

Alumiinilaattojen valmistusprosessin kehittäminen

Joel Salminen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Salminen, Joel	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 11.05.2015
	Sivumäärä 53	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Alumiinilaattojen valmistusprosessin kehittäminen		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn ohjaaja(t) Harri Peuranen Miikka Parviainen		
Toimeksiantaja(t) Komas Oy Eero Hernesmaa, yksikön päällikkö		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Komasa Oy:n alumiinilaattojen valmistusprosessia. Valmistusprosessin kehittämiseen liittyivät alatavoitteina prosessin hukkioiden vähentäminen, kokoonpanosolun ja -työohjeiden kehittäminen sekä systemaattisen dokumentoinnin (PPAP) kautta saavutettavien hyötyjen selvittäminen. Tavoitteisiin tarvittavia kehityskohteita selvitettiin nykytilan kuvaamisen kautta osana Komasa Oy:ssä sovellettavaa Lean -toimintaa. Opinnäytetyössä hyödynnettiin Lean -ajattelua sekä Lean -työkaluista arvovirtakuvausta hukkioiden tunnistamisessa ja vähentämisessä.</p> <p>Tutkimusmenetelminä opinnäytetyössä käytettiin haastatteluja, prosessiin tutustumista sekä teorian tiedon hankintaa. Haastatteluista saatua tietoa hyödynnettiin pääasiassa prosessikuvausten, nykytilankuvausten ja arvovirtakuvausten tekemiseen. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään nykytilankuvausta, arvovirtakuvausta, hukkioiden vähentämistä sekä PPAP:n toteuttamista.</p> <p>Käytännön osuudessa arvovirtakuvausten ja hankitun teorian tiedon pohjalta havaittiin prosessin hukiksi mm. epätasapainoa, varastointia ja odottamista. Havaintojen pohjalta esitettiin kehitysehdotuksia, joista osa toteutettiin ja osaa harkitaan. Kokoonpanosolussa toteutettiin uuden kokoonpanotyöpisteen muodostaminen sekä kokoonpanotyöohjeiden laatiminen digitaaliseen muotoon.</p> <p>Opinnäytetyöstä saatiin tuloksena hyötyä yritykselle tunnistettujen hukkioiden, kehitetyn kokoonpanosolun ja -työohjeen sekä PPAP:n liittyvien tietojen kautta. Kokoonpanoon tehdyt kehitystoimenpiteet paransivat prosessin sujuvuutta. Muiden kehitystoimenpiteiden kohdalla vaikutuksia ei pystytty opinnäytetyön aikana arvioimaan.</p>		
Avainsanat (asiasanat) hukkioiden vähentäminen, lean, nykytilan kuvaaminen, arvovirtakuvaus, VSM, PPAP, työohje		
Muut tiedot		



Author(s) Salminen, Joel	Type of publication Bachelor's thesis	Date 11.05.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 53	Permission for web publica- tion: x
Title of publication Developing the manufacturing process of aluminum plates		
Degree programme Degree programme in Mechanical and Production Engineering		
Tutor(s) Peuranen, Harri Parviainen, Miikka		
Assigned by Komas Ltd Hernesmaa, Eero, Business unit manager		
Abstract <p>The purpose of the Bachelor's thesis was to develop the manufacturing process of aluminum plates. Smaller targets in developing the manufacturing process, were reducing waste, developing the assembly cell and assembly instructions and researching the benefits of systematic documentation (PPAP). Current state mapping was used to find the improvements objectives, as a part of the Lean activity used at Komas Ltd. In the thesis, Lean principles and tools were used to find and reduce waste in the process.</p> <p>Interviews, familiarizing with the process and studying theory were used as research methods. The information gained from the interviews was used mainly for creating the process mapping, the current state mapping and the value stream mapping. The current state mapping, value stream mapping, reducing waste and implementing PPAP are reviewed in the theoretical framework of the thesis.</p> <p>In the practical part the information from value stream mapping and researched theory was used to spot waste in the process. Development measures were made based on the detected information. Some of the development measures were put to use and some will be considered in the future. A new assembly workstation and digital assembly instructions were achieved in the assembly cell.</p> <p>As the results of the thesis, the company benefited from recognizing waste, developing the assembly cell and the instructions and gaining more knowledge of PPAP. The development measures made for the assembly improved the flow of the manufacturing process. The effects of the other development measures could not be estimated during the thesis.</p>		
Keywords/tags (subjects) reducing waste, Lean, current state mapping, value stream mapping, VSM, PPAP, working instructions		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Opinnäytetyön rajaus.....	3
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet.....	4
2	Toimeksiantaja Komax Oy	5
2.1	Toiminta	5
2.1.1	Koneistus	6
2.1.2	Hydrauliikka.....	7
2.1.3	Levypalvelu.....	8
2.1.4	Takomo.....	9
2.2	Historia	9
3	Käytetyt tutkimusmenetelmät	10
4	Nykytilan kuvaaminen	11
4.1	Prosessikuvaus	13
4.1.1	Koneistus	14
4.1.2	Tarkastus	18
4.1.3	Pesu	19
4.1.4	Kokoonpano	20
4.2	Investoinnin ja kasvun aiheuttamat muutokset työn aikana.....	21
5	Kokoonpano	22
5.1	Kokoonpanon toiminta.....	22
5.2	Kokoonpanotyöohje.....	23
6	Hukkien vähentäminen	24
7	Arvovirtakuvaus.....	31
7.1	Alumiinilaattojen arvovirtakuvaus	33
7.2	Arvovirtakuvauksen analysointi	34
8	PPAP - Production part approval process	35
9	Kehitysehdotukset ja työn tulokset	37
10	Tulosten tarkastelu	43
11	Pohdinta.....	44
	Lähteet	47
	Liitteet	48
	Liite 1 Arvovirran kuvaus.....	48

Liite 2 Arvovirran kuvaus uudella koneistuskeskuksella	49
Liite 3 Kokoonpano-ohje -malli	50

Kuviot

Kuvio 1 Kokoonpantu vaihteisto-, yhdys- ja voitelulaatta	3
Kuvio 2 Komas Oy:n liikevaihdon kehitys.....	6
Kuvio 3 Komas Oy:n historiaa.....	10
Kuvio 4 Yksinkertaistettu alumiinilaattojen prosessi- ja materiaalinkulkukaavio.....	13
Kuvio 5 Yhdet variaatiot koneistetuista yhdys-, vaihteisto- ja voitelulaatoista	15
Kuvio 6 "Vanha koneistuskeskus" Mazak FH-4800	15
Kuvio 7 "Uusi koneistuskeskus" Mazak Horizontal Center Nexus 6800-II	17
Kuvio 8 Kokoonpanosolun layout lähtötilanteessa	22
Kuvio 9 Kokoonpanon layout muutokset	40

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on yritykseen suoritettava kehitysprojekti sekä oman osaamisen testaamiseen ja kehittämiseen soveltuva työ. Toimeksiantajana opinnäytetyöllä oli Komas Oy, jossa kehitetään alumiinilaattojen tuotantoprosessia. Opinnäytetyössä pureudutaan asetettuihin tavoitteisiin nykytilan selvityksen ja Lean -toimintaperiaatteiden kautta, joita myös Komas Oy:ssä sovelletaan.

1.1 Opinnäytetyön rajaus

Alumiinilaatat on yleisnimitys, jolla tarkoitetaan 10 erilaista kokoonpantavaa laattamallia: vaihteistolaattoja, yhdyslaattoja ja voitelulaattoja. Jokaisesta laattamallista on 3-4 variaatiota, jotka eroavat toisistaan vain vähän. Tämä opinnäytetyö käsittelee laattojen tuotantoprosessia, joka on kaikilla alumiinilaatoilla lähes samanlainen.



Kuvio 1 Kokoonpantu vaihteisto-, yhdys- ja voitelulaatta

Vastaikään tehty investointi uuteen koneistuskeskukseen, jolla valmistetaan pääasiassa laattoja, kertoo, että laattatuotantoon halutaan panostaa ja se on tärkeä osa Komas Oy:n toimintaa, koneistus- ja hydraulikkayksiköissä. Työ pyrittiin rajaamaan tiukasti asetettuihin tavoitteisiin sekä Komas Oy:n tiloihin. Laattoihin liittyvää tarkastelua ei ulotettu asiakkaalle tai toimittajille asti.

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Yleistavoitteeksi opinnäytetyölle asetettiin alumiinilaattojen valmistusprosessin kehittäminen. Alumiinilaatoista tärkeän kehityskohteen teki niiden voimakkaasti kasvava kysyntä ja menekki, joiden vastaamiseen tuotantoprosessia oli kehitettävä. Lähtökohtaisesti volyymikasvu tuotti ongelmia eniten prosessin kokoonpanovaiheessa, koska juuri hankitulla koneistuskeskuksella pystytään riittävään tuotantovolyyymiin.

Alatavoitteita opinnäytetyölle asetettiin neljä:

- 1 Valmistusprosessin hukkien vähentäminen, joka liittyy tiiviisti Lean-toimintaan.
- 2 Laattojen kokoonpanopisteen työmenetelmien ja tilajärjestelyn kehittäminen. Kokoonpanossa suurimpana haasteena oli lähtökohtaisesti kasvava volyyymi.
- 3 Kokoonpanotyöohjeiden kehittäminen. Työohjeiden kehittäminen oli tärkeää, koska työn aloitushetkellä kokoonpanon hallitsi ainoastaan yksi työntekijä, jonka sairastuminen tai muu poissaolo olisi pysäyttänyt kokoonpanon lähes kokonaan. Alkujaan kokoonpano-ohjeena toimi osaluettelon tyylinen lista, jonka tilalle haluttiin sähköinen ja mahdollisimman yksinkertainen työohje, jonka avulla myös täysin uusi työntekijä pystyisi laattoja kokoamaan.
- 4 Systemaattisten laatudokumenttien (PPAP) tuomat hyödyt sekä mahdollinen toteuttaminen.

Nykytilan kartoitus toimi tärkeänä osana opinnäytetyötä, vaikkakaan liian tarkkaan nykytilaan ei perehdytty, koska työn tavoitteena oli kehittää tuotantoprosessia. Nykytilan kartoitus oli kuitenkin tärkeä suorittaa hyvin, jotta pystyttiin keskittymään oleellisimpiin kehityskohteisiin. Erityisesti ensimmäiseen alatavoitteeseen liittyen, nykytilan kartoituksen kautta hyödynnettiin arvovirtakuvausta (Lean -työkalu), jonka avulla pyrittiin havaitsemaan, missä vaiheessa laattojen valmistusprosessia eniten hukkaa esiintyy.

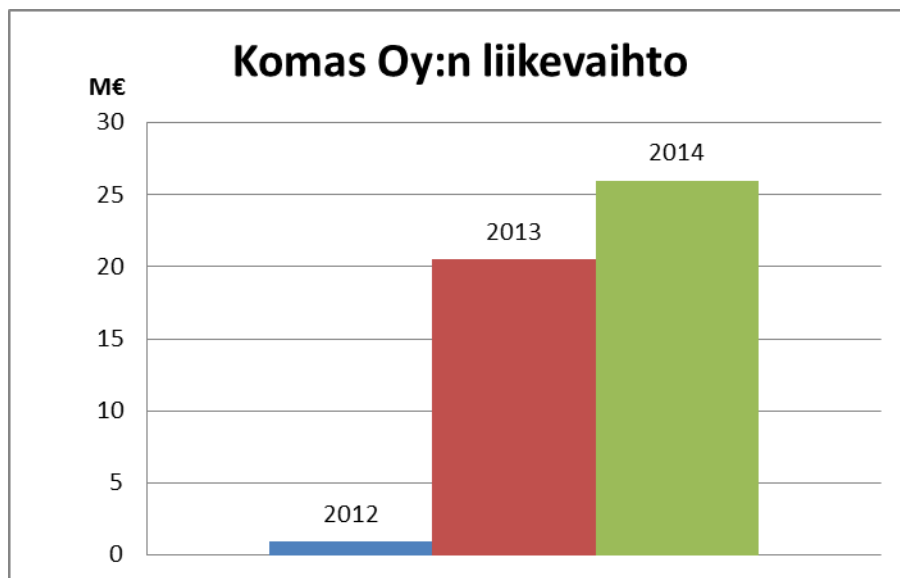
2 Toimeksiantaja Komas Oy

2.1 Toiminta

Komas Oy on metalliteollisuuden alihankintayritys/sopimusvalmistaja, joka valmistaa koneistettuja komponentteja, takeita, hydrauliiikkaputkia ja levyleikkeitä asiakkailleen. Komasa Oy:n toiminta on nykyisellään jakautunut viiteen eri yksikköön, jotka toimivat Jyväskylän alueella: Hydrauliiikka ja koneistus samassa rakennuksessa Yritystiellä, levypalvelu Leppävedellä sekä takomo Savelassa. Alumiinilaattojen valmistus toimii koneistus- ja hydrauliiikkayksiköissä. Viides yksikkö on tuoreen yrityskaupan myötä Kurikassa, entinen Fortaco Oy:n koneistusliiketoiminta. (Komas Oy 2015.)

Komas Oy noudattaa toiminnassaan ISO9001:2008 ja ISO14001:2004 laatu- ja ympäristöstandardien mukaisia ohjeita. Todisteena kyseisten standardien noudattamisesta Komasa Oy:llä on myös sertifikaatit. Lisäksi yrityksen toiminnassa sovelletaan Lean -toimintafilosofiaa. Tämä näkyy mm. jatkuvan parantamisen toiminnasta, jossa työntekijöitä rohkaistaan tuomaan havaitsemansa kehitysehdotukset esille.

Komas Oy:n pääomistajana toimii CapMan Oyj sijoitusrahastot. Loput yrityksestä on yksityishenkilöiden omistuksessa. Komas Oy:n ensimmäisien vuosien (2012 ja 2013) taloudellinen tulos olivat tappiollisia, mutta liikevaihdon voimakas kasvu (ks. kuvio 2) ja tappiollisen tuloksen pieneneminen sekä investoinnit viittaavat tilanteen parantumiseen. Vuonna 2014 Komas Oy:n liikevaihto oli 26 M€, joka on n. 30 % kasvu edellisvuoteen verrattuna. Erityisen suurta kasvua on tapahtunut koneistussyksikössä, jonka liikevaihto kasvoi jopa 70 %. Parantuneesta tilanteesta kertoo huhtikuussa 2015 tehty yrityskauppa, jossa Komas osti Fortaco Oy:n Kurikan koneistustoiminnan. Kauppa lisää yhtiön liikevaihtoa (n. 5 - 6 M€) sekä työntekijämäärää 36 henkilöllä. Jatkossa Komas Oy pyrkii n. 15 % vuosittaiseen kasvuun. (Komas Oy 2015, Taloussanomat 2013.)



Kuvio 2 Komas Oy:n liikevaihdon kehitys

2.1.1 Koneistus

Komas Oy:n koneistussyksikkö toimii 6500 m² toimitiloissa Jyväskylässä Yritystiellä. Koneistussyksikössä toimii n. 105 henkilöä (1.5.2015). Koneistuksessa valmistetaan asiakkaan vaatimusten mukaisia tuotteita yksittäisistä kappaleista sarjatuotantoon. Tuotteiden materiaali vaihtelee eri metallien kesken alumiinista valurautaan.

Koneistuksen yli 40 työstökoneen konekannalla pystytään valmistamaan tuotteita mm. seuraavilla menetelmillä:

- Sahaus
- Karusellisorvaus (\varnothing max. 2500 mm)
- Aarporaus (max. 2500 mm x 2000 mm)
- Hammastus (\varnothing 150 mm–1600 mm)
- Sorvaus (\varnothing max. 950 mm)
- Jyrsintä (2000 mm x 1000 mm)
- Hitsaus (TIG, MIG, MAG)
- Nostokapasiteetti (10 tn)

Laajan konekannan ansiosta myös tuotevariaatio on hyvin suuri. Valmistettavien tuotteiden rajoitukset:

- Akselimaiset kappaleet (\varnothing 3 mm–800 mm, pituus max. 3000 mm, paino max. 10 tn)
- Laippamaiset kappaleet (\varnothing max. 2500 mm)
- Rengasmaiset kappaleet (\varnothing max. 2500 mm, korkeus max. 1800 mm, paino max. 10 tn)
- Hammastetut kappaleet (\varnothing 150 mm – 1600 mm)
- Valutuotteet (sarjakoot 1–20 000)
- Alumiinituotteet (sarjakoot 1–20 000)
- Hydrauliikan lohkot (sarjakoot 1–20 000)

Lisäksi koneistusyksikön yhteydessä suoritetaan 3D-mittauksia sekä mittalaitetekalibrointeja. (Komas Oy 2014b.)

2.1.2 Hydrauliikka

Komas Oy:n hydrauliikkayksikkö toimii koneistuspuolen yhteydessä n. 40 (1.5.2015) henkilön voimin. Hydrauliikkapuolella valmistetaan sekä putkia että hydrauliikkakoonpanoja:

- Hydrauliiikkaputket
- Muut suorat ja taivutetut putket
- Hitsatut putket
- Juotettavat putket
- Kokoonpanoratkaisut

Hydrauliikan valmistusprosessit koostuvat sahauksesta, taivutuksesta, pesusta, liitinasennuksista sekä kokoonpanoista (Komas Oy 2014a.)

2.1.3 Levypalvelu

Leppävedellä toimiva Komas Oy:n levypalvelu toimii 3600 m² tiloissa ja työllistää n. 25 henkilöä. Yksikössä valmistetaan levyleikkeitä sekä -komponentteja. Levypalvelun valmistusmenetelmät:

- Kaasuleikkaus (työalueet 3,5 m x 13 m, levynvahvuus 10 mm–220 mm, myös suorat viisteet)
- Plasmaleikkaus (työalueet 4,1 m x 13 m, levynvahvuus 3 mm–30 mm, moderni viisteleikkausteknologia, oppiva 3D-mittaukseen perustuva leikkauskorkeudenseuranta)
- Sinkopuhdistus (levyt ja kappaleet max. 9 m x 2,5 m)
- Taivutus (puristusvoima 800 tn, särmäyspituus 6 m, esim. rakenneteräs S355, pituus 6 m, ainevahvuus 22 mm)
- Kattava työkaluvalikoima (palaterät koteloiden särmäykseen, erikoistyökalut kulutuslevyjien särmäykseen)
- Lämpökäsittely (60 kW uuni ø 2500 mm)
- Koneistus (1800 mm x 800 mm)
- Hitsaus

(Komas Oy 2014c.)

2.1.4 Takomo

Rautpohjassa toimivassa Komasa Oy:n takomoyksikössä valmistetaan takeita n. 15 henkilön voimin. Takomon tuotteet:

- Renkaat, kehät, kiekot ja muottitakeet
- Halkaisija \varnothing 500 mm–1600 mm
- Massa 200 kg–5000 kg
- Materiaalit:
 - hiiletysteräs 18CrNiMo7-6
 - nuorrutusteräs 42CrMo4
 - rakenneteräs S355J2

Takomossa käytettävät valmistusmenetelmät:

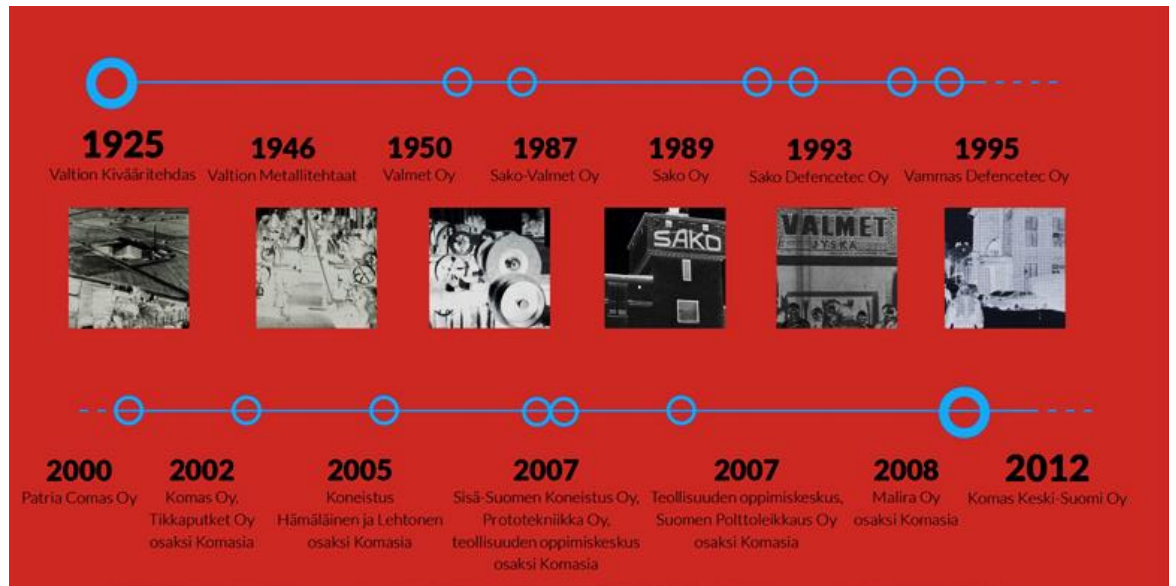
- Sahaus (\varnothing max. 800 mm)
- Kuumennus (3000 mm x 2200 mm)
- Taonta, puristimet (400 tn–2000 tn)
- Lämpökäsittely
- Koneistus
- NDT (ainetta rikkomaton testausmenetelmä)

(Komasa Oy 2014d.)

2.2 Historia

Nykyinen Komasa Oy on perustettu Jyväskylässä syksyllä 2012, kun aikaisemmin toiminut Komasa Oy jakautui Komasa Keski-Suomi Oy:ksi ja Fortaco Oy:ksi. Komasa Keski-Suomi Oy vaihtoi nimensä Komasa Oy:ksi syksyllä 2013.

Komasa Oy:n eri yksiköiden historia ulottuu pisimmillään vuoteen 1925 Valtion Kivääritehtaan toimintaan. Historiaan liittyy monia keskisuomalaisia metalliteollisuuden yrityksiä (**Virhe. Viitteen lähde ei löytenyt.** kuvio 3):



Kuvio 3 Komasa Oy:n historiaa

3 Käytetyt tutkimusmenetelmät

Tätä opinnäytetyötä voi pitää kehittämistutkimuksena, koska työn tavoitteet ovat prosessin kehittämisessä. Kehittämistutkimuksissa tunnistetaan ongelma, hankitaan tietoa, ongelmasta ja sen ratkaisemisesta, tehdään hankitun tiedon pohjalta johtopäätökset ja kehitysehdotukset sekä arvioidaan tutkimuksen tulosten toimivuutta. Kehittämistutkimuksessa paitsi kuvataan ja analysoidaan, jonkin prosessin tai toiminnon kulku, myös esitetään parempia toimintamalleja prosessiin liittyen. (Kananen 2012, 13–14, 44.)

Jotta kehittämistyötä voitaisiin tehdä, ovat ongelmat määriteltävä nykytilan kartoittamisen kautta. Nykytilan kuvaamiseen löytyy eri menetelmiä, kuten teoriapohjainen lähestyminen ja työntekijöiden haastattelu. Henkilöstön kanssa toimittaessa on pyrittävä sisällyttämään kaikki prosessin toimintaan osallistuvat henkilöt mukaan kehitystyöhön ja pyrkiä hyödyntämään työntekijöiden tietomäärää (myös ns. ”hiljainen tieto”). (Kananen 2012, 60–63.)

Tässä opinnäytetyössä käytettiin tutkimusmenetelminä haastatteluja, keskusteluja ja toiminnan tarkkailua, koska parhaiten prosessivaiheet tuntevat työntekijät ovat myös paras lähde prosessiin liittyvän tiedon hankintaan. Tämän työn nykytilan kuvaamisessa keskusteltiin työnjohdon sekä jokaisen prosessivaiheen työntekijöiden kanssa, jotta mielipiteitä olisi eri näkökulmista.

Haastatteluissa ja keskusteluissa esitetyt kysymykset pyrittiin sitomaan vahvasti prosessin ja sen tapahtumien parempaan ymmärtämiseen ja analysointiin. Tämän lisäksi tietoa hankittiin tutustumalla ja tutkimalla henkilökohtaisesti eri prosessivaiheita.

4 Nykytilan kuvaaminen

Nykytilan kuvaaminen on tärkeää ennen yrityksen toimintaan liittyvien muutosten ja strategisten muutosten päättämistä. Nykytilan kuvaaminen voidaan tehdä koko yrityksen kattavasti tai pienempiin yksiköihin liittyen riippuen, mihin kehitystyö liittyy. Kohteesta riippuen nykytilan kuvaus on rajattava siten, että kehityskohteeseen liittymättömät toiminnot/tekijät jätetään huomioimatta. Näin saadaan kuvattua kyseisen prosessin, toiminnon yms. toiminta mahdollisimman tehokkaasti ja tarkasti. Lisäksi oleellisen tiedon poimiminen kuvauksesta on helpompaa. (Kananen 2012, 54–62.)

Nykytilan kuvaamisella on tarkoitus selvittää, mikä on tuotannon suorituskyky ja miten yrityksen asettamiin kehitystavoitteisiin voidaan päästä. Sen avulla on mahdollista löytää käyttämättömiä kehitysmahdollisuuksia ja arvioimaan, miten hyvin aikaisemmat investoinnit on pystytty hyödyntämään. Tämän avulla pystytään helpommin arvioimaan tarvitaanko tavoitteisiin pääsemiseen lisäinvestointeja, vai onko mahdollisuus tehostaa nykyistä toimintaa. Ongelmana nykyisen toiminnan kehittämisessä on, että nykyiseen toimintaan on totuttu ja ratkaisuja etsitään siksi mahdollisimman läheltä nykyistä toimintamallia. (Ruohomäki ym. 2011, 19, 25, 44.)

Selvitystyötä kannattaa tehdä tuotannosta ja työvaiheista vastaavien henkilöiden kanssa, jotka tuntevat prosessin ja siihen liittyvät ongelmat parhaiten. Nykytilan selvityksen alussa on tärkeää kerätä prosessiin liittyviä oleellisia lähtötietoja. Tällaisia ovat esimerkiksi tuotevariaatiot, työvaiheet, eräkoot, läpimenoajat, tuotantomäärät, työvaiheiden kapasiteetti jne.. (Ruohomäki ym. 2011, 44 - 45.)

Ilman lähtötietojen keräämistä on vaarana, että pureudutaan väriin asioihin tai jotain oleellista jää huomaamatta. Puutteellisten tai vanhentuneiden tietojen pohjalta prosessin totuuden mukainen kuvaaminen ja ongelmakohtien havainnointi vaikeutuu. Parhaimmillaan lähtötiedoista voi suoraan havaita prosessin kehityskohteita. Lähtötietoja on myös helppo verrata asetettuihin tavoitteisiin, jolloin voidaan havaita kehitystarpeen suuruus. (Ruohomäki ym. 2011, 44 - 45.)

Ydinkysymyksiä perinteisessä nykytila-analyysissä ovat mm.:

- Mikä on tuotannon merkitys yrityksen kilpailukyvyssä nyt ja tulevaisuudessa?
- Miten hyvin nykyisen tuotannon suorituskyky ja käyttämättömät resurssit tunnetaan?
- Mikä on tuotannon kriittistä osaamista, josta on pidettävä kiinni ja mahdollisesti panostettava sen kehittämiseen?
- Löytyykö tuotantotapoihin teknologisia kehitysmahdollisuuksia?

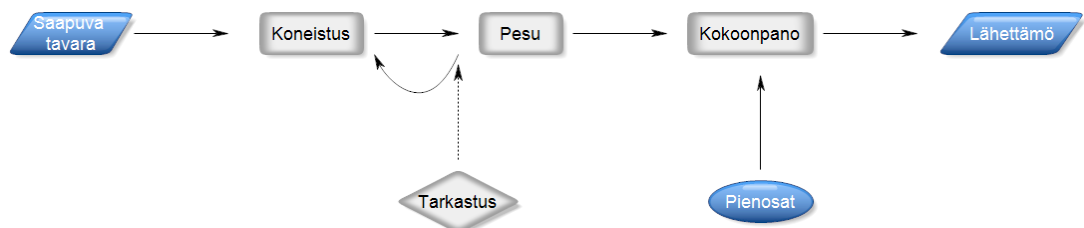
(Ruohomäki ym. 2011, 44.)

Tässä opinnäytetyössä haastavuutta nykytilan kuvaamiseen lisäsi se, että vaihteistolaattojen valmistusprosessi oli voimakkaassa muutostilassa koko kevään ajan. Tilaus- ja tuotantomäärät kasvoivat sekä koneistukseen hankittiin uusi koneistuskeskus, jota otettiin kevään aikana käyttöön. Uuden koneistuskeskuksen tuotantomäärät ovat merkittävästi vanhaa suuremmat, mutta todellisten määrien ja koneistusaikojen arvioiminen ennen varsinaista, täydellä teholla tehtyä, tuotantoajoa on haastavaa ja epävarmaa. Tämän takia nykytilanalyysi on tehty pääasiassa vanhan koneistusprosessin pohjalta. Kuitenkin, koska koneistukseen oli jo tehty investointi, oli

arvioitava myös uudella koneistuskeskuksella tehtävää koneistusta, jotta löydettäisiin helpommin myös muutoksen jälkeiset pullonkaulat.

4.1 Prosessikuvaus

Opinnäytetyöhön tehty nykytilan kuvaaminen tehtiin alumiinilaattojen valmistusprosessiin liittyen. Komas Oy:ssä laattoihin tehdään koneistus, pesu sekä kokoonpano. Laatoille suoritetaan ennen pesua tarkastus jäysteiden varalta. Tarvittaessa laatat palautetaan takaisin koneistuspisteelle, kunnes laatuvaatimukset täyttyvät. Pesun jälkeen laatat siirtyvät kokoonpanoon. Laattoihin kiinnitettävät hydrauliiikka-komponentit ovat pääasiassa osto-osia. Komas Oy:ssä valmistettavia komponentteja on 6 kpl. Kokoonpano sisältää myös pienosien esikokoonpanojen tekemistä, kuten tulppien rengastamista tiivisterenkailla. Esikokoonpanoja on tehty, kun ne ovat loppuneet tai laattaerä on saatu valmiiksi, eikä seuraavan erän aloittaminen olisi enää järkevää. Kokoonpanossa suoritetaan myös pakkaus, jossa kootut laatat pussitetaan tarvikkeineen sekä laitetaan kauluksellisille kuormalavoille (pienlavoille tai EUR.-lavoille riippuen toimituserän koosta). (Tarkemmat prosessivaiheiden kuvaukset raportissa myöhemmin.)



Kuvio 4 Yksinkertaistettu alumiinilaattojen prosessi- ja materiaalinkulukaavio

Laatoille ei ole tuotantoprosessin aikana välivarastoja, vaan ne siirretään seuraavaan prosessivaiheeseen mahdollisimman nopeasti, kun kaikki erän laatat ovat valmiita. Sijainniltaan (tuotantotiloissa) prosessinvaiheet ovat melko kaukana toisistaan (ei näköyhteyttä), joten laattojen siirto seuraavaan prosessinvaiheeseen voisi olla sujuvampaa. Työpisteiden siirtäminen ei ole täysien tuotantotilojen takia järkevää.

Laatat valmistetaan pursotetusta alumiinista (EN AW-6026), joten suuria ongelmia esimerkiksi työkalujen kulumisesta ei tule. Materiaalin ominaisuuksia ovat mm. hyvä koneistettavuus, korkea lujuus ja hyvä korroosion kesto. Alumiini materiaalina ei aiheuta ongelmia missään prosessinvaiheessa. Aikaisemmin hieman vastaavia laattoja on valmistettu valuraudasta, joten keveyden ja työstettävyyden kannalta alumiini lienee prosessiin ja käyttökohteeseen soveltuvampi. (Aalco 2015.)

Laattojen kysyntä (mennyt ja ennustettu) jakautuu melko tasaisesti vaihteisto-, voitelu- ja yhdyslaattojen kesken, joista jokaisesta on yksi kokoonpanomalli, jonka kysyntä on selkeästi muita variaatioita suurempaa. Yhdys- ja vaihteistolaatoissa variaatiot poikkeavat toisistaan vain joidenkin komponenttien osalta. Voitelulaattojen variaatioissa myös koneistetut laatat ovat keskenään hieman erilaisia.

Toiminnanohjaus työpisteillä tapahtuu pääasiassa työkorttien avulla. Laatat, joiden toimitusaika on lähimpänä tai jotka ovat muuten kiireellisempiä, ovat tuotantojärjestyksessä etusijalla. Haastattelujen perusteella tiedonkulussa on ollut suhteellisen vähän ongelmia, joten työkorttisysteemi ja henkilökohtainen keskustelu työnjohdon kanssa muutos- tai poikkeustilanteissa on toiminut melko hyvin.

Prosessin vaiheista koneistus toimii kolmessa vuorossa ja tarkastus, pesu sekä kokoonpano yhdessä vuorossa. Koneistus on selkeästi työvaiheista hitain, joten suurta KET -varastoa ei koneistuksen jälkeen ehdi syntyä. Illan ja yön aikana koneistetut laatat ehditään yleensä tarkastaa, pestä ja kokoonpanna yhden vuoron aikana.

Lähtötilanteen mukaisella toiminnalla tuotantomäärät olivat lähellä kapasiteetin ylärajaa (noin 800 kpl/kk). Paikoitellen kokoonpano vaiheessa jouduttiin tekemään ylitöitä, jotta laatat saatiin toimitettua ajoissa. Koska tilausmäärät kasvavat, on prosessia kehitettävä suuremman tuotantovolyymien saavuttamiseksi.

4.1.1 Koneistus

Laattoja valmistetaan koneistuskeskuksella kolmessa vuorossa. Laattojen koneistuksia on kuutta erimallista (yhdyslaatta, vaihteistolaatta, kolme erilaista voitelulaattaa

sekä yksi ainoastaan koneistettava laattamalli), jotka koneistetaan kuudesta eri aiheista. Aihiot säilytetään saapuvan tavaran varastossa, josta koneistaja hakee laattoja tarpeen mukaan.



Kuvio 5 Yhdet variaatiot koneistetuista yhdys-, vaihteisto- ja voitelulaatoista

Koneistus on tehtävä kahdessa vaiheessa, koska laatat on koneistettava kahdella kiinnityksellä. Siksi koneistuskeskuksen paletteihin kiinnitetään aihio sekä jo toiselta puolelta koneistettu laatta, jolloin yhden ohjelmakierron aikana valmistuu yksi täysin koneistettu laatta. Vanhalla koneistuskeskuksella (Mazak FH-4800, kuva 4)



Kuvio 6 "Vanha koneistuskeskus" Mazak FH-4800

paletteissa (näky heikosti kuvassa vasemman luukun takana) voidaan työstää yhtä aihiota sekä yhtä toisen vaiheen laattaa.

Koneistus koostuu jyrinnästä, porauksesta ja kierteityksestä, jotka suoritetaan samassa koneistuskeskuksessa kahdessa vaiheessa. Koneistus tapahtuu kahdessa kierrossa, koska laatat joudutaan koneistamaan kahdella kiinnityksellä. Koneistuspro-

sessin työstövaiheiden tarkempi läpikäynti ei ollut opinnäytetyön kannalta tarkoituksenmukaista.

Koneistuksen aikana asetetaan seuraavaan palettiin laatat valmiiksi sekä poistetaan edellisen ohjelmakierron aikana valmistuneesta laatasta jäysteet. Koneistusvaiheen loputtua aloitetaan saman tien seuraavan paletin laattojen koneistus. Näin koneen seisonta-aika on minimissään ja asetus- sekä vaihtoajat hidastavat tuotantoa mahdollisimman vähän (paitsi taukojen jälkeen). Sama käytäntö on sekä vanhalla että uudella koneistuskeskuksella.

Vanhalla koneistuskeskuksella laattoja valmistuu yhdellä ohjelmakierrolla yksi täysin koneistettu laatta, sekä yksi ensimmäisen koneistusvaiheen laatta. Yhden ohjelmakierron kesto on keskimäärin noin 40 min, laatan vaihto-aika noin 5 min sekä asetus-aika eri laattamallien välillä noin 5 - 10 min. Työkaluvaihtoja tarvitaan harvoin, koska työkalupaikkoja koneistuskeskuksessa on 120 kpl, joka riittää hyvin laattojen valmistukseen. Kulumisen johdosta tehtäviä työkaluvaihtoja ei juurikaan tarvita, koska laatat valmistetaan alumiinista. Koneistuksen aikana koneistaja ehtii suorittaa jäysteiden poiston (5 - 15 min).

Ongelmana vanhalla koneella on tuotantomäärien kasvaessa ylikuormittuminen, jonka takia koneen huoltaminen (esim. lastuamismesteiden lisäys ja lastujen tyhjenys) on vaikeutunut. Uuden koneistuskeskuksen käyttöönotto kuitenkin helpottaa tilannetta. Aihoiden kanssa on jouduttu olemaan tarkkana, koska ne ovat ajoittain olleet hieman kuperia, jolloin koneistustarkkuus kärsii ja kiinnitys on tehtävä erittäin huolellisesti.

Ennen opinnäytetyön aloitusta koneistusprosessiin oli tehty merkittävä investointi uuden koneistuskeskuksen muodossa. Uuden Mazak Horizontal Center Nexus 6800-II (vaakakarainen koneistuskeskus, johon yhdistetty Mazak Pallettech Manufacturing cell, johon sopii kuusi palettia) koneistuskeskuksen on tarkoitus keskittyä pääasiassa alumiinilaattojen valmistukseen. Tällöin vanha koneistuskeskus olisi alumiinilaatto-

jen koneistuksessa varakoneena. (Komas Oy 2014e.)



Kuvio 7 "Uusi koneistuskeskus" Mazak Horizontal Center Nexus 6800-II

Uuden koneistuskeskuksen tiedot ovat arvioita, koska laattoja ei opinnäytetyön aikana ehditty ajamaan vielä täydellä teholla. Opinnäytetyön aikana uuden koneistuskeskuksen paletteja (yhdy-, vaihteisto- ja voitelulaatoilla eri paletit) ei ollut saatu vielä täysin valmiiksi, mutta niihin on tarkoitus mahtua 8+8 (8 kpl ensimmäisen vaiheen koneistuksia ja 8 kpl toisen vaiheen koneistuksia) yhdys- ja voitelulaattaa sekä 16+16 vaihteistolaattaa. Valmiita laattoja on siis suunniteltu valmistuvan yhden ohjelmakierron aikana 8 tai 16 kpl.

Uudessa koneistuskeskuksessa on 160 työkalupaikkaa, jotka riittävät laattojen koneistukseen, joten työkaluvaihtoja tarvittaneen ainoastaan kulumisen takia (erittäin harvoin). Arvioitu yhden ohjelmakierron koneistusaika on noin 40–55 min laatasta riippuen. Vanhaan koneeseen verrattuna tuotantomäärät ovat joka tapauksessa moninkertaiset.

Koska koneistusohjelmassa "samaan reikään" kohdistuu paikoin monia vaiheita, tilattiin kevään aikana koneistukseen muotoporia. Ne vähentävät koneistusvaiheita,

koska voidaan porata monimutkainen (esimerkiksi reiän muuttuva halkaisija) reikä yhdellä tai kahdella porauksella aiemman esim. 5 porauksen sijaan. Arvioituna muotoporat voisivat vähentävät koneistuksen läpimenoaikaa noin 5 min. Todennäköisesti myös muutamia työkalupaikkoja vapautuu.

Ongelmia uudella koneistuskeskuksella voi tulla siinä, miten hyvin jäysteet ehditään poistamaan ohjelmakierron aikana. Jos noin 50 min ohjelmakierron aikana on hoidettava seuraava paletti valmiiksi sekä poistettava jäysteet 16 laatasta, jokaista laatata ei pysty huolellisesti läpikäymään.

4.1.2 Tarkastus

Tarkastuksessa tarkastetaan, ettei laattoihin ole koneistuksen jälkeen jäänyt jäysteitä. Tarkastus suoritetaan silmämääräisesti sekä tunnustelemalla. Jokaisesta laattaerästä tarkastetaan vähintään muutama ensimmäinen laatta. Jos jäysteitä löytyy, tarkastetaan kaikki erän laatat ja puutteelliset palautetaan takaisin koneistukseen jäysteiden poistoon.

Tarkastus suoritetaan ennen pesua, joko pesupisteellä tai mittaus-/kalibrointipisteellä. Tarkastus toimii normaalisti yhdessä vuorossa, jossa kolme eri työntekijää on tarkastanut laattoja.

Jäysteiden poistossa oli opinnäytetyön aikana jonkin verran puutteita, mutta kun tuote tuli tutummaksi ja asiaan paneuduttiin, on koneistukseen palautettavia laattoja ollut erittäin harvoin. Laatat on kuitenkin tärkeä tarkistaa, koska jos jäysteet huomataan vasta kokoonpanovaiheessa (kokoonpano ei välttämättä onnistu, jos laattoihin jää jäysteitä) on laatoille tehty jo turhaa hukkatyötä. Tämän lisäksi halutaan varmistaa, että laatat ovat asiakkaan vaatimalla ja Komasin lupaamalla tasolla.

4.1.3 Pesu

Pesuprosessia tehdään yhdessä vuorossa pääasiassa yhden työntekijän voimin. Tämä työntekijä tavallisesti hakee laatat koneistuksesta, jonka jälkeen laatat tarkistetaan ja lopulta pestään. Lisäksi pesun jälkeen pesutyöntekijä vie laatat kokoonpanopisteelle.

Laatat pestään Finnsonic -ultraäänipesukoneella, ultraäänipesuun soveltuvalla pesuaineella (Pilotech Ultra V). Pesukone ja -prosessi sisältävät neljä pesuvaihetta: pesu, vesihuuhtelu, ruostesuojahuuhtelu ja kuivaus. Näistä laatoille suoritetaan muut paitsi ruostesuojahuuhtelu, koska laatat ovat alumiinisia. Ultraäänipesukone on ainut Komaksen koneistus- ja hydraulikkayksikössä, joten sillä pestään myös muita tuotteita.

Pestävät kappaleet pestään häkeissä, jotka kiertävät pesuprosessin vaihe vaiheelta eteenpäin. Yhteen vaiheeseen sopii kerralla yksi häkki ja koneeseen yhtäaikaisesti maksimissaan kuusi häkkiä. Laattoja häkeissä voidaan pestä 4-5 kpl, riippuen mitä laattaa käsitellään. Yhtäaikaisesti pesussa voi siis olla 30 laattaa.

Pesuprosessi on siinä määrin automatisoitu, että työntekijän tehtäväksi, laattojen siirtelyn lisäksi, jää pesuohjelman valinta, häkkien täyttö ja tyhjennys, sekä lopuksi paineilmalla kuivaaminen.

Alumiinilaattojen pesuprosessi:

- Vaihe 1: Pesu pesuaineella ja noin 70 °C vedellä, kesto 150 s, valutus 20 s
- Vaihe 2: Vesihuuhtelu noin 70 °C vedellä, kesto 150 s, valutus 20 s
- Vaihe 3: Odotus ruostesuojahuuhtelun kohdalla
- Vaihe 4: Kuivaus uunissa noin 122 °C, kesto 100 s
 - Koneen ulkopuolella paineilmalla kuivaksi puhaltaminen

Koneessa ei ole mahdollisuutta siirtää häkkeitä yhden vaiheen yli, joten laattojen pesussa tulee turhaa odottelua ruostesuojahuuhtelu -altaan kohdalla. Pesuprosessin ajan kone liikuttaa häkkeitä ”ylös - alas” liikettä, jonka ideana on tehostaa pesuveden virtausta ja valumista myös laattoihin koneistettuihin reikiin. Laatat siirtyvät seuraavaan vaiheeseen aina yhtä aikaa, hitaimman vaiheajan mukaan (170 s). Yhteensä pesuprosessi kestää häkkeitä kohden keskimäärin noin 20 min ja esimerkiksi 6 hakin (24–30 laattaa) pesu noin 30 min.

Tavallisesti laattojen haku koneistuksesta ja siirtäminen eteenpäin kokoonpanoon on pesupisteen työntekijän tehtävä. Pesun jälkeen laatat asetellaan lavalle (aikaisemmin puulava, keväällä vaihdettiin muovisiin) ja viedään kokoonpanopisteelle. Tähän mennessä pesupisteessä ei ole laattojen osalta ollut kovin suurta ongelmaa. On kuitenkin oletettavissa, että laattamäärien kasvaessa on pesupisteellä siirryttävä kahteen vuoroon.

4.1.4 Kokoonpano

Kokoonpanoa tehtiin opinnäytetyön alussa yhdessä vuorossa yhden työntekijän voimin. Tarvittaessa käytettiin ylitöitä ja toista työntekijää. Kokoonpanoprosessissa laattoihin kiinnitetään hydraulikkakomponentteja, kuten tulppia, venttiilejä ja liittimiä. Eri pienosia laattoihin menee yli 50 kpl, joista osa menee pelkästään tiettyihin laattakokoonpanoihin ja osa kaikkiin tai lähes kaikkiin laattoihin.

Kokoonpano tapahtuu yhden työpöydän ääressä, jonka vieressä on pienosien varastohylly. Osat kiinnitetään momenttiavaimella tai paineilmakäyttöisellä pulttipyssyllä, joita molempia on muutama kappale. Osien momentit vaihtelevat ja niiden kiristämiseen joutuu käyttämään monia eri hylsyjä, joten työkalujen säätämisen kanssa kuluu jonkin verran aikaa. Yhden laatan kokoonpanon kesto vaihtelee laattavariaatiosta riippuen noin 12 min - noin 35 min. Laattojen kokoonpano tehdään kaikkiin erän laattoihin samalla kertaa, jolloin työkalunvaihtoja ja muuta siirtelyä on vähemmän.

Viidestä kokoonpanoon tulevasta laattamallista tehdään 10 erilaista kokoonpanoa, joista neljä on yhdyslaattoja, kolme vaihteistolaattoja ja kolme voitelulaattaa. Saman laatan kokoonpanovariaatiot ovat keskenään hyvin samanlaisia; tavallisesti eroa on yhden komponentin verran. Jokaiseen laattaan tulostetaan lopuksi viivakoodillinen tarra, johon on kirjattu laattojen tietoja ja valmistuspäivä.

Kokoonpanossa tehdään myös esikokoonpanoja (mm. tulppien rengastuksia) sekä kokoonpantujen laattojen pakkaus. Pakkauksessa laatat pussitetaan (irtonaisien) pienosatarvikkeiden kanssa ja laitetaan kauluksellisille puulavoille. Pakkauksen jälkeen lavat leimataan ja viedään lähettämöön, josta ne yleensä kuljetetaan saman päivän aikana asiakkaalle.

4.2 Investoinnin ja kasvun aiheuttamat muutokset työn aikana

Uuden koneistuskeskuksen hankinta ja voimakkaasti kasvavat tuotantomäärät aiheuttavat prosessissa muutoksia. Tilausmäärät ovat kasvaneet kuukausittaisesta noin 800 kpl:sta noin 1400 kpl:seen. 1400 kpl toimittaminen vaatii uuden koneistuskeskuksen käyttöönoton lisäksi kokoonpanoon toisen tuotantosolun sekä tarkastuksen, pesun ja kokoonpanon siirtämistä kahteen vuoroon.

Uuden koneistuskeskuksen myötä alumiinilaattoja pystytään koneistamaan moninkertainen määrä lähtötilanteeseen verrattuna. Tämän takia prosessin tasapainottaminen muiden vaiheiden käytettävyyttä lisäämällä on välttämätöntä, jotta koneistuksen kehityksestä voidaan hyötyä eikä sen jälkeinen puskurivarasto kasva liian suureksi. Kasvusta johtuen kokoonpanon työntekijämäärää kasvatettiin portaittain yhdestä neljään.

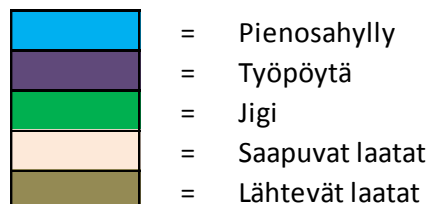
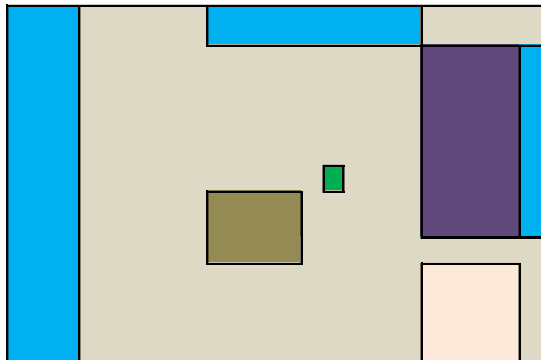
5 Kokoonpano

Yksi tämän opinnäytetyön tavoitteista oli kokoonpanon (-solun ja sen toiminnan) kehittäminen. Kokoonpanoprosessin suurimmat ongelmat lähtötilanteessa olivat kasvavat tuotantomäärät, heikot kokoonpano-ohjeet sekä osaavien työntekijöiden puute.

Kokoonpanoon liittyviä ongelmia ja tietoja havainnoitiin haastattelemalla, seuraamalla sivusta ja laatimalla työohjetta. Kokoonpanoon liittyvässä ideoinnissa oli tiivistä yhteistyötä työntekijän (myöhemmin työntekijöiden) kanssa.

5.1 Kokoonpanon toiminta

Kokoonpanossa oli opinnäytetyön alusta lähtien ajatuksena muodostaa toinen kokoonpanosolu ensimmäisen (ks. kuvio 8) lisäksi, koska yhdellä työpöydällä tuotantomäärät eivät tulisi riittämään. Vaihtoehtoina oli mm. samanlaisen solun kopioiminen, esi- ja loppukokoonpano sekä solujen räätälöinti tietyille laatoille.



Kuvio 8 Kokoonpanosolun layout lähtötilanteessa

Lähtötilanteessa laattojen kokoonpanoa tehtiin yhdellä työpöydällä. Kokoonpanossa tarvittavista komponenteista ja osista eniten tarvittut olivat työpöydän yhteydes-

sä olevilla varastopaikoilla, loput vieressä olevassa varastohyllyssä ja täydennystä varten varastohylly solun vieressä. Sovittuja lavapaikkoja saapuville ja lähteville laattoille ei ollut, mutta tavallisesti lavoja pidettiin kuvion 8 osoittamilla paikoilla.

Kokoonpanossa käytettävää jigiiä tarvitaan ainoastaan voitelulaattojen kokoonpanossa, jossa laattaa on voitava kääntää ja kallistaa mm. tiivisterenkaiden asennusta varten. Yhdyslaattojen kokoonpanossa riittää, että laatan saa kiinnitettyä paikoilleen komponenttien kiristämisen helpottamiseksi. Vaihteistolaatoille jigiiä ei tarvita lainkaan, vaan ne kokoonpannaan kokonaan työpöydällä.

Voitelu- ja vaihteistolaattojen kesken kokoonpanon kuormitus (laattojen määrä x kokoonpanon kesto) jakaantuivat ennustettujen tilausten mukaan melko tasan. Yhdyslaattojen kuormitus oli hieman pienempi. Jokaisesta laattatyypistä oli yksi variaatio, jonka tilausmäärät olivat selkeästi muita variaatioita suuremmat.

Kokoonpanoa teki lähtötilanteessa ainoastaan yksi työntekijä. Tämän takia oli selvítettävä tarvittavaa työntekijämäärää ja työvuororatkaisuja. Kokoonpanotyöntekijöiden tehtäviin kuuluu myös esikokoonpano ja pakkaus, joiden toteutusta oli myös mietittävä.

5.2 Kokoonpanotyöohje

Osana kokoonpanon kehittämistä, oli tavoitteena kehittää kokoonpanotyöohjeista helpompia ja selkeämpiä käyttää. Lähtötilanteessa kokoonpanotyöohjeet olivat lähinnä asiakkaalta saatu osaluettelo, johon osat oli järjestetty mahdollisesti asennusjärjestykseen. Lisäksi osien yhteydessä oli esimerkiksi momentti, johon osa kiristetään tai muuta tietoa, kuten käytetäänkö asennuksen yhteydessä liimaa.

Tavoitteena oli muodostaa kokoonpano-ohjeista selkeät ja yksiselitteiset, jotta ohjeita seuraamalla valmistuvat tuotteet olisivat työntekijästä riippumatta samanlaiset. Kokoonpano-ohjeen oli myös oltava sellainen, että työntekijä, jolle laattojen kokoonpano on ennestään vieras prosessi, pystyisi suoriutumaan kokoonpanopro-

sessista vain pienellä avustuksella. Lisäksi ohjeen toteutuksessa haluttiin selvittää digitaalisen ohjeen mahdollisuutta. Toiveissa oli toteuttaa ohje myös siten, että samankaltaista ohjetta voisi soveltaa myös muihin yrityksen kokoonpanoprosesseihin.

Työohjeet päätettiin tehdä digitaalisesti, jonka toteutukseen sopivaksi ohjelmaksi valikoitui Microsoft PowerPoint, koska se on monille melko tuttu ohjelmisto ja sillä oli mahdollista toteuttaa ohjeeseen liittyviä ideoita. Ajatuksena oli muodostaa PowerPoint-ohjelmistolla työohjeista diaesitys, jossa yhdellä dialla on yhden kokoonpano työvaiheen ohje. Kaikkien laattojen ohjeet päätettiin sijoittaa samaan tiedostoon/diaesitykseen, jotta oikean tiedoston löytäminen olisi varmaa ja helpompaa.

6 Hukkien vähentäminen

Lean -ajattelu tähtää ideaalin toimintatavan löytämiseen ja hyödyntämiseen. Ideaalina toimintana, Lean -määrittelyn mukaan, pidetään täysin hukatonta, laadultaan ideaalia ja asiakastoiveet täysin täyttävää toimintaa. Lean -ajattelussa on oleellista ensisijaisesti selvittää ideaalitoiminta, johon pyritään. Vasta tämän jälkeen, selvitetään mitä työkaluja ja keinoja ideaalitilaan pääsemiseen tarvitaan. Lean -toiminnassa hukkien vähentämiseen ja prosessin kehittämiseen tähtäviä toimia on tehtävä jatkuvasti, koska yksittäisellä toimenpiteellä saadaan todennäköisesti vain yksi hukkatointa poistettua. (Bicheno ym. 2009, 4.)

Hukkien vähentäminen on yksi Lean -ajattelun pääideoista. Hukassa on ennen kaikkea kyse siitä, että asiakas ei ole valmis maksamaan jostakin toiminnasta, jolloin se on yritykselle ylimääräistä työtä. Hukat on tunnistettava asiakkaan näkökulmasta. Esimerkiksi varastointi, joka Lean -ajattelussa normaalisti koetaan hukkatointana, ei välttämättä ole hukkaa, jos se johtaa parempaan toimitusvarmuuteen ja toimitusaikoihin, mistä asiakas on valmis maksamaan. (Bicheno ym. 2009, 20.)

Erityisen tärkeää on pystyä tunnistamaan arvoa tuottamatonta toimintaa eli hukkaa. Jos hukkaa on vaikeaa havaita, on pyrittävä arvoa tuottavan työn tunnistamiseen. Muu

toiminta on hukkaa. Hukkaa on helpompi havaita, kun prosessiin paneudutaan ja tehdään esimerkiksi yksi esimerkki kappale tai tuotantoerä, jonka jokaista vaihetta arvioidaan kriittisesti. On pystyttävä arvioimaan toimintaa kriittisesti, vaikka ”näin on ennenkin tehty”. (Tuominen 2010a, 86–87.)

Hukan tunnistamisen ja vähentämisen lisäksi on tärkeää ennaltaehkäistä hukan syntymistä. Tämä tapahtuu esimerkiksi uuden toiminnon kohdalla siten, että mietitään miksi toiminto tehdään (onko tarpeellinen) ja miten tehdään (onko keino paras mahdollinen). Muita keinoja hukan ennaltaehkäisyyn on hyvin toimivien toimintojen standardisointi, hukan tunnistamis- ja vähentämiskeinojen jatkuva parantaminen sekä hukan tekeminen mahdollisimman näkyväksi. (Tuominen 2010a, 86–87)

Lean -ajattelussa hukan aiheuttajat jaetaan kolmeen ryhmään Muda, Muri ja Mura. Muda on Lean -ajattelun kautta toimivissa yrityksissä tunnetuin ja käytetyin hukan muoto. Muda eli arvoa tuottamatonta työtä jaetaan usein seitsemään osaan (Bicheno ym. 2009, 5, 20.):

1. **Ylituotanto** on tarpeettoman, ylimääräisen ja ennenaikaisen tuottamista. Eli valmistetaan tuotteita tai osia, joille ei ole tilausta. Ylituotanto aiheuttaa mm. tuotannon virtauksen ja joustavuuden heikkenemistä (suurien tuotantomäärien takia), komponenttien ja materiaalien ennenaikaista ostoa sekä varastoinnin lisääntymistä. Mahdollisia syitä ylituotannolle voi olla mm.:
 - Heikko tuotannosuunnittelu
 - Tuotteiden valmistus ennen tarvetta tai suurissa erissä
 - Varmuuden vuoksi valmistus
 - Pitkät asetus- ja vaihtoajat
 - Konekapasiteetti, jota työllistetään ilman tarvetta
 - Ongelmat tuotannon tasapainottamisessa

Ylituotantoa voidaan ehkäistä Lean -periaatteiden mukaisesti mm. kehittämällä tuotannonohjausta, vähentämällä tuotannon epätasapainoa ja pienemmällä eräkokoilla. (Tuominen 2010b, 16 - 17, Borris 2012, 138–139.)

2. **Odottaminen** on tuotantoprosesseissa työntekijän odottamista, koneen odottamista tai työkappaleiden odottamista. Kone odottaa työntekijän suoritusta, työntekijä koneen suoritusta tai työkappale pääsyä seuraavaan prosessin vaiheeseen. Odotuksen tyyppejä ja syitä voi olla mm.:

- Materiaali odottaa koneelle pääsyä
 - prosessin epätasapaino
 - koneella tehtävät työt
- Prosessi odottaa materiaalia
 - Viivästynyt toimitus
 - Laatu- tai suunnitteluvirhe
 - Konerikko
- Prosessi odottaa työntekijää
 - Alimiehitys (työntekijä muissa tehtävissä)
 - Tautot ja poissaolot
 - Osaamista vain tietyllä (tai tietyillä) työntekijällä
- Työpisteet erillään
 - Yksittäisten kappaleiden siirto eteenpäin ei järkevää
 - Tiedonkulku ongelmat
- Massatuotantomenetelmät
 - Suuremmat eräkoot - lisää odotusta
- Pitkät asetus- ja vaihtoajat
- Työvaiheiden epätasapaino
 - Pullonkaulat

Odottamista voidaan välttää ja vähentää esimerkiksi tasapainottamalla tuotantoa, varmistamalla koneiden riittävän kapasiteetin, huolehtimalla kunnossapidosta ja monipuolistamalla työntekijöiden ammattitaitoa. (Tuominen 2010b, 31 - 33, Borris 2012, 138.)

3. **Kuljetukset** ovat hukkaa, koska kaikki ylimääräinen materiaalin, komponenttien, osien yms. siirtely ei nosta tuotteen arvoa. Varastointi lisää aina kuljetuksia. Kuljetuksia joudutaan tekemään, koska:

- Tuotannossa on pitkät etäisyydet

- Tuotantokoneet kaukana toisistaan tai väärässä järjestyksessä
- Materiaalin siirtäminen pois edestä
- Ulkotiloissa siirretään pois sateesta tai lumesta
- Materiaalin siirtämistä hyllyille ja niiltä pois

Kuljetuksia voidaan välttää mm. U-muotoisella valmistuslinjalla (etäisyydet minimiin), kuljettimien käytöllä ja mahdollistamalla eri työvaiheiden tekemisen samalla työpisteellä. (Tuominen 2010b, 20 - 21, Borris 2012, 136.)

4. **Laatuhukka** on toiminnan heikkoa laatua ja siitä aiheutuvia toimenpiteitä. Sitä syntyy mm. virheistä, puutteellisesta tarkastuksesta, korjaamisesta ja heikko laatuisten tuotteiden ylimääräisestä käsittelystä (lajittelua, siirtelyä yms.). Laatuhukkaa voi olla materiaaleissa, osissa, valmistusprosessissa tai itse tuotteessa. Heikon laadun toteuttajia ovat koneet ja työntekijät. Mahdollisia syitä heikkoon laatuun:

- Puutteelliset tarkastukset ja tarkastusmenetelmät
- Ei noudateta laatustandardeja
- Vaurioita materiaalin käsittelyssä
- Inhimilliset virheet
- Heikot työohjeet ja ammattitaidon puute
- Tuotteen pilaantuminen varastossa

Laatuhukan vähentämisessä oleellista on tunnistaa heikon laadun aiheuttajan perimmäinen syy, poistaa se tai estää sen uudelleen tapahtuminen. Laatuvirheet olisi tärkeää havaita mahdollisimman nopeasti niiden syntymisen jälkeen, koska mitä pidemmälle heikkolaatuinen tuote prosessissa etenee, sen enemmän siihen tehdään turhaa työtä. Laatuhukkien syntymistä voidaan välttää mm. kehittämällä tarkastuksia, oman työn tarkastamisella ennen eteenpäin siirtoa, laatustandardien noudattamisella, työvaiheiden ja työkalujen laadun varmistamisella, vaurioita aiheuttavien käsittelyjen vähentämisellä sekä koneiden kunnossapidolla. (Tuominen 2010b, 22 - 23, Borris 2012, 141–142.)

5. **Varastointi** on tavallisesti hukkaa, koska tuotteen, materiaalien, osien yms. seisottaminen varastossa ei nosta tuotteen arvoa. Varastointi voi olla raaka-aineiden varastointia, KET -varastointia, osien ja komponenttien varastointia sekä tuotteiden varastointia. Varastointia kannattaa vähentää, koska se sitoo pääomaa, vie tilaa, hidastaa tuotannon virtausta, tuotteiden mahdollinen pilaantuminen tai häviäminen sekä varaston seurannan ja hallinnan aiheuttamat vaatimukset lisääntyvät. Varastointiin johtavia syitä ovat mm.:

- Ihmisten asennoitumisesta johtuvat syyt
 - Totuttu varastoimaan
 - Ilman varastointia ei selvitä
- Ennakoidaan suuria tilauksia tai yllättäviä tarpeita
- Suuret eräkoot
 - Pitkät asetusajat
 - Varaudutaan laatuvirheisiin
- Ostetaan edullisia eriä (esim. osia)
- Tilanpuute työvaiheiden välillä (käytettävä varaston kautta)
- Prosessin epätasapaino (aiheuttaa KET -varastoja)

Varastointia voidaan vähentää mm. tunnistamalla varastoinnin taustalla olevat syyt ja vähentämällä niitä, lyhentämällä asetusajoja, pienentämällä eräkokoja, tasapainottamalla tuotantoa sekä imuohjauksen kehittämistä. Jotkin varastot ovat tarpeellisia, jotta toimitusaikoja voidaan lyhentää. Siksi varastojen tarpeellisuutta on arvioitava ja pyrittävä poistamaan tarpeettomat ja kannattamattomat varastot. (Tuominen 2010b, 18 - 19, Borris 2012, 136–137.)

6. **Prosessihukka** on prosessi olevia ylimääräisiä toimintoja, työvaiheita, tuotteen tarpeettomia toimintoja tai osia. Tarpeettomat tarkastukset, koneet ja prosessissa lisäävät prosessihukkaa. Prosessihukan syitä:

- Vanhojen toimintatapojen jatkaminen
- Turhien ominaisuuksien tai osien jääminen tuotteeseen
- Tuotantolinjan tuotevariaatio liian suurta

- Prosessin suunnittelu, seuranta ja toimivuuden tutkiminen heikkoa
- Ei analysoida prosessivaiheiden tarpeellisuutta kriittisesti
- Standardointi on liian pitkälle vietyä

Prosessihukkaa voidaan vähentää mm. arvioimalla prosessin vaiheiden tarpeellisuutta, kyseenalaistamalla vanhoja toimintatapoja, parantamalla henkilöiden välistä tiedonkulkua sekä poistamalla osat ja vaiheet joita asiakas ei tuotteelta vaadi. (Tuominen 2010b, 24 - 25, Borris 2012, 139 - 140.)

7. **Työvaihehukka** on valmistusprosessin sisällä olevien työvaiheiden toteuttamiseen liittyviä, ei tehokkaimpia toimintatapoja. Työvaiheeseen liittyviä ongelmia ovat esim. puutteellinen osaaminen, työvaiheen ajoitus, turhat liikkeet ja vaihtuvat työtavat. Mahdollisia syitä työvaihehukan syntymiselle:

- Puutteet työhön perehdyttämisessä ja työohjeissa
- Motivaation, ammattitaidon, kokemuksen puute
- Pitkät asetus- ja vaihtoajat
- Yhteistyö puutteet muiden työntekijöiden kanssa
- Työpisteen heikko järjestys ja puutteet
 - Ylimääräistä liikkumista, siirtelyä ja työkalujen etsimistä
- Työsuoritusten huono ajoitus

Työvaihehukkaa voidaan vähentää parantamalla työntekijöiden osaamista ja perehdytystä tehtävään sekä kannustamalla kehittämään, kehittymään ja hyödyntämään muiden työntekijöiden apua ja osaamista. Lisäksi työvaihehukkaa voidaan vähentää kehittämällä asetus- ja vaihtoaikoja sekä limittämällä kone- ja käsiaikoja. Vähentämisen kannalta on oleellista optimoida työntekijän, koneiden ja materiaalin yhteistyö. Työsuorituksen ajoituksen kannalta kannattavinta on pyrkiä tekemään mahdollisimman suuriosa käsin tehtävistä töistä koneen suorituksen kanssa samanaikaisesti (vähentää odotusta). (Tuominen 2010b, 26 - 30.)

Liikkumisesta aiheutuvaa hukkaa voi vähentää siten, että työvaiheesta tehdään liikkeiden kannalta niin vaivaton ja nopea toteuttaa kuin mahdollista.

Työpisteellä on pyrittävä minimoimaan turhat liikkeet, kuten kävely, kumar-
tumiset ja kurottamiset, tuomalla tarvittavat työkalut ja materiaalit käden
ulottuville ja helposti saataville. Hyvä työkalu työjärjestyksen parantamiseen
ja sitä kautta liikkeiden vähentämiseen on 5S. (Borris 2012, 137–138)

Mura on prosessissa tai sen toiminnoissa havaittavaa epätasapainoa. Epätasapaino
heikentää ja hidastaa tuotannon virtausta ja on näin ollen hukkaa. Epätasapainoa
syntyy, koska toimintaan vaikuttavien tekijöiden vaatimukset ovat erilaisia: Tuotan-
toprosessin kapasiteetin ja varastojen on pystyttävä vastaamaan huippukysyntöihin,
asiakkaiden kysyntä vaihtelee, työvaiheiden kesto ja kuormitus vaihtelee. (Bicheno
ym. 2009, 6-7.)

Muri on ylikuormitusta, joka kohdistuu johonkin prosessin arvoalisäävään toimin-
toon, eli työntekijöihin tai koneisiin kohdistuvaa ylikuormitusta. Ylikuormitus hei-
kentää toimintojen suoritusta ja siten vaikeuttaa prosessin virtausta. Ylikuormitus
heikentää työntekijöiden suorittamista, koska kiireessä tehtävä työ lisää mm. huo-
limattomuutta, virheitä, pahimmillaan turvallisuusriskejä sekä heikentää viihtyvyyt-
tä ja kykyä kehittävään ideointiin. Koneisiin kohdistuva ylikuormitus aiheuttaa on-
gelmia koneiden kunnossapidossa ja lisää konerikkojen riskiä. Ylikuormituksesta voi
seurata monia Mudan muotoja, kuten laatuhukkaa ja odottamista (konerikoista).
(Bicheno ym. 2009, 6.)

Muda on hukan muodoista helpoiten havaittavissa ja ymmärrettävissä, minkä takia
mudan hukkatyyppien pureudutaan Muraa ja Muria herkemmin. Muda ei kuiten-
kaan ole muita hukan muotoja tärkeämpi, vaan myös muut muodot olisi huomioita-
va hukkien vähentämisessä. Hukan muodot ovat ikään kuin kehässä ja vaikuttavat
toisiinsa. Esimerkiksi Muda (esim. hidas asetus aika yhdessä prosessin vaiheessa) voi
aiheuttaa Muraa (prosessi epätasapainossa), joka aiheuttaa Muria (pullonkaula vai-
he ylikuormittuu), joka voi aiheuttaa Mudaa. (Bicheno ym. 2009, 6-7.)

Mainittujen hukkatyyppien lisäksi hukkana voidaan pitää myös työntekijöiden tai
koneiden potentiaalin hyödyntämättä jättämistä. Erityisesti työntekijöiden potenti-

aalin (kehitysideoiden ja osaamisen) hyödyntäminen ja siihen kannustaminen on tärkeää, koska se voi johtaa prosessin kehittymiseen eikä vaadi suuria investointeja.

7 Arvovirtakuvaus

Arvovirtakuvaus eli Value Stream Map (VSM) kehitettiin Toyotalla 1950, yleisempään tietouteen se tuli vuonna 1997 Peter Hinesin ja Nick Richin aihetta käsittelevän artikkelin ("The Seven Value Stream Mapping Tools") myötä. Arvovirtakuvaus on yleinen keino prosessin kehittämisessä. Se on muiden Lean -konseptien ja työkalujen kanssa keskeinen osa parannuskohteiden tunnistamiseen ja priorisointiin. Arvovirran kuvaamisen avulla muodostetaan visuaalinen "kartta", joka osoittaa kuinka materiaali ja informaatio virtaavat prosessissa. Visuaalisesti kuvattuna prosessista on helpompi tunnistaa mm. pullonkaulat ja hukkan aiheuttajat. (Quality knowhow Karjalainen Oy 2013.)

Arvovirtakuvauksessa prosessin jokainen vaihe arvioidaan ja analysoidaan erikseen ilman vaikutusta muista vaiheista sekä tunnistetaan onko vaihe lisäarvoa tuottavaa vai tuottamatonta toimintaa. Lisäarvoa tuottava toiminta tunnistetaan arvioimalla onko työvaiheessa tuotteelle tehtävä toiminta asiakkaalle hyödyllistä. Toisin sanoen, onko asiakas valmis maksamaan kyseisen työvaiheen toteutuksesta eli muokkaako työvaihe tuotetta asiakkaan haluamaan suuntaan. Arvoa lisäämättömiä toimintoja ovat esim. odottelu, varastointi ja siirtely. (Borris 2012, 129–131.)

Lopputuloksena arvovirtakuvauksesta saadaan koko prosessin läpimenoaika sekä jokaisen työvaiheen läpimenoaika. Työvaiheiden arvioinnin kautta saadaan selvitettyä, kuinka paljon prosessin läpimenoajasta on arvoa lisäävää toimintaa. Ideaali tilanne prosessille olisi, että se sisältää pelkkiä arvoa lisääviä toimintoja, mikä on käytännön tasolla mahdotonta. Vaikka arvoa lisäämättömien toimintojen poistaminen on tärkeää, on myös arvoa lisääviä toimintoja arvioitava kriittisesti, koska usein niissä on kehitettävää. (Borris 2012, 129–131.)

Tärkeä huomioitava seikka arvovirran kuvaamisessa ja muissa Lean -työkaluissa on se, että kuvaaminen on käytännössä hukkaa, mikäli se ei johda toimintaa edistäviin toimenpiteisiin. Arvovirran kuvaamisessa on huomioitava, että siinä ei pystytä huomioimaan prosessissa tapahtuvaa vaihtelua ja muutosta, vaan se on sidottuna kuvauksen tekohetkeen. Tämän takia arvovirtakuvauksesta on vaikeampi havaita epätasapainosta (Mura) ja ylikuormituksesta (Muri) aiheutuvaa hukkaa. Arvovirran tehokkaaseen kuvaamiseen olisi hyvä kuvata nykyhetken lisäksi tavoitella/tulevaisuus, joka helpottaa hahmottamaan prosessin kehityskohteet. (Bicheno ym. 2009, 94 - 95.)

Arvovirtakuvauksen perimmäisenä tarkoituksena on oikeiden arvovirtaa tukkivien ja hidastavien kohtien tunnistaminen. Hukkien tunnistamisen avulla saadaan lyhennettyä prosessin läpimenoaikaa, minkä ansiosta on mahdollista vastata paremmin asiakkaan vaatimuksiin. (Quality knowhow Karjalainen Oy 2013.)

Arvovirtakuvaus on tehtävä koskemaan vain yhtä prosessia kerrallaan. Tavallisesti arvovirtakuvauksen kohde valitaan asiakkaan toiveiden mukaan. Muut valintamenetelmät ovat tuotemäärä-analyysi ja tuotereitti-analyysi. Tuotemäärä-analyyssissa selvitetään yrityksen tuotevalikoimasta kriittisimmät suurimman volyymin kautta. Tuotereitti-analyyssissa kuvattavaksi valitaan prosessi, joka on sama useille tuotteille tai tuoteperheille. (Quality knowhow Karjalainen Oy 2013.)

Arvovirtakuvaukseen kirjataan mm. prosessin työvaiheet, varastot, materiaali- ja informaatiovirrat. Työvaiheista selvitetään oleellista tietoa, kuten

- Jaksoaika (Aika mikä kuluu yksittäisen tuotteen valmistamiseen alusta loppuun)
- Henkilömäärä (Kuinka monta henkilöä tarvitaan tuotteen tekemiseen)
- Laiteaika (Kuinka kauan laitetta tarvitsee käyttää)
- Vaihtoaika (Kuinka kauan tuotteen vaihdossa kestää)
- Käytettävyys (Kuinka kauan vaihe on käytettävissä päivän aikana)
- Uptime % (Todennäköisyys, jolla prosessivaihe toimii)
- Hylky % (Keskimääräinen hylkyprosentti)

Prosessivaiheista kerätyn tiedon avulla on helpompi löytää, kehityskohteita prosessista. (Quality knowhow Karjalainen Oy 2013.)

7.1 Alumiinilaattojen arvovirtakuvaus

Tämän opinnäytetyön yhteydessä arvovirtakuvaus oli rajattu alumiinilaattoihin Kommas Oy:n tiloissa (ovelta, ovelle). Arvovirtakuvaukseen sisällytettiin kaikki alumiinilaattojen variaatiot, koska prosessin vaiheet ja koneet ovat kaikille laatoille samat. Eroja laattojen valmistusprosessissa on läpimenoajoissa, joten prosessivaiheiden kestossa käytettiin arviota kauanko vaihe keskimäärin kestää. Läpimenoajan kelloitus toteutettiin pesuvaiheeseen, joka on prosessin vaiheista stabiilein. Prosessin vaiheista koneistus sekä kokoonpano kehittyivät koko kevään ajan.

Alumiinilaattojen prosessin (ks. prosessikuvaus) vaiheet kuvattiin työntekijöiden haastattelujen perusteella. Haastattelujen kautta selvitettiin myös prosessin muuta toimintaa, kuten informaation kulkua, varastointiaikoja yms.. Vaihekohtaisesti selvitettiin jokaisen prosessivaiheen kokonaisläpimenoaika 8 kappaleen erälle, joka on alumiinilaatoille keskimääräinen ja arvovirtakuvaukseen sopiva erä koko. Tämän lisäksi prosessin vaiheista selvitettiin edellä esitettyjä asioita, kuten jaksoaika, käytettävyys, vaihto aika ja työntekijämäärä. Käytettävyys ei kerro työntekijöiden yhteenlaskettua työpanosta, vaan tiedon siitä kuinka kauan työvaihe on päivän aikana miehitetty.

Jatkuvasti muuttuvan tilanteen takia opinnäytetyön yhteydessä arvovirtakuvaus tehtiin työn aloitushetken tiedoilla (ks. liite 1) ja uuden koneistuskeskuksen sekä prosessiin kevään aikana suunniteltujen muutosten arvioituilla tiedoilla (ks. liite 2). Jälkimmäinen arvovirtakuvaus kuvaa osittain myös prosessin tavoitetta.

7.2 Arvovirtakuvauksen analysointi

Prosessin vaiheiden lisäarvon tuotto arvioitiin siten, että koneistus, tarkastus, pesu ja kokoonpano tuottavat lisäarvoa. Muu prosessiin kuluva aika (odotus, varastointi, siirtely) olisi näin ollen hukkaa. Tarkastuksesta tuleva lisäarvo prosessiin ja asiakkaalle tulee tehokkaammasta tuotannosta ja tiedosta, että laattojen laatua tarkastetaan. Yhteensä prosessin läpimenoaika lähtötilanteessa oli noin 5 d 7 h, josta arvoa lisäävää toimintaa oli noin 8,5 h. Suuri osa arvoa lisäämättömästä toiminnasta on laattojen alkuvarastointia, mikä johtuu laattojen vähäisistä toimituksista (1 krt/vko). Tiheämmät toimitukset (Tampereelta Jyväskylään) eivät välttämättä olisi kustannusten kannalta järkeviä.

Arvovirtakuvauksesta on havaittavissa eri hukan muotoja (ks. luku 6) mm. epätasapainoa, odottamista, varastointia ja pientä ylikuormittumista. Enin osa prosessin läpimenoajasta on varastointia tai odotusta prosessin työvaiheiden välillä. Suurin syy tähän on prosessin epätasapaino käytettävyydessä (koneistus kolmessa vuorossa, muut yhdessä) ja työvaiheiden läpimenoajoissa. Läpimenoaikoja tarkastelemalla voidaan havaita, että lähtötilanteessa koneistusprosessi oli alumiinilaattojen tuotantovaiheista selkeä pullonkaula.

Arvioidussa arvovirtakuvauksessa (liite 2) uudella koneistuskeskuksella prosessi on huomattavasti tasapainoisempi ja tarpeetonta varastointia on vähemmän. Läpimenoaika tarkastelussa kokoonpano olisi työvaiheista pullonkaulana. Syy lisääntyviin arvoa lisäämättömien vaiheiden ajan kasvuun on Komasin pyrkimyksissä olevat varmuusvarastot toimitusvarmuuden lisäämiseksi. Arvoa tuottava aika on vähentynyt reilusti nopeamman koneistusprosessin ansiosta. Huomioitavaa kuitenkin on, että siitä huolimatta prosessin tuottavuus on reilusti suurempi.

8 PPAP - Production part approval process

PPAP eli osan hyväksymisprosessin avulla on tavoitteena varmistaa osatoimittajan kyvykkyys toimittaa yrityksen suunnitelmien mukaisia osia tai osakokoonpanoja. PPAP:n tarkoituksena on selvittää, onko osatoimittaja täydellisesti ymmärtänyt suunnittelutyön ja siinä asetetut vaatimukset sekä pystyykö toimittaja toteuttamaan vaatimuksia halutulla tuotannon tasolla. (PPAP 2006, 1-2.)

PPAP:n tavoitteena on toiminnan laadun osoittaminen asiakkaalle. Lisäksi pystytään jälkikäteen todentamaan, että jonkin osan valmistusprosessi on hyväksytty ja testattu asiakkaan vaatimalla tavalla. Samalla sillä varmistetaan, että kaikki asiakkaan suunnitteluosion osaa koskevat päätökset on ymmärretty ja pystytään toteuttamaan asiakkaan haluamalla tavalla suunnitellulla tuotantovolyymilla. Hyväksymisprosessin tarkkuus valitaan asiakkaan vaatimusten mukaisesti. (PPAP 2006, 1-2.)

PPAP auttaa prosessin ylösajo vaiheessa tuotelaadun (Advanced Product Quality Planning and Control Plan, APQP tai AQAP) suunnittelussa, koska PPAP:n tarkastuskohtien ja niistä saatujen tietojen avulla tiedetään, miten laadukkaaseen toimintaan kyseisten tuotteiden kohdalla pystytään. PPAP:n avulla voidaan tehdä vertailua eri toimittajien välillä. Mitä aikaisemmassa vaiheessa prosessin ylösajoa PPAP tehdään, sen helpompaa muutosten tekeminen on. Myös kustannusten kannalta on kannattavampaa tehdä PPAP mahdollisimman aikaisin. (Peuranen H. 2013.)

Ylösajovaiheen lisäksi PPAP on hyvä suorittaa, kun tuotantoon tulee uusi osa tai vanhan osan valmistukseen tehdään muutoksia esim. materiaali, valmistustekniikka, muoto. Tarkastukseen valitut osat on otettava suuresta tuotantoerästä, kestoltaan tunnista yhteen vuoroon. Oletuksena PPAP tehdään siten, että osatoimittaja toimittaa tarkastettavaksi testikappaleita sekä kaiken tiedon osan valmistukseen liittyen. Koska testikappaleet otetaan keskeltä tuotantoerää, voidaan luottaa siihen, että valitut kappaleet vastaavat melko hyvin erän muiden kappaleiden laatua. (PPAP 2006, 3.)

PPAP sisältää 18 kpl tarkastuslistan, joista voidaan vaatia asian mukaiset dokumentit. Hyväksymisprosessin tarkkuus valitaan asiakkaan vaatimusten mukaisesti.

1. suunnittelutiedot
2. tiedot suunnittelumuutoksista
3. suunnittelun hyväksyntä
4. suunnittelun virheriskianalyysi
5. prosessikaaviot
6. valmistuksen virheriskianalyysi
7. suunnittelutietojen arviointi valmistuksen näkökulmasta
8. mittausjärjestelmän ja käytettyjen mittalaitteiden analysointi
9. tarkastussuunnitelman mukaiset mittaustulokset
10. materiaalin ja toiminnan suorituskyvyn testitulokset
11. alustava prosessikuvaus
12. testauksen suorittaneiden laboratorioiden sertifikaatit
13. ulkonäön hyväksyntä
14. tuotanto-osien näytekappale (kuva ja tieto säilytyspaikasta)
15. toimittajan ja asiakkaan hyväksymä näytekappale
16. tiedot ja kuvat tarkastus- ja mittavälineistä
17. todisteet ohjeiden mukaan toimimisesta
18. vakuutus vaatimukseen kykenemisestä

PPAP:ta toteutetaan viidellä eri tasolla, joissa yritys vaatii tietyt PPAP dokumentit. Esimerkiksi ensimmäisellä tasolla, vaaditaan ainoastaan vakuutus vaatimusten täyttämistä. Vaikka vain yksi dokumenteista vaaditaan, edellytetään myös muiden dokumenttien laatimista ja mukaista toimintaa. Tarkastuslistan kohtien vaatimusten määrittäminen tapahtuu pääasiassa asiakkaan ja toimittajan neuvottelujen pohjalta. Vaadittujen dokumenttien hyväksymisen jälkeen seuraa koeaika, jolloin toimittajan tuotantoa tarkkaillaan. Jos puutteita ei havaita, asiakas allekirjoittaa PPAP:n vakuutuksen vaatimukseen kykenemisestä.

(PPAP 2006, 3-4, TDK N.d..)

Jos asiakas vaatii yritykseltä PPAP:n toteuttamisen, on yrityksen toimitettava vaaditut dokumentit ja testikappaleet vain omasta toiminnastaan. Yritys vastaa siitä, että yrityksen osatoimittajien osat ovat riittävän laadukkaita. Yritys voi vaatia osatoimit-

tajiltaan PPAP:n, mutta pelkät osatoimittajien PPAP dokumentit eivät ole riittäviä omien tuotteiden laadun osoittamisessa asiakkaalle. (TDK N.d..)

Koska Komas valmistaa ja toimittaa asiakkailleen komponentteja ja osakokonaisuuksia, PPAP tullaan todennäköisesti toteuttamaan yrityksessä enenevässä määrin. Alumiinilaatat ovat asiakkaan valmistamiin tuotteisiin asennettavia osakokoonpanoja, joten PPAP soveltuu hyvin laatoille. Komas:lla PPAP on toteutettu aikaisemmin eri tuotteille, jonka yhteydessä on laadittu tarkastuslistan mukaisia dokumenttipohjia. Komas:n tiloissa sijaitsevilla 3D-mittaus sekä mittalaitetalibrointi -tiloissa, pystytään toteuttamaan asiakkaan vaatimusten mukaiset PPAP mittaukset. Asiakkaanvaatimukset ovat jo tiedossa, koska PPAP on alustavasti toteutettu jo joillekin laattamalleille.

9 Kehitysehdotukset ja työn tulokset

Tämän opinnäytetyön tavoitteita olivat hukkien vähentäminen, kokoonpanon kehittäminen, kokoonpanotyöohjeen kehittäminen ja PPAP:n kautta saavutettavien hyötyjen selvittäminen.

Hukkien vähentämiseen liittyviä kehitysehdotuksia on helppo lähestyä laadittujen arvovirtakuvausten (liitteet 1 ja 2) sekä prosessiin tutustumisen kautta. Arvovirtakuvauksista huomattiin, että suuri osa alumiinilaattojen valmistusprosessin arvoa tuottamattomasta ajasta kuluu varastointiin ja odottamiseen, joista molemmat lasketaan hukaksi. Syyt odottamiseen on prosessin epätasapainossa sekä työvaiheiden välisessä heikossa tiedonkulussa. Epätasapainon vähentämiseksi prosessin vaiheista tarkastus, pesu ja kokoonpano olisi siirrettävä kahteen vuoroon (kolmeen ei riittävästi töitä), jota kohti kevään aikana jo osittain siirryttiin. Kahteen vuoroon siirtyminen oli myös välttämättömyys, jotta päästiin suurempiin tuotantomääriin. Prosessin epätasapaino aiheutti myös koneistuksen ylikuormittumista, jonka uuden koneistuskeskuksen käyttöönoton pitäisi korjata.

Tiedonkulun ongelmat liittyvät työvaiheiden pitkiin välimatkoihin (ei näköyhteyttä ja liikaa etäisyyttä). Pesupisteen työntekijä on tavallisesti suorittanut laattojen siirrot työvaiheiden välillä, mutta tieto koneistuksessa valmistuneista laatoista ei ole kulkenut pesuun, jolloin laatat ovat odottaneet turhaan siirtoa seuraavaan vaiheeseen. Tiedonkulun ongelmiin paras ratkaisu olisi työvaiheiden sijoittaminen vierekkäin. Komas Oy:n tuotantotilat (Yritystiellä) ovat kuitenkin niin täynnä, että työvaiheiden siirtäminen ilman sopivaa tilaus- ja tuotantotaukoa ei olisi järkevää. Tiedonkulun parantamiseksi, tarkastus (ei tilantarvetta tai kiinteää työpistettä) voitaisiin siirtää koneistuksen läheisyyteen, jolloin laatat tarkistettaisiin ennen niiden siirtämistä eteenpäin. Tämä vähentäisi turhaa siirtelyä (laatupuutteiden takia ei pitkiä kuljetuksia) sekä helpottaisi ja nopeuttaisi palautteen antamista. Lisäksi tarkastuksen työntekijä voisi siirtää laatat eteenpäin tai vähintään ilmoittaa pesupisteelle koneistetuista laatoista.

Varastoinnin osalta tulevaisuutta varten kokoonpanon yhteyteen suunnitellut varmuusvarastot kannattaa pitää mahdollisimman pieninä, koska varastointi on hukka-toimintaa. Kuitenkin, jotta toimitusvarmuuden kanssa ei tulisi ongelmia, voi (mahdollisimman) pienien varmuusvarastojen pitäminen olla kannattavaa. Koska alumiinilaattamallien väliset variaatiot eroavat pääosin vain yhden tai kahden komponentin osalta, voitaisiin mahdollisiin kysyntäpiikkeihin vastaamiseksi, kokoonpanna laattoja, variaatiot erottavaan työvaiheeseen asti. Normaalitilanteessa tämä ei ole hyvä ratkaisu, koska se lisää varastointia ja siten hukkaa, mutta poikkeustilanteisiin varautumisessa yksi mahdollisista toimintamalleista.

Koneistukseen liittyvä kehityskohde on jäysteiden poistamisen ratkaiseminen. Jatkossa, kasvavilla tuotantomäärillä jäysteiden poistamista tuskin ehditään koneistusajan aikana tekemään, mikä aiheuttaa hukkaa (odottamista). Ratkaisua jäysteiden poistamiseen ei tähän opinnäytetyöhön liittyen ehditty tekemään, mutta mahdollisia, ei käsin tehtäviä, keinoja on jatkossa tutkittava (esimerkiksi jäysteiden poisto koneistuskeskuksessa). Lisäksi lastuja jää herkästi reikien pohjalle, josta ne on vaikea havaita ja poistaa.

Kokoonpanon kohdalla ongelmia aiheutuu tuotantomäärien kasvaessa. Laskujen mukaan, jotta kasvavaan kysyntään pystytään vastaamaan, oli siirryttävä kokoonpanemaan kahdessa työpisteessä ja kahdessa vuorossa. Työntekijöitä vaaditaan kolme, ennustettujen kysyntöjen mukaan myöhemmin neljä (kaksi yhtä aikaa).

Toisen kokoonpanopisteen toteutus kannattaa toteuttaa muodostamalla kokoonpanosolu uudesta ja vanhasta kokoonpanopöydästä sekä kokoonpanon pienosahyllyistä. Yhdistetty työpiste mahdollistaa työntekijöiden yhteistyön, lisää joustavuutta ja vähentää ylimääräistä liikkumista ja liikuttelua. Tehokkain kokoonpanon layout-malli tässä tapauksessa on, U-malli, jossa välimatkat ovat lyhyet ja saman pienosahyllyn hyödyntäminen on mahdollista. Yhdistetyssä kokoonpanosolussa myös yllättävien tai kiireellisten tilausten kokoonpanoa voidaan toteuttaa nopeammin työvuoron molempien työntekijöiden voimin.

Samassa yhteydessä kokoonpantavien laattojen jakaminen työpöydille olisi hyvä toteuttaa esimerkiksi siten, että vanhalla työpöydällä valmistetaan voitelu- ja yhdyslaattoja, uudella pöydällä vaihteisto- ja yhdyslaattoja. Näin ennustetuista kysynnöistä lasketut kuormitusarviot menevät pöytien kesken tasan. Toinen syy laattojen jakamiseen on, että ainoastaan voitelulaattojen kokoonpanossa tarvitaan käännettävä ja kallistettava jigi. Yhdyslaattojen kokoonpanossa tarvitaan jigi/kiinnitystappi, jossa laatta pysyy komponenttien kiristyksen ajan paikoillaan. Tällaisella ratkaisulla vanhaan työpöytään ei tarvita muutoksia ja uuteen työpöytään vaaditaan kiinnitystapin ja tarvittavien työkalujen asennus. Lisäksi työpöytien yhteydessä olevat hyllypaikat saadaan täytettyä kyseisten laattojen komponenteilla, mikä vähentää ylimääräisiä liikkeitä (hukkaa), koska lähes kaikki komponentit saadaan käden ulottuville.

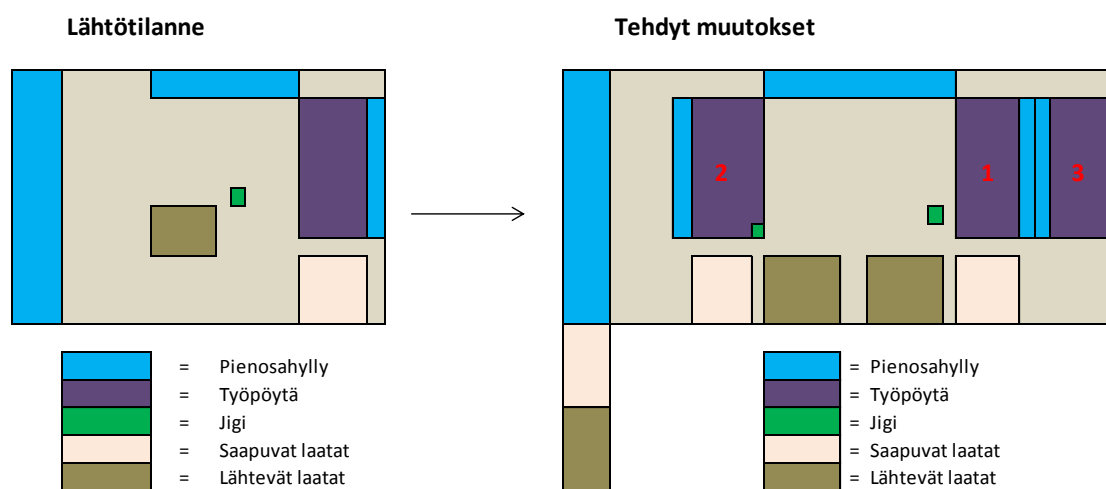
Kokoonpanoprosessista kannattaa ulkoistaa esikokoonpanojen ja tarvikepussien tekeminen muille työntekijöille, koska niiden tekeminen hidastaa laattojen valmistamista. Koska esikokoonpanoja koskevat pienosat eivät vie paljoa tilaa tai sido paljon kustannuksia, voisi mainittuja työvaiheita tehdä esimerkiksi kerran kahdessa viikossa varastoon.

Kokoonpano sisältää paljon työkalujen (momenttiavainten ja paineilmapyssyjen) säätämistä, mikä on työvaihehukkaa. Tämä voitaisiin ehkäistä hankkimalla useampia

momenttiavaimia. Vaikka työkaluihin tehtävien muutosten teko ei kestä kauaa, niitä kasaantuu pidemmällä aikavälillä paljon turhaa työtä/hukkaa.

U-mallin toteuttaminen (kuvio 9) onnistuu kokoonpanon nykyisessä sijainnissa ilman suuria investointeja, koska Komas:n tiloista saadaan käyttämättömiä pöytiä (2 kpl) kokoonpanon käyttöön. Kuviossa pöytä 1 on vanha työpöytä, pöytä 2 uusi työpöytä ja pöytä 3 esikokoonpanojen sekä tarvikepussituksien tekoon käytettävä työpöytä.

Kokoonpanosolu



Kuvio 9 Kokoonpanon layout muutokset

Kokoonpanosolu kannattaisi siirtää tuotantohallissa pesupisteen ja lähettämön väliin, koska se vähentäisi pesun ja kokoonpanon etäisyyden yli puoleen nykyisestä etäisyydestä. Pitkät välimatkat lisäävät kuljetuksia ja heikentävät tiedonkulkua (hukkaa). Nykyiseltä sijainniltaan kokoonpanosolu on hydrauliikkapuolella, melko kaukana sekä pesusta, että lähettämöstä. Koska hydrauliikkapuolella ei ole niin täyttä kuin koneistuspuolella, olisi siirron tekeminen esimerkiksi tuotantokatkosten tai lomien aikana mahdollista ja kannattavaa. Etäisyyksien lisäksi nykyisen kokoonpanopisteen sijainnin ongelmana on vieressä oleva tupakkapaikan ovi ja paljon ympärillä tapahtuvaa liikettä, jotka heikentävät työpisteen siisteyttä.

Kokoonpanotyöohjeet päätettiin toteuttaa Microsoft PowerPoint-ohjelmistolla diaesityksen malliseksi, kosketusnäytön ja kannettavan tietokoneen yhdistelmään.

Kosketusnäyttö kiinnitettiin työpöytään noin hartioiden korkeudelle, josta ohjeen käyttäminen olisi mahdollisimman vaivatonta.

Ohjeessa jokaiselle dialle sijoitettiin kuva ja sanallinen ohje kyseisestä työvaiheesta. Sanallisesti kerrottiin komponentin asennusohje; käytetyn komponentin tiedot (nimikekoodi, hyllypaikka), käytetyt työkalut sekä komponentin kiristysmomentti.

Ohjeessa hyödynnettiin paljon ”hyperlinkkejä”, joiden avulla pystyy siirtymään esimerkiksi suoraan tietyn laattavariaation ohjeeseen, piirustuksiin, ohittamaan esikoonpano-ohjeet tai siirtymään ohjeen alkuun. Digitaalisen toteutuksen hyvänä puolena on piirustusten päivittäminen. Kokoonpanon piirustukset tulevat asiakkaalta ja ne saadaan päivitettyä suoraan ohjeeseen, kun ne siirretään Komasa Oy:n verkkoon.

Kaikki laatat sisältävästä kokoonpanotyöohjeesta tuli yhteensä yli 300 diaa pitkä. Ohjeesta on muutama esimerkkidia liitteessä 3. Ensimmäinen liitteen kuvista on ohjeen ensimmäinen dia, josta valitaan koottava laatta. Laattojen linkkien kautta päästään laattavariaation ohjeen ensimmäiselle dialle (liitteen toinen kuva). Kolmannessa kuvassa on yksi kyseisen laatan kokoonpanon työvaiheen ohje.

Lähtötilanteessa kokoonpanon hyllypaikat oli nimetty komponenttien nimikekoodien mukaan, jolloin oikean osan etsiminen oli uudelle työntekijälle hidasta. Pääasiassa työohjetta varten, hyllypaikat nimettiin monessa tuotantolaitoksessa käytetyllä tavalla: A02-05, jossa kirjain tarkoittaa varastohyllyä, ensimmäinen numero (02) hyllytasoa (ylin...alin), ja toinen numero (05) hyllypaikkaa vaakasuunnassa. Esimerkiksi mainittu A02-05 on A hyllyn toisen hyllytason viides hyllypaikka vasemmalta oikealle. Hyllypaikkakoodi liitettiin työohjeeseen komponenttien tietojen yhteyteen, jolloin osien etsimiseen kuluva aika pitäisi vähentyä.

PPAP:n kohdalla opinnäytetyössä oli tavoitteena selvittää sen kautta mahdollisesti saatavia hyötyjä. Alumiinilaattojen valmistusprosessiin toteutettu PPAP hyödyttää eniten toiminnan laadun osoittamisessa asiakkaalle. Voidaan osoittaa, että Komasin tuotantotavoilla ja -menetelmillä pystytään suunnitelmien toteuttamiseen halutulla tuotantovolyyymilla ja laadulla.

Koska alumiinilaatat ovat melko uusi tuote, on niihin tullut, tämän työn aikana, pieniä muutoksia. Pienten muutosten yhteydessä PPAP voidaan toteuttaa esimerkiksi alimmalla tasolla, jolloin Komas toimittaisi vakuutuksen kyvystään toimia muutosten mukaisesti. Tällä voitaisiin osoittaa, että suunnitellut muutokset on ymmärretty ja pystytään toteuttamaan.

PPAP voidaan toteuttaa myös hydraulikkakomponenttien toimittajiin, jolloin voidaan osoittaa asiakkaalle, että komponenttien laatu on todettu riittäväksi. Toisena hyötynä voidaan selvittää melko luotettavasti (Komas:lle) komponenttien toimitusvarmuus. Lisäksi pystytään selvittämään tuotantomenetelmien ja niiden tuottaman laadun soveltuvuus asiakkaan vaatimuksiin.

PPAP:n toteutuksesta voidaan hyötyä myös markkinoinnissa. PPAP on lähtöisin autoteollisuudessa, jossa toimittajat ovat käyttäneet PPAP vakuutusta markkinoinnissa, muiden autonvalmistajien kanssa käydyissä neuvotteluissa. Tunnetun autonvalmistajan PPAP hyväksyntä on osoitus yrityksen toiminnan tasosta. Saman ajatuksen hyödyntäminen saattaisi olla myös Komas:lla mahdollista. Eli voidaan osoittaa uusien asiakkaiden kanssa toimiessa, että Komas pystyy toimimaan alumiinilaattojen asiakkaan vaatimusten edellyttämällä tasolla.

Systemaattisesti hoidettu PPAP dokumentointi helpottaisi myös uusiin tuotteisiin liittyvään dokumentointia, koska tällöin yrityksellä on käytössään jo pitkälle viety ja kehitetty toimintatapa. Systemaattisen dokumentoinnin kautta prosessin hallinta ja kehittäminen helpottuu, koska muutosten vaikutusten havaitseminen on helpompaa. Lisäksi dokumentointi nopeuttaa ja helpottaa ongelmatilanteiden ratkaisemista. Hyvin dokumentoitua ja toteutettua sekä laadukasta toimintaa on myös helpompaa ja tehokkaampaa soveltaa muiden tuotteiden prosesseissa.

Huonona puolena alumiinilaattojen valmistusprosessiin tehtävään PPAP tarkasteluun on se, että prosessi toimii jo lähes täydellä teholla, jolloin mahdollisten suurten muutosten tekeminen tulee kalliiksi. Tämän takia PPAP:n toteutusta kannattaa harkita ainakin, jos alumiinilaattoihin tulee muutoksia. Esimerkiksi, jos jokin laattoihin tulevista osista muutettaisiin, kannattaisi muutoksen yhteydessä toteuttaa osan hyväksymisprosessi osatoimittajalle. Myös laattojen valmistusprosessiin toteutetta-

va PPAP voi olla kannattavaa toteuttaa (asiakas saattaa tätä vaatia tulevaisuudessa). Komaksi:lla PPAP:n toteutusta on mietitty aikaisemminkin (taulukot mm. riskianalyysija ja prosessikuvausta varten), jolloin kerättyä tietoa ja laadittuja PPAP pohjia voitaisiin hyödyntää.

10 Tulosten tarkastelu

Esitetyistä kehitysehdotuksista toteutettiin opinnäytetyön teon aikana lähes kaikki kokoonpanoprosessiin liittyvät ehdotukset. Tarkastuksen, pesun ja kokoonpanon siirto kahteen vuoroon on päätetty ja osittain toteutettu. Kokoonpanon osalta kahteen vuoroon siirto aloitettiin ennen omaa kehitysehdotusta. Lisäksi jäysteiden poistoon, tiedonkulkuun ja PPAP:n liittyvät ongelmat ratkaistaan nopealla aikataululla. Myös muita kehitysehdotuksia pidettiin yrityksen puolelta vartenotettavina ja niitä harkitaan jatkossa.

Suurin hukanaiheuttaja alumiinilaattojen valmistusprosessissa oli prosessin epätasapaino. Uuden koneistuskeskuksen ja muiden työvaiheiden siirtäminen kahteen vuoroon, tasapainottaa prosessia. Muutosten vaikutuksia ei ehditty kuitenkaan tämän opinnäytetyön yhteyteen tutkimaan, joten ei ole varmaa miten paljon epätasapainon aiheuttamat hukat vähenevät.

Kokoonpanon osalta siirryttiin ehdotettuun U-malliin, kuvion 4 mukaisesti. Työpöytien välillä valmistettavat laatat jaettiin kehitysehdotuksissa esitetyllä tavalla, jonka ansiosta uuteen työpöytään vaaditut muutokset ja kustannukset olivat pienempiä ja tarvittavia saatiin komponentteja lähemmäs, vähentäen turhaa liikkumista työpisteellä. Uusi kokoonpanosolu ei vie vain vähän enemmän tilaa kuin aikaisemmin käytetty kokoonpanotyöpiste. Kokoonpanoon tehdyt muutokset ovat toimineet kasvavien tuotantomäärien ja työntekijöiltä saadun palautteen perusteella hyvin.

Kokoonpanotyöohjeet saatiin eri laattavariaatioille pääosin valmiiksi ja otettiin keväen aikana käyttöön. Sen käyttö jokapäiväisessä työssä tulee nähdyn ja työnteki-

jöiden palautteen perusteella keskittymään lähinnä uuden työntekijän kouluttamiseen tai työvaiheen tarkastamiseen. Koska laattavariaatioita on suhteellisen vähän, oppivat työntekijät melko nopeasti kokoonpanoprosessin myös ulkoa. Tällöin ohjetta on hyödynnetty lähinnä siten, että on valittu oikean laattavariaation piirustukset, joista jonkin asian tarkastaminen on nopeaa. Kokoonpanotyöohjetta päästiin testaamaan myös uudelle työntekijälle, jolle kokoonpanoprosessi ei ollut entuudestaan tuttu. Ohjeen avulla työntekijä pystyi kokoonpanemaan laatan alusta loppuun melko nopeasti ilman muiden työntekijöiden avustamista. Tämän perusteella ainakin koulutustarkoitukseen työohje toimii hyvin.

Jatkossa olisi hyvä pyrkiä kehittämään tiedonkulkua työvaiheiden välillä tehokkaammaksi sekä mahdollisuutta siirtää työvaiheet lähemmäs toisiaan. Muita keinoja tiedonkulun kehittämiseen voisivat olla esimerkiksi, jokin digitaalinen tiedotusjärjestelmä vaiheessa valmistuneista laatoista. Tämän työn yhteydessä laadittua arvovirtakuvausta kannattaisi mahdollisesti hyödyntää, prosessin ja toimintatapojen vakiintumisen jälkeen, selvittämällä prosessin tarkemmat arvot, jolloin saatettaisiin havaita vielä havaitsematta jääneet hukkan aiheuttajat.

11 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tavoitteet tähtäsivät alumiinilaattojen valmistusprosessin kehittämiseen. Neljä päätavoitetta oli hukkien vähentäminen, kokoonpanopisteen kehittäminen kasvavia tuotantomääriä varten, kokoonpanotyöohjeen kehittäminen sekä PPAP:n kautta saatavien hyötyjen selvittäminen.

Hukkien vähentämiseen liittyen, arvovirtakuvaus nosti selkeästi esille varastoinnin. Alkuvaraston pienentäminen olisi mahdollista tiheämmillä toimituksilla, mutta laattojen toimittaminen Tampereelta Jyväskylään useammin ei välttämättä olisi kustannusten kannalta järkevää. Näin ollen melko suuren alkuvaraston pito on perusteltua. Esitettyjen kehitysehdotusten toteuttaminen tulee todennäköisesti vähentämään, jonkin verran hukkia ja erityisesti prosessin vaiheiden välistä odottamista,

mutta todellisia vaikutuksia ei työn aikana pystytty arvioimaan. Muuten hukkien vähentäminen oli Komas Oy:ssä viety jo ennalta melko pitkälle, joten suurten hyötyjen saavuttaminen oli haastavaa.

Arvovirtakuvauksen luotettavuus olisi myös voinut olla parempi, jos kuvauksen yhteydessä olisi tehty kelloituksia ja kerätty perusteita tiedon taakse. Koska arvovirtakuvaus, toteutettiin keskimäärin arvioiduilla arvoilla, on virheellisten tietojen mahdollisuus suurempi. Toisaalta, koko ajan muuttuvassa tilanteessa myöskään kelloitetut arvot eivät olisi antaneet kuin sen hetkiset tiedot. Arvioidulla ajoilla saatiin kuitenkin riittävän tarkkoja ja luotettavia tietoja, jotta kuvauksesta voitiin havaita selkeimmät hukat ja pullonkaulat.

Kokoonpanotyöohjeessa kysymykseksi nousee se, käytetäänkö ohjetta aktiivisesti ja pystyykö joku päivittämään ohjetta, kun laattoihin tehdään muutoksia. Jos toteutettua työohjetapaa halutaan soveltaa muihin työpisteisiin, on harkittava erittäin tarkkaan, onko se kustannusten (kosketusnäytön hankinta ja ohjeen tekoon kuluva aika) kannalta kannattavaa ja tulevatko työntekijät käyttämään ohjetta aktiivisesti. Vastaavalle ohjeelle parempi toteutuskohde saattaisi olla sellainen kokoonpanotyö, jossa kokoonpanoprosessia ei pysty helposti oppimaan ulkoa.

PPAP:n osalta saatiin joitakin hyötyjä selvitettyä, vaikkakin aiheeseen olisi voitu paneutua hieman syvemmin. Koska PPAP on jo (työn loppuvaiheessa) toteutettu joillekin laattamalleille toteutettu, on se helpompi toteuttaa myös lopuille laattamalleista, vaikka asiakas ei sitä vaatisikaan.

Käytetyt tutkimusmenetelmät soveltuivat melko hyvin tämän opinnäytetyön toteutukseen. Koska valtaosa prosessiin liittyvistä tiedoista kerättiin haastatteluilla, on kuitenkin mahdollista, että joitakin oleellisia tietoja ei saatu sekä miten hyvin esimerkiksi työntekijöiden ”hiljaista tietoa” saatiin selvitettyä. Syynä tähän voi olla esimerkiksi, että oikeita kysymyksiä ei haastattelussa kysytty tai työntekijä ei kertonut kaikkea oleellista. Voidaan kuitenkin olettaa, että prosessi saatiin kuvattua melko kattavasti ja perusteellisesti.

Käytetyt lähteet olivat pääosin kirjallisia lähteitä ja pääosin luotettavia. Kirjallisten lähteiden käytettiin jonkin verran internetlähteitä, jotka kuitenkin sisällöltään vaikuttivat melko luotettavilta. Internetlähteet toimivat lähinnä kirjallisten lähteiden täydennyksenä, joten kerättyä teoriatietoa voidaan joka tapauksessa pitää melko luotettavina, vaikka myös kirjalliset lähteet voivat sisältää virheellistä tai puutteellista tietoa.

Lähteet

Aalco. 2015. 6026 - T9 Rod and Bar. Viitattu 30.4.2015.

http://www.aalco.co.uk/datasheets/Aluminium-Alloy-6026-T9-Rod-and-Bar_143.ashx

Bicheno, J., Holweg, M. 2009. The Lean Toolbox. 4. p. Buckingham: PICSIE Books.

Borris, S. 2012. Stategic Lean Mapping. USA: The McGraw-Hill Companies.

Kananen J., Kehittämistutkimus opinnäytetyönä. 2012. Toim. R. Heikkinen. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 134.

Komas Oy. 2014a. Hydrauliiikka. Viitattu 22.2.2015. <http://komas.fi/hydrauliiikka/>

Komas Oy. 2015. Komasa ostaa Fortacon Kurikan koneistusliiketoiminnan. Viitattu 15.4.2015. <http://komas.fi/komas-ostaa-fortacon-kurikan-koneistusliiketoiminnan/>

Komas Oy. 2014b. Koneistus. Viitattu 22.2.2015. <http://komas.fi/koneistus/>

Komas Oy. 2014c. Levypalvelu. Viitattu 22.2.2015. <http://komas.fi/levypalvelu/>

Komas Oy. 2014d. Takomo. Viitattu 22.2.2015. <http://komas.fi/takomo/>

Komas Oy. 2014e. Uusi koneistuskeskus tehostaa alumiinin koneistamista. Viitattu 18.3.2015. <http://komas.fi/uusi-koneistuskeskus-tehostaa-alumiinin-koneistamista/>

Peuranen H. 2013. PPAP-APQP. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Kehittämistekniikat -opintojakson opetusmateriaali.

Production Part Approval Process. 2006. PPAP Fourth edition. Automotive Industry Action Group.

Quality knowhow Karjalainen Oy. 2013. VSM (Value Stream Mapping) - Arvovirtakuvaus. Viitattu 18.3.2015. <http://www.gk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/>

Ruohomäki, I., Anttila, J., Heikkilä, A., Hentula, M., Kansola, M., Leino, K., Paro, J., Salmi, T. 2011. Parempiin tuotantostategisiin päätöksiin. Teknologiateollisuus ry. Tampere: Tammerprint.

Taloussanomat. 2013. Komasa. Viitattu 25.2.2015.

<http://yritys.taloussanomat.fi/y/komas-oy/jyvaskyla/2507356-4/>

TDK. N.d. What is a PPAP. Viitattu 30.4.2015.

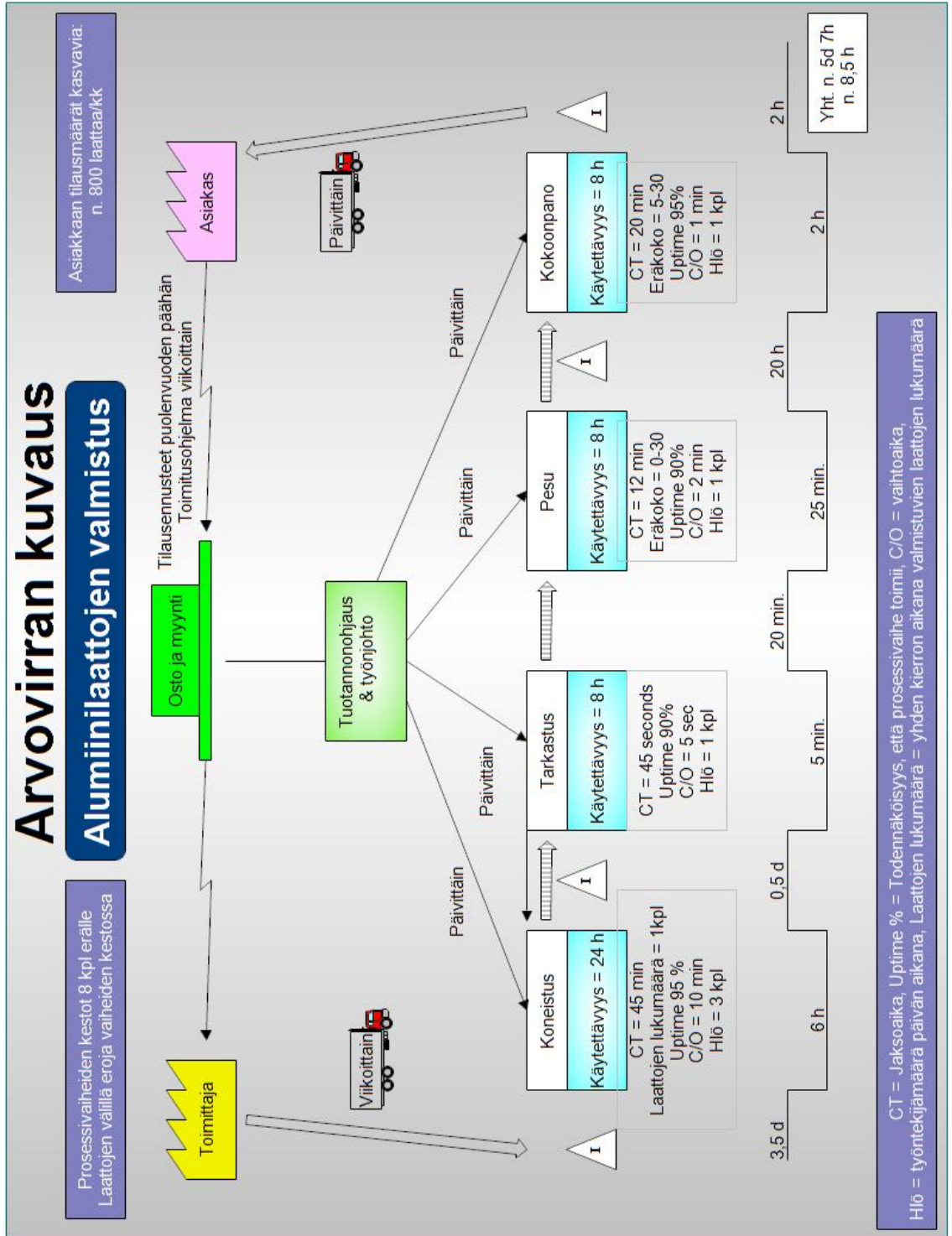
http://product.tdk.com/capacitor/mlcc/en/faq/pdf/10_what_is_a_ppap.pdf

Tuominen, K. 2010a. Lean - kohti täydellisyyttä. A Bonnier Group Company. Juva: WS Bookwell.

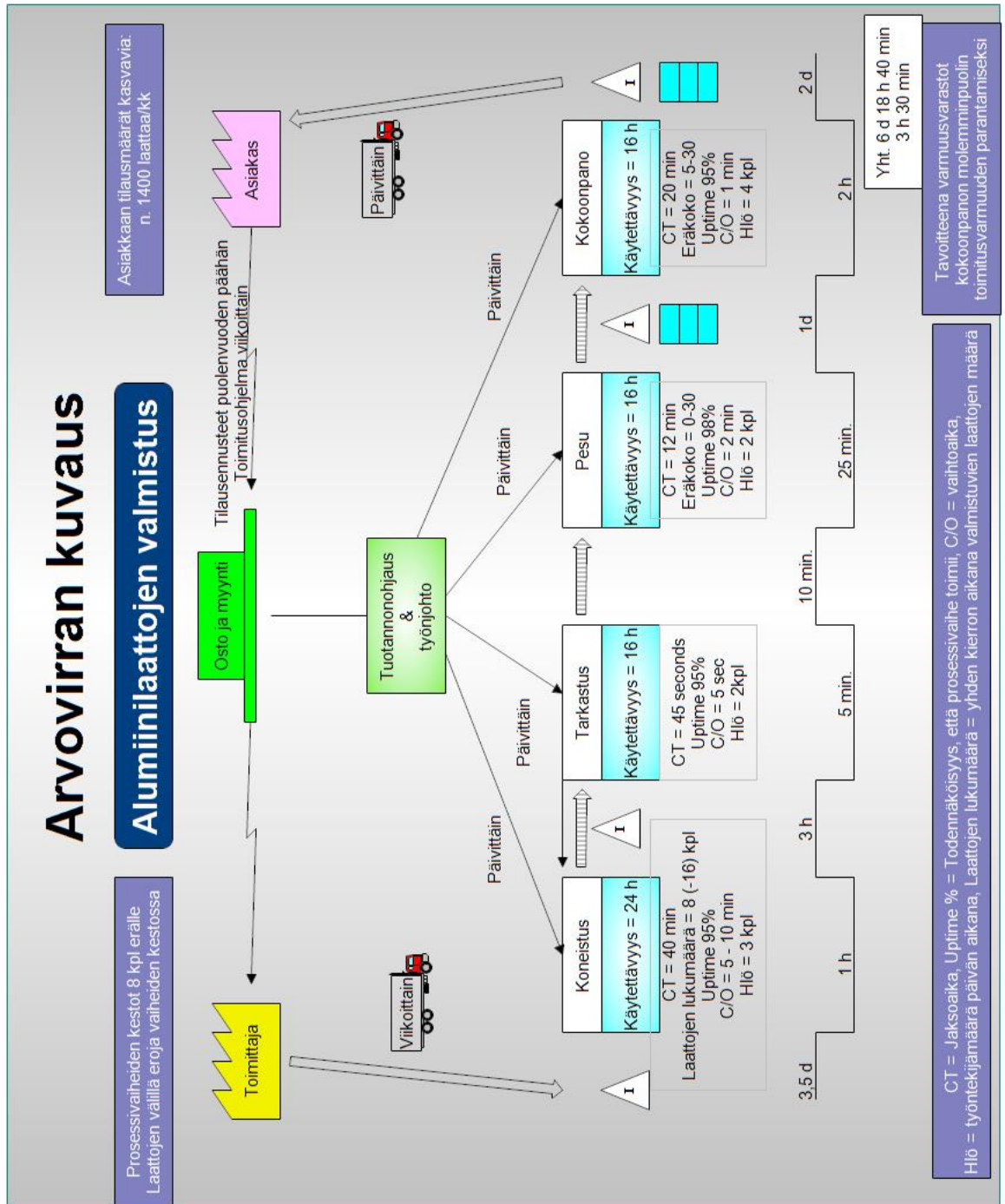
Tuominen, K. 2010b Lean - Tehoa ja laatua hukkan vähentämiseen. A Bonnier Group Company. Juva: WS Bookwell.

Liitteet

Liite 1 Arvovirran kuvaus



Liite 2 Arvovirran kuvaus uudella koneistuskeskuksella



Liite 3 Kokoonpano-ohje -malli

Kokoonpano - työohjeet

<u>Yhdyslaatat</u>	<u>Vaihteistolaatat</u>	<u>Voitelulaatat</u>
ACV0242160	ACV0115410	ACV011701A
ACV011577A	63434400	ACV012141A
ACV011578A	ACV0230080	ACV013395C
ACV011581A		

Vaihteistolaatan kokoonpano

63434400 Vaihteistolaatta



Kokoonpanopiirustus 
[Esikokoonpano tehty?](#)

Kokoonpano - 7

- Kuusiokolotulppien (2 kpl) asennus
 - GR0296
 - Hyllypaikka: C1-1
- Ohje:
 - Kiristys koneella 2 momenttiin 25 +- 5 Nm

