

Kokoonpanon tehostaminen ja mittarointi

Juho Muurainen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Muurainen, Juho	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2017
	Sivumäärä 42	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Kokoonpanon tehostaminen ja mittarointi		
Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn ohjaaja(t) Hannu Kivistö, Juhani Alakangas		
Toimeksiantaja(t) Black Bruin		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työn tarkoituksena oli määrittää radiaalimäntämoottoreita ja –rotaattoreita valmistavan Black Bruin Oy:n kokoonpanon nykytila ja luoda kehitystoimenpiteitä toiminnan tehostamiseksi. Toisena tarkoituksena oli tutkia mittaroinnin mahdollisuutta kokoonpanossa tuotannonohjauksen apuna. Yrityksen kokoonpanon kehittäminen tuli ajankohtaiseksi, koska sen tilauskanta muuttui.</p> <p>Tilaukskannan odotetaan tulevaisuudessa kasvavan, minkä vuoksi nykykapasiteetin tarkastelu ja kokoonpanon tehostaminen katsottiin tarpeelliseksi toimenpiteeksi. Tavoitteena oli etsiä ratkaisut kokoonpanon toimivuuden tehostamiseen jatkuvan parantamisen avulla, jotta suurempiinkin tilauksiin pystytään vastaamaan tehokkaasti sekä välttämään turhia ylitöitä. Nykytila kartoitettiin havainnoimalla päivittäistä toimintaa, haastatteleamalla kokoonpanon työntekijöitä sekä tuotantopäällikköä ja mittaamalla kokoonpanon läpimenoa.</p> <p>Merkittävimiksi kokoonpanon rajoittajiksi osoittautuivat testauksen ruuhkautuminen ja epärytmisyys linjalla. Kehitystoimenpiteet pohjautuvat lean-ajatteluun ja jatkuvaan parantamiseen. Työn tuloksina saatiin mittarointiin ja kokoonpanolinjoille kehitys- ja parannusehdotuksia, joiden avulla tuotantokapasiteettia voidaan helpommin hallita ja muokata. Tuloksia voidaan pitää luotettavina, koska kokoonpanon toimivuus parani ja linjojen tuotantovirta tasaantui.</p>		
<p>Avainsanat (asiasanat) jatkuva parantaminen, lean, mittarointi, kokoonpano</p>		
<p>Liitteissä 1-4 on esitetty yrityksen liikesalaisuuksiin liittyviä tietoja, näkyvät kuvatuissa toimintatavoissa ja niiden analysoinnissa. Ao. liitteet on siksi jouduttu poistamaan perustuen lakiin (621/1999) 24§ kohdat 17 ja 20.</p>		

Author(s) Muurainen, Juho	Type of publication Bachelor's thesis	Date Month Year Language of publication:
	Number of pages 42	Permission for web publication: x
Title of publication Optimisation and metering of assembly		
Degree programme Mechanical engineering		
Supervisor(s) Kivistö, Hannu, Juhani Alakangas		
Assigned by Black Bruin		
<p>The main object of the thesis was to define the current situation of the assembly line at Black Bruin Inc, which manufacturers radial piston hydraulic motors and rotators, and create development measures for improving performance. The second goal was to inspect the possibilities to use metering to assist managing assembly lines. Developing the company's assembly lines, because of the changes in their order book.</p> <p>Inspecting the current capacity and efficiency of the assembly line was to be reviewed because the order rate is expected to increase in the future. The objective was to find solutions with continuous improvement process so that the company could respond to larger orders more effectively and to avoid employees working overtime. The current state was defined by observing the daily work, interviewing employees and production manager and by measuring.</p> <p>The first limitations in the process were jamming and hesitancy on the assembly line. The development action suggested in the thesis are based on lean thinking and continuous improvement process. The results give propositions for improving the metering and working on the assembly lines to make managing the production capacity in an easier and more accurate way. The functionality improved and the production was balanced which tells that the results can be considered reliable.</p>		
Keywords/tags (subjects) continuous Improvement, lean, metering, assembly process		
Miscellaneous There has been presented information in appendices concerned the trade secrets of the company, so they have been removed from the public version of thesis based on the law 621/1999 24§ section of the law 17 and 20.		

Sisältö

1	Tuotannon tarkastelu	4
1.1	Black Bruin	4
1.2	Tuotantomenetelmät	5
2	Työn tavoitteet ja tulevaisuuden näkymät	5
2.1	Opinnäytetyön tavoitteet	5
2.2	Tulevaisuuden näkymät	6
3	Kokoonpanon nykytilanteen kartoittaminen	7
3.1	Kokoonpanon toiminta	7
3.2	Kokoonpanolinjat	8
3.3	Kokoonpanon kapasiteetti	10
3.4	Havaintoja kokoonpanon toimivuudesta	10
3.4.1	Tutkimusmenetelmät	10
3.4.2	Tuotanto ja tuotannonohjausjärjestelmä	12
3.4.3	Kokoonpanolinjat	13
3.4.4	Testaus	13
3.4.5	Maalaamo	14
3.4.6	Logistiikka	15
4	Kokoonpano ja tuotannonkehitys	15
4.1	Kokoonpano	15
4.2	Avaimet toimivaan kokoonpanoon	16
4.3	Tehokkuuden mittaus ja kehittäminen	19
4.3.1	Mittaamisen merkitys	19
4.3.2	Kokonaistehokkuus	20
4.4	Mittaroinnin merkitys	21
4.5	Kokoonpanon mittarointi	22
5	Kokoonpanon kehitysehdotukset	23

	2
5.1 Kokoonpanon kehittäminen.....	23
5.2 Kokoonpanolinjan jakaminen.....	25
5.3 Testaus, laitteisto, työkalut ja tarvikkeet	28
5.4 Yleisilme ja siisteys	28
5.5 Kokoonpanon seuranta	29
6 Avaimet tuottavuuden parantumiseen	29
6.1 Tuottavuuden nousu	29
6.2 Tulevaisuuden suuntaus.....	31
7 Pohdinta.....	32
Lähteet	34
Liitteet.....	36

Kuviot

Kuvio 2. Viitteellinen kokoonpanon layout.....	8
Kuvio 3. Hydraulimoottori	10
Kuvio 4. Kehitysprosessin yksinkertaistettu kulku	12
Kuvio 5. Toimintastrategian tasot TPS-järjestelmän pohjalta.....	18
Kuvio 6. Vaihtelevuus tuotannonsysteemissä	20
Kuvio 7. Kokonaistehokkuuden muodostuminen	21
Kuvio 8. Strategisesti johdettu prossien jatkuva parantaminen	24
Kuvio 9. Hyödyt vs haasteet kokoonpanolinjan rytmittämiseksi ja tahdistamiseksi	25
Kuvio 10. Toimintastrategia tehokkuusmatriisissa	30
Kuvio 11. Moduloinnin hyödyt.....	31

Taulukot

Taulukko 1. Viitteellinen kapasiteetilaskelma	6
Taulukko 2. Lean-periaatteet	16

Taulukko 3. Moottorimallin vakiointi kapasiteettiin (Arvot muutettu)	27
--	----

1 Tuotannon tarkastelu

Nykyään yrityksille on tärkeää tuotannon joustavuus ja muuntautumiskyky. Se asettaa haasteita, joihin pyritään löytämään keinoja kilpailukyvyn säilyttämiseksi markkinoilla. Globaalin kilpailukyvyn säilyttäminen edellyttää pitkälle kehitettyä toimintaa tuotannossa ja jatkuvaa tuotantotehokkuuden parantamista. Tuotannossa vaihtelevat useat eri tuoteversiot ja eräkoot, jotka kuormittavat tuotantoa vaihtelevasti. Tuotannolta odotetaan muuntautumiskykyä erilaisia tilanteita varten nykypäivän yrityksissä. Tuotannonohjauksella suunnitellaan ja kuormitetaan tuotantoa kapasiteetin määrittämässä rajoissa tilauksien mukaan. Hyvin toimivaan tuotannonohjaukseen vaaditaan tuotannosta läpinäkyvää tietoa, jota pyritään mittaroimaan mahdollisimman reaaliajassa. Toimintaan tarvitaan tuotannonohjausjärjestelmää sekä visuaalisia keinoja, jossa dataa hyödynnetään.

1.1 Black Bruin

Black Bruin Oy on yksi johtavista hydraulimoottoreiden valmistajista. Yrityksen ydinosaamista on radiaalimäntäteknologiaan perustuvien hydraulimoottoreiden ja -rotaattoreiden suunnittelu ja valmistus. Tuotteiden pääasiallisia käyttökohteita ovat maatalous-, rakennus-, kaivos-, tienrakennus- sekä metsäkoneet ja -laitteet. Yritys työllistää noin 100 työntekijää ja tuotantotilat sijaitsevat Jyväskylässä. Yrityksen tuotemerkki, Black Bruin, on hyvin tunnettu liikkuvien työkoneiden valmistajien parissa ympäri maailman. Yli 80 % tuotannosta menee suoraan vientiin ja suurimmat vientialueet ovat Pohjois-Amerikka, Etelä-Afrikka ja Eurooppa. Myyntiedustajia on 27 maassa. Hydraulimoottoreiden kehitys alkoi 1959 ja sarjavalmistus 1963. Ensimmäinen Black Bruin -moottorisarja tuli markkinoille 1984. (Black Bruin yritys, n,d.)

1.2 Tuotantomenetelmät

Black Bruin Oy:n tuotantosoluissa toteutetaan paljon monikoneajoa, jolloin koneistaja ajaa useampaa konetta yhtä aikaa. Eräkoot vaikuttavat tuotannon kapasiteettiin ja tekevät sen tarkasta määrittämisestä haasteellista. Tuotantosoluissa toteutetaan hienosuunnittelua, jolla pyritään solun sisällä järjestelemään työt tehokkaasti ja rytmittämään valmistuksen ajoitusta. Tuotannon pitkistä läpimenoajasta johtuen yrityksessä käytetään puskurivarastoa takaamaan luotettava toimitusvarmuus. Yrityksen tuotannossa käytössä on ikääntynyt konekanta, mutta sillä pystytään edelleen valmistamaan laadukkaita osia hydraulimoottoreihin. Tämän mahdollistavat erittäin ammattitaitoiset kokeneet työntekijät ja hyvin toimiva kunnossapito. Yrityksen akselituotannon monet eri tuotevariaatiot ja tuotteiden pitkälle viety asiakasräätälöiminen heijastuvat laajalti tuotannon vaiheisiin ja tekevät tuotannonohjauksesta entistä vaativampaa.

2 Työn tavoitteet ja tulevaisuuden näkymät

2.1 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyössä keskityttiin Black Bruin Oy:n kokoonpanoon ja sen kehittämiseen. Tehtävänä oli perehtyä yrityksen nykytilanteeseen ja määrittää kehitettäviä kohteita kokoonpanossa. Huomioon otettavia asioita yrityksen kokoonpanossa oli mm. ennakoimattomuus eräkoon osalta ja uudet kehitysversiot tuotteista. Yhtenä tehtävänä oli selvittää, olisiko mittaroinnista hyötyä kokoonpanon toiminnan kehittämisessä ja seurannassa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää nykytilanne kokoonpanossa ja ehdottaa kokoonpanolle uudistustoimenpiteitä. Lisäksi tavoitteena oli luoda yksinkertainen mittaristo, jolla lisätään tuotannonohjauksen joustavuutta ja mahdollistetaan sen kehittyminen tuotannon muuttuessa. Työssä selvitettiin yleisiä mittaroitavia kohteita, joita voisivat olla mm. tuotannon läpäisy aika, työn tuottavuus, ennustetarkkuus sekä laadun virheprosentti. Lisäselvityksenä tarkasteltiin

mahdollista tuotteiden historiatietojen seurantajärjestelmää. Tutkimustyö ja kehitettävät toiminnot rajattiin kokoonpanoon sekä maalaamoon ja lähettämöön.

2.2 Tulevaisuuden näkymät

Yrityksen tulevaisuuden näkymiin pohjautuvat ennustukset ja niiden heijastuminen tuotannonkapasiteettiin on esitetty taulukossa 1, josta nähdään kokoonpanon rajoitteet tuotannon kasvulle. Teollisuuden jatkuva kehitys ja koveneva kilpailu vaatii jokaiselta yritykseltä jatkuvaa tuottavuuden parantamista ja hyvin toimivaa tuotannonohjausta. Opinnäytetyössä pyrittiin vastaamaan tähän haasteeseen nykyaikaisten keinojen avulla lisäämällä tuotannon mittarointia ja uusia toiminnallisempia menetelmiä. Toimenpiteiden tavoitteena oli saada parannettua tuotannon suunnittelua, sujuvoittaa kokoonpanon toimintaa ja nostaa virtaustehokkuutta.

Taulukko 1. Viitteellinen kapasiteetilaskelma (Ekonen & Muurainen 2016)

	Työntekijät/tarve		Koneet/tarve	
Männät	✓	179 %		✓ 179 %
Nokkarengas	✓	125 %		✓ 250 %
Akseli	✓	189 %		✓ 189 %
Sylinteriryhmä	✓	151 %		✓ 151 %
Kokoonpano	!	105 %		
Testaus	✓	144 %		✓ 289 %
		<100%	100-115%	>115%

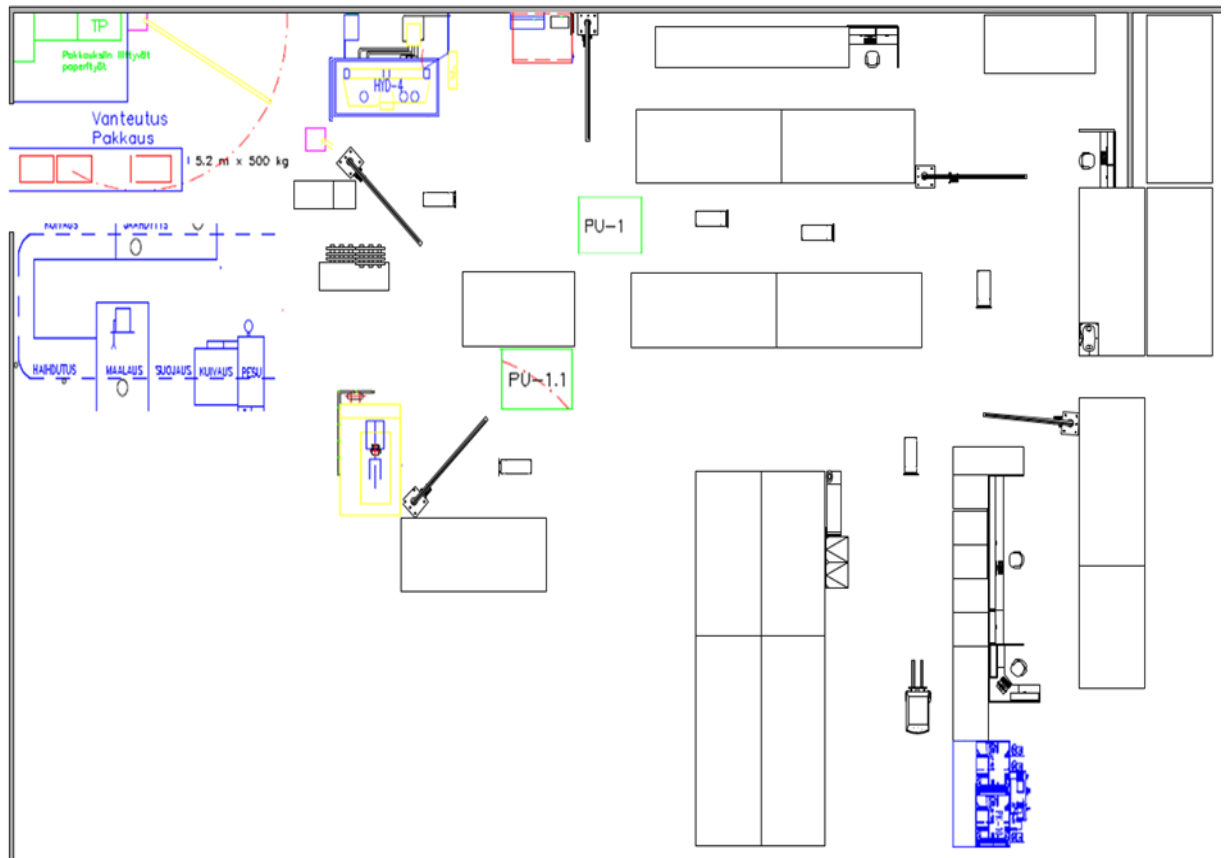
Tulevaisuudessa luotettavaa tietoa korostetaan päätöksiä tehdessä. Teollisessa tuotannossa nähdään, että kerättävän datan määrä moninkertaistuu lähivuosina. Datan merkitys kasvaa ja läpinäkyvää tietoa kerätään hyödyntämällä automatisointia. Tällä mahdollistetaan entistä tehokkaampi ja reaaliaikaisempi tuotannonohjaus ja

pyritään tarkemmin pienempään vaihto-omaisuuteen ja parempaan toimitusvarmuuteen. (Valmistuksen optimointi. N.D.)

3 Kokoonpanon nykytilanteen kartoittaminen

3.1 Kokoonpanon toiminta

Black Bruin Oy:n kokoonpanossa kasataan nykyään suurimmaksi osaksi mekaanisella käsityöllä hydraulimoottoreita. Yrityksen kokoonpano toimii linjamuotoisesti ja moottorit kasataan pyörillä olevien pöytien päällä, joita kokoonpanijat siirtelevät työn edetessä. Yrityksen kokoonpanossa valmistusmäärät ja pienet eräkoot rajoittavat automatisoinnin lisäämistä. Kokonaistuotantomäärä moottoreissa on noin 4200 kpl. Moottorimallista riippuen moottori koostuu noin 300 osasta. Esimerkkinä kerrottakoon, että 7-sarjan moottoreita valmistetaan vuodessa noin 300 kpl, mutta niiden valmistus eristä 95 % on kuitenkin alle 5 kpl:n eriä. Vaihteleva erä koko ja variaatioiden määrä moottoreissa näkyy kokoonpanon päivittäisessä toiminnassa, ja se on otettava huomioon kokoonpanoa suunnitellessa. Kokoonpano muodostaa isoimman yksittäisen työvaiheen moottoreihin käytetystä kokonaistyömäärästä. Kuviossa 2 nähdään havainnollista kuva kokoonpanon layoutista. Layoutista havaitaan mm. tilan ahtaus maalaamon ja lähettämön lähellä.



Kuvio 1. Viitteellinen kokoonpanon layout, Black Bruin Oy

3.2 Kokoonpanolinjat

Kokoonpanossa on käytävissä kaksi linjaa, joista toinen toimii varalinjana eikä ole tällä hetkellä jatkuvassa käytössä. Varalinjaa käytetään kuitenkin muutamien suurempien moottoreiden kokoonpanoon. Kokoonpanossa työskentelee noin kahdeksan työntekijää, joten solun kapasiteettia määritettäessä käytetään henkilöresursseja. Kokoonpanosta oli äskettäin jäänyt muutama työntekijä eläkkeelle. Linjan alkupäässä työskentelee varastotyöntekijä, joka kerää itse valmistetut ja alihankintana tilatut osat varastoista. Osat kerätään työkortin perusteella ja niitä tuodaan ainoastaan eräkoon vaatima määrä kerrallaan kokoonpanoon. Yrityksessä varastoinnin apuna käytetään RFID-viivakoodijärjestelmää, jonka avulla nähdään varastopaikat.

Tämän jälkeen kerätyt osat käytetään osien pesukoneessa, joissa kappaleet pestään kuumalla pesuliuksella ja kuivataan lopuksi paineilmalla. Osat siirretään linjan eri

vaiheisiin, joista ne myöhemmin poimitaan ja asennetaan paikoilleen. Moottoreiden kokoonpano aloitetaan akselista, jonka ympärille moottoria aletaan kokoonpanna. Akseleille suoritetaan muutamia työvaiheita kiinteällä työpöydällä, minkä jälkeen ne nostetaan käsin työnnettäville vaunuille. Yhdellä vaunulla pystytään kasaamaan 1-2 kappaletta moottoreita riippuen koosta. Linjan alkupäässä kokoonpannaan myös kansikoteloita, joihin kiinnitetään nokkarenkaat työpöydällä olevalla vetotoimisella hydraulipuristimella. Nämä työvaiheet tehdään kiinteällä työpisteellä. Valmiit kansikotelot nostetaan tarvittaessa nostimilla ja asennetaan akseleihin. Tämän jälkeen vaunuja työnnetään linjalla ja asennetaan jakajan renkaat ja jakoventtiilit. Linjalla liikutetaan työpöytää eteenpäin ja seuraavana asennetaan valmis sylinteriryhmä ja napakotelo paikoilleen. Sylinteriryhmän esikasaus tehdään linjan sivussa yhden kokoonpanijan toimesta. Kokoonpanolinjan keskivaiheilla työmäärä vaihtelee tuotemallien mukaan. Jarrullisen tuotemallin kokoonpanoon käytetään enemmän työvaiheita ja osia, jotka esikiristetään sekä säädetään sopiviksi. Moottoreihin kiinnitetään vielä kansikotelot paikoilleen ja sitten ne siirretään kokoonpanolinjan päähän odottamaan moottoreiden koeajoa. Kokoonpanon jälkeen jokainen moottori koekäytetään testipenkissä. Testipenkkejä on kolme kappaletta, joista kahdella ajetaan pienempiä moottoreita ja yksi on isompia moottoreita varten. Koekäytön jälkeen moottoreihin lyödään sarjanumerot ja ne maalataan ennen pakkausta. Hydraulimoottori osaleikattuna on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 2. Hydraulimoottori, (Black Bruin sivustolla 2017)

3.3 Kokoonpanon kapasiteetti

Black Bruin Oy:ssä kapasiteettia tarkastellaan kolmesta näkökulmasta: kone-, henkilö- ja suunnittelukapasiteettina. Liitteessä 1 käsitellään henkilöstöresurssia ja tuotannossa käytössä olevaa tuotantoaikaa. Liitteessä 2 tarkastellaan konekapasiteettia vaihemallien ja koneresurssien avulla. Tutkimalla kapasiteetilaskentaa huomattiin, että kokoonpanossa testauslaitteiston kapasiteetti riittää tuotannon kasvamiseen. Henkilöstökapasiteetin koetaan asettavan rajoitteita kokoonpanossa ja kokoonpanolinjan toimivuudessa.

3.4 Havaintoja kokoonpanon toimivuudesta

3.4.1 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyöni tutkimustyössä käytettiin yhtenä menetelmänä kvalitatiivista eli laadullista tutkimusmenetelmää. Laadulliseen tutkimukseen kuuluu usein haastatteluita ennalta valituille henkilöille. Haastattelussa haastateltavalle

esitellään ennalta mietittyjä kysymyksiä avoimesti. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa aineisto pohjautuu sillä hetkellä saatavilla olevaan tietoon, jota kerätään.

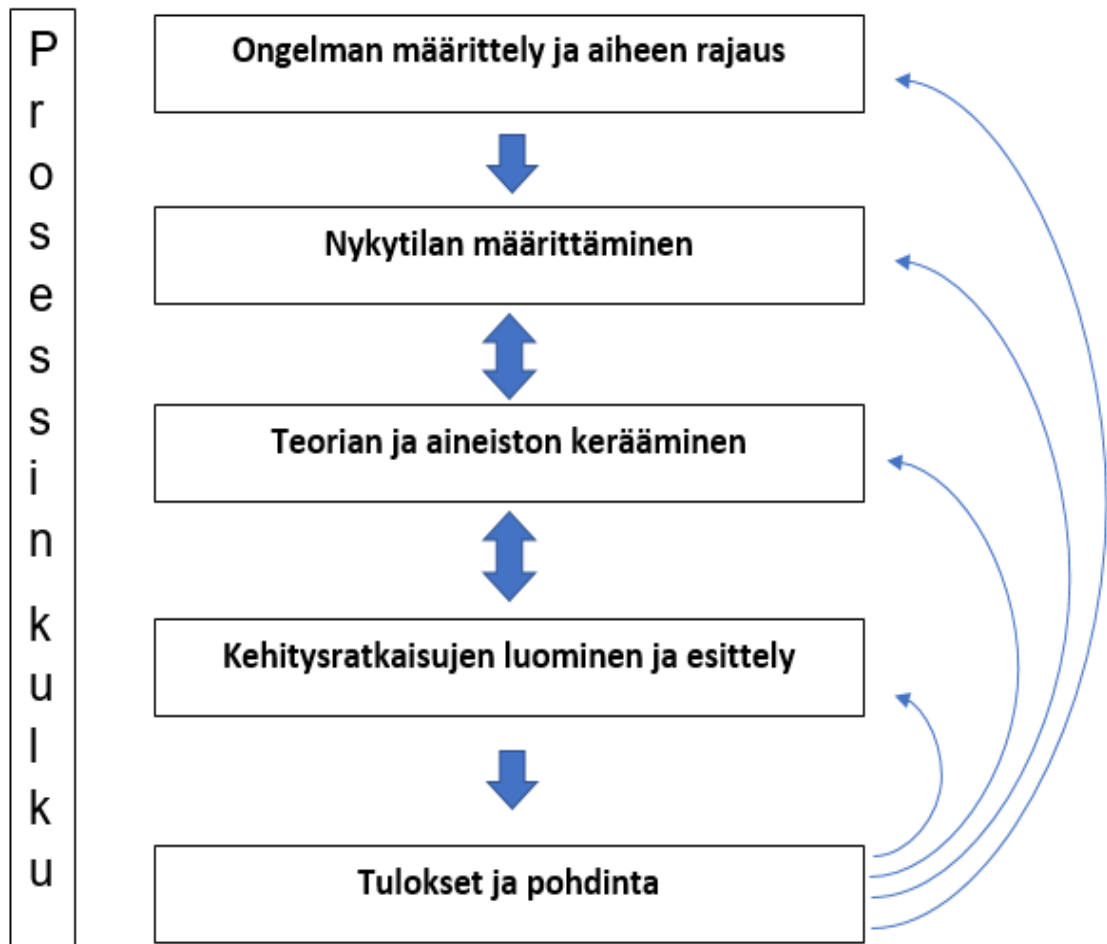
Laadullisessa tutkimuksessa tutkija ei pyri tuomaan omaa arvomaailmaa esiin.

Toiminnallaan tutkija pyrkii vuorovaikutuksen avulla saaman mahdollisimman luotettavaa aineistoa tutkimukseen. (Laadullisen ja määrällisen tutkimuksen erot, n.d.)

Laadullisen tutkimuksen haastattelut toteutaan mm. käyttämällä haastatteluteemoja, joissa kaikille haastateltaville esitetään samat kysymykset. Haastattelun kulku voi poiketa suunnitellusta järjestyksestä, millä pyritään vapauttamaan keskustelua. (Kuula 2011, 128-129.)

Havainnot kokoonpanosta perustuvat päivittäiseen toimintaan ja tietoihin, joita hankittiin haastattelemalla työntekijöitä liitteen 3 mukaisella lomakkeella.

Haastattelut toteutettiin yksilöhaastatteluina, joissa keskusteltiin työntekijän kanssa sekä käytettiin pohjana edellämainittua lomaketta. Opinnäytetyön edistyessä pyrittiin havainnoimaan kokoonpanon toimintaa ja kohtaamaan mahdollisimman realistisia ongelmatilanteita. Tutkimustyössä edettiin prosessiajattelun periaatteella kuvion 4 mukaisesti.



Kuvio 3. Kehitysprosessin yksinkertaistettu kulku

3.4.2 Tuotanto ja tuotannonohjausjärjestelmä

Black Bruin Oy:n valmistusjärjestelmä koostuu kuudesta tuotantosolusta, joista viidessä valmistetaan strategisia osia ja kuudennessa tehdään kokoonpanot.

Yrityksessä käytettävistä osista noin puolet hankitaan yhteistyökumppaneilta.

Tuotantosoluissa vuorovastaavat hoitavat tuotannon hienosuunnittelun.

Vuorovastaaville tarvittavat tiedot valmistusehdotuksista ja ajoituksista tulevat Lean-system-järjestelmästä ja tarkempi suunnittelu tehdään kokemusperäisesti.

Yrityksessä valmistetaan tilausohjatusti moottoreita piensarjoissa.

Tuotannonohjausjärjestelmässä on noin 600 rakennemallia lopputuotteista.

Yrityksessä myynti ottaa vastaan asiakastilaukset ja samalla avaa työt lopputuotteille.

Tuotannonohjausjärjestelmässä saapuvien tilauksien rakennemallin osia verrataan

sen hetkisiin varastosaldoihin ja sen pohjalta tehdään tarvittavia osto- ja valmistusehdotuksia. (Mäkinen 2017)

Yrityksessä käytössä olevaa Lean-tuotannonohjausjärjestelmää pidetään hyvänä, sillä se tukee joustavaa tuotantoa ja on osittain muokattavissa kehityksen tuomille muutoksille. Tuotannonohjausjärjestelmä mahdollistaa tiedon ja informaation siirtymisen tuotantosolujen välillä. Kokoonpanolle erityisen merkityksellistä tietoa on mahdolliset osapuutteet tai viivästyksset tuotannossa. Kokoonpanossa tuotannonohjausjärjestelmästä saatavaa tietoa käytetään hienosuunnittelun apuna.

3.4.3 Kokoonpanolinjat

Kokoonpanolinjan alussa on kiinteä metallipöytä, johon pestyt akselit siirretään pesukoneesta. Akseleihin tehdään mallista riippuen toimenpiteitä, jotka vaativat pientarvikkeita, käsi- ja paineilmatyökaluja. Pientarvikkeet säilytetään avonaisissa laatikoissa pöydän yläpuolella ja työkaluja säilytetään seinustalla pöydän takana. Siisteydessä on havaittavissa, että pöydillä on epäjärjestystä ja ylimääräisiä välineitä, mikä vaikuttaa laatuun ja työturvallisuuteen. Pöydän päähän on kertynyt ylimääräisiä välineitä ja laatikkoja. Työtasolla olevan vetävän prässin käyttäminen vaatii useita työkappaleiden kääntöjä, mikä hidastaa työprosessia. Linjan ohessa olevia nimikkeitä on muutettava paremmin vastaamaan tuotannossa eniten kysytyihin moottorimalleihin, mikä vähentää tarpeetonta liikkumista. Havaittavissa on myös kokoonpanolinjoilla olevien käsityökalujen vaihteleva kunto, mikä myöskin vaikuttaa työturvallisuuteen.

3.4.4 Testaus

Testauksessa käytetään kahta koeajoasemaa. Pidempään käytössä olleessa asemassa on yksi koeajopenkki ja toisessa uudemmassa on kaksi koeajopenkkiä. Jokainen kokoonpantu moottori koeajetaan ja näin ollen varmistetaan moitteeton toiminta mittaamalla suorituskykyä mm. ohivuotoa ja hyötysuhdetta. Koeajopenkkien jouheaa käytettävyys edellyttää, että laitteistoon liittyvät välineet ovat riittävän hyvin

saatavilla. Laitteiston toimivuudella on tärkeä merkitys häiriöttömään kokoonpanon tuotantovirtaan. Vähemmän käytetyn koeajopenkin liittimien säilytyksessä on havaittavissa epäjärjestyttä, koska niille ei ole ennaltamääritettyä paikkaa. Liittimien kiinnityksessä joudutaan käyttämään eri avainvälillä olevia työkaluja. Uusille moottorimalleille on oltava kiinnitysosat ja liittimet valmiina ennen kuin moottori otetaan varsinaiseen tuotantoon. Vanhemman koeajoaseman käyttö vaatii enemmän manuaalista työtä, jonka myötä käyttöohjeiden merkitys korostuu. Yksinkertaisten moottorimallien kanssa havaittiin linjan ruuhkautumista koeajossa. Koeajoaseman käyttäminen edellyttää asetetun minimi öljynlämpötilan saavuttamista, jota varten ajetaan tarvittaessa useampi koeajo. Moottoreiden kiinnitys koeajopukkeihin on haastavaa työergonomisesti, sillä alapuolelta kiinnitettävät pultit vaativat kyykistymistä.

3.4.5 Maalaamo

Kokoonpanon toiminnan epätasainen tuotantovirta aiheuttaa maalaamolle tarpeetonta kiirettä. Kokoonpanon loppupäässä testauspenkkien läheisyydessä korostuu tilan ahtaus, sillä siinä osittain yhdistyvät maalamo ja lähettämö. Maalaamossa otetaan käyttöön tarpeen vaatiessa vuorotyö. Tällöin etenkin maalaamon ahtaissa tiloissa siisteyden ja järjestyksen merkitys korostuu. Hyvässä järjestyksessä olevilla työkaluilla pystyttäisiin työskentelemään tehokkaasti pienemmissäkin tiloissa. Maalaamossa moottorit ripustetaan linjalle, jossa ne kulkeutuvat läpi maalaamon. Tilanahtauden takia esimerkiksi isoimpia moottoreita mahtuu linjastolle kaksi kappaletta. Tällä hetkellä muutamat kokoonpanon työntekijät auttavat toiminnallaan maalausta ripustamalla moottoreita maalauslinjalle. Ruuhka-aikana ja lomasijaisena maalaamossa toimii toinenkin maalari.

Maalausohjeiden parantaminen koettiin tarpeelliseksi, jotta riittävä informaatio olisi saatavilla ja välttyttäisiin turhilta selvityksiltä. Ohjeisiin tulisi sisällyttää tiedot maalattavista kohteista, lisähuomioista ja välineiden puhdistamisesta. Maalaamolinjan tehostaminen vaatisi käytännössä maalaamon kokonaisvaltaisen uudistamisen, mutta esimerkiksi toimintaa järkeistämällä yhtenäisempään toimintamalliin saavutettaisiin parempi tehokkuus maalausprosessiin. Maalattavien

moottoreiden ja osien maalauksen suunnittelua tulisi miettiä enemmän maalausprosessin kannalta. Maalaamossa koettiin häiriöksi riittämätön informaation saanti tuotesuunnittelusta ja myynnistä. Muutoksia haluttiin ohjeisiin, joihin tulisi lisätä sähköisessä muodossa oleva tiedote sekä mukana oleva maalausohje ja havainnollistava kuva.

3.4.6 Logistiikka

Tällä hetkellä varastointi on haasteellista tilahtauden ja layoutin takia kokoonpanossa, maalaamossa ja lähettämössä. Tämä ilmenee päivittäisessä toiminnassa kokoonpanon loppupäässä, jossa kulkuväylä yhdistää maalaamon ja lähettämön kokoonpanon yhteyteen. Varastointia ruuhkauttaa epätasainen rytmi moottoreiden kokoonpanolinjan tuotantovirrassa. Ulkoalueilla olevien varastotilojen sääsuojauksen tarkastelussa havaittiin puutteita sivusuuntaisessa suojauksessa. Tuotannossa tuotantomääriltään lisääntyville jarrullisille malleille tarvitaan entistä suurempia säilytys- ja kokoonpanotiloja, mikä entisestään lisää tilahtausta kokoonpanon ja lähettämön yhteydessä. Lähettämössä muutamien valmiiden moottorimallien kääntely koettiin ongelmalliseksi. Hankaluuksia aiheuttaa nostokohtien puuttuminen. Työkortin sisältämä valmistuspäivämäärä ylittyy toistuvasti, mikä lisää kiirettä lähettämössä.

4 Kokoonpano ja tuotannonkehitys

4.1 Kokoonpano

Kauppien mukaan "Kokoonpano tai koonta on omassa tehtaassa eri vaiheissa valmistettujen ja muualta hankittujen osien sekä standartikomponenttien ja -tarvikkeiden liittämistä toisiinsa toimivaksi tuotteeksi tai sen osaksi." Käsiyötä

käytetään edelleen kokoonpanossa paljon, ja sen osuus vaihtelee yrityskohtaisesti riippuen kokoonpantavasta tuotteesta ja eräkoosta. Käsityö tulee aina olemaan osana kokoonpanoa, koska kaikkea toimintaa ei ole kustannustehokasta automatisoida. Kokoonpanijoilta vaaditaan ammattitaitoa ja kyky itsenäiseen työskentelyyn pienerätuotannossa. (Kauppinen 1997, 111.)

Kokoonpanotyössä käsitellään, siirrellään, varastoidaan, liitetään ja sovitetaan kappaleita. Kokoonpanotyöhön sisällytetään tarkastaminen osana tehokasta toimintaa. Edellä mainituista vain liitostyöllä on varsinaista jalostusarvoa nostavaa vaikutusta tuotteeseen. Aikaviivettä ja kustannuksia puolestaan aiheuttaa kaikki mainittu, mutta ilman niitä kokoonpano ei onnistu. Tehokkaassa kokoonpanossa näitä ei jalostavia toimintoja pyritään vähentämään ja keksimään uusia menetelmiä kokoonpanoprosessin nopeuttamiseen. Tuotteen suunnittelu vaiheessa vaikutetaan tuotteen kokoonpantavuuteen miettimällä kappaleiden liitettävyyttä, koska pelkkä kokoonpanon toiminnan tehostaminen ei riitä tuottavuuden kasvuun. (Kauppinen 1997, 111-112.)

4.2 Avaimet toimivaan kokoonpanoon

Lean-ajattelun kaikki tavoitteet on kirjattu taulukkoon 1. Jatkuvässä parantamisessa aluksi tarkastellaan nykytila ja löydetään kehitettäviä kohteita sekä rajoitteita. Sitten haetaan keinot ongelmien ratkaisemiseen. Näin edetään rajoite rajoitteelta kohti visiota täydellisesti toimivasta tuotannosta.

Taulukko 2. Lean-periaatteet

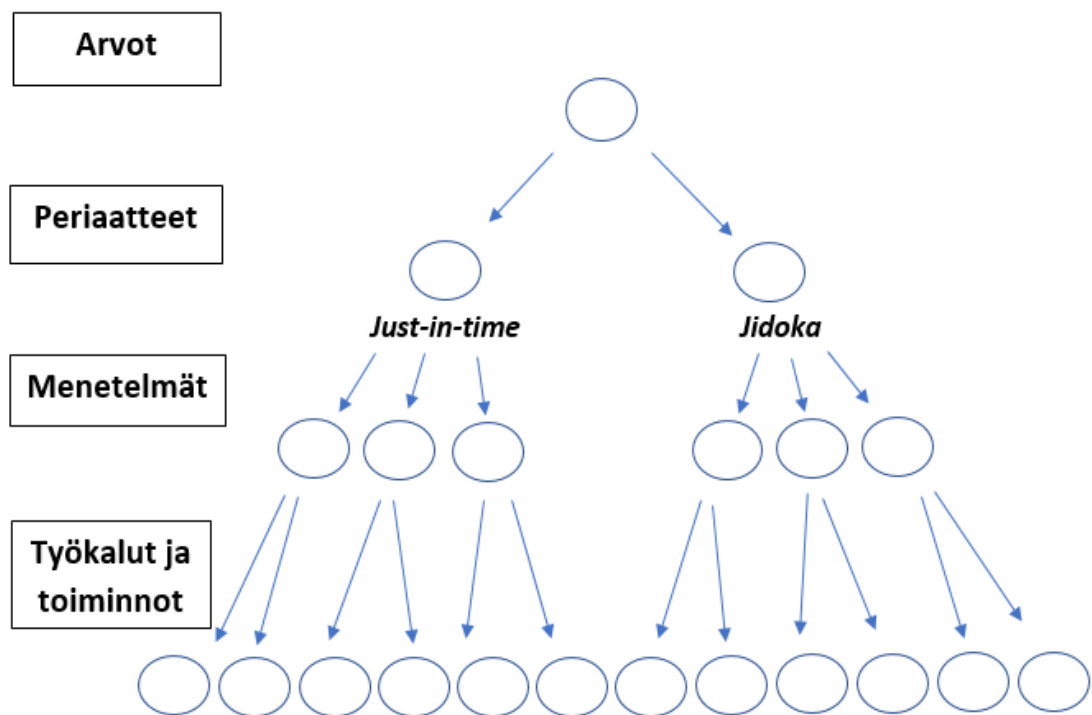
1	Vähentää hukkaa	6	Tehdä kerralla oikein
2	Minimoida varastot	7	Vastuu työntekijöille
3	Maksimoida ja ajoittaa virtaus	8	Sopeutuminen muutoksiin
4	Tilausohjattu tuotanto	9	Kumppanuus toimittajien kanssa
5	Kyky vastata asiakkaan vaatimukseen	10	Luoda jatkuva kehitys

Toyota Production system eli TPS on lähtöisin Japanista, missä Toyota Motor Corporationissa työskentelevä tuotantoinsinööri Taiichi Ohno (1912–1990) sai tehtäväksi nostaa yrityksen tuottavuutta. Yrityksessä ongelmaksi koettiin pääoman lähes täydellinen puuttuminen ja konekannan vanhanaikaisuus. Taiichi Ohnon piti kehittää sellaisia toimenpiteitä, joilla pystyttäisiin tuottamaan enemmän vähemmällä. Lean-tuotantoa käsitteenä käytettiin ensimmäistä kertaa kuvaamaan Toyotan yksinkertaista tuotantoa sekä pieniä varastoja ja puskureita tehtaissa vuonna 1988 John Krafcik toimesta (Modig & Åhlström 2015, 78-79). Lean on alkujaan valmistuksen ajatusmalli eli toimintastrategia ja aiemmin sen työkalut pohjautuvat palveluorganisaatioon. Yleisin näistä on kanban, joka on käsittää tavaranhjausta. Tämä sai alkunsa Taiichi Ohnon käydessä supermarketeissa. Ajatus siitä, että asiakas sai juuri sitä mitä etsi, silloin kun tahtoi ja sellaisen määrän kuin tarvitsi. Tässä oli täydellinen esimerkki imuohjauksesta. (Lean historiaa N.D.)

Lean-ajatusmallissa pyritään jatkuvan parantamisen kautta entistä tehokkaampaan tuotantoon. Varastojen kokoon keskitytään ja ne optimoidaan mahdollisimman pieneksi JIT (Just-In-Time)-mallin mukaan. JIT-mallissa valmistetaan juuri oikeaan aikaan ja käytössä olevilla resursseilla. Tuotannon virtausta parannetaan imuohjautuvalla ohjauksella mm. kanban laatikko-mallilla. Hukkaa vähennetään pyrkimällä valmistamaan tilausohjautuvasti ja tekemällä kerralla oikein. Asiakkaan toivomukset vaativat kykyä sopeutua muutoksiin, joka on osa jatkuvaa parantamista. Tässä vastuuta jaetaan myös työntekijöille, joiden monipuolinen ja vahva osaaminen on avainasemassa. Lean-ajatusmallin tavoitteena on laajentua myös osaksi yrityksen tavarantoimittajien toimintaa, jotta tavoitteet olisi mahdollista toteuttaa mahdollisimman tehokkaasti. Joustavuutta ja oikea-aikaisuutta ei ole, jos se ei ole molemmin puolta. (Lean historiaa n.d.)

Toimintastrategialla lean-ajatusmallissa tavoitellaan virtaustehokkuuden parantamista sekä jatkuvaa pyrkimystä entistä parempaan toimintaan. Toimintastrategian eri tasot on havainnollistettu pyramidin muodossa kuviossa 4. Toimintastrategia pitää sisällään arvot, joita yrityksessä pidetään tärkeinä.

Seuraavana yrityksessä mietitään, miten arvoja ylläpidettäisiin ja miten ne siirrettäisiin osaksi päivittäistä toimintaa työntekijöiden keskuuteen. Arvoilla pyritään etsimään vastaukset, miten yrityksen kuuluisi toimia eri tilanteissa. Ajatusmallin edistyessä ja arvojen mukaan toimiessa toimintastrategian mukaisesti kehitetään periaatteita toimia. Periaatteita etsitään kyseenalaistamalla toimintaa ja päätöksiä. Perustellaan vastaukset toiminnalle ja päätöksille, joista lopulta muodostuu periaatteita. Periaatteita noudatetaan toiminnassa ja havaitaan säännönmukaisuutta, näin tiedetään, miten toimitaan, jotta parannetaan arvojen päämääriä. (Modig & Åhlström 2015, 127-132.)



Kuvio 4. Toimintastrategian tasot TPS-järjestelmän pohjalta (alkup. kuvio ks. Modig & Åhlström 2015, 138)

Seuraavana toimintastrategian abstraktiotasolla siirrytään alemmaksi, jolloin ajatusmalli tiivistetään kahteen asiaan. Näitä kahta pidetään toistensa vastakohtina. Ensimmäisenä on just-in-time, jolla pyritään luomaan virtaus toimintaan. JIT-mallilla tarkoitetaan periaatetta, millä toimitetaan juuri sitä, mitä halutaan, milloin halutaan ja kuinka paljon halutaan. Toisena on Jidoka, jossa pyritään tekemään toiminnasta läpinäkyvämpää, että ongelmat havaittaisiin mahdollisimman pian. Organisaatiossa

tärkeänä pidetään, sitä että joka puolella nähdään ja kuullaan sekä tiedetään asioista. Näin ollen päätöksiä tehdään perustuen kokonaiskuvaan, joka välittyy organisaatiosta. (Modig & Åhlström 2015, 132-134.)

Toimintastrategian seuraavalla tasolla kuvataan menetelmiä, joilla mahdollistetaan just-in-time ja jidoka. Organisaation kehityksessä pyritään siihen, että periaatteiden annetaan ohjata toimintaa oikeaan suuntaan. Mitä pidemmälle mennään, sitä enemmän huomataan vakiintuneita tapoja ja menetelmiä, joita käytetään arvojen ylläpitämiseen. Yhtenä menetelmänä käytetään vakiointia, jotta koko organisaation tasolla ymmärretään, miten jokin tulee tehdä. Jidoka-periaate pitää sisällään läpinäkyvyyttä, jota kehitetään ja ylläpidetään visuaalisuudella. Kokonaiskuvan näkyvyyden tärkeyttä painotetaan organisaatiossa, jotta kuka vaan voi nähdä sekä ymmärtää epäkohdan, joka poikkeaa suunnitellusta. Tämän jälkeen keskitytään epäkohtien ratkaisuihin ja ehkäisyihin. (Modig & Åhlström 2015, 135-137.)

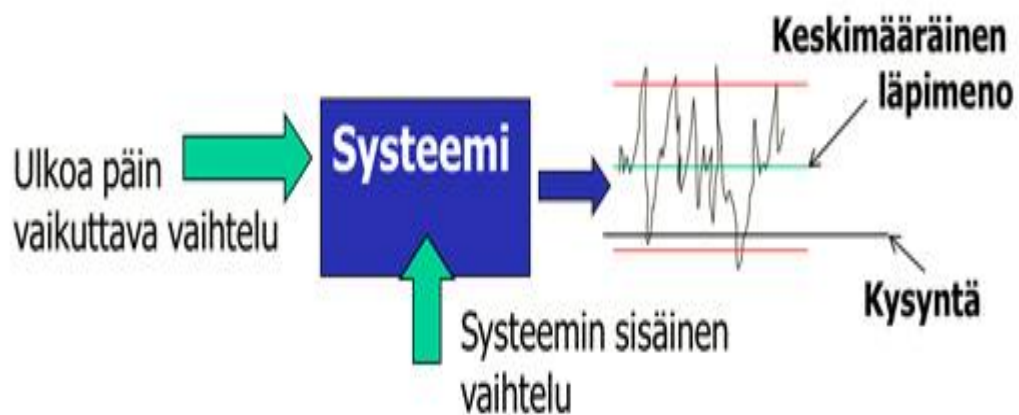
Toimintastrategiassa menetelmiä toteutetaan työkalujen ja toimintojen avulla. Organisaatiotasolla käytetään visuaalisoinnin työkaluja, joilla pyritään tuomaan prosessia näkyväksi kaikille, sekä mittareita mahdollistamaan tuloksia. Näillä avulla nähdään, onko tilanne virtauksen suhteen normaali vai poikkeako se suunnitellusta. (Modig & Åhlström 2015, 145.)

4.3 Tehokkuuden mittaus ja kehittäminen

4.3.1 Mittaamisen merkitys

Teollisuudessa yritysjohtolta vaaditaan kilpailun tiukentuessa toimenpiteitä tuotannon tehokkuuden kehittämisessä. Juuti kiteyttää "Kaikkea mitattavaa voi myös johtaa ja kehittää." Tuotantoa pyritään kehittämään käyttämällä apuna uusimpia välineitä, kuten älykkäitä automatisoituja mittausjärjestelmiä tuotannon seurantaan. Hyvinä tunnuspiirteinä mittarille pidetään systemaattisuutta, läpinäkyvyyttä ja yksiselitteisyyttä. (Juuti, 2015, 8-11.)

Kokoonpanossa vaihtelun kasvaminen laskee aina systeemin suorituskykyä. Vaihtelevuutta tuotannossa esitetään kuviossa 6, jossa havaitaan, että vaihtelua tulee yrityksen ulkopuolelta ja sisäpuolelta. Asiakasräätälöimisen myötä tuotemallien vaihtelut havaitaan suoraan alhaisempana suorituskykynä. Kysynnän vaihtelu määrän sekä mallin mukaan nähdään yrityksen ulkopuolelta tulevana vaihteluna. Sitä varten sisäinen vaihtelu tulee materiaalin ohjauksesta ja valmistamisesta määrän ja mallin suhteen. Lisäksi vaihtelua yritetään ennustaa, mutta kaikkea ei pystytä havaitsemaan etukäteen se voi johtua mm. kausivaihtelusta, tuotevariaatioista sekä yllättävistä konerikoista, laatuongelmista tai valmistuksenaikaeroista. Vaihtelulla kulutetaan siis resursseja tavallista enemmän, mutta vaihtelua ei saa kokonaan poistettua, joten sen kanssa pyritään toimimaan hyvällä prosessisuunnittelulla. Tuotannon vaihtelusta johtuen kapasiteetti voidaan käsittää vain keskimääräisenä, koska vaihtelusta tuotantosysteemistä valmistuu tarkasteluvälillä eri määrä tuotteita tai toimintoja. (Pirainen, 2013.)

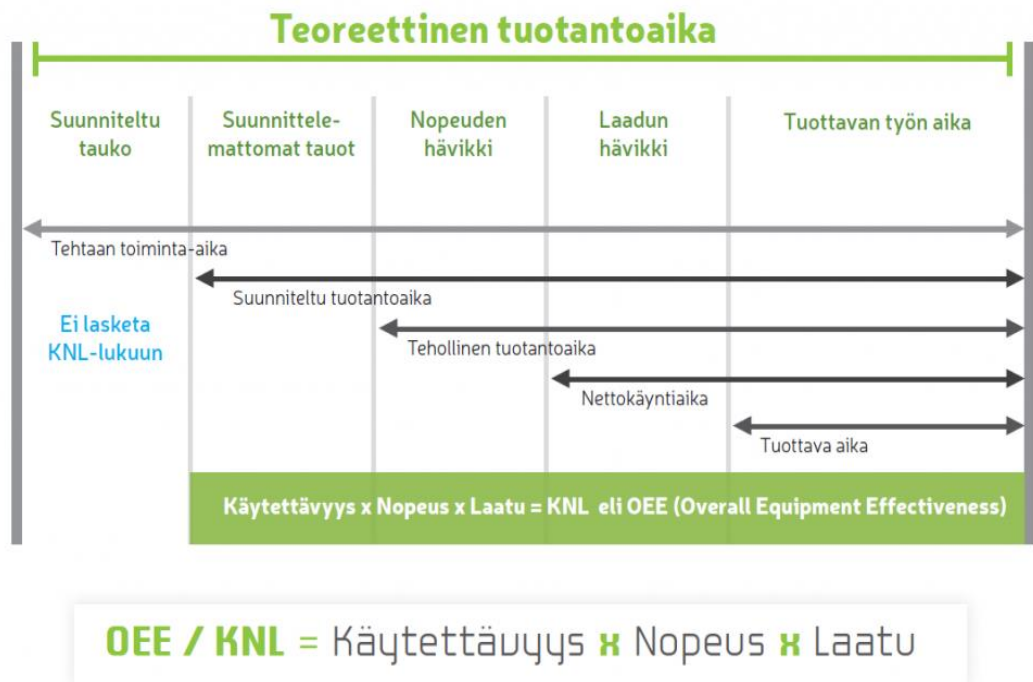


Kuvio 5. Vaihtelevuus tuotannonsysteemissä (Pirainen 2013)

4.3.2 Kokonaistehokkuus

Suomessa kokonaistehokkuudesta käytetään lyhennettä KNL. K tarkoittaa käytettävyyttä, N nopeutta ja L laatua. Näistä muodostuvaa lukua käsitellään prosenttilukuna, jolla määritetään tuotannon tehokkuus. Kuviossa 7

havainnollistetaan kokonaistehokkuuden muodostumista. Suunnitellut tauot otetaan huomioon teoreettisessa tuotantoajassa, mutta niitä ei lasketa KNL-lukuun. KNL-lukua käytetään yleensä karkeana mittarina, sillä se ei yksin kerro kaikkea. Lisäksi suositellaan mittaamaan myös käyttöastetta sekä käyttösuhdetta, joilla mahdollistetaan entistä tarkempi kuva tuotannon tehokkuudesta. (Juuti 2015, 28-31.)



(c) Kimmo Juuti

Kuvio 6. Kokonaistehokkuuden muodostuminen (Juuti 2015, 29)

4.4 Mittaroinnin merkitys

Yrityksen kilpailukyvyn kannalta on tärkeää, että yrityksessä suoritetaan mittarointia tuotannossa. Mittaamalla pystyttäisiin havainnoimaan nykytilanne tarkkaan ja saataisiin pohja toiminnan kehittämiseksi. Mittaamalla mahdolliset kehitettävät kohteet ja nähdään ajankäytöllisesti, mihin resurssit jakautuvat tuotannossa. Laadullisella tiedolla pyritään tukemaan joustavaa tuotantoa ja auttamaan tuotannonohjausta.

Mittaristolla kerättäisiin tietoa prosessin suorituskyvystä. Seuraamalla mittarin arvoja pystyttäisiin havaitsemaan tuotannossa tapahtuneita muutoksia ja niihin ehdittäisiin puuttua ajoissa. Tuotannon monet tekijät ja muuttujat mahdollistavat lukemattoman määrän mittauskohteita (Juuti, 2015, 27). Mittaamalla oikeita asioita mahdollistetaan jatkuva kehittyminen. Tämä edellyttäisi myös mittareiden säännöllisen sopeuttamisen muutosten mukaan.

Nykypäivän suuntautuminen tuotannassa nähdään muutoksena, johon asiakaskohtaiset räätälöinnit lisääntyvät ja tuotantoeräkoot pienentyvät. Aikaisemman ajatuksen malli, jossa tasaiset tuotantomäärät ja hyvin ennakoitavat tilausmäärät vakioituille tuotteille tullaan hiljalleen syrjäyttämään nykyajan suuntauksella eli asiakasräätälöinnillä. Lähitulevaisuudessa tuotteita ja tuotantoa kehitetään jatkuvalla kyvyllä muuntautua ja muutokseen pyritään joustavuudella. Ratkaisuna joustavuuteen nähdään havainnointi, joka pohjautuu reaaliaikaiseen dataan ja hallintaan. (RFID ja LEAN 2017.)

4.5 Kokoonpanon mittarointi

Yleisesti kokoonpanoon menevän ajan osuus tuotteen valmistukseen käytettävästä kokonaistyöajasta on merkittävin yksittäinen osuus. Se voi olla noin 20-40 %. Kokoonpanossa voi jopa neljännes suunnitellusta ajasta kulua häiriöihin, samoin kuin taukoihin ja odotuksiin. Tekemiseen kuluva aika on noin puolet kokoonpanoajasta. Siitä ajasta noin 10-25 % on varsinaista jalostavaa työtä. (Lapinleimu 1997, 111.)

Kokoonpano vaiheessa tuotteeseen on sitoutunut paljon materiaalia, työtä ja suunnittelua, joten sen arvo on suurimmillaan. Kokoonpanon mittarointia pidetään tärkeä asiana tehokkuuden ja systemaattisen toiminnan kannalta. Tulevaisuuden suuntaus on edetä päivätason johtamisesta kohti reaaliaikaista seuranta ja ohjausta. Reaaliaikainen poikkeamien kirjaus vähentää muistinvaraisen toiminnan tarvetta. Ajantasainen tieto lyhentää myös oppimisaikaa.

Tällä hetkellä yrityksessä ei ole käytössä reaaliaikaista seuranta tuotannon osalta, jossa nähtäisiin valmistettavan tuotteen nykytila reaaliajassa. Kokoonpanossa digitaalisointia pystytään hyödyntämään mm. soveltamalla se tuntikirjauksen

välineeksi, jolla saataisiin yksinkertaistettua tuntiseurantaa ja tunnit eriteltyltä entistä tarkemmin töille. Tällä mahdollistetaan työnumeroiden automaattisen siirtymisen osaksi tuntikirjausta. Nykypäivänä digitaalisiaatio koetaan avuksi yhä useammassa teollisuuden yrityksessä. Sen sisällyttäminen tuotantoon kokonaisvaltaisesti mahdollistaa entistä tehokkaamman tuotannon ja prosessien hallinnan.

Tiedon ja datan roolia korostetaan tulevaisuudessa yritysten päätösten tekemisessä. Haasteena koetaan tiedonhallinta ja tulkinta, jotta datan määrästä löydettäisiin merkityksellinen tieto päätöksenteon avuksi. Datan syvällisellä tutkimisella pyritään auttamaan yritystä ymmärtämään toimintaa omasta ja asiakkaan näkökulmasta sisältäen mahdolliset muuttujat tekijät (Ackerman & Ruusuvaara, 2014.)

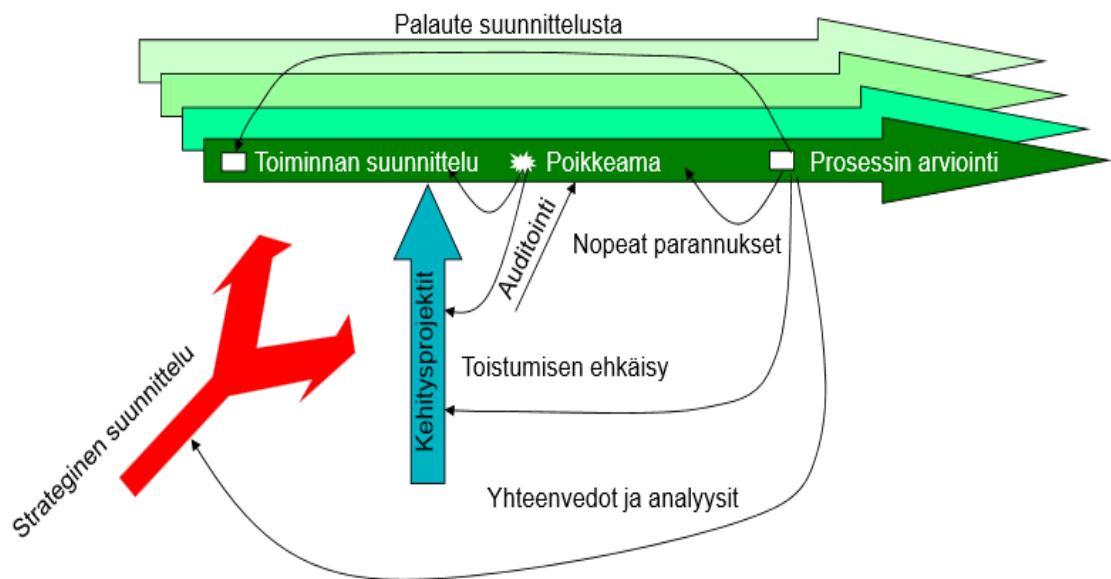
Teollisuuden digitaalisiaatiossa tulevaisuudessa teollinen internet mahdollistaa uusia toimintatapoja ja menetelmiä hyödyntää tietoa reaaliajassa, jossa koneiden välinen kommunikointi, RFID-tunnisteet, anturit ja älymittalaitteet luovat dataa käsiteltäväksi. Teollisen internetin hyödyntäminen nähdään seuraavana isona askeleena kokonaisvaltaisesti teollisuuden eri aloilla. Pilvipalveluilla tietoa tarkastellaan etäältä reaaliaikaisesti useammalta paikalta yhtä aikaa, mikä mahdollistaa esimerkiksi yhteistyön alihankkijoiden kanssa. (Teollinen internet n.d.)

5 Kokoonpanon kehitysehdotukset

5.1 Kokoonpanon kehittäminen

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää ratkaisukeinoja kokoonpanon kehittämiseen ja ennalta määritettyihin vaatimuksiin. Tutkimustuloksissa alkuun esitellään seuraavia toimenpiteitä tarkemmin: työpisteillä jalostamattoman työn vähentäminen, yhtenäiset ja suunnitellut ohjeet, kokoonpanon virtauksen parantaminen sekä yhteenvetona kokoonpanoprosessien jatkuva parantaminen mukailen kuviossa 8

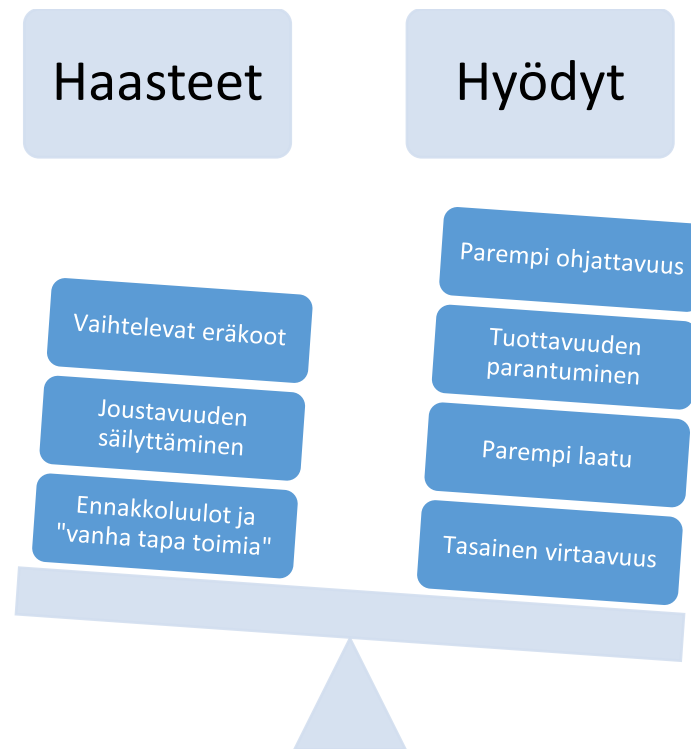
esitettyä käytäntöä. Kuviossa vihreät nuolet esittävät kokoonpanoprosessia, mikä on ennalta suunniteltua toimintaa. Mikäli toiminnassa havaittaisiin poikkeama, siihen reagoitaisiin välittömästi ja tehtäisiin kehitysratkaisu. Poikkeama tallentuisi mittarointijärjestelmään, mistä niitä voitaisiin jälkeinpäin tarkastella ja seurata toistuvuutta.



Kuvio 7. Strategisesti johdettu prosien jatkuva parantaminen (Laamanen 2008, 164)

Kehitysehdotuksessa kokoonpanolinjalle rajattiin erillisiä työpisteitä. Tällöin työntekijä saisi visuaalisen kuvan työpisteeseen kuuluvista toiminnoista. Työpisteiden välillä sallittaisiin tarvittaessa joustoa toiminnassa, jota pyritään kehittämään työntekijöiden oma-aloitteisuuden pohjalta. Kokoonpanossa laatua pidetään merkittävänä tekijänä. Työkappaleet ovat kokoonpanovaiheessa pitkälle jalostettuja, jolloin arvo on suurempi kuin pelkällä raaka-aineella. Kokoonpanon ympäristöä tarkasteltiin ja mietittiin varastoinnin osalta. Nimikkeiden varastoinnista todettiin, että kokoonpanossa tarvittavien nimikkeiden tarkistamisella ja päivittämisellä saataisiin vähennettyä jalostamatonta työtä eli ylimääräistä liikettä kokoonpanolinjalla. Työssä selvitettiin erillistä esikeräilyä kokoonpanolinjalle, mutta todettiin sen olevan hyödyltään kannattamaton johtuen esikerättävien osien

vähyydestä. Kokoonpanon rytmittämisen ja osittainen tahdistamisen hyödyt ja haasteet kuvattuna kuviossa 9.



Kuvio 8. Hyödyt vs haasteet kokoonpanolinjan rytmittämiselle ja tahdistamiselle

5.2 Kokoonpanolinjan jakaminen

Kehitysehdotuksessa kokoonpanolinja jaettaisiin kolmeen osaan: alkupäähän, keskiosaan ja testaukseen. Linjalla työskentely jaettaisiin näiden alueiden muodostamiin osa-alueisiin. Linjalle otettaisiin käyttöön kiertävä työkierto, joka vaihtuisi päivittäin. Tällä säilytettäisiin mm. kokoonpanijoiden monipuolinen osaaminen ja työn vaihtelevuus. Linjan jakaminen osa-alueisiin auttaisi tahdistamisessa, ehkäisisi ruuhkautumista, edesauttaisi tuotannon seuranta sekä vähentäisi kiireellisyyttä. Osa-alueille määritettäisiin vastuuhenkilö, joka määritetyn ajan vastaisi alueen siisteydestä ja työkaluista. Joustavuutta sallittaisiin vaiheiden

välillä ja se pyrittäisiin sisällyttämään työntekijöiden toimintatapoihin, jotta tilannekohtainen reagoiminen äkillisiin muutoksiin mahdollistetaan. Esimerkiksi tilanne, jossa koeajossa havaittaisiin testattavassa moottorissa häiriö ja se jouduttaisiin purkamaan tarkistamista varten.

Vaiheeseen 1 eli alkupäähän sisällytettäisiin mm. akseleiden tulppaus, tiivisterenkaiden asennus ja kansikoteloiden kasaus sekä asennus. Vaiheeseen varattaisiin yksi henkilö tekemään nämä työvaiheet.

Vaiheeseen 2 eli keskiosaan sisällytettäisiin jakajarenkaiden asennus, jakoventtiilin asennus, sylinteriryhmän asennus, napakotelon asennus, jarruosien laitto, laakereiden asennus sekä kiritys ja kansikotelon asennus. Tähän vaiheeseen varattaisiin 2 henkilöä.

Vaiheeseen 3 eli testaukseen ja loppupäähän sisällytettäisiin: moottoreiden kiinnittäminen, testaus, moottoreiden irrottaminen, identifiointi, mahdollinen auttaminen maalaamoon ja jarrujen kasaus. Kolmanteen vaiheeseen varattaisiin kaksi henkilöä.

Kokoonpanossa oleviin muihin työpisteisiin, kuten sylinteriryhmien kasauksiin varattaisiin yksi henkilö, varastointiin ja keräilyihin yksi henkilö, maalaamoon yksi henkilö sekä lähettämöön yksi henkilö. Kokonaisresurssiksi arvioidaan yhdeksän henkilön kapasiteetti.

Tuotantolinjan tarkkojen vaiheaikojen mittaamiseen ja tahtiajan määrittämiseen vaaditaan automatisoitua mittarointijärjestelmää. Manuaalisiin mittauksiin sisältyy aina virhemarginaali, johon vaikuttavat inhimilliset tekijät sekä mittaajien erot. Opinnäytetyössä määritettiin muutamalle yleiselle moottorimallille vaiheajat, joiden perusteella määritettiin tahtiaika vaiheistetun kokoonpanolinjan kokeilua varten. Mittaustulokset ovat liitteessä 4, jossa nähdään tahtiajan olevan noin 30 minuuttia. Tarkempi tahtiaika pystytään määrittämään vaihtelevassa tuotannossa esimerkiksi vaiheaikojen keskiarvojen pohjalta. Niiden avulla muodostetaan vakioitu moottorimallin tahtiaika. Tähän määritettyyn vakiomalliin verrataan muita malleja ja jokaiselle muodostetaan vertailuarvo vakiomalliin nähden. Näin pystytään vertailemaan eri moottorimalleja toisiinsa nähden kapasiteetti laskennassa. Alle yhden oleva luku ilmaisee, että moottori on nopeampi kokoonpanna ja yli yhden

puolestaan työläämpi moottori kokoonpanna. Taulukossa 3 kuvataan edellä mainittua laskentatapaa.

Taulukko 3. Moottorimallin vakiointi kapasiteettiin (Arvot muutettu)

Moottorimallien vakiointi kapasiteettia varten					
Moottorimalli	Työvaiheajat (yht.) min.	Vakiointi kaava	Vakio moottori	Määrä (kpl)	Vakioitu moottori määrä (kpl x vakio)
BB2	66	Työvaihesumma/Työvaihe summien keskiarvolla	0,7416	15	11,1
BB3	78	Työvaihesumma/Työvaihe summien keskiarvolla	0,8764	10	8,8
BB4	88	Työvaihesumma/Työvaihe summien keskiarvolla	0,9887	16	15,8
BB5	89	Työvaihesumma/Työvaihe summien keskiarvolla	1,0000	12	12,0
BB6	102	Työvaihesumma/Työvaihe summien keskiarvolla	1,1460	12	13,8
BB7	111	Työvaihesumma/Työvaihe summien keskiarvolla	1,2471	8	10,0
Yht.	534				
Keskiarvo	89				

Toiseksi ehdotettiin kokoonpanolinjalle mittarointijärjestelmän hankinta virtaustehokkuuden seurantaan. Järjestelmätoimittajat tarjoavat mm. vuokrattavia versioita koekäyttöä varten esim. viikon ajaksi. Mittarointijärjestelmät tarjotaan huomattavasti kevyempinä ratkaisuinakin kokonaiset ERP-järjestelmät, näin ollen käyttöönotto tapahtuu parhaimmillaan jopa päivässä. Kehitysehdotuksessa jokaiselle vaiheelle sekä työpisteelle kokoonpanossa tulisi sähköinen kuittaus, johon työntekijä kuittaa moottorikohtaisen työn aloituksen sekä lopetuksen ajankohdan. Mittaroinnin tarkoituksena on saada läpinäkyvää dataa kokoonpanon tilasta ja toiminnasta. Poikkeavaisuudet suunnitellusta toiminnasta erottuvat nopeasti ja niihin pystytään reagoimaan mahdollisimman nopeasti. Tulevaisuudessa pystytään määrittämään tahtiajat huomattavasti tarkemmin ja saadaan vertailuarvoja jatkuvalla parantamisella, joka mahdollistaa kilpailukyvyyn säilymisen.

5.3 Testaus, laitteisto, työkalut ja tarvikkeet

Kokoonpanossa toiminta pohjautuu koeajopenkkien toimivuuteen, jota kuormitetaan tasaisella virralla linjastolla. Koeajopenkkien liittimille ja kiinnikkeille määritettäisiin kiinteät paikat patereihin, mistä ne löytyisivät helposti. Kokoonpanossa toiminnaltaan kriittisimpinä kohteina pidetään testausasemia. Näiden asemien vikaantumisella koetaan olevan merkittävät tuotannolliset seisaukset ja näin ollen suuret taloudelliset tappiot. Kokoonpanossa oleviin testausasemiin asennettaisiin mittarit seuraamaan testausohjelman käyntiaikaa. Tällä nähtäisiin mm. virtauksen tasaisuus, sillä hyvin tasapainossa olevalla kokoonpanolinjalla testausaseman pitäisi olla jatkuvasti käytössä. Kokoonpanossa kansikoteloita ja nokkarenkaita varten oleva vetävä hydraulipuristin muutettaisiin työntäväksi. Muutoksella saataisiin vähennettyä kääntöjä nokkarenkaan asennuksessa ja työvaihe nopeutuisi.

5.4 Yleisilme ja siisteys

Kokoonpanon yleisilmeen parantamisesta on monia hyötyjä, jotka heijastuvat tuotannosta aina myyntiin asti. Yritysvierailuilla saatavista vaikutelmista esim. laadun suhteen, merkittävä osa muodostetaan tuotantotilojen yleisilmeestä ja puhtaudesta. Yleisilmeestä tulevia vaikutuksia pidetään merkittävänä etenkin mahdollisten uusien asiakkaiden ollessa vierailulla. Siisteyden ja puhtauden lisääntyminen parantaisi kokoonpantavien tuotteiden laatua ja lisäisi työympäristön viihtyvyyttä.

Yleisilmeen ja siisteyden parantamiseksi voisi suorittaa seuraavat toimenpiteet. Työpöydän yläpuolella olevat eriväriset pientarvikkeille tarkoitetut laatikot siirrettäisiin pöydän alle tehtyihin vetolaatikostoihin. Kaikille pöydällä oleville työkaluille tehtäisiin kiinteät paikat, jossa olisi paikka yhdelle työkalulle. Varalle oleville työkaluille tehtäisiin säilytyspaikka pöydän alle hankittaviin vetolaatikostoihin.

5.5 Kokoonpanon seuranta

Kokoonpanosta otetaan seuraavana kohteeksi työvaihe, josta tuotannon tehokkuus mitataan. Mittauskohteeksi valittiin kokoonpanon pullonkaula eli tässä tapauksessa testaus. Tämän jälkeen tarkasteltaisiin havaittuja virheitä, siten että määrän tulee olla vertailukelpoinen eri kuukausien välillä riippumatta toiminta-asteesta. Lisäksi joudutaan pohtimaan rajat, millä perusteella tuotannon vaiheissa syntyneet virheet kelpuutetaan. Prosessin kehittäminen otetaan osaksi työntekijöiden arkipäiväistä toimintaa. Työntekijöille annetaan mahdollisuus pyrkiä keksimään uusia ideoita sekä pyrintään kannustamaan toiminnan kehittämiseen. Tiedonkulun ja työntekijän välillä pidetään yhteys, jolla mahdollistetaan työntekijät ymmärtämään oman panoksensa osana yrityksen toimintaa ja kehitystyötä.

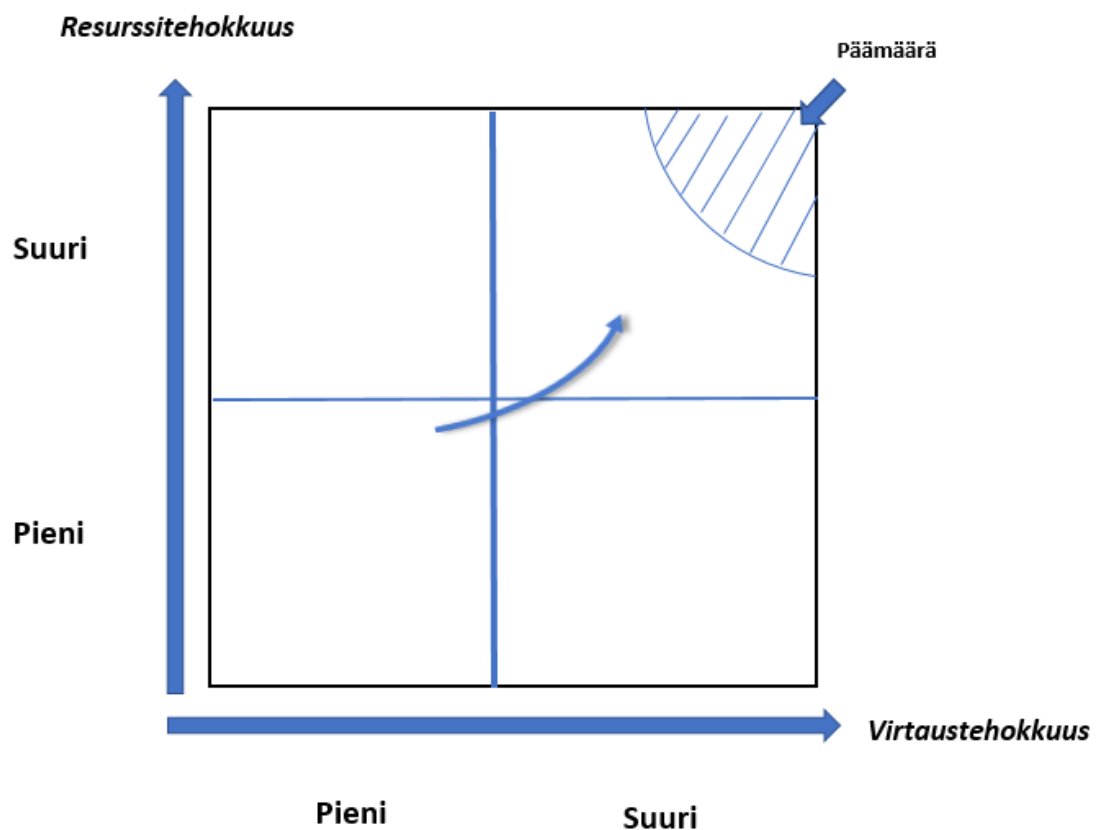
Tätä varten annetaan työntekijöille lisää vastuuta kehittämisasioissa. Henkilökunta on saatava sitoutumaan laadittujen ohjeistuksien noudattamiseen, ja mikäli parannusideoita löytyy, ne on myös kerrottava ja otettava osaksi yrityksen ohjeistettua toimintaa. Tarkoituksena on kerätä myös aktiivisesti tietoa prosessista haastattelemalla työntekijöitä ja kannustamalla heitä kehitysideoiden esilletuomiseen. Viikkopalavereihin otetaan myös käytäntö, jossa kehityskohteita ideoidaan ja niistä keskustellaan.

6 Avaimet tuottavuuden parantumiseen

6.1 Tuottavuuden nousu

Menestyvällä yrityksellä tuottavuuden nousua pidetään elinehtona. Yrityksessä dynaamisella parantamisella luodaan jatkuvuus kehitykselle. Tuottavuuden nousuun vaaditaan mm. hyvin organisoitu henkilöstö, toimivat ja luotettavat koneet sekä toiminnanohjausjärjestelmä varustettuna mittaroinnilla. Menestyvässä yrityksessä henkilöstön voimavaroja jaetaan ja kuormitetaan tasaisesti, joilla mahdollistetaan työyhteisön positiivinen ilmapiiri. Avoimella ja selkeällä informaatiolla henkilöstön

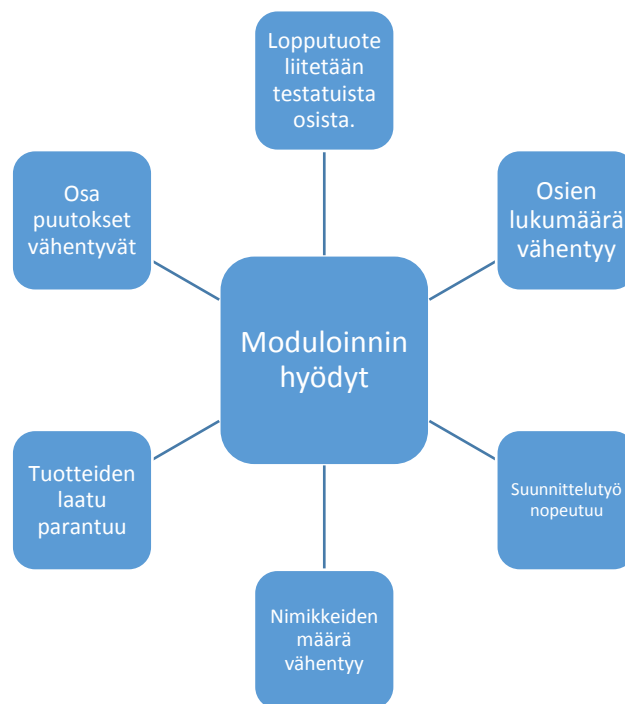
keskuudessa vähennetään erimielisyyksiä organisaation sisällä. Tuotantolaitteet ja koneet huollatetaan suunnitellusti ja niiden kuntoa valvotaan kunnossapidon toimesta. Koneiden käyttöastetta mitataan ja seurataan kokonaisvaltaisesti sekä määritellään koneille tehokkuusparametrejä. Toiminnanohjausjärjestelmässä tietoja ylläpidetään ajan tasalla ja tuotannon muuttuessa muutokset syötetään riittävällä tarkkuudella sisään järjestelmään. Tuottavuuden nousun tehostamisessa vaaditaan johtamista, joka perustuu mitattuihin faktoihin tuotannosta. Tuottavuuden nousua tavoitellaan toimintastrategialla, jossa koko organisaatio sitoutuu ja tavoittelee yhteisesti asetettuun päämäärään. Tällainen toimintastrategia on esitetty kuviossa 10, jossa tavoitellaan oikean yläkulman päämäärää.



Kuvio 9. Toimintastrategia tehokkuusmatriisissa (alkup. kuvio ks. Modig & Åhlström 2015, 124, muokattu)

6.2 Tulevaisuuden suuntaus

Tulevaisuudessa pyritään vähentämään vaihtelevuutta aiheuttavia tekijöitä tuotannossa, jotta tuotannon hallittavuus sekä virtaustehokuus parantuisi. Yhtenä vaihtoehtona on syvempi yhteistyö osatoimittajien kanssa. Heiltä alettaisiin tilaamaan osakoonteja ja settejä. Syvemmän yhteistyön hyötynä pidetään materiaalien ohjauksen selkiytymistä ja nimikkeiden määrän pienentymistä. Tulevaisuudessa teollisuudessa keinoina nähdään tuotesuunnittelun kehittäminen ja mahdollisen tuotemoduloinnin käyttöönotto. Tällä tarkoitetaan tuotteen jakamista osakokoonpanoihin, joita liittämällä yhteen tehdään loppukoonti. Moduloinnilla pystytään vähentämään tuotteen osia ja hyödyntämään samoja moduuleita useissa tuoteversioissa. Moduloinnilla nopeutetaan mahdollista lopputuotteen räätälöintiä vähentämällä vaihtelevuutta kokoonpanossa. Tulevaisuudessa kannattavana hankintana pidetään mittarointijärjestelmän laajentamista koko yritykseen. Muutaman vuoden sisällä rajoittavaksi tekijäksi oletetaan muuttuvan maalaamon tilat ja välineet, kun niiden uusinta tulee ajankohtaiseksi.



Kuvio 10. Moduloinnin hyödyt

7 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Black Bruin Oy:n kokoonpanon toimintaa ja löytää mittarit, joilla kokoonpanoa mitattaisiin. Työssä perehdyttiin kokoonpanon kehitykseen sekä mittaroinnin menetelmiin ja hyötyihin. Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin ja nykytila saatiin määritettyä sekä kokoonpanon rajoittavat tekijät löydettiin. Yleisimpänä ongelmina havaittiin kokoonpanolinjan ruuhkautuminen ja epätahti. Tutkimuksessa selvitettiin keinoja ja menetelmiä kokoonpanon sujuvoittamiseen, tahdistamiseen sekä tehostamiseen. Tutkimuksen edistyessä kehitysehdotuksia jalostettiin sekä mahdollisuuksien mukaan kokeiltiin käytännön tasolla aikataulujen ja resurssien salliessa tämän. Kehitysehdotuksiin käytettiin tietoperustana kerättyä teoria-aineistoa, työntekijöiden havaintoja ja päätelmiäni. Käsittelemällä tutkimuksessa kerättyä aineistoa onnistuttiin löytämään hyviä ratkaisuja kokoonpanon toiminnan kehittämiseksi. Tutkimuksessa työntekijöiden haastattelut onnistuivat hyvin, johtuen onnistuneesta avoimesta ilmapiiristä haastattelutilanteesta.

Mittarointia tutkittiin kokoonpanon näkökulmasta sekä tuotannonohjauksen kannalta. Tutkimuksessa mittarointi koettiin tärkeäksi osaksi toiminnan kehittämistä ja ohjaamista. Investointeja vaativat kehitysehdotukset sekä selvitys mittarointijärjestelmän hyödyllisyyksistä tullaan esittämään yritykselle tulevaisuudessa. Tutkimustyön tulokset esitellään yrityksessä ja tehdään yhteenveto yrityksessä, jossa käydään läpi tutkimuksen tulokset ja sisältö.

Tutkimustyöstä saatuja tuloksia ja hyötyjä tarkasteltiin käytännöntason toteutuksilla, joiden perusteella tehtiin havaintoja toiminnan muutoksesta. Tarkemmat ja luotettavimmat tulokset saadaan kuitenkin vasta mittarointijärjestelmällä käyttöönotolla, jonka hyödyllisyyttä työssä erityisesti painotetaan. Tutkimuksen ja tulosten laadullisuutta ja kriittisyyttä tarkasteltiin visuaalisten havaintojen ja haastatteluiden pohjalta. Visuaalisissa havainnoissa pyrittiin keskittymään kokoonpanolinjan tuotantovirtaan ja resurssien liikehdintään.

Haasteita työn aikana havaittiin mm. kokoonpanon vaihtelevuudessa, tuotantomäärissä ja resursseissa. Työtä tehdessä minua auttoi aikaisemmin hankittu tuntemus yrityksen toiminnasta ja kokoonpanosta, sillä olin suorittanut aikaisemmin yritykseen harjoitteluni tuotannon tehtävissä. Tämä auttoi minua ymmärtämään yrityksen tuotannon kulkua ja virtausta. Aikataulullisesti tutkimus toteutettiin suunnitellusti helmikuun - toukokuun 2017 aikana lukuun ottamatta alun hieman laajaa aihe kokonaisuutta, jota rajattiin ja tarkennettiin aikataululle sopivaksi. Tutkimuksen aikana pääsin soveltamaan osaamistani ja syventymään rajattuun aiheeseen. Työssä keskityttiin löytämään laadullisesti hyviä lähteitä sekä tuoreita näkemyksiä liittyen aiheeseen. Työtä tehdessä havaittiin myös muita kehitys näkökulmia, mistä saisi opinnäytetyön aiheen. Esimerkiksi kokoonpanon työergonomian tarkastelu ja mekaanisen työn rasittavuuden vaikutukset olisivat hyödyllisiä tutkia.

Lähteet

Ackerman, E. & Ruusuvuori, P. 2014. BIG DATA mullistaa kunnossapidon. Promaint-lehti 15.4.2014. Viitattu 2.3.2017.

<http://promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/BIG-DATA-mullistaa-kunnossapidon>

Big data. N.d. Internet-artikkeli. Tieto. Viitattu 12.3.2017

<https://www.tieto.fi/konseptit-tieto/big-data>

Black Bruin yritys. N.d. Sampo Hydraulics:n yritysesittely. Viitattu 4.3.2017

<http://www.blackbruin.com/fi/yritys>

Ekonen, E & Muurainen, J. 2016 Tuotannon kuormittavuuden tarkastelu. Kunnossapidon projektityö, kurssityö. (Aineisto tekijöiden hallussa)

Juuti, K. 2015. Tuotannon tehokkuuden mittaus ja kehittäminen. Control Express Finland.

Kuula, A. 2011. Tutkimusetiikka. Aineistojen hankinta, käyttö ja säilytys. 2. painos. Tampere: Vastapaino.

Laadullisen ja määrällisen tutkimuksen erot. N.D. Internet-artikkeli. Tilastokeskus. Viitattu 10.3.2017 <https://www.stat.fi/virsta/tkeruu/01/07/>

Laamanen, K. 2008. Johda suorituskykyä tiedon avulla. 2. painos. Laatukeskus.

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

Lean historiaa. N.D. Internet-artikkeli. Sixsigma. Viitattu 28.2.2017

<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/leanin-historiaa/>

Modig, N. & Åhlström, P. 2015. Tätä on lean. Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. 4. painos. Rheologia publishing.

Mäkinen, J. 2017. Tuotantopäällikkö. Black Bruin. Haastattelu 20.9.2016.

Piirainen, A. 2013. Onko kaikki erilaista vai ei? Quality Knowhow Karjalainen. 21.5.2013. Internet-artikkeli. Viitattu 24.4.2017

<http://www.gk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/onko-kaikki-erilaista-vai-ei/>

Teollinen internet. N.D. Internet-artikkeli. Tieto. Viitattu 15.4.2017

<https://www.tieto.fi/konseptit-tieto/big-data>

RFID ja LEAN - Käsi pystyy kuka haluaa olla Leanimpi! Finn-ID. 4.1.2017. Internet -artikkeli. Viitattu 12.3.2017

<http://www.finn-id.fi/blogi/379-rfid-ja-lean>

Valmistuksen optimointi. N.D. Internet artikkeli. Roima. Viitattu 8.3.2017

<http://roimaint.fi/valmistuksen-optimointi/>

Liitteet

Liite 1. Kokoonpanon kapasiteetin määrittäminen laskennan avulla

Liite poistettu julkaistavasta versiosta salassapitosopimuksen vuoksi.

Liite 2. Kapasiteetti laskentaa koneresurssien avulla

Liite poistettu julkaistavasta versiosta salassapitosopimuksen vuoksi.

Liite 3. Työntekijöiden haastattelulomake

Liite poistettu julkaistavasta versiosta salassapitosopimuksen vuoksi.

Liite 4. Mittauspöytäkirja moottoreiden kokoonpanosta

Liite poistettu julkaistavasta versiosta salassapitosopimuksen vuoksi.