

Opinnäytetyö (AMK)

Tuotantotalous

2021

Julia Ojala

# TUOTANNONSUUNNITTELU LAMINOINNIN TYÖPISTEELLÄ

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tuotantotalouden koulutusohjelma

2021 | 34 sivua, 1 liitesivu

Julia Ojala

# TUOTANNONSUUNNITTELU LAMINOINNIN TYÖPISTEELLÄ

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää keino hienokuormittaa laminoinnin työpistettä. Toimeksiantajayritys on Pilkington Automotive Finland Oy Laitilan tehdas. Laitilan tehtaalla valmistetaan laminoitua turvalasia erityisesti linja-autoihin, juniin ja työkoneisiin.

Tutkimus toteutettiin työpisteen läpimenoaikojen havainnoinnilla tuoteperheittäin sekä perehtymällä tuotannonsuunnitteluun yrityksen tuotannon aikaisemmissa vaiheissa. Tutkimuksen tiedot on kerätty itse havainnoiden ja perehtyen.

Työn tuloksena saatiin kaksi vaihtoehtoa laminoinnin työpisteen hienokuormittamiseen: toiminnanohjausjärjestelmän tai tilauskantareportin avulla. Tällä hetkellä laminoinnin työpistettä ohjataan tilauskantareportin perusteella tehtävällä prioriteetti-listalla. Toiminnanohjausjärjestelmän perusteella tehtävää kuormitusta tullaan testaamaan ainakin yhdellä tuotantolinjalla tulevaisuudessa.

ASIASANAT:

tuotannonsuunnittelu, turvalasi

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Industrial Management and Engineering

2021 | 34 pages, 1 pages in appendices

Julia Ojala

# PRODUCTION PLANNING IN LAMINATING WORKSTATION

The aim of this thesis is to create a way to load laminating workstation. Thesis is made for Pilkington Automotive Finland Oy Laitila factory. The Laitila plant manufactures laminated safety glass for buses, trains and work machines.

The study was carried out by observing workstation lead times by product family and by acquainted with production planning in the earlier stages of the company's production. The data for the study have been collected through self-observation and familiarization.

The study resulted in two options for fine load the laminating workstation: through an ERP system or an order backlog report. Currently, the laminating workstation is controlled by a priority list based on the order backlog report. The load based on the ERP system will be tested on at least one productionline in the future.

KEYWORDS:

production planning, safety glass

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 LASIN VALMISTUS</b>	<b>8</b>
2.1 Turvalasi	8
2.2 Tuotantoprosessi	9
<b>3 TUOTANNONSUUNNITTELU</b>	<b>12</b>
3.1 Tuotantotyytit	14
3.2 Kapasiteetin ja kuormituksen ohjaus	16
3.3 Välivarastonohjauksen säännöt	19
3.4 Imuohjauksen merkitys tuotannonsuunnittelussa	19
3.5 Tuotannonsuunnittelun toteuttaminen ERP-järjestelmässä	20
3.6 SAP	21
<b>4 NYKYTILAN KUVAUS</b>	<b>23</b>
4.1 Toiminnanohjausjärjestelmän käyttö yrityksessä	23
4.2 Laminoinnin hienokuormittaminen	25
<b>5 KEHITTÄMISTOIMENPITEET</b>	<b>27</b>
5.1 Tiedonkeruu ja tutkimus	27
5.2 Hienokuormittamisen toteuttaminen toiminnanohjausjärjestelmässä	30
5.3 Hienokuormittamisen toteuttaminen tilauskantaportin mukaan	32
<b>6 LOPUKSI</b>	<b>33</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>34</b>

## LIITTEET

Liite 1. Esimerkki kellotustuloksista

# KUVAT

Kuva 1. Lasilevyt ja PVB-kalvo.	9
Kuva 2. Laminoinnin puhdistila.	10
Kuva 3. Valmiita laseja laatikoissa.	11
Kuva 4. Tuotannonsuunnittelun hierarkia.	13
Kuva 5. Tuotantomuodot.	15
Kuva 6. Yrityksen resurssien hallinta.	21
Kuva 7. Näytönkaappaus MF50 työkalusta, näkymässä sarjauuni 1432.	22
Kuva 8. Näytönkaappaus CM25 työkalusta, näkymässä 1434A kammiouuni.	22
Kuva 9. Puolivalmistemallin rakenne.	23
Kuva 10. 1510-linjan havainnointitilanne.	29
Kuva 11. 1508-linjan havainnointitilanne.	29
Kuva 12. 1506-linjan havainnointitilanne.	29

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Pilkington Automotive Finland Oy:n Laitilan tehtaalla. Laitilan tehtaalla valmistetaan laminoitua turvalasia erityisesti linja-autoihin, työkoneisiin ja juniin. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia Laitilan tehtaan laminoinnin työpisteen tuotannosuunnitelua ja kehittää sitä. Tuotannosuunnittelun kehittäminen yrityksessä on tärkeää toiminnan tehostamisen ja tuotannon oikea-aikaisuuden vuoksi. Tällä hetkellä yrityksen tuotannosuunnittelu kattaa vain osan tuotannon toiminnoista, ja tästä syystä oikea-aikaisuudessa ja tuotannosuunnittelussa on haasteita. Opinnäytetyöllä pyritään laminoinnin työpisteen hienokuormittamiseen. Laminoinnin hienokuormittamisella saavutetaan monia hyötyjä, esimerkiksi laminointia hienokuormittamalla saadaan myös lopputarkastus ja täten lasien oikea-aikainen valmistuminen toimimaan tehokkaammin. Pystytään vähentämään lämmitettävien lasien pullonkaulaa, joka on määritelty yrityksessä toiseksi määrävimmäksi pullonkaulaksi. Pystytään pienentämään laminointikalvovarastoa sekä hankkimaan laminointikalvoa oikea-aikaisemmin. Pystytään poistamaan toiminnanohjausjärjestelmässä tuotantovaiheiden välissä olevat bufferiajat eli pyritään toimimaan enemmän Lean-ajatusmaailman mukaisesti.

Tutkimusprosessi alkaa laminoinnin työpisteen toimintaan perehtymisellä ja laminoinnin läpimenoaikojen päivittämisellä. Tämä toteutetaan läpimenoaikojen kellottamisella tuoteperheittäin työpisteillä. Sen jälkeen pyritään hyödyntämään toiminnanohjausjärjestelmässä olevia työkaluja ja aloitetaan hienokuormittamisen testaus ja käyttöönotto. Tämä vaihe vaatii operaattoreiden kouluttamista ja testauksen suunnittelua. Opinnäytetyön päätarkoitus on löytää erilaisia tapoja hienokuormittaa laminoinnin työpistettä.

## **Pilkington Automotive Finland Oy**

Pilkington Automotive Finland Oy on osa NSG Group:ia. NSG Group on perustettu vuonna 1826, ja se on yksi maailman suurimmista lasin ja lasituotteiden valmistajista. NSG Groupilla on tuotantolaitoksia 27 maassa ja myyntiä 105 maassa. Pilkington on ollut osana NSG Groupia vuodesta 2006. (Pilkington 2020d.)

Pilkington Automotive Finland Oy täytti vuonna 2019 70 vuotta. Pilkington Automotive Finland Oy syntyi vuonna 1949 Raumalla yrityksen toisen perustajan Arvi Artaman kodin kellarista toiminimellä Ar-Va, ja siitä se on kehittynyt mittavaksi kansainväliseksi toimijaksi lasiteollisuudessa. (Pilkington 2020c.)

Pilkington Automotive Finland Oy:llä on kaksi ajoneuvolasitehdasta Suomessa, Tampereella ja Laitilassa. Tehtailla valmistetaan laseja traktoreihin, puumureihin, linja-autoihin ja juniin. Espoossa toimii varaosien tukkuliike, ja Laitilassa sijaitsee Pilkington Marine. Tampereen tehtaalla valmistetaan karkaistuja laseja, kuten linja-autojen sivulasituksia ja takalaseja sekä työkoneiden hyttien laseja. Laitilan tehtaalla valmistetaan laminoituja tuulilaseja linja-autoihin, maatalouskoneisiin ja juniin. Laminoitu tuulilasi parantaa lasin akustisia ominaisuuksia esimerkiksi vähentämällä melutasoa. Espoon liike on autojen varaosalasien tukkumyyntiliike pääasiassa Suomen markkinoille, mutta se myy myös laseja Balttiaan ja Venäjälle. Suurimmat asiakkaat ovat itsenäisiä tuulilasinvaihtoliikkeitä, lasiliikkeitä ja autojen maahantuojia tai myyjiä. Pilkington Marine toimittaa lasirakenneratkaisuja laivoihin. (Pilkington 2020a.)

Ajoneuvojen tuulilasit sisältävät nykypäivänä älykkäitä ominaisuuksia, kuten aurinkosuojia, sadesensoreita, antennejä ja kaistavahteja. Lisäarvokomponentit tekevät lasinvalmistuksesta vaativampaa.

Pilkington Automotive Finland Oy:n liikevaihto vuonna 2019 oli 99,47 miljoonaa euroa ja tilikauden tulos oli 4,6 miljoonaa euroa (Finder, 2020). Laitilan tehtaalla työskentelee 207 työntekijää ja Tampereen tehtaalla työskentelee 184 työntekijää.

## 2 LASIN VALMISTUS

Lasi on määritelmän mukaan kovaa läpinäkyvää ainetta. Lasin tärkeimpiä ainesosia ovat hiekka, kalkki ja sooda. Ihminen keksi lasin 5 000 vuotta ennen ajanlaskun alkua. Luonnollisesti lasia voi syntyä laavasta tai hiekan äärimmäisessä kuumentumisessa. Lasia on aluksi käytetty vain koristeina tai taide-esineinä, mutta nykyään lasia käytetään monissa erilaisissa tarkoituksissa, kuten rakentamisessa, autoteollisuudessa ja puutarharakentamisessa. (Pilkington 2020b.)

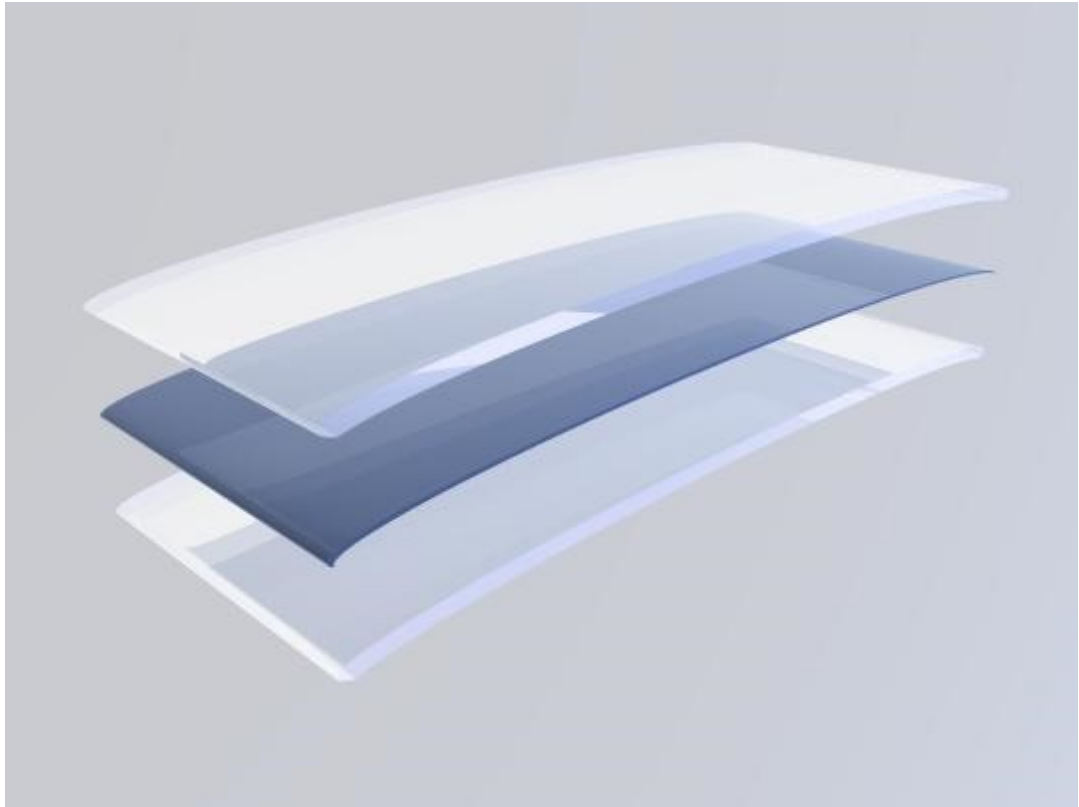
Lasin massatuotanto alkoi 1800-luvulla teollisen vallankumouksen ansiosta. 1970-luvulla öljykriisin aikaan huomattiin, että lasi on hyvä eriste, ja tämän huomion ansiosta kaksinkertaista lasia alettiin käyttämään yleisesti. (Pilkington 2020b.)

### 2.1 Turvalasi

Yrityksessä valmistetaan laminoituja laseja eli turvalaseja. Turvalasissa on kaksi tai useampi lasilevy liitettynä yhteen esimerkiksi PVB-muovikalvon eli polyvinyylibutyaalikalvon tai PMMA-hartseilla eli polymetyylimetakrylaatin avulla. Rikkoutuessaan lasi pysyy kiinni muovikalvossa eikä sen takia mene sirpaleiksi, siksi sirpaleiden aiheuttama loukkaantumisvaara on vähäinen. Rikkoutumisesta huolimatta lasi säilyy yhtenäisenä. Esimerkiksi murron- ja luodinkestävät lasit valmistetaan laminoimalla. *Turvalasi* on siis yleisnimitys laminoidulle, karkaistulle ja laminoidulle lasille, ja se estää henkilön vahingoittumisen lasirikossa. (Suomen lasimuseo 2020.)

Tuulilasin alkuperäinen käyttötarkoitus on ollut pitää ajoviima ja lentävät asiat pois matkustamosta. Nykyään tuulilasi voi törmäystilanteissa kantaa 45 % törmäysvoimasta ja 60 % matkustamoon kohdistuvasta voimasta auton ympärillä olevien ihmisten tilanteissa. (Glass 2017.)





Kuva 1. Lasilevyt ja PVB-kalvo (Mainland 2007).

## 2.2 Tuotantoprosessi

Lasin tuotanto yrityksessä alkaa raakalasin työstöllä, joka alkaa lasin leikkuulla, jossa niiden reunat hiotaan ja lasit pestään. Tämän jälkeen useimpiin lasihin painetaan silkkipainossa kuviointi. Seuraavaksi lasilevyt siirtyvät uunille taipumaan. Lasilevyt kulkevat tehtaalla lasipareina eli sisä- ja ulkolasina, ja ennen taivuttamista lasipari käsitellään tartunnanestoaineella, jonka tarkoituksena on estää lasien sulaminen yhteen taivutuksen aikana. Lasipari asetetaan muottiin, jossa se taipuu oikean muotoiseksi. Muotti sijaitsee uunin vaunussa, joka kuljettaa muotin ja siinä olevan lasiparin uuniin. Taipumisen jälkeen lasiparit ladotaan lasitelineille eli pukeille odottamaan laminointia.



Kuva 2. Laminoinnin puhdastila (tekijälehti.fi, Nortio Jukka, 2019).

Laminoinnissa taipunut lasipari nostetaan pukilta linjalle ja lasipari erotetaan toisistaan sisä- ja ulkolasiksi. Linjalla lasien kalvopinnat eli sisä- ja ulkolasin sisäpinnat puhdistetaan ja niiden väliin asetetaan PVB-laminointikalvo, jonka jälkeen lasit liitetään taas yhteen. Ylimääräinen laminointikalvo leikataan pois ja lasiparin ympärille laitetaan imurengas, joka kytketään alipaineverkkoon, joka poistaa ilman lasien ja kalvon välistä ja täten kalvo kiinnittyy lasiin tiiviisti. Alipaineverkkoon kytkemisen jälkeen lasiparit ladotaan taas pukeille odottamaan seuraavaa vaihetta. Seuraava vaihe on klaavausprosessi, jossa lasipari ja kalvo kiinnittyvät yhdeksi turvalasielementiksi. Tämän jälkeen turvalasi siirtyy kokoonpanon ja lopputarkastuksen pariin, jossa turvalasiin lisätään esimerkiksi kaistavahteja, sadesensoreita tai niiden reunat massataan tai raamitetaan. Lopputarkastuksessa tarkistetaan tuotteen laatu, jonka jälkeen lasit pakataan laatikoihin odottamaan kuljetusta. (Hopia 2015.)



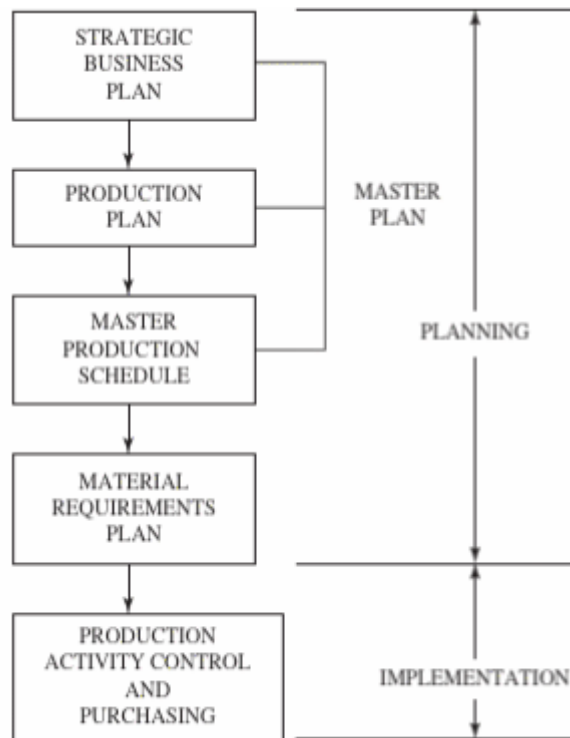
Kuva 3. Valmiita laseja laatikoissa (tekijälehti.fi, Nortio Jukka, 2019).

### 3 TUOTANNOSUUNNITTELU

Tuotannosuunnittelu tarkoittaa yrityksen tuotteiden ja palveluiden aikaansaamiseen liittyvien toimien ja tehtävien suunnittelua ja hallintaa. Tuotantotoiminnan keskeisiä tavoitteita ovat esimerkiksi asiakasarvon toteutuminen, kustannustehokkuus, timituskyky, laatu sekä joustavuus. Tuotannosuunnittelussa huomion kohteena ovat siis yrityksen oma toimintojen joukko, joilla tuotteita ja palveluita tuotetaan. Yrityksen tuotannosuunnittelua voidaan käsitellä vaiheittain etenevänä prosessina, jossa kysynnästä saatavilla olevaa todellista ja ennustetietoa tarkennetaan sekä sovelletaan toiminnan suunnittelussa. (Martinsuo ym. 2016, 138–139.)

Tuotannosuunnittelun tavoitteena on suunnitella ja ohjata asiakastarpeeseen pohjautuen materiaalien ja kapasiteettien tarpeita, jotta tuotanto voisi tehokkaasti ja laadukkaasti tyydyttää asiakkaan tarpeet ja saavuttaa muut tavoitteensa osana yrityksen toimintaa. Tuotannosuunnittelun perustana on kysyntä, ja sen tärkeimmät osa-alueet ovat materiaalin ja kapasiteetin suunnittelu. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että yrityksessä luodaan karkea tuotantosuunnitelma, josta lasketaan materiaalit tarpeet. Materiaalit tarpeisiin otetaan huomioon olemassa olevat varastot sekä tulevat toimitukset. Tämän tiedon perusteella suunnitellaan materiaalihankintoja. Kapasiteetin suunnittelussa tulee ottaa huomioon henkilö- ja konekapasiteetit ja tarvittaessa vähentää tai lisätä kapasiteettia. (Logistiikan maailma 2020g.)

Tuotannosuunnittelua voidaan suunnitella pitkälle, keskipitkälle ja lyhyelle aikavälille. Pitkällä aikavälillä suunnitelmat tehdään sen mukaan, mitä aiotaan tehdä, mitä resursseja tarvitaan ja mitä pyritään saavuttamaan. Keskipitkällä aikavälillä suunnittelu on yksityiskohtaisempaa. Keskipitkän aikavälin suunnittelussa arvioidaan tulevaa kokonaiskysyntää, joihin toimintojen tulisi kohdata. Lyhyen aikavälin suunnittelussa lähes kaikki resurssit ovat jo määritetty ja suuret muutokset ovat hankalia. (Slack ym. 2016, 319-320.)



Kuva 4. Tuotannonsuunnittelun hierarkia (Chapman, 2017, 31).

Tuotannonsuunnittelussa ja hallinnassa on viisi päätasoa, jotka ovat strateginen liiketoimintasuunnitelma (strategic business plan), tuotantosuunnitelma (production plan), päätuotantoaikataulu (master production schedule), materiaalitovelaskenta (material requirements plan) ja hankinta sekä tuotannon toiminnan hallinta (production activity control and purchasing). Liiketoimintasuunnitelma kirjaa tärkeimmät tavoitteet, jotka yritys odottaa saavuttavansa seuraavan 2–10 vuoden aikana. Liiketoimintasuunnitelman luomisen jälkeen suunnitelma yleensä ilmaistaan taloudellisin ehdoin, joka sisältää ennakoitua tulot, tase- ja tuloslaskelman. Strategisen liiketoimintasuunnitelman perusteella asetetaan tavoitteet tuotantosuunnitelmalle eli tuotantomäärät tuoteperheittäin per tuotantoperiodi, halutut varastotasot, varusteiden, työvoiman ja materiaalien tarve per tuotantoperiodi ja resurssien saatavuus. Päätuotantoaikataulu on tuotantosuunnitelma yksittäisille lopputuotteille. Materiaalitovelaskenta on suunnitelma komponenttien tuotannolle ja hankinnalle, joita käytetään, kun tehdään tuotteita päätuotantoaikataulussa. Hankinta ja tuotannon toimien hallinta edustavat

tuotannosuunnittelun ja hallinnan toteutus- ja hallintavaiheita. Hankinta on vastuussa raaka-aineiden virtauksesta tuotantolaitokseen ja tuotannon toimien hallinta on vastuussa suunnittelusta ja virtauksen hallinnasta läpi tuotannon. (Chapman, 2017, 31-35.)

### 3.1 Tuotantotyypit

Toimittajan kannalta toimituksen läpimenoaika on aika tilauksen saapumisesta tuotteen toimittamiseen. Asiakkaan kannalta toimituksen läpimenoaika saattaa sisältää myös ajan tilauksen valmistelusta ja lähettämisestä. Useimmat asiakkaat haluavat toimituksen läpimenoajan olevan mahdollisimman lyhyt, ja tuotannon täytyy määrittää tuotantotyyppi saavuttaakseen sen. Tuotantotyyppiä on viisi: engineer-to-order (ETO), make-to-order (MTO), configure-to-order (CTO), assemble-to-order (ATO) ja make-to-stock (MTS). (Chapman, 2017, 15.)

Engineer-to-order eli tilauksesta suunniteltaessa tilauksen kohdennuspiste sijaitsee kauimpana asiakkaasta muihin tuotantotyyppisiin verrattuna. Tuote valmistetaan asiakkaan tilauksen pohjalta, mutta valmistamisen lisäksi tilaukseen liittyy myös tuotesuunnittelua. Tilauksesta suunnittelua hyödynnetään tilanteissa, joissa asiakas tarvitsee juuri hänelle valmistetun tuotteen. (Logistiikan maailma 2020d.)

Make-to-order eli tilauksesta valmistettaessa tuote valmistetaan alusta valmiiksi tuotteeksi asiakkaan tilauksen perusteella. Tilauksesta valmistus on tyypillinen ratkaisu, jos tuotantomäärä on suhteellisen pieni verrattuna eri lopputuotevaihtoehtojen määrään. Tilauksesta valmistus mahdollistaa laajan tuotevalikoiman. (Logistiikan maailma 2020e.)

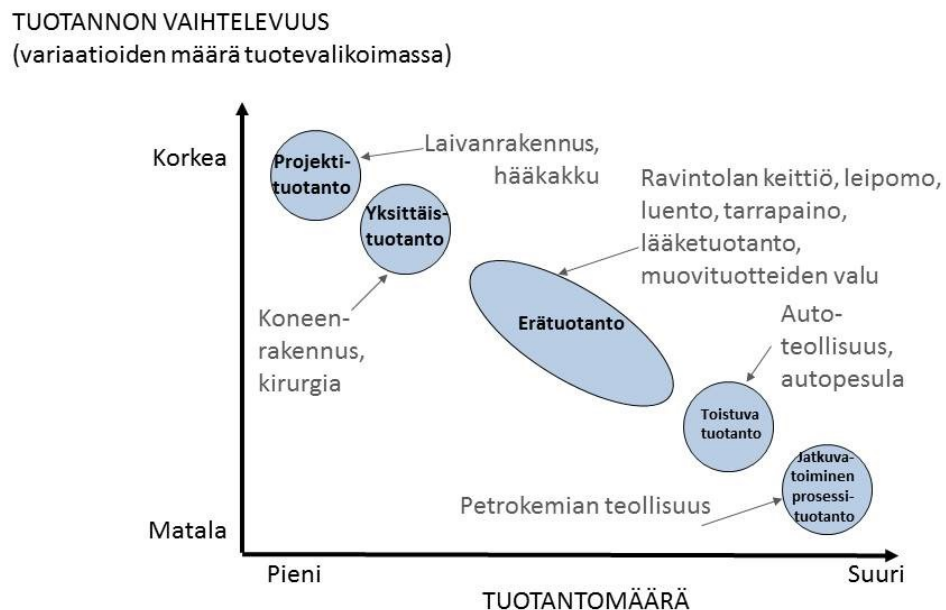
Configure-to-order eli tilauskokoontaminen tarkoittaa, että asiakas saa määrittää tuotteen erilaisten ominaisuuksien ja lisävarusteiden perusteella (Chapman, 2017, 16).

Assemble-to-order eli tilauksesta kokoontaminen tarkoittaa, että asiakkaan tilauksesta aloitetaan välivarastossa olevien puolivalmisteiden kokoaminen.

Tilauksesta kokoonpano on parhaimmillaan tilanteessa, jossa tuote on modulaarinen eli se koostuu vakioiduista moduleista, joista voidaan yhdistellä erilaisia lopputuotteita. (Logistiikan maailma 2020c.)

Make-to-stock eli varasto-ohjautuvassa tuotannossa asiakkaan tilaukset toimitetaan lopputuotevarastosta. Varasto-ohjautuva tuotanto on tyypillinen, jos asiakkaan toimitusaikavaatimus on lyhyt ja kunkin nimikkeen menekki on suuri ja kohtuullisen hyvin ennustettavissa. (Logistiikan maailma 2020j.)

Teollinen tuotanto voidaan jakaa karkeasti kahteen tuotantomuotoon eli prosessi- ja kappaletavaratuotantoon. Jakoa voidaan tarkentaa tuotantovolyymin eli tuotannon määrien sekä tuotevalikoiman laajuudella. (Logistiikan maailma 2020h.)



Kuva 5. Tuotantomuodot (Logistiikan maailma 2020h).

Projektituotannossa on ääretön määrä variaatioita jokaisen projektin ollessa yksilönsä, mutta niitä tuotetaan määrällisesti vähän. Prosessituotannossa on suuret tuotantovolyymit, mutta tuotevariaatioita on vain pieni määrä. Karkean

jaottelun eli prosessi- ja kappaletavaratuotannon välissä on kuitenkin vielä kolme muuta tuotantoamuotoa, jotka ovat käytännössä kappaletavaratuotannon eri muotoja. Yksittäistuotanto perustuu joustaviin resursseihin, jotka pystyvät tuottamaan erilaisia tuotevariaatioita. Tuotantoon liittyy myös tilauskohtaista tuotesuunnittelua. Tuotannossa esiintyy kuitenkin tiettyä toistuvuutta, mikä erottaa yksittäistuotannon selkeimmin projektituotannosta. Erätuotannossa tuotteita valmistetaan valmistuserissä eli samaa tuotetta voidaan valmistaa toistuvasti, muttei kuitenkaan jatkuvasti. Toistuvassa tuotannossa tuotteet valmistetaan tuotantolinjoissa, joissa työpisteet tekevät ennalta määritellyt tehtävät. Toistuvassa tuotannossa haetaan työn organisoinnin avulla kustannustehokkuutta. Tuotteissa voi olla variantteja, mutta variantit pyritään suunnittelemaan niin, että niiden vaikutus tuotantoon on minimoitu. Tuotannon vaihtelevuus on matalaa, koska täysin erilaisen tuotteen valmistus vaatii usein uuden tuotantolinjan. (Logistiikan maailma 2020h.)

### 3.2 Kapasiteetin ja kuormituksen ohjaus

Kapasiteetti tarkoittaa työn määrää, joka voidaan tehdä tietyn ajan puitteissa. Kapasiteettia on kahta erilaista: saatavilla olevaa kapasiteettia ja tarvittavaa kapasiteettia. Saatavilla oleva kapasiteetti on järjestelmän ja resurssien kapasiteetti tuottaa tuotoksia tietyn ajan puitteissa. Tarvittava kapasiteetti on järjestelmän ja resurssien kapasiteetti, joka tarvitaan tuotoksen tuottamiseen tietyn ajan puitteissa. Kapasiteetti termiä lähellä on termi kuormitus. Kuormitus on vapautettu ja suunniteltu työ, joka on osoitettu tietyksi ajaksi. Se on kaikkien tarvittavien kapasiteettien summa. (Chapman, s. 124.)

Tuotannon kapasiteetin ja kuormituksen ohjauksen pohjalla on tieto kysyntäennusteista, todellisista tilauksista ja tuotantostrategian keskeisistä valinnoista. Varastotasojen ja tekeillä olevien tarjouksien voi olla syytä seurata näiden tietojen täydentämiseksi. Tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen prosessissa on tunnistettavissa kolme erillistä suunnittelutasoa, jotka ovat kokonais-, karkea- ja hienosuunnittelu. (Martinsuo ym. 2016, 141.)



Tuotteiden kysyntäennusteet ja todellinen tilauskanta ovat kokonaissuunnittelun keskeisimpiä lähtökohtia. Tilauskanta tarkoittaa jo vahvistettuja tilauksia, kun taas myyntiennustetta tehdään aikaisemman tilauskannan, markkinoista saatavan trendin tai muun tiedon, kausivaihteluiden, ajankohdan ja muun saatavissa olevan ennustetiedon perusteella. Ennusteita tarvitaan, koska kysyntä muuttuu usein nopeammin kuin tuotantoprosessin reagoitukyky kyseisiin muutoksiin. Markkinoiden ja kilpailun kansainvälistyminen ja nopeat muutokset ovat tehneet ennustamisen haasteelliseksi. (Martinsuo ym. 2016, 141-143.)

Kokonaissuunnittelu tarkoittaa tuotannon kokonaisvolyymien, resurssitarpeen, varastojen ja hankintojen ylimmän tason keskipitkän aikavälin tavoitteiden ja toimintojen suunnittelua. Päätehtävänä on varmistaa, että kokonaisvolyymi vastaa tarvetta suunnittelun aikavälillä. Kokonaissuunnittelussa tuotetut tiedot ovat karkea- ja hienosuunnittelun lähtötietoja. (Martinsuo ym. 2016, 143.)

Karkeasuunnittelussa kokonaisvolyymien, resurssitarpeen, varastojen ja hankintojen suunnittelua viedään kokonaissuunnitelmaa yksityiskohtaisemmalle tasolle ja sen toteutus tuotantojärjestelmässä aikataulutetaan. Karkeasuunnittelua tehdään säännöllisesti ja toistuvasti, yleensä muutaman viikon aikavälillä. Karkeasuunnittelulla on kolme päätehtävää: tuotannon kokonaisuikataulun suunnittelu, resurssien käytön karkeasuunnittelu ja toimituskyvyn karkea suunnitelma. (Martinsuo ym. 2016, 144.)

Tuotannon kokonaisuikataulun suunnittelulla tarkoitetaan tuotantojärjestelmässä tuotantoerien aikatauluttamista. Tämän määrittelyssä hyödynnetään tilauksia, myyntiennusteita, varastotasoa ja tuotantokapasiteettia koskevia tietoja. Näiden perusteella tehdään karkea viikottainen suunnitelma kysynnästä, tuotantovolyymeista ja varastotason kehittymisestä. (Martinsuo ym. 2016, 144.)

Resurssien käytön karkeasuunnittelu viittaa tuotantoerien resurssitarpeen arviointiin ja resurssien kohdentamiseen. Karkeasuunnittelun perusteella ei vielä ohjata valmistusta, vaan sopeutetaan valmistuksen resurssit kysyntää vastaavalle tasolle. (Martinsuo ym. 2016, 145.)

Toimituskyvyn määrittely viittaa siihen, millaisia lupauksia voidaan tehdä tuotteiden toimitusajoista. Resurssien ja aikataulun suunnittelu liittyvät siihen toimituskykyyn, joka voidaan käytännössä luvata asiakkaille. Tilausohjautuvassa tuotannossa toteutuvat toimitusajat perustuvat nimenomaan tuotannon karkeasuunnitteluun. Varasto-ohjautuvassa tuotannossa karkeasuunnittelu seuraa varastotilannetta ja tilauskannan kehittymistä. (Martinsuo ym. 2016, 145-149.)

Hienosuunnittelussa tarkoituksena on yksityiskohtaisen tuontantosunnitelman tekeminen valmistuksen tuotantoerien, työvaiheiden ajoituksen, resurssien käytön ja tuotantoerien valmistumisajankohdan määrittämiseksi. Hienosuunnittelua tehdään viikottaiselle ja päivittäiselle tasolle. Lähtökohtana hienosuunnittelussa on tuotannon ja tilausten todellinen tilanne eli mahdollisimman ajankohtainen ja varma tieto. Hienosuunnittelua varten on tunnettava työvaiheet ja vaiheajat, laitteiden työjonot, resurssien saatavuus sekä häiriöt ja mahdolliset muutokset. (Martinsuo ym. 2016, 145.)

Hienosuunnittelussa on yleisiä peruseriaatteita, joita nykyaikaisissa tuotantolaitoksissa tyypillisesti sovelletaan. Peruseriaatteita ovat esimerkiksi asetusaikojen ja -kustannusten minimointi eli hienosuunnittelulla pyritään löytämään ihanteellinen tuotantojärjestys, jolla voidaan minimoida asetusaikat ja säilyttää lyhyt toimitusaika. Resurssikapeikat eli pullonkaulat ja niiden kuormituksen maksimointi eli hienosuunnittelua tulee tehdä niin, että pullonkaulojen kuormitusaste on mahdollisimman korkea ja että muut työvaiheet eivät estä pullonkaulan korkeaa kuormitusta. Se voi siis tarkoittaa puskurivaraston sallimista kyseistä pullonkaulavaihetta ennen, vaikka muuten tavoiteltaisiinkin lyhyitä läpimenoaikoja ja minimivarastoja. Peruseriaatteita ovat myös tuote-erän ajoitus vaiheajojen ja odotetun valmistumisajan perusteella, koska asiakkaita kiinnostaa, milloin tuotteet ovat saatavilla. Tämän takia tuote-erän valmistumisaikaa täytyy suunnitella. Tuote-erien ajoituksessa tarvitaan tieto siitä, kuinka kauan tuote-erän valmistamiseen kuluu ja milloin tuotteen pitäisi olla valmis. Tavallisesti ajoituksessa lähdetään laskemaan taaksepäin odotetusta valmistumisajankohdasta. Arvovirran suuntainen ohjaus eli tuotantojärjestelmä

suuntautuu asiakkaalle ja liiketoimintaan syntyvän arvon tuottamiseen. Arvovirtaa voidaan ohjata työntö- tai imuohjauksella. Tietojärjestelmät ja visuaaliset keinot hienosuunnittelun tukena voivat olla esimerkiksi yksinkertaisia graafisia kuvia tai tauluja, joilla visualisoidaan tuotantojonoa. Optimoinnilla pyritään siihen, että keskenään ristiriitaisista tavoitteista päädytään parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen. Osa mainituista peruseriaatteista voivat olla keskenään ristiriidassa, kun kokonaisuus otetaan huomioon. (Martinsuo ym. 2016, 149-151.)

Hienosuunnittelun tuottama tieto on vietävä vielä yksityiskohtaisemmalle tasolle, jotta tuotannon henkilökunta tietää, mitä milloinkin pitäisi tehdä. Valmistuksen ohjaukseen kuuluu työn suorittamisen yksityiskohtien suunnittelu, tehtävien kohdentaminen eri resursseille, työn ohjaaminen sekä valvonta ja raportointi. (Martinsuo ym. 2016, 152.)

### 3.3 Välivarastonohjauksen säännöt

Varastonohjauksella hallitaan varastoon tai välivarastoon sitoutunutta pääomaa ja materiaalivirtoja. Varastonohjauksen perustehtäviä ovat kierto- ja varmuusvarastojen hallinta. Materiaalivirtojen ohjauksessa käytetään imu- tai työntöohjausta. (Logistiikan maailma 2020i.)

Varastonohjauksen peruseriaatteina voidaan pitää FIFO- eli first-in-first-out- ja LIFO- eli last-in-first-out-periaatteita. FIFO-periaatteen mukaan tavarat lähtevät varastosta samassa järjestyksessä kuin ne on sinne tuotu ja LIFO-periaatteen mukaan viimeiseksi varastoitu tuote otetaan ensimmäisenä. (Logistiikan maailma 2020i.)

### 3.4 Imuohjauksen merkitys tuotannosuunnittelussa

Lean-ajattelu on kokonaisvaltaista kehittämisfilosofiaa, joka perustuu Toyotan toimintatapoihin. Lean-ajattelun perustana on asiakkaan arvo; kun määritellään tarkasti, mitä arvoa tuotetaan ja halutaan tuottaa, toimintoja voidaan tarkastella arvontuoton kannalta. Kaikki aktiviteetit voidaan jakaa arvoa tuottaviin

aktiviteetteihin eli toimintoihin, jotka muokkaavat materiaalia tai tietoa asiakkaan haluamaan suuntaan, tukitoimintoihin eli aktiviteetteihin, jotka eivät tuo suoraan asiakkaalle arvoa, mutta ovat kuitenkin välttämättömiä prosessissa, tai hukkaan eli toimintoon, joka ei tuota arvoa eikä ole välttämätön prosessissa. Lean-ajattelussa käsitellään seitsemää hukkaa eli mudaa, ja ne ovat: ylituotanto, varastot, odottaminen ja etsiminen, siirtymiset, siirrot ja käsittelyt, korjaustyö ja turha työ. (Logistiikan maailma 2020b.)

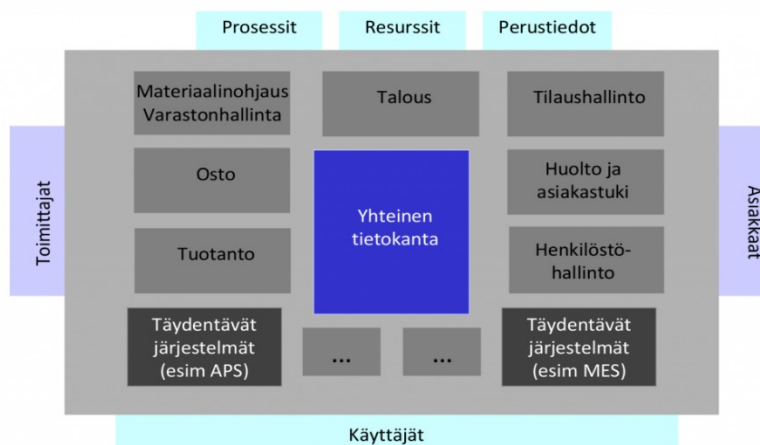
Just-in-time eli JIT, josta käytetään myös ilmaisua JOT eli juuri oikeaan tarpeeseen eli materiaaleja valmistetaan, siirretään ja kuljetetaan vain todellisen tarpeen mukaan. Todellinen tarve selviää asiakaskysynnästä. Suppeasti määriteltynä JIT onkin käytännössä sama asia kuin imuohjaus. Imuohjauksen ja työntöohjauksen tärkein ero on siinä, mikä ohjaa käytännön materiaalivirtaa. Imuohjauksessa seuraava vaihe imee tarpeen mukaan materiaaleja edeltävältä vaiheelta, ja työntöohjauksessa tehty suunnitelma työntää tilaukset tuotannon läpi. Englanniksi näistä käytetään nimitystä *push* ja *pull*. (Logistiikan maailma 2020a.)

Työntöohjaus kuvaa periaatetta, jossa asiakkaan tarve ei ohjaa käytännön materiaalivirtaa, vaan kunkin vaiheen toiminnot perustuvat ennalta tehtyyn suunnitelmaan eli esimerkiksi tuotantosuunnitelmaan. Työntöohjauksessa keskeneräiselle tuotannolle ja varastolle ei ole ylärajaa. Työntöohjauksessa hyödynnetään tarvelaskentaa eli MRP:tä. (Logistiikan maailma 2020a.)

### 3.5 Tuotannonsuunnittelun toteuttaminen ERP-järjestelmässä

Toiminnanohjausjärjestelmä eli ERP-järjestelmä (*Enterprise Resource Planning* eli yrityksen resurssien suunnittelu) sisältää kaikki yrityksen toiminnan kannalta välttämättömät ydinprosessit eli taloushallinnon, henkilöstöhallinnon, tuotannon, toimitusketjun, palvelut ja hankinnan (SAP 2020a). Toiminnanohjausjärjestelmien perustana on yhteinen tietokanta, jota eri toiminnot käyttävät. Yhteinen tietokanta mahdollistaa tiedon läpinäkyvyyden, eli kaikki käyttävät samaa ajantasaista tietoa. Tämän takia on erityisen tärkeää, että

perustiedot eli materiaali- ja tuotantoresurssit ovat ajan tasalla ja oikein. (Logistiikan maailma 2020f.)



Kuva 6. Yrityksen resurssien hallinta (Logistiikan maailma 2020f).

### 3.6 SAP

SAP on perustettu vuonna 1972 viiden saksalaisen yrittäjän toimesta. Heidän ajatuksensa oli luoda standardisoitu yritysohjelmisto, joka integroi kaikki liiketoimintaprosessit ja mahdollistaa tietojen käsittelyn reaaliajassa. Lyhenne SAP tulee saksan kielen sanoista *System Analyse Programmentwicklung* eli *System Analysis and Program Development*. (SAP 2020b.)

SAP HANA otettiin käyttöön vuonna 2011. SAP HANA on välimuistin tietokantoihin perustuva versio. Versio mahdollisti tietoanalyysin käsittelyn muutamissa sekunneissa, kun aikaisemmin siihen saattoi kulua päiviä. SAP:lla on 69 datakeskusta 35 kaupungissa 15 maassa. SAP:lla on yli 215 miljoonaa pilvikäyttäjää tällä hetkellä ja yli 100 ratkaisua kattamaan kaikki liiketoimintatoiminnot. (SAP 2020b.)

SAP HANA:ssa on erilaisia työkaluja tuotannosuunniteluun. Yrityksessä hyödynnetään pääasiassa kahta työkalua: MF50 eli hallinnoi sarjatuotantoa ja CM25 eli kapasiteetin tasaus.

Kapasiteettitiedot yhteensä		Yks	Eräant.	V 49 (30.11)	V 50 (07.12)	V 51 (14.12)	V 52 (21.12)	V 53 (28.12)	V 01 (04.01)	V 02 (11.01)	V 03 (18.01)	V 04 (25.01)
<input type="checkbox"/>	FI31432 /001 1432- Sarjauuni	%	1,786	92,557	109,611	82,548	20	62,587	90,117	60,938	51,726	80,595
<input type="checkbox"/>	Tarve -	H	4	93	110	83	13	54	71	61	52	81
<input type="checkbox"/>	Tarjonta -	H		101	101	101	65	86	79	101	101	101

Nimiketiedot		Yks	Eräant.	V 49 (30.11)	V 50 (07.12)	V 51 (14.12)	V 52 (21.12)	V 53 (28.12)	V 01 (04.01)	V 02 (11.01)	V 03 (18.01)	V 04 (25.01)
<input type="checkbox"/>	Ei kohdistettu	KPL										
<input type="checkbox"/>	501001254 SOR SOR003 CRE	●●●										
<input type="checkbox"/>	Saatav. oleva määrä	KPL										
<input type="checkbox"/>	Tarve	KPL								10		
<input type="checkbox"/>	Σ Kokonaistarve	KPL								10		
<input type="checkbox"/>	1001 FI31432	KPL							10			
<input type="checkbox"/>	Ei kohdistettu	KPL										
<input type="checkbox"/>	501001255 SOR SOR003 CRE	●●●										
<input type="checkbox"/>	Saatav. oleva määrä	KPL										
<input type="checkbox"/>	Σ Kokonaistarve	KPL										
<input type="checkbox"/>	1001 FI31432	KPL										
<input type="checkbox"/>	Ei kohdistettu	KPL										
<input type="checkbox"/>	501001256 SOR SOR005 HUN	●●●										
<input type="checkbox"/>	Saatav. oleva määrä	KPL				101	101	101				
<input type="checkbox"/>	Tarve	KPL							101			
<input type="checkbox"/>	Σ Kokonaistarve	KPL							101			
<input type="checkbox"/>	1001 FI31432	KPL				101						
<input type="checkbox"/>	Ei kohdistettu	KPL										

Kuva 7. Näytönkaappaus MF50 työkalusta, näkymässä sarjauuni 1432.

Työpisteet						
Työpiste	Kap.lk	Työpisteen nim.	Kapasit. nimitys	Yks.kap. lkm	Kpl	
FD3434A	001	1434-Kammioouuni		1	[Gantt chart]	

Tilaukset (suunnitellut)										
Määrä	Nimike	Miniläven lyhyt nimi	Vanha nimistö	Jako	Tilausnumero	Tila	Työkalu 1	Työkalu 2	Kpl	
500002757	CHN NEW011	841311891 GRN0700.0	NEW01131G	1180389	1180389	JP			[Gantt chart]	
500002758	CHN NEW012	COMBINW5 GRN0700.0	NEW01231G	1180389	1180389	JP			[Gantt chart]	

Tilaukset (varanto)				
Ed -> Seur. Väihe	Tuotantoversio	Kpl	Kpl	
1214-1510	FYR0250EG - FD3434A - Talvitus	59	08.12.2020	
1214-1510	R08001SHDC - FD3434A - Talvitus	7	11.12.2020	
1214-1510	FYR0250G - FD3434A - Talvitus	52	04.12.2020	
1214-1510	R08001SHDC - FD3434A - Talvitus	6	08.12.2020	

Kuva 8. Näytönkaappaus CM25 työkalusta, näkymässä 1434A kammioouuni.

## 4 NYKYTILAN KUVAUS

Yrityksessä valmistetaan laminoitua turvalasia erityisesti linja-autoihin, työkoneisiin ja juniin. Yrityksessä tuotantoa ohjataan make-to-order (MTO) eli tilauksesta valmistuksen mukaan. Tilauksesta valmistettaessa tuote valmistetaan asiakkaan tilauksen perusteella alusta valmiiksi tuotteeksi. Tilauksesta valmistus mahdollistaa laajan tuotevalikoiman. Yritys käyttää MTO:ta, koska lopputuotevaihtoehtoja on paljon ja tuontantoerät ovat pieniä.

### 4.1 Toiminnanohjausjärjestelmän käyttö yrityksessä

Laitilan tehtaalla oli aikaisemmin käytössä V8-toiminnanohjausjärjestelmä, joka vaihdettiin vuoden 2019 helmikuussa SAP HANAan. V8:n aikana tuotteet olivat järjestelmässä valmistuotteena, jonka rakenteessa olivat kaikki puolivalmisteet. Kun yritys vaihtoi SAP HANAan, se teki päätöksen luopua valmistuotemallista, ja yritys vaihtoi puolivalmistemalliin.

Valmiit tuotteet ovat järjestelmässä niin kutsuttu 4-osa, laminoitu 3-osa, taivutettu 5-osa, leikattu 6-osa ja raakalasi 16-osa.



Kuva 9. Puolivalmistemallin rakenne.

Puolivalmistemallissa raportointi prosessin eri vaiheista on helpompaa ja tarkempaa. Tällä hetkellä prosessi alkaa siitä, että asiakastilaus kirjataan järjestelmään valmistuotteelle. Kun materiaalitarkesuunnittelu eli MRP ajetaan, valmistuote luo tarpeen laminoitulle puolivalmisteelle, laminoitu osa luo tarpeen taivutetulle puolivalmisteelle, taivutettu osa luo tarpeen leikatulle puolivalmisteelle ja leikattu osa luo tarpeen raakalasilille. Tuotannosuunnittelu tapahtuu uunien kuormituksen eli lasin taivuttamisen perusteella. Tuotannosuunnittelu toteutetaan uunien karkeakuormituksen perusteella, koska se on kaikista kallein työvaihe, ja jos uuneja ei ole kuormitettu täyteen, tuotannon tuottavuus ja tehokkuus kärsivät. Uunien karkeakuormituksessa ilmenee ongelmia oikea-aikaisuuden kanssa, koska taivutetulla puolivalmisteella ei näy kuin laminoitun puolivalmisteen tarve eikä valmiin tuotteen tarve. Jos taivutettua puolivalmistetta on siirretty ja sen jälkeen päivitetty laminoitu puolivalmiste kohtaamaan taivutettua puolivalmistetta, niin oikea-aikainen tarve jää niin sanotusti piiloon. Laminointia ja lopputarkastusta kuormitetaan tällä hetkellä vain sen perusteella, mitä uuneilta tulee ja milloin tulee eli laminoinnin puolivalmiste ja valmistuote päivätään kohtaamaan taivutettavien puolivalmisteiden valmistuvat tuotteet. Tällä hetkellä lasin leikkauslinjat ja uunit eli lasin taivutus toimivat työntöohjauksella ja laminointi sekä kokoonpano imuohjauksella. Tämä johtuu siitä, että taivutus on yksi yrityksen tuotannon pullonkauloista. Pullonkauloja muodostavat myös lämmitettävät, raamitettavat ja massattavat lasit eli lisäarvoa tuottavat toiminnot. Määrävin pullonkaula on taivutus eli uunit ja toiseksi määräävin on lämmitettävät lasit.

Yrityksessä on käytössä SAP HANA ERP -järjestelmä. Tuotannosuunnittelu prosessi alkaa uunien karkeakuormituksella SAP:in MF50-työkalulla eli hallinnoi sarjatuotantoa työkalulla. MF50-työkalussa avautuu jokaiselle uunille oma näkymä. Uuneja on yhteensä 21, joista 20 on nykytilanteessa käynnissä. Osa uuneista on niin sanottuja yksittäisuuneja, eli niissä on vain yksi vaunu. Suurin osa uuneista on etu- ja takamuotillisia eli kaksivaunuisia uuneja. Yrityksellä on myös kolme sarjauunia, joista käytetään nykytilanteessa useimmiten kahta. Sarjauuneissa on 10–17 vaunua.



MF50-työkalussa avataan uunit aina yksitellen, eli jos on kaksivaunuinen uuni, avataan myös kaksi näkymää. Näkymä on rajattu 10 viikon päähän, mutta tarvittaessa näkymää voidaan myös pidentää. Työkalu näyttää uunien tarjontajan ja tarpeen, jonka tuotteet luovat. Tämä muodostaa uunin kapasiteetin prosentin, jota työkalulla tarkkaillaan. Uuninäkymässä näkyvät kaikki tuotteet, joilla on reitti kyseiselle uunille. Tarkoitus on siis mahdollisuuksien mukaan tasata uunien kuormaa, jotta jokaisella viikolla olisi tasaisesti kapasiteettia käytössä. Tarvittaessa joitakin tuotteita voidaan tehdä hieman etukäteen, jolloin saadaan laskettua jonkin viikon ylikuormaa. Tuotteita voi myös vaihtaa uunilta toiselle ja sitäkin tehdään mahdollisuuksien mukaan. Uunien karkeakuormitus vahvistetaan maanantain ja tiistain aikana seuraavaksi viikoksi.

Uunien karkeakuormituksen jälkeen keskiviikkoisin toinen tuotannosuunnittelija käyttää SAP:in CM25-työkalua eli kapasiteetin tasaus työkalua ja hienokuormittaa uunit. Tässä vaiheessa uuneille saadaan tarkat työjonot seuraavaksi viikoksi. Leikkuuseen tehdään leikkuun työjono päivittäin uunien työjonon mukaan. Taivutuksesta valmistuneet kappaleet etenevät tuotannossa laminointiin, klaavaukseen ja lopputarkastukseen. Laminointia ja kokoonpanoa seurataan päivittäin valvo sisäisiä tarpeita työkalulla. Työkalu näyttää tarvepäivämäärän ja avoimen määrän ja kuinka monta päivää tuote on myöhästynyt.

#### 4.2 Laminoinnin hienokuormittaminen

Tällä hetkellä laminoinnin työpistettä ohjataan tilauskantaraportin perusteella tehtävällä prioriteetti-listalla. Muuten laminoinnin esimies ja työntekijät määrittävät työjonon. Tämä toisaalta säästää aikaa, koska esimies ja työntekijät tuntevat tuotteet, joten he osaavat työstää laseja järkevässä järjestyksessä. Laminointikalvoja on erilaisia ja eri kokoisia ja laminointikalvoja tulee säilyttää tietyssä lämpötilassa. Koska laminointikalvoja säilytetään erillisessä kylmähuoneessa, työjärjestyksen on erityisen tärkeää olla looginen, muuten työntekijät joutuvat jatkuvasti hakemaan kalvoja, joka aiheuttaa hukkaan

mennyttä aikaa. Toisaalta, koska työntekijät ovat tällä hetkellä itseohjautuvia, joitakin kiireellisiä tai tärkeämpiä laseja saattaa jäädä työstämättä. Tämän takia yrityksessä on kaavailtu laminoinnin työpisteen hienokuormittamista, joka selventäisi työpisteen työjonoa ja hienokuormitettaessa olisi helpompaa huomioida kiireelliset tuotteet.

Tilaukantaraportin perusteella tehtävässä prioriteetti-listassa on tehdasasiakkaiden tilaukset ja varaosa-asiakkaiden tilaukset kuluvalta viikolta. Asiakkaat on jaoteltu yrityksessä OE- eli tehdasasiakkaisiin sekä AGR- eli varaosa-asiakkaisiin. AGR-tilauksia on mahdollista tarpeen mukaan myöhäistää tai muuttaa, mutta OE-tilaukset ovat tarkempia.

## 5 KEHITTÄMISTOIMENPITEET

Ensimmäinen vaihe oli perehtyä laminoinnin läpimenoaikoihin ja laminoinnin toimintaan. Laminoinnin hienokuormittamisen suunnitteluvaiheessa ilmeni, että laminoinnin läpimenoajat ovat virheellisiä ja täten tuotekustannuksetkin ovat järjestelmässä väärin. Läpimenoaikoja tutkittiin kuormituksen ja tuotekustannuksien oikeellisuuden tarkistamisen ja korjaamisen vuoksi. Tarkastus toteutettiin niin, että tuotteet jaettiin laminoitilinjoihin tuoteperheisiin ja tuoteperheen sisältä pyrittiin ottamaan noin 30 kappaleen otanta ja niiden perusteella analysoitiin tuoteperheen läpimenoaika.

Läpimenoaikojen havainnointi on pitkä projekti, koska kaikkia tuoteperheitä ei ole tilauskannassa tai tuotannossa tulossa tarpeeksi 30 kappaleen otantaan. Kellottamisen ohella on kuitenkin testattu läpimenoaikojen paikkansa pitävyyttä SAP:in CM25- eli kapasiteetin tasaus työkalulla, jota on kaavailtu käytettäväksi laminoinnin ohjaamisessa. CM25-työkalussa tehtyjen testauksien perusteella läpimenoajat ovat kuormituksen puolesta lähes oikeassa, joten työjonoja voisi hyödyntää jo ennen kuin kellottaminen on saatu valmiiksi ja läpimenoajat päivitettyä järjestelmään. Koronan vaikutusten takia yrityksen tuotannossa on hiljaisempaa, joten työjonojen testaaminen ja operaattoreiden kouluttaminen on helpompaa kuin normaalitilanteessa.

### 5.1 Tiedonkeruu ja tutkimus

1510-linjalla eli robottilinjalla on kuusi tuoteperhettä, jotka ovat tavalliset lasit, tavalliset lämmitettävät lasit, primeroitavat eli maalattavat lämmitettävät lasit ja "hitsattavat" lasit, tavalliset jännevälিকেpilliset tai paljon nipsuja sisältävät lasit ja näiden yhdistelmät, reikätarra teippaus tai lisäarvokomponentin kiinnitys ja näiden yhdistelmät sekä puimurituotteet. Niin sanotut hitsattavat lasit sisältävät kahden kalvon yhteen kolvaamisen eli "hitsaamisen" Jännevälিকেppi asetetaan lasin taivutettujen reunojen väliin, ennenkuin tuote asennetaan imuletkuihin, jotta tuotteen jänneväli pysyy oikeana.

1508-linjalla on kymmenen tuoteperhettä, jotka ovat puimurituotteet, hitsattavat, jännevälikepilliset tai paljon nipsuja sisältävät lasit tai näiden yhdistelmät, monikerroslasit eli laseissa on enemmän kuin kolme kalvoa, tavalliset lämmitettävät lasit, primeroitavat eli maalattavat lämmitettävät lasit sekä neljä siglasol kalvojen erilaista versiota. Siglasol kalvo on vain vähän UV-säteilyä läpäisevää kalvoa.

1506-linjalla on kuusi tuoteperhettä, jotka ovat kylmät, kylmät klassikot, lämmitettävät, lämmitettävät klassikot, primeroitavat eli maalattavat lämmitettävät ja primeroitavat lämmitettävät klassikot. Yrityksessä valmistetaan tuulilaseja myös erilaisiin klassikkoautoihin ja näistä laseista käytetään useimmiten nimitystä klassikot.

Tutkimus aloitettiin 1508-linjalta eli linjalta, jolla valmistetaan lämmitettäviä tuotteita. Perehdyin tuotannon kehittäjän kanssa havainnointiin ja siihen, miten havainnointi tulisi toteuttaa. Päädyimme toteuttamaan havainnointia niin, että määritimme linjoille 0-kohdan. 0-kohta on linjan päässä kuljettimella, joka tuo lasin ulos puhdastilasta. Kuljetin pysähtyy aina samaan kohtaan, joten sen perusteella on helppoa havainnoida läpimenoaikaa. Havainnoinnissa merkittäviä tietoja oli tuote, tuoteperhe ja läpimenoaika. Tuotteen ja tuoteperheen selvitin tuotannon työntekijöiltä. Tietojen jälkeen siirryin hieman kauemmas havainnoimaan, jotten olisi työntekijöiden tiellä. Käytin havainnointiin puhelimen sekuntikelloa. Käynnistin sekuntikellon, kun ensimmäinen havainnoitava lasi tuli 0-kohtaan. Seuraavan lasin tullessa 0-kohtaan laitoin sekuntikelloon kierroksen ja jatkoin näin kunnes tuote-erä loppui. Yleensä sarjat olivat noin 3-18kpl. Tällä tavalla kellotettaessa tuotevaihtojen vaihtoaika jäi kellottamatta, joten kellotin myös kahta eri tuotetta peräkkäin, jotta sain selvitettyä vaihtoajan tuotteiden välillä.

Havainnointi aloitettiin toukokuun lopussa. Havainnointikertoja on kertynyt 30, joista osa on samana päivänä, mutta eri linjoilla. Havainnointipäiviä on ollut noin 14 päivää.

Keräsin havainnoinnista tullutta dataa word-tiedostoon, johon päivitin myöskin tuoteperheittäin havainnoidut lasit:

### 1510-linja

1. jännevälikepilliset TAI paljon nipsuja edellyttävät TAI näiden yhdistelmät : 5/30
2. primeroitava lämmitettävä ja hitsattava : 0/30
3. lämmitettävä ilman primeria : 0/30
4. perus standardituote : 32/30 / 152,44s = 2min 32s
5. reikätarra teippaus TAI kiinnikeasennus TAI näiden yhdistelmä : 10/30
6. puimurit : 10/30

Kuva 10. 1510-linjan havainnointitilanne.

### 1508-linja

1. puimurit : 3/30
2. hitsattavat : 1/30
3. jännevälikepilliset + nipsutettavat tai molemmat : /30
4. monikerroslasit : 11/30
5. primeroitava lämmitettävä : 7/30
6. lämmitettävä – ei primeroitava : 17/30
7. siglasol + lämmitettävä primeroitava : 8/30
8. siglasol + lämmitettävä ilman primerointia : 17/30
9. siglasol – standardi : /30
10. siglasol – kaistanvahti : 3/30

Kuva 11. 1508-linjan havainnointitilanne.

### 1506-linja

1. kylmät : 34/30 / 226,8s = 3min 47s
2. kylmät klassikot : 5/30
3. lämmitettävät : /30
4. lämmitettävät klassikot : /30
5. primeroitavat lämmitettävät : 16/30
6. primeroitavat lämmitettävät klassikot : /30

Kuva 12. 1506-linjan havainnointitilanne.

Havainnoitavia tuoteperheitä oli siis yhteensä 22. Pystyin havainnoimaan 15 eri tuoteperhettä ja 30 kappaleen otanta saavutettiin kahdessa tuoteperheessä, 1510-linjalla standardituotteessa ja 1506-linjalla kylmissä laseissa. 30 kappaleen

otanta on hankala toteuttaa joistakin tuoteperheistä, koska niitä tehdään niin harvoin ja niin pieniä määriä.

1510-linjalla havainnoidut läpimenoajat ovat tuoteperheidenkin välillä melko lähellä toisiaan. Esimerkiksi puimuri tuoteperheen lasien läpimenoajan keskiarvo oli 2min 48s ja standardituotteen 2min 32s. 1508-linjalla läpimenoajat eri tuoteperheissä taas eroavat toisistaan todella paljon. Esimerkiksi 1508-linjan monikalvoinen tuote oli läpimenoajaltaan keskimäärin 13min 14s, kun taas tavallisen lämmitettävän lasin läpimenoaika oli 5min 28s. Liitteessä esimerkki 1508-linjan kellotustuloksista. 1506-linjalla suurimmat erot tulivat klassikko tuotteiden ja muiden lasien välillä. Klassikkoja tehdään useimmiten yksi tai kaksi kappaletta eri versiota eli laminointi saattaa työstää 10 klassikkoa ja kaikki ovat eri laseja ja täten niihin menee useimmiten myös eri laminointikalvot. Muita laseja, kuten kattolaseja, tulee isommissa sarjoissa, joten niiden tekeminen on huomattavasti nopeampaa. Tavallisten kylmien lasien läpimenoaika oli 3min 47s ja kylmien klassikkolasien läpimenoaika 5min 42s.

## 5.2 Hienokuormittamisen toteuttaminen toiminnanohjausjärjestelmässä

Laminoinnin kuormittamiseen on suunniteltu SAP:in CM25-työkalua, mutta siinä on omat puutteensa. Koska yrityksessä hyödynnetään puolivalmistemallia, tarvitsisi edellisen vaiheen eli taivutetun osan saldo olla näkyvissä, jotta laminoinnin työjonoa voisi tehdä. CM25-työkalussa taivutetun lasin saldo ei ole näkyvissä, vaan täytyy hyödyntää LX02 eli varastoluettelo ja tutkia taivutettuja laseja varastopaikoittain. Normaalitylanteessa tuotantoon syntyy väkisinkin välivarastoa, jonka perusteella olisi helppo tehdä työjono, mutta koronan vaikutusten takia laminointi työstää tällä hetkellä kaikki taivutetut lasit heti, jolloin välivarastoa ei pääse syntymään. Kun välivarastoa syntyy, työjonoa voisi tehdä päivittäisen inventoinnin perusteella. Epäsäännöllinen erä koko ja lasien fyysisten rajoitteiden takia vaihtelevat eräkoot aiheuttavat ongelmia. Joitakin laseja työstetään 6 kappaletta ja ne ovat kaikki samalla pukilla. Toista lasia saatetaan tehdä 100 kappaletta viikossa ja ne kulkevat 12 kappaleen pukeissa tuotannossa.

Jotkut lasit ovat fyysisesti sellaisia, että niitä mahtuu vain muutama kappale pukille, joten esimerkiksi 12 kappaleen työ tuleekin laminointiin kolmella tai neljällä pukilla.

CM25-työkalulla hienokuormitettaessa laminointiin voitaisiin suunnitella 24-28 tunnin työjono, josta operaattorit saisivat itse optimoida työjonon tai sitten tehtäisiin tarkka työjono, jota operaattoreiden tulisi noudattaa täydellisesti ja jonka hienokuormittaja on parhaansa mukaan optimoinut. Tarkan työjonon suunnittelu voi olla hankalaa, koska pitäisi ymmärtää erilaiset tuoteperheet ja pystyä sitä kautta minimoimaan tuotevaihtoja sekä kalvon vaihtoja. Työjono on tärkeintä olla tiedossa laminoinnin järjestelijällä eli henkilöllä, joka siirtää lasipukkeja laminointilinjoille työstettäväksi, lämpökälvon kehrääjillä ja 1510-laminointilinjalla eli robottilinjalla työjonon tulisi olla tiedossa koneen hoitajalla, joka ohjaa robottia. Lämpökälvojen pitää elpyä kahdeksan tuntia, joten lämmitettäviä laseja työstetään lähes väkisin välivarastosta. Laminoinnin järjestelijä voisi pitää huolta työjonon toteutumisesta ja operaattorit näkisivät SAPin työjonon ja sitä kautta voisivat ennakoida tuotevaihtoja.

CM25-työkalun kautta kuormitettaessa etuna on SAP:in työjono, joka päivittyy, jolloin operaattoreilla, järjestelijällä, koneen hoitajalla ja kalvon kehrääjillä on koko ajan ajankohtainen tilanne. Tällöin ei myöskään tarvitse mitään papereita vaan kaikki tarvittava tieto löytyisi tietokoneelta. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että tuotannon raportointi on oikeellista ja ajantasaista. Jotta CM25-työkalua voidaan käyttää, on taivutettujen lasien saldojen oltava oikein. Tällä hetkellä tuotannossa on paljon raportointivirheitä eli hävikkilaseja saattaa jäädä kirjaamatta ja ne jäävät saldoille.

CM25-työkalua hyödynnettäessä tuotannon työmääräimiä voitaisiin kääntää vain tarpeeseen ja työmääräimet voitaisiin tehdä oikeille linjoille. Useilla tuotteilla on kaksi reittivaihtoehtoa laminoinnin työpisteen läpi. Hienokuormitettaessa olisi tärkeää tietää tuotteiden ensisijainen ja toissijainen reitti, jotta on mahdollista keventää kuormitetumman linjan työtaakkaa.

### 5.3 Hienokuormittamisen toteuttaminen tilauskantareportin mukaan

Laminoinnin työpistettä voi kuormittaa myös tilauskantareportin perusteella tehtävästä listasta. Listalta on helppo poimia kiireellisyysjärjestyksessä laminoitavia tuotteita ja tällöin operaattorit pystyvät optimoimaan työtään.

Tilauskantareportin perusteella tehtävä lista on hyvä vaihtoehto, koska se on yksinkertaisempi toteuttaa kuin SAPin työjono. Lista on kuitenkin huono siitä, ettei sen tiedot päivity muutenkuin manuaalisesti ja se kattaa vain kuluvan viikon ja seuraavan viikon kiireiset tuotteet. Loput tuotannosta tulevat tuotteet laminoitaisiin kiireisten tuotteiden välissä tai jälkeen. Tällöin laminointi toimisi yhäkin lähes omaohjautuvasti eikä tuotannonsuunnittelu pääse kunnolla suunnittelemaan tai tekemään työjonoa.



## 6 LOPUKSI

Opinnäytetyön tavoitteena oli esittää kehitysehdotuksia laminoinnin hienokuormittamiseen. Yritys toivoi tuotannosuunnittelun ja tuotannon tehokkuuden nousevan laminoinnin hienokuormittamisella.

Työn tuloksena saatiin kaksi erilaista tapaa toteuttaa laminoinnin hienokuormittamista. Ensimmäinen ehdotus on SAP toiminnanohjausjärjestelmän hyödyntäminen ja työjonon laatiminen toiminnanohjausjärjestelmässä. Toinen ehdotus on tilauskantareportista tehtävä prioriteetti-lista.

Laminoinnin hienokuormitusta toteutetaan tällä hetkellä tilauskantareportin perusteella tehtävällä listalla ja se on todettu toimivaksi tavaksi hienokuormittaa laminoinnin työpistettä. Tavoitteena on testata toiminnanohjausjärjestelmän kautta toteutettavaa hienokuormittamista tulevaisuudessa ainakin yhdellä tuotantolinjalla. Testattava linja tulee todennäköisesti olemaan 1508-linja, koska kyseisellä linjalla työstetään lämmitettäviä tuulilaseja ja ne ovat yrityksen toiseksi määräävin pullonkaula ja niiden ohjaamisesta saataisiin suurin hyöty.

## LÄHTEET

Chapman, S.; Arnold, T.; Gatewood, A. & Clive, L. 2017. Introduction to materials management. 8. painos. Pearson Education Limited. Viitattu 8.6.2020 [https://turkuamk.finna.fi/Record/turkuamk\\_electronic.995072987205970](https://turkuamk.finna.fi/Record/turkuamk_electronic.995072987205970).

Finder, Pilkington Automotive Finland Oy. Viitattu 27.4.2020 <https://www.finder.fi/Lasituotteet/Pilkington+Automotive+Finland+Oy/Tampere/yhteystiedot/101855>

Glass 2017. Windshield safety: How safe is my windshield? Viitattu 26.10.2020 <https://info.glass.com/how-safe-is-my-windshield/>.

Hopia, T. 2015. Tuotantolinjan kehitys- ja tutkimustyö Pilkington Automotive Finland Oy:lle. NSG/Pilkington Automotive Finland Oy. Tuotantotalouden koulutusohjelma. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. Viitattu 24.10.2020 <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/103170/2015%20Tuotantolinjan%20tutkimus%20ja%20kehitystyö%20Pilkington%20Automotive%20Finland%20Oyille%20tommi%20hopia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Logistiikan maailma 2020a. JIT just in time ja imuohjaus. Viitattu 5.4.2020 <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>.

Logistiikan maailma 2020b. Lean-ajattelu. Viitattu 7.10.2020 <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajattelu/>.

Logistiikan maailma 2020c. Tilauksesta kokoonpano (ATO). Viitattu 8.6.2020 <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-kokoonpano-ato/>.

Logistiikan maailma 2020d. Tilauksesta suunnittelu (ETO). Viitattu 8.6.2020 <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-suunnittelu-eto/>.

Logistiikan maailma 2020e. Tilauksesta valmistus (MTO). Viitattu 8.6.2020 <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-valmistus-mto/>.

Logistiikan maailma 2020f. Toiminnanohjausjärjestelmä. Viitattu 29.3.2020 <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/toiminnanohjausjarjestelma/>.

Logistiikan maailma 2020g. Tuotannosuunnittelu ja ohjaus. Viitattu 29.3.2020 <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotannosuunnittelu-ja-ohjaus/>.

Logistiikan maailma 2020h. Tuotantotyytit. Viitattu 30.11.2020 <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotantotyytit/>.

Logistiikan maailma 2020i. Varastonohjaus. Viitattu 26.10.2020  
<https://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastonohjaus/>.

Logistiikan maailma 2020j. Varasto ohjautuva tuotanto (MTS). Viitattu 8.6.2020  
<http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/varasto-ohjautuva-tuotanto-mts/>.

Mainland. PVB and windshield manufacturing. Viitattu 24.10.2020  
<http://mainland.cctt.org/istf2007/manufacturing.asp>.

Martinsuo, M.; Mäkinen, S.; Suomala, P.; Lyly-Yrjänäinen, J.; 2016; Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa, 1. painos, Edita Publishing Oy

Pilkington 2020a. Pilkington Suomessa. Viitattu 21.10.2020  
<https://www.pilkington.com/fi-fi/fi/tietoa-yhtiosta/pilkington-suomessa>.

Pilkington 2020b. Mitä lasi on. Viitattu 29.3.2020 <https://www.pilkington.com/fi-fi/fi/tietoa-yhtiosta/mita-lasi-on>.

Pilkington 2020c. Pilkington Automotive Finland Oy 70 vuotta. Viitattu 5.4.2020  
<https://www.pilkington.com/fi-fi/fi/news-insights/latest/pilkington-automotive-finland-oy-70-vuotta>.

Pilkington 2020d. Tietoa yhtiöstä. Viitattu 5.4.2020 <https://www.pilkington.com/fi-fi/fi/tietoa-yhtiosta>.

SAP 2020a. SAP what is ERP. Viitattu 29.3.2020  
<https://www.sap.com/finland/products/what-is-erp.html>.

SAP 2020b. SAP History. Viitattu 29.3.2020  
<https://www.sap.com/corporate/en/company/history.html>.

Slack, N.; Brandon-Jones, A.; Johnston, R.; 2016, Operations Management, eighth edition, United Kingdom: Pearson Education Limited

Suomen lasimuseo 2020. Lasitekniikan sanasto luetteloinnin avuksi. Viitattu 24.10.2020 <https://www.suomenlasimuseo.fi/glass-links-1>.

Tekijälehti. Reportaasi: Laitilan Pilkingtonilla tuulilasien valmistus on puhdasta käsityötä. Viitattu 5.4.2020 <https://tekijalehti.fi/2019/01/17/reportaasi-laitilan-pilkingtonilla-tuulilasien-valmistus-on-puhdasta-kasityota/>.

## Liitteet

Liite 1. Esimerkki kellotustuloksista

HEU009SHOEG (lämmitettävä – ei primeroitava)

1. 8min 56s (tuotevaihto)
2. 5min 33s
3. 5min 54s
4. 5min 37s
5. 5min 29s
6. 6min 36s

ka 380,3s = 6min 21s

MAN075OS10C (siglasol-kaistavahti)

1. 9min 38s
2. 11min 50s
3. 10min 57s

ka 648,3s = 10min 48s

22.10.2020

FAR002SG (kylmä puimuri)

1. 4min 35s
2. 5min 51s
3. 4min 42s

ka 302,7s = 5min 3s