti niiden sisältöjen samankaltaisuuden ja asiakokonaisuuksina käytetyt jaottelut eivät antaneet riittävän konkreettista kuvaa kehitettävistä kokonaisuuksista, jonka vuoksi kommentit jaoteltiin vielä kertaalleen, etsien niistä yhtäläisyyksiä konkreettisiin pienempiin asiakokonaisuuksiin jaoteltuina. Jaottelu suoritettiin tulostamalla kommentit omilla papereillaan ja merkitsemällä jokainen kommentti selkeämpään pienempään ryhmään, joita lisättiin tarpeen mukaan. Kuviossa 27 esitetään ryhmittelyn toteutus, jossa vasemmalla puolella on kommentit värjättyinä ryhmittelyn mukaisesti ja oikealla puolella on nähtävillä prosessikaaviot, joihin kommentit liittyvät. Viimein ryhmittely jakautui seuraaviin asiakokonaisuuksiin:

- Suunnittelun työkalut ja menetelmät
- Nimikkeiden perustiedot
- Nimikkeiden rakenteet
- Muiden suunnitelmat
- Toimintamalli
- Aihionäkyvyys
- Materiaalipuute
- Seuranta työkalut
- Toimintaohjeet



Kuvio 27. Kehityskohteiden ryhmittelyä

Nykytilanneselvityksen tulokset koottiin ajatuskarttamuotoon, jolla saatiin jäsenel-tyä prosesseihin liittyvät yhtäläisyydet sekä eroavaisuudet, positiiviset havainnot sekä kehityskohteet (liite 6).

6.1.2 Nykytilanteen mittarit

Nykytilannehaastattelujen perusteella saavutettu nykytilannekuva antoi hyvän lähtö- kohdan tilannetta kuvaavien mittareiden laadinnalle. Haastatteluissa yhtenä kysy- myksenä oli kunkin prosessin ja osaston toimintaan sopivien KPI-mittareiden ideointi. Ideoiden ja nykytilanteen ongelmien pohjalta määritettiin merkittävimmät aihealu- eet, joiden muutoksella pyrittiin kohti opinnäytetyön lopullista päämäärää eli halli- tumpaa tuotannon ohjausta. Mittareiden valintaan vaikutti mittareiden toteutetta-

vuus, luotettavuus ja soveltuvuus tämän opinnäytetyön aikana kuvattavista muutoksista. Mittareiksi valittiin taulukossa 6 esitellyt mittarit ja niiden kuvaukset. Mittareiden alkutilanteiden arvot eivät itsessään kerro toiminnan tilasta vaan muutoksen jälkeen saadut vertailuarvot ja niiden kokemukset antavat selkeämmän kuvan todellisesta tilanteesta. KPI-mittareiden tulokset on käsitelty luvussa 6.2.

Taulukko 6. KPI-mittareiden kuvaukset

Menestystekijä	Mittari	Mikä vaikutus?
Suunnittelun edellytykset	Rakenteiden oikeellisuus	Perustiedot
		Töiden raportoinnin oikeellisuus. Rahavirrat.
		Osat
		Oikea materiaaliarve rakenteella auttaa suunnitelman toteutettavuuden varmistamisessa ennen tuotannon aloitusta. Vaikuttaa myös materiaaliennusteisiin sekä hankintojen parametrien määrittämiseen.
	Vaiheet	Tarvittavan resurssin määrittely ja työkuorman arviointi.
		Yksiselitteiset ja selkeät toimintaohjeet tuotannolle.
	Avoimet työt	
		Hyväksytty, aloittamatta (töiden määrä)
		Hyväksytty, aloittamatta (kappaleita)
		Aloitettu (töiden määrä)
		Aloitettu (kappaleita)
		Aloitettu (eurot, ei mallityöt)
Vakioidut toimintamallit	Viestintävälineet	Järjestelmien määrä
		Seurantojen määrä

6.1.3 Benchmarking

Benchmarkkauksen tavoitteena oli verrata oman tuotannon toimintaa yrityksen muiden tuotantojen toimintaan ja löytää parhaat mahdolliset toimintatavat, joita yhdistelemällä voisi kuvata oman tuotannon kehityspolun ja laatia kehystoimenpiteet sen pohjalta. Benchmarkkauksen tulos on esitetty liitteessä 7. Benchmarkkaus toteutettiin soveltaen Tuomisen (2016, 111) esittelemää seitsemän askeleen mallia:

1. Määrittele benchmarkkaus kohde
2. Tunnista benchmarkkaus yritykset
3. Opi miten ME sen teemme
4. Opi miten HE sen tekevät
5. Tavoitteiden asettaminen

6. Soveltaminen ja käyttöönotto
7. Vakiinnuttaminen ja edelleen kehittäminen.

Benchmarkkauksen kohteina olivat luonnollisesti tuotannonohjausprosessin eri vaiheet suunnittelusta seurantaan jaoteltuna pääprosessivaiheiden mukaisesti selkeisiin kokonaisuuksiin. Yrityksen sisäisen benchmarkkauksen avulla tavoiteltiin parhaita yhtenäisiä toimintamalleja ja tietoa, kuinka nykyisiä järjestelmiä voisi käyttää hyväksi toiminnan ohjauksessa. Benchmarkkaus kohteiksi valittiin viisi erityyppisiä tuotantoja, jotta saavutettaisiin mahdollisimman laaja kuva eri toimintatavoista. Tuotantojen ja benchmarkattavien kohteiden valinnan jälkeen kuvattiin oman tuotannon tapoja toimia eri vaiheissa.

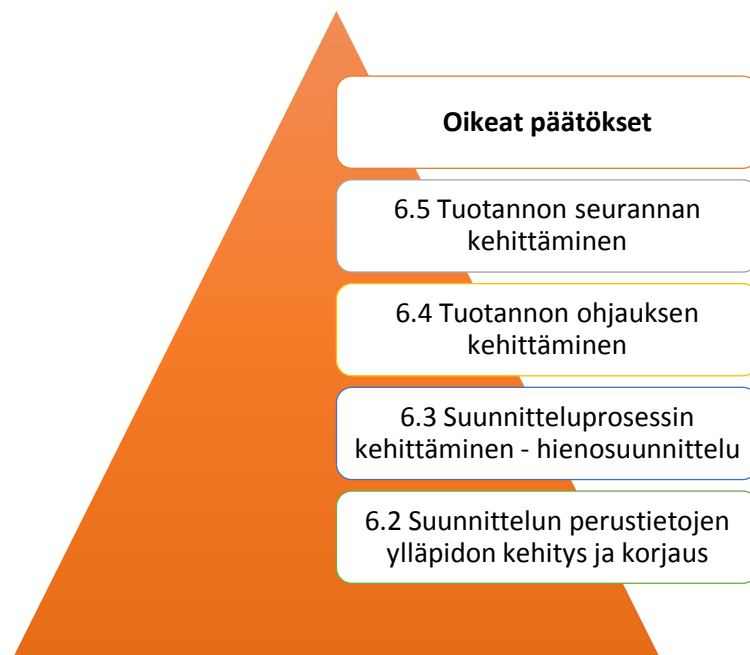
Benchmarkkauksen kohteina olleiden tuotantojen edustajina toimivat kyseisten tuotantojen suunnittelijat. Heille lähetettiin etukäteen kutsu, joka sisälsi ohjeistukset valmistautumista varten läpikäytävistä asioista. Läpikäynnit olivat kahdenkeskisiä, kestoltaan noin tunnin pituisia. Benchmarkkaus suoritettiin etäyhteyden avulla, joka nauhoitettiin läpikäynnin sujumuuden vuoksi sekä jälkianalysointia varten.

Läpikäyntien pohjalta täytettiin jokaisen tuotannon kuvaamat toimintamallit liitteessä 7 esitettyyn taulukkoon. Taulukkoon merkittiin tuotantojen prosessien tilanne ja hyötypotentiaali. Näiden arvioiden avulla oli mahdollista havaita parhaat käytännöt, joiden pohjalta kuvattiin lopuksi ideaalimalli. Ideaalimalli kuvaa tahtotilaa, joka määrittää kehitystoimenpiteiden suunnan.

6.1.4 Nykytilanneselvityksen tulokset ja kehityskohteiden arviointi

Nykytilanneselvitysten tuloksena saatiin aikaiseksi lista kehitettäviä kohteita, jotka on jäsennelty kehityskohderyhmittäin (liite 8). Kehityskohteille on keksitty mahdollinen ratkaisukuvaus, arvioitu ratkaisun toteutettavuutta osastoittain, muutoksen sidosryhmävaikutukset sekä arvioitu tarvitseeko ratkaisuehdotus testauksen (POC) ennen varsinaisen kehitysvaiheen aloittamista.

Kehitystoimenpiteissä merkittävimmät muutokset liittyivät ERP-järjestelmään tehtäviin muutoksiin, joiden mukaan järjestelmää käytettäisiin eri tavalla, kuin ennen. Uuden toimintamallin mukainen toimintatapa ERP-järjestelmässä kuvattiin havainnollistavan ERD-mallin avulla (liite 9). Kuvauksen laadinnassa käytettiin hyväksi ohjelmiston manuaaleja, tulevan ERP-järjestelmän kehityshankkeen selvityksiä, muiden järjestelmän käyttäjien kokemuksta sekä omia testailuja. Muutosten käsittelyä varten kullekin sidosryhmälle laadittiin esitys, kuinka muutokset tulevat vaikuttamaan heidän omistamiin prosesseihin. Muutosehdotukset nykyiseen toimintamalliin nähden käsiteltiin ja tehtiin mahdolliset sidosryhmien vaatimat korjaukset, jonka jälkeen ne lopulta hyväksyttiin. Hyväksynnän jälkeen visioidun konseptin kehitystoimenpiteitä voitiin edistää. Tämän kehittämistutkimuksen sisältö voidaan kuvata kuvion 28 mukaisesti, jonka tärkein tavoite on luoda edellytykset oikeiden päätösten tekemiseen. Oikeat päätökset vaativat edellisten vaiheiden toteutumisen toteutuakseen. Seuraavat luvut 6.2 – 6.5 kuvaavat tarkemmin kunkin kehityskohderyhmän kehityspolun tarpeesta tuloksiin ja hyötyihin.



Kuvio 28. Toiminnan ohjauksen kehittäminen

6.2 Suunnittelun perustietojen korjaus ja ylläpito

Tarve ja vaatimukset

Toimiva suunnittelu ja tuotannonohjaus perustuu oikeisiin lähtötietoihin, kuten luvussa 3.4 on mainittu. Syötteiden täytyy olla kaikilta osin oikeita ja ajan tasalla. Nykytilanneselvityksestä kävi ilmi, että suunnitelman laadintaan käytettävät lähtötiedot eivät anna riittävää kuvaa toteutuskelpoisen suunnitelman laadintaan. Suunnittelutiedon päivitys koettiin myös työlääksi, koska sitä ylläpidettiin erillisissä Exceleissä ja suunnittelun perustiedot eivät eri Exceleiden välillä päivittyneet. Tiedon ylläpidon puolesta oli puolestaan epäselvää vastuut sekä valtuudet, jotka tarvitsivat myös selkeytystä.

Uuden toimintamallin vaatimuksena oli yksi tietolähde, josta tietoa voidaan helpoin automaattisesti päivittyvien raporttien avulla hyödyntää eri tarkoituksiin. Vaatimuksena oli myös useampien elementtien lisääminen suunnitteluprosessiin.

Kehityksen toteutus ja tulokset

Opinnäytetyön lähtökohtana oli hyödyntää enemmän nykyistä toiminnanohjausjärjestelmää, joten luonnollisesti ainoaksi oikeaksi tietolähteeksi valikoitui käytössä ollut ERP-järjestelmä. Perustietojen korjaus ja ylläpidon kehitys aloitettiin määrittämällä suunnittelun ja työn ohjauksen kannalta merkittävät tiedot, joita ylläpidetään ERP-järjestelmässä. Aikaisempi kokemus muista projekteista sekä uusien Työjono- ja Hienosuunnittelu-ohjelmien toimintojen että myöhemmin esiteltävän suunnittelutyökalun vaatimukset toimivat määrittelevinä tekijöinä. Korjattavat ja ylläpidettävät tiedot kirjattiin ohjeeksi Excel-taulukoon (liite 10). Ohjeessa määritellään korjauskohde, joka kuvaa tiettyä kenttää ERP-järjestelmässä. Korjauskohteeseen on liitetty korjausohje tai viittaus ohjeeseen missä on tarkemmat ohjeet kyseisen kentän määrittämiseen. Korjauskohteet luokiteltiin seuraaviin ryhmiin:

- Materiaali ohjaustiedot
- Nimike perustiedot
- Ohjaustiedot
- Ohjeet
- Rakenne osat
- Rakenne perustiedot
- Rakenne vaiheet.

Luokittelun avulla voitiin jakaa kentät kokonaisuuksiin, joita tarkastellaan yhdellä kertaa. Perustietojen määrittelyn jälkeen kartoitettiin olemassa olevat menetelmät raportoida ja tarkastella kenttien tietoja. Jatkuvan ylläpidon vuoksi tiedon korjaamiseen ja ylläpitoon valikoitui Power BI-raportointi, joka päivittää ajoitetusti ERP-järjestelmän tietoja. Power BI-raporteista löytyi osaan kenttiä valmiita tarkasteluraportteja. Lopuille kentille kehitettiin uudet raportit ja niille, joita ei raporttiin ollut saatavissa kirjattiin ohje, kuinka kentän sisältö tulee tarkastella.

Tiedon ylläpidon puute on yksi yleisimmistä syistä miksi toimintamallit rämettyvät. Tietojen korjaus olisi voitu toteuttaa nopeasti kertaluotoisena projektina, jolloin hyödyt olisivat olleet heti käytössä, mutta jatkuvuuden vuoksi päädyttiin toimintamalliin, jonka mukaan vastuuhenkilöt voisivat itsenäisesti ylläpitää tietoa jatkuvasti. Sitouttamalla vastuuhenkilöt mukaan kehitystoimintaan voidaan varmistaa, että tieto kyetään ylläpitämään myös kehitysprojektin jälkeen. Ylläpidon varmistamiseksi ohjeessa määriteltiin toimenkuvan mukaisesti vastuut kenttien tiedon ylläpidosta sekä kentän tiedon vaikutus, jotta ymmärretään mihin tietoa käytetään.

Opinnäytetyön toteutuksen aikana korjattiin pilotointiosaston kohdalta kaikki määritellyt tiedot ja muuten rakenteiden vaiheiden kokonaisajat. Muuten suunnitteluun vaikuttavien perustietojen korjaus keskittyi turhien avoimien töiden siivoamiseen. Vallitsevan tuotantojärjestelmän mukaisesti toimiessa kaikkia turhaan avoinna olevia töitä ei voitu sulkea. Turhien töiden sulkeminen edellyttää, että osasto ottaa ensin työjonon käyttöön. Taulukossa 7 on esitetty KPI-mittareiden avulla näkymää korjauksien laajuudesta ja vaikutuksista suunnitteludataan.

Taulukko 7. Datan korjauksen KPI-mittareiden tulokset

Menestystekijä	Mittari	Korjatut	Kokonais määrä	Korjattu [%]	Täsmällisyys alku [%]	Täsmällisyys loppu [%]	Täsmällisyys muutos [%]	Kommentti
Suunnittelun edellytykset	Rakenteiden oikeellisuus	Perustiedot	30	542	6 %			
		Osat	30	542	6 %	50 %	51 %	1 %
		Vaiheet	35	542	6 %	64 %	82 %	18 %
		Tekstiohjeet	0	542	0 %			
			Alkutilanne	Lopputilanne	Muutos [%]			
	Avoimet työt	Hyväksytty, aloittamatta (töiden määrä)	SALATTU	SALATTU	-28 %			
		Hyväksytty, aloittamatta (kappaleita)	SALATTU	SALATTU	-42 %			
		Aloitettu (töiden määrä)	SALATTU	SALATTU	-29 %			
		Aloitettu (kappaleita)	SALATTU	SALATTU	-66 %			
		Aloitettu (eurot, ei mallityöt)	SALATTU	SALATTU	-47 %			
			Alkutilanne	Arvio	Muutos [%]			
Vakioidut toimintamallit	Viestintävälineet	Järjestelmien määrä	14	7	-50 %			
		Seurantojen määrä	12	6	-50 %			

Hyödyt

Suunnittelun perustietojen korjaus ja ylläpito on suunnittelun perusta, jolle toimintaa rakennetaan. Työn aikana kehitetyt ohjeet toimintamallikuvauksineen ja työkaluineen mahdollistavat suunnittelutiedon jatkuvan päivityksen. Rakenteiden täsmällisyys -raportti on erityisen hyvä mittari virheiden paikantamiseen ja korjaamiseen. Tarkemmilla lähtötiedoilla voidaan jatkossa varmistaa häiriöttömämpi tuotanto.

6.3 Suunnitteluprosessin kehittäminen – hienosuunnittelu

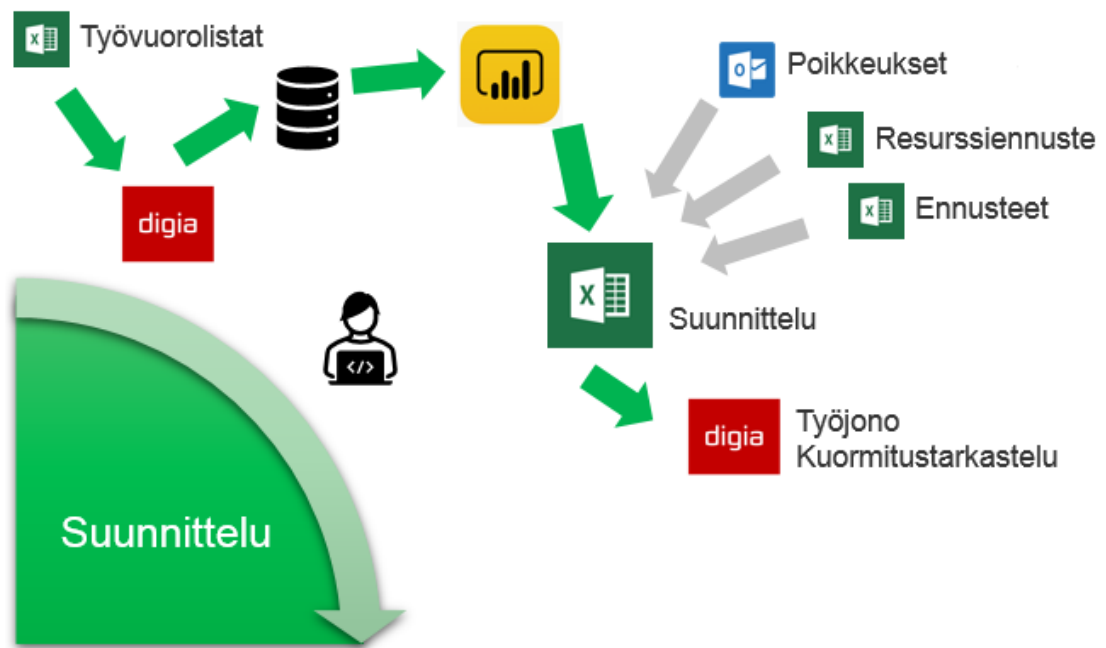
Tarve ja vaatimukset

Suunnitteluprosessi oli historian saatossa muodostunut kehitysajankohdan tarpeiden pohjalta, jonka vuoksi eri osastoille suunnittelu toteutettiin eri tavoilla. Variaatioiden lisääntyminen lisää suunnittelutoiminnan tehottomuutta ja koko tuotannon laajuisten muutosten toteutus muuttuu haastavammaksi. Suunnitteluprosessi oli kehitetty toteutettavaksi kerran viikossa 1,5 tunnin aikaikkunassa, jolloin käytettävissä oleva materiaali oli ajan tasalla ja suunnitelma voitiin viestiä tuotantoon. Kiinteä ajanhetki ei mahdollistanut joustoa tai suunnitelman päivittämistä kesken viikon. Suunnitelmasta poikkeavat tarpeet käsiteltiin muuten suullisesti tai kirjallisesti, mutta suunnitelmiin muutoksia ei päivitetty. Suunnitteluprosessin vaatimukseksi määritettiin kiinteästä suunnittelusta siirtyminen rullaavaan suunnitteluun. Suunnittelu ja töiden kuormitus oli aikaisemmin perustunut yhteen keskimääräiseen valmistusaikaan, jolla

kuormitettiin yhtä tuotantosolua, vaikka todellisuudessa työ jakautui useisiin tuotantosoluihin. Kuormituksellinen haaste oli aikaisemmin myös pullonkaulojen ohjaukset, joiden seurannassa käytettiin erillisiä seurantataulukoita. Kuormituksen osalta aikaisempi suunnittelutapa ei ottanut huomioon tuotannossa työn alla olevaa työkuormaa, koska järjestelmästä saatu tieto niiden osalta oli puutteellista. Uudelle suunnitteluprosessille lisättiin vaatimus varmistaa materiaalit ennen tuotantoon ohjausta. Aikaisemmassa mallissa materiaalien riittävyttä tarkasteltiin vain yleisesti ottamatta kantaa suunnitelman mukaiseen tuotantoon.

Kehityksen toteutus ja tulokset

Suunnitteluprosessin kehittämisen lähtökohtana oli suunnittelun toteuttaminen mahdollisimman paljon käytössä olevassa ERP-järjestelmässä. Benchmarkkauksen kokemuksien sekä konseptitestauksen aikana tehtyjen havaintojen perusteella selkeytyi, ettei suunnittelua kokonaisuutena voida tässä vaiheessa toteuttaa ERP-järjestelmässä vaan osa toiminnoista täytyy toteuttaa Excel-taulukoilla. ERP-järjestelmä sisältää MRP-toiminnallisuuden, mutta sen käyttöönotto vaatisi perustietojen korjaukselta ja ylläpidolta entistä enemmän. Tässä vaiheessa Excel-työkalun avulla suunnittelusta saatiin joustavampaa ja suunnitteluun saa lisättyä tarpeen mukaan elementtejä pienkehityksenä. Suunnittelukonseptin varmistuminen antoi selkeän kuvan kokonaisprosessista ja käytettävistä ohjelmistoista. Suunnitteluprosessi järjestelmämielessä on kuvattu kuviossa 29.



Kuvio 29. Suunnitteluprosessi

Suunnittelutyökalun kehitys aloitettiin määrittämällä vaatimukset suunnittelutyökalulle. Vaatimuksina olivat elementit, joita suunnittelutyökalun tulee huomioida ja näiden elementtien tuli olla valittavissa niin, että ne huomioidaan tai ei huomioida valmistusehdotuksia laskettaessa. Elementtien käytettävyyden ehdollisuus johtuu siitä, että kaikille valmistettaville tuotteille ei voida kerralla ottaa käyttöön kaikkia toiminnallisuuksia, koska niiden käyttöönotot itsessään ovat suurempia kokonaisuuksia. Esimerkiksi nimikkeiden aihioita ei ole suuremmissa määrin ylläpidetty ERP-järjestelmässä, mutta niitä nostetaan projektiluontoisesti yksi nimike kerrallaan järjestelmään.

Suunnitteluprosessin lähtökohta oli, että mahdollisimman suuri osa käytettävästä tiedosta on saatavilla mahdollisimman pienellä työllä. Tiedon saatavuuden kriteerinä oli myös, että se on kaikille saatavilla eikä suunnittelijan vaihtuessa tarvitse parametrejä muuttaa, kuten aikaisemmin oli toimittu. Tietolähteenä päädyttiin käyttämään Power BI-raporttia, johon koostettiin tiedot valmiiksi siinä muodossa missä niitä hyödynnettiin jatkossa suunnittelutyökalussa.

Suunnittelutyökalun esimerkinomainen suunnittelunäkymä on kuvattu liitteessä 11. Suunnittelutyökalu luo suunnittelijalle valmistusehdotukset ja antaa indikaation, jos

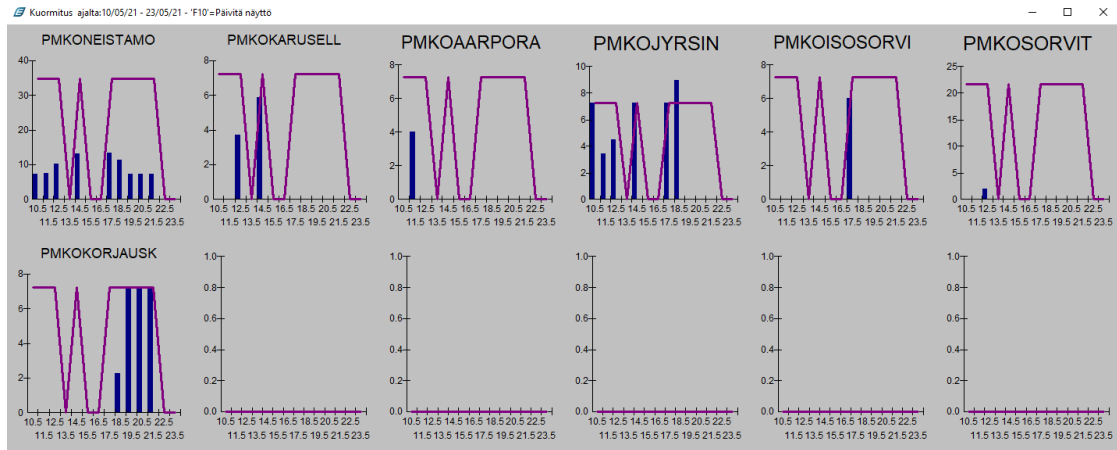
joku määritelty elementti rajoittaa suunniteltavaa määrää. Indikaation pohjalta suunnittelija voi tarkastella tarkemmin suunnitelman toteutettavuutta ennen tuotantoon ohjausta. Suunnitellut työt täytetään taulukkoon, jonka pohjalta päivitetään kuormitusnäkyä. Suunnittelutyökalun kuormitusnäky on karkealla tasolla oleva avoimien töiden tilanne sekä suunniteltujen töiden määrä. Kuormitusnäkyä avulla ta-voitellaan sopivaa työkuormaa, joka on osastokohtaisesti noin 3-10 työpäivää. Esi-merkinmukainen kuormitusnäky on kuvattu taulukossa 8.

Taulukko 8. Suunnittelutyökalun kuormitusnäky

OSASTO	TYÖRYHMÄ	AVOIN TYÖ [PV]	SUUN. TYÖ [PV]	TYÖT YHT. [PV]
ILMAJARRU	ILMAJARRU	3	2	5
KANGASKATU	ELRON TELI	7	4	11
	SM2 TELI	4	3	7
KOMPONENTTIPALVELUT	KOMPONENTTIPALVELUT	6	1	7
KONEPAJA RASKASTELI	DV12, DR14, DM12 TELI	6	5	11
	MD, SIG TELI	10	5	15
	SR1 TELI	10	2	12
	SR2, DR16 TELI	2	3	5
OSAVALMISTUS	OSAVALMISTUS	5	5	10
PYÖRÄKERTATUOTANTO	JUOKSUPYÖRÄKERTATUOTANTO	1	2	3
	VETOPYÖRÄKERTATUOTANTO	1	4	5
RATATYÖKONE	RATATYÖKONE	5	1	6
TAVARAVAUNUPALVELUT	TAVARAVAUNUPALVELUT	4	1	5
TAVARAVAUNUTELIT	TAVARAVAUNUTELIT	10	1	11
VETOKALUSTON PYÖRÄKERTATUOTANTO	VETOKALUSTON PYÖRÄKERTATUOTANTO	7	5	12
PMKONEISTAMO	PMKONEISTAMO	10	1	11

Pieksämäen komponenttituotannon ohjaus perustuu useampaan tuotantomenetelmään ETO:n ja MTS:n välillä. Suurin osa tuotannosta on MTS tuotantoa, johon tilauspiste- ja ennustemalli soveltuu hyvin. Suunnittelussa eroteltiin ATO ja MTO tuotteet asettamalla tilauspiste arvoon 0, jolloin niiden tarpeet eivät nouse listalle, ellei niitä sisällytetä ennustettuun tarpeeseen.

Excel-suunnittelun jälkeen suunnitelmat viedään ERP-järjestelmään ajoittaen työt eteen- tai taaksepäin rajoittamattomaan kapasiteettiin. Tuotannon kuormitusta tarkastellaan henkilöstön osalta virtuaalisten kuormitusryhmien avulla, jotka kokoavat alempien koneiden ja solujen kuormitukset. Koneiden tai solujen kuormitusta tarkastellaan niiden oman kuormitusryhmän kautta. Esimerkki kuormitusnäkyästä on esitetty kuviossa 30. Kuormitusgraafi oli uusi ominaisuus, jota aikaisemmin ei ollut hyödynnetty. Kuormitusgraafien käyttämisen kuormitusryhmien kapasiteetin ajantasaisuus varmistettiin helppokäyttöisellä automatisoidulla tiedon viennillä, jolloin suunnittelijan aikaa ei sitoudu lähtötietojen ylläpitoon.



Kuvio 30. Kuormitusgraafi

Seuraavassa vaiheessa siirrytään karkeasuunnittelusta hienosuunnitteluun, jossa töitä ajoitetaan Työjono-ohjelman avulla. Suunnittelija jonottaa työt järjestykseen ja ajoittaa työt tarvittaessa uudelleen haluttujen sääntöjen mukaisesti. Esimerkki työjonosta on kuvattu kuviossa 31.

Työjono PMKONEISTAMO

Työjono Kapasiteetit Kuormat Valmistuneet Näytä

Mittausjono: Näytä()

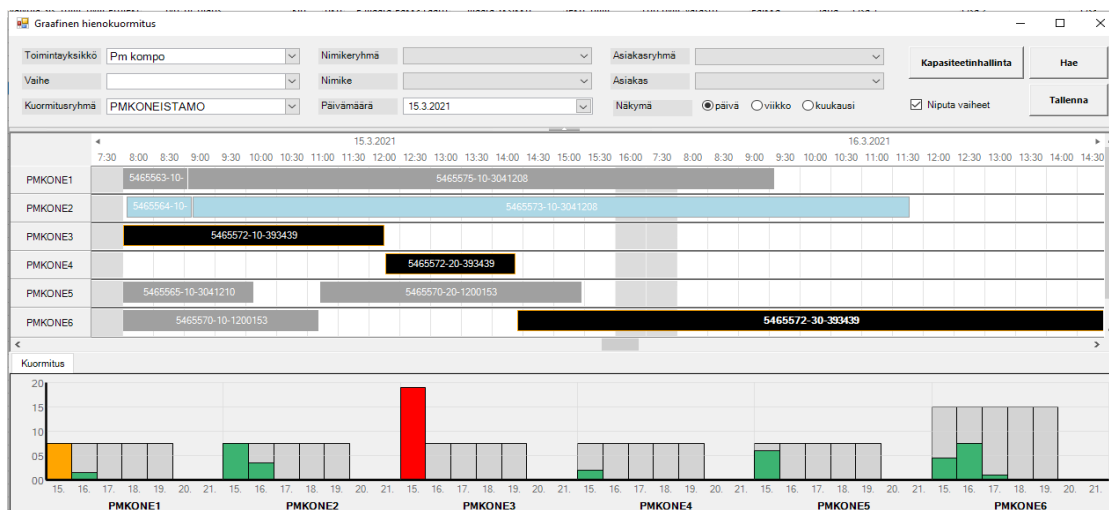
Kuormitusryhmä: PMKONEISTAMO Työjono: 1 - 9999 Aikaväli: / / - 23/05/21 Näytä...

Lajittelu: Sarakkeet 1-5 Järjestely: ☐ Enkisojärjestys Ajoita...

Rap. Ryhmä1	Selite	Järjestö	Työjono	Jrno	Tila	Vaiheen Alk.pvm	Vaiheen Alkuaika	Vaiheen Lop.pvm	Vaiheen Loppuaika	Kok. Valm.	Ed. Ec	Ed. Ec	Nimike	Versio	Nimi	Työnro	Työväihe	Valvoja	Kuorm.ryhmä	S
		2116	10	Hvaks	22/04/21	07:00	29/04/21	13:28	12.	9.	?	X	1507862		KANTORULLA, KASATTUNA+1	5521121	SOR	hvyon	PMKOSORVIT	
		2118	10	Aloit	30/04/21	10:16	06/05/21	12:23	1.	0.	?	X	ESM6JKV KANN		JKV KANNATINMUUTOS SM6	5525921	AARP	hvyon	PMKOAARPOR	
		2119	60	Hvaks	12/05/21	10:59	14/05/21	12:37	8.	0.	?	X	3004067		TERÄSPYÖRÄ SR1, REIKÄ 227	5539886	PSOR	vaanat	PMKOKARUSEI	
		2120	10	Hvaks	18/05/21	07:00	18/05/21	11:30	1.	0.	?	X	1687995		UNILINK COMPLETE HEAD C	5539929	JYR	nuoran	PMKOJYRSIN	
		2120	40	Hvaks	12/05/21	10:05	18/05/21	12:37	8.	0.	?	X	544940		PYÖRÄ+JARRULEVYT, SM2	5538384	JYR	vaanat	PMKOJYRSIN	
		2120	50	Hvaks	18/05/21	12:37	21/05/21	14:10	8.	0.	0.	0	544940		PYÖRÄ+JARRULEVYT, SM2	5538384	KO	vaanat	PMKOKORJAU	
	02/12/04	2118	10	Hvaks	06/05/21	07:00	11/05/21	10:53	36.	0.	?	X	484104005		JOUSTEOSA, KUMIJOUST.VE	5475754	JYR	hvyon	PMKOJYRSIN	
	17.02.2005 ei käy	2119	30	Hvaks	11/05/21	08:01	11/05/21	12:31	1.	0.	0.	0	426726		PYÖRÄKERTA, ULOMPI, DR1	5504447	JYR	hvyon	PMKOAARPOR	
	17.02.2005 ei käy	2119	40	Hvaks	12/05/21	09:59	12/05/21	12:15	1.	0.	0.	0	426726		PYÖRÄKERTA, ULOMPI, DR1	5504447	SOR	hvyon	PMKOSORVIT	

Kuvio 31. Työjono

Viimeinen järjestelmän tukema vaihe suunnittelulle on Hienokuormitus-ohjelma, joka on ERP-järjestelmään liitetty APS-ohjelma. Hienokuormitusohjelmalla on mahdollista tehdä töiden uudelleen ajoittamista ja siirtämistä kuormitusryhmältä toiselle kuormitusryhmälle tasoittaen täten tuotantoa, jos järjestelmään asetetut parametrit sen sallivat. Hienokuormitusohjelma perustuu Gantt-kaaviomaiseen graafiseen näkymään, jossa palkkeja voi siirrellä raahaamalla. Hienokuormitusohjelman ominaisuuksista ei voitu hyödyntää henkilöresursseja, koska ne oli luotu ERP-järjestelmään normaalista poikkeavalla tavalla.



Kuvio 32. Graafinen hienokuormitus

Töiden ajoitus, kuormitusgraafi, työjono ja hienokuormitus olivat uusia ominaisuuksia, jotka vaativat liitteen 9 mukaisia muutoksia ERP-järjestelmään. ERP-järjestelmän toimintalogiikka selvisi ohjelmiston käyttöohjeista sekä testailujen kautta. Selvitystyössä kävi myös ilmi ERP-järjestelmään tehtyjä räätälöintejä, joidenka vuoksi kaikki toiminnot eivät toimineet, kuten käyttöohjeissa oli kuvattu.

Hyödyt

Uuden toimintamallin mukainen suunnittelu toimii hyvänä pohjana tulevalle ERP-hankkeelle, jossa tuotannon ohjaus tulee toimimaan samojen periaatteiden mukaisesti. Työjono ja siihen liittyvät säännöt ovat ERP-järjestelmissä yhtenäisiä. Excel-suunnittelutyökalu on teknisesti toimivasti toteutettu, mutta sen hyötyjä voidaan käyttää täysimääräisesti hyväksi vasta suunnittelun perustietojen korjauksen jälkeen. Suunnittelutyökalun, kuormitusnäytön sekä työjonon yhdistelmä antaa suunnittelulle paremman mahdollisuuden arvioida todellista työkuormaa ja ajoittaa tulevat työt realistisemman tilannekuvan muodossa, jolloin tuotantohäiriöt vähentyvät. Kuormituksen näkyvyys saadaan toteutettua halutulla tasolla esimerkiksi pullonkaulojen osalta. Ehdoton etu vanhaan malliin verrattuna on mahdollisuus joustavaan ja rullaavaan suunnitteluun. Automaattisesti päivittäin päivittyvät raportit ja suunnittelutyökalun siirrettävyys vähentää henkilöriippuvuutta suunnittelutyössä. Suunnittelutyökalujen kehitystoimet mahdollistavat jatkossa siirtymisen itseohjautuvasta tuotannosta suunnittelun ohjaamaksi.

Hienokuormitus-ohjelman heikko käytettävyys ja henkilökapasiteetin puute tekee ohjelmasta kömpelön eikä sille tässä vaiheessa nähty hyötyjä. Toimintamallikuvaus ja ohjeet tietojen korjaamiseen laadittiin kuitenkin sen pohjalta, että Hienokuormitus-ohjelman ominaisuuksia voidaan siltä osin käyttää, kun ne ovat käytettävissä.

6.4 Tuotannon ohjauksen kehittäminen

Tarve ja vaatimukset

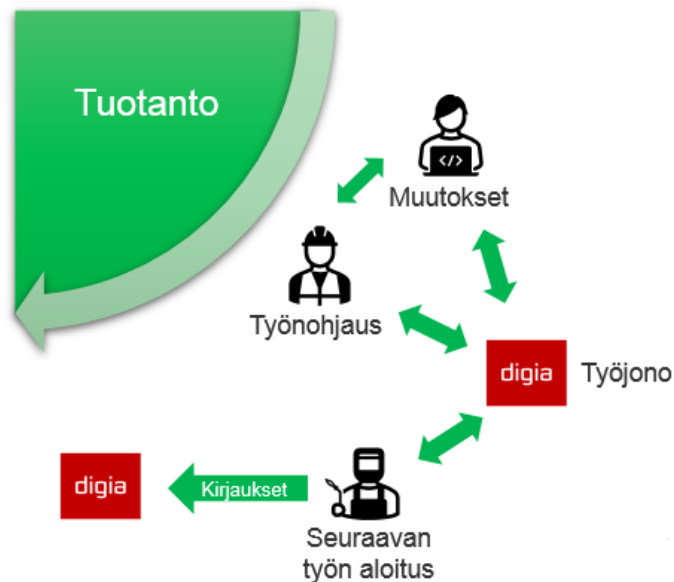
Nykytilanneselvityksen pohjalta kävi ilmi, tuotannon ohjaukseen liittyviä ongelmia. Suunnitelman ollessa opastava muukin tuotantoon annettava ohjeistus tulkitaan tilanteen ja henkilön kokemuksen mukaan eri tavoilla. Tuotannon ohjauksesta puuttui selkeä priorisointi, joka ohjaisi tekemään oikeita töitä oikeaan aikaan. Tuotantoon virtasi jatkuvasti myös muualta tulevia töitä, joista suunnitteluun tuli vaihtelevasti tietoa. Osastojen välillä oli myös vaihtelevuutta. Tehtävät työt ilmoitettiin eri osastoilla eri viestintäkanavien kautta ja tuotannon asentajille näyttäytyvä työn aloitusprosessi oli osastojen välillä erilainen. Toisilla osastoilla asentajat etsivät itse järjestelmästä työnumerot, kun toisaalla työnjohtaja toimittaa työmääräimet tulostettuna asentajille asti. Häiriötilanteissa viestintäkanavat olivat myös moninaiset ja näissä tapauksissa joku osapuoli valmistusketjusta koki jäävän ilman tarvittavaa tietoa.

Yleisesti vaatimukset valmistuksen ohjauksen kehittämiseen liittyivät olemassa olevien variaatioiden vähentämiseen yhtenäistämällä käytäntöjä.

Kehityksen toteutus ja tulokset

Tuotannon ohjauksen kehittämisen lähtökohtana oli ERP-järjestelmän ominaisuuksien hyödyntäminen niiltä osin, kuin ne olivat sovellettavissa käytäntöön. ERP-järjestelmän Työjono-ohjelma tarjosi mahdollisuuden toteuttaa yksi näkymä, joka oli reaaliajassa ja kaikkien käyttäjien saatavilla (kuvio 33). Kuormitusryhmiä määriteltäessä täytyi olla tietoinen osaston jakautumisesta, jotta työjonot voitiin muodostaa tuotantoon soveltuvina kokonaisuuksina. Benchmarkkaus vaiheessa Helsingin kom-

ponenttituotannosta saatiin jo kokemusta heidän tavastaan käyttää Työjonoa ja heidän aloitteestaan asentajille oli annettu oikeudet työmääräinten tulostamiseen Työjonon kautta. Helsingin komponenttituotannon tapa työjonon käyttöön oli erilainen, kuin käyttöohjeissa kuvattu. Pieksämäelle Työjono otettiin käyttöön järjestelmän suunnitellun mallin mukaisesti.



Kuvio 33. Yhtenäinen ohjaus työjonolla

Hyödyt

Työjonon käyttöönoton hyödyt ovat merkittävät vanhaan toimintamallin verrattuna. Työjonon hyötyjä ovat muun muassa:

- jatkuvasti ajantasainen tilannekuva kaikkien käytössä
- kaikki työt voidaan lisätä yhteen näkymään, ei suunnittelun ohi virtausta
- järjestelmään ei jää avoimia töitä
- laadukkaammat päätökset
- työvaiheiden seuranta ja ohjaus
- kirjaukset vain yhteen paikkaan, muut seurannat voidaan lakkauttaa
- viestintäkanavien määrä vähenee
- priorisointi helpottuu
- suunnittelun mahdollisuus vaikuttaa tuotannon tekemiseen helpottuu ja muutokset voidaan tehdä myöhemmin

KPI-mittareissa taulukossa 7 on kuvattu toimintamallien vakiointia vertaamalla viestintäkanavien määrää. Työjonon käyttöönotto on tässä merkittävässä roolissa. Arviolta puolet käytettävistä välineistä ja seurannoista voidaan lakkauttaa, kun Työjono on otettu käyttöön kaikilla osastoilla.

6.5 Tuotannon seurannan kehittäminen

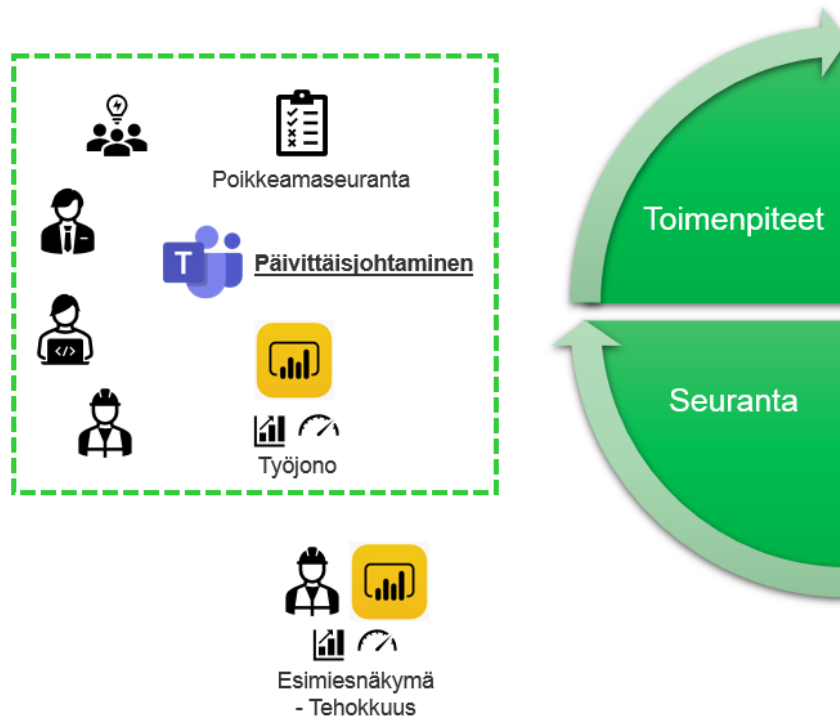
Tarve ja vaatimukset

Tuotannon töiden tilannekuvan muodostumisesta Työjonon avulla on kerrottu edellisissä kappaleissa. Se itsessään ei toimi erityisen tehokkaasti lyhyiden päivittäisjohtamistapahtumien tilannekuvana tuotannosta kokonaisuutena. Työjono kertoo töiden tilanteen, mutta ei kaikkea muuta mikä liittyy vallitsevaan tilanteeseen, joihin vaikuttamalla tuotanto saataisiin toimimaan tehokkaammin. Mahdolliset häiriöiden aiheuttajat ovat tiedossa asentajatasolla tai työnjohdolla ja niiden vaikutuksista mainitaan eteenpäin satunnaisesti. Nykytilannehaastatteluiden pohjalta ilmeni myös tarve liittää tuotannon häiriöiden vaikutukset jollain tavalla toteuman seurantaan, jonka avulla voidaan perustella mahdolliset poikkeamat myös pidemmällä aikavälillä, kuten kuukausitasolla sekä budjettitasolla. Häiriöiden vaikutus ja niiden johtaminen olivat myös vaatimuksia tulevalle päivittäisjohtamismallille.

Kehityksen toteutus ja tulokset

Seurannan kehityksessä keskityttiin päivittäisjohtamistapahtuman rakenteeseen ja siinä käytettäviin seurantoihin, joihin rakennettiin linkit päivittäisistä tapahtumista ylemmän tason seurantoihin (liite 12). Toimihenkilöiden päivittäisjohtamisen alustaksi valittiin Power BI, jonka avulla rakennettu näkymä saadaan automaattisesti päivittyväksi ja voidaan hyödyntää kaikkea tietokantaan mallinnettua tietoa. Power BI:n avulla päivittäisjohtamismalli on myös helppo skaalata käytäväksi asentajien ja työnjohdon välillä. Power BI:n raportit ovat myös saatavissa mobiilisovelluksena, joten tilannekuvan tarkastaminen on mahdollista ajankohdasta ja paikasta riippumattomia. Yhtenäinen seuranta helpottaa asioiden läpikäyntiä ja raportointia päivittäisjohtamisen eri tasoilla. Kuviossa 34 on kuvattu päivittäisjohtamisen sisältöä. Häiriöt syntyvät

tuotannossa, jossa ensimmäinen häiriöstä tietoinen on kyseisen tuotannon asentaja. Asentajien ja työnjohtajien päivittäisjohtamisessa tuotannollinen tilanne käsitellään, josta tieto virtaa ylöspäin. Toimihenkilöiden päivittäisjohtamiseen osallistuu työnjohto, suunnittelu sekä tuotannon johto. Päivittäisjohtamisen tarkoituksena on muodostaa tilannekuva ja välittää tietoa erityisesti mahdollisista häiriöistä, jotka vaikuttavat aikataulussa pysymiseen.



Kuvio 34. Päivittäisjohtamisen kehitys

Kuviossa 35 on esitetty esimerkki osastokohtaisesta näkymästä. Näkymä sisältää kolme eri kokonaisuutta:

- Työjonon
- Toimenpidelistan
- Suunnittelun kommentit

Osastokohtainen työjono on mallinnettu näkymään tarvittavin osin. Visuaalisilla väreillä ohjataan lukija keskittymään ensin olennaisiin eli myöhässä oleviin tai myöhäs-

tyviin töihin. Työjonon tietoihin on tuotu mahdollisimman vähän tietoa, jotta keskitytään oikeisiin asioihin, mutta riittävästi, jotta voidaan yksilöidä rivin tieto tiettyyn työhön.

Suunnittelun kommentit on tarkoitettu ohjaamaan tuotantoa keskittymään tiettyihin priorisoitaviin asioihin. Suunnittelun kommentit asetettiin tässä vaiheessa päivittymään kerran viikossa. Suunnittelun kommenttikentällä korvattiin aiemmin ylläpidetty muistio tuotannon tavoitteista, joka käytiin läpi kerran viikossa.

Merkittävin muutos päivittäisjohtamisen sisältöön on toimenpidelistan käyttöönotto. Toimenpidelistan avulla pyritään kehittämään tuotantoa systemaattisesti. Toimenpidelistasta toimii ongelmanratkaisumallin mukaisesti, jossa ongelmat ja niiden tilanne sekä valmiusaste on läpinäkyvää ja aina kaikkien nähtävissä. Näkyvyydellä varmistetaan, ettei ongelmat unohdu vaan ne tulee käsiteltyä asianmukaisesti. Kaikki häiriöt nostetaan listalle ja niiden vaikutukset arvioidaan jälkikäteen. Toimenpidelistaa käytetään muistiinpanona, josta jäävä jälki välittyy ketjussa eteenpäin budjetin selvityksiin asti.

TYÖJONO										SUUNNITTELUN KOMMENTIT									
SELITE	RAP_RYH MA1	TYÖNRO	NIMI	JONONRO	TILA	ALOITUS	LOPETUS	KUORMERYHMÄ	TYÖVAHE	KOK. KPL	VALM. KPL	Tuotantotilanne ja priorisointi							
5521121			KANTORULLA, KASATTUNA+TAPIT, SM...	10	Started	22.4.21	29.4.21	PMKOSORVIT	SORVAUS	12	9	• Sm6 JKV palkki prioriteetti 1							
5525921			JKV KANNATTINMUUTOS SM6	10	Started	30.4.21	6.5.21	PMKOAARPOA	AARPOAUS	1	0	• Muuten saldot korkeat							
02/12/04			JOUSTEOSA, KUMIOUST.VETOLAITE	10		6.5.21	11.5.21	PMKOJYRSIN	JYRSINTÄ	36	0	• S11 pyöräkerta 8 kpl							
17.02.2005...			PYÖRÄKERTA, ULOMPL DR14	30		11.5.21	11.5.21	PMKOAARPOA	JYRSINTÄ	1	0	• K18 -> K17 vierähdästä muutos työ							
17.02.2005...			PYÖRÄKERTA, ULOMPL DR14	40		12.5.21	12.5.21	PMKOSORVIT	SORVAUS	1	0	Painotus pienillä korjauksilla							
5539886			TERÄSPYÖRÄ S11, REIKÄ 227,96	60		12.5.21	14.5.21	PMKOKARUSELL	PYSTYSORVAUS	8	0								
5538384			PYÖRÄ+JARRULEVYT, SM2	40		12.5.21	18.5.21	PMKOJYRSIN	JYRSINTÄ	8	0								
5539929			UNILINK COMPLETE HEAD COUPLER TP...	10		18.5.21	18.5.21	PMKOJYRSIN	JYRSINTÄ	1	0								
5538384			PYÖRÄ+JARRULEVYT, SM2	50		18.5.21	21.5.21	PMKOKORJAUSK	KORJAUS	8	0								

TOIMENPIDELISTA										MITTARIT KEHITTEILLÄ									
Osasto	Vaihtaa nimikkeeseen	Nimikkeen nimi	Kalustolaji	Ongelma	Lisäty	Status	Tilanne	Kiitettävyyden ennuste	Vastuuhenkilö										
Koneistamo	1234567	JARRULEVYT, SM2		Tasapainotuskoneen käyttöönotto helpottaa jarrulevyjen kiertoa.	25.4.21	3 - Ratkaistu	210428: Tarjous saatu. 210426: Tarjous kunnostuksesta kysytty	4 - Ei vaikutusta	Antti Karhunen										
Koneistamo	11111112	ESIMERKKINIMKE 3	Sr3	Varastosaldoissa heittoa, jonka vuoksi materiaali puuttuu.	29.4.21	2 - Keskeneräinen	210429: Saldot laskettu, ei inventoitu	1 - Kalusto odottaa	Petri Nykänen										
Koneistamo					30.4.21	1 - Ajautunut													
Koneistamo		Karusellisorvin tuotteet		Karusellisorvi rikki, vuotaa öljyä.	30.4.21	1 - Ajautunut		3 - Tuotantokatko											

Linkki viikkopalaverimuistioon
<https://teams.microsoft.com/j/16v/43c68a>

Kuvio 35. Esimerkki osastokohtaisesta tilannenäkymästä

Hyödyt

Seurannan kehittämisen toimenpiteet mahdollistavat jatkossa selkeän tilannekuvan, joka on kaikilla ja kaikkialla samanlainen. Näkyvyys läpi organisaation auttaa tuotannon priorisoinnissa ja vähentää epäselvyyksien ja erillisten selvityspyyntöjen määrää. Uuden seurantamallin mukaan toimimalla voidaan systemaattisesti kehittää tuotantoa ongelmanratkaisun kautta. Power BI:n käyttö mahdollistaa myös tiedon näyttämisen halutulla ajanjaksolla, jolloin harvemminkin päivittäisjohtamiseen osallistuvat näkevät ajankohtaiset tiedot lähipäivien ajalta. Seurannan etu on myös puhtaasti tulevaisuuteen keskittyvä näkymä, jolloin aikaa ei käytetä menneiden päivittelyyn.

6.6 Pilotointi ja käyttöönottosuunnitelma

Tavoite

Pilotoinnin keskeinen tavoite oli saada kokemuksia kehitettyjen toimintojen osalta, jonka pohjalta voitiin tehdä arviointi mahdollisista muutoksista ja esitys toimintamallien laajentamisesta muille osastoille. Merkittävimmät muutokset, joiden muuttaminen jälkikäteen on työlästä, tehtiin ERP-järjestelmään, joten sen toiminnallisuuden tarkastelu oli ensisijaista. ERP-järjestelmän muutokset näkyvät Työjono-ohjelman käytettävyytenä, joten siitä oli ensisijaisesti saatava kokemuksia. Pilotoinnin aikana oli tarkoitus saada myös kokemuksia suunnittelutyökalun toiminnasta, seurantojen toiminnasta sekä muodostaa mielikuva tarvittavasta työmäärästä, jos toimintamallia laajennettaisiin myös muille osastoille.

Toteutus

Pilotointiin valittiin yksi osasto, jonka henkilömäärä ja täten töiden määrä oli riittävän pieni, jotta oli riittävästi aikaa keskittyä mahdollisten syntyvien ongelmien ratkaisuun. Osastoksi valittiin Koneistamo, jonka kuormitus ennestään oli haasteellista suunnittelun ohi virtaavien töiden vuoksi. Suunnittelussa ei ollut saatu näkyville mitään töitä Koneistamossa tehdään, joten tämä testaisi myös Työjonon töiden ohjauksen mahdollisuuksia.

Muutosta varten laadittiin menettelyohje, joka sisälsi suoritettavat vaiheet suoritusjärjestyksessä. Ohje sisältää viittaukset ERP-järjestelmän täytettäviin kenttiin oikeine arvoineen tai määrittelyohjeineen ja viittaukset Power BI-raportteihin, joiden avulla korjattavia tietoja voi analysoida. Ohjeen lisäksi laadittiin Excel-taulukko toimenpidelista (liite 13), joka sisälsi kaikki ohjeessa mainitut vaiheet. Toimenpidelistaan yhdistettiin käyttöönottoprosessin seuranta sekä korjattavien tietojen analysointi. Muutosten hallinnan kannalta ohjeet toimivat myös muistiinpanovälineinä, jos toimintamallia ei laajennettaisi ja haluttaisiin palata takaisin alkuperäiseen toimintamalliin.

Muutoksen läpivientiin osallistutettiin henkilöstöä, joihin muutos tuli vaikuttamaan. Tällä mallilla varmistettiin kaikille osapuolille parhaiten soveltuva toimintamalli ja sitoutuminen toimimaan uuden mallin mukaiseen toimintaan ja kehittämään sitä edelleen. Henkilöstöä osallistutettiin määrittelyvaiheessa, jolloin määriteltiin osaston kuormitusryhmät. Käytännön kokemus on tärkeää kuormitusryhmäkokonaisuuksien hahmottamisessa.

Uusien yhtenäisten toimintatapojen omaksuminen vaatii tuekseen yksiselitteisen koulutuksen. Koulutuksen tarkoituksen oli antaa osallisille riittävä ymmärrys prosessin toiminnasta oman toiminnan osalta. Ennen käyttöönottoa koulutukset toteutettiin kaksiportaisena. Ensimmäisessä vaiheessa koulutettiin työnjohdolle uuden toimintamallin mukaiset toimintatavat ja annettiin riittävä koulutusmateriaali asentajien koulutukseen. Toisessa vaiheessa työnjohto koulutti asentajille uuden toimintamallin mukaiset toimintatavat. Kaksiportaisella koulutuksella varmistettiin, että asentajien lähitukena toimiva työnjohto hallitsee asentajilta vaadittavat toimenpiteet.

Pilotoinnin lopuksi kerrattiin toimintamallin toimintaperiaate ja keskusteltiin toimintamallin vahvuuksista sekä heikkouksista. Läpikäynnin lopuksi asentajille ja työnjohdolle lähetettiin sähköpostin välityksellä sähköinen loppukysely (liite 14). Loppukyselyn tavoitteena oli hahmottaa käyttäjien kokemuksia Työjonon käytöstä sekä saada ilmi mahdollisia kehityskohteita, joita Työjonoon tulisi tehdä. Keskusteluiden ja kyselyn pohjalta oli tarkoitus selvittää myös mahdolliset epäselvyydet, joita tulevaisuudessa käyttöönottokoulutuksissa täytyy korostaa.

Työjonon lisäksi pilotointijaksolla testattiin käytännössä seurantatyökalun tekninen toiminta ja tehtiin tarvittavat muutokset. Seurantatyökalua käytettiin päivittäisjohtamispalaverin pohjana, mutta sen toimintaa ei jalkautettu tuotantoon. Seurantatyökalun käyttöönotto oli opinnäytetyön loppuvaiheessa työn alla. Suunnittelutyökalun osalta tilanne oli samankaltainen. Työkalun toiminnallisuus varmistettiin pilotointijaksolla todellisella tiedolla ja tehtiin pieniä korjauksia sen toimintaan. Osaston tuotannon luonteen vuoksi suunnittelutyökalun rooli ei ollut tässä vaiheessa merkittävä.

Tulokset

Pilotointiin ja loppukyselyyn osallistui koko Koneistamon henkilöstö työnjohtoineen eli 4 asentajaa ja 1 työnjohtaja. Kyselyyn vastaaminen oli vapaaehtoista, jonka vuoksi kaikilta osallisilta ei vastauksia saatu. Kyselyllä oli 2 vastaajaa, joiden tulokset on esitetty taulukossa 9. Pilotoinnin läpikäynnin keskustelujen pohjalta kävi ilmi, ettei kaikki osalliset olleet käyttäneet Työjonoa. Keskustelun pohjalta muodostunut mielikuva ja kyselyn tuloksissakin merkittävin haaste Työjonon käytössä ohjeistuksen puute. Nykytilanneselvityksessäkin esiintynyt epäselvyys kirjauskäytännöistä sekä työsuoritukseen liittyvistä ohjeista vaikuttaa edelleen. Pilotointia varten nimikkeiden rakenteilla olevia ohjeita ei päivitetty, joka osaltaan selittää epäselvyyttä.

Toisena kehityskohteena voidaan kysymyksen 2 kohdalta sekä keskustelujen pohjalta nostaa esiin työjonon selkeyden puute. Työjonon käyttöönottokoulutusvaiheessa koulutusmateriaalissa ja ohjeissa ei ollut huomioitu riittävän tarkasti asentajan näkömängän rajausta, johon liittyvä ohjeistus käsiteltiin läpikäynnin aikana. Seuraavan työn aloituksen epäselvyyden syitä ja mahdollista toimintatavan muutosta täytyy arvioida jatkossa. Työjonon käyttö Helsingin komponenttituotannossa perustuu henkilöön, jolloin tehtävät työt yksilöidään tarkemmin tekijän näkökulmasta. Pieksämäen osalta tässä vaiheessa ei vielä haluttu mennä sille tarkkuustasolle.

Työjonon tarkoitus oli vähentää viestintätarvetta asentajan, työnjohtajan sekä suunnittelijan välillä, mutta kyselyn tulosten perusteella pilotoinnissa oli käynyt täysin päinvastaisesti. Tämä selittynee sillä, että aiemmin asentajat ovat saaneet suunnittelun ohi työpyyntöjä eikä suunnittelulle ole viestitty työtä vaan se on tehty pois jolloin

työmääräimellä. Prosessimuutoksen johdosta kaikki työt pyydettiin viestimään suunnittelulle, jotta suunnittelu saa varmistettua oikean työn ja jonotettua työn Työjonoon. Tämä on aiheuttanut lisääntyneen viestinnän ja korjaavana toimenpiteenä jatkossa työn pyytäjän täytyy olla yhteydessä suoraan suunnitteluun, jolloin Koneistamon asentajan ”asiakaspalvelutyö” jää vähäisemmäksi.

Taulukko 9. Pilotoinnin loppukyselyn tulokset

Kysymys	Määrä	Keskiarvo	Keskiarvon luottamusväli	Mediaani	Keskihajonta
1. Olen käyttänyt työjonoa	2	1	1 – 1	1	0
2. Työjonon käyttö on helppoa (1 = täysin samaa mieltä, 5 = täysin eri mieltä)	2	3	3 – 3	3	0
3. Tiedän työjonosta minkä työn aloitan seuraavaksi (1 = täysin samaa mieltä, 5 = täysin eri mieltä)	2	2,5	1,52 – 3,48	2,5	0,71
4. Saan työmääräimen järjestelmästä itsenäisesti (1 = täysin samaa mieltä, 5 = täysin eri mieltä)	2	2	2 – 2	2	0
5. Saan päätettyä työn oikein (1 = täysin samaa mieltä, 5 = täysin eri mieltä)	2	2	2 – 2	2	0
6. Työjono on vähentänyt viestintää työnjohdon ja suunnittelun kanssa (1 = täysin samaa mieltä, 5 = täysin eri mieltä)	2	4	2,04 – 5,96	4	1,41
7. Työjonon kehittämistä kannattaa jatkaa edelleen (1 = täysin samaa mieltä, 5 = täysin eri mieltä)	2	2,5	-0,44 – 5,44	2,5	2,12
8. Suosittelem työjonon käyttöönottoa myös muille osastoille (1 = täysin samaa mieltä, 5 = täysin eri mieltä)	2	3,5	0,56 – 6,44	3,5	2,12

9. Työjonon ongelmia ovat

Vastaajien määrä: 2

Vastaukset
Aina ei täysin tiedä mitä työ sisältää. Paremmat ohjeet tölle tarvitaan. Aina ei ole varmaa onko valmistettava kappale saldoille nousevaa vai ei
Kunto järjestelmä hidaskäyttöinen. Hankalakäyttöinen kun joutuu etsimään aina koneen avattua uudelleen kustannuspaikan ja kirjoittimen ennen tulostusta .

10. Mitä toivoisit työjonolta?

Vastaajien määrä: 2

Vastaukset
Selkeämpi näkymä
Selkeämpää ulkoasua. Työmääräimiin lisä infoa mitä tuotteelle tehdään+mitä kirjataan työn päätyttyä.

Pilotoinnin tuloksena saatiin arvioitua suunnitellun muutoksen vaatima resurssi, jos se otettaisiin käyttöön myös muilla osastoilla. Pilotointiosasto oli kooltaan keskimääräistä pienempi ja osaston päävastuulla olevien nimikkeiden määrä oli vähäinen, uusia nimikkeitä perustettiin muutama. Koneistamon osalta työjonon käyttöönotto vaati arviolta yhteensä 5 henkilötyöpäivää suunnittelulta sekä työnjohdolta. Tämän lisäksi koulutukseen varattiin 2 tuntia asentajaa kohden. Tehokkaiden työkalujen vuoksi tietojen tarkastelu ja tarvittava korjaus on suhteellisen nopea toimenpide. Taulukossa 9 on esitetty arvio tarvittavasta resusoinnista, jos käyttöä laajennetaan

myös muille osastoille. Pieni vaihtelevuus tulee nimikkeiden määrän sekä vaiheiden määrän vaihtelusta.

Taulukko 10. Työjonon käyttöönoton resursointi

[HTP]	Ilmajarru	Osavalmistus	Tavaravaunuelit	Koneistamo	Pyöräkertatuotanto	Raskaat telit	Vetokaluston pyöräkertatuotanto	Kommentti
1 Valmistelu	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
2 Määrittely - työpaja	1	1	1	1	1	1	1	
Määrittely - jälkityöt	2	1	2	1	2	1	1	Ei sisällä Ohjeita - tekstiit + liitteet
3 Korjaukset	2	1	1	1	1,5	1	1	
4 Seurantojen päivitys	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
5 Koulutus	1	1	1	1	1	1	1	+ asentajamäärän mukaisesti 2h
6 Käyttöönotto	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
7 Jälkitoimenpiteet	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
8 Muut toimenpiteet								Ei työjonon käyttöönoton kannalta pakolliset
	7,1	5,1	6,1	5,1	6,6	5,1	5,1	= 40,2

Käyttöönottosuunnitelman mukaan työjono suunniteltiin käyttöönotettavaksi osasto kerrallaan. Tällä menetelmällä voidaan hallitusti kerätä osastokohtaisia kokemuksia ennen seuraavan osaston käyttöönottoa. Kullakin osastolla on omat erityispiirteensä, jonka vuoksi samaa mallia ei voida täysin suoraan ottaa käyttöön toisella osastolla. Käyttöönotto suunniteltiin toteutettavan rullaavana, jolloin edellisen osaston ollessa seurantajaksolla voidaan uuden osaston osalta aloittaa määrittely. Läpivienniltään kokonaisuuden arvioitiin kestävän noin 4-5 kuukautta.

7 Pohdinta ja kehitysehdotukset

7.1 Kehitettyjen mallien käyttökelpoisuus

Suunnittelun perustietojen ylläpidon kehitys ja korjaus

Järjestelmän tietojen korjauksen ja ylläpidon kannalta merkittävin osuus on ohjeistus. Ohjeet ovat hyvin kattavat ja helppolukuiset. Korjausta varten tehdyt raportit ja työkalut mahdollistavat nopean korjaustoimenpiteen suurimmalle osalle datasta. Datat korjauksen ja ylläpidon työkalussa havaittiin puute vaihe aikojen tunnistamisessa,

jos vaihenumeroita muutetaan. Ongelma rajoittaa työkalun käytettävyyttä. Tämän vuoksi tietojen korjaus täytyy tehdä lyhyellä aikavälillä projektimaisesti ryhmä kerrallaan, jonka jälkeen kirjatut tiedot ovat luotettavia. Rakenteiden osien tietojen käsittely jäi manuaaliseksi työksi, joten sen osalta kehitetty työkalu toimii hyvin, mutta korjausmenetelmän suuren manuaalityön vuoksi korjauksia ei saada suoritettua täysimääräisesti lyhyellä aikajänteellä. ERP-järjestelmän tiedon vienti tietokantaan ja Power BI-raportoinnin avulla toteutettu suunnittelun lähtötietojen haku helpottaa merkittävästi suunnittelun työtä. Tietojen ylläpito järjestelmässä on mahdollista ja tietoa voi täten hyödyntää kaikessa muussa toiminnassa.

Suunnitteluprosessin kehittäminen - hienosuunnittelu

Suunnitteluprosessin kehityksessä tutkittiin uusia tapoja toteuttaa suunnittelua ja löydettiin Työjono-, Kuormitusgraafi- sekä Hienokuormitus-ohjelmat. Itse suunnittelutyö toteutetaan edelleen Excel-työkalulla, kuten ennenkin, mutta päivitetyllä versioilla. Uusi Excel on suunnittelun näkökulmasta merkittävästi tarkempi ja ylläpidoltaan kevyempi, kuin vanha versio. ERP-järjestelmän mahdollisuudet suunnitteluun ovat rajalliset. Kuormitusgraafi sekä Hienokuormitus jäävät todennäköisesti vähäiselle käytölle ennen uuteen ERP-järjestelmään siirtymistä. Kuormitusgraafia voidaan hyödyntää jonkun pullonkaulojen tarkastelussa, mutta todennäköisesti datakorjausten jälkeen voidaan rakentaa paremmat näkymät Power BI-raporteilla. Hienokuormitusohjelman käyttöönotto ei ole ajankohtaista ennen, kuin karkeasuunnittelu Työjonon avulla hallitaan. Karkeasuunnittelun haltuunotto tulee kestäämään niin pitkään, ettei Hienokuormitusohjelman käyttöä ennakoida hyödyntää ennen uuden ERP-järjestelmän käyttöönottoa. Hienokuormitusohjelman käyttöönoton innokkuutta laskee myös itse ohjelman heikko käytettävyys.

Tuotannon ohjauksen kehittäminen

Työjono ja sen ohjaukselliset ominaisuudet ovat toimintoja, jotka tulee ottaa käyttöön. Nopea kehitys sekä pilotointiaika ei antanut riittävää kuvaa lopullisesta toimintamallista, joten pilotointijaksoa päätettiin jatkaa. Pilotoinnilta vaaditaan kuitenkin

riittävä kokemus toiminnan skaalaukseen. Tuleva ERP-järjestelmä vaatii joka tapauksessa Työjono-periaatteiden käyttöönoton, joten tällä mallilla on hyvä testata miten tulevaisuudessa kuormitusryhmärakenne kannattaa rakentaa.

Tuotannon seurannan kehittäminen

Seurannaksi rakennettu Power BI-koontinäkyä on helppokäyttöinen, helposti ylläpidettävä ja muokattava. Toimintamallia voidaan skaalata eri tuotantotasolle, kun perustiedot saadaan vakiomuotoisena tietolähteistä. Seurannan lopputulos jäi tämän opinnäytetyön aikana kehitystasolle, joka otetaan käyttöön ja kehitellään pikkuhiljaa tarpeen mukaan. Kehityksesi jäi materiaalipuutenäkymien yhdistäminen samaan näkymään sekä soveltuvan mittariston rakentaminen.

7.2 Tavoitteiden saavuttaminen

Luvussa 1.2 määriteltiin opinnäytetyölle asetetut tavoitteet ja rajaukset. Kokonaisuutena opinnäytetyön tulokset vastaavat alkuperäisiin tavoitteisiin. Aivan alkuperäinen suunnitelma sisälsi muutoksen johtaminen käytäntöön, mutta jo työn alkuvaiheilla havaittiin työsisällön laajuus ja päädyttiin keskittymään muutoksen edellytysten valmisteluun jättäen itse muutos työn ulkopuolelle. Muutettuun tavoitteeseen nähden lopputulos palvelee hyvin muutoksen toteutusvaihetta.

Opinnäytetyön päätutkimuskysymyksenä oli ”Kuinka ohjataan tuotantoa?”. Opinnäytetyön tietoperusta käsittelee laaja-alaisesti tuotannon ohjausta pitkän- ja lyhyen aikavälin osalta. Tuotantojärjestelmät ovat monimutkaisia kokonaisuuksia, joita voi järjestellä monin eri tavoin, mutta standardit, kuten ISA-95 antoi selkeän kuvan, kuinka tuotantojärjestelmän toimintamallit voidaan yhdistää tietojärjestelmiin. ERP-, APS- ja MES-järjestelmien ominaisuuksien merkitys ja erityisesti APS- ja MES-järjestelmien harvinaisuus antoivat mielikuvan tyypillisistä suunnittelumenetelmistä suomalaisessa teollisuudessa.

Sivutuotteena työn lopputuloksen käyttökokemuksia tai tarkemmin tässä vaiheessa kehitystyön mukana kertymää kokemusta on jo hieman päästy hyödyntämään uuden

ERP-järjestelmän kehitysvaiheessa. Vanhan järjestelmän syvällisempi ymmärrys auttaa uuden järjestelmän toiminnallisuuksien hahmottamisessa.

7.3 Jatkokehitysehdotukset

Tämän opinnäytetyön jatkotoimenpiteenä täytyy kehitetyt toimintamallit jalkauttaa tuotantoon soveltuvin osin ja tehdä tarvittavat pienet muutokset, joita käyttöönoton yhteydessä havaitaan tarpeelliseksi. Kehitettyjen osioiden osalta Työjono ja siihen liittyvä käytettävyys sekä tuotannon asentajille virtaava informaatio kaipaa kehittämistä.

Jatkokehitysmahdollisuudet tähän opinnäytetyöhön liittyen voidaan liittää paremman datan laatuun ja sen jatkohyödyntämiseen. ERP-järjestelmässä ylläpidettyä tietoa voidaan jatkossa käyttää hyödyksi myös pidemmän aikavälin suunnitelmissa sekä budjetoinnissa. Ajan tasalla olevan datan avulla säästetään merkittävästi aikaa erillisistä analysoinneista. Todellisten vaihe- ja kuormitusryhmäjakojen ansiosta voidaan myös suunnitella tarkemmin pidemmän aikavälin resurssi- ja kapasiteettitarpeet. Oikeaa lähtödataa voidaan hyödyntää myös seurantojen kehityksessä. Tuotannon tehokkuuden vertailu rakenteen ohjeellisiin aikoihin sekä materiaalikirjausten vertailu rakenteen arvoihin mahdollistaa tarkempien seurantojen kehittämisen Power BI-raporttien avulla. Seurantoja kehittäminen mahdollistaa edelleen tuotannon ohjauksen kehittämisen.

Suunnittelutyökalun lähtötietoina käytetään pidemmän aikavälin ennusteita. Pidemmän aikavälin ennustetarkkuutta täytyy parantaa ja frekvenssiä lyhentää, jotta niitä voidaan hyödyntää lyhyen aikavälin suunnittelutyökalun lähtötietoina. Toinen kehitettävä lähtötieto olisi dynaaminen tilauspiste. Tilauspisteellä ohjattavat komponentit vaativat ajoittain tilauspisteiden tarkasteluja, koska kulutusmäärät muuttuvat. Dynaamisen työkalun avulla voisi tarkastella tilauspiste-ehtotuksia toimintayksiköittäin, jonka pohjalta voisi päivittää ERP-järjestelmän tilauspistetietoja.

Kehitettyjen toimintamallien hyödyntäminen myös muissa VR FleetCare:n tuotannoissa on mahdollista. Opinnäytetyöstä ja sen lopputuloksista järjestetään yrityksen

sisäisiä esittelytilaisuuksia, joiden tarkoitus on herättää mielenkiinto kuulijoissa ja keskustella mahdollisista sovelluskohteista heidän omissa tuotannoissaan. Päivittäisjohtamisen seurantamalli on yleisesti käyttöönotettavissa myös muissa tuotannoissa. Työjonon toteutustapa tulee käydä läpi erityisesti Helsingin komponenttituotannon kanssa, koska meidän tuotantomme jo osittain käyttää kyseistä ohjelmaa. Työjonon käytön laajentaminen olisi erityisen hyvä myös Pieksämäen konepajan alueella toimivien yhteisten resurssien ohjauksen kannalta, kuten esikäsittely- ja pintakäsittely. Kyseisiä osastoja kuormittaa useat eri suunnittelijat sekä tuotannot ja Työjonon avulla kaikkien tarpeet voitaisiin ohjata yhden kanavan kautta. Kehitykseen laitettavat panokset tältä osin saattavat olla tuotoksia suurempia uuden ERP-järjestelmän käyttöönoton ajankohdan vuoksi.

7.4 Tutkimusmenetelmien käytön onnistuminen

Opinnäytetyö oli luonteeltaan kehittämistutkimus, joka koostui sykleistä hyödyntäen eri sidosryhmien asiantuntijuutta. Työn alkuvaiheessa oli mielikuva työn sisällöstä ja toteutustavoista, joka toteutui kohtalaisen hyvin työn edetessä. Nykytilanneselvityksen työpajat prosessikuvauksineen sekä kommentteineen antoi hyvän pohjan, jonka päälle seuraavia kysymyksiä pystyi rakentamaan. Työpajojen kommenttien kirjausmenetelmä auttoi aina palaamaan siihen prosessiin mihin kommentti liittyi. Ongelmien priorisointi välillä 1 – 3 auttoi myös keskittymään merkittävimpiin kehityskohteisiin, jotka täytyi huomioida toimintamalleja kehitettäessä.

KPI-mittareiden laadinnassa oli olemassa paljon hyviä ideoita mahdollisiksi mittareiksi, joilla toiminnan tasoa voitaisiin mitata. Ongelmaksi kuitenkin muodostui käytettävissä olevan tiedon puute, jonka vuoksi useita mittareita ei voitu rakentaa tai tämän työn yhteydessä ei ollut käytettävissä riittävästi resursseja sellaisten mittareiden rakentamiseen. Tätä työtä ja myös jatkoa varten rakennetut mittarit toimivat kuitenkin tilanteen kuvaamisessa hyvin ja niiden pohjalta pystyttiin tekemään perusteltuja päätöksiä.

Benchmarkkaus oli hyvin kevyt ja tehokas menetelmä. Benchmarkkauksen oleellinen osuus oli valmisteluvaihe, jotta itse tilaisuudesta saatiin tarvittava tieto. Lyhyillä läpikäynneillä sai oikein selkeän näkymän eri tuotantojen erilaisista käytännöistä ja ymmärryksen millä tasolla muualla toimitaan. Parhaiden sovellettavien käytäntöjen löydyttyä on tarvittaessa helppo jatkaa toiminnan kehittämistä yhdessä benchmarkkauskohteiden kanssa. Nauhoittaen toteutettu benchmarkkaus mahdollisti myös alkuperäiseen läpikäyntiin palaamisen, joka lisää menetelmän luotettavuutta.

Benchmarkkaus ERP-kehityshankkeen suuntaan olisi ollut yksi enemmän hyödynnettävä kohde, mutta hankkeen aikataulun vuoksi sen käsittely laajemmin ei onnistunut.

Pilotoinnin lopputuloksia arviointiin haastattelun lisäksi kyselyllä. Pilotoinnin osaston pienen henkilömäärän vuoksi pilotoinnin tulokset eivät ole erityisesti yleistettäviä laajemmalla tasolla. Loppukyselyn alhainen vastausprosentti myös osoittaa, ettei kaikkia mielipiteitä ole saatu kyselyn tuloksiin ja tulokset saattaisivat olla täysin erilaiset, jos kaikki olisivat vastanneet. Alhaisen vastausprosentin syyt jäivät osin epäselväksi. Kyselyihin usein vastaa kaikkein aktiivisin otanta joukosta.

Kokonaisuutena käytetyt menetelmät ohjasivat tämän kehittämistutkimustyön läpi systemaattisesti. Menetelmät palvelivat kokonaisuutta useissa eri kehitysvaiheissa ja toimivat tehtyjen päätösten perusteluina.

Lähteet

- Asprova Advanced Planning and Scheduling (APS). N.d. Viitattu 4.5.2021.
<https://www.asprova.com/en/asprova.html>.
- Barbosa, C. & Azevedo, A. 2018. Towards a hybrid multi-dimensional simulation approach for performance assessment of MTO and ETO manufacturing environments. 28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2018), June 11-14, 2018, Columbus, OH, USA. Procedia Manufacturing, 17, 852-859. Viitattu 13.4.2021.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918312575>.
- Brooks, S. 2021. VR Fleetcare continues digitisation with Infor. Uutinen. Enterprisetimes. Viitattu 5.3.2021.
<https://www.enterprisetimes.co.uk/2021/02/09/vr-fleetcare-continues-digitisation-with-infor/>.
- Chapman, S. 2006. The fundamentals of production planning and control. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Fang, A. 2011. Toiminnanohjausjärjestelmällä tavoiteltavat hyödyt ja implementointivaiheen haasteet: Case Liikenneviraston Sampo. Kandidaattintutkielma. Helsinki. Liikennevirasto. Viitattu 3.3.2021.
https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lr_2011_toiminnanohjausjarjestelmalla_tavoiteltavat_web.pdf.
- Govindaraju, R. & Putra, K. 2016. A methodology for Manufacturing Execution Systems (MES) implementation. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 114, No. 1, p. 012094). IOP Publishing. Viitattu 13.4.2021.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/114/1/012094/pdf>.
- Greasley, A. 2013. Operations management. 3rd edition. Chichester: Wiley.
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Infacts.
- Hopp, W., Spearman, M. 2011. Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management. 3rd edition. Illinois: Waveland Press.
- Järvenpää, E. & Lanz, M. 2014. Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus suomalaisissa valmistavan teollisuuden yrityksissä – Nykytila, haasteet ja tarpeet. LeanMES-hankkeen raportti. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 1.3.2021.
<https://research.tuni.fi/uploads/2019/05/31946714-leanmes-tuotannonsuunnittelu-ja-ohjaus-suomalaisissa-yrityksiss-julkinen-final-1.pdf>.
- Järvenpää, E., Lanz, M., Tokola, H. & Koho, M. 2015. Production planning and control in Finnish manufacturing companies – Current state and challenges. Teoksessa 25th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2015), 23-26 June 2015, Wolverhampton, UK (Sivut 8). Viitattu 1.3.2021.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:tti-201705191420>.

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2017. Kunnossapito : tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 6. täydennetty painos. Helsinki: Promaint ry.

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Kananen J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kivikunnas, S. & Heilala, J. 2011. Tuotantosimuloinnin tietointegrointi - Standardikatsaus. VTT. Viitattu 13.4.2021.
<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/workingpapers/2011/W172.pdf>

Kletti, J. 2007. Manufacturing Execution Systems — MES. 1st edition. Berlin: Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH Co.

Koivuranta, J. 2019. Sisälogistiikan kehittäminen konepajalla - Telien ja pyöräkertojen virtauksen parantaminen. Opinnäytetyö, AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Logistiikka. Viitattu 3.3.2021. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019121827503>.

Krajewski, L.J, Ritzman, L.P. & Malhotra, M.K. 2012. Operations management : processes and supply chains. 10th edition. Boston: Pearson Education.

Lambregts, K., Van Wilgen, P. & Chakraborty, M. 2006. Improvement of production scheduling by closing the loop with MES. Artikkel. Steel Times International. Viitattu 13.4.2021.
<https://search.proquest.com/openview/316c5256c737ce4a26c16a405a0dd79f/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1056347>.

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

Lehtonen, J-M. 2004. Tuotantotalous. Helsinki: WSOY.

Liddell, M. 2015. The Little Blue Book on Scheduling. 3rd edition. Florida: Joshua1nine. <https://www.littlebluebookonscheduling.com/>

Liiketoiminnot. N.d. VR Group. Viitattu 5.3.2021.
<https://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/vr-group-yrityksena/liiketoiminnot/>.

Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P. & Lyly-Yrjänäinen, J. 2016. Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. 1. painos. Helsinki: Edita.

Miltenburg, J. 2005. Manufacturing strategy : how to formulate and implement a winning plan. 2nd edition. Portland: Productivity Press.

Modig, N., Åhlström, P. & Tillman, M. 2013. Tätä on lean : ratkaisu tehokkuusparadoksiin. 2. painos. Tukholma: Rheologica Publishing.

Olhager, J. 2003. Strategic positioning of the order penetration point. International Journal of Production Economics, Vol. 85, No. 3, pp. 319-329. Viitattu 13.4.2021.

https://www.researchgate.net/publication/222831316_Strategic_positioning_of_the_order_penetration_point.

Olson, D.A. 2014. Supply chain information technology. 2nd edition. New York: Business Expert Press. Palvelut N.d. VR FleetCare. Viitattu 5.3.2021. <https://www.vrfleetcare.com/fi/vr-fleetcare/palvelut/>.

Pernaa, J. 2013. Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Artikkel. Jyväskylä. PS-kustannus. Viitattu 5.3.2021. https://tuhat.helsinki.fi/ws/files/127650174/2013_Pernaa_KT_tutkimusmenetelma_KT_kirja.pdf.

Rautateiden henkilöliikenteen kilpailun avaaminen etenee yhtiöjärjestelyillä. 2018. Liikenne- ja viestintäministeriö. Tiedote. Viitattu 5.3.2021. <https://www.lvm.fi/-/rautateiden-henkiloliikenteen-kilpailun-avaaminen-etenee-yhtiojarjestelyilla-976098>.

Rossi, T. 2019. Sähkövetureiden luotettavuuden parantaminen. Diplomityö. Tampereen yliopisto, Konetekniikka. Viitattu 8.4.2021. <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-201908283048>.

Scholten, B 2007. A guide to applying the ISA-95 standard in manufacturing. North Carolina: International Society of Automation.

Siltanen, J. 2020. Kunnossapitoyrityksen materiaali- ja tietovirtaprosessien kartoitus ja kehittäminen. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Tuotantotalous. Viitattu 3.3.2021. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020062545745>.

Stevenson, W. J. 2009. Operations management. 10th edition. Boston: McGraw Hill/Irwin. Taloustiedot. N.d. Asiakastieto. Viitattu 5.3.2021. <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/vr-kunnossapito-oy/29452537/taloustiedot>.

Tuominen, K. 2016. Introducing benchmarking. Pori: Oy Benchmarking Ltd.

Tuotantojärjestelmien suunnittelu A/B. 1994. Opetusmoniste. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Teollisuustalouden laboratorio.

Womack, J.P. & Daniel, T.J. 2003. Lean thinking : Banish waste and create wealth in your corporation. New York: Free Press.

Womack, J.P., Daniel, T.J. & Roos, D. 2007. The machine that changed the world : How lean production revolutionized the global car wars. 1st edition. New York: Free Press.

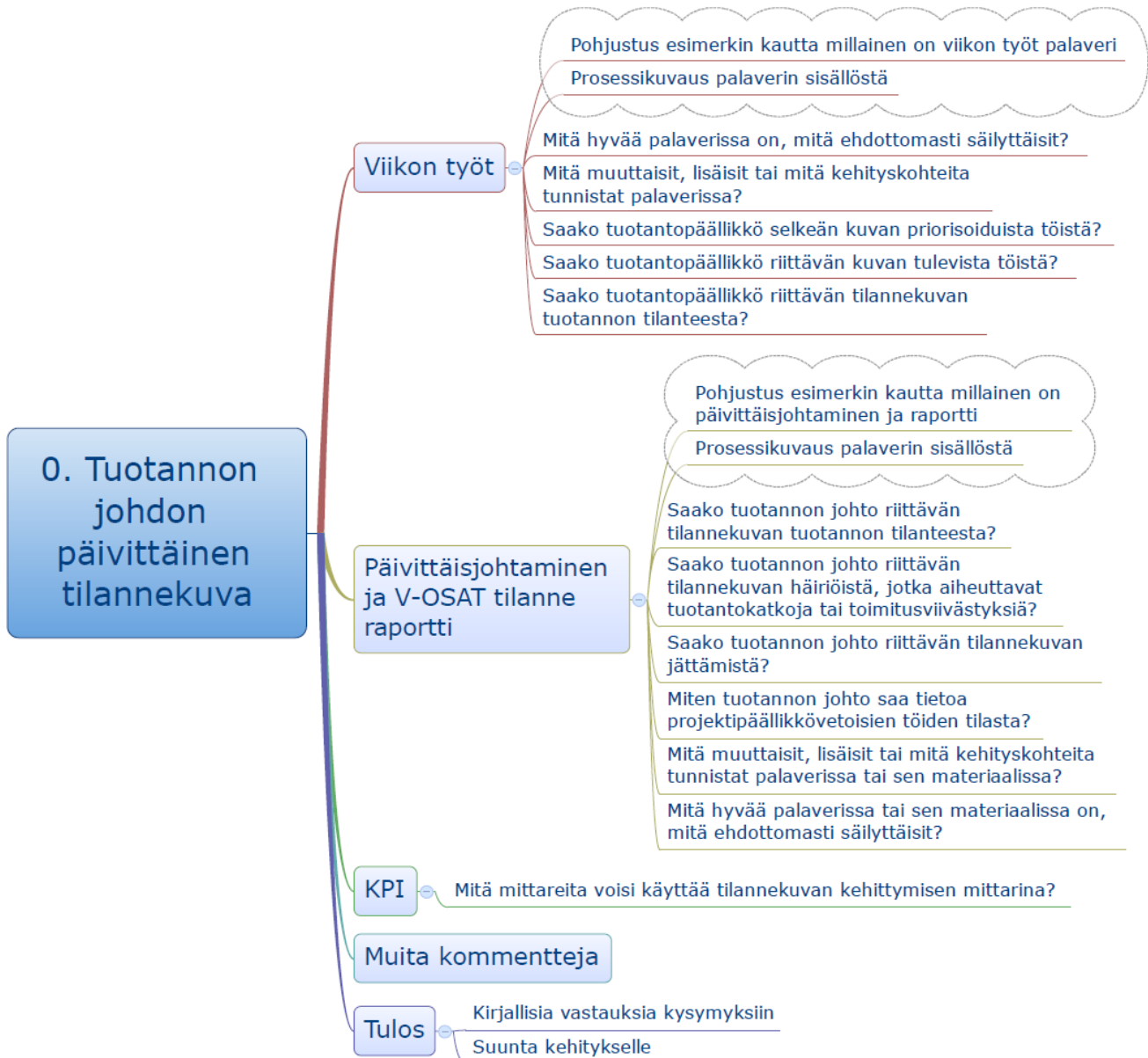
VR FleetCare hakee vauhtia kasvuun, komponenttipalvelut yhtenä kasvun kärjistä. 2021. VR FleetCare. Tiedote. Viitattu 5.3.2021. <https://www.vrfleetcare.com/fi/vr-fleetcare/uutiset/vr-fleetcare-hakee-vauhtia-kasvuun-komponenttipalvelut-yhtena-kasvun-karjista-170220211039/>.

VR Group lopettaa toiminnan Hyvinkään konepajalla. 2017. VR Group. Tiedote. Viitattu 5.3.2021. <https://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/uutishuone/uutiset-ja-tiedotteet/vr-group-lopettaa-toiminnan-hyvinkaan-konepajalla-240120171044/>.

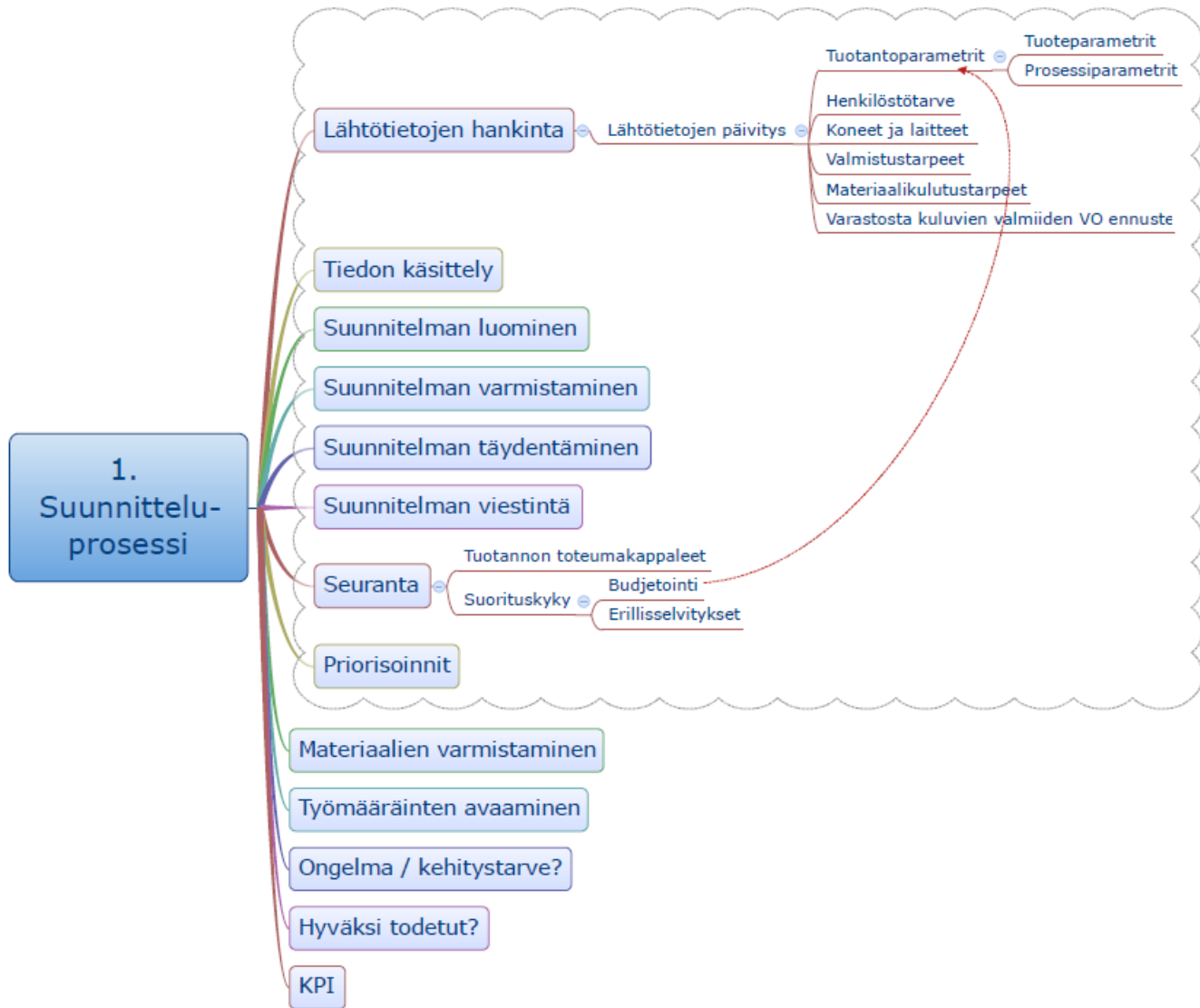
VR-Yhtymä yhtiöittää kunnossapidon liiketoiminnan. 2019. VR Group. Tiedote. Viitattu 5.3.2021. <https://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/uutishuone/uutiset-ja-tiedotteet/vr-yhtyma-yhtioittaa-kunnossapidon-liiketoiminnan-020120191024/>.

Liitteet

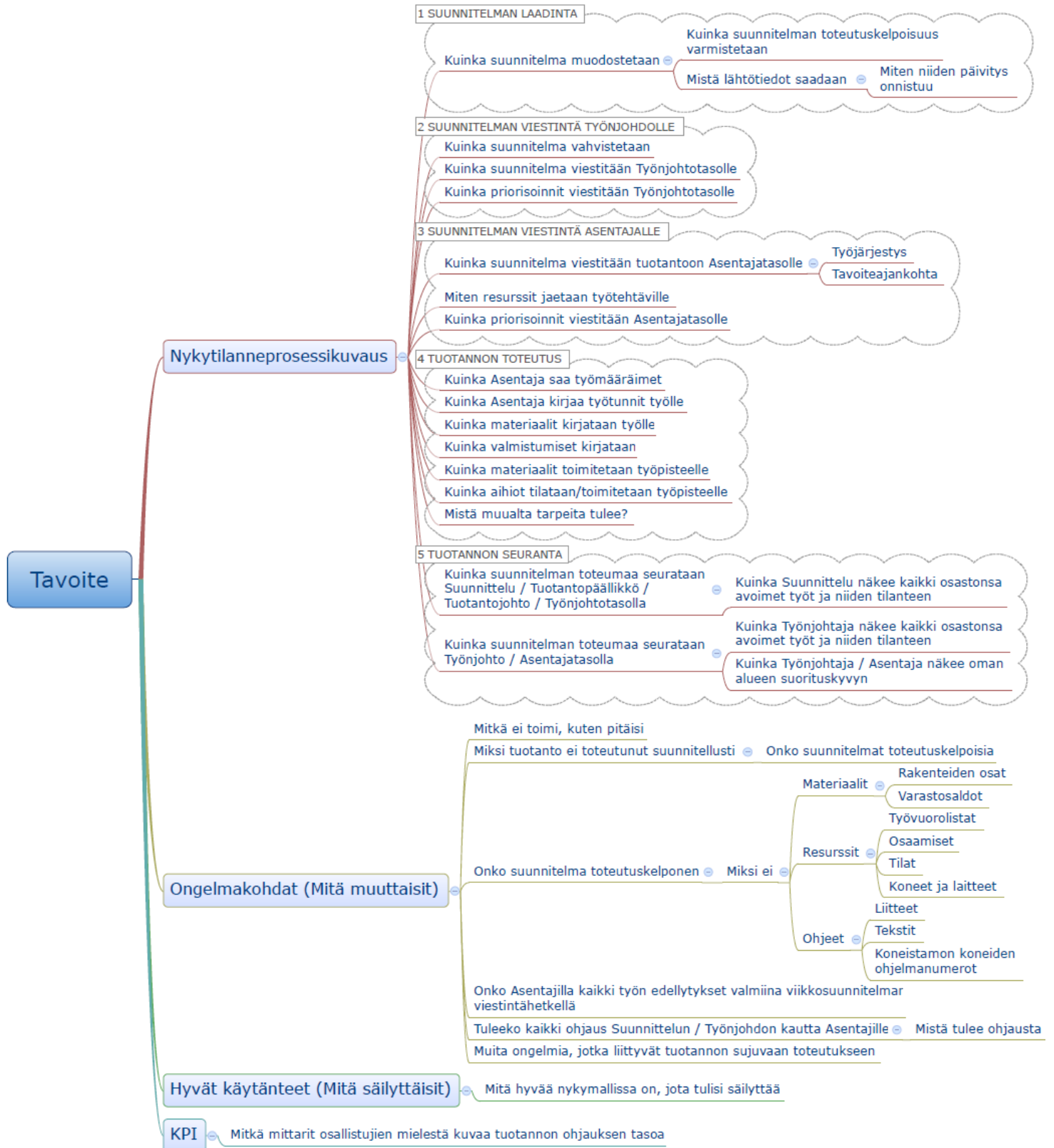
Liite 1. Nykytilanneselvityksen haastattelurunko – Tuotannon johto



Liite 2. Nykytilanneselvityksen haastattelurunko – Suunnittelu

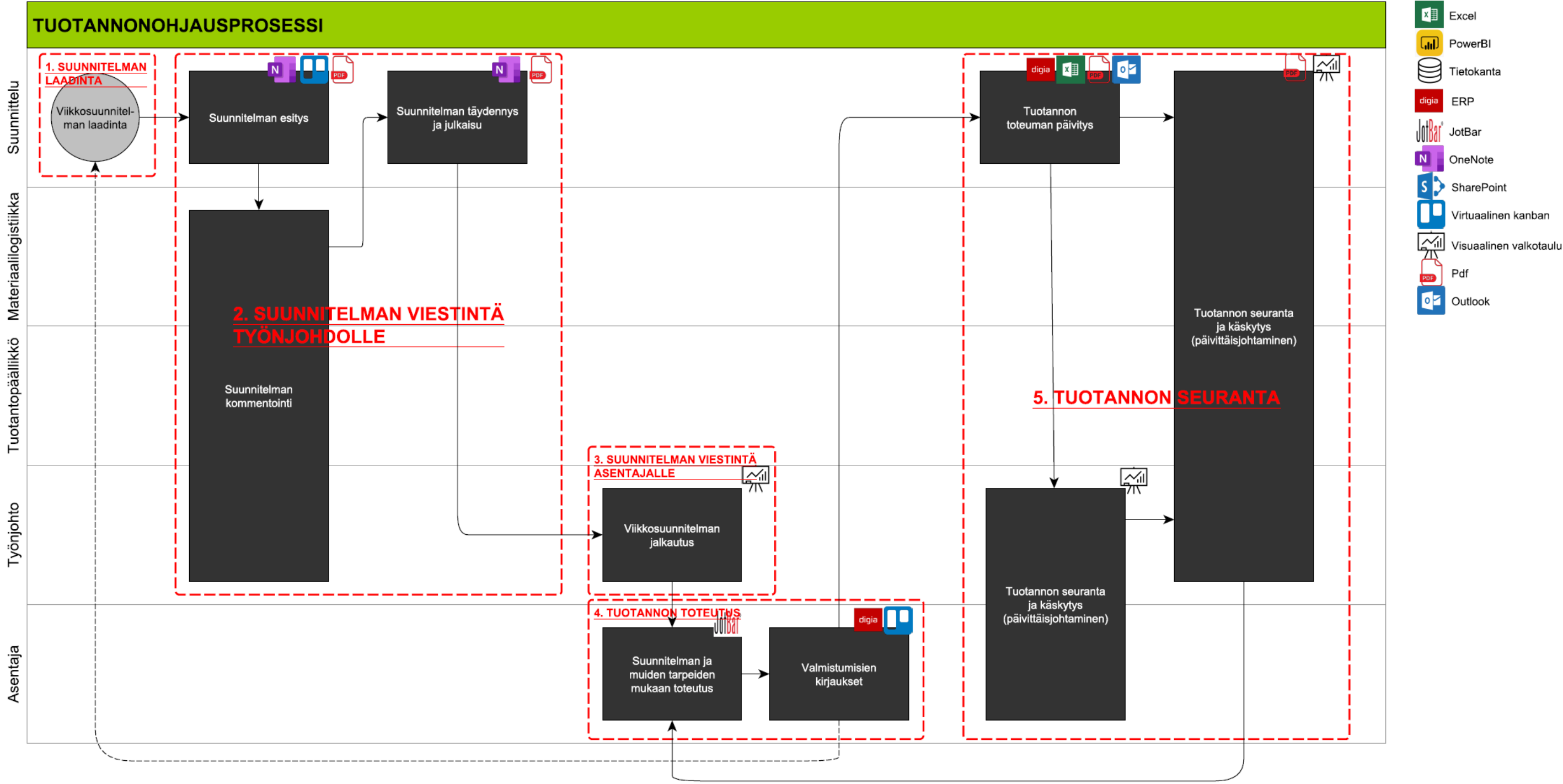


Liite 3. Nykytilanneselvityksen haastattelurunko – Tuotantojen työpajat



Työpajarakenne 🏠		
	Kesto	Sisältö
Esittely	5 min	Työpajan aluksi tiivis pohjustus Tausta Merkitys
Prosessikuvaus	60 min	Osallistujien mukaan alusta loppuun Uimarata malli (vaiheiden numerointi -> yhdistetään kommentit vaiheisiin) Neutraali kuvaus
Ongelmat, hyvät käytänteet ja KPI	45 min	Prosessin läpikäynti alusta loppuun vaiheittain ja +/- kirjaukset taulukkoon Ongelamkohtien vakavuudet 1-3 KPI ajatukset osallistujien mielestä omaan tuotantoalueeseen soveltuvasti
Yhteenveto ja lopetus	10 min	Kerrataan yhteenvetona tärkeimmät kohdat Esitellään miten projekti etenee tästä eteenpäin Kiitetään osallistumisesta

Liite 4. Tuotannonohjausprosessi yleisellä tasolla



OSASTO	TOIMENPITEET																KOMMENTIT									
	RESURSSIT		NYKYTILANNE			MATERIAALIT		TARPEET										TÖIDEN AVAUS								
	Käytettävissä oleva henkilöresurssi	Tuotantolaitteiden käytettävyys	Nykyinen varasto (yksilöseurattavat)	Tilauspiste-ehdotukset	Tuotannon ennuste seuraavista valmistuvista	Materiaalipuutelistan tai kriittisten materiaalien tiedetyt vaikutukset	Materiaalien täydellinen varmistus	Aihioseuranta	Riitto historian mukaan	Tarve-ennusteet	Edellisten viikkojen korkeimmat saldot (yläraja)	Sisäisen tuotannon tarpeet (mittailtavat)	Sisäisen tuotannon tarpeet (ei varastoon valmistettavat)	Sisäisen tuotannon tarpeet (ei aihiosaldoilla näkyvät)	Sisäisen tuotannon tarpeet (telituotannon tilanne)	Uusvalmistuksen aikataulu	Projektien aikataulut	Sisäisten asiakkaiden ostotilaukset	Sisäisten asiakkaiden pikatilaukset	Ulkoisten asiakkaiden tilaukset	Ajoitettu ja suunnitellusti			Yksilöllisesti	Avoimesti	Tarpeen mukaan
Ilmajarru	X	X		X		X			X		X										X			X	X	- Tuotteet ei aihiosaldoilla 3 - Uusien aihioden hankintaprosessi 2 - Paljon materiaaleja, jotka ei rakenteilla 2 - Materiaalien tarvelaskenta-arvot eivät ajan tasalla 3 - Ohjausrajat ei ajan tasalla 3 - Kaikkien yksiköiden tilauspisteet ei ohjaa suunnittelua 2 - Eräkoot ei ajan tasalla 2 - Paljon ylivarastoa 1 - Materiaaleja ei varmisteta ennen tuotannon aloitusta 2 - Tarve-ennusteita ei käytössä 2 - Avoimia töitä ja työt avataan avoimesti 3 - Tarpeita tulee suunnittelun ohi 3 - Nimikkeiden tila ei ajan tasalla 1
Koneistamo	X	X		X			X		X			X	X	X								X			X	- Ei avoimia töitä - Ohjausrajat kohdallaan - Eräkoot ajan tasalla - Materiaalit varmistetaan ennen tuotannon suunnittelua
Osavalmistus	X	X		X			X		X				X	X	X									X	X	- Viikkotavoitteet saatava näkyväksi 3 - Ei varastoon valmistettavat työt 2 - Suunnitelmat varmistetaan ennen julkaisua - Materiaalit varmistetaan ennen tuotannon suunnittelua
Pyöräkertatuotanto - Tavaravaunujen uusvalmistuksen tilanne (pullonkaulaohjaus)		X						X								X	X							X		- Pullonkaulapriorisoinnille selkeät tavoitteet ja tilannekuva
Pyöräkertatuotannon tilanne (myöhässä + tulevat 2 vk toimitukset)														X					X	X	X			X	X	- Ei näkymää työkuormasta (tavaravaunut) 3 - Suunnittelu ei ohjaa valmistettavia tuotteita 3 - Tuotteet ei aihiosaldoilla 3 - Materiaalien tarvelaskenta-arvot eivät ajan tasalla 2 - Ohjausrajat ei ajan tasalla 2 - Varastotasot heilahtelee (tavaravaunut) 2
Raskaat telit	X	X	X		X	X		X		X													X			- Virtuaalinen kanban selkeä tilannekuva tuotannon tilasta - Aihiot seurannassa - Rakenteet osittain kunnossa
Tavaravaunutelit	X	X	X							X							X	X						X	X	- Viikkotavoitteet saatava näkyväksi 3 - Ei aihioseurantaa 3 - Samalle nimikkeelle voidaan tehdä useaa eri variaatiota 2 - Materiaalien tarvelaskenta-arvot eivät ajan tasalla 2 - Projektien suunnitelmat eivät ole toteutettavissa 2 - Tarve-ennuste ei ole selkeästi nähtävillä (alueella olevat vaunut, tulevat, tulleet, myöhässä tulevat...) 2 - Ulkopuolisten vaunujen tarvetta ei tiedetä 2
Vetokaluston pyöräkertatuotanto	X	X	X	X		X		X	X	X										X	X		X	X		- Virtuaalinen kanban selkeä tilannekuva tuotannon tilasta - Aihiot seurannassa - Rakenteet osittain kunnossa

Liite 6. Nykytilanneselvityksen tulokset (salassa pidettävä)

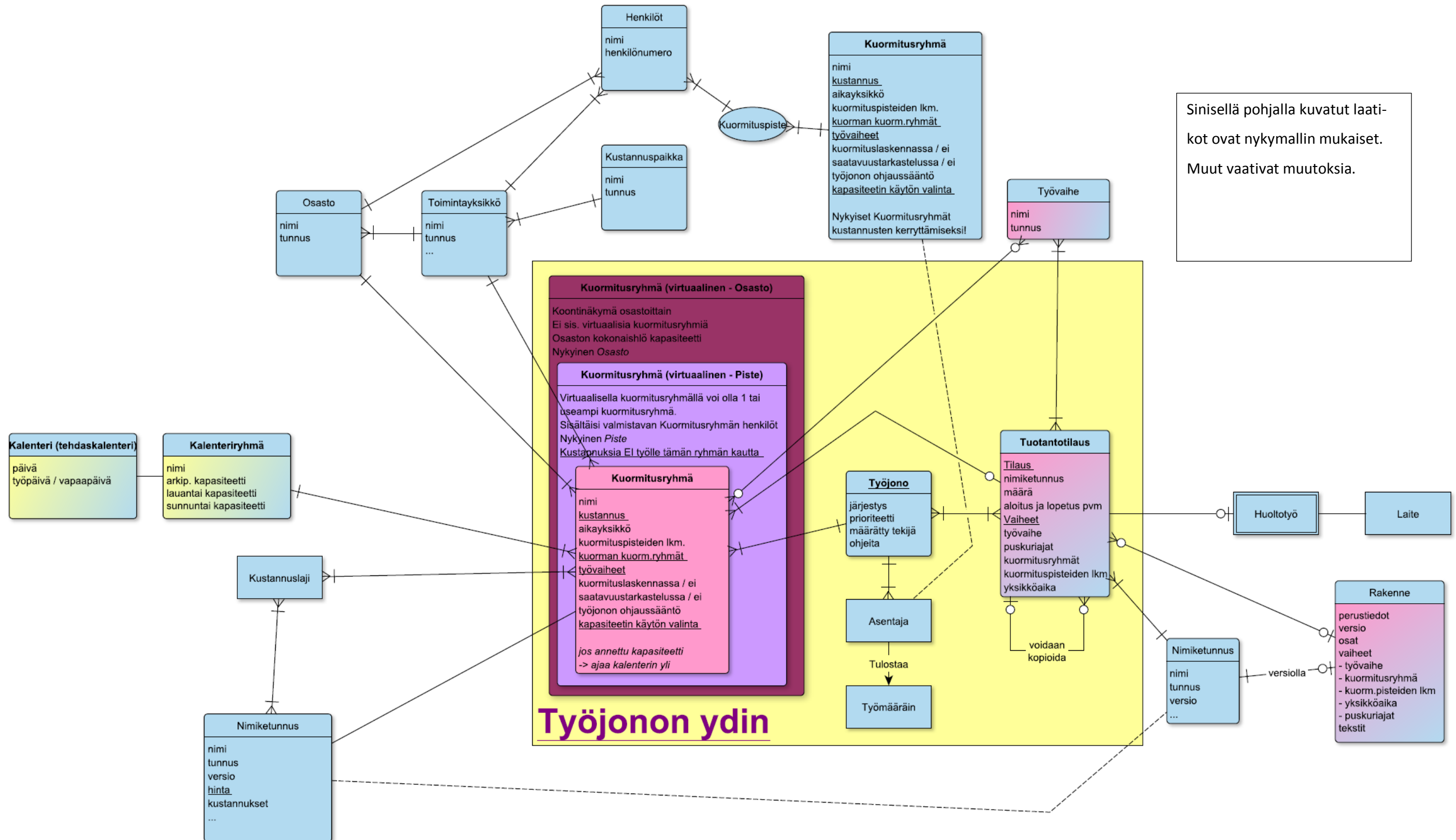
Liite 7. Benchmarkkauksen tulokset

Benchmarkkaus kohteet	Tuotannon hienosuunnitelman muodostaminen	Hyötypotentiaali	Hienosuunnittelun tarkkuustaso	Hyötypotentiaali	Suunnitelman viestintä työnjohdolle	Hyötypotentiaali	Suunnitelman viestintä asentajille	Hyötypotentiaali	Suunnitelman toteuman seuranta työnjohto / asentajatasolla	Hyötypotentiaali	Suunnitelman toteuman seuranta suunnittelu / toimihenkilötasolla	Hyötypotentiaali
Ideaalimalli benchmarkingin mukaisesti	Suunnittelun perustiedot ylläpidetään KunTossa. Suunnittelun lähtötiedot haetaan mahdollisimman automaattisesti Excel työkaluun, jossa suunnitelmaa tarkastellaan suunnitelman ajanjaksolle. Excel työkalussa ennustettua tarvetta kehitetään. Suunnitelma viedään KunToon työjonoon Kuormitusryhmittäin, jotka ovat osasto- tai pistetasolla. Työt ajoitetaan.		Suunnitelma normaalisti 1 vk ajanjaksolle. Suunnitelman päivitys puolessa välissä. Suunnittelumahdollisuudessa varauduttava päivittäiseen päivitysmahdollisuuteen. Tellituotannossa suunnitelma rullaava niin pitkälle, kun näkyvyyttä.		Suunnitelman vahvistus viikkopalaverissa, josta jää muistiinpanot: - tavoitteet, painotus priorisoinneissa - tuotantoedellytykset - ongelmat - materiaali puutteet - ohjeet Suunnitelmien päivitykset Päivittäisjohtamisessa. Työjono nähtävillä KunTossa.		KunTon työjono, josta asentajat tulostavat itse työmääräimet. Työnjohto viestii tarvittaessa merkittävät huomioitavat asiat.		Esimiehillä käytössä Esimiesnäkö Power BI raportti (suorituskyky ja kirjausten tarkastus). Tuotantotilanteen yhteinen läpikäynti näkymän pohjalta missä nousee esiin ajoituksen mukaan myöhässä olevat työt.		Päivittäisjohtamisessa seurataan tilannetta, josta generoidaan toimenpiteitä, keskustelu tuotantotilannenäkymän pohjalta. Viikkopalaverissa myöhään jäävien tilanpäivitys. Kommenttilisäys osastokohtaisesta tuotantotilanteesta. Toteumien seuranta Power BI raportista, josta käy ilmi ongelmat, joihin täytyy puuttua.	
Oma tuotanto	KunTon raportteja, muokataan makroilla. Mallitiedoston päivitys. Henkilöresurssien päivitys manuaalisesti. Osastokohtaisen viikkotavoitteen määrittämiseen vaihteleva malli osastoittain.		Hienosuunnitelma tehdään 1 vk ajanjaksolle. Aikajakso kiinteä.		Suunnitelma vahvistetaan palaverissa. Viikkopalaveri muistiomuodossa: - tavoitteet - tuotantoedellytykset - ongelmat - materiaali puutteet - ohjeet Tavoitteet pdf.		Viikkotavoite tuloste TAI Power Apps TAI työjonolistat TAI virtuaalinen kanban TAI suullinen ohjaus tarvittaessa.		(Päivittäinen) tilanteen läpikäynti keskustellen JA Viikkotavoite tuloste TAI Power Apps TAI työjonolistat TAI virtuaalinen kanban.		Toteuman päivitys KunTon raporteista, joita muokataan makroilla ja päivitetään seuranta. Jakelu sähköpostilla. Päivittäisjohtaminen 8.45-9.00. Tuotantotilanteen läpikäynti viikkotavoitelistan pohjalta keskustellen. Ongelmien nostaminen esille ja niiden ratkaisu tai ohjaus eteenpäin.	
Tavaravaunut	Kuukausille jaettu budjetti pohjalta, joka jaetaan viikoille. Suunnitelma päivitetään RCS tilanteen mukaan, josta työjono muodostetaan. Vuorolistan resurssit huomioidaan suunnittelussa kokemuksen mukaisesti. Erillisseurattavat projektit viikkotasolla omassa seurannassaan.	-	Hienosuunnittelu rullaavaa, päivitetään tarvittaessa.	+	Päivittäisjohtamisessa käydään läpi tilanne, tulevat työt ja muutokset. Työjono nähtävissä Power Appsissa. Muutoksista viestitään puhelimitse ja sähköpostitse päivittäin.	-	Power Apps työjono. Työnjohto viestii yksilöllisesti merkittävät huomioitavat asiat.	+	Toteutuneiden tuntien seuranta budjetoituihin verrattuna käydään asentajien kanssa läpi.	-	Päivittäisjohtamisessa seurataan tilannetta, josta generoidaan toimenpiteitä, keskustelu Excelin tilannekuvan pohjalta. Power Apps mahdollistaa läpimenoajan seurannan.	+
Kaukoliikenne operatiivinen	KAPU:sta junatiedot, KunTosta priorisointiraportti. Runkokieron avulla varmistetaan vaunujen huoltoajankohta. Huoltojen kestot Excel työkalussa. Resurssit huoltoille aina reilusti, ei tarkastella.	NA	Suunnitelma tehdään rullaavasti päivittäin. Asiakkaan puolen muutoksien vuoksi pidemmän aikajakson suunnittelu haasteellista.	NA	Suunnitelmat viestitään sähköpostilla kaikille sidosryhmille, jotka ohjaavat tai kunnostavat kalustoa. Pendojen ja Allegrojen pidemmän ajanjakson työt, sorvaukset ja alihankintaa vaativat työt viestitään erikseen kerran viikossa.	=	Työnjohto valmistelee työt (työmääräimet) ja jakaa ne vuorojen alussa asentajille. Paljon puhelinviestintää, ohjaus KAPU:sta	-	Työnjohto päättää paljon itse mitä töitä pakollisten huoltojen lisäksi tekevät. Panostus mahdollisuuksien mukaan vikakorjauksiin. Seuranta tehokkuudesta Power Bissä.	-	Työnjohto seuraa KAPU:sta käyttökieltoitoiden tilanteen ennen kaluston ohjausta ulos. Vaihtotyöt Exceliin merkitään valmiit ja päivitetään kerran päivässä.	NA
Henkilöliikenne raskashuolto	Budjetin vuosisuunnitelma on raskashuollon suunnitelma. Suunnitelmat piirretään visuaaliseksi janakaavioksi läpimenoaikojen mukaisesti. Läpimenoajat eri huoltoille ovat 1-8 vk.	+	Vuosisuunnitelman pohjalta piirretty viikojoilla. Huoltoille vakioitu läpimenoaika ja VSM tehty päiväkohtaisesti.	NA	Suunnitelma käydään tuotannon kanssa läpi vuoden alussa, jolloin tarkastellaan tarkemmin resurssitilanne. Muuten tilannetta tarkastellaan päivittäisjohtamisessa.	=	Päivittäisjohtaminen 7.00. Tehtävänjako työnjohtamien toimesta.	-	Päivittäisjohtaminen 7.00. Päivittäisjohtamistaululla toteuneet työvaiheet merkattuna. Toteutuneiden tuntien seuranta nähtävillä päivittäisjohtamistaululla.	-	Toteuneita kustannuksia ja tunteja seurataan Power BI:ssä. Ylläpidetään pitkän aikavälin suunnitelmia excel-taulukoissa.	-
Dieselveturit	KunTon ja Lokon raportit tuodaan suunnittelutyökalun taustamateriaaliksi. Mallitiedoston päivitys, laskentasaännöt työkalussa. Resurssit ja ajankohdat vakioituneet, resurssit tarvittaessa työvuorolistoista tai kysymällä yksiköstä. Yksikkökohtainen ajoitettu suunnitelma, huoltotyöt avattu.	NA	Hienosuunnitelma tehdään 1 vk jaksolle. Häiriöiden vuoksi suunnitelmaan tehdään muutoksia päivittäin.	=	Sähköpostitse yksiköittäin päälaitteiden mukainen työjono. Sisältää näkymän työkuormasta ja työsisällöistä. Tilannetieto huoltotoleranssista ohjeena tuotantojen priorisoinnille.	=	Työnjohto valmistelee työt (työmääräimet) ja jakaa ne vuorojen alussa henkilöille.	-	Päivittäisjohtaminen ja töiden palautuminen asentajilta työnjohtajalle.	=	Suunnitelmaa päivitetään päivittäin, jonka mukaan tilannetta seurataan. Päivittäisjohtaminen 10.00-10.30. Tuotantotilanteen läpikäynti sitouman, toleranssien ja keskeneräisten pohjalta keskustellen. Ongelmien nostaminen esille ja niiden ratkaisu tai ohjaus eteenpäin. Päivittäin ei seurata valmistuvia vaan pääsääntöisesti keskeneräisiä ja tulevia	+
Helsingin komponenttutuotanto	Priorisointityökaluun haetaan taustatiedot Holvista. Työkalussa ylläpidetään ohjauksen perustietoja. Priorisointilista toimii työnsuunnittelun ja työnjohdon priorisointilistana, jonka pohjalta työt avataan KunToon työjonoon.	++	Hienosuunnitelma tehdään 1 vk jaksolle. Suunnitelmaa ja työjonoa päivitetään rullaavasti tilanteen mukaan. Tellituotannossa suunnitelma ja seuranta 1 kk tarkkuudella.	++	Priorisointilista ja työjono toimivat viestintävälineinä.	+	Tuotannon asentajien töiden lokerot sekä työjono sovellus.	++	Työmääräimet eivät palaudu työnjohdolle. Toteumia seurataan raporteilla.	NA	Viikkotaiset läpikäynnit suunnittelun, tuotannon ja hankinnan kesken. Tuotannollinen tilanne, ongelmat, toimenpiteet, tulevat työt.	=

Prosessin tilanne	Toimintamallin hyötypotentiaali
Hyvä tai paras toimintatapa	++ Meidän tulisi toimia näin
Typillinen / standardi toimintatapa	+ ; Me voisimme toimia näin
Mahdollisuus	- ; Pieni hyöty
Ei ole	= ; Toimimme näin tai vastaavasti
	NA ; Ei sovellettavissa

Liite 8. Kehityskohteet listaus (salassa pidettävä)

Liite 9. Työjonon ERD-malli (entiteettien suhteita kuvaava malli)



Liite 10. Suunnitteludatan korjaus- ja ylläpito-ohjeistus (salassa pidettävä)

Liite 11. Suunnittelutyökalun suunnittelunäkymä (arvot muutettu)

TYÖRYHMÄ		OHIAUSTAPA		TILA		SUUNNITTELU SUODATUS																					
KOMPONENTTIPA...		Var-tuutil		Accepted																							
PMKONEISTAMO		var-ostohank		Passive																							
RATATYÖKONE		Var-tuovalm		closed																							
TAVARAVAUNUP...		VISUAALI		incomplete																							
#PUUTTUU!		(tyhjä)		Outgoing																							

Liite 12. Tuotantotilanteen seurantojen tehtävät (salassa pidettävä)

Liite 13. Muutoksen toimenpidelistä – Koneistamo pilotointi

Nro	Tehtävä	Ohje	Tilanne
1.	Valmistelu		
1.1.	Osaston nimikkeistön tunnistus	Täytetään "NIMIKKEISTÖ" taulukkoon	7.4.2021
1.2.	Nimikkeiden perustietojen korjaus	Korjataan "NIMIKKEIDEN PERUSTIEDOT" taulukon näkyvät tiedot	7.4.2021
1.3.	Rakenteiden perustiedot	Korjataan "RAKENTEEN PERUSTIEDOT" taulukon näkyvät tiedot	7.4.2021
1.4.	Materiaalien ohjaustiedot	Korjataan "RAKENTEEN OSAT" taulukon näkyvät tiedot	8.4.2021
1.5.	Rakenteiden vaiheiden kokonaisuus (1-vaihe)	Power BI - Nimikkeiden perustietojen korjaus -> Rakenteiden vaiheet, korjaus KunToon Merkitään läpikäydty "NIMIKKEISTÖ" taulukkoon	7.4.2021
		Kommentti	Päätös
	Voidaanko siirtyä seuraavaan vaiheeseen?	Yksittäisillä nimikkeillä ei ole ollut tapahtuma viime vuosiin, jonka vuoksi niiden rakenteiden aikoja ei korjattu. Nimikkeiden Tilat täytyy käydä myöhemmin läpi.	KYLLÄ
2.	Määrittely		
2.1.	Työpaja		
2.1.1.	Osaston kuormitusryhmät	Täytetään "KUORMITUSRYHMÄRAKENNE" taulukkoon	8.4.2021
2.1.2.	Kuormitusryhmien lukumäärä	Täytetään "KUORMITUSRYHMÄRAKENNE" taulukkoon	8.4.2021
2.1.3.	Kuormitusryhmän työvaiheet	Täytetään "KUORMITUSRYHMÄRAKENNE" taulukkoon	8.4.2021
2.1.4.	Nimikkeiden vaiheistus	Täytetään "NIMIKKEIDEN VAIHEISTUS" taulukkoon	9.4.2021
2.2.	Jälkityöt		
2.2.1.	Nimikkeiden valmistustiedot	Täytetään "NIMIKKEIDEN VAIHEISTUS" taulukkoon	9.4.2021
2.2.2.	Osat vaiheilla	Täytetään "NIMIKKEIDEN VAIHEISTUS" taulukkoon	9.4.2021
2.2.3.	Valmistettavien nimikkeiden Ohjeet - tekstit ja liitteet	Läpikäydyt merkitään "NIMIKKEISTÖ" taulukkoon	
		Kommentti	Päätös
	Voidaanko siirtyä seuraavaan vaiheeseen?	620336 nimike suljettava, kun Kesken tilassa olevat ostorivit saa poistettua. Ohjeita ei päivitetty tässä kohti. Ohjeiden päivitys toteutetaan pilotointijakson aikana.	KYLLÄ
3.	Korjaukset järjestelmään		
3.1.	Kuormitusryhmien luonti		
3.1.1.	Kuormitettavat kuormitusryhmät	Perustetut merkitään "KUORMITUSRYHMÄRAKENNE" taulukkoon	10.4.2021
3.1.2.	Virtuaaliset Kuormitusryhmät - Osastot ja Työryhmät	Perustetut merkitään "KUORMITUSRYHMÄRAKENNE" taulukkoon	10.4.2021
3.2.	Kuormitusryhmien lisääminen Verstaan taulukkoon	Uudet merkitään Verstaan Kuormitusryhmätaulukon. Versta > Toimitusketju > Tuotannosuunnittelu > Vaihto-osatuotanto > Yleiset > VERSTAS_KUORMITUSRYHMAT.xlsx	10.4.2021
3.3.	Rakenteiden vaiheiden korjaus (2-vaihe)	Korjatus merkitään "NIMIKKEIDEN VAIHEISTUS" taulukkoon	10.4.2021
		Kommentti	Päätös
	Voidaanko siirtyä seuraavaan vaiheeseen?	Testauksen perusteella työt tuli Työjonoon, Kuormitusgraafi toimi. Poikkeavana aiempaan, työjonoon tuli järjestysnumero 9999 ja jonotunnus muuttui viikon mukaan. Kuormitusryhmän asetukset erilailla, kuin aiemmin.	KYLLÄ
4.	Seurantojen päivitys	Osto- ja Työryhmäkohtaiset kirjainmerkit "PM_KOMPONENTTI_TILANNE" Power BI-raporttiin	30.4.2021
5.	Koulutus	1. Työnjohdolle - Dokumentti 210412_TUOTANNON_OHJAUS-KONEISTAMO.pptx 2. Asentajille - Dokumentti XXXX....	12.4.2021 15.4.2021
6.	Käyttöönotto	Viestintä, seuranta, palaute ja muutokset	
		Kommentti	Päätös
	Päätökset jatkosta		
7.	Jälkitoimenpiteet		
7.1.	Vanhojen töiden sulkeminen	Tuotannon rullatessa Työjonoa kautta -> päätetään kaikki vanhat työt	
7.2.	Vanhojen toimintamallien arkistointi	Arkistoidaan vanhat seurannat ja kirjataan muutoshetket.	
8.	Muut toimenpiteet	Ei merkittäviä Työjonoa käyttöönoton kannalta	
8.1.	Rakenteiden osien korjaukset		
8.2.	Ohjaustietojen korjaukset		

Työjonon pilotointi - Koneistamo 05/2021**1. Olen käyttänyt työjonoa**☐

Kyllä

☐

En

2. Työjonon käyttö on helppoa (1 = täysin samaa mieltä, 5 = täysin eri mieltä)☐

1

☐

2

☐

3

☐

4

☐

5

3. Tiedän työjonosta minkä työn aloitan seuraavaksi (1 = täysin samaa mieltä, 5 = täysin eri mieltä)☐

1

☐

2

☐

3

☐

4

☐

5

4. Saan työmääräimen järjestelmästä itsenäisesti (1 = täysin samaa mieltä, 5 = täysin eri mieltä)☐

1

☐

2

☐

3

☐

4

- ☐ 5
- ☐

5. Saan päätettyä työn oikein (1 = täysin samaa mieltä, 5 = täysin eri mieltä)

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5

6. Työjono on vähentänyt viestintää työnjohdon ja suunnittelun kanssa (1 = täysin samaa mieltä, 5 = täysin eri mieltä)

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5

7. Työjonon kehittämistä kannattaa jatkaa edelleen (1 = täysin samaa mieltä, 5 = täysin eri mieltä)

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5

8. Suosittelen työjonon käyttöönottoa myös muille osastoille (1 = täysin samaa mieltä, 5 täysin eri mieltä)

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5

9. Työjonon ongelmia ovat

10. Mitä toivoisit työjonolta?
