

LUT-yliopisto
LUT School of Energy Systems
LUT Kone
BK10A0402 Kandidaatintyö

**VISUAALISTEN TUOTANNONOHJASTAPOJEN VERTAILUA KAHDEN ERI
PROSESSIN VÄLILLÄ
DIFFERENCES IN VISUAL PRODUCTION MANAGEMENT BETWEEN TWO
DIFFERENT PROCESSES**

Lappeenrannassa 28.4.2020

Janne Oksman

Tarkastaja: professori, Tkt Juha Varis

Ohjaaja: professori, Tkt Juha Varis

TIIVISTELMÄ

LUT-yliopisto
LUT Energiajärjestelmät
LUT Kone

Janne Oksman

Visuaalisten tuotannonohjaustapojen vertailua kahden eri prosessin välillä

Kandidaatintyö

2020

27 sivua ja 5 kuvaa

Tarkastaja: TkT Juha Varis

Ohjaaja: TkT Juha Varis

Hakusanat: Tuotannonohjaus, lean, Kanban, iObeya, komposiitti, ekstruusio,

Tässä kandidaatin työssä vertaillaan puumuovikomposiittilankun ja suuren laivan moottorin kansipultin valmistusprosessien eroja ja vertaillaan niiden visuaalisten keinojen käyttöä. Digitalisaation myötä visuaaliset tuotannonohjaustavat ovat saaneet uusia keinoja työskentelyn edistämiseen. Visuaalisia piirteitä hyödynnetään varsinaisissa tuotannonohjausjärjestelmissä sekä pitkin prosessia käytetään monenlaisia visuaalisia keinoja nopeuttamaan ja helpottamaan prosessin etenemistä.

Teoriaosuutena toimii kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsauksen kohteena ovat tuotannonohjaus yleisesti ja sen visuaaliset piirteet. Valmistusprosessien suoraan vertailu on haastavaa varsin erilaisten prosessien välillä. Varsinaisen tuotannonohjauksen kannalta pultin valmistuksessa on enemmän käyttökohteita visuaaliselle ohjaukselle kuin komposiittilankun valmistuksessa.

ABSTRACT

LUT University
LUT School of Energy Systems
LUT Mechanical Engineering

Janne Oksman

Differences in visual production management between two different processes

Bachelor's thesis

2020

27 pages and 5 figures

Examiner: D. Sc. (Tech.) Juha Varis

Supervisor: D. Sc. (Tech.) Juha Varis

Keywords: Production management, lean, Kanban, iObeya, composite, extrusion,

This bachelor's thesis compares the differences between wood-plastic composite plank and ships large engine head bolt manufacturing processes and compares the use of visual production management. With digitalization, visual production management have new ways to promote work. Visual features are utilized in the actual production management system, and along the manufacturing process with all sorts of visual means being used to speed up and facilitate the progress of the process.

The theoretical part is a literature review. The subject of the literature review is production management in general and its visual features. A direct comparison of manufacturing processes was challenging between quite different processes. In terms of actual production management, there are more place for visual control in the bolt manufacturing process.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYSLUETTELO	4
SYMBOLILUETTELO	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Tutkimusongelma ja -kysymykset	7
1.2 Tutkimusmenetelmät	7
1.3 Tavoitteet	7
1.4 Rajaukset.....	8
2 TUOTANNONOHJAUS	9
2.1 Lean	9
2.2 5S	10
2.2.1 5S vaiheet.....	10
2.3 Kanban	11
2.4 Visuaaliset tuotannonohjaustavat	12
2.5 Obeya / iObeya	13
3 TUTKIMUSMETODIT	15
3.1 Pultin valmistus.....	15
3.1.1 Pultin valmistusprosessi.....	15
3.1.2 Visuaalisten tuotannonohjausjärjestelmien käyttö.....	16
3.2 Komposiittilankun valmistus	17
3.2.1 Komposiitin määrittely	17
3.2.2 Komposiittilankun valmistusprosessi	17
3.2.3 Visuaalisten tuotannonohjausjärjestelmien käyttö.....	19
4 TULOKSET	20
4.1 Prosessien väliset erot	20
4.2 Tuotannonohjausjärjestelmän käytön syyt ja eroavaisuudet.....	20
4.3 Visuaalisten tuotannonohjaustapojen hyödyt ja käyttö prosesseissa	21
4.3.1 Pultin valmistuksessa	21
4.3.2 Komposiittilankun valmistuksessa	21

5	TULOSTEN ANALYSOINTI JA POHDINTA	22
5.1	Vertailu ja yhtymäkohdat aiempaan tutkimukseen.....	22
5.2	Tutkimuksen kriittinen tarkastelu	22
5.3	Avaintulokset.....	23
5.4	Kehitysehdotukset.....	23
5.5	Jatkotutkimusaiheet	24
6	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	25
	LÄHTEET	26

SYMBOLILUETTELO

KA	Kytkenäaine
KET	Keskeneräinen tuotanto
VA	Voiteluaine

1 JOHDANTO

Ilmastonmuutoksen aiheuttaman huolen vuoksi olemme alkaneet kiinnittää enemmän huomiota kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Yksi mahdollinen tapa on komposiittirakenteiden käyttö. Erityisesti käytettäessä muuten jätteeksi meneviä raaka-aineita, voidaan niitä hyödyntää uudelleen ja vähentää näin jätteen määrää. Tutkimuksessa käytetyt pultit ovat isoja erikoislujia pultteja, joita käytetään esimerkiksi suurien laivojen moottoreiden kansien kiinnityspultteina. Tässä työssä vertaillaan komposiitti lankun valmistuksen ja pultin valmistuksen eroja visuaalisen tuotannonohjauksen kannalta.

1.1 Tutkimusongelma ja -kysymykset

Tässä työssä tutkitaan kahden eri tuotteen valmistusprosessin eroja visuaalisen tuotannonohjauksen näkökulmasta.

1. Miksi käytetään tuotannonohjausjärjestelmiä?
2. Miten tuotannonohjaustavat vaikuttavat massavalmistuksen tehokkuuteen?
3. Mitä hyötyä on visuaalisesta tuotannonohjauksesta?
4. Mitä eroja on komposiittilankun ja pultin valmistusprosessilla?

1.2 Tutkimusmenetelmät

Tämä työ toteutetaan kirjallisuuskatsauksena. Tutkimuksessa hyödynnetään kirjallisuutta, ennen kaikkea tieteellisiä artikkeleita sekä yritysvierailun avulla luodun case-esimerkin avulla. Työn alussa käydään läpi yleisesti teoriaa tuotannonohjaustavoista ja niiden eroista. Lisäksi tutkitaan visuaalisten tuotannonohjausten teoriaa. Sen jälkeen tutkitaan pultin valmistuksen ja komposiittilankun valmistuksen valmistusprosessia. Työssä vertaillaan näitä prosesseja ja niiden visuaalisten tuotannonohjausten eroja.

1.3 Tavoitteet

Tutkimuksen tavoite on selvittää pultin valmistuksen ja komposiittilankun valmistusprosessin välisiä eroja tuotannonohjauksen kannalta. Lisäksi vertaillaan prosesseja yleisesti keskenään. Vertailemalla eri prosesseja voidaan löytää uusia tapoja optimoida tuotannonohjausta ja helpottaa operaattoreiden työskentelyä sekä vähentää virheiden riskiä.

1.4 Rajaukset

Työssä käydään läpi erilaisia tuotannonohjaustapoja keskittyen yleisimpiin ohjaustapoihin ja pääpaino on visuaalisissa keinoissa. Tutkimuksessa tarkastellaan komposiittiterassilankun valmistusta ja verrataan sitä pultin valmistukseen. Komposiitiksi on valittu puumuovikomposiitti, joka on tehty suurimmaksi osaksi jätejakeista. Pultin valmistus on rajattu tiettyyn erikoislujien pulttien valmistusprosessiin. Tarkastelussa keskitytään visuaalisten tuotannonohjaustapojen käytön eroon kyseisten prosessien välillä.

2 TUOTANNONOHJAUS

Tuotannonohjaus tarkoittaa yrityksen tuotteiden aikaansaamiseen liittyvien toimintojen ja tehtävien suunnittelua ja hallintaa. (Martinsuo, Mäkinen et al. 2016, s.118.) Tuotannonohjaus-järjestelmässä kaikki tieto liikkuu tilauksesta lopulliseen laskutukseen saakka. Tuotannonohjauksessa peruseriaatteita ovat työntö ja imu. Imuohjauksessa tuotanto aloittaa valmistuksen vasta, kun seuraava vaihe pyytää kappaleita. Kappaleet toimitetaan siinä järjestyksessä kuin niitä tarvitaan ja niiden valmistus lopetetaan, ellei tule uusia pyyntöjä. Imuohjauksessa pyritään rajoittamaan keskeneräistä tuotantoa. Työntöohjauksessa tuotanto valmistaa kappaleita järjestelmän antamassa järjestyksessä ja toimittaa ne seuraavaan vaiheeseen. Tätä jatketaan niin kauan, kunnes toisin käsketään. Työntöohjauksen ongelmana on, että kertyy keskeneräistä tuotantoa. Käytännössä yleensä ohjaus on imun ja työntön yhdistelmä (Hopp 2004, s. 143.). Yritykset haluavat jatkuvasti parantaa heidän omaa toimintaansa ja hyvän tuotannonohjauksen avulla siinä voidaan onnistua. (Netland, T. 2013) Leanin lähestymistavasta on tullut standardi yrityksen toiminnan suorituskyvyn parantamiseksi. (Netland, Torbjørn 2016. s. 1106.)

2.1 Lean

Lean on yrityksen johtamisfilosofia, joka on kehitetty Toyotan tuotannonohjausmenetelmästä. Lean ajattelulla halutaan poistaa tuotannosta kaikki turha työ, joka ei lisää tuotteen arvoa. Liikatuotanto on suurin tuotannon ongelma, josta aiheutuu monia negatiivisia vaikutuksia. Kuten ylimääräistä varastointia ja sen aiheuttamaa tilan puutetta. Varastoinnin aikana riskinä on tuotteen mahdollinen vanheneminen tai sille mahdollisesti aiheutuva vahinko, jolloin tuotteen arvo pienenee. Keinoja ylimääräisen varastoinnin poistamiseksi Lean hyödyntää muun muassa imuohjausta Kanban järjestelmää käyttäen ja parempaa tasapainoa eri prosessin vaiheiden välillä. (Chiarini 2013, s. 15.; Torkkola 2015, s.25-28.)

Lean ajattelulla halutaan poistaa ajan hukkaaminen esimerkiksi työkalujen etsinnässä tai turhalla työntekijöiden siirtelyllä paikasta toiseen. Tähän keinoina käytetään mm. työntekijöiden lisäkouluttamista, työsolujen uudelleen järjestämistä ja 5S järjestelmää, josta kerron myöhemmin lisää. Lean filosofiaan kuuluu viallisten tuotteiden valmistuksen

minimointi. Vialliset tuotteet aiheuttavat paljon ylimääräisiä kuluja ja työtä, joten niiden minimointi on todella tärkeää. Työntekijöiden lisäkoulutuksilla, paremmalla suunnittelulla ja tarkastuksilla voidaan parantaa tilannetta. Ylimääräistä tuotteiden siirtelyä tulisi välttää. Paremmalla pohjaratkaisulla voidaan yleensä välttää ylimääräiset siirtelyt. (Chiarini 2013, s.15-30.; Torkkola 2015, s. 25-28.)

Leanin mukaan tuotteen ylimääräinen prosessointi tarkoittaa työtä, jota ei ole pyydetty tehtävän tuotteelle. Oikeanlaisella prosessin suunnittelulla ja työntekijöiden koulutuksella saavutetaan tilanne, jolloin ylimääräistä työtä ei tapahdu. Odottelu on myös turhaa aikaa. Esimerkiksi koneen operaattori odottaa koneen tekemän työn valmistumista. Tätä ylimääräistä aikaa voisi hyödyntää esimerkiksi pienien huoltotoimenpiteiden tekemiseen tai siivoukseen. Leanin mukaan valmistusprosessien tasauksilla, pohjapiirustuksen parantamisella ja 5S käyttöön otolla parannettaisiin tätä tilannetta. (Chiarini 2013, s. 27-28.; Torkkola 2015, s. 25-28.)

2.2 5S

5S tarkoittaa siisteys- ja järjestysohjelmaa, jonka avulla pyritään luomaan viihtyisä ja siisti työpaikka. Tämä on ensimmäinen askel visuaalisen tuotannonohjauksen suuntaan. Työntekoa nopeutetaan, vähennetään virheitä, ja poistetaan prosessin hukka. 5S-ohjelma koostuu viidestä eri vaiheesta ja ohjelma edellyttää, että kaikki sen vaiheet toteutetaan järjestelmällisesti. Monet yritykset tajuavat esimerkiksi keskeneräisten töiden määrän ja huonosti järjesteltyjen tilojen vaikutuksen vasta kun ovat ottamassa 5S-ohjelmaa käyttöönsä. (Chiarini 2013, s. 82-88.)

2.2.1 5S vaiheet

Seiri tarkoittaa valita ja lajitella. Tässä ensimmäisessä vaiheessa on tarkoitus valita prosessille tärkeät tavarat ja erottaa ne turhista. Turhat tavarat ja koneet hidastavat työskentelyä ja ne tulisi hävittää vapauttaen tilaa.

Seiton tarkoittaa selkeyttämistä. Tässä toisessa vaiheessa on tarkoitus nimetä jokaiselle esineelle oma paikkansa. Esimerkiksi jokaiselle työkalulle on oma paikka, josta se löytyy helposti ja palautetaan aina samalle paikalle. Tällä tavoin minimoidaan hukattava aika prosessissa.

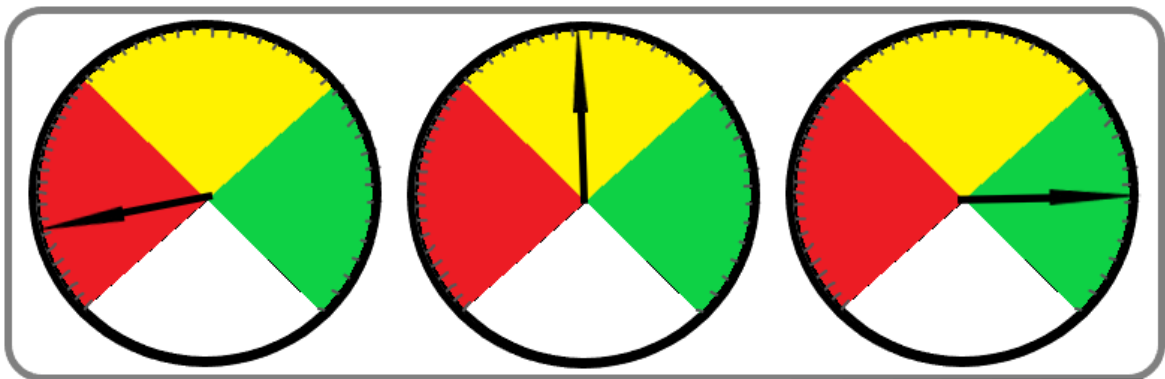
Seiso tarkoittaa siivoamista ja ylläpitoa. Kolmannessa vaiheessa ylläpidetään saavutettua siisteyttä ja tehdään pieniä huoltotöitä. On tärkeää, että jokainen ymmärtää oman vastuunsa siisteydessä.

Seiketsu tarkoittaa standardisointia. Neljännen vaiheen tavoite on tähän mennessä tehtyjen vaiheiden siirtyminen päivittäiseksi rutiiniksi.

Shitsuke tarkoittaa kurinalaisuutta. Tämän viidennen ja viimeisen vaiheen tavoite on saavuttaa kurinalaisuus, jotta näiden vaiheiden toteutus onnistuu pidemmällä aikavälillä. Ongelmana on monesti, että pikkuhiljaa aletaan palata entiseen.

2.3 Kanban

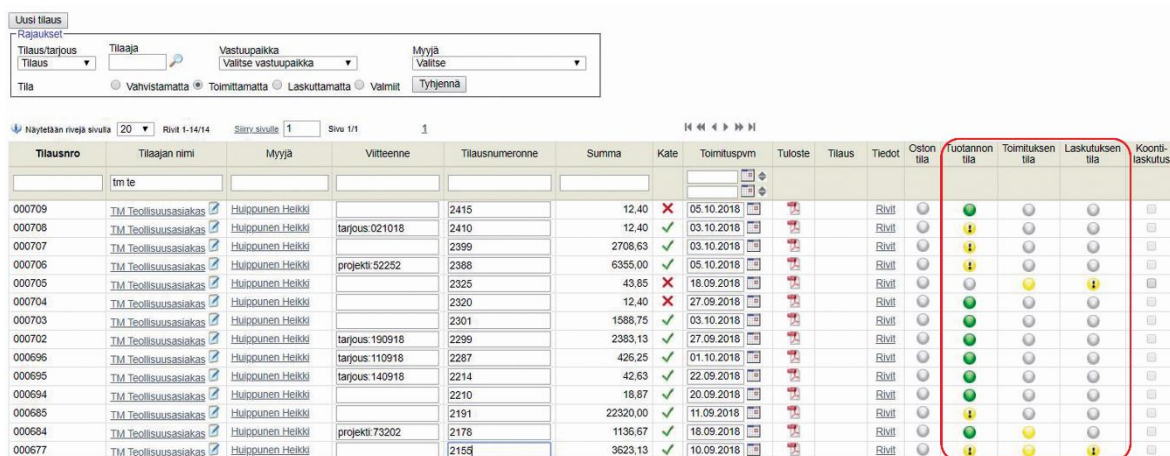
Kanban tarkoittaa japanin kielellä visuaalista korttia. Kanbanin idea on visualisoida asioita ja selkeyttää prosessin järjestystä. Kanban noudattaa tiukkoja sääntöjä ja tämä tulisi ottaa käyttöön 5S:n perustoteutuksen aikana (Chiarini 2013, s.90.). Torkkola (2015, s.65) on kirjoittanut että ”Tämä kanban-menetelmä otetaan käyttöön johonkin jo olemassa olevaan prosessiin. Sen avulla parannetaan nykyistä toimintamallia pienin askelin, inkrementaalisesti.” Tämä menetelmä on apuväline keskeneräisen työn vähentämiseksi, jota lähes aina käytetään imuohjuksessa apuna. Kanban järjestelmässä on tietokortteja kiertämässä prosessissa tuotteiden mukana, joiden avulla päivittyy tilanne reaaliajassa muille työpisteille. Kanban järjestelmän mittarit ovat kuvan 1 tapaisia. Mittarista näkee nopealla vilkaisulla, onko tilanne haluttu vai pitääkö tehdä korjausliikkeitä.



Kuva 1. Kanban-mittareiden visualisoinnin esimerkkikuva.

2.4 Visuaaliset tuotannonohjaustavat

Näkö on ihmisen vahvin aisti ja asioiden huomioiminen on yleensä nopeinta visuaalisessa muodossa. (Koponen, Hildén et al. 2016, s. 17.) Visuaalisessa tuotannonohjauksessa hyödynnetään kaikkia yksinkertaisia visuaalisia ja/tai auditiivisia palautteita käyttäviä tiedonvälitysmenetelmiä. Visuaalisen ohjauksen tavoitteena on vähentää puutteita informaationvälityksessä helpottaen operaattoreiden työn etenemistä ja mahdollisten ongelmien havainnointia nopeasti. Visuaaliset ohjaukset ovat yksinkertaisia ja selkeitä, joiden avulla voi hyvin nopeasti saada välitettyä tärkeää informaatiota. Kuten kuvista 2 ja 3 voi nähdä, tuotannonohjausjärjestelmän sisällä visualisointi tarkoittaa yksinkertaisimmillaan värillisten pallosymbolien käyttöä, joka selittää työn etenemisen. Nopealla vilkaisulla voi huomata onko prosessissa ongelmia ja tarvetta tehdä korjausliikkeitä. Visuaalisina tiedonvälityskeinoina tuotannossa voidaan käyttää yksinkertaisia mittareita, joiden avulla voi nähdä nopeasti tilanteen kuten kuvan 1 tapaisia Kanban-mittareita. Visuaalisia työn nopeutustapoja on myös esimerkiksi työkalujen paikkojen taustan maalaaminen työkalun kuvalla, jolloin työkalu on nopea palauttaa takaisin paikoilleen kuten 5S ohjelman mukaan tulisi tehdä.



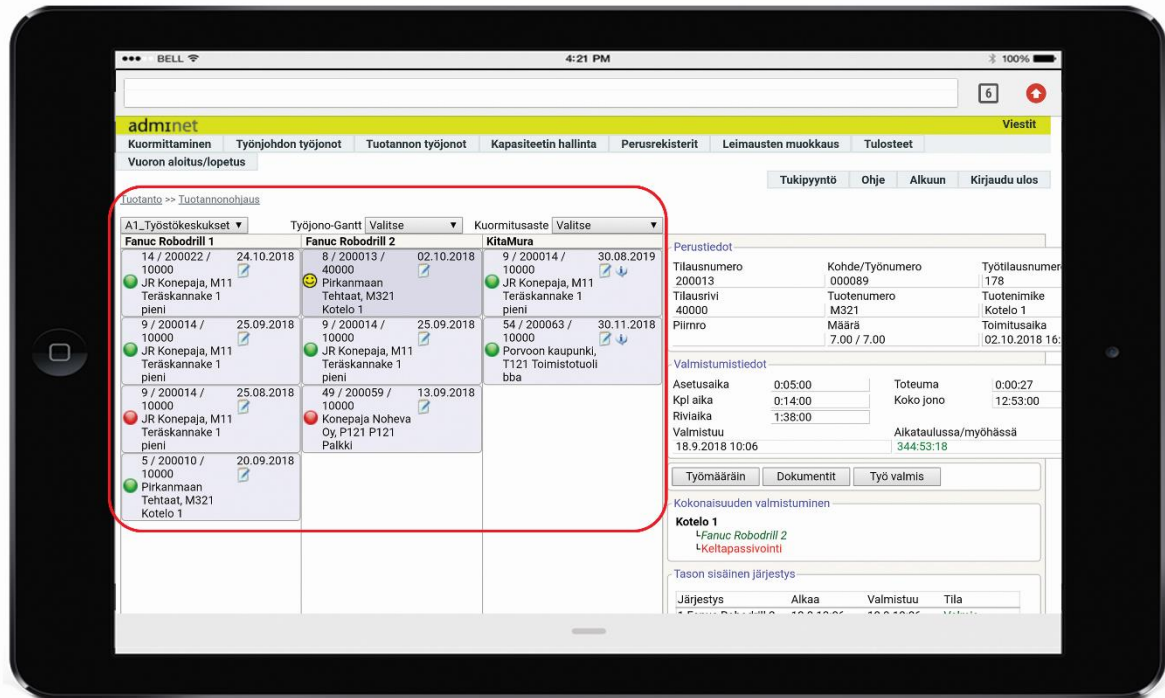
The screenshot shows a web-based interface for order management. At the top, there are search filters for 'Uusi tilaus' (New order) and 'Rajaukset' (Filters), including fields for 'Tilaustyyppi' (Order type), 'Tilaaja' (Customer), 'Vastuupaikka' (Responsible location), 'Myyjä' (Seller), and 'Tila' (Status). Below the filters, there are navigation controls for 'Näytettävien rivien sivat' (Rows per page), 'Rivit 1-14/14' (Rows 1-14/14), 'Sivun sivut' (Page numbers), and 'Sivu 1/1' (Page 1/1).

The main part of the image is a table with the following columns: 'Tilausno' (Order no), 'Tilaajan nimi' (Customer name), 'Myyjä' (Seller), 'Viiteenne' (Reference), 'Tilausnumeronne' (Order no), 'Summa' (Sum), 'Kate' (Margin), 'Toimituspvm' (Delivery date), 'Tuloste' (Print), 'Tilaus' (Order), 'Tiedot' (Info), 'Oston tila' (Purchase status), 'Tuotannon tila' (Production status), 'Toimituksen tila' (Delivery status), 'Laskutuksen tila' (Billing status), and 'Koordinaatio' (Coordination). The 'Oston tila', 'Tuotannon tila', 'Toimituksen tila', and 'Laskutuksen tila' columns are highlighted with a red box. The 'Tuotannon tila' column contains green circles (OK), yellow circles with exclamation marks (warning), and red circles with exclamation marks (error). The 'Toimituksen tila' column contains green circles (OK), yellow circles with exclamation marks (warning), and red circles with exclamation marks (error). The 'Laskutuksen tila' column contains green circles (OK), yellow circles with exclamation marks (warning), and red circles with exclamation marks (error).

Tilausno	Tilaajan nimi	Myyjä	Viiteenne	Tilausnumeronne	Summa	Kate	Toimituspvm	Tuloste	Tilaus	Tiedot	Oston tila	Tuotannon tila	Toimituksen tila	Laskutuksen tila	Koordinaatio
000709	TM Teollisuusasiakas	Huippunen Heikki		2415	12,40	✗	05.10.2018		Riitti		●	●	●		
000708	TM Teollisuusasiakas	Huippunen Heikki	tarjous:021018	2410	12,40	✓	03.10.2018		Riitti		●	●	●		
000707	TM Teollisuusasiakas	Huippunen Heikki		2399	2708,63	✓	03.10.2018		Riitti		●	●	●		
000706	TM Teollisuusasiakas	Huippunen Heikki	projekti:52252	2388	6355,00	✓	05.10.2018		Riitti		●	●	●		
000705	TM Teollisuusasiakas	Huippunen Heikki		2325	43,85	✗	18.09.2018		Riitti		●	●	●		
000704	TM Teollisuusasiakas	Huippunen Heikki		2320	12,40	✗	27.09.2018		Riitti		●	●	●		
000703	TM Teollisuusasiakas	Huippunen Heikki		2301	1588,75	✓	03.10.2018		Riitti		●	●	●		
000702	TM Teollisuusasiakas	Huippunen Heikki	tarjous:190918	2299	2383,13	✓	27.09.2018		Riitti		●	●	●		
000696	TM Teollisuusasiakas	Huippunen Heikki	tarjous:110918	2287	426,25	✓	01.10.2018		Riitti		●	●	●		
000695	TM Teollisuusasiakas	Huippunen Heikki	tarjous:140918	2214	42,63	✓	22.09.2018		Riitti		●	●	●		
000694	TM Teollisuusasiakas	Huippunen Heikki		2210	18,87	✓	20.09.2018		Riitti		●	●	●		
000685	TM Teollisuusasiakas	Huippunen Heikki		2191	22320,00	✓	11.09.2018		Riitti		●	●	●		
000684	TM Teollisuusasiakas	Huippunen Heikki	projekti:73202	2178	1136,67	✓	18.09.2018		Riitti		●	●	●		
000677	TM Teollisuusasiakas	Huippunen Heikki		2155	3623,13	✓	10.09.2018		Riitti		●	●	●		

Kuva 2. Esimerkki tuotannonohjausjärjestelmän visuaalisuudesta. (Admicom 2020)

Digitalisaatio mahdollistaa uusia keinoja, kuten reaaliaikaisten tietojen välittämisen ja lukemisen sekä tuotannossa että toimiston puolella. (Lee 2018, s. 1642.) Kuten kuvasta 3 nähdään, nykYTEKNOLOGIA on lisännyt keinoja välittää tietoa eteenpäin. Esimerkiksi tablettien tai muiden mobiililaitteiden käytöllä voidaan tuoda tuotannon luokse tietoa siitä mitä he tarvitsevat. Näin työskentely voi olla interaktiivista johdon kanssa.



Kuva 3. Tuotannonohjausjärjestelmän visualisointi on myös mahdollista mobiililaitteilla. (Admicom 2020)

Visuaalisena tuotannonohjauskeinona voidaan käyttää visuaalista taulua, jonka ääressä pidetään esimerkiksi työpäivän alussa kokous johdon ja työntekijöiden kesken. Visuaaliset tuotannonohjaustavat auttavat stimuloimaan työntekijöitä organisaation kaikilla tasoilla toimien pohjana jatkuvalla kehitykselle ja yleiselle parannukselle. Visuaalisilla keinoilla lisätään työntekijöiden saatavilla olevaa tietoa ja täten parannetaan heidän tyytyväisyyttään ja työhön panostusta. (Jaca 2013, s. 1757.) Visuaalisten tuotannonohjaustapojen onnistunut pitkäaikainen toteuttaminen vaatii panostusta kaikilta yrityksen työntekijöiltä koko organisaatiossa. (Bititci 2016, s. 1591.)

2.5 Obeya / iObeya

Obeya tarkoittaa isoa huonetta japaniksi. Obeyan juuret johtavat 1990-luvun Toyotan uuden hybridi auton kehitykseen. Obeyaa kutsutaan Leanin aivoiksi. Yritykset käyttävät Obeyaa tuottavuuden parantamiseen, ongelmien selvitykseen ja jatkuvan kehityksen implementointiin. Obeyan toiminta perustuu visualisointiin, esimerkiksi suureen valkotauluun, johon piirretään ja merkitään asioita. Obeyan avulla pitäisi selvittää helposti yrityksen tai halutun prosessin yleiskuva. Obeya helpottaa ja parantaa työntekijöiden välistä

kommunikointia sekä yhteistyötä. Huoneessa tulisi olla kahdesta kahteenkymmeneen henkeä työskentelemässä ja kehittelemässä toimintaa. Ideaali olisi kuudesta kahdeksaan työntekijää parhaan tuloksen saavuttamiseksi. (Weber 2017, s. 26-27.; Jusko 2016)

Digitalisaation myötä Obeya on muuttunut myös digitaaliseksi tarjotakseen vaihtoehdon globaaleille suuryrityksille. Tätä digitaalista versiota kutsutaan nimellä iObeya. Digitaalinen iObeya toimii myös visuaalisena keinona ilmaista asioita kuten analoginenkin versio. Valkotaulun on korvannut esimerkiksi projektori tai suuri näyttö, johon kuva siirtyy digitaalisesti tietokoneelta. Tietokoneella työntekijät voivat työskennellä etänä eri toimipisteiltä yhtä aikaa mieltien asioita yhdessä. Digitaalisen version etuina ovat myös automaattinen päivittyminen ja ajan säästyminen työmäärän vähentyessä. (Nilsson 2019, s. 301.; Jusko 2016; Fast-Berglund 2016 s. 1126-1129.)

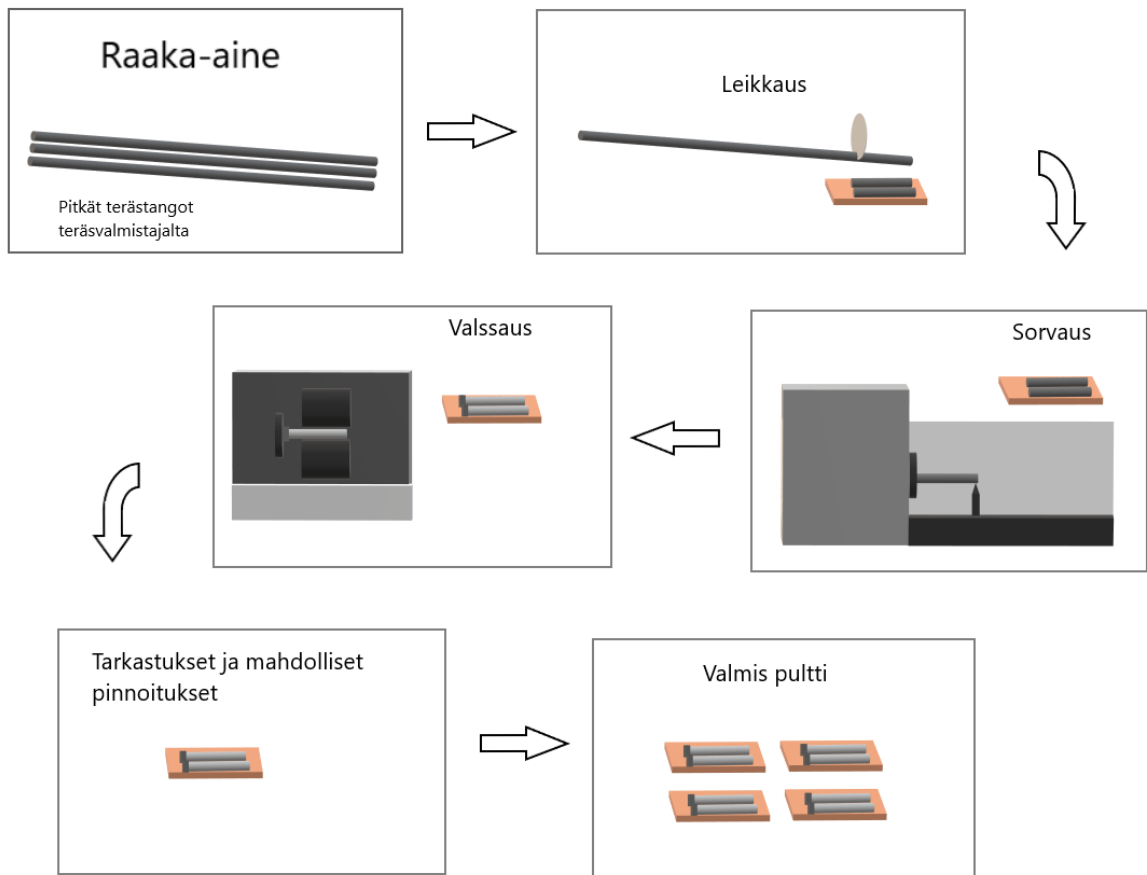
3 TUTKIMUSMETODIT

3.1 Pultin valmistus

Case-esimerkkinä käytetään yritysvierailulla nähtyä prosessia PK-konepajasta, joka valmistaa muun muassa erikoispultteja. Tätä pultin valmistusprosessia vertaillaan komposiittilankun valmistusprosessiin. Nämä erikoispultit ovat isoja erikoislujia pultteja esimerkiksi suurien laivojen moottoreiden kansipultteja.

3.1.1 Pultin valmistusprosessi

Kuvassa 4 on yksinkertaistettu kuva prosessista. Konepaja tilaa terästangot teräsvalmistajalta. Valmistus alkaa aihoiden katkaisulla sopivaan mittaan, jonka jälkeen katkaistut aihiot pakataan kuormalavoihin ja siirretään välivarastoon. Katkaisu on nopeaa ja sitä tehdään ”liian” nopealla tahdilla sorvaukseen nähden. Sorvaus on prosessin hitain vaihe, joka toimii pullonkaulana. Tällä välivarastoinnilla varmistetaan myös, että sorvaukseen on aina tulossa uutta tavaraa. Sorvauksessa pultti työstetään oikeaan muotoon. Sorvauksesta valmistuneet tuotteet siirtyvät toisen välivaraston kautta valssaukseen. Valssauksessa tehdään pultin kierteet. Valssauksen ja välivarastoinnin jälkeen pultit tarkastetaan säröjen varalta, mitataan, tarvittaessa pinnoitetaan ja pakataan lähetettäväksi. Välivarastojen avulla tasataan välivaiheiden erilaista nopeutta. Pultin valmistusprosessin vaiheiden aikana valmistettava kappale on käyttäjän nähtävissä ja siitä voidaan myös visuaalisesti havainnoida prosessin etenemistä.



Kuva 4. Pultin valmistusprosessin etenemiskaavio.

3.1.2 Visuaalisten tuotannonohjausjärjestelmien käyttö

Visuaalisia keinoja hyödynnetään monessa eri vaiheessa helpottamaan operaattoreiden työtehtävää. Pultin valmistuksessa on monta välivaihetta, joiden välillä tuote välivarastoidaan. Välivarastoinnissa käytetään lavakohtaisia kortteja, joista voi lukea missä vaiheessa tuote on ja mitä sille täytyy tehdä. Automatisoiduissa vaiheissa on valomerkit, joista operaattori voi nähdä, että kone on toiminnassa tai jos siinä on ongelmaa. Vaihdettaessa valmistettavaa tuotetta joudutaan vaihtamaan koneiden asetuksia. Visualisaatiota voidaan hyödyntää ilmaisemaan, onko säädöt tehty valmiiksi seuraavan tuotteen valmistukselle.

Työnohjaaja käyttää tuotannonohjausjärjestelmää, johon on sisällytetty visuaalisia merkintöjä. Ohjausjärjestelmästä voi nähdä reaaliajassa nopeasti, mikä tuote on ajallaan ja onko jotain puutteita esimerkiksi raaka-aineissa.

3.2 Komposiittilankun valmistus

Valmistusprosessiksi valittiin komposiittilankun valmistus. Seuraavaksi tutkitaan yleisesti komposiitin määritelmää, komposiittilankun valmistusprosessia ja visuaalisten tuotannonohjausten käyttöä kyseisessä prosessissa.

3.2.1 Komposiitin määritelmä

Komposiitti tarkoittaa kahden tai useamman erilaisia ominaisuuksia omaavien aineiden yhdistettä, jossa raaka-aineet toimivat yhdessä, mutta eivät ole sulautuneet toisiinsa. Asia ei tietenkään ole ihan näin yksinkertainen, että voitaisiin vain yhdistää aineet ja yhdiste olisi valmis. Vähintään kahden pääraaka-aineen lisäksi tarvitaan kytkentäaine yhdistämään aineet ja voiteluainetta voitelemaan prosessia. KytKentäaine tarvitaan varmistamaan muovin ja puun tarttuminen toisiinsa. Lisäksi voidaan lisätä muita lisäaineita kuten ultraviolettisäteilyn suojaa ja väriaineita. Puukuitujen hydrofiilisyyden ja muovin hydrofobisuus estää oikeanlaisen sidoksen syntymisen, ellei käytetä kytkentäainetta. Voiteluaineella vaikutetaan sulan aineen käyttäytymiseen prosessissa ja lisäksi komposiitin ja prosessilaitteiden välisen rajapinnan voiteluun. (Gardner, Han et al. 2015, s. 143-144.)

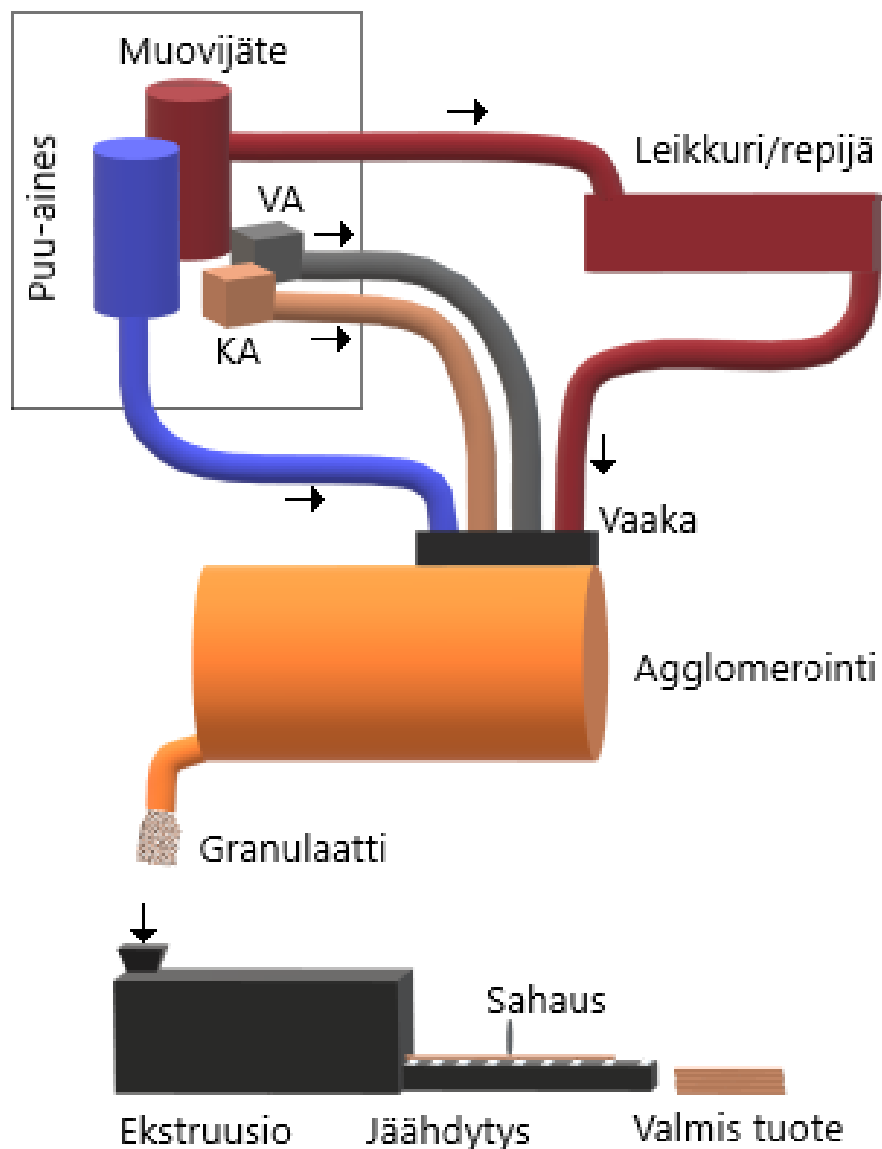
3.2.2 Komposiittilankun valmistusprosessi

Prosessi alkaa raaka-aineiden hankinnalla. Komposiitin osalta työssä perehdytään jätteistä valmistettuun komposiittimateriaalin valmistukseen. Pääraaka-aineina voidaan käyttää esimerkiksi sahapurua ja muovijätettä. Muovijäte muokataan leikkurissa/repijässä sopivaan muotoon. Puu-aines, voiteluaine ja kytkentäaine kuljetetaan suoraan vaa'alle. Vaa'an läpi päästetään raaka-aineet sopivina määrinä agglomerointilaitteeseen. Agglomeroinnissa aineet sekoittuvat ja sopivan liikkeen ja kitkan avulla niistä muodostuu valmista granulaattia. (Ennis 2010, s. 50-51.) Granulaatin valmistusprosessi voi olla täysin erillinen prosessi ekstruusion kanssa tai yhdistetty samaan laitokseen. Valmiin granulaatin voi varastoida esimerkiksi säkkeihin, jos sitä ei käytä välittömästi ekstruusioon. Granulaatin valmistusprosessissa voi fyysisesti nähdä vain raaka-aineet ja lopullisen granulaatin koska prosessin aikana aineet kulkevat kuljettimien, putkien ja laitteiden sisällä.

Granulaatista voidaan valmistaa tuotteita useilla eri tavoilla. Tässä työssä perehdytään ekstruusion eli suulakepuristuksen avulla tehtävään komposiittilankun valmistukseen. Granulaatti syötetään ekstruusiolaitteen sisään, jossa se lämmitetään haluttuun lämpötilaan

ja pursotetaan suulakkeen läpi haluttuun muotoon. Ekstruusiolaitteen puristus tapahtuu ruuvilla. Puristus voi tapahtua yhdellä ruuvilla tai kahdella joko samaan tai vastakkaiseen suuntaan pyörivällä ruuvilla. Suulakkeesta tulee ulos yhtenäistä pötköä niin kauan kuin granulaattia riittää. Ekstruusion tärkein vaihe on lämpötilan säätely. Lämpötilan täytyy olla juuri oikea ja tasainen reunasta reunaan, ettei tuotteesta tule kieroa. Kappaleen jäähditys tehdään hallitusti ilmalla tai esimerkiksi vesisumutuksella, jotta saavutetaan haluttu lopputulos ilman vaurioita. (Gardner, Han et al. 2015, s. 141.) Jäähdytyksen aikana laudan pintaan voidaan painaa mahdollisesti haluttua puukuviota. Valmis tuote katkaistaan sopivaan mittaan jäähdytyksen jälkeen sahaamalla. Valmiit lankut pinotaan kuormalavoille ja paketoitetaan lähetettäväksi asiakkaille.

Raaka-aineet



Kuva 5. Komposiittituotteen valmistusprosessi.

3.2.3 Visuaalisten tuotannonohjausjärjestelmien käyttö

Granulaatin valmistuksen aikana prosessi on hyvin pitkälti automatisoitu. Operaattori tarkkailee visuaalisten mittareiden ja valojen avulla raaka-aineiden määrää sekä itse prosessin etenemistä. Ekstruusiossa valmistusprosessi on myös hyvin pitkälti automatisoitu. Visuaalisella tuotannonohjausjärjestelmällä saadaan helpotettua raaka-aineiden hankintaa tilausten mukaan.

Komposiittilankun valmistusprosessi voidaan suorittaa imuohjauksella onnistuneesti. Uuden tilauksen saapuessa työnhajaaja näkee tuotannonohjausjärjestelmästä tuotannon tilanteen ja voi tilata uusia raaka-aineita sekä arvioida toimitusaikaa asiakasta varten. Imuohjauksen myötä tuotteita ei valmisteta varastoon, vaan niitä valmistetaan vasta uuden tilauksen saavuttua. Ekstruusiota voidaan suorittaa myös työntöohjaus tyylillä varastoon, jos halutaan nopeuttaa isompien erien toimituksia. Tarvelaskennan avulla voidaan ennakoida asiakastilauksia.

4 TULOKSET

4.1 Prosessien väliset erot

Prosessien välillä on paljon eroja. Ekstruusioprosessi on hyvin yksinkertainen ja valmistaa yhtenäistä lankkua niin kauan kuin raaka-ainetta riittää. Komposiittilankun prosessin lopputuotteeksi valmistuu yksittäisiä lankkuja, kun prosessin alussa raaka-aineet olivat täysin erilaisessa muodossa. Pultin valmistuksessa aloitetaan valmiista terästangosta, jota työstetään lopulliseen muotoonsa. Pultin valmistuksessa syntyy yksittäisiä kappaleita, joiden valmistukseen tarvitaan useita eri laitteita. Komposiittituotteen valmistustavan vuoksi välivaiheita on hyvin vähän. Toisaalta taas pultin valmistuksessa on paljon välivaiheita ja tuote saattaa odottaa vuoroaan välivarastossa. Komposiitin valmistusprosessin aikana ei tarvitse siirtää tuotteita paikasta toiseen vaan ekstruusiolaite puristaa tuotteen ulos, ja siitä syntyy katkaisun jälkeen valmista tuotetta halutussa mitassa. Pultin valmistuksen aikana syntyy keskeneräistä tuotantoa, kun taas komposiittilankun valmistuksessa sitä ei yleensä synny. Agglomeroinnin ja ekstruusion välille voi syntyä keskeneräistä tuotantoa, jos tuotantokoneiden kapasiteettierot ovat suuret.

4.2 Tuotannonohjausjärjestelmän käytön syyt ja eroavaisuudet

Ilman minkäänlaista tuotannonohjausta massatuotannon toimivuus olisi hyvin heikkoa. Läpimenoajat ja toimitusajat olisivat todella pitkät ja huonosti arvioitavat ilman tuotannonohjauksen avulla saavutettua prosessin optimointia. Imuohjauksella tuotteita valmistetaan vasta kun on saatu tilaus, jolloin vältetään liikatuotantoa ja turhaa varastointia. Hyvän imuohjauksen ja Kanban-järjestelmän käytön avulla vältetään myös välivarastointia prosessin sisällä. Tuotannonohjausjärjestelmän avulla työnhajaaja näkee tilaukset ja prosessien tilanteen. Uusien tilausten myötä saadaan tilattua tarvittavat raaka-aineet. Hyvin suunniteltu tuotannonohjaus minimoi varastojen koot ja parantaa prosessin sujuvuutta. Komposiittilankun valmistusprosessissa voidaan tuotannonohjausjärjestelmässä pitää kirjaa raaka-aineiden, granulaatin ja valmiiden tuotteiden määristä ja tiedoista. Pultin valmistusprosessissa tuotannonohjausjärjestelmään voidaan kirjata ylös jokainen lavan liike sisältäen työn etenemisen joka välivaiheelta.

4.3 Visuaalisten tuotannonohjaustapojen hyödyt ja käyttö prosesseissa

Visuaalisilla tuotannonohjaustavoilla helpotetaan käyttäjän reagoitua tilanteeseen. Visuaalisia merkkejä on nopea ja selkeä lukea. Täten nopeutetaan reagoitua ja vähennetään virheellisiä toimia. Visuaalisesta tuotannonohjauksen yleisnäkymästä näkee yhdellä vilkauksella koko tehtaan yleistilanteen. Visuaalisuus tarkoittaa kaikkea minkä voi nähdä, esimerkiksi paperille tulostettua, valkotaululle piirrettyä tai tietokoneen ruudulla näytettyä näkymää.

4.3.1 Pultin valmistuksessa

Pultin valmistuksessa on useita kohteita visuaaliselle ohjaukselle. Pultin valmistuksessa tuotteita siirretään useampia pultteja kerrallaan, joten siinä käytetään lavakohtaisia tietokortteja. Kortit seuraavat kuormalavaa valmistusprosessin läpi ja siihen merkitään jokaisten välivaiheiden jälkeen mitä tuotteille on tehty. Työpisteillä käytetään visuaalisia valoja, tietotauluja ja paperisia tulosteita.

4.3.2 Komposiittilankun valmistuksessa

Komposiittilankun valmistuksessa visuaalisia keinoja tuotannon tiedonvälitykseen on lähinnä mittarit ja valot, joiden avulla operaattori voi seurata prosessin etenemistä. Visuaalisia keinoja voi käyttää esimerkiksi työkalujen järjestykseen kuten S5 neuvoo tekemään.

5 TULOSTEN ANALYSOINTI JA POHDINTA

Valmistusprosessit ovat hyvin erilaiset. Suurimmaksi osaksi erot johtuvat prosessien erilaisuuksista. Pultin valmistuksen välivaiheista ja eri prosessien erilaisista läpimenoajoista aiheutuu tuotteiden siirtelyä ja välivarastointia. Tämä prosessi on hankala saada toimimaan ilman välivarastointia, koska prosessin eri vaiheet ovat epätasapainossa ajallisesti. Tehtaassa valmistetaan muitakin tuotteita tarkoittaen, että koneiden asetuksia täytyy vaihtaa ja säätää kuluttaen ylimääräistä aikaa. Ideaali tilanteessa prosessin kaikki vaiheet kestäisivät yhtä kauan, jolloin ylimääräiset siirrot välivarastoon poistuisi vähentäen turhaa työtä. Tässä prosessissa ensimmäinen helpotus tilanteeseen olisi toisen sorvin käyttäminen yhtäaikaaisesti lyhentäen sorvauksen läpimenoaika. Tämän toteutus tarkoittaisi joko yrityksen toisen sorvin varaamista pulttien tekoon estäen muiden tuotteiden valmistamisen samanaikaisesti tai uuden sorvin investointia. Tämä vaatisi lisäinvestointia sorvin osalta, lisää tilaa sekä operaattorin käyttämään uutta sorvia. Konepajan toiminnan muutos pääasiallisesta työntöohjauksesta imuohjaukseen voisi onnistua tasaamalla prosessien välivaiheiden kestoa. Tämä olisi kuitenkin iso investointi sekä riski toimivalle yritykselle.

5.1 Vertailu ja yhtymäkohdat aiempaan tutkimukseen

Relevanttia ja ajankohtaista tutkimusta visuaalisten tuotannonohjausjärjestelmien käytöstä juuri näissä valmistusprosesseissa ei löytynyt. Yleisesti ottaen visuaalisten tuotannonohjauksien teoriaa ja tutkimusta niiden käytöstä kuitenkin löytyi ja sitä hyödynnettiin soveltaen työn prosesseihin mahdollisimman hyvin.

5.2 Tutkimuksen kriittinen tarkastelu

Tutkimuksen lopputuloksena on helposti tulkittava kuva kummastakin valmistusprosessista sekä visuaalisten toiminnanohjauskeinojen käytöstä. Tutkimuksien puute juuri näissä valmistusprosesseissa aiheutti teorian soveltamista ja heikensi vertailukelpoisuutta prosessien välisten visuaalisten tuotannonohjaustapojen erojen tarkastelussa.

5.3 Avaintulokset

Tutkittujen prosessien ja niiden visuaalisten tuotannonohjauksien käytössä oli eroja. Pultin valmistuksen prosessin aikana useamman välivaiheen vuoksi visualisoinnille on enemmän mahdollisia käyttökohteita. Alla on esitetty vastauksia tutkimuskysymyksiin.

1. Miksi käytetään tuotannonohjausjärjestelmiä?

Tuotannonohjausjärjestelmillä saavutetaan selkeys prosessiin, nopeutetaan läpimenoaikaa ja toimitusaikaa sekä pienennetään varastojen kokoa. Tuotannonohjausjärjestelmän avulla voidaan arvioida toimitusaikaa, prosessin tilaa sekä tarvittavia raaka-aineiden tilauksia.

2. Miten tuotannonohjaustavat vaikuttavat massavalmistuksen tehokkuuteen?

Tuotannonohjaustavoilla ja erilaisilla ohjelmilla voidaan vähentää keskeneräistä tuotantoa, joka lyhentää toimitusaikoja ja säästää tilaa. S5:n mukainen siisteysohjelma järjestää työpaikalta kaiken turhan pois ja selkeyttää esimerkiksi työkalujen ja työpisteiden tavarat visualisoinnin avulla.

3. Mitä hyötyä on visuaalisesta tuotannonohjauksesta?

Ihminen oppii ja ymmärtää asiat nopeammin ja varmemmin visuaalisesti. Eli visualisoinnilla helpotetaan työntekijöiden virheiden havainnointia sekä tuodaan prosessin yleistila selkeästi ilmi kaikkien tietoon. Visualisoinnilla vähennetään väärinymmärryksen riskiä.

4. Mitä eroja on komposiittilankun ja pultin valmistusprosessilla?

Komposiittilankun valmistusprosessi on jatkuva ja siitä ei periaatteessa voi syntyä keskeneräistä tuotantoa. Pultin valmistuksessa välivaiheita on monia ja siinä on mahdollisuus KET:n kerääntymiseen varastoon jokaisen vaiheen välissä.

5.4 Kehitysehdotukset

Vanhan prosessin toimintaa ei välttämättä saa parannettua pelkällä visuaalisten toiminnanohjauksien käytöllä, jos alkuperäinen prosessin järjestys ja toiminta on huonoa. Parhaaseen tulokseen päästään rakentamalla prosessi täysin uudelleen käyttäen uusia toiminnanohjaustapoja. Työntekijöiden hyvällä koulutuksella ja visuaalisilla avustuksilla varustettu, hyvin suunniteltu prosessi on toimiva ja hyvin virtaava.

5.5 Jatkotutkimusaiheet

Visuaalisten tuotannonohjausjärjestelmien toimintaa tulisi tutkia laajemmin erilaisten prosessien välillä. Visuaalisten toiminnanohjausten hyödyistä pienemmässä tuotannossa olisi hyvä tutkia enemmän.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Visuaalisia tuotannonohjauskeinoja tarkastellessa voidaan huomata niiden yleisyys ja monipuolisuus. Visuaalisilla keinoilla voidaan vaikuttaa mm. tuotantoon, suunnitteluun ja ongelmien ratkaisuun. Visuaalisten menetelmien ajatus on antaa käyttäjille visuaalinen näköhavainto tarkasteltavasta asiasta. Visuaalisilla tuotannonohjaustavoilla voidaan parantaa valmistusprosessin sujuvuutta ja tehdä valmistuksesta kannattavampaa. Visuaalisten keinojen avulla voidaan siirtää vastuuta enemmän operaattoreille, kun he voivat tehdä päätöksiä esimerkiksi töiden uudelleen järjestelystä nähdessään töiden aikatauluja, kun aiemmin kokonaiskuva oli vain johdon nähtävillä. Digitalisaation myötä visuaalinen ohjaus voi toimia myös reaaliajassa. Tuotantolinjan kuvaaminen seinälle tai taululle havainnollistaa tuotannon ongelmakohdat ja tällöin niihin osataan puuttua. Ongelmana on, että onnistuneen visuaalisen tuotannonohjaustapojen pitkäaikainen toteuttaminen vaatii panostusta kaikilta työntekijöiltä koko organisaatiossa.

Tässä työssä kuvattiin kahden erilaisen prosessin eroja ja niiden vaikutusta visuaaliseen tuotannonohjaukseen. Prosesseiksi valikoitujen pultin valmistusprosessin ja puu-muovikomposiitin valmistusprosessin välillä havaittiin isoja eroja. Prosesseja oli haastava vertailla keskenään erilaisuuksien vuoksi. Tietoa visuaalisten ohjauksien käytöstä kyseisissä prosesseissa oli niukasti, joten teoriaa joutui soveltamaan tutkimuksessa vertailtaviin prosesseihin. Työssä esitetyt menetelmät valikoituivat kiinnostuksen ja menetelmien yleisyyden vuoksi. Visuaalisia menetelmiä on monia ja ne kehittyvät koko ajan paremmiksi. Lisäksi digitalisointi muokkaa vanhempia jo käytössä olevia järjestelmiä sopeutumaan paremmin muuttuvaan maailmaan.

LÄHTEET

- ADMICOM, 2020. *Lisäkuvia kandidaatintyöhön [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Janne Oksman. Lähetetty 31.3.2020 klo 16:12 (GMT +0200). Liitetiedostot: "Myyntitilaus[3875].jpg, Tuotannon työjonot_tabletti[3873].jpg".*
- BITITCI, U., 2016. Impact of visual performance management systems on the performance management practices of organisations. *International Journal of Production Research*, pp. 1571-1593.
- CHIARINI, A., 2013. Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office. pp. 15-115.
- ENNIS, B.J., 2010. Agglomeration technology: Equipment selection. *Chemical Engineering*, pp. 50-54.
- FAST-BERGLUND, Å, 2016. Digitalisation of Meetings – From White-boards to Smart-boards, 2016, pp. 1125-1130.
- GARDNER, D.J., HAN, Y. and WANG, L., 2015. Wood–Plastic composite technology. *Current Forestry Reports*, pp. 139-150.
- HOPP, W., 2004. To Pull or Not to Pull: What Is the Question? *Manufacturing & Service Operations Management*, pp. 133-148.
- JACA, C., 2013. Do companies with greater deployment of participation systems use Visual Management more extensively? An exploratory study. *International Journal of Production Research*. pp. 1755-1770.
- JUSKO, J., 2016. Obeya: The Brain of the Lean Enterprise. *Industry Week*.
- KOPONEN, J., HILDÉN, J. and VAPAASALO, T., 2016. Tieto näkyväksi: informaatiomuotoilun perusteet. pp. 17-20.
- LEE, H.L., 2018. Big Data and the Innovation Cycle. *Production and Operations Management*, pp. 1642-1646.
- MARTINSUO, M., MÄKINEN, S., SUOMALA, P. and LYLY-YRJÄNÄINEN, J., 2016. Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. pp. 117-120.
- NETLAND, T., 2013. Exploring the phenomenon of company-specific production systems: One-best-way or own-best-way? *International Journal of Production Research*, pp. 1084-1097.
- NETLAND, T., 2016. The S-Curve Effect of Lean Implementation. *Production and Operations Management*, pp. 1106.

NILSSON, A., 2019 Hidden Waste Factors in LEAN Management: Towards Improved Shop-floor Communication and Management, 2019, pp. 297-304.

TORKKOLA, S., 2015. Lean asiantuntijatyön johtamisessa. pp. 22-29.

WEBER, A., 2017. Make Room for Obeya, pp. 26-31.