



Tuotevaihtojen nopeuttaminen LL10-esikäsittelylinjalla

Saku Kallioinen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2021

Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikka
Paperiteknikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikka
Paperitekniikka

KALLIOINEN, SAKU:

Tuotevaihtojen nopeuttaminen LL10-esikäsitteilylinjalla

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Huhtikuu 2021

Pilkington Automotive Finland Oy:n Tampereen tehdas valmistaa karkaistuja lasia ajoneuvoteollisuuden tarpeisiin. LL10 on tehtaan uusi tuotantolinja, jossa lasit esikäsitellään ennen karkaisuprosessia. Kasvavan kysynnän sekä tehtaalle rakenteilla olevan uuden karkaisulaitoksen ansiosta LL10-tuotantolinjan kuormituksen ennustetaan kasvavan tulevaisuudessa. Kuormituksen lisääntyessä tulee ajankohtaiseksi etsiä keinoja tuotantolinjan kapasiteetin kasvattamiseen. Valmistettavien lasien erä koko on Tampereen tehtaalla pieni, joten tuotevaihtoja on paljon. Tuotevaihdot on suoritettava tehokkaasti, jotta tuotantoon käytettävää aikaa jää tuotantolinjalla mahdollisimman paljon.

Tuotevaihtoprosessin havainnoinnin sekä operaattoreille suoritettujen kyselytutkimusten avulla muodostettiin kokonaiskuva operaattoreiden toiminnasta tuotevaihtojen aikana. Tämän jälkeen pyrittiin Lean-filosofian periaatteita hyödyntäen löytämään toimenpiteitä nopeamman tuotevaihtoprosessin saavuttamiseksi.

Opinnäytetyön tulokset osoittavat, että operaattoreiden toimintatavat tuotevaihtojen aikana eivät ole yhtenäisiä. Vakioitu toiminta tuotevaihtoissa saavutetaan ottamalla käyttöön tässä työssä esiteltävät operaattorikohtaiset askelmerkit. Käyttöönotto tapahtuu kouluttamalla askelmerkit operaattoreille toukokuussa 2021. Kun tuotevaihtoprosessi on saatu operaattoritoiminnan osalta standardisoitua, voidaan lähteä jatkokehittämään työtapoja ja menetelmiä. Opinnäytetyön tulosten perusteella valmistusmenetelmistä tarkasteluun tulisi ottaa esimerkiksi tuulilasien valmistus ilman vesileikkuvaihetta.

Asiasanat: tuotevaihdot, lean, kehitys, standardisointi

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Paper, Textile and Chemical Technology
Paper Technology

KALLIOINEN, SAKU:

Decreasing Changeover Times in Production Line LL10

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 3 pages
April 2021

The purpose of this thesis was to find ways for faster changeovers in the production line LL10. LL10 is the newest pre-processing line in Pilkington Automotive's Tampere plant, as due to a rising volume, the capacity of production line must be increased. Batch sizes in the plant are small, so the amount of the changeovers is high. With a faster process there will be more time for the actual production.

Information about the topic was gathered by observing changeovers for three months, and the operators of the production line also filled in a questionnaire. Based on the gathered information and Arrow Machine Track data, Lean method was used in order to find improvement actions. Based on the results there are several ways to reduce the length of the process, starting by creating a standardized operator change over process. With a standardized operator actions, it becomes easier to find improvement actions also for the methods and tools used in the process.

Key words: change over, lean, improvement, standardization

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	YRITYKSEN JA TUOTANTOLINJAN ESITTELY	7
	2.1 Pilkington Automotive Finland Oy	7
	2.1.1 Tampereen tehdas	7
	2.2 LL10-tuotantolinja	8
	2.2.1 Henkilöstö ja vuorojärjestelmä	8
	2.2.2 Tuotantoprosessin vaiheet	9
3	LEAN	12
	3.1 SMED.....	14
	3.2 5S-menetelmä.....	16
4	TUOTEVAIHDOT.....	18
	4.1 Arrow Machine Track.....	18
	4.1.1 Tuotevaihtojen kuittaminen järjestelmään	20
	4.1.2 Datan luotettavuus	21
	4.2 Tuotevaihtodata	22
	4.2.1 Datan analysointia.....	22
5	HAVAINNOINNIT.....	25
	5.1 Huomioita yleishavainnoinneista.....	25
	5.2 Havainnointi 11/2020	27
6	OPERAATTOREIDEN NÄKÖKULMA TUOTEVAIHTOIHIN.....	29
	6.1 Tuotevaihdon työohjeet.....	29
	6.2 Suurin syy tuotevaihtojen pituudelle	30
	6.3 Esimiehen ja kehittäjien rooli	32
	6.4 Tuotevaihdon kuittaus järjestelmään	32
	6.5 Muut kehitysideat.....	33
	6.6 Lisäpohdintaa ja toimenpide-ehdotuksia vastausten pohjalta	33
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	35
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	38
	Liite 1. Tuotevaihdon askelmerkit	38
	Liite 2. Havainnointitutkimuksen yhteenveto 11/2020	39
	Liite 3. Kyselylomake operaattoreille	40

ERITYISSANASTO

Aihio	Käsittelyyn menossa oleva lasi.
Downtime	Tuotantolinjan odotus- tai häiriöaika.
Karkaisuprosessi	Lasin kuumentaminen lähes sulamispisteeseen, ja sen jälkeinen nopea jäähdytys. Prosessin jälkeen lasi hajo- tessaan murenee pieniksi siruiksi.
Karuselli	Pyörivä alusta tuotantolinjan alussa, johon lasiaihiot las- tataan.
KL11	Karkaisulaitos numero 11.
KL12	Karkaisulaitos numero 12.
Laatumappi	Kansio, jossa koottuna tuotantolinjan työohjeet, sekä laatustandardit.
LL10	Leikkuulinja numero 10.
Läpimenoaika	Aika, joka kuluu yhden lasin kulkemiseen kaikkien pro- sessivaiheiden läpi.
NMI	Uusien tuotteiden tuotannollistamisesta vastaava osasto.
Operaattori	Tuotantolinjan työntekijä.
Uptime	Aika, jolloin tuotantolinja on käynnissä.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Pilkington Automotive Finland Oy:n Tampereen toimipisteelle, jossa valmistetaan karkaistuja laseja ajoneuvoteollisuuden tarpeisiin. Työn tarkoituksena oli analysoida esikäsittelylinja LL10:n tuotevaihtoja, ja määrittää kehitystoimenpiteitä nopeamman prosessin saavuttamiseksi. Esikäsittelylinjan kuormitus tulee ennusteiden mukaan kasvamaan tulevaisuudessa, joten tuotevaihtojen tehokas suorittaminen muuttuu entistä tärkeämmäksi osa-alueeksi tuotantolinjan toiminnassa.

Tavoitteeksi opinnäytetyölle määritettiin aluksi tuotevaihtoja nopeuttavien toimenpiteiden määrittäminen ja toteuttaminen. Toimenpiteiden vaikutusta prosessiin oli tarkoitus mitata ja näin todentaa niiden vaikutusta. Opinnäytetyötä kuitenkin päädyttiin lopulta aiheen laajuuden takia rajaamaan siten, että tavoitteeksi asetettiin mahdollisimman kattavan kokonaiskuvan muodostaminen tuotevaihtoprosessista sekä tulevaisuudessa toteutettaviksi tulevien kehitystoimenpiteiden määrittäminen.

Tiedonhankinta suoritettiin havainnoimalla tuotevaihtoja yleisellä tasolla kolmen kuukauden ajan sekä operaattoreille suoritettuna kyselytutkimuksen avulla. Lisäksi opinnäytetyössä hyödynnettiin aiemmin suoritettua tuotevaihtojen minuuttitaso seuranta tutkimuksen tuloksia. Näistä saatujen tietojen perusteella pyrittiin muodostamaan mahdollisimman kattava tietopaketti tuotevaihtoista, niin objektiivisten havainnoitsijoiden, kuin linjalla työskentelevien operaattoreidenkin näkökulmasta. Opinnäytetyössä analysoitiin myös Arrow Machine Track -ohjelmistosta saatavaa tuotevaihtojen kestoon liittyvää dataa sekä tarkasteltiin sen luotettavuutta.

Lean-filosofian mukainen toiminta on tärkeässä asemassa Pilkingtonilla, ja se oli johtava ajatusmalli myös opinnäytetyötä tehtäessä. Leanin periaatteiden mukaisesti työssä pyrittiin tunnistamaan prosessista lisäarvoa tuottamatonta työtä ja etsittiin keinoja sen vähentämiseen. Opinnäytetyössä Lean-työkaluista hyödynnettiin erityisesti tuotevaihtojen nopeuttamiseen kehitettyä SMED-menetelmää sekä 5S-periaatetta.

2 YRITYKSEN JA TUOTANTOLINJAN ESITTELY

2.1 Pilkington Automotive Finland Oy

Pilkington on Englannissa vuonna 1826 perustettu yritys, joka siirtyi osaksi japanilaista NSG Groupia vuonna 2006. NSG Group on maailman johtavia toimijoita lasiteollisuudessa. Yritys valmistaa lasituotteita ajoneuvoteollisuuden, rakennusteollisuuden sekä teknisten markkinoiden tarpeisiin. NSG Groupilla on tuotantolaitoksia 27:ssä eri maassa ja se työllistää maailmanlaajuisesti n.27 000 työntekijää. (Pilkington 2021)

Suomessa Pilkington Automotivella on kaksi tuotantolaitosta, jotka sijaitsevat Tampereella ja Laitilassa. Suomen tehtaot valmistavat lasituksia pääsääntöisesti maatalouskoneisiin sekä linja-autoihin. Yhdessä ne muodostavat merkittävimmän osan NSG Gropin erikoisajoneuvoliiketoiminnasta. Tampereen tehtaalla valmistetaan karkaistuja laseja, Laitilassa laminoituja laseja. Lisäksi Laitilassa toimii laivojen lasitusratkaisuja toimittava Pilkington Marine. (Pilkington 2021)

2.1.1 Tampereen tehdas

Pilkingtonin Tampereen tehdas on perustettu vuonna 1973. Se valmistaa karkaistuja laseja erikoisajoneuvomarkkinoille, keskittyen pääsääntöisesti linja-autojen taka- ja sivulasituksiin sekä maatalouskoneiden hyttien lasituksiin. Tehdas erottuu konsernin muista yksiköistä erityisesti pienten sarjakokojen ja vaativien tuotteiden valmistajana. Tampereen tehtaalle on viime vuosina tehty useita investointeja. Viimeaikaista merkittävimpinä ovat laajennusosa, joka valmistui alkuvuodesta 2020, sekä uusi karkaisulaitos KL18, jonka rakennustyöt ovat opinnäytetyötä kirjoittaessa käynnissä. (Pilkington 2021)

Tampereen tehdas koostuu tuotannon osalta raakalasarastosta, useista esikäsittelylinjoista, karkaisulaitoksista sekä eristyslasiosastosta. Lisäksi tehtaalla toimii erillinen lisäarvosolu, jossa laseihin kiinnitetään erilaisia liittimiä ja kiinnikkeitä

joko liimaamalla tai tinaamalla. Tyypillisiä liimattavia osia ovat esimerkiksi tuulilasipyyhkijöiden moottorin kiinnikkeet.

Tuotannon operaattoreiden lisäksi Tampereen tehtaalla työskentelee eri tehtävissä muun muassa myynnin, hankintapuolen, tuotannosuunnittelun sekä palkkahallinnon henkilöstöä. Yhteenlaskettuna Tampereen tehtaalla työskentelee kaikkiaan 205 henkilöä.

2.2 LL10-tuotantolinja

LL10 on Tampereen tehtaan uusi, vuonna 2017 valmistunut tuotantolinja, jossa esikäsitellään lasia karkaisuprosessia varten. Tuotantolinjalla lasiaihiot leikataan, hiotaan, porataan sekä silkkipainetaan tuotekohtaisesti määritellyllä tavalla. LL10 esikäsittelee sekä linja-autoihin, että maatalouskoneisiin päätyviä lasia. LL10-tuotantolinjalla esikäsitellyt lasit karkaistetaan pääsääntöisesti Tampereen tehtaan vaakakarkaisulaitoksilla KL12 ja KL11.

Ajoneuvoteollisuus on muuttumassa lasituksiltaan yhä monimuotoisemmaksi niin lasin kokojen, muotojen, taivutuksien, kuin pinnoitustenkin osalta. LL10 pystyy modernin tekniikkansa ansiosta vastaamaan tämän kehityksen mukanaan tuomiin haasteisiin. Varsinkin linjan vesileikkuupiste mahdollistaa kaikkien eri muotojen leikkaamisen lasin ulkoreunoille sekä erilaisten aukkojen leikkaamisen lasin keskelle. Läpimenoajaltaan vesileikkuu on huomattavan nopea ja tarkka verrattuna aikaisempaan jyrsinprosessiin.

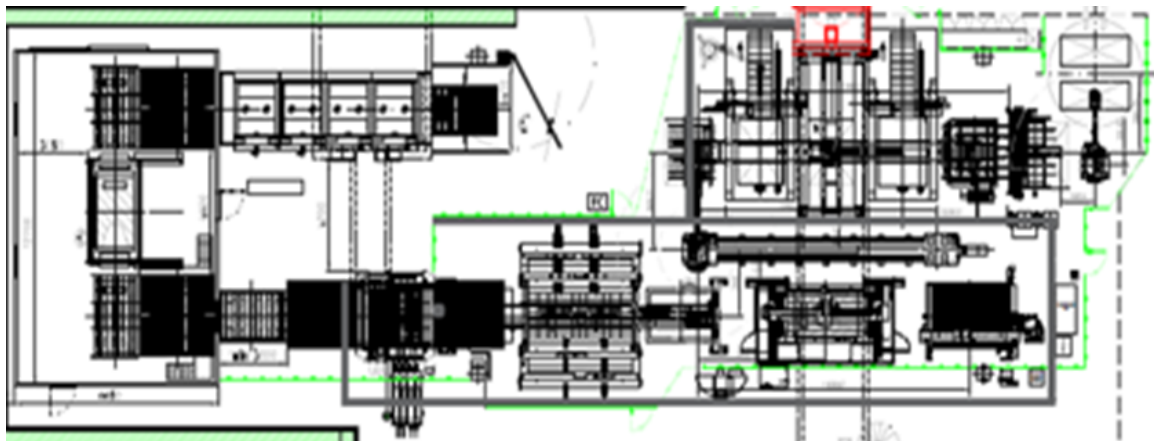
2.2.1 Henkilöstö ja vuorojärjestelmä

Tuotantolinjalla LL10 työskentelee kaikkiaan 15 operaattoria 5-vuorojärjestelmässä. Vuorojärjestelmä on toteutettu siten, että linjalla on tuotantoa vuorokauden ympäri kaikkina viikonpäivinä. Vuorot muodostuvat kolmesta operaattorista, jotka suorittavat kukin toimenkuvansa mukaisia yksilöityjä tehtäviä. Tuotannon ollessa käynnissä yksi operaattori valvoo ja säätää linjan toimintaa, yksi toimii silkkipainokopissa suorittaen lasin painatuksen ja yksi on vastaanottopäässä

nostelemassa lasia linjalta määrätyle telineelle. Operaattorien tärkein toimenkuva on valmistaa turvallisesti laadukasta lasia karkaisulaitoksille jatkojalostettavaksi.

Operaattoreiden lisäksi tuotantolinjan päivittäisessä toiminnassa ovat mukana linjan esimies, operatiivinen kehittäjä sekä kehitysinsinööri. Lisäksi välillisesti linjan toimintaan vaikuttaa tehtaalla niin kutsutut tukifunktiot, joiden tehtävänä on tukea linjan toimintaa oman vastualueensa toimintojen mukaisesti. Tällaisiin tukifunktioihin kuuluu mm. tehtaalla kunnossapito-organisaatio, laatuosasto sekä uusien tuotteiden tuotannollistamisesta vastaava NMI-osasto.

2.2.2 Tuotantoprosessin vaiheet



KUVA 1. LL10-tuotantolinjan pohjapiirros.

LL10-tuotantolinjan prosessi koostuu seuraavista osavaiheista (LL10:n hallintasuunnitelma 2021):

1. Työjonosta seuraavan tuotteen valinta

- Operaattorit tarkastavat työjonosta seuraavaksi työn alle tulevan tuotteen

2. Esivalmistelut

- Lasien haku varastosta
- Materiaalien oikeellisuuden varmistaminen

- Aihoiden lastaus karuselliin
- Työkalujen nouto ja tarkistaminen
- Poisnostelupään valmistaminen

3. Asetusten teko

- Leikkuun asetukset
- Aihionostelurobotin asetukset
- Ratarobotin 1-puolen asetukset
- Vesileikkuun asetukset
- Ratarobotin 2-puolen asetukset
- Vesileikkuun hionnan asetukset
- Poran asetukset
- Silkkipainon asetukset

4. Asetusten varmistaminen

5. Ensimmäisen lasin hyväksyminen

- Tuotteen vaatimusten ja ominaisuuksien varmistaminen
- Vaatimusten mukaisten dokumenttien täyttäminen

6. Aihion lastaus ja asemointi

7. Lasin muotoleikkuu, irrotus ja hionta

8. Lasin vesileikkuu

9. Lasin vesileikkuujäljen hionta

10. Lasin poraus

- Lasin tarkastus mallilla
- Vaatimusten mukaisten dokumenttien täyttäminen

11. Lasin pesu

12. Lasin silkkipainaminen

13. Lasin nosto pukille

Edellä olevassa listauksessa on lueteltu LL10-tuotantolinjan kaikki työvaiheet, mutta kaikki valmistettavat tuotteet eivät käy jokaista vaihetta läpi. Mikäli lopputuotteeseen ei tule reikiä, jätetään porausvaihe tällöin esimerkiksi kokonaan suorittamatta.

3 LEAN

Tässä luvussa tutustutaan yleisellä tasolla Lean-filosofian pääperiaatteisiin, sekä esitellään opinnäytetyön kannalta sen keskeisimpiä työkaluja. Juuret Leanilla ovat japanilaisen autoteollisuuden toimijan Toyota Motor Corporationin toimintaperiaatteessa - Toyota Production Systemissä (TPS). Se sai alkunsa, kun Toyotan silloinen päätuotantoinisööri Taiichi Ohno sai tehtäväkseen nostaa yrityksen tuottavuutta sotien jälkeen nopeasti teollistuvassa Japanissa. Saadakseen lisää tietoa ja uusia ideoita, Ohno vieraili pääasiassa Yhdysvalloissa useissa eri alan yrityksissä, esimerkiksi supermarketeissa ja erilaisissa teollisuuden massatuotantolaitoksissa. Supermarkettien toiminnasta Ohno sai eniten vaikutteita, sillä niissä hän koki asiakkaan saavan oikean määrän juuri sitä mitä hän halusi, juuri silloin kun sitä halusi. (SixSigma 2021)

Näiden matkojen aikana oppimansa perusteella Ohno alkoi yhdessä Toyotan muun henkilöstön kanssa muodostaa yhtä toimintamallia, joka yhdistäisi useita vanhoja konsepteja yhdeksi tehokkaasti toimivaksi kokonaisuudeksi. Näin alkoi muodostua pohja kaikesta ylimääräisestä karsitulle toimintaperiaatteelle, joka nykyisin tunnetaan Lean-nimellä. (SixSigma 2021)

Lean sai nimensä vuonna 1987 John Krafickilta. Hän oli tutkijana mukana ryhmässä, jonka tarkoituksena oli tutkia eri autotehtaiden tuottavuutta. Krafick tarvitsi Toyota Production Systemille nimen, josta välittyisi mahdollisimman kuvaavasti, mistä siinä on kyse. Nimeen Lean Krafick päätyi siitä syystä, että hänen mielestään TPS:n mukainen toiminta luo muihin toimintamalleihin verrattuna saman määrän arvoa käyttämällä vähemmän kaikkea. (Six Sigma2021)

Lean-filosofia on nykyään maailmanlaajuisesti johtava toimintaperiaate lähes kaikilla aloilla. Sitä voidaan pitää kokoelmana erilaisia johtamis- ja toimintamalleja, joiden perusajatuksena on hioa tuotantoprosessista mahdollisimman tehokas. Tehokkuutta lisätään karsimalla prosessista asiakkaalle lisäarvoa tuottamattoman työn osuutta. Tällaista asiakkaalle lisäarvoa tuottamatonta työtä kutsutaan hukaksi. Tuotannossa tapahtuva hukka voidaan jakaa seitsemään eri luokkaan. (Kouri 2010, 10)

1. Ylituotanto

Ylituotannolla tarkoitetaan tuotteiden valmistamista enemmän kuin välitön tarve olisi. Eräkokojen kasvaminen, keskeneräinen tuotanto sekä kasvavat varastot johtavat muiden hukkien syntymiseen tai kasvamiseen. Ylituotanto voi estää myös todellisten epäkohtien löytämistä ja ratkaisemista, sillä suuret varastotasot voivat piilottaa ongelmia ja lieventää niiden vaikutusta.

2. Odottelu ja viivästykset

Asiakkaalle lisäarvoa tuottamatonta aikaa. Voi aiheutua esimerkiksi materiaali-
lipuutteista, tai laiterikoista.

3. Tarpeeton kuljettaminen

Materiaalien turhaa liikuttelua on pyrittävä välttämään eri tuotantovaiheiden välillä, sillä sekin on asiakkaalle lisäarvoa tuottamatonta aikaa.

4. Laatuvirheet

Aiheuttavat hukkaa niin tuotantokapasiteetin, kuin materiaalienkin suhteen, sekä vähentävät asiakastytyvääisyyttä.

5. Tarpeettomat varastot

Aiheuttavat lisäkustannuksia, pidempiä läpimenoaikoja, sekä piilottavat ongelmia.

6. Ylikäsittely

Asiakkaan näkökulmasta merkityksettömiä toimintoja.

7. Tarpeeton liike työskentelyssä

Lisäarvoa tuottamaton liike on hukkaa.

Usein Leanin yhteydessä mainitaan myös kahdeksas hukka, jolla tarkoitetaan operaattorien luovuuden käyttämättä jättämistä. Linjan työntekijöillä on usein paras tieto- ja kokemuspohja eri työvaiheiden suorittamisesta. Tämä antaa heille monesti parhaat valmiudet tuoda esiin erilaisia kehityskohteita tuotantolinjan toiminnassa. (Kouri 2010, 10)

Työn vakiointi liittyy myös keskeisenä teemana Leanin periaatteisiin. Työn toteutustavan vaikutusta turvallisuuteen, tuottavuuteen ja laatuun voidaan selvittää vasta, kun kaikki työntekijät toimivat samalla tavalla. Työn vakioiminen ei tarkoita oma-aloitteisuuden unohtamista, vaan työntekijöiden haastamista kehittämään parempia toimintatapoja. Työn vakiinnuttamisen kannalta ratkaisevassa roolissa ovat hyvin tehdyt työohjeet. Hyvin tehty työohje on selkeä, havainnollistava, sekä yksinkertainen. Ohjeessa tulee kuvata työn pääkohdat, ja niihin liittyvät olennaisimmat turvallisuuteen, laatuun ja tuottavuuteen kuuluvat asiat. Työohjeet tulee sijoittaa keskeiselle paikalle, niin että ne ovat helposti kaikkien saatavilla. (Kouri 2010, 16–17)

3.1 SMED

Lean-työkaluista SMED (Single-Minute Exchange of Die) on alun perin japanilaisen insinöörin Shigeo Shingon kehittämä menetelmä, jonka avulla pyritään tehostamaan tuotevaihtojen suorittamista. Nimi juontaa juurensa tavoitteesta, jossa tuotevaihtoihin käytettyä aikaa voidaan kuvata yksinumeroisena (Single digits). Tällöin tuotevaihtoon käytetty aika on alle 10 minuuttia. Ydinajatus menetelmässä on havainnoida tuotevaihtoja, erotella tuotevaihdon komponentit erillisiksi osaluokiksi ja löytää toimenpiteitä, joilla kyseisiä osaluokkia voidaan suorittaa nopeammin. (Laakso 2015, 4–5)

SMED-menetelmästä on käytössä useita erilaisia versioita, joita yhdistää perusajatus siitä, että tuotevaihtoihin käytetty aika on jaoteltavissa sisäiseen ja ulkoiseen asetusajaan. Sisäisen asetusajan muodostavat kaikki ne tuotevaihdon komponentit, jotka voidaan suorittaa ainoastaan silloin kun tuotantolinja on pysähdyksissä. Ulkoinen asetus aika muodostuu puolestaan niistä toimenpiteistä,

jotka voidaan suorittaa tuotannon ollessa käynnissä. Tavoitteena on muuttaa sisäisen asetusajan toimintoja mahdollisimman paljon ulkoisiksi, jolloin varsinaiseen tuotantoon käytettävän ajan määrä lisääntyy. (Laakso 2015, 4–5)

Konkreettisesti menetelmän hyödyntämiseen soveltuu Shingon mukaan kahdeksanosainen malli, joka esittelee kohta kohdalta askelmerkit nopeampaan tuotevaihtoon. (Lean Six Sigma Definition 2021)

Malli koostuu seuraavista askelmerkeistä: (Laakso 2015, 7–8)

1. Sisäisen ja ulkoisen asetusajan erottaminen toisistaan

Sisäisellä asetusajalla tarkoitetaan sellaisiin tuotevaihdon elementteihin käytettävää aikaa, jotka voidaan suorittaa vain tuotantolinjan ollessa pysähtyneissä. Ulkoinen asetus aika puolestaan kattaa ne toiminnot, jotka voidaan suorittaa linjan ollessa käynnissä.

2. Sisäisen asetusajan muuttaminen ulkoiseksi

Pyritään tunnistamaan kaikki sisäisen asetusajan elementit, jotka ovat muutettavissa ulkoiseksi asetusajaksi. Idea pitää sisällään kaikkien tuotevaihtoa valmistelevien toimenpiteiden suorittamisen, kun edellisen tuotteen valmistus on vielä kesken. Pidetään usein tärkeimpänä kohtana Shingon listasta.

3. Työn standardisointi

Pyritään vakioimaan tuotevaihtojen suorittamista mahdollisimman paljon, jolloin vaihtoon käytetty aika muodostuu vakioksi riippumatta siitä, kuka operattori tuotevaihtoa suorittaa.

4. Pikalukitusten käyttö

Pyritään muuttamaan kaikki aikaa vievät, esimerkiksi ruuvaamalla tehtävät kiinnitykset pikalukituksiin, jolloin työhön käytetty aika lyhenee.

5. Välionjainen käyttö

Ohjureiden käyttäminen, kun jonkin osan paikalleen asettaminen vaatii erityistä tarkkuutta

6. Samanaikaisesti suoritettavat tehtävät

Pyritään suorittamaan mahdollisimman paljon vaihdon komponentteja samanaikaisesti eri operaattoreiden toimesta. Mahdollisesti linjahenkilöstön ulkopuolisten operaattoreiden käyttö apuna, jolloin kaksin suoritettavat toimenpiteet eivät aiheuta odotusaikaa.

7. Säättöjen vähentäminen

Tuotevaihtoihin sisältyy usein pikkutarkkojen säättöjen tekemistä, tätä voidaan vähentää esimerkiksi standardisoimalla tuotekohtaisia asetuksia.

8. Mekanisointi

Pyrkimys mahdollisimman pitkälle kehitettyyn tuotevaihdon modernisointiin, jolloin esimerkiksi automaation avulla karsitaan ylimääräisiä työvaiheita pois.

3.2 5S-menetelmä

Yhtenä Leanin perusajatuksena on toteamus siitä, että tuottavaa työtä voidaan tehdä laadukkaasti vain siistissä työympäristössä, jossa jokainen tavara ja työkalu löytyvät sille määrätyltä paikalta. 5S-menetelmä toimii työkaluna, kun tällaista työympäristöä kehitetään. Sen nimi tulee viidestä japaninkielisestä sanasta, Seiri (lajittele), Seiton (järjestä), Seiso (puhdistusta ja huolla), Seiketsu (vakiinnuta toimenpiteet) ja Shitsuke (ylläpidä). (Kouri 2010, 26–27)

Työympäristössä, jossa 5S-menetelmä on käytössä oikeaoppisesti, tarvittavat välineet löytyvät nopeasti, eikä aikaa kulu turhaan etsimiseen. Työvälineiden kun-

toa on myös helpompi seurata, kun työskentely-ympäristö on siisti. Siistissä kunnossa oleva työpiste on ehdoton edellytys turvalliseen työskentelyyn, sillä 5S:n toteutuessa yksikään työkalu ei ole väärällä paikalla aiheuttamassa kompastumis- tai muuta turvallisuusriskiä. (Kouri 2010, 26–27)

5S ymmärretään usein pelkkänä siivoamisohjelmana, mutta sen tarkoituksena on olla päivittäistä toimintaa ohjaava malli, joka osallistaa kaikkia työntekijöitä. Varsinkin johdon ja esimiesten sitoutuminen menetelmän mukaiseen toimintaan on äärimmäisen tärkeää; sillä osoitetaan kyseessä olevan yhteinen tavoite kaikille toimintaympäristön työntekijöille. Kun yritys toimii 5S:n periaatteiden mukaisesti, se antaa toiminnasta laadukkaan ja järjestyksessä olevan organisaation vaikutelman asiakkaille, yhteistyökumppaneille ja muille sidosryhmille. (LeanLion 2021)

4 TUOTEVAIHDOT

Tässä luvussa esitellään tuotevaihtojen kestoon liittyvää dataa vuodelta 2021, sekä datan keräämiseen käytettävää Arrow Machine Track -järjestelmää. Lisäksi luodaan katsaus siihen, miten tuotevaihdot käytännössä kuitataan järjestelmään. Tuotevaihtojen kehittämisen kannalta datan oikeellisuus ja oikea tulkinta ovat avainasemassa, sillä datan perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä niin lähtötilanteesta, kuin erilaisten toimenpiteiden vaikutuksesta tuotevaihtojen kestoon.

Tuotevaihtoihin on linjan ylösajovaiheessa luotu silloisen henkilöstön toimesta operaattorikohtaiset askelmerkit (LIITE 1), joita noudattamalla tuotevaihdot tulisi suorittaa. Askelmerkit on purettu myös yksityiskohtaisempiin työohjeisiin, jotka löytyvät tuotantolinjan laatumapista. Laatumapissa on koottuna työohjeet, sekä tuotteiden laatuvaatimukset. Osa työohjeista löytyy myös sähköisenä yrityksen sisäisestä verkosta.

LL10:n tuotevaihdosta on Arrow Machine Track -ohjelmiston avulla saatavissa reaaliaikaista sekunnin tarkkuudella mitattua dataa, mutta se edellyttää operaattoreilta oikein tehtyä tuotevaihdon kuittausta järjestelmään. Mikäli tuotevaihtoja ei kuitata järjestelmään oikealla tavalla, kerätty data ei anna oikeaa kuvaa toteutuneiden vaihtoaikojen suhteesta tavoitteeseen. Tällöin oikeiden johtopäätösten tekeminen dataa pohjatietona käyttäen vaikeutuu.

4.1 Arrow Machine Track

Arrow Machine Track on ohjelmisto, joka kerää reaaliaikaista dataa tuotantolinjan tapahtumista. Se antaa sekunnin tarkkuudella tietoa koneen käyttöasteesta, tuotevaihtojen pituuksista sekä erilaisista odotus- ja häiriötilanteista.

Ohjelmistolla ei ole mahdollista mitata tuotevaihdon eri komponenttien osuutta, vaan se mittaa vaihtoon käytettyä kokonaisaikaa. Tämän takia järjestelmän dataa ei voi suoraan käyttää tarkasteltaessa esimerkiksi leikkuuasetusten tekemiseen

käytettyä aikaa. Kun halutaan tarkkaa dataa eri työvaiheiden kestosta, se täytyy tehdä havainnoimalla ja kellottamalla kyseistä prosessia.

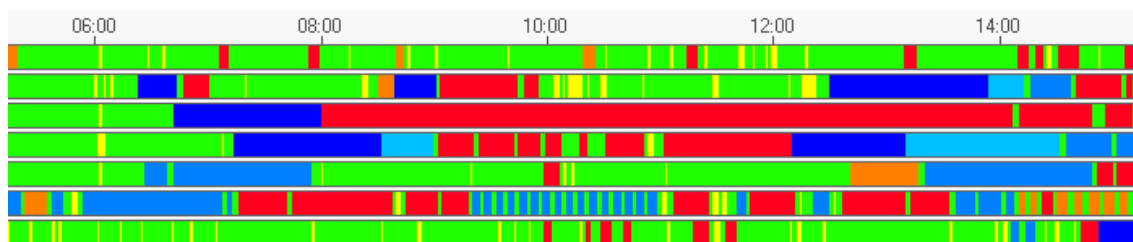
Ohjelmisto kerää alkutilanteessa dataa linjan uptimesta ja downtimesta. Uptimella tarkoitetaan aikaa, jolloin tuotanto on käynnissä ja lasia liikkuu linjalla eteenpäin. Downtimella tarkoitetaan kaikkea muuta, kuin tuotantoon käytettyä aikaa. Sitä voidaan kuvata myös termillä odotusaika. Visuaalisesti edellä mainittu näkyy ohjelmistossa siten, että ennen operaattoreiden suorittamia kuittauksia uptimea kuvataan ohjelmistossa vihreällä ja downtimea keltaisella värillä.



KUVA 2. Näkymä ennen odotusajan kuittausta

Kaikki keltaiset odotusajat kuitataan operaattorin toimesta manuaalisesti syöttämällä odotuksen syy järjestelmään, jonka jälkeen ohjelmisto muuntaa datan syötetyn tiedon perusteella. Tyypillisiä odotusajan kuittauksia ovat erilaiset linjahäiriöt, laatuongelmat sekä tauot. Kun odotusajalle on annettu syykuittaus, järjestelmä muuttaa keltaisen odotusajan joko punaiseksi (laiterikot, häiriöt ym. teknisistä syistä johtuvat odotussyyt), oranssiksi (organisatorisista syistä johtuvat syyt, kuten tauot) tai sinisen eri sävyiksi (tuotevaihto, asetuskokeilu).

Vuoron päätteeksi järjestelmään ei saa jäädä yhtään kuittaamatonta odotusaikaa, vaan kaikki odotusajat tulee kuitata operaattoreiden toimesta ennen vuoron päättymistä. Poikkeuksen tähän muodostavat alle viiden minuutin odotusajat; niiden kuittaamista ei vaadita, sillä niin lyhyille odotusajoille ei usein ole löydettävissä tarkoituksenmukaista selitystä.



KUVA 3. Viikonäkymä aamuvuorojen osalta, kun yli viiden minuutin odotusajat on kuitattu järjestelmään

4.1.1 Tuotevaihtojen kuittaaminen järjestelmään

Tuotevaihdot kuitataan järjestelmään siten, että vaihdon alkaessa tulee operaattorin syöttää manuaalisesti järjestelmään mistä tuotevaihtotyypistä on kysymys. Kun tuotevaihdon tyyppi on syötetty järjestelmään, se alkaa piirtämään tumman-sinistä palkkia, kunnes kyseiselle vaihtotyypille annettu tavoiteaika on tullut täyteen. Tämän jälkeen järjestelmä muuntaa loppuajan tuotevaihdon yliajaksi, joka näkyy Arrow Machine Track:ssa vaaleansinisellä värillä.

Tuotevaihtoon läheisesti liittyy myös asetuskokeiluihin käytettävä aika. Asetuskokeilulla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu prosessin säätämiseen varsinaisen tuotevaihdon suorittamisen jälkeen. Lasiaihioissa on materiaalissa laatuvaihtelua, lisäksi linjan laitteet ja työkalut kuluvat käytössä. Tämän takia tuotevaihdon jälkeen heti alkuun harvoin tulee laatuvaatimusten mukaisia laseja, vaan prosessia pitää joiltain osin säätää. Arrow Machine Track:ssa tällaista asetuskokeiluaikaa kuvataan sinisellä värillä.

Erilaiset tuotevaihtotyypit ja niille annetut tavoiteajat ovat listattuna taulukossa 1. Linjalla tehdään kahdeksan eri tyyppin tuotevaihtoja, riippuen siitä miltä tuotteelta tuotevaihto aloitetaan ja mitä tuotetta seuraavaksi on työn alle tulossa.

TAULUKKO 1. Tuotevaihtotyytit ja tavoiteajat. K-kirjain vaihtotyytin edessä on järjestelmän sisäinen lyhenne.

K1 porattava tuulilasi – porattava tuulilasi	30 min
K2 porattava tuulilasi – tuulilasi	15 min
K3 porattava sivulasi – porattava sivulasi	15 min
K4 porattava sivulasi – porattava tuulilasi	60 min
K5 porattava sivulasi – tuulilasi	45 min
K6 tuulilasi – porattava sivulasi	60 min
K7 tuulilasi – tuulilasi	15 min
K8 tuulilasi – porattava tuulilasi	30 min

4.1.2 Datan luotettavuus

Oikein käytettynä Arrow Machine Track mahdollistaa täysin luotettavan datan kaikista linjalle tehdyistä tuotevaihdosta, jolloin analysoitava data on helpossa muodossa nopeasti löydettävissä. Tälle on kuitenkin edellytyksenä se, että tuotevaihdot kuitataan järjestelmään aina heti niiden alkaessa.

Mikäli tuotevaihto kuitataan järjestelmään vasta myöhemmin, ohjelmisto muuntaa siihen asti kuluneen odotusajan automaattisesti tuotevaihdoksi, ja aloittaa tavoiteajan laskemisen vasta kuittaushetkestä. Tämä aiheuttaa sen, että pitkäksi venynyt tuotevaihto saattaa silti datan mukaan olla valmistunut tavoiteajassa.

Tuotevaihdon rekisteröinti päättyy, kun seuraavan tuotteen ensimmäinen lasi saavuttaa anturin, joka rekisteröi lasien liikettä tuotantolinjalla. LL10-tuotantolinjalla tämä anturi sijaitsee pesukoneen jälkeisellä kuljettimella. Kun alkavan tuotteen ensimmäinen lasi tulee pesukoneesta, alkaa ohjelmisto piirtää jälleen upti-mea kuvaavaa vihreää väriä.

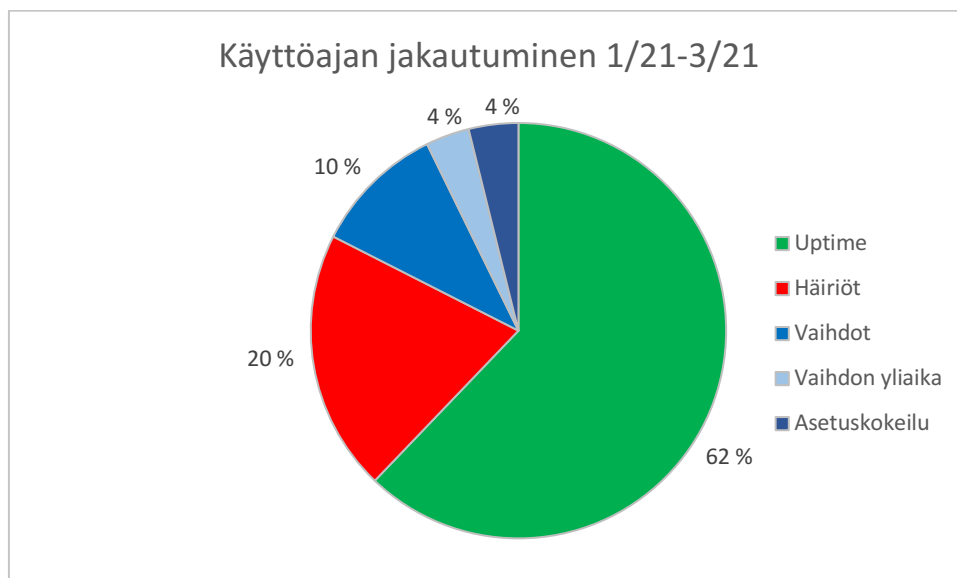
4.2 Tuotevaihtodata

Tarkasteltavaa tuotevaihtodataa on saatavilla tuotantolinjan käynnistymisestä saakka, mutta tässä opinnäytetyössä tarkasteltavaksi valittiin edellisen kolmen kuukauden ajalta kerättyä dataa. Tarkasteltava ajanjakso valikoitui, sillä vuorojen miehitys, valmistettavat tuotteet, sekä niiden valmistusmenetelmät ovat pysyneet vakioina edelliset kolme kuukautta.

Tuotantolinjan käynnistysvaiheen ja nykyhetken välillä on ollut tuotevaihtelun keston vaikuttavaa vaihtelua niin vuorokohtaisessa operaattoreiden määrässä, kuin lasien valmistusprosesseissa. Esimerkkinä voidaan mainita tuulilasien valmistus, joka aiemmin suoritettiin ilman vesileikkuuta, jolloin vaihtoajat olivat lyhyempiä, sillä asetuksia ja manuaalisia töitä ei tarvinnut tehdä niin moneen prosessivaiheeseen. Vesileikkuuprosessi päätettiin ottaa käyttöön sen paremman työstöjäljen vuoksi, sillä pelkkä mekaaninen muotoon leikkuu aiheutti huomattavasti enemmän materiaalihävikkiä laatuvirheiden muodossa.

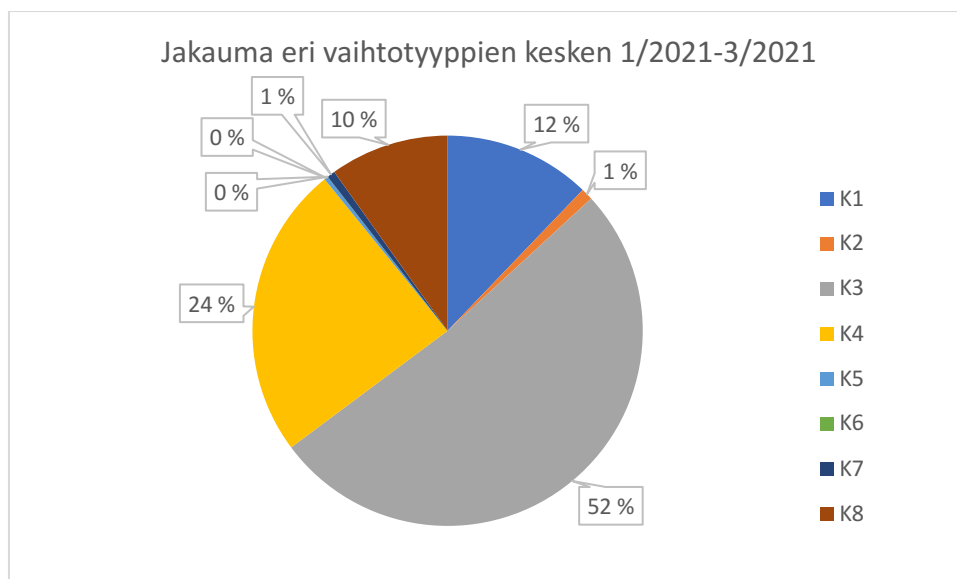
4.2.1 Datan analysointia

Alla olevassa kuvaajassa on kuvattuna tuotantolinjan käyttöajan jakautuminen eri komponentteihin vuoden ensimmäisten kolmen kuukauden ajalta. Kuvaajaa tarkastellessa selviää, että tuotevaihtoihin käytettiin yhteensä 14 % linjan kokonaiskäyttöajasta. Tähän prosenttiin päädytään, kun lasketaan yhteen tuotevaihdot sekä vaihdon yliajat. Kun tähän lisätään vielä asetuskokeiluihin käytetty aika, voidaan todeta, että tuotevaihdot ja niiden jälkeinen prosessin säätäminen vei tarkastellulla ajanjaksolla lähes viidesosan linjan kokonaiskäyttöajasta.



KUVIO 1. LL10-tuotantolinjan käyttöajan jakautuminen 2021.

Linjalla suoritetaan kahdeksan eri tyypin tuotevaihtoja, jotka eivät määrällisesti jakaudu keskenään tasaisesti. Alla olevassa kuviossa 2 on esiteltyä eri vaihtotyyppien keskinäinen jakauma. Lyhenteiden selitykset ovat kuvattuina taulukossa 1.



KUVIO 2. Jakauma eri vaihtotyyppien kesken

Taulukossa 1 on esiteltyä tavoiteajat kaikille kahdeksalle eri vaihtotyyppille. Alla olevassa kuvaajassa esitetään keskiarvot kunkin tuotevaihtotyyppin toteutuneille

vaihtoaajoille. Keskiarvot on laskettu jakamalla kuhunkin vaihtotyyppiin tarkasteltavana aikavälinä käytetty kokonaisaika tuotevaihtojen määrällä.



KUVIO 3. Keskimääräiset tuotevaihtojen kestot.

Kun tarkastellaan kuviosta 3 toteutuneita vaihtoaikojen keskiarvoja ja verrataan niitä taulukon 1 tavoiteaikoihin, voidaan todeta, että tavoiteajat tarkasteltavalla aikavälillä ovat ylittyneet seuraavan taulukon 2 mukaisesti.

TAULUKKO 2. Tavoiteaikojen keskimääräiset ylitykset tuotevaihdoissa 1/2021–3/2021.

Vaihtotyyppi	Tavoiteaika (min)	Tavoiteajan keskimääräinen ylitys (min)	Ylitys prosentteina
K1	30	17	57
K2	15	20	33
K3	15	32	113
K4	60	6	10
K5	45	-25 (yksi vaihto tarkastelujaksolla)	-56
K6	60	Ei vaihtoja tarkastelujaksolla	0
K7	15	24	60
K8	30	17	57

5 HAVAINNOINNIT

Tuotevaihtojen havainnoiteja yleisellä tasolla suoritettiin satunnaisesti, pyrkien mahdollisimman suureen kattavuuteen vuorojen osalta. Varsinaisia minuuttikohtaisia havainnoiteja operaattoreiden toiminnasta ei tämän opinnäytetyön aikana toteutettu, sillä edellinen kyseisen tarkkuusluokan havainnointi tehtiin marraskuussa 2020. Tuon havainnoinnin ajankohdan jälkeen ei tuotevaihtoihin liittyvissä toimintatavoissa tai työkaluissa ollut tapahtunut merkittäviä muutoksia, joten havainnointidatan voitiin olettaa olevan paikkansa pitävää myös opinnäytetyön suorittamisen aikana.

5.1 Huomioita yleishavainnoinneista

Kun havainnoiteja tuotevaihtoihin suoritettiin, ensimmäisiä johtopäätöksiä oli toteamus siitä, että onnistunut tuotevaihto on hyvin monen eri osatekijän summa. Jo ennen kuin fyysinen tuotevaihto alkaa, on tapahtunut paljon erilaisia asioita, jotka vaikuttavat onnistumiseen. Tuotannosuunnittelun rooli on suuri, sillä Tampereen tehtaalla käytössä oleva tuotannonohjausjärjestelmä ei osaa tunnistaa, missä järjestyksessä tuotteet olisivat vaihtojen kannalta tehokkainta valmistaa. Tuotteiden valmistusjärjestystä on mahdollista optimoida siten, että tuotevaihtotyypit pidetään mahdollisimman lyhyinä. Esimerkiksi tuulilaseja on järkevämpää valmistaa peräkkäin, sen sijaan että tehtäisiin tuotevaihtoja tuulilasilta sivulasille ja takaisin tuulilasille. Nämä erot eri tuotevaihtotyyppien tavoiteajoissa on kuvattuna taulukossa 1.

Havainnoinneissa silmiinpistävää oli se, että vaikka tuotantolinjalle on luotu askelmerkit vaihtojen suorittamisesta, näitä ei tarkasteltu käytännössä lainkaan. Jokainen vuoro alkoi suorittaa tuotevaihtoa hieman eri tavalla, joten vaihtelua syntyi todella paljon. Lisäksi vuorojen sisällä tehtävien vaihtojen ei tyypillisesti tapahtunut, vaan samat operaattorit suorittivat samoja toimenpiteitä jokaisessa tuotevaihdossa havainnointijakson aikana.

Komponentit									
Tilaus	Aiheuttaja	Vanha nimikenumero	Tarvemäärä	Vahv. mra	Hylky		Tarvepvm	Nimike	
<input type="checkbox"/>	1200294	681000643	K481000383	108	22	3	706	21.04.2021	161013853
<input type="checkbox"/>	1205911	681000643	K481000383	145	0	0	706	22.04.2021	161013853
<input type="checkbox"/>	1205909	681000593	481000322	268	0	0	454		161013692
<input type="checkbox"/>	1200280	611008307	21375-VDH4-RS	310	0	0	436		161013339
<input type="checkbox"/>	1201238	611008307	21375-VDH4-RS	125	0	0	436	23.04.2021	161013339
<input type="checkbox"/>	1205515	681000967	K481000555	25	0	0	27		161014136
<input type="checkbox"/>	1192754	681000642	K481000382	309	0	0	764		161013852
<input type="checkbox"/>	1204628	681000616	481000347	37	0	0	1 874		161013583
<input type="checkbox"/>	1192753	681000594	481000323	279	0	0	300	24.04.2021	161013693

KUVA 4. LL10-tuotantolinjan työjono tuotannonohjausjärjestelmässä.

Tuotevaihtoon valmistautuminen aloitetaan avaamalla työjono (Kuva 3) ja klikkaamalla auki työjonosta ensimmäinen tuote. Tämän jälkeen tulostuu työmääräin, jossa on kuvattuna kaikki tuotetiedot sekä työkalut, joita kyseisen tuotteen valmistuksessa tarvitaan. Havainnointien aikana kävi ilmi, että työmääräimissä on välillä suuria puutteita työkalutiedoissa. Joko ne olivat päivittämättä ajan tasalle tai ne puuttuivat kokonaan. Tiedot on mahdollista tarkistaa erillisestä tietokannasta, mutta tämä aiheuttaa hukkaa ylimääräisen työn vuoksi.

5S-menetelmän osalta voitiin todeta, että kaikille tuotevaihdon tarvikkeille ja työkaluille ei ollut merkittyjä paikkoja tai ne löytyivät vääriltä paikoilta. Esimerkiksi painatuksessa käytettävät silkit eivät aina löytyneet niille merkityiltä paikoilta silkkihyllyistä, vaan ne olivat epähuomiossa jätetty väärille paikoille. Lisäksi linjalle tulevia lasiaihioita oli välillä hankala löytää, sillä niille ei ole merkittyjä paikkoja.

Kun työkaluja tai lasiaihioita joudutaan etsimään, aiheutuu turhaa kävelyä sekä etsimistä, jolloin syntyy turhaa tuotantoajan menetystä. Tällainen ylimääräinen arvoa tuottamaton työ aiheuttaa hukkaa, joka Lean-filosofian periaatteiden mukaisesti tulee pyrkiä eliminoimaan prosessista.

Turvallisuuskulmaa tarkastellessa voitiin havaita, että tuotevaihtojen suorittaminen sujui ilman suuria riskejä. Määriteltyjä suojaimia käytettiin ohjeistuksen mukaisesti. Tuotantolinjan turvapiiriratkaisu on toteutettu niin, että koko tuotantolinja silkkipainoon asti on turva-aidan sisällä ja aidassa olevan oven avaaminen aiheuttaa aina koko linjan pysähtymisen. Tuotevaihtojen tehokkuuden kannalta

tämä on ongelmallista, sillä tuotevaihtoja ei pääse fyysisesti aloittamaan, ennen kuin edellisen tuotantoerän viimeinen lasi on kulkenut koko linjaston läpi. Nopeimmillaan tuo läpimenoaika on kahdeksan minuuttia ja tämä aika kuluu usein ainoastaan odotteluun. Lisäksi prosessin parametrien säätämisen vaikutukset päästään todentamaan aina vasta lasin kuljettua koko prosessin läpi pesukoneelle saakka. Turvallinen toiminta on aina kaiken lähtökohta, joten mahdollisia turvapiirimuutoksia harkittaessa täytyy suorittaa huolellisia esiselvityksiä.

5.2 Havainnointi 11/2020

LL10-tuotantolinjalle suoritettiin marraskuussa 2020 havainnointi, jossa tuotevaihtoa tekemässä olleita operaattoreita havainnoitiin kolmen toimihenkilön toimesta. Käytännössä havainnointi toteutettiin siten, että jokaisella operaattorilla oli oma havainnoitsija, joka kirjasi ylös kaiken toiminnan tuotevaihdon suorittamisen aikana.

Tavoitteena havainnoinnissa oli kerätyn datan pohjalta jakaa tuotevaihdot eri komponentteihin sekä SMED-menetelmää noudattaen pyrkiä erottelemaan ulkoinen ja sisäinen asetus aika toisistaan. Lisäksi ulkoisen ja sisäisen asetusajan sisältä pyrittiin erottelemaan vielä prosessin kannalta välttämättömät lisäarvoa tuottavat toiminnot, sekä hukkaa aiheuttavat ylimääräiset toiminnot. Tarkempi havainnointidatan yhteenveto on esitelty liitteessä 2.

Tuotevaihdosta löytyneet komponentit jakautuivat seuraavan taulukon mukaisesti. Ajat on taulukossa kuvattu minuutteina.

TAULUKKO 3. Yhteenveto tuotevaihdon komponenteista 11/2020.

Ulkoinen asetus aika	19
Sisäinen asetus aika	97
Säädöt	24
Ulkoinen hukka	63
Sisäinen hukka	19

Kun tarkastellaan havainnoinnista saatua dataa (LIITE 2), havaitaan että tuotevaihtojen suorittamisessa valtaosa ajasta kuluu manuaalisiin toimenpiteisiin. Varsinkin eri prosessivaiheissa olevien imukuppien asennus ja säätäminen vie paljon aikaa, havainnoinnissa näihin kului yhteensä 40 minuuttia kahden operaattorin työajasta.

Lisäarvoa tuottamattoman hukun osalta voidaan todeta, että odottelun osuus tuotevaihdon aikana oli merkittävä; siihen kului operaattorit yhteenlaskettuna n. 30 minuuttia. Yleishavainnoinneissa ilmi tulleet puutteet työmääräimissä tulivat myös tässä havainnoinnissa esille, sillä yksi operaattori joutui heti alussa lähtemään NMI-osastolle tarkistamaan oikeata poraohjelmaa. Lisäksi tässäkin tuotevaihdossa oli ennakointi ainakin osittain jäänyt tekemättä, sillä aikaa kului niin lasiaihoiden hakemiseen, kuin tyhjien telineiden etsimiseen vastaanottopäähän.

6 OPERAATTOREIDEN NÄKÖKULMA TUOTEVAIHTOIHIN

Tässä luvussa tarkastellaan operaattoreille jaetun kyselylomakkeen keskeisiä tuloksia. Kappaleet on otsikoitu vastaamaan lomakkeessa ollutta kysymystä. Sisällönä on työn tekijän koontia vastauksista sekä omaa pohdintaa. Operaattoreille jaettu kyselylomake löytyy liiteluettelosta. (LIITE 3)

Kyselylomakkeen tarkoituksena oli viiden kysymyksen avulla muodostaa käsitys, mitkä ovat linjan työntekijöiden mielestä suurimpia esteitä tavoiteajoissa tehtyjen tuotevaihtojen suorittamiseksi. Lisäksi lomakkeella kartoitettiin operaattoreiden kehitysideoita, sekä sitä, minkälaista apua he kokevat tarvitsevansa esimieheltä, kehittäjiltä tai tehtaan muulta organisaatiolta tuotevaihtoihin.

Kyselylomakkeita palautui kaikkiaan 9 kappaletta, kun linjalla työskentelee 15 operaattoria. Yksi vuoro kertoi täyttäneensä lomakkeen yhdessä, joten kyselyyn vastasi suurin osa linjalla työskentelevistä operaattoreista. Vastaukset palautettiin anonymisti. Tällä haluttiin varmistaa, että operaattorit voivat tuoda kokemiinsa epäkohtia esiin, ilman että niitä voidaan henkilöidä kehenkään. Tämä mahdollistaa mahdollisimman rehellisen ja totuudenmukaisen kuvauksen operaattoreiden näkökulmasta tuotevaihtoihin.

6.1 Tuotevaihdon työohjeet

Operaattorit kokevat pääsääntöisesti, että työohjeet ovat ajan tasalla. Vastauksista kuitenkin nousee esiin se, että tuotevaihtoja tehtäessä näitä ohjeita ei juuri-kaan hyödynnetä, vaan operaattorit toimivat sen pohjalta, millaisen perehdytyksen he ovat aikanaan uusina tuotantolinjan operaattoreina saaneet. Perehdytys- ja työohjeet päivittyvät aika ajoin, joten on mahdollista, että esimerkiksi vuosi aiemmin saatu perehdytys on tehty tänään tarkasteltuna vanhentuneen ohjeen perusteella. Kun työohjeita ei tarkastella säännöllisesti, työ suoritetaan muistissa olevan mallin mukaisesti, eikä välttämättä siten kuin se on ohjeistettu.

Osa vastanneita kokee, että työohjeita on jopa liikaa, jolloin oikean työohjeen löytäminen on työlästä. Vaikka tiedetään kaikkien työohjeiden olevan koottuna linjan laatukansiossa, sen hyödyntäminen on hankalaa, sillä linja on kooltaan suuri ja kansioita on vain yksi. Työohjeiden tarkastamiseen kuluu paljon vaihtoaikaa, mikäli kävellään aina tarkastamaan kansioista seuraavan työvaiheen ohjetta.

Operaattorit kokevat tietävänsä hyvin, miten tuotevaihtoja tehdessä tulee toimia. Kuitenkin vastauksissa, sekä vaihtoja havainnoidessa vuorojen välillä havaitaan suuriakin eroja siinä, miten tuotevaihtoja suoritetaan. Tämä aiheuttaa ongelmia varsinkin silloin, jos operaattoreiden vuorot vaihtuvat tai esimerkiksi poissaoloa on tuuraamassa operaattori toisesta vuorosta. Aikaa kuluu jo perusasioiden suorittamisessa, kun joudutaan poikkeamaan totutusta toimintatavasta.

Kuten aiemmin on käynyt ilmi, tuotevaihtoihin on linjan käynnistysvaiheessa luotu askelmerkit silloisen kehitysorganisaation toimesta. Askelmerkkien tavoitteena oli luoda vakioitu toimintamalli tuotevaihtojen suorittamiseen ja näin ollen minimoida vuorokohtaiset erot toiminnassa. Kyselytutkimuksessa selvisi, että ainakin osassa vuoroista oltiin tietämättömiä kyseisten askelmerkkien olemassaolosta, tai niiden hyödyntäminen oli ajan myötä vähentynyt tai unohtunut kokonaan.

Kun tuotevaihdot suoritetaan mahdollisimman vakioidulla tavalla, voidaan helpommin löytää kehitettäviä toimenpiteitä. Lisäksi tuotevaihdoista saatava data on luotettavampaa, kun kaikki operaattoreista johtuva vaihtelu pienenee tai poistuu kokonaan.

6.2 Suurin syy tuotevaihtojen pituudelle

Opinnäytetyötä tehtäessä kolmessa vuorossa viidestä oli uusi operaattori perehdytyksessä. Suuressa osassa vastauksista tämä koettiin yhtenä syynä venyville tuotevaihdoille. Tavoiteaikaan on mahdoton päästä, jos yksi operaattori on vasta koulutusvaiheessa, eikä osaa toimia itsenäisesti.

Huomio on aiheellinen, mutta tuotevaihtodataa tarkastellessa selviää, että myös vuoroissa, joissa ei ole ketään perehdytyksessä, tuotevaihdot ylittävät tavoiteaikoja useasti. Perehdytettävien osaaminen kasvaa jokaisen tehdyn tuotevaihdon myötä, joten kokemattomuudesta johtuva vaihtelu vuorojen välillä tasaantuu, kun tuotevaihdosta saa lisää kokemusta.

LL10-tuotantolinjalla peräkkäisinä töinä esikäsiteltävät tuotteet saattavat olla keskenään hyvin eri kokoisia, joka aiheuttaa aikaa menevää työtä tuotevaihdossa. Varsinkin ratarobotin imukuppien säätämisen seuraavan lasin mittojen mukaan, koetaan vevän suhteettoman paljon aikaa. Vaikka nämä imukuppien siirtelyt ovat sinällään helppoja ja yksinkertaisia suorittaa, ne täytyy suorittaa manuaalisesti.

Linjalle on määritelty tiukat laatustandardit, joten toleranssit lasin mittaheitoille, leikkuu- ja hiontajäljille sekä porattaville rei'ille ovat hyvin tarkat. Jo millimetrin heitto lasin- tai porattavien reikien koossa saattaa aiheuttaa ongelmia asiakkaalle lasin asennuksessa. Vaillinainen leikkuu-, hionta- tai porausjälki saattaa puolestaan aiheuttaa rikkoutumista sekä muita ongelmia lasin karkaisussa.

Näiden toleranssien toteutumista valvotaan mittaamalla, ja visuaalisesti tarkastelemalla valmistettua lasia. Mittaukset suoritetaan pääosin vasta silkkipainoa edeltävällä linjan osalla, sillä siinä vaiheessa mittaukset voidaan suorittaa katkaisematta linjan turvapiiriä. Silkkipainoa edeltävien prosessien läpi lasi kulkee nopeimmillaan kahdeksassa minuutissa. Kun säätötarve nähdään vasta näin myöhäisessä vaiheessa, jokaisen säädön vaikutuksen tarkastamiseen pitää lasin kulkea aina kyseinen matka.

Ennakoinnin osuus tuotevaihtojen onnistumisessa on merkittävä, sillä SMED-menetelmän mukaisesti kaikki ennakoitu työ vähentää itse tuotevaihdon aikana tehtyä työtä. Osa operaattoreista toi vastauksissaan ilmi puutteellisen ennakkoinnin. LL10:llä on useita mahdollisia toimenpiteitä, joilla tulevan tuotevaihdon suorittamista voidaan ennakoida edellisen tuotteen valmistuksen ollessa kesken. Kuten opinnäytetyössä on käynyt ilmi, tällaisia ovat muun muassa seuraavan tuotteen lasiaihoiden etsiminen valmiiksi, tyhjien telineiden valmistelu vastaanottopäähän, sekä tulevan tuotteen silkin ehjyyden varmistaminen ja linjalle noutaminen.

Mikäli näitä ei suoriteta valmiiksi, kerrytetään täysin turhaan sisäistä asetusajaa, joka aiheuttaa hukkaa prosessissa.

6.3 Esimiehen ja kehittäjien rooli

Kysymykseen oli vastattu ainoastaan viidessä lomakkeessa, ja vastaukset noudattelivat suurimmalta osin samaa kaavaa. Esimieheltä ja kehitysorganisaatiolta toivottiin selkeää toimintamallia tuotevaihtoihin, jolloin vuorojen väliset erot toiminnassa saataisiin poistettua, ja kaikille olisi selvää, miten tuotevaihdossa tulisi toimia. Lisäksi selkeällä toimintatavalla ja ohjeistuksella helpotettaisiin uusien operaattorien sopeutumista ja oppimista linjalle.

6.4 Tuotevaihdon kuittaus järjestelmään

Tällä kysymyksellä haluttiin selvittää tuotevaihtodatan luotettavuutta. Kuten aiemmin on tuotu esiin, tuotevaihdot pitää kuitata Arrow Machine Track -järjestelmään aina niiden alkaessa. Jos näin ei toimita, on tuotevaihtodata aina vääristynyttä sen osalta, millainen on tuotevaihdon ylijään osuus vaihdon kokonaisajasta.

Vastauksista kävi selvästi ilmi operaattoreiden virheellinen käsitys Arrow Machine Track -järjestelmän toimivuudesta, sillä ainoastaan kahdessa vastauslomakkeessa kerrottiin kuittauksen tapahtuvan tuotevaihdon alkaessa. Suurin osa operaattoreista vastasi tekevänsä tuotevaihdon kuittauksen järjestelmään vasta siinä vaiheessa, kun vaihto on jo pitkällä, tai jopa vasta tuotevaihdon valmistuttua. Kun toimitaan näin, järjestelmä katsoo käytännössä kaikkien tuotevaihtojen tapahtuvan tavoiteajassa, riippumatta todellisuudessa kuluneesta ajasta.

Osalla operaattoreista oli myös käsitys, että kaikille tuotevaihdolle on annettu sama tavoiteaika riippumatta siitä, millaisia komponentteja vaihtoon sisältyy. Käsitys on virheellinen, sillä tavoiteaika on aina sidottu kyseessä olevaan tuotevaihtotyyppiin. Tavoiteajat on esitelty taulukossa 1.

6.5 Muut kehitysideat

Viimeiseen kysymykseen tulleista vastauksista suurin osa oli sellaisia, joita oli tavalla tai toisella tuotu esiin jo edellisten kysymysten vastauksissa. Ratarobotin imukuppeihin toivottiin kehitystä, jotta manuaalisten siirtojen osuutta saataisiin vähennettyä.

Lisäksi toivottiin Arrow-anturin siirtoa linjan aikaisempaan vaiheeseen, jolloin järjestelmä katsoisi tuotevaihdon päättyneeksi heti kun seuraavan tuotteen ensimmäinen lasi lähtee liikkeelle, eikä vasta silloin kun se on käynyt prosessin läpi aina pesukoneelle saakka.

6.6 Lisäpohdintaa ja toimenpide-ehdotuksia vastausten pohjalta

Operaattoreille suunnatusta kyselystä kävi ilmi, että tuotevaihdoista saatava data ei LL10-tuotantolinjan osalta ole täysin luotettavaa. Koska tuotevaihtoja ei osassa vuoroista kuitata järjestelmään oikein, se ei osaa verrata tuotevaihdon kestoa tavoitteeseen nähden. Tuotevaihdoista saatu data näyttäytyy liian hyvänä annettuihin tavoitteisiin nähden, sillä tuotevaihdon yliajan osuus järjestelmässä on liian pieni. Lisäksi varsinaisen tuotevaihdon jälkeen tehtävät prosessin säädöt tulisi kuitata järjestelmään asetuskokeiluna, mutta kyseiset säädöt kuitattiin myös varsinaisten tuotevaihtojen alle. Data on oikeellista tarkasteltaessa järjestelmän kaikkiin tuotevaihdon komponentteihin (tuotevaihto, tuotevaihdon yliaika, asetuskokeilu) käytettyä yhteenlaskettua aikaa ja vertaamalla sitä tavoitteeseen, mutta menetelmä vaatii manuaalista laskemista ja on hidas. Manuaalinen laskeminen aiheuttaa myös paljon ylimääräistä tekemistä, eli hukkaa datan kanssa työskentelevälle henkilöstölle. Arrow Machine Track -järjestelmän oikea käyttö tulee kerata operaattoreiden kanssa ja valvoa kuittausten oikeaa suorittamista.

Operaattoreiden näkökulmaa tarkastellessa korostui myös se, että tiedonkulku on ainakin osittain ollut puutteellista henkilöstön välillä. Moniin operaattoreiden esiin tuomiin epäkohtiin oli jo ratkaisu olemassa, mutta operaattoreilla ei ollut tietoa tästä. Suurimpana esimerkkinä nousi esiin tarve selvään operaattorikohtaiseen toimintamalliin tai ohjeistukseen, miten tuotevaihdon aikana tulisi toimia.

Tällainen toimintamalli on luotu jo linjan käynnistysvaiheessa (LIITE 1), mutta vain pienellä osalla operaattoreista oli tämä tiedossa. Askelmerkkien päivitystarve tulee tarkastaa kehitysorganisaation toimesta ja tämän jälkeen kouluttaa toimintamalli jokaiselle operaattorille. Näin pystytään luomaan SMED-menettelmän mukainen standardisoitu prosessi, jolla poistetaan vuorojen välisten toimintatapojen vaihtelua.

Yksityiskohtaisempien työohjeiden osalta nykyinen malli on haastava, sillä kaikki ohjeet ovat koottuna ainoastaan linjan laatumappiin, sekä osittain sisäisestä verkosta löytyvään SharePoint-sivustoon. Verkosta löytyvät työohjeet on helpompi löytää hakutoiminnolla mapin selaamisen sijaan, mutta tämä vaatii aina kävelyn linjan tietokoneelle ja sivuston aukaisemisen. Jatkuvan tietokoneelle kävelyn sijaan tulisi harkita esimerkiksi yhteiskäyttöön tarkoitettuja tabletteja, joita operaattorit voisivat pitää mukanaan ja tarkistaa työohjeen verkosta tarvittaessa.

SMED-menettelmän tärkeimpiä osa-alueita on sisäisen asetusajan tunnistaminen ja pyrkimys muuttaa se ulkoiseksi asetusajaksi. LL10-tuotantolinjalla tähän on vastausten perusteella tehtävissä nopeitakin toimenpiteitä, tärkeimpänä tulevan tuotevaihdon ennakointi. Kun kaikki mahdolliset valmistelut on tehty, hukkaa ei synny sen vuoksi, että joko työkaluja tai lasiaihioita aletaan etsiä vasta tuotevaihdon ollessa käynnissä.

Tuotevaihdon aikana suoritettavista toimenpiteistä vastausten perusteella työläimmäksi ja eniten aikaa vieväksi koettiin ratarobotin imukuppien siirtely. Työ täytyy suorittaa käsin ja se vie paljon aikaa. Imukuppeja lisäämällä olisi mahdollista vähentää manuaalista siirtelyä, sillä tuotteiden kokomuutosten aiheuttamaa säätöä voitaisiin korvata säätämällä imuja pois tai auki kupeista käsiteltävän lasin koon mukaisesti.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön suorittamiseen haasteita toi se, että työtä toteutettaessa LL10-tuotantolinjalla oli kolmessa vuorossa perehdytysvaiheessa oleva operaattori. Tämän takia kokonaiskuvan muodostaminen oli haasteellista, sillä vuorojen väliset erot olivat varsinkin alkuvaiheessa suuria jo pelkästään kokemuserojen vuoksi. Opinnäytetyötä tehtäessä kokemuserot tasoittuivat, mutta linjan haasteellisuudesta johtuen täydellisestikin suoritettu perehdytys kestää usein kuukausia.

Operaattorit työskentelivät viidessä vuorossa, joten työn tekijä näki tietyillä viikoilla osaa vuoroista huomattavasti enemmän kuin toisia. Havainnoiteja suoritettiin lähes poikkeuksetta päiväaikaan, joten ilta- ja yövuoroissa suoritettavien tuotevaihtojen seuranta ei päästy tekemään muuten kuin datan tulkitsemisen kautta. Päivävuorossa tehtaalla on toiminnassa muun muassa sisäisen logistiikan ja raakalasaraston operaattorit, joiden toiminta vaikuttaa myös LL10-tuotantolinjan tuotevaihtojen ennakointiin. Näiden muuttujien roolin suuruus jäi todentamatta tämän opinnäytetyön osalta.

Opinnäytetyö rajautui lopulta koskemaan suurimmalta osin operaattoreiden toimintaa tuotevaihtojen aikana. Kuten työstä käy ilmi, operaattoreiden toimintaa on mahdollista kehittää nopealla aikataululla kohti vakioidumpaa tuotevaihtoa. Tämä on syytä priorisoida korkealle tulevana kuukausina, sillä kun operaattoreiden toiminta tapahtuu tietyn standardin mukaisesti, päästään havainnoinneissa tasolle, jossa voidaan etsiä kehityskohteita laitteista, työkaluista sekä muista operaattoritoiminnan ulkopuolisista tekijöistä.

Operaattoritoiminnan vakiointi tuotevaihdossa hyödyttää myös tehtaan muita toimintoja, ja tämä välillisesti auttaa myös LL10-tuotantolinjaa. Esimerkiksi tuotantolinjan realistinen kuormittaminen on tuotannonsuunnittelulle helpompaa, kun tuotevaihtoihin käytettävä aika on vaihtelultaan pienempää, jolloin ennustettavuus paranee. Tämä taas mahdollistaa karkaisulaitosten järkevämpää kuormitusta, jolla lopulta on positiivinen vaikutus koko tehtaan hallittavuuteen ja asiakastoimituksiin.

Tuotevaihtojen kehittämiseen on olemassa valmiita malleja, joita hyödynnetään valmistavassa teollisuudessa ympäri maailman. Käytetyimmät menetelmät varmasti tavalla tai toisella liittyvät Lean-filosofian mukaiseen toimintaan, ja varsinkin SMED-menetelmän hyödyntämiseen. Jotta näitä olemassa olevia menetelmiä pystytään hyödyntämään tehokkaasti, täytyy perusasioiden ensin olla kunnossa.

LL10-tuotantolinjan toimintaa on mahdollista mitata hyvin tarkasti Arrow Machine Track -järjestelmän avulla. Jotta dataa voidaan käyttää tehokkaasti, on varmistuttava siitä, että järjestelmään syötetty tieto on oikeaa. Kuten opinnäytetyötä tehdessä kävi ilmi, toistaiseksi saavutettu taso ei ole riittävä ja lisää operaattorikoulutusta vaaditaan. Kun data saadaan luotettavalle tasolle, voidaan siitä vetää tarkkoja johtopäätöksiä erityyppisistä tuotevaihtoista ilman, että täytyy tehdä varmistuksia havainnointien tai seurantojen kautta. Eri vaihtotyyppien kartoitus olisi hyvä kuitenkin tehdä havainnoinnin kautta ainakin kertaalleen, sillä ainoastaan havainnoinnin kautta saadaan täysin varmaa tietoa tuotevaihdon kulusta.

Havainnoinnit kannattaa kuitenkin suorittaa vasta siinä vaiheessa, kun kaikkien operaattoreiden perehdytys on suoritettu, jolloin osaaminen vuorojen välillä on tasaista. Mikäli vuorojen välistä osaamiseroa ei saada tasattua, vaatisi luotettava tiedonhankinta kaikkien viiden vuoron erillistä havainnointia jokaisen kahdeksan vaihtotyypin suorittamisesta. Tämä sitoisi huomattavan määrän resursseja pitkälle ajanjaksolle.

Operaattoritoiminnan ulkopuolelta tarkasteluun tulisi ottaa tuulilasien valmistaminen ilman vesileikkuumenetelmää. Mikäli tuotteiden laatu saadaan asiakasvaatimusten mukaiseksi pelkkä mekaaninen muotoon leikkuu suorittamalla, säästää tämä kumulatiivisesti huomattavia aikoja tuotevaihtoprosesseista. Vesileikkuulle ja sen hionnalle tehtävät asetukset muodostavat opinnäytetyön perusteella merkittävän osan LL10-tuotantolinjan tuotevaihtojen kestosta. Tuulilaseja on aiemmin valmistettu ilman vesileikkuuta, joten tuotekehitykselle on jo valmis pohja olemassa.

LÄHTEET

Kouri, I. 2010. Lean taskukirja, Helsinki: Teknologiainfo Teknova.

Laakso, Lassi 2015. "SMED-tuotevaihtotekniikka R2-pullotussarjalla ja lyhimmän Hamiltonin polun löytäminen vaihtoaikamatriisista". Opinnäytetyö Metropolia Ammattikorkeakoulu. Saatavissa https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/89464/Opinnaytetyo_Laakso.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lean Lion 2021. Miksi 5S? Viitattu 2.4.2021. Saatavissa <https://www.lean-lion.com/miksi-5s>

Lean Six Sigma Definition 2021. Viitattu 14.4.2021. Saatavissa <https://www.leansixsigmadefinition.com/glossary/smed/>

LL10 Hallintasuunnitelma, Pilkington Tampere. Viitattu 19.3.2021.

Lyhyt yritysesittely NSG Group. Viitattu 15.3.2021. Saatavissa <https://www.pilkington.com/fi-fi/fi/tietoa-yhtiosta>

NSG Group Suomessa. Viitattu 15.3.2021. Saatavissa <https://www.pilkington.com/fi-fi/fi/tietoa-yhtiosta/pilkington-suomessa>

Six Sigma 2021, Leanin historiaa. Viitattu 21.3.2021. Saatavissa <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/leanin-historiaa/>

LIITTEET

Liite 1. Tuotevaihdon askelmerkit

Operaattori 1	
Laite	Toimenpide
Lastausrobotti	Nosteluarvot
Muotoonleikkuu	Hiontapöydän putsaus
Muotoonleikkuu	Laikat kiinni
Muotoonleikkuu	Avauskivien vaihto
Muotoonleikkuu	Irrotuksen lisävarret
Muotoonleikkuu	Pölynpoistajan korkeus
Muotoonleikkuu	Terän vaihto + kirjaus
Muotoonleikkuu	Keskityksen imukupit
Muotoonleikkuu	Leikkuupöydän imukupit
Muotoonleikkuu	Hiontapöydän imukupit
Muotoonleikkuu	Irrutusohjelman simulointi
Ratarobotti	Imukuppikuvio 1.puolelle
Ratarobotti	Imukuppikuvio 2.puolelle

Operaattori 2	
Laite	Toimenpide
Vesileikkuun hionta	Imukuppien asemointi
Vesileikkuun hionta	Teroituskiven vaihto + kirjaus
Vesileikkuu	Foamin kiinnitys
Vesileikkuu	Suuttimen kiristyksen tarkastus
Pora	Lattian putsaus
Pora	Imutornien asennus
Pora	Terien vaihto (tallat alas)
Pora	Kalibrointi
Pora	Kiven anto
Pora	Simulointi

Operaattori 3	
Laite	Toimenpide
Silkkipaino	Silkki pois koneesta
Silkkipaino	Maalin kaavinta
Silkkipaino	Silkki pesuun
Silkkipaino	Pesukoneesta edellinen silkki pois
Silkkipaino	Vetimet paikoilleen
Silkkipaino	Uusi silkki koneeseen

Liite 3. Kyselylomake operaattoreille

Osana opinnäytetyötäni ja linjan kehitystoimintaa pyydän sinua vastaamaan lomakkeen kysymyksiin. Kysely täytetään anonyymisti. Kiitos vastauksistasi!

- 1. Onko tuotevaihtoon liittyvä ohjeistus mielestäsi riittävällä tasolla, tiedätkö miten sinun tulee toimia tuotevaihdon aikana?**

- 2. Minkä näet suurimmaksi syyksi sille, että LL10 tuotevaihdot venyvät tavoiteajasta?**

- 3. Millaisia kehitystoimenpiteitä/apuja toivot esimieheltä ja kehittäjiltä tuotevaihtoon?**

- 4. Kuittaatko tuotevaihdon Arrowiin aina vaihdon alkaessa, vai vasta myöhemmin?**

- 5. Mahdollisia muita kehitysideoita tuotevaihtoihin?**