



Imuohjauksen soveltaminen putken- valmistukseen

Noora-Liina Nurminen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2013
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

Noora-Liina Nurminen:
Imuohjauksen soveltaminen putkenvalmistukseen

Opinnäytetyö 42 sivua, joista liitteitä 1 sivua
Huhtikuu 2013

Tämä opinnäytetyö on tehty on Agco Powerin Linnavuoren tehtaalle. Työn tarkoituksena on tehostaa tehtaan matalapaineputkia valmistavan osaston tuotannonohjausta tutkimalla mahdollisuuksia siirtyä imuohjaukseen. Tämän toivotaan lyhentävän valmistuksen läpimenoaikoja ja parantavan toimitusvarmuutta putkiosastolta moottorikokoonpanoon. Opinnäytetyön tekijä on työskennellyt putkiosastolla aikaisemmin tuotannon tehtävissä, joten valmistusprosessi on tuttu.

Työ alkoi valmistusprosessin hahmottamisella ja sen tämänhetkisen läpimenoajan selvittämisellä. Läpimenoajan tutkimiseen käytettiin value stream map- työkalua, joka osoittaa, kuinka suuri osa läpimenoajasta on jalostavaa työtä. Lisäksi työssä tuodaan ilmi nykyisen tuotannonohjauksen aiheuttamat ongelmat, joihin imuohjaukseen siirtymisen toivotaan tuovan ratkaisu.

Työn tuloksena päädyttiin ohjaamaan valmistusprosessin ensimmäistä vaihetta, putken katkaisua, imuvarastolla ja putken taivutusta kanban- systeemillä, jossa signaali tulee valmiiden putkien varastosta. Työn imuohjaus on suunniteltu vain rajatulle otokselle nimikkeitä, mutta tulevaisuudessa on mahdollista laajentaa se kaikkiin nimikkeisiin.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Product Development

Noora-Liina Nurminen
Pull system in pipe production

Bachelor's thesis 42 pages, appendices 1 pages
April 2013

This thesis is made for Agco Power. The purpose of this thesis is to develop production management in company's pipe department by using pull system. That is expected to decrease pipe production's lead-time and improve delivery reliability. Writer of this thesis has worked in Agco Power's pipe department and the production process is familiar.

First part of the work was to picture the production process and find out the actual lead-time at the moment. For that was made value stream map that shows amount of waste time in process. In this thesis is also figured out the problems that should be solved in current production control system.

As a result of this thesis pipe cutting is controlled by pull storage between cutting and bending and pipe bending is activated by kanban signal which comes from storage of finished products. The pull system designed in this thesis is made for restricted amount of items but in future it is possible to widen it to involve all items.

Key words: production control, pull system, lead-time

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LEAN MANAGEMENT	7
2.1	Just-In-Time tuotannonohjaus	8
2.2	Imuohjaus.....	9
2.2.1	Kanban	10
2.2.2	Kanban- järjestelmän laskentaperusteet.....	11
3	AGCO POWER.....	13
3.1	Putkenvalmistus	14
3.1.1	Putkenvalmistusprosessi	18
3.1.2	Läpimenoaika.....	18
3.2	Varastointi ja eräkoot.....	20
3.3	Putkisetit	21
3.4	Tuotannonohjaus.....	25
3.5	Ongelmakohdat	26
4	VIERAILU AVANT TECNOLLE.....	28
5	IMUOHJAUKSEN SUUNNITTELU	30
5.1	Tavoitteet uudelle tuotannonohjaukselle	30
5.2	Imuohjaukseen siirtyminen.....	30
6	IMUOHJAUKSEN TOTEUTUS	33
6.1	Putkinimikkeiden valinta	33
6.2	Tarvittavien kanbanien lukumäärä.....	33
6.3	Valmiiden nimikkeiden varastointi.....	34
6.4	Suorien putkien imuvarasto	35
6.5	Muutokset putkenvalmistusmenetelmissä	36
7	ARVIOINTI JA MAHDOLLINEN JATKOKEHITYS.....	38
7.1	Katkaisun ohjaus imuvarastolla	38
7.2	Kaikki nimikkeet kattava imuvarasto	38
8	POHDINTA.....	40
	LÄHTEET.....	41
	LIITTEET	42

LYHENTEET JA TERMIT

JIT	Tuotannonohjausmenetelmä, jossa tuotanto aloitetaan vasta tilauksesta (Just In Time)
VSM	Työkalu prosessin materiaali- ja informaatiovirtojen kartoittamiseen (Value Stream Mapping)
KEKO	Kriittisten osien lista, joka osoittaa puutteet seuraavasta 600:sta valmistettavasta moottorista
Palvelukykylista	Osoittaa palvelukyvyyn prosentteina seuraavan 300:n valmistettavan moottorin osalta
Putkisetti	Useamman putken nippu, joka lähetetään yhtenäisenä moottorikokoonpanoon
Putkimarket	Varasto, jossa on valmiina kaikkia setteihin käytettäviä putkia
Market- putki	Putkiseteissä käytettävä putki, joka varastoidaan putkimarkettissa
Miniload	Varastohissi moottorikokoonpanossa
OSP 1	Tunnus suurikokoisten putkien varastolle moottorikokoonpanossa
Put	Tunnus Kardex- merkkiselle varastohyllylle putkiosastolla
Eurolava	800mm x 1200mm kokoinen kuormalava

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on pohtia keinoja Agco Powerin Linnavuoren tehtaan putkiosaston valmistuksen läpimenoajan lyhentämiseksi. Merkittävin vaikuttava tekijä läpimenoajan pituuteen ja materiaalivirtoihin on tuotannonohjaus, minkä vuoksi tämän työn pääpaino on tuotannonohjausmenetelmien kehittämisessä putkiosastolla.

Agco Power toteuttaa Japanin autoteollisuudesta tuttua Lean- filosofiaa, joten tuotannonohjauksen kehittämistä pohditaan Leanin näkökulmista ja tavoitteena on siirtyä imuohjaukseen, sekä laajentaa sen käyttöä tulevaisuudessa. Tämän toteuttamiseksi tutustutaan Lean managementiin, jonka periaatteita sovelletaan halutun lopputuloksen saamiseksi. Läpimenoajan lyhentämiseksi selvitetään tuotetta jalostavien työvaiheiden määrä ja kesto, sekä paneudutaan eräkokoihin ja varastojen kokoon, etenkin puolivalmiiden putkien osalta. Työn tueksi tehdään myös yritysvierailu Avant Tecnoille, jolla on käytössään hyvin toimiva imuohjaus kanban- systeemillä. Vierailun tarkoituksena on saada ajatuksia ja ideoita, joita voi mahdollisesti hyödyntää myös Agco Powerin tuotannossa.

Työn aluksi käydään läpi Leanin teoriaa, käsitteitä Just-In-Time - tuotanto, imuohjaus ja kanban, jonka jälkeen esitellään Agco Powerin putkiosaston nykytila ja putkien valmistusprosessi kokonaisuudessaan. Loppuosassa esitetään tarvittavia muutoksia ja toimintatapoja, joilla tuotantoa ja sen ohjausta muutetaan imuohjauksen saavuttamiseksi. Nykyisen tehdashallitilan rajallisuuden vuoksi imuohjaus suunnitellaan aluksi vain rajalliselle määrälle nimikkeitä.

2 LEAN MANAGEMENT

Lean tuotannon tarkoituksena on tehdä työtä pienemmillä resursseilla. Se on eräänlainen mukaelma massatuotannosta, jonka tarkoituksena on tähdätä parempaan laatuun, nopeammin, pienemmällä kalustolla ja pienemmällä määrällä työvoimaa. (Groover, 2008) Lean on asiakaslähtöinen toimintatapa. Toiminnan arvoa mitataan asiakkaalle tuotettujen lisäarvojen avulla, ei valmistuneiden tuotteiden määrällä. Toiminta pyritään yksinkertaistamaan niin, että kaikki lisäarvoa tuottamattomat toiminnot poistetaan prosessista. Työaikaa ja -panosta käytetään tuotteen valmistamiseen puolet aiemmasta, keskeneräisen työn määrä putoaa huomattavasti ja varastojen määrä vähenee. Tuotteet pyritään tekemään kerralla valmiiksi. (Miettinen, 1993)

Seuraavassa listassa on esitetty joitakin kevyen ja joustavan lean- toiminnan periaatteita (Miettinen, 1993):

- Asiakaskeskeisyys
- Laadukkuus
- Vastuun hajauttaminen
- Resurssit mitoitetaan juuri tarpeen mukaan
- Yhteistyö, ryhmätyö
- Vertailu kilpailijoihin (Benchmarking)
- Jatkuvan parantamisen periaate
- Imuohjaus ja joustava tuotantojärjestelmä
- Lyhyet asetusajat
- Lyhyet läpäisyajat
- varastojen minimointi

Leanin juuret ovat lähtöisin toisen maailmansodan jälkeisestä Japanista, missä Toyotan autotehtaalla havaittiin, ettei kotimarkkinoilla voi hyödyntää massatuotantoa samalla tavalla kuin Amerikassa tai Euroopassa. Toyotan silloinen toimitusjohtaja Taiichi Ohno sai tehtäväkseen kehittää autotehdasta vastaamaan ulkomaalaisten asettamiin

haasteisiin, minkä seurauksena syntyi lean management. Ohno päätteli, että lyhyemmillä läpimenoajoilla, pienillä varastoilla ja pienemmällä valmistettavilla eräkooilla saavutetaan parempi asiakastyytyväisyys, laatu ja tuottavuus. (Groover, 2008)

Toyotan tuotantojärjestelmässä kaiken perusta on hukkan, japaniksi mudan, eliminoiminen. Tuotannon toimet voidaan jakaa kolmeen kategoriaan (Groover, 2008):

- Todellinen työ, kaikki ne toimet, jotka lisäävät tuotteen arvoa
- Aputyö, kaikki ne toimet, jotka tukevat lisäarvoa tuottavaa työtä
- muda eli hukka, kaikki toiminnot, jotka eivät tuota arvoa, eivätkä tue muita toimenpiteitä.

Ohno tunnisti seitsemän hukkan muotoa, jotka halutaan poistaa (Groover, 2008):

1. Viallisten osien tuotanto
2. Ylituotanto
3. Liialliset varastot
4. Tarpeettomat työvaiheet
5. Tarpeeton työntekijöiden liikuttelu
6. Tarpeeton kuljetus ja materiaalinkäsittely
7. Työntekijöiden odottelu-aika

2.1 Just-In-Time tuotannonohjaus

Lean managementissa toistuvan tuotannon tuotannonohjaukseen on kehitetty JIT-periaate (just-in-time). Sen mukaan yksinkertaisuus on tehokkuuden avain ohjauksessa. JIT-tuotannonohjauksessa pätevät tuotannonohjauksen yleiset periaatteet, kuten alhaiset valmistuskustannukset, mahdollisimman pieni tuotantoon ja varastoihin sitoutunut pääoma, tasainen valmistuksen kuormitus ja lyhyet läpäisyajat. Näiden lisäksi JIT:n periaatteisiin kuuluu leanille tyypillisesti kaiken turhan poistaminen, millä tarkoitetaan turhia varastoja, keskeneräistä työtä sekä turhaa työtä, esimerkiksi virheellisten osien muodossa. Ideaalitapauksessa valmistetaan välttämätön määrä tuotteita, juuri silloin kun

niitä tarvitaan. Suomessa JIT- periaatteesta käytetään myös nimitystä JOT, joka on lyhennys sanoista juuri oikeaan tarpeeseen. (Miettinen, 1993)

JIT-tuotantoon siirryttäessä joudutaan yleensä tekemään muutoksia, kuten virtauttamaan tuotanto, lyhentämään läpimenoaikoja, tasoittamaan tuotanto, ottamaan imuohjaus käyttöön ja automatisoimaan mahdollisuuksien mukaan. (Miettinen, 1993) Virtautetussa tuotannossa valmistus jaetaan pieniin ja helposti hallittaviin kokonaisuuksiin, esimerkiksi tuotantosoluiksi niin, että tuotanto etenee suoraviivaisesti. Ohjaus kohdistetaan soluun tai linjaan, ei yksittäiseen työvaiheeseen. Tavoitteena olisi, ettei solun tai linjan sisällä olisi välivarastoja, mutta käytännössä nollavarasto on lähes mahdoton toteuttaa. Solujen ja linjojen sisäinen, tai niiden välinen ohjaus voi perustua yksinkertaiseen visuaaliseen ohjaukseen, kuten kanbaniin. (Miettinen, 1993)

JIT:n keskeisimmäksi tavoitteeksi nimetty asetusajojen lyhentäminen tarkoittaa aikaa, joka menee sarjatuotannossa valmistuserän työn alle saamiseen. Yleensä tämä aika ei ole riippuvainen erän koosta. Asetusaikojen lyhentämisellä on laajat seurausvaikutukset, koska sillä pyritään eräkoon pienentämiseen ilman, että valmistusaika pitenee. Tavoitteena on taloudellinen erä koko yksi, jolloin tuotanto on niin joustavaa kuin mahdollista. (Miettinen, 1993)

2.2 Imuohjaus

Imuohjauksessa, päinvastoin kuin perinteisessä työntöohjaukseen perustuvassa tuotannosuunnittelussa, suunnittelun pääpaino on tuotannon loppupäässä. Esimerkiksi kokoonpano suunnitellaan tarkasti ja se tilaa tarvitsemansa osat osavalmistuksesta. Tuotantoa ohjataan visuaalisesti esimerkiksi kanban- korteilla tai yksinkertaisella laatikkosysteemillä, jossa tyhjentyneet laatikot ovat signaali valmistaa sen verran uusia nimikkeitä. Imuohjauksessa ohjaus kohdistuu juuri sinne, missä se on kannattavinta. Tuotannon loppupäässä keskeneräiseen tuotantoon sitoutunut pääoma on suurimmillaan, joten välivarastojen koko siellä pitäisi pitää pienenä. Osia valmistetaan juuri sen verran kun on tarve, eräkoot lasketaan tarkasti jokaisen nimikkeen kulutuksen ja valmistukseen kuluvan ajan mukaan. (Miettinen, 1993)

Jotta pystytään vastaamaan pieniin eräkokoihin, täytyy tuotannossa pystyä muuttamaan asetuksia useammin. Jos alkutuotannon asetusajat ovat pitkiä, täytyy välivarastoissa pitää tavaraa tasoittamassa kysyntää. Tällöin koko toimitusketjussa ei saavuteta lean-periaatteen hyötyjä varastojen optimoinnissa. (Krajewski, Ritzman, Malhotra, 2010)

Imuohjausta on kahta tyyppiä: imuohjaus imuvaraston kautta ja ohjaus osaa käyttävästä valmistusyksiköstä osia valmistavaan yksikköön annettavalla tarveimpulssilla. Imuvarastolla toteutettavassa ohjauksessa käyttäjä- ja valmistusyksikön välissä on kaikki osat käsittävä varasto, josta esimerkiksi kokoonpano ottaa osia ja varaston vajeus on merkki valmistavalle yksikölle tehdä lisää. Imuvarastossa on oltava kaikkia nimikkeitä täydennykseen kuluvan ajan tuotantomäärää vastaavasti. Mikäli käyttävää tai valmistavaa yksikköä ei ole mahdollista sijoittaa layoutissa imuvaraston viereen, on impulssina käytettävä esimerkiksi korttia. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen, 1997)

2.2.1 Kanban

Sana kanban tulee japaninkielisistä sanoista kan, joka tarkoittaa korttia, ja ban, joka tarkoittaa signaalia. Kanban onkin imuohjauksessa käytetty informaatiojärjestelmä, joka ohjaa kapasiteettia ja varastoja yksinkertaisin visuaalisin keinoin korteilla, tai yksinkertaisimmillaan kahdella laatikolla.

Kanban- kortteja on kahdenlaisia, tuotanto- kanban ja kuljetus- kanban. Tuotanto-kanban ohjaa osien valmistamista. Kun varastoalueelta viedään laatikko käyttävälle yksikölle, siirretään laatikon kortti tuotantoalueelle. Käytössä on usein kanban-taulu, johon kortteja kerätään, kunnes varastotaso laskee sille tasolle, että nimikkeiden valmistus on aloitettava. Kuljetus- kanban taas ohjaa osien kuljetusta varastosta käyttävään yksikköön. Kun käyttävän yksikön hyllyyn noudetaan uusi laatikko, poistetaan kortti laatikosta ja toimitetaan se varastoalueelle merkiksi osan kulutuksesta. Yksittäiseen korttiin on merkittynä osan nimiketunnus, pakkauskoko, sekä järjestysnumero, joka kertoo kierrossa olevien korttien lukumäärän. (Groover, 2008)

Kanban- järjestelmän käyttö edellyttää tuotannolta tiettyjä ominaisuuksia. Tuotannon on oltava jossain määrin jatkuvan prosessin luonteista ja siihen on pystyttävä soveltamaan

suuria sarjasuuruuksia. Myös tuotteen kysyntä on pystyttävä ennustamaan hyvin, jotta kuormituksen taseus onnistuu. (Miettinen, 1993)

2.2.2 Kanban- järjestelmän laskentaperusteet

Perinteisesti käytetään taloudellisen eräkoon kaavaa, kun halutaan laskea toimituserien kokoa. Tässä menetelmässä otetaan huomioon vuosittainen kulutus, sekä varastointi- ja tilauskustannukset. Alla olevassa kaavassa esitetään taloudellisen eräkoon (EOQ) kaava (Krajewski ym., 2010)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

jossa $D =$ vuosittainen tarve/kpl
 $S =$ tilauskustannus/erä
 $H =$ varastointikustannus/kpl vuodessa

Taloudellisen eräkoon kaava soveltuu tuotantoon, jossa valmistetaan nimikkeitä varastoon ja tuotteilla on tasainen kysyntä. Tämä toimintatapa sen sijaan ei sovellu tuotantoon, jossa valmistaminen aloitetaan tilausta vastaan. Tästä voidaan todeta, ettei kaavan avulla voida optimoida tilaus-toimitusketjun toimintaa, mutta siitä voi olla hyötyä tilauserää määriteltäessä, koska se ottaa huomioon myös tilauksesta aiheutuvat kustannukset.

Kanban- järjestelmän laskennassa huomioidaan pakkauskoko ja materiaalinkäsittelyyn kuluvat ajat, mutta kustannukset jätetään huomiotta. Kanban- järjestelmässä tarvittavien laatikoiden, ja samalla signaalikorttien määrän voi laskea seuraavalla kaavalla (Krajewski ym. 2010)

$$\begin{aligned} \text{Nimikkeen pakkausten lkm} &= \frac{\text{keskimääräinen tarve} + \text{varmuusvarasto}}{\text{pakkauskoko}} \\ &= \frac{d(\omega + \rho)(1 + \alpha)}{c} \end{aligned}$$

jossa: $d = \text{tarvemäärä/päivä}$
 $\omega = \text{keskiarvo aika, joka kuluu tuotantoon ja materiaalinkäsittelyyn/pakkaus}$
 $\rho = \text{pakkauksen käsittelyyn kuluva aika}$
 $\alpha = \text{varmuuskerroin}$
 $c = \text{nimikkeen pakkauskoko}$

3 AGCO POWER

Agco Power on globaali yritys, jolla on tuotantolaitoksia Brasiliassa, Kiinassa ja Suomessa Nokian Linnavuoressa. Monet saattavat muistaa Linnavuoren tehtaan paremmin Sisu Dieselinä, koska sillä nimellä tehdas tunnettiin ennen fuusioitumistaan suuren amerikkalaisen Agco- konsernin kanssa. Vuonna 2008 Sisu Diesel muutti nimensä Agco Sisu Poweriksi, ja kesällä 2012 nimestä putosi vielä sana ”Sisu” pois. Agco- konsernin osaksi liittymisen myötä Agco Powerista tuli yksi maailman johtavista dieselmoottorien valmistajista. (Agco Power, 2012)

Agco- konserni on maailman kolmanneksi suurin maatalouskoneiden kehittäjä ja valmistaja, sen tuotteita myydään 9000 välittäjän toimesta yli 140 maassa ympäri maailmaa. Agcon maailmanlaajuisesti tunnettuja tuotemerkkejä ovat muun muassa Valtra ja Massey Ferguson. (Agco Power, 2012)

Linnavuoressa Agco Power on toiminut jo pian lähemmäs 70 vuoden ajan, dieselmoottoreidenmoottoreiden valmistukseen tehdas siirtyi vuonna 1946. Siitä lähtien tehtaassa on valmistettu moottoreita, omistaja on vain vaihtunut muutamaan otteeseen. Tänä päivänä, Agcon omistuksessa, tehdas tuottaa lähes 40.000 dieselmoottoria vuodessa. Määrä tulee kasvamaan 50.000:een tällä hetkellä käynnissä olevan tehtaan laajennuksen ansiosta. Tuotanto uudessa tehtaassa olisi tarkoitus aloittaa jo alkuvuodesta 2013. (Agco Power, 2012)

Uudesta tehtaasta on tulossa Agcon modernein ja viimeisimpien ASP- oppien ja Lean-filosofian mukainen kokoonpanotehdas. Lean- filosofia tuli Linnavuoren tehtaalle tutuksi Agcoon liittymisen myötä, ja tulevaisuudessa sen merkitys tulee vain kasvamaan. (Agco Power, 2012) Siksi on luonnollista käyttää Leanin ajatusmallia myös tässä työssä käsiteltävän putkiosaston tuotannonohjauksen kehittämisessä. Imuohjaukseen siirtyminen on merkittävä ja ratkaiseva askel kohti Leanin tuomia etuja.

3.1 Putkenvalmistus

Moottorin matalapaineputket ovat helppoja ja yksinkertaisia osia valmistaa. Tämä saattaa herättää kysymyksen, miksi Agco Power tuottaa putket itse Linnavuoressa. Ensimmäinen syy on hyvä ammattitaito, minkä vuoksi Linnavuoren tehtaassa putkiosastolla valmistetaan ensiluokkaisen hyvälaatuisia osia. Toinen tärkeä tekijä on hinta, Linnavuoressa matalapaineputkien valmistus on edullisempaa kuin muualla, sillä osasto on hyvin automatisoitu. Lisäksi putkinimikkeiden määrä aiheuttaisi huomattavasti valvonta- ja varastopaikkakustannuksia, eikä tilaakaan ei riittäisi sellaisten valmisosien määrien varastointiin. Valmistus Linnavuoressa mahdollistaa myös palvelun jälkimarkkinointiin ja tuotekehityksen protopajalle. Esimerkkejä yleisistä valmistettavista putkista on kuvassa 1.



Kuva 1: Putkiosastolla valmistettavia matalapaineputkia

Agco Powerin moottoreissa käytettävät matalapaineputket, kuten polttoaine-, öljy- ja ylivuotoputket, valmistetaan putkiosastolla, joka sijaitsee tehtaassa 4- hallissa. Putkinimikkeitä on paljon, lähemmäs kaksi sataa, ja niiden koot vaihtelevat viiden millimetrin halkaisijasta jopa 28 millimetriin. Nimikkeiden tarpeet kuitenkin vaihtelevat runsaasti, joten aktiivisessa käytössä olevia nimikkeitä, joilla on viikoittain merkittäviä tarpeita, on hieman päälle sata. Valmistettavat nimikkeet voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan, juotettavat putket ja hitsattavat putket. Valmistuneet putket toimitetaan kokoonpanoon tehtaassa 5- halliin.

Osastolla työskentelee vakituisesti viitisentoista työntekijää kahdessa vuorossa. Työntekijöillä ei ole määrättyjä työtehtäviä, vaan osasto muistuttaa tuotantosolua, jossa kaikki ovat monitaitoisia osajia. Käytettäviä koneita osastolla on katkaisukone, kaksi taivutuskonetta, päänmuokkausrobotti ja juotosrobotti. Kuvat koneista löytyvät kuvista 2-6. Suurimmalla osalla työpisteistä on käytössä työnkierto, ainoastaan hitsaajat ja katkaisija työskentelevät vain omalla paikallaan. Taivutuskonetta, muokkausrobottia ja juotosrobottia käytetään usein samanaikaisesti yhden tai kahden työntekijän toimesta. Juotospaikkoja on osastolla neljä ja hitsauspaikkoja kaksi. Layout-kuva osastosta on liitteessä 1 sivulla 42.



Kuva 2: Katkaisukone



Kuva 3: Juotosrobotti ja juotosasemat



Kuva 4: Crippa- taivutuskone



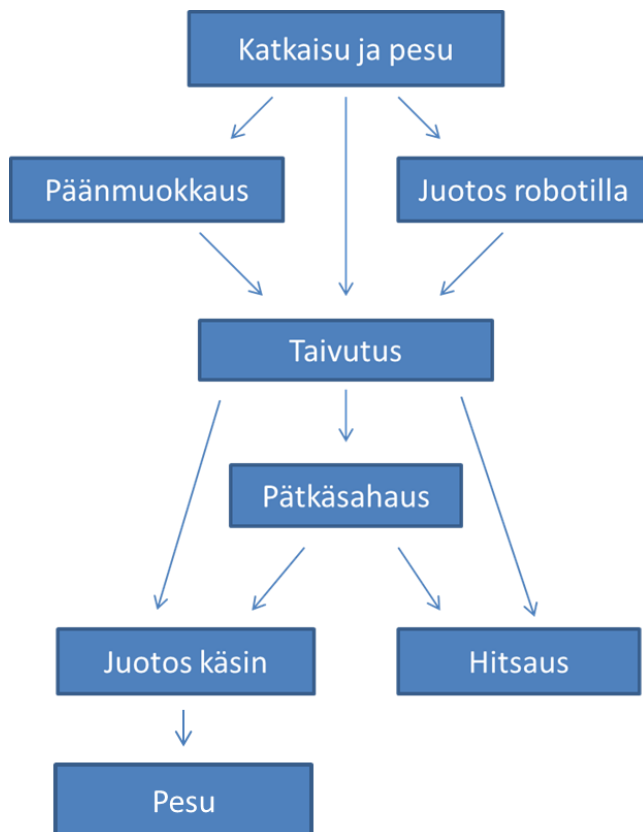
Kuva 5: Wafios- taivutus kone



Kuva 6: Muokkausrobotti

3.1.1 Putkenvalmistusprosessi

Valmistusprosessiin kuuluvia vaiheita ovat katkaisu, taivutus, päänmuokkaus, pätkäsahaus, juotos ja hitsaus. Valmistusprosessin kulku on kuvattu kuviossa 1. Kuvaukseen on merkitty vain putkia jalostavan työn vaiheet, ei välivarastoja.



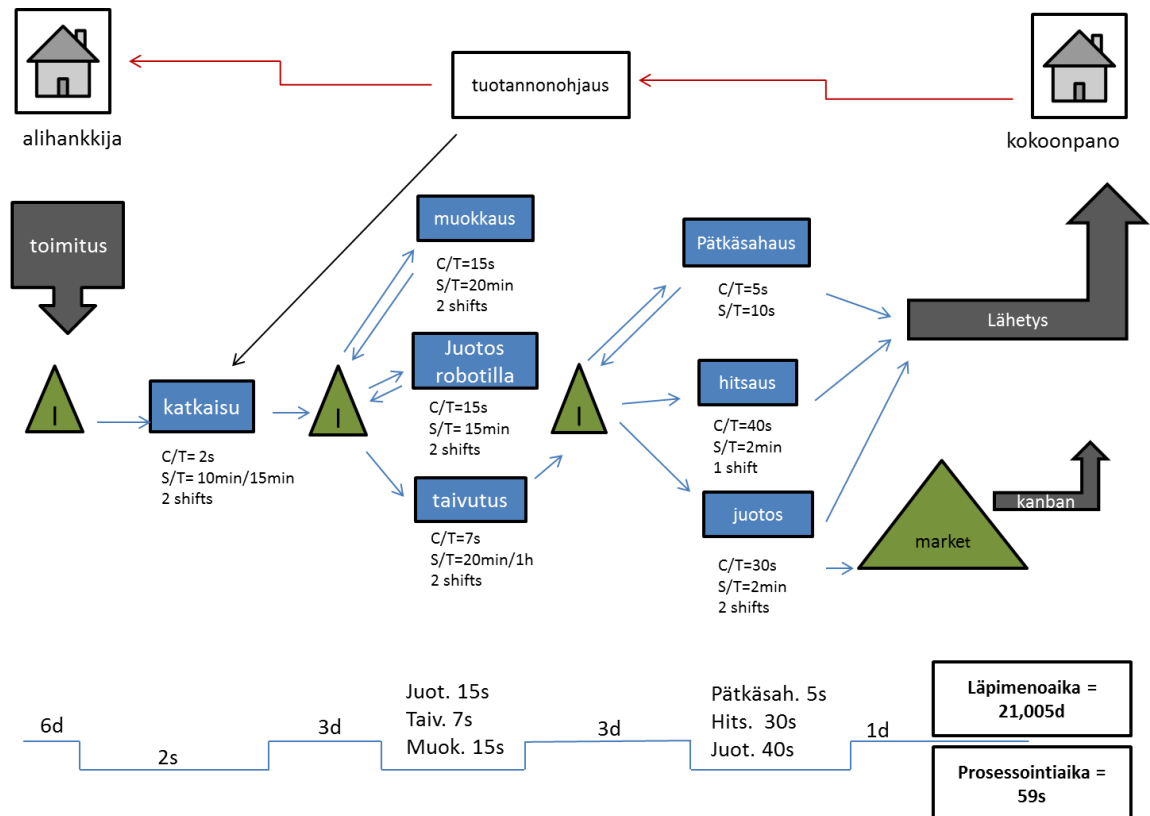
Kuvio 1: Putkenvalmistusprosessin kulku

Kuten kuvioista 1 huomataan, mahdollisia valmistusreittejä on useita. Kaikki nimikkeet eivät kuitenkaan kulje kaikkien työvaiheiden läpi, vaan jotkut ovat valmiita jo taivutuksen jälkeen, kun taas toiset kiertävät juotosrobotin ja pätkäsahauksenkin kautta. Toisilla nimikkeillä läpimenoaika on siis pidempi kuin toisilla. Kaikista kuormitetuimmat työvaiheet ovat katkaisu ja taivutus, sillä ne tehdään kaikille valmistettaville nimikkeille.

3.1.2 Läpimenoaika

Läpimenoaika putkenvalmistuksessa on se aika, joka kuluu putken katkaisun aloittamisesta siihen, kun putki on valmis lähetettäväksi kokoonpanoon. Tämä aika koostuu put-

ken arvoa lisäävistä työvaiheista, varastoinnista ja kuljetuksesta työpisteeltä toiselle. Tämänhetkinen läpimenoaika on havainnollistettu kuviossa 2 value stream map- työkalua hyödyntäen. Kaavion läpimenoaika ja prosessointiaika on laskettu pahimmalle mahdolliselle tapaukselle, eli putkelle, joka vaatii katkaisun, muokkauksen, taivutuksen, pätkäsahauksen ja hitsauksen. VSM- kaaviosta käy hyvin ilmi, kuinka suuri osa läpimenoajasta todella on putkea jalostavaa työtä, josta asiakas maksaa.



Kuvio 2: VSM- kaavio putkiosastosta

Kuviosta 2 huomataan, että läpimenoaikaan vaikuttaa paljon se, mitä työvaiheita putkelle tehdään. Läpimenoaika vaihtelee siis nimikekohtaisesti paljon. Kaikista pisimmät läpimenoajat ovat nimikkeillä, jotka pätkäsahataan, muokataan tai juotetaan suorana juotosrobotilla, sillä nämä työvaiheet lisäävät varastointiaikaa huomattavasti. VSM-kaavio osoittaa, että todelliseen tuotteen arvoa lisäävään työhön kuluu aikaa yhden minuutin verran, mutta nimikkeen läpimenoaika voi silti pahimmillaan venyä jopa kolmeen viikkoon. Tämä tarkoittaa sitä, että prosessointiin kuluva aika on noin 0,05 %:in luokkaa koko läpimenoajasta. On kuitenkin muistettava, että tässä kaaviossa käytetään kuvaavana esimerkkinä pahinta mahdollista skenaariota, normaalitapauksessa kokonais-

läpimenoaika on yleensä noin 8 päivää, jolloin prosessointiin kuluva aika puolestaan on 0,12 %.

Läpimenoajan vaihteluun vaikuttaa olennaisesti myös se, että putkien taivutus on tähän asti hoidettu yhdellä taivutuskoneella, jonka asetusaika työkaluja vaihdettaessa on jopa yli tunnin mittainen. Tämän vuoksi on pyritty taivuttamaan samaa putkikokoa mahdollisimman pitkään, mikä johtaa siihen, että taivutetaan myös nimikkeitä, joilla ei juuri sillä hetkellä ole suurta tarvetta. Tällöin kyseinen nimike voi joutua odottamaan puolivalmiina varastossa jatkokäsittelyä pitkiäkin aikoja.

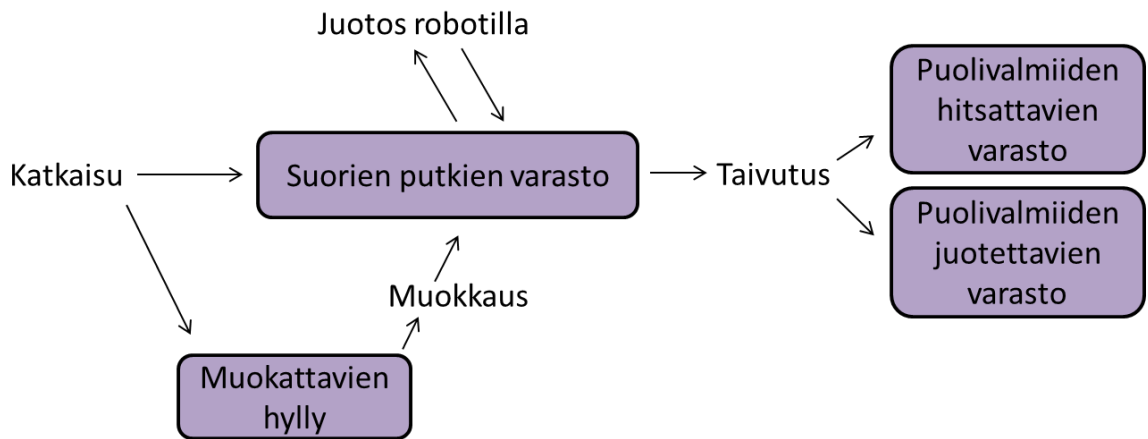
On myös havaittu, että katkaisusta taivutuksen kautta käsin juotokseen putket kulkeutuvat useimmiten ongelmitta, mutta juotosrobotin ja päänmuokkauksen kautta kulkevilla nimikkeillä on ongelmia ohjautua työpisteeltä toiselle. Tällä hetkellä kaikki suorat katkaistut putket varastoidaan samassa hyllyssä, vaikka osa on menossa juotosrobotille ja osa taivutuskoneelle, jolloin työntekijät eivät aina huomaa juotosrobotin kautta kulkevia putkia ja robotti seisoo pysähdyksissä.

3.2 Varastointi ja eräkoot

Tällä hetkellä eräkoon suuruus määritellään putken katkaisuvaiheessa, kun katkaisija arvioi menekin seuraavan kuukauden ajalle. Näin ollen eräkoot joillakin putkilla ovat hyvin suuria, jopa yli kuukauden tarve kerralla, mikä aiheuttaa varastomäärän kasvua puolivalmiiden varastoon. Varastoituihin putkiin sitoutunut pääoma on kuitenkin pieni ja epäkuranttiusriski suhteellisen vähäinen, joten varastoinnin haittapuolet koskevat lähinnä materiaalin virtausta. Kaikkia katkaistuja putkia ei välttämättä taivuteta kerralla, ja kaikkia taivutettuja putkia ei välttämättä juoteta tai hitsata kerralla. Tämä johtaa siihen, että samaa putkea voi olla puolivalmiina varastossa suorana ja taivutettuna. Varaston kasvun myötä tietyn putken läpimenoaika kasvaa.

Nimikkeen valmistusketjussa on kaksi merkittävää varastointivaihetta, suorien putkien varastohylly ja puolivalmiiden taivutettujen hylly. Katkaisun ja taivutuksen välillä on suorien putkien varasto, josta putkien tulisi ohjautua katkaisuun tai juotosrobotille. Robotilla suorana juotetut putket palautuvat takaisin varastohyllyyn odottamaan taivutusta. Päänmuokkaukseen menevillä suorilla nimikkeillä on oma hyllynsä muokkausrobotin

vieressä. Taivutuksen jälkeen putket siirtyvät puolivalmiiden varastohyllyyn odottamaan juotosta, tai hitsaamon hyllyyn odottamaan hitsausta. Nimikkeiden varastointivaiheita on havainnollistettu kuviossa 3.



Kuvio 3: Varastointivaiheet valmistusprosessissa

Uuden taivutuskoneen saapumisen myötä koko osaston layoutia muutetaan, jolloin varastohyllyjen paikat myös muuttuvat. Tavoitteena on saada uuden layoutin myötä materiaalin virtaus osaston sisällä sujuvammaksi ja varastohyllyt optimaalisille paikoille, jolloin vältetään turhaa tavaran liikuttelua valmistusprosessin aikana. Liitteen 1 kuva sivulla 42 on uudesta layoutista.

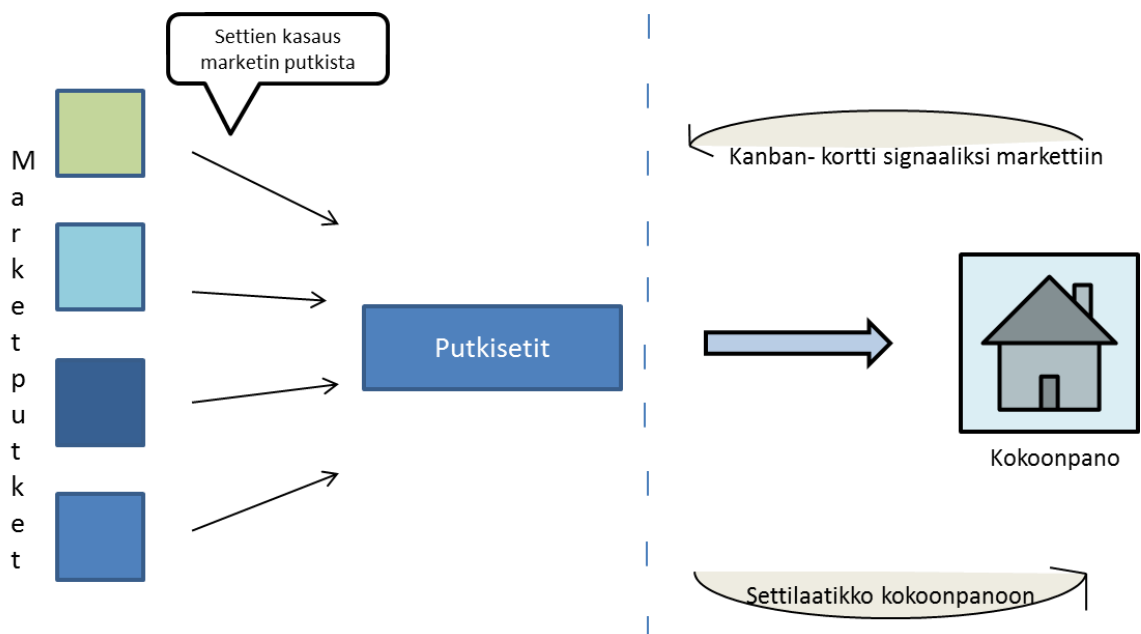
3.3 Putkisetit

Osa putkista toimitetaan kokoonpanoon useamman samaan moottoriin tulevan putken seteissä. Settiputkille on oma market- niminen varasto putkiosaston yhteydessä, missä setit tehdään valmiiksi laatikoihin hyllyyn. Trukkikuski toimittaa ne eteenpäin moottorikokoonpanoon 5- halliin. Kuvassa 7 on kuva marketista. Kuten kuvasta huomataan, jokaisella seteissä käytettävällä putkella on oma merkitty varastopaikkansa. Yksi hylly on tarkoitettu kokonaan valmiiksi koottujen settilaatikoiden varastointiin.



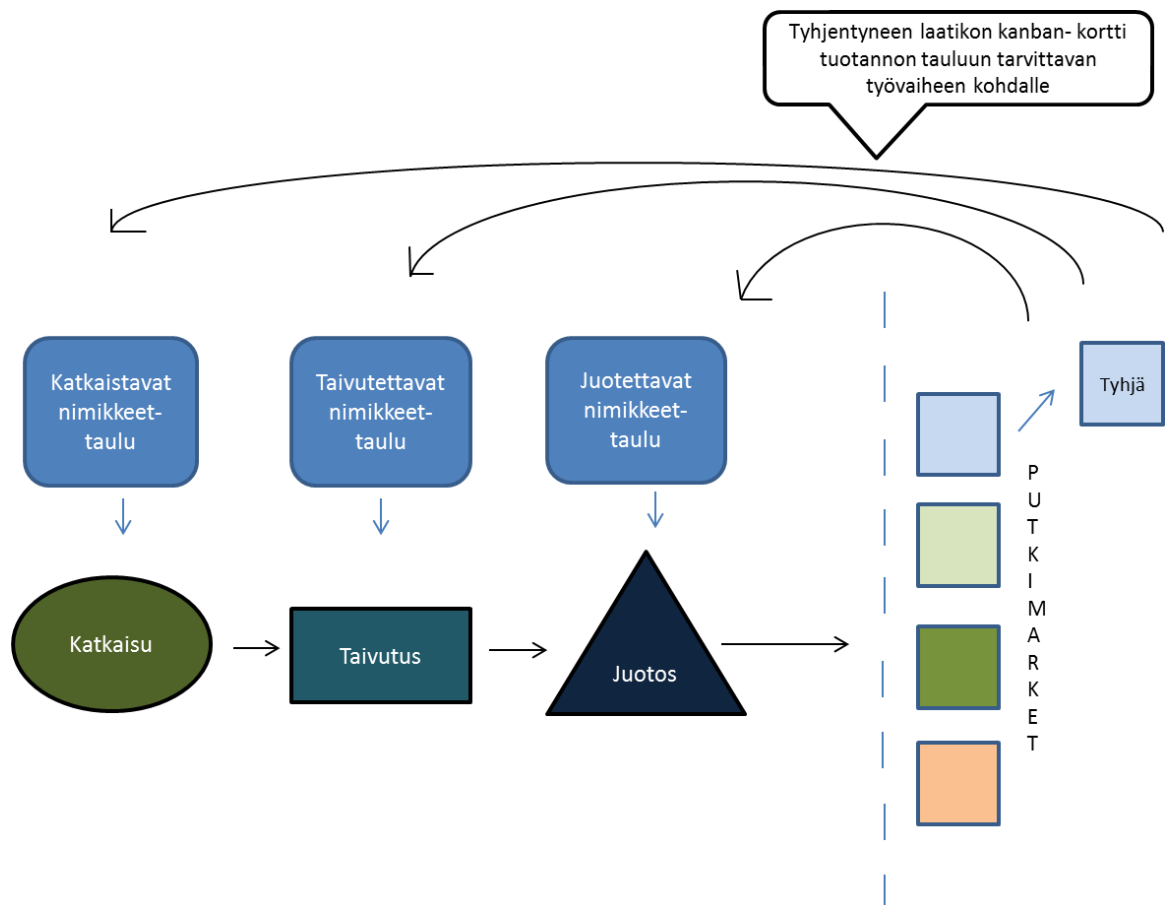
Kuva 7: Putkimarket

Yksi laatikko sisältää 5-10 settiä. Sekä settien että markettiin valmistettavien putkien tarpeita ohjataan tuotanto- ja kuljetus- kanbaneilla (ks. s. 10) imuohjauksen tapaisesti. Kuljetus- kanbaniin on merkitty nimikkeen tunnus, settien lukumäärä, sekä se, mille vaiheelle kokoonpanoon setit menevät. Tuotanto- kanbanissa puolestaan on merkittyä nimikkeen tunnus, putkihalkaisija, sekä laatikon sisältämä kappalemäärä. Kuviossa 4 on havainnollistettu settien kokoamista ja ohjausta moottorikokoonpanoon.



Kuvio 4: Putkisettien kokoaminen ja lähetys

Settilaatikoille on omat hyllypaikat marketissa, mistä laatikoita haetaan tarpeen mukaan ja merkiksi jätetään kanban- kortti, jonka osoittaman määrän verran kootaan uusia settejä hyllyyn. Kun putkilaatikat tyhjenevät, lähetään niiden tuotanto- kanban nimikekortti tuotantoon merkiksi valmistaa laatikollinen uusia. Kanban- kortti sijoitetaan korttitau- luun sen työvaiheen kohdalle, joka putkille on tehtävä seuraavaksi. Katkaisulla, taivu- tuksella ja juotoksella on siis omat kohtansa taulussa. Oikea työvaihe selviää Excel- taulukosta, jossa on merkittynä, onko nimikettä katkaistu tai taivutettu. Esimerkiksi, jos kyseistä nimikettä löytyy jo taivutettuna puolivalmiiden varastosta, sijoitetaan kortti taulussa juotettavien jonoon. Eräs heikkous järjestelmässä on se, että signaalia taivuttaa lisää nimikkeitä edellisten puolivalmiiden tilalle ei tule. Työntekijä, joka ottaa tuotanto- kanbanin juotettavien taulusta, on vastuussa informaation siirtämisestä putkien taivutta- jalle tai katkaisijalle, jos nimike loppuu puolivalmiiden varastosta. Tuotantoon mene- vän signaalin kulkua on havainnollistettu kuviossa 5.



Kuvio 5: Settiputkien valmistus

Koko market- systeemi ja putkisetit ovat olleet käytössä putkiosastolla noin pari vuotta. Alun jälkeen putkisettien määrää on kasvatettu ja uusia putkinimikkeitä lisätty markettiin, sillä systeemi on havaittu hyväksi. Moottorikokoonpanon työ helpottuu, kun saamaan moottoriin tulevat putket ovat samassa nipussa valmiina. Myös putkiosastolla on suhtauduttu settijärjestelmään ja putkimarkettiin hyvin positiivisesti ja sitä kehitetään mielellään aina vain parempaan suuntaan.

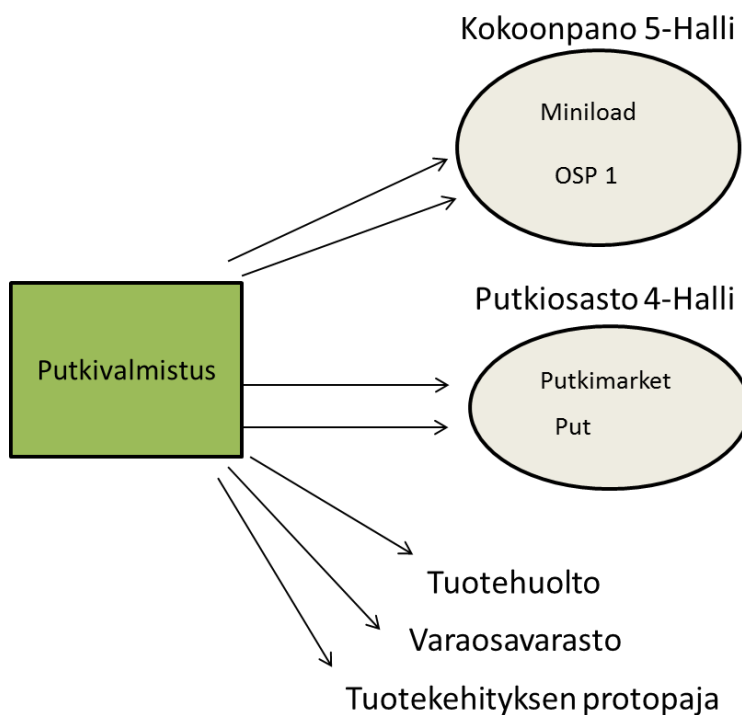
Sekä aamu- että iltavuorossa on yksi työntekijä, joka kokoaa marketissa settejä. Signaali uuden settilaatikon tekemiseen saadaan trukkikuskin tuomasta kuljetus- kanbanista. Periaate on, että kun settilaatikko viedään hyllystä, jätetään tilalle edellisen tyhjentyneen laatikon kanban. Toisinaan tästä säännöstä hieman luistetaan, jolloin on mahdollista että settihylly marketissa on tyhjä, mutta kanban- kortteja uusiin laatikoihin ei ole. Tätä asiaa on selvitetty putkiosaston ja kokoonpanolinjan välillä, sillä viime aikoina kanban- kortteja on hukkunut tavallista enemmän. Ongelman ratkaisemiseksi on ehdotettu, että kanban- kortti olisi kiinteänä laatikossa, jolloin kortin hukkaaminen olisi epätodennäköisempää.

Settien kokoamiseen vaikuttavat aika ajoin tuotannon kiireet. Putkia ei aina ehditä valmistaa markettiin samaa tahtia kun settejä kuluu, jolloin jokin putki voi loppua. Nimikkeiden kanban- kortit ovat tuotannon kanban- taulussa, usein jopa loppumispäivämäärällä varustettuna, mutta kovassa kiireessä kaikkia nimikkeitä ei silti saada tehtyä. Tilanne korjaantuu kuitenkin yleensä pian, ja hyllyssä olevat setit riittävät tämän ajan tarpeisiin. Myös kanban- korttien kulkeutuminen vaiheelta toiselle saattaa joskus jäädä, jolloin jokin nimike olisikin jo juotokseen menossa, mutta kortti on unohtunut taivutettavien jonoon. Tällaisessa tapauksessa nimike unohtuu varastoon seisomaan ja sitä aletaan kaivata vasta kun nimike loppuu marketista. Tämä seikka kuitenkin tiedostetaan tuotannossa, joten korttien kulkeutumiseen kiinnitetään huomiota ja tauluja tarkistetaan aika ajoin.

Market- systeemissä on omat ongelmansa, niin putkiosaston kuin 5- hallinkin osalta, mutta positiivisia puolia on kuitenkin enemmän kuin negatiivisia. Suurimman osan ajasta järjestelmä toimii hyvin. Tavoiteltua imuohjaukseen siirtymistä tulee varmasti helpottamaan se, että periaatetta on jo harjoiteltu putkisettien ja markettiin tehtävien putkien kanssa.

3.4 Tuotannonohjaus

Tällä hetkellä putkiosastolla ei ole yhtenäistä tuotannonohjausjärjestelmää kaikille putkille. Sen sijaan käytössä on kolmentyyppistä ohjausta, johtuen osittain siitäkin, että valmiit putket lähetetään eri paikkoihin. Putkiosaston asiakkaita ovat 5- hallin kokoonpano, tuotehuolto, varaosavarasto, sekä tuotekehityksen protopaja. Näistä merkittävin on luonnollisesti kokoonpano, jonne suurin osa putkista lähetetään. Tämän lisäksi putkille on useita eri varastointikohteita niin 4- hallissa kuin 5- hallissakin. Market ja Put-varastohylly ovat putkiosaston yhteydessä ja Miniload- hyllystöhissi sekä OSP 1- varasto ovat 5- hallissa. Valmiiden putkien loppusijoituspaikkoja on havainnollistettu kuviossa 6.



Kuvio 6: Valmiiden putkien lähetys

Tällä hetkellä toimivin ohjaustapa on putkiseteillä ja market- putkilla käytettävä imuohjaussovellus kanban- korteilla. Sen lisäksi käytetään Excel- taulukkoa, josta nähdään seuraavan kolmen viikon aikana tarvittavat putket viikkokohtaisesti, sekä se, missä vaiheessa valmistusketjua nimike on menossa. Tämän taulukko laaditaan kokoonpanon ennusteiden pohjalta, mistä johtuen määriin saattaa tulla suuriakin muutoksia, jos ko-

koonpano muuttaa ohjelmaa. Excelin ja marketin lisäksi käytössä on myös työntöohjaus katkaisusta, kun katkaisija tarkistaa seuraavan kuukauden aikana menevät putket ja määrittelee sen perusteella katkaistavat nimikkeet ja eräkoot. Tämä menetelmä on koettu toimivaksi aikaisemmin, mutta se aiheuttaa varastomäärien kasvua puolivalmiiden varastoihin. Lisäksi on ollut tapana tehdä useamman nimikkeen verran saman halkaisijan putkia, jotta välttyttäisiin asetusten vaihtamiselta. Tämä toimintamalli on johtanut siihen, että varastossa on paljon tavaraa, mutta ei välttämättä juuri sitä, mitä sillä hetkellä tarvittaisiin.

Jos kaikkia Excel- taulukon osoittamia putkia ei pystytä valmistamaan kuluvan viikon tarpeita vastaavasti, tulee nimike näkyviin kriittisten osien listalle, eli KEKO listalle. KEKO:ssa ovat nimikkeet, joita puuttuu seuraavasta 600:sta valmistettavasta moottorista. Mikäli nimikettä ei tässäkään vaiheessa saada toimitettua kokoonpanoon, tulee nimike palvelukykylistalle, jossa näkyvät nimikkeet, jotka rajoittavat seuraavan 300:n moottorin valmistusta. Tässä vaiheessa nimikkeellä on jo todella kiire.

Viime aikoina on havaittu, että Excel- taulukon ennusteiden sijaan tuotantoa ohjaa KEKO- lista, mikä on huono asia, sillä KEKO:ssa olevat nimikkeet ovat käytännössä jo myöhässä. Niinä hetkinä, kun KEKO- lista on lyhyt tai jopa tyhjä, on havaittavissa selvää työtahdin hiljenemistä työntekijöiden keskuudessa. Excel- listaa tai market- taulua ei siis pidetä yhtä tärkeänä, jolloin niitä ei pyritä tyhjentämään yhtä tehokkaasti kuin KEKO:a.

3.5 Ongelmakohdat

Tämän hetkisen toimintamallin ongelmaksi nousee se, että putkinimikkeitä valmistetaan osittain sattumanvaraisesti, ilman tarkkaa tietoa todellisesta kulutuksesta tai siitä, milloin kyseinen nimike loppuu. Nimikkeiden kysyntä myös vaihtelee jopa päiväkohtaisesti, mikä vaikeuttaa oleellisesti tuotannon työtä. Näin ollen valmistetaan paljon sellaisia putkia, joita ei juuri sillä hetkellä tarvita, kun taas kiireelliset voivat jäädä tekemättä. Sen vuoksi nimikkeitä on usein KEKO- listalla, jolloin kyseisiä putkia aletaan tehdä kiireellä, mikä taas sotkee muut suunnitelmat ja aiheuttaa asetusajoja koneille.

Käytännössä tuotanto on koko ajan askeleen jäljessä, kun yritetään saada valmistettua kuluvalle viikolla vaadittavia nimikkeitä. Kaikkia ei usein saada tehtyä, mikä voi johtaa siihen, että jokin nimike loppuu kokonaan. Jos nimikettä ei ole kokoonpanossa, eikä sitä saada hetimiten toimitettua, joudutaan moottorikokoonpanolinjassa vaihtamaan järjestystä. Tämä puolestaan taas laittaa osatarpeet uuteen järjestykseen, jolloin aiemmat ennusteet eivät päde. Tästä saadaan aikaan oravanpyörä, missä putkiosasto yrittää selviytyä niin, että kokoonpanossa ei jouduttaisi tekemään moottoreita vajailla osilla. Putkiosasto on pystynyt tähän mennessä vastaamaan haasteisiin olosuhteisiin nähden todella hyvin, sillä tämän vuoden maaliskuun palvelukyky oli 95 %, joka on tavoite.

Kun putkien tuotanto laahaa jäljessä, käytetään tuotannonohjaukseen KEKO- listaa. Nämä osat ovat jo myöhässä, joten tavoite on saada ne toimitettua kokoonpanoon saman päivän aikana. Aina se ei kuitenkaan ole mahdollista, sillä katkaisemattomien nimikkeiden läpimenoaika on väistämättä yli vuorokausi. Jos nimike joutuu palvelukykylistalle asti, haittaa se jo oleellisesti kokoonpanon työtä ja voi johtaa pahimmillaan jopa linjan seisahtamiseen. Tällaisia tilanteita pitäisi kaikin keinoin pyrkiä välttämään.

Useammasta rinnakkain toimivasta tuotannonohjauksesta aiheutuu ongelmia, sillä useampaa listaa on vaikea seurata samanaikaisesti. Silloin, kun KEKO- lista on lyhyt, market- putkien kanban- taulu sen sijaan on aivan täynnä ja mahdollisesti useita nimikkeitä on loppumassa tai jo loppunut. Jos taas keskitytään market- putkiin, kerääntyy KEKO:lle nimikkeitä.

4 VIERAILU AVANT TECNOLLE

Ylöjärvellä sijaitsevalla pienkuormaimia valmistavalla Avant Tecnolla on ollut käytössä imuohjaus kaikille omavalmisteisille osille hetken aikaa. Mielenkiinnosta ja mahdollisten ideoiden synnyttämiseksi Agco Powerilta tehtiin vierailu Avantille marraskuussa 2012, jolloin yrityksen tuotantojohtaja esitteli tuotantoa ja kertoi käytössä olevasta ohjausjärjestelmästä ja sen käyttöönotosta.

Vierailu tehtiin 30.11.2012, ja siihen osallistuivat Noora-Liina Nurminen, opinnäytetyöntekijä, sekä Agco Powerilta ostajohtaja, logistiikkapäällikkö, logistiikan kehitysinsinööri, valmistuspäällikkö, sekä logistiikan ja putkiosaston työnjohtajat. Vierailun tarkoituksena oli tutustua Avantin järjestelmään ja kuulla kokemuksia imuohjauksen käyttöönotosta ja sen haasteista. Avant Tecno ja Agco Power ovat erilaisia yrityksiä ja Agco Power todella huomattavasti suurempikin, joten täysin näitä kahta ei voi keskenään vertailla, mutta perusajatus imuohjauksessa on sama, joten käyttökokemuksista toivottiin olevan hyötyä putkiosaston imuohjaussovelluksen suunnitteluun.

Vierailun aluksi tuotantojohtaja kuvaili lyhyesti pääperiaatteet Avantin toiminnasta ja valmistettavista tuotteista. Lisäksi hän kertoi logistiikan kehitysprojektista, jonka seurauksena Avantilla siirryttiin imuohjaukseen omavalmisteisten nimikkeiden osalta. Omavalmisteisia osia valmistuvasta lopputuotteesta on ylivoimaisesti suurin osa, lukuun ottamatta ikkunoita, renkaita ja tavallista ruuvitarvaa, joten imuohjauksen piirissä on suuri kirjo nimikkeitä. Kehitysprojektin taustalla oli tarve parantaa toimitusvarmuutta ja -nopeutta, sekä vähentää turhaa tuotantoa. Keskustelutuokion jälkeen tehtiin kierros yrityksen tuotannon tiloissa, joissa päästiin tutustumaan osien valmistusprosessiin ja varastointiin.

Avantin tuotannonohjaus on lähellä puhdasta imuohjausta, jokaiselle valmistuvalla osalle on laatikko- tai hyllypaikka, johon on merkitty nimiketunnus ja määrä, montako kappaletta varasto sisältää. Tyhjä paikka on signaali valmistaa uusi erä kyseistä nimikettä. Ohjaus on siis puhtaasti visuaalista ja kulutuksesta lähtevää. Nimikkeiden paikat ja tiedot on merkitty selkeästi, jolloin systeemi toimii kaikessa yksinkertaisuudessaan hienosti. Osalla suuremmista rakenteista, jotka vaativat

useamman työvaiheen, valmistussignaali tulee ensimmäiselle vaiheelle, josta valmistuserä kiertää yhtenäisenä läpi loput työvaiheet solumallisen tuotantoyksikön periaatteella. Imuohjaus on korvannut Avantilla täysin muut tuotannonohjaustavat ja siihen on oltu hyvin tyytyväisiä.

Vierailu oli hyvin antoisa, ja oli hienoa huomata kuinka hyvin imuohjaus toimii Avant Tecnolla. Imuohjauksen periaatteiden näkeminen käytännössä helpotti paljon myös tämän työn tekemistä ja antoi ajateltavaa. Vierailu osoitti, että yksinkertaiset ratkaisut toimivat käytännössä usein parhaiten, eikä ohjaukseen tarvita välttämättä muuta kuin tyhjä laatikko merkiksi.

5 IMUOHJAUKSEN SUUNNITTELU

5.1 Tavoitteet uudelle tuotannonohjaukselle

Tämän hetkisen melko epätäsmällisen tuotannonohjauksen vuoksi valmistus ei vastaa täysin kysyntää. Ongelmia on nimikkeiden läpimenoajoissa, mikä vaikuttaa olennaisesti toimitusaikaan ja -varmuuteen. Palvelukykylistojen mukaan kuluvan vuoden tammikuun palvelukyky putkiosastolla on ollut 81 % ja helmikuun 91 %, kun tavoite on 95 %. Palvelukykylista osoittaa valmiuden seuraavan 300:n moottorin valmistukseen.

Imuohjaukseen siirtymisen toivotaan tuovan ratkaisu tilanteeseen. Valmistus tulisi saada tilauslähtöiseksi, jolloin varmuudella valmistetaan juuri sitä nimikettä, jolla on tarpeita moottorikokoonpanossa. Nimikkeen kulutus toimii signaalina aloittaa valmistus. Imuohjaukseen tarvittava imuvarasto toimii kaivattuna puskurina moottorikokoonpanon ja putkiosaston välillä, jolloin jokaista nimikettä on valmistukseen kuluvan ajan tarpeita vastaavasti saatavilla. Tällä tavoin minkään nimikkeen ei pitäisi päästä loppumaan, vaan tuotanto olisi jatkuvasti ajan tasalla jokaisen nimikkeen kulutuksesta ja valmistustarpeesta.

Nimikkeiden läpimenoaikoja olisi saatava lyhennettyä, mikä onnistuu eräkojoja optimoimalla. Ihannetilanteessa erän koko olisi sellainen, että putkierä tehdään yhdellä kertaa valmiiksi asti, jolloin puolivalmiina ei ole tavaraa lainkaan. Todellisuudessa varastoista ei pyritäkään luopumaan, sillä se olisi liian suuri ja vaikea muutos toteutettavaksi kerralla. Lisäksi putkiin sitoutunut pääoma on pieni, joten sillä ei olisi suurta vaikutusta varaston arvoon. Eräkojoja optimoimalla saadaan kuitenkin keskeneräisen työn varastoja pienemmiksi, jolloin on mahdollista työstää erä varastosta kerralla, jotta samaa nimikettä ei olisi useammassa muodossa varastoituna.

5.2 Imuohjaukseen siirtyminen

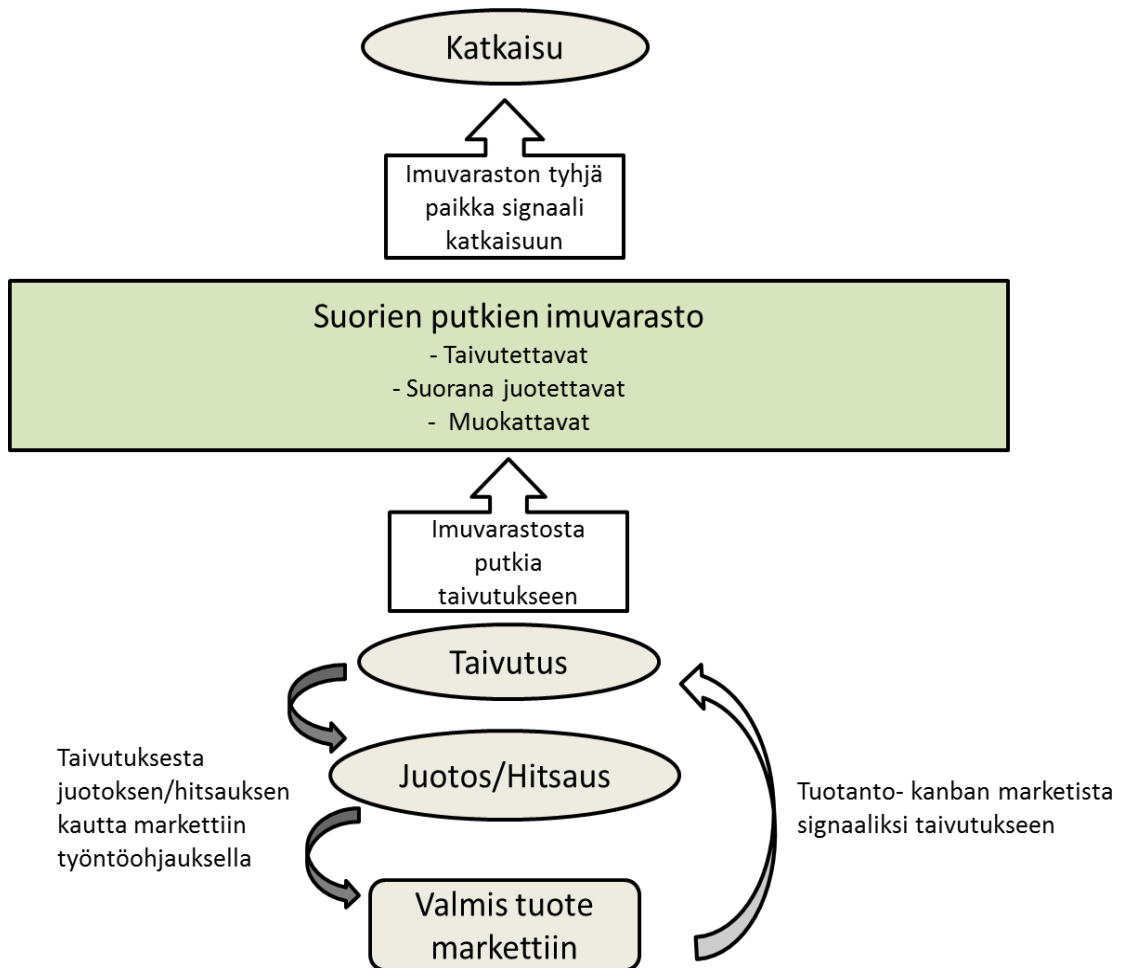
Imuohjaus halutaan käyttöön tulevaisuudessa koko putkiosastolle, mutta nykyisen tilan puitteissa päätettiin ensin kokeilla muutamalla putkinimikkeellä. Kokeiluun valitaan nimikkeitä, joiden valintakriteerinä on matala, noin 50 kappaletta/viikko, mutta tasainen

volyymi. Valintaan vaikuttaa myös putken koko, sillä varastotila kokeiluvaiheessa on hyvin rajallinen, sekä nimikkeen vaatimat työvaiheet, koska kokeiluun halutaan mahdollisimman monipuolisia nimikkeitä. Kokeilu kohdistetaan pienivolyymisiin nimikkeisiin, sillä on havaittu, että ne esiintyvät KEKO- listalla suurivolyymisiä nimikkeitä useammin. Tavoite on siis kokeilun myötä saada valitut nimikkeet pysymään pois KEKO- listalta.

Imuohjaukseen siirtyminen aiheuttaa muutoksia totuttuihin työtapoihin, ja uuden tavan omaksuminen vie aikaa. Kokeilun avulla imuohjausta voidaan harjoitella pienemmällä määrällä nimikkeitä, joten kokonaisuuden hallinta on helpompaa. Kokeilu myös osoittaa, mikäli järjestelmään on tehtävä korjauksia ennen sen laajentamista.

Osastolla pidettiin kehityspalaveri perjantaina 4.1.2013, jossa työntekijöillä oli mahdollisuus esittää ideoita ja ajatuksia, jotka tukevat tulevaa imuohjausta ja parantavat osaston toimintaa. Suurta kannatusta sai ajatus siitä, että järjestetään katkaisun ja taivutuksen väliin imuvarasto, joka ohjaa katkaisua. Imuvarasto sijoitettaisiin nykyiseen suorien putkien varastohyllyyn, ja se käsittäisi oman paikan jokaiselle nimikkeelle. Taivutuskooneen käyttäjä ottaisi taivutukseen varastosta tarvittavan nimikkeen ja tyhjä paikka olisi katkaisijalle merkki katkaista kyseistä nimikettä. Tämä idea päätettiin toteuttaa, sillä se tukee vahvasti läpimenoajan lyhentämistä ja parantaa toimitusvarmuutta.

Tavoiteltavassa imuohjausjärjestelmässä tullaan siis ohjaamaan katkaisua erikseen omalla imuvarastolla, ja taivutusta marketista tulevalla tuotanto- kanbanilla. Taivutuksesta eteenpäin erä kulkee työntöohjauksen periaatteella yhtenäisenä loppujen työvaiheiden läpi markettiin. Tavoitteena olisi, että putkierä olisi mahdollisimman vähän aikaa välivarastossa taivutuksen ja juotoksen välissä ja koko erä työstettäisiin kerralla. Tämän perinteisestä imuohjauksesta poikkeavan tavan mahdollistaa osaston solumainen luonne, sekä vähäinen virheellisten kappaleiden määrä. Jokaisen valmistusvaiheen välille imuvarastoa ei olisi mahdollistakaan järjestää nimikkeiden suuren määrän ja tilantarpeen vuoksi. Kaaviokuva tavoiteltavasta uudesta systeemistä on nähtävissä kuviossa 7.



Kuvio 7: Kaaviokuva tavoiteltavasta imuohjaussovelluksesta

6 IMUOHJAUKSEN TOTEUTUS

6.1 Putkinimikkeiden valinta

Ensimmäinen vaihe kokeilun suunnittelussa on sopivien pienivolyymisten putkinimikkeiden valinta. Tätä varten on selvitettävä käytössä olevien putkinimikkeiden kokonaismäärä, marketputkien määrä ja se, kuinka suuri kysyntä kullekin nimikkeelle on.

Putkinimikkeiden määrä saadaan selville tarvelistalta, joka näyttää tarpeiden ennusteet useamman viikon ajalle. Listalta nähdään, mitkä nimikkeistä ovat aktiivisessa käytössä ja mitkä mahdollisesti poistumassa tuotannosta. Tarvelista vuoden 2013 viikolle 16 asti osoittaa, että käytössä olevien putkinimikkeiden määrä on 173. Tästä määrästä 53 nimikettä on marketputkia, joilla on jo käytössä kaksilaatikko- systeemi. Loput nimikkeet jaotellaan 80 - 20- periaatteella viikkotarpeen mukaan. Kokeiluun soveltuvia nimikkeitä olisi huomattavasti enemmän, mutta lopullisen valinnan jälkeen päädyttiin yhteentoista nimikkeeseen, jotka täyttävät määrätyt kriteerit. Valitut yksitoista nimikettä halkaisija-tietoineen ja nimikenumeroineen näkyvät taulukossa 1 sivulla 34.

6.2 Tarvittavien kanbanien lukumäärä

Putkinimikkeiden ollessa selvillä, määritellään seuraavaksi oikea kanban- korttien määrä kullekin nimikkeelle, eli kuinka monta laatikkoa tarvitaan kiertoon. Kanban- korttien määrän laskentaan hyödynnettiin laskentakaavaa, joka huomioi nimikkeen keskimääräisen kulutuksen päivässä, prosessointiin ja materiaalinkäsittelyyn kuluvan ajan vuoro-kausissa, varmuusvaraston sekä laatikkokoon (kts. s.11). Itse kanban- kortteihin kirjaetaan putken nimikenumero, halkaisija, yhden laatikon sisältämä määrä, sekä vaihe, jolle kyseinen nimike on moottorikokoonpanossa menossa.

Varmuusvaraston suuruutena pidetään yleensä kymmentä prosenttia (Krajewski ym. 2010), mutta se koskee tasaista tuotantoa. Tämän työn tapauksessa varmuuden on oltava suurempi, jotta se riittää kattamaan viikkokohtaiset vaihtelut kulutuksessa. Iteroimalla päädyttiin 40 %: in varmuusvarastoon. Iterointi tehtiin tutkimalla muutaman nimikkeen

tarpeiden vaihtelua useamman viikon ajalta ja kokeilemalla kuinka suuri varmuusvarasto riittää kattamaan vaihtelut.

Prosessointiin ja materiaalinkäsittelyyn, eli valmistuksen läpimenoaikaan, varattiin seitsemän työpäivää. Seitsemään päivään päädyttiin keskustelemalla osaston työntekijöiden kanssa. Tavoitteena olisi ollut viisi työpäivää, mutta se koettiin ainakin alkuun liian lyhyenä aikana. Jos kokeilu onnistuu hyvin, on tulevaisuudessa tarkoituksena kiristää läpimenoaika.

Viikkokohtainen kulutus valituille nimikkeille määriteltiin hyvin karkeana keskiarvona kuluvan vuoden aikana käytetyistä määristä. Arvo on vain suuntaa antava, sillä kesälomaviikoilla menekki oli olematonta, ja joillain yksittäisillä viikoilla tarve on voinut olla nolla. Poikkeamat keskiarvosta ovat nimikekohtaisesti hyvinkin suuria, minkä vuoksi varmuusvarasto on välttämätön. Kulutuksen ja putken koon mukaan valittiin nimikkeille sopiva lukumäärä per laatikko, sekä sopiva laatikkokokoko. Kaikki nämä ovat nähtävissä taulukossa 1.

Taulukko 1: Imuohjaukseen valitut nimikkeet

Nimikenumero ja halkaisija	Volyyymi/vko (ka)	Varmuusvarasto 40%	Yht./vko	Pakkausko	Kanban lkm
836136947 ylivuoto 5mm	35,2	14,08	49,28	50	2
836436946 ylivuoto 5mm	22	8,8	30,8	40	2
836855523 25mm	49,5	19,8	69,3	20	5
837067984 8mm	18	7,2	25,2	20	2
837070354 5mm	14,4	5,76	20,16	50	2
837073640 25mm	80	32	112	40	4
837074017 5mm	31,4	12,56	43,96	60	2
837074023 10mm	8,4	3,36	11,76	40	2
837074173 5mm	6,7	2,68	9,38	20	2
827074419 8mm	23	9,2	32,2	50	2
837074436 5mm	40	16	56	50	2

6.3 Valmiiden nimikkeiden varastointi

Imuohjaus tarvitsee imuvaraston, joten valmiille kanban-laatikoille tarvitaan varastotilaa. Putkisetit marketissa kulkevat jo imuohjauksen mukaisesti, joten on luontevaa sisäl-

lyttää settien ulkopuoliset, imuohjauksen piiriin kuuluvat putket, samaan noutohyllyyn. Silloin trukkiputketkin on helppo noutaa yksittäisten imuohjausputkien laatikoita samalla kuin putkisettilaatikoitakin.

Imuohjaukseen valitut putkinimikkeet vaativat 14 uutta hyllypaikkaa marketin noutohyllyyn. Laatikot ovat erikokoisia, mikä vaikuttaa hyllypaikkojen suunnitteluun. Laskelmien mukaan nykyisiin marketin noutohyllyihin on mahdollista sisällyttää uudet nimikkeet tiivistämällä hyllyvälejä ja tilaamalla kaksi uutta hyllylevyä. Tilanne muuttuu kuitenkin välittömästi, jos uusia settejä otetaan käyttöön. Se on hyvin todennäköistä, sillä settien määrä on koko ajan kasvanut. Tulevaisuudessa markettiin tullaan siis tarvitsemaan reilusti enemmän hyllytilaa.

Ratkaisuna tilaongelmaan saattaa tulevaisuudessa olla osan varastosta siirtäminen käyttäjän tiloihin. Moottorikokoonpanossa, kokoonpanolinjan vieressä, on olemassa hyllyjä putkilaatikoille. Hyllyihin mahtuu kaksi tai kolme laatikkoa. Pienivolyymisiä putkinimikkeitä olisi siis mahdollista säilyttää näissä hyllyissä, jolloin laatikot kävisivät vain täytettävänä 4- hallissa.

6.4 Suorien putkien imuvarasto

Katkaisua ohjaava imuvarasto, eli suorien putkien varasto, tulee kattamaan kolme erillistä hyllyä. Yksi hylly putkille, jotka ovat menossa taivutukseen, toinen niille, jotka muokataan ja kolmas suorana juotettaville. Taivutettavien varastohyllyn paikat olisi lisäksi hyvä jaotella koon mukaan, sillä isot ja pienet putket menevät eri taivutuskoneille. Jokaisen hyllyn paikat on merkattava tietyn nimikkeen tunnuksella, jotta katkaisija havaitsee kulutuksen ja osaa aloittaa uuden erän katkaisun oikeaan aikaan.

Katkaisusta suoraan taivutukseen meneviä nimikkeitä on suurin osa, joten taivutettavien hyllyyn tarvitaan paljon tilaa. Tulevaisuudessa nimikemäärät ovat kasvussa. Uusia protoputkia tulee tuotantoon, joten paikkoja on hyvä varata hyllyyn hieman enemmän kuin nimikkeitä tällä hetkellä on. Taivutettavien hyllyyn olisi hyvä saada paikkoja ainakin 150. Suurimmat, hitsattavat nimikkeet eivät välttämättä mahdu hyllyn lokeroihin, vaan niille varataan paikat eurolavoille hyllyn alle. Lisäksi, erilleen hyllystä, tarvitaan paikat

muokatuille ja suorana juotetuille putkille, jotka myös tulevat seuraavana taivutettaviksi.

Tarvittava koko hyllyn lokeroille on määriteltävä kunkin putken koon ja volyymin mukaan. Lokeron koko riippuu paljon siitä, kuinka suuri erä kyseistä nimikettä on katkaisu kerralla. Suurivolyymisille nimikkeille, joiden tarve on useita satoja viikossa, on varattava riittävästi tilaa.

Muokkaus- ja juotosroboteille menevien nimikkeiden varastot toteutetaan kyseisten koneiden läheisyyteen. Muokattavat nimikkeet mahtuvat hyvin nykyiseen muokattavien hyllyyn, ja suorana juotettaville tulee oma hyllynsä juotosrobotille. Hyllypaikkoja näihin kahteen hyllyyn tarvitaan yhteensä noin 50.

6.5 Muutokset putkenvalmistusmenetelmissä

Imuohjauksen käyttöönotto tuo tullessaan muutoksia nykyisiin valmistustapoihin. Jotta kokeilu toimisi, täytyy tuotannon pysyä määrättyssä seitsemän päivän läpimenoajassa. Se edellyttää aikaisempaa pienempiä eriä, mikä puolestaan tarkoittaa, että samaa nimikettä on tehtävä tiuhempaan tahtiin. Asetustenvaihto tulee tämän myötä lisääntymään koneilla, joten asetusajojen pituuteen on kiinnitettävä huomiota ja pyrittävä lyhentämään niitä mahdollisuuksien mukaan.

Varastoja ei yritetä varsinaisesti pienentää, mutta muutoksena edelliseen olisi tarkoitus valmistaa varastossa oleva erä kerralla seuraavaan vaiheeseen asti, jolloin puolivalmiiden varastoon ei jää roikkumaan pieniä määriä nimikkeitä. Tällöin varastossa on vain oikeita tuotteita, joilla on tarpeita, eikä mitään ylimääräistä. Varastot tulevat itse asiassa lisääntymään, kun suorien putkien varasto muuttuu kaikki nimikkeet kattavaksi imuvastoksi.

Suurin muutos koskeekin putken katkaisua, sillä sen ohjaus muuttuu työntöohjauksesta imuohjaukseen. Katkaisija katkaisee nimikkeitä tilauslähtöisesti silloin, kun edellinen erä on siirtynyt eteenpäin. Tämä tulee säästämään myös katkaisukoneen käyttäjän aikaa, sillä työjonossa olevat nimikkeet näkee hyllystä suoraan, eikä katkaisijan enää tarvitse tarkistaa niitä erikseen piirustusten ja tietokoneen kautta.

Katkaisijat aamu- sekä iltavuoroissa tarkistavat vuoronsa aluksi suorien putkien hyllyt ja merkitsevät ylös mitä nimikkeitä on katkaistava lisää. Nämä tarvittavat nimikkeet katkaisija voi toki järjestellä työjonoon putkikoon perusteella, jotta asetusajat pysyvät kohtuullisina. Taivutettaviin putkiin impulssi saadaan marketista kanban- korttien avulla. Viimeistään silloin, kun varaston taso on valmistukseen kuluvaa aikaa vastaavan kulutuksen määrä, on aika aloittaa uuden erän valmistus.

7 ARVIOINTI JA MAHDOLLINEN JATKOKEHITYS

7.1 Katkaisun ohjaus imuvarastolla

Katkaistujen putkien imuvarasto tulee todennäköisesti olemaan olosuhteiden vuoksi tärkeämmässä asemassa kuin valmiiden tuotteiden varasto. Varaston tuoman puskurin avulla katkaisu pysyy ajan tasalla, mikä lyhentää osaltaan tuotteen läpimenoaikaa ja parantaa toimitusvarmuutta myös yllättävien ohjelmamuutosten sattuessa. Nykyisellä kalustolla putken taivutus ja juotos on mahdollista suorittaa melko nopeassa aikataulussa, kun putki on valmiiksi katkaistu.

Tulevaisuudessa suorienkin putkien varastoon tarvitaan todennäköisesti jonkin verran lisää tilaa, sillä tarvemäärien ennusteet ovat kovassa nousussa uuden kokoonpanotehtaan valmistumisen myötä. Lisäksi koko ajan tulee tuotantoon uusia nimikkeitä enemmän kuin vanhoja malleja poistuu käytöstä. Suorana putket eivät kuitenkaan vie hirveästi varastotilaa, joten varastohyllyä on mahdollista laajentaa nykyisissä tiloissa tarpeen vaatiessa.

Katkaisun ohjaus imuvarastolla ei kuitenkaan yksin tuo ratkaisua kaikkiin tuotannonohjauksellisiin ongelmiin, sillä ilman valmiiden tuotteiden imuvarastoa signaali taivutukseen tulee edelleen sekä marketista että Excel- listalta. Tällöin ohjaus ei ole yhtenäistä, eivätkä imuohjauksen yksinkertaisuuden tuomat hyödyt pääse esille koko valmistusprosessissa.

7.2 Kaikki nimikkeet kattava imuvarasto

Tässä työssä on suunniteltu valmiiden tuotteiden imuvarastoon rajattu määrä nimikkeitä, sillä tämän hetkissä tuotannon tiloissa olisi mahdotonta toteuttaa kattavampaa varastoa. Kokeilun toivotaan osoittavan että valitut 11 pienivolyymistä nimikettä pysyisivät poissa KEKO- listalta, kun kulutusta seurataan visuaalisesti. Jotta imuohjauksesta saataisiin täysi hyöty irti, tulisi valmiiden tuotteiden imuvaraston kattaa paikka jokaiselle valmistettavalle nimikkeelle, tällöin ohjaus olisi yhtenäistä, yksinkertaista ja kokonaan visuaalista.

Valmiit putket, monessa eri koossa, tarvitsevat luonnollisesti paljon varastotilaa. Jos imuvarasto halutaan tulevaisuudessa kasvattaa kaikki nimikkeet sisältäväksi, tarvitaan nykyiseen markettiin lähes 200 uutta hyllypaikkaa nykyisten reilun 70 paikan lisäksi. Nimikkeitä ei ole aivan niin paljoa, mutta suuremmat putket vaativat kaksi tai kolme hyllypaikkaa, tai jopa eurolavan. Nykyisen marketin pinta-ala on karkeasti arvioituna 100m², joten 200 uuden hyllypaikan lisääminen vaatisi tilaa lähemmäs 400m².

Sanomattakin on siis selvää, että nykyiseen markettiin ei ole mahdollista lisätä tarvittavaa määrää hyllyjä, vaan uutta imuvarastoa varten tarvittaisiin laajennus tehdasrakennukseen, tai jopa kokonaan oma rakennus osaston viereen. Imuvarasto on helpointa toteuttaa suurilla läpivirtaushyllyillä, joiden toisesta päästä tuotanto täyttää hyllyä, ja toisesta trukkikuski vie tavaraa kokoonpanoon. Tällaisen laajennuksen rakentamisesta ei ole vielä päätetty, sillä luonnollisesti sen toteuttaminen vaatii rahaa. Imuohjaus muutamalla nimikkeellä tulee osoittamaan, onko siitä niin merkittävää hyötyä läpimenoajan lyhentämiseksi ja toimitusvarmuuden parantamiseksi, että olisi kannattavaa laajentaa toimintaa.

8 POHDINTA

Työn tavoitteena oli lyhentää valmistuksen läpimenoaikaa ja parantaa toimitusvarmuutta hyödyntämällä imuohjausta. Kaikkien nimikkeiden valmistusta ei ollut mahdollista siirtää imuohjauksen piiriin, joten tässä työssä suunniteltiin imuohjaus rajatulle määrälle nimikkeitä, joiden avulla saadaan selville onko imuohjaus toimiva keino saavuttaa halutut tavoitteet.

Tässä työssä ei ole mahdollista verrata kuinka hyvin suunniteltu järjestelmä toimii käytännössä, sillä imuohjausta ei ole otettu tätä työtä kirjoitettaessa vielä käyttöön. Todennäköistä kuitenkin on, että imuohjauksen avulla saadaan valmistus vastaamaan paremmin kysyntää ja tarpeita, sillä ohjaus on yksinkertaista ja osoittaa selvästi millä nimikkeillä on tarvetta. Imuvarasto luo tuotannon ja kokoonpanon välille pienen puskurin, joka helpottaa putkiosaston työtä, eikä nimikkeiden tulisi päästä kokonaan loppumaan missään vaiheessa. Läpimenoaikakin tulee lyhenemään, jos valmistuserä kulkee yhtenäisenä suoraviivaisesti läpi koko valmistusprosessin, eikä varastoihin jää puolivalmiita roikkumaan.

Suuret vaihtelut nimikkeiden kysynnässä luovat kuitenkin omat haasteensa, ja jää nähtäväksi kuinka hyvin tässä työssä suunnitellut kanbanien lukumäärät toimivat käytännössä. Tuotannon vaihtelu onkin todennäköisesti suurin haaste imuohjauksen toimivuudelle, sillä järjestelmähän on suunniteltu toimimaan tasaisen tuotannon ohjaamiseksi. Lisäksi haasteena on nimikkeiden suuri määrä, imuohjauksessa oleelliset imuvarastot vaativat huomattavan paljon tilaa, kun valmistettavaa tuotetta on lähes kaksi sataa erilaista ja erikokoista nimikettä.

Tämän työn tekeminen on ollut hyvin mielenkiintoista, mutta haastavaa. Olin työskennellyt putkiosastolla aikaisemmin juottajana, joten työympäristö ja valmistusprosessi olivat ennestään tuttuja. Sain paljon tukea työn tekemiseen yrityksessä niin opinnäytetyön valvojalta kuin osaston työntekijöiltäkin. Toivon, että työn tuloksista on hyötyä ja suunniteltu imuohjaus toimii hyvin. Olen työn tuloksiin tyytyväinen, vaikka arviointia onkin vaikea suorittaa, kun järjestelmää ei ole päästy testaamaan käytännössä.

LÄHTEET

AGCO Power, Luettu 8.10.2012

www.agcopower.com

Groover, Mikell P 2008, Automation, production systems and computer- integrated manufacturing, Upper Saddle River, N.J : Pearson Prentice-Hall, 3. painos

Ilkka Lapinleimu, Veijo Kauppinen, Seppo Torvinen 1997, Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät, Porvoo : WSOY

Lee J. Krajewski, Larry P. Ritzman and Manoj K. Malhotra 2010, Operations management : processes and supply chains, Boston : Pearson Education

Miettinen Pauli 1993, Tuotannonohjaus ja logistiikka, ATK-instituutti

LIITTEET

Liite 1: Layout- kuva putkiosastolta

