



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Teemu Laine

Tuotantotehokkuuden määrittäminen ja kehittäminen kuumapuristimella

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö
Tuotantotalouden kandidaatintutkielma
Kauppatieteiden kandidaatti

Vaasa 2025

VAASAN YLIOPISTO**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö**

| | | | |
|--------------------------|---|-------------------|----|
| Tekijä: | Teemu Laine | | |
| Tutkielman nimi: | Tuotantotehokkuuden määrittäminen ja kehittäminen kuumapuristimella : mahdollinen tarkentava alaotsikko | | |
| Tutkinto: | Kauppätieteiden maisteri | | |
| Oppiaine: | Tuotantotalous | | |
| Työn ohjaaja: | Etunimi Sukunimi-Ohjaaja | | |
| Valmistumisvuosi: | 2025 | Sivumäärä: | 28 |

TIIVISTELMÄ:

Tässä kandidaatintyössä tutkitaan tuotannonsuunnittelun vaikutusta kohdeyrityksen tuotantotehokkuuteen. Kohdeyrityksenä toimii Porissa toimiva Luvata Pori Oy. Tarkastelun alla on erityisesti Luvata Porin suuren investoinnin, uuden kuumapuristimen, ajojärjestyksen optimoiminen. Kuumapuristinlähtöisiä tuotteita ovat erilaiset kupariputket ja -tangot, joita muokataan jatkoprosessissa asiakastilausta vastaaviksi. Laatu ja toimitusvarmuus ovat toimeksiantajayrityksen tärkeitä tuotannon tunnuslukuja. Tuotannonsuunnittelun merkitys korostuu etenkin toimitusvarmuuden hallinnassa. Työn keskeisenä tavoitteena on parantaa toimeksiantajayrityksen ymmärrystä kuumapuristimen hienosuunnittelusta ja tarkastella sen läpimenoaikoja sekä tuotantotehokkuutta. Työn tarkoituksena on rakentaa toimeksiantajayritykselle kattava kuva puristimen tämänhetkisestä tuotannonsuunnittelun toimivuudesta, jotta toimintaa on tulevaisuudessa mahdollisuus kehittää. Työn teoria rakentuu vahvasti tuotannonsuunnittelun ympärille.

Hakusanat : läpimenoaika, tuotannon suunnittelu, tuotantotehokkuus, asetusaikojen minimointi, puristus tapahtuma, tuotannon hienosuunnittelu

Sisällys

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 5 |
| 1.1 | Tutkimuksen tausta | 5 |
| 1.2 | Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus | 6 |
| 1.3 | Tutkimusmenetelmä | 6 |
| 2 | Yritysesittely | 8 |
| 3 | Prosessikuvaus | 9 |
| 3.1 | Tavaran vastaanotto | 10 |
| 3.2 | Sahaus työohjeiden mukaisesti | 11 |
| 3.3 | Uunitus | 13 |
| 3.4 | Puristustapahtuma | 14 |
| 3.5 | Tuotteen sahaus ja näytteenotto | 16 |
| 3.6 | Tuotannonsuunnittelu puristimella | 18 |
| 4 | Teoreettinen viitekehys | 22 |
| 4.1 | Tuotannonsuunnittelu ja tuotannonohjaus | 22 |
| 4.2 | Tuotantostrategia | 22 |
| 4.3 | Toimitusvarmuus | 22 |
| 4.4 | Tuotannon läpimenoaika ja sen arviointi | 23 |
| 4.5 | Asetusaika | 23 |
| 4.5.1 | Sisäinen ja ulkoinen asetusaika | 24 |
| 5 | Tutkimuksen toteutus ja tulokset | 25 |
| 6 | Yhteenvedo | 27 |
| | Lähteet | 28 |

Kuvat

| | |
|--|----|
| Kuva 1. Yleiskuva kuumapuristimesta | 10 |
| Kuva 2. Tavarankäsitteiden eli valupölyjen vastaanotto | 11 |
| Kuva 3. Pölysaaha | 12 |
| Kuva 4. Kaasu-uuni vasemmalla ja induktiouuni oikealla | 14 |
| Kuva 5. Kuumapuristin | 16 |
| Kuva 6. Tuotesaaha | 17 |
| Kuva 7. Tuoteteline | 18 |
| Kuva 8. Lean-tuotannonohjausjärjestelmä | 19 |
| Kuva 9. Kuumapuristimen viikkototeuma | 21 |
| Kuva 10. Tavoiteltava kuvaus kuukausikuormituksesta | 26 |

1 JOHDANTO

Tämä kandidaatintyö käsittelee kuumapuristimen optimaalisen ajojärjestyksen löytämistä parhaan mahdollisen tuotantotehokkuuden takaamiseksi. Tarkoituksena on löytää lainalaisuudet puristimen lyhyen aikajänteen tuotannosuunnittelussa. Asetusaikojen minimointi ja mahdollisimman laaja automaattiajon hyödyntäminen ovat ensisijaisia tavoitteita ajojärjestyksen suunnittelussa.

Kuumapuristin on ensimmäinen vaihe monen tuotteen valmistuksessa ja siksi sen yksityiskohtainen suunnittelu on tärkeää. Toimitusvarmuus on Luvatan yksi keskeisimpiä tuotannonmittareita. Tavoitteisiin pääsy vaatii onnistunutta tuotannosuunnittelua ja siksi lähtökoneen ajojärjestyksen tulee olla tarkasti optimoitu. Tällä työllä pyritään tuottamaan Luvatalle sitä arvokasta tietoa puristimen suunnittelusta ja optimoinnista, joka vuosien ja vuosikymmenten aikana opittiin vanhasta, 60-luvulla rakennetusta, puristimesta.

Työ koostuu teoreettisesta viitekehyksestä sekä soveltavasta empiriaosuudesta. Ne yhdessä muodostavat ehjän kokonaisuuden ja kattavan katselmuksen puristimen tuotannosuunnitteluun ja sen optimoimiseen. Työtä on tehty tiiviissä yhteistyössä puristimen ympärillä toimivien henkilöiden kanssa, kuten lähiesihenkilöiden ja operaattoreiden kanssa. Itse puristimien tuotannosuunnittelijana minulla on henkilökohtaista vertailukohtaa vanhaan puristimeen ja siellä noudatettaviin lainalaisuuksiin.

1.1 Tutkimuksen tausta

Uusi kuumapuristin on Luvata Porin suurin investointi vuosikymmeniin ja sen ympäriltä aihetta oli mieluisa lähteä hahmottamaan. Toimin tällä hetkellä supply chain specialistina kyseisessä yrityksessä ja päätehtäviini kuuluu, sekä vanhan puristimen ja uuden puristimen suunnittelu kokonaisuudessaan. Uusi ja vanha puristin ovat edelleen

yhtäaikaisessa ajossa, mutta lähitulevaisuudessa uusi puristin korvaa täysin vanhan. Valtaosa tuoterepertuaarista on jo saatu onnistuneesti siirrettyä uudelle puristimelle.

Vanhasta puristimesta ja sen tunnusluvuista, sekä suunnittelusta on dataa ja kokemusta jo vuosikymmenten takaa, mutta nyt olemme uuden tilanteen edessä ja uudet lainalaisuudet on opeteltava. Tästä kumpusi idea lähteä selvittämään uuden puristimen läpimenoaikoja ja hienosuunnittelun merkitystä tuotantotehokkuuteen. Vaikka peruseriaate puristimissa on sama, on vuosikymmenten aikana otettu valtavia harppauksia esimerkiksi automaation kanssa, joka uuden puristimen suunnittelussa ja ajojärjestyksessä tulee erityisesti huomioida.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Tarkastellaan tuotannon kuukausitavoitteita ja pyritään löytämään puristimen suunnittelua koskevat rajaehdot. Yksinkertaisimmillaan työ pyrkii selvittämään mahdollisimman optimaalisen ajojärjestyksen puristimelle, kaikki rajaehdot huomioon ottaen. Työ tiivistyy lopuksi parhaaksi ja tehokkaimmaksi todettuun puristimen ajojärjestykseen. Työ rajattiin ainoastaan tuotannosuunnitteluun ja sen keskeisiin osaluokiin. Erityishuomio kiinnitettiin etenkin tuotannon läpimenoaikaan ja sen lyhentämiseen.

1.3 Tutkimusmenetelmä

Työ koostuu teoreettisesta viitekehuksesta ja soveltavasta empiriaosuudesta, jotka yhdessä muodostavat kattavan ja yksinkertaisen katsauksen toimeksiantajan asettamaan tutkimuskysymykseen. Kirjallisuuskatsauksessa perehdytään tuotannosuunnittelun keskeisiin ja vallitseviin käsitteisiin. Lähteinä on käytetty tunnettua tuotannosuunnittelua koskevaa kirjallisuutta.

Empiirisessä osuudessa esitellään kohdeyritys ja tarkemmin tutkielman kohteena oleva kuumapuristin. Osiossa yhdistyy työn kirjoittajan omakohtainen kokemus Luvatan puristimien suunnittelusta reilun kahden vuoden ajalta, sekä operaattorien korvaamaton kokemus ja ammattitaito. Operaattorien tietoja koneen asetusajoista ja mekaanisesta kyvykkyydestä on hyödynnetty työtä tehdessä.

2 Yritysesittely

Luvata Pori Oy sijaitsee Suomen länsirannikolla. Se on Porin alueen suurimpia teollisuustyönantajia, joka työllistää noin 350 henkilöä. Yli 90 % 40 000 tonnin tuotannosta menee vientiin. Luvata Pori valmistaa laajasti erilaisia kuparivalmisteita monille eri teollisuudenaloille maailmanlaajuisesti. Yritys aloitti toimintansa vuonna 1939. Luvata on Mitsubishi Materials Corporationin konserniyhtiö. (Luvata Pori Oy, 2024.)

Luvatan vahvuudet perustuvat innovatiivisuuteen, haluun ratkaista ongelmia, sekä kykyyn luoda lisäarvoa asiakkaille. Luvata Porin monipuolinen tietämys metalleista, metalliseoksista, pinnoitteista, tuotantoprosesseista ja Lean-periaatteista antavat heille mahdollisuuden toimittaa asiakkaalle juuri oikeanlaisen räätälöidyn ratkaisun. Laajalajaisena yrityksenä Luvatalla on täysi kontrolli tuotteidensa laadusta ja tuotantoprosessin tuottavuudesta koko valmistusprosessin ajan, mikä mahdollistaa markkinoiden korkealaatuisimpien tuotteiden valmistamisen. (Luvata Pori Oy, 2024.)

Luvatan laajaan osaamisvalikoimaan kuuluu mm. jatkuvavalu, jatkuvapuristus sekä kuumapuristus. Jatkomuokkausmahdollisuuksina ovat mm. erilaiset veto-, hehkutus- ja koneistusohjelmat. (Luvata Pori Oy, 2024.) Tässä työssä keskitymme erityisesti Luvatan uuden investoinnin, eli uuden kuumapuristimen tuotteisiin ja sen tuotannonsuunnitteluun.

3 Prosessikuvaus

Kuumapuristin toimii lähtökoneena monelle Luvatalla valmistettavalle tuotteelle. Kuumapuristimella puristetaan tankoja ja putkia, joiden pääasialliset mitta-alueet ovat 40–260 mm. Lisäksi puristamme erilaisia profiileja asiakkaiden toiveiden mukaan. Kapasiteettia on myös varattu kieppipuristuksille, jotka menevät pääasiassa sisartehtaillemme.

Puristimen tuoterepertuaari on siis melko laaja ja osaamista on oltava paljon. Laajan tuoterepertuaarin takia erilaisia asetuksia ja ajoparametreja on lukemattomia määriä. Jotta kokonaisuudesta tulee toimiva ja tehokas, on tuotannonsuunnittelun oltava tarkkaa. Tämän työn tarkoituksena onkin rakentaa käsitys toimivasta tuotannonsuunnittelusta uuden kuumapuristimen ympärillä.

Luvata valmistaa valtaosan tuotteistaan alusta loppuun asti, eli prosessivaiheita jatketaan usein kuumapuristimen jälkeen muissa Luvatan rakennuksissa. Jatkoprosessointi vaiheita ovat esimerkiksi erilaiset veto- ja hehkutusohjelmat. Kuumapuristin soittaa ensitahdit tässä orkesterissa ja siksi sen aikataulutus on kriittistä, saavuttaaksemme tavoitellun toimitusvarmuuden.



Kuva 1. Yleiskuva kuumapuristimesta

3.1 Tavarin vastaanotto

Kuumapuristin kuluttaa ravinnokseen Luvatan omassa valimossa valettuja kuparipötkyjä. Suurin osa tuotannosta ajetaan n. 330 mm halkaisijan pötkykoolla, ja pituudeltaan ne ovat yli neljä metrisiä. Valannetrukki kuljettaa useita tuhansia kiloja painavat valanteet kuumapuristimen vastaanottoradalle.

Valanteiden tilaus trukkikuskilta tulee lähtökohtaisesti tuotannosuunnittelusta. Tavoitteena on viikkotasolla tietää, mitä valanteita kuumapuristin tulee tarvitsemaan, jotta tuotanto ei sen takia pysähtyisi. Olen mukana valimon viikoittaisessa tuotannosuunnittelupalaverissa, joten varmistan myös valanteiden saatavuuden.

Saapuvat valanteet luetaan järjestelmään, jonka jälkeen ne ohjataan pesurin kautta, joko välivarastoon odottamaan kutsua sahalle, tai vaihtoehtoisesti pötky ohjataan suoraan sahalle. Välivarastossa tilaa on noin 100 pitkälle pötkylle, eli saamme sisätiloihin suojaan merkittävän määrän kuparia.



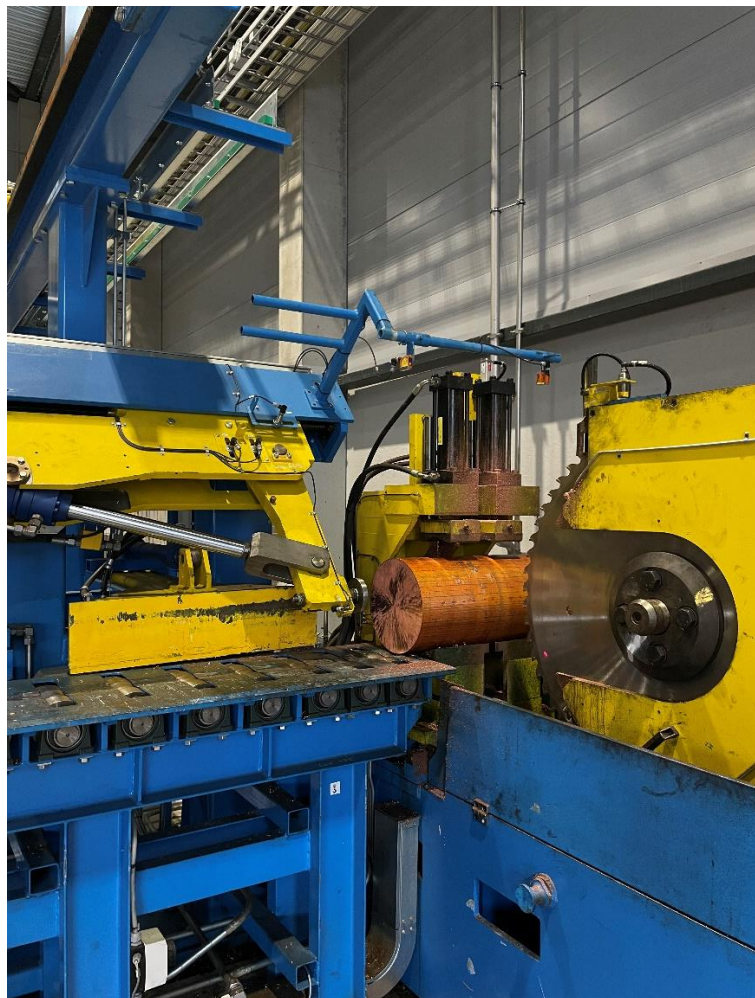
Kuva 2. Tavarankäsitteily eli valupölkkyjen vastaanotto

3.2 Sahaustyöohjeiden mukaisesti

Välivaraston ja pesurin jälkeen pötky saapuu sahalla, jossa se sahataan työohjeiden mukaisesti. Tuotannonsuunnittelussa on laskettu, kuinka monta kerrannaista kukin asiakastilaus tarvitsee, ja sen mukaan sahaamme pitkistä pölkkyistä kerrannaisia. Puristimella pisin mahdollinen kerrannainen on 870 mm ja sen bruttopaino on 660 kg.

Esimerkiksi 1000 kg tilaukselle tarvitsisimme kaksi kerrannaista. Kerrannaiset ovat jaettuna niin, että sahalle ei synny hukkapätkiä. Valupöllumme ovat 4400 mm ja pisin katkaisu onkin mitoitettu juuri sen mukaan, eli saamme viisi kerrannaista yhdestä pitkästä valupöllistä.

Tuotannosuunnittelijana pyrin käyttämään mahdollisimman paljon samaa kerrannaismittaa, jotta sahaamisesta ei muodostu pullonkaulaa. Aina mitan muuttuessa, joudumme muuttamaan asetuksia ja siirtelemään ylimääräisiä kerrannaisia välivarastoon. Kerrannaismitoissa tulee kuitenkin väistämättä vaihtelua, koska kaikkia tuotteita ei voida ajaa pisimmästä kerrannaisesta. Esimerkiksi kaikki putket ja profiilit joudumme puristamaan huomattavasti lyhyemmästä kerrannaisesta.



Kuva 3. Pöllisaha

3.3 Uunitus

Kun pötky on sahattu tilaukselle, se suuntaa seuraavaksi rullarataa pitkin kaasuuuniin esilämmitykseen. Kaasuuunissa pötky lämmitetään n. 670 asteiseksi. Kaasuuunissa kulkee yhtä aikaa kymmeniä pötkyjä ja sen toiminta perustuu siihen, että kun perästä syötetään uusi kerrannainen sisään, niin alkupäästä ensimmäinen poistuu.

Kaasuuunista pötky jatkaa induktiouuniin lopulliseen lämmitykseen, ennen siirtoa puristukseen. Induktiouunin lopullinen lämpötila riippuu pötlyn seoksesta, mutta ohjenuorana voidaan pitää 900 astetta. Uuden puristimen kanssa pöllin lämpötilan hallinta on huomattavasti tarkempaa, kuin vanhalla puristimella. Jos pöllä lämmitetään liikaa, riskinä on pöllin sulaminen uuniin. Se tietenkin tarkoittaa tuotantokatkoa ja menetettyjä ajotunteja. Tämän ongelman olemme onnistuneet poistamaan kokonaan uudella puristimella.



Kuva 4. Kaasu-uuni vasemmalla ja induktiouuni oikealla

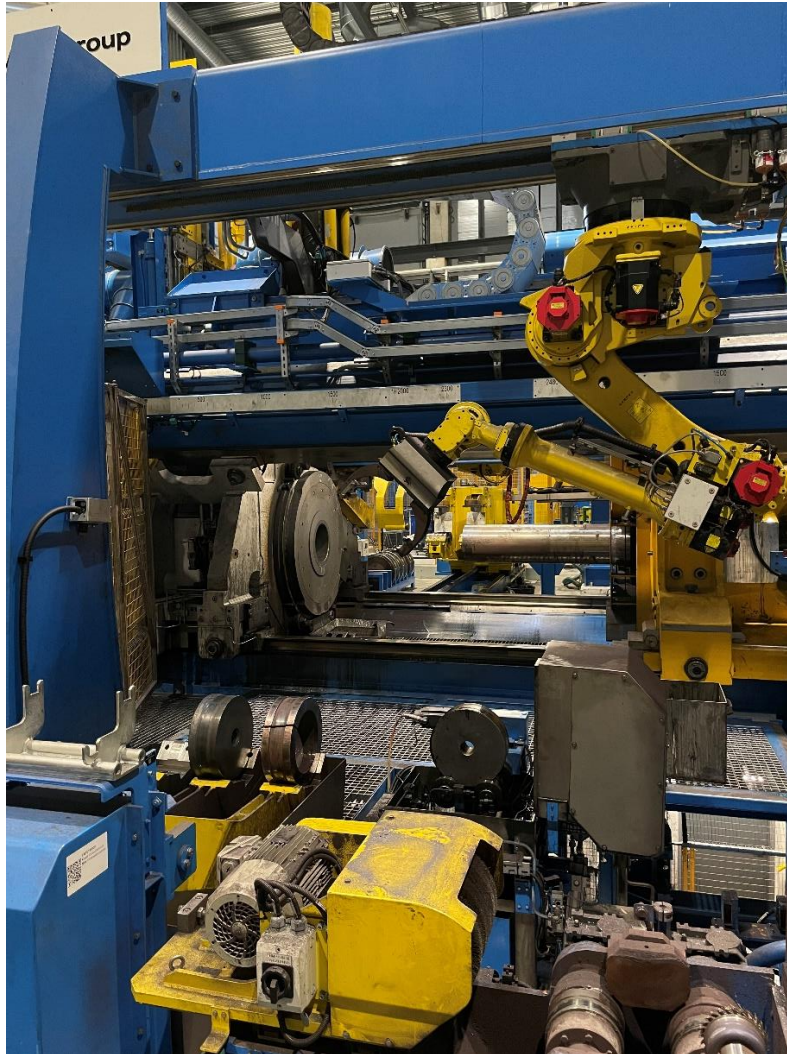
3.4 Puristustapahtuma

Kun uuni on lämmittänyt pötkyn haluttuun lämpötilaan, operaattori tilaa sen puristukseen. Robotti kuljettaa pötkyn padan suulle. Tätä tapahtumaa ennen on huolehdittu, että työkalupaketti on kasattu oikein, jotta saadaan haluttu tuote. Työkalupaketti määrittää puristettavan tuotteen muodon, onko se esimerkiksi tankoa, putkea tai jotakin profiilia.

Tähän työvaiheeseen kuuluu paljon työkalunvaihtoa ja niiden minimoimiseen pyrimme tehokkaalla tuotannosuunnittelulla ja ajojärjestyksen optimoimisella. Syitä tiheään työkaluvaihteluun on monia ja suurimmat niistä ovat tilausohjautuva tuotanto sekä usein melko pienet tilausmäärät. Tuotantotehokkuutemme on parhaimmillaan ajaessamme suuria tilauksia samalla työkalupaketilla, minimoiden työkaluvaihdot. Ajoittain näyttäytyvät pienet tilauskoot pohjautuvat Luvatan vilpittömään haluun palvella asiakkaitaan ja uskomme näin toimimalla saavuttavamme kilpailuetua muihin toimijoihin. Kun, puhun pienestä tilauksesta, puhutaan alle 2500 kg tilauksesta.

Puristustapahtumassa kuuma, noin 900 asteinen, pötky puristetaan työkalupaketin läpi sen jälkeen odottavaan 50 metriä pitkään jäähdytysaltaaseen. Valtaosa tuotteistamme puristetaan suorana jäähdytysaltaaseen, josta se nostetaan askelpalkille odottamaan sahausta. Tuotteen halkaisijan mennessä tarpeeksi pieneksi, voimme puristaa tuotteen myös kiepille. Tuote kulkee jäähdytysaltaan läpi sen lopussa olevalle kiepittimelle, joka tekee tuotteesta kauniin kiepin.

Jokaisen puristustapahtuman jälkeen pata putsataan puhdistuskiekolla, jotta seuraava puristus saa parhaat mahdolliset edellytykset onnistua. Työkaluhygieniä on ollut jatkuvan parantamisen listalla organisaatiossamme viimeisen vuoden aikana ja sen saralla olemme saavuttaneet hyviä harppauksia. Työkaluhygienian on oltava ensiluokkaista, jotta laadukkaiden lopputuotteiden valmistus on mahdollista.



Kuva 5. Kuumapuristin

3.5 Tuotteen sahaus ja näytteenotto

Askelpalkilta tuotteet jatkavat matkaansa kohti sahausta ja näytteenottoa. Sahausohjeet on määritelty työohjeissa. Sahauskerrannaiset ja sahauspituudet vaihtelevat täysin asiakkaan toiveiden mukaan. Suuremman halkaisijan tuotteissa ei sahausta välttämättä tarvita lainkaan ja pienemmät voidaan sahata jopa neljään osaan. Kuten mainittua, niin

tuotteet lähtevät Luvata Porin muihin rakennuksiin jatkoprosessoitavaksi, jossa tehdään lopulliset toimet asiakastoiveiden täyttämiseksi.

Näytteenotto on Luvatalla tarkoin ohjeistettua, jotta laadunvalvonta pysyy korkealla koko tuotantoprosessin läpi. Meillä on mahdollisuus näytteenottoon heti puristimella tai vasta myöhemmissä tuotantovaiheissa. Vuorossa oleva sahuri sahaa työohjeiden mukaan puristeen sille määrättyyn mittaan ja ottaa sille määritetyt näytteet.



Kuva 6. Tuotesaha

Sahauksen jälkeen tuotteet merkitään mustesuihkulla jäljitettävyyden vuoksi, jonka jälkeen ne jatkavat rullarataa pitkin tuotetelineeseen. Tuotetelineestä taakat nostetaan nostoliinoilla odottamaan seuraavia prosessivaiheita.



Kuva 7. Tuoteteline

3.6 Tuotannosuunnittelu puristimella

Kuumapuristimen tuotannosuunnittelu tapahtuu Luvatalle räätälöidyn tuotannonohjausjärjestelmän avulla. Leaniksi kutsuttavasta

tuotannonohjausjärjestelmästä löytyy kaikki Luvatan tilauspositiot. Pääsin tutustumaan Leanin käyttöön jo suunnitellessani vanhaa puristinta. Pääasiallinen ja päivätasoinen tuotannonsuunnittelu tapahtuu Leanin 480-näytöllä. Tuotannonsuunnittelunäytöllä valitaan ensiksi resurssiksi haluttu kone, jonka takaa paljastuu kaikki resurssin työt.

LEAN - LÜPO - Tuotannonsuunnittelu [480] - Lean System

Lomake Muokkaa Työkalut Järjestys Näytä Rivi Ikkuna Ohje

Hae Tallenna Työkalut Luo pata Päivitä pata Vaihda pata

Resurssi 0010 AURA PURISTIN

Näytä: Kaikki, Patak.: 476

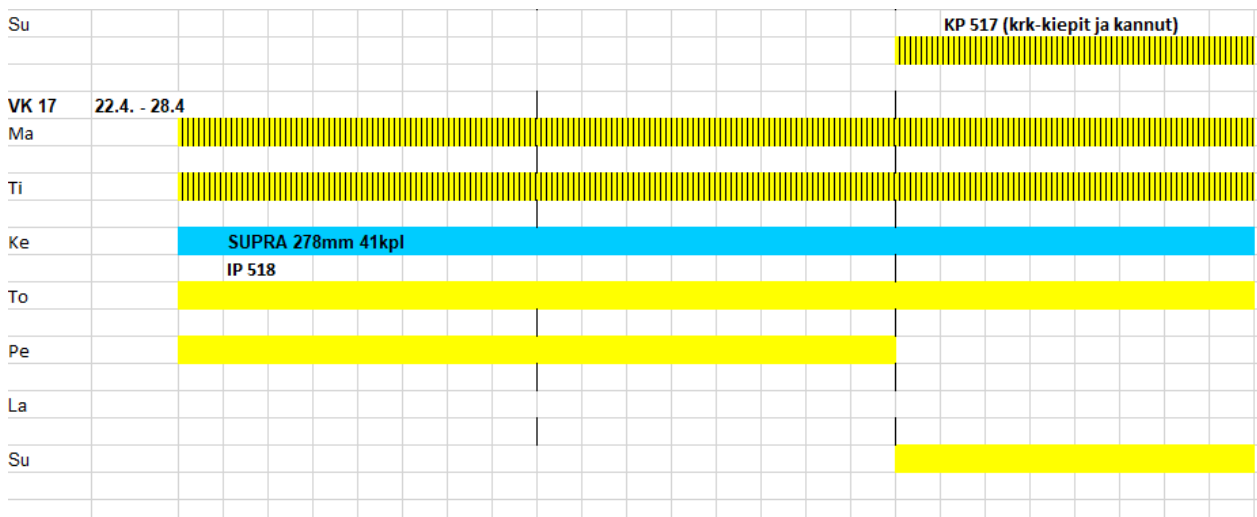
| Patak. | Ajonum. | Asiakkaan nimi | Työn tunnus | Kerr.pit. mm | Seos | Info 1 | Määrä | Purtpata | Pinnan sorva | Nim.tunnus |
|--------|---------|-----------------------------|-------------|--------------|--------|------------------|-------|----------|--------------|------------|
| 476 | 10 | PROSPER WELL HOLDINGS LIMIT | W000031470 | 620 | OFE-OK | D 161 +/-1 Pur | 17 | S | | 176727969 |
| 476 | 20 | PROSPER WELL HOLDINGS LIMIT | W000031398 | 872 | OFE-OK | D 166 +3 Purist | 3 | S | | 176727970 |
| 476 | 30 | PROSPER WELL HOLDINGS LIMIT | W000031409 | 872 | OFE-OK | D 166 +3 Purist | 6 | S | | 176727970 |
| 476 | 40 | PROSPER WELL HOLDINGS LIMIT | W000031306 | 872 | OFE-OK | D 150 Puristussi | 10 | S | | 176704130 |
| 476 | 50 | SIEMENS AG | W000027899 | 872 | OFE-OK | D 140+1 P.SUH | 22 | S | S | 176726284 |
| 476 | 60 | ALUMINA SYSTEMS S.R.O. | W000028179 | 620 | OF-OK | D 136 +1mm P. | 16 | S | S | 176724594 |
| 476 | 70 | ALUMINA SYSTEMS S.R.O. | W000030939 | 872 | OF-OK | D 112 +3 PURIS | 9 | S | S | 176724592 |
| 476 | 80 | SIEMENS HEALTHINEERS AG | W000029986 | 872 | OFE-OK | D 125 PURISTU | 6 | S | S | 176701862 |
| 476 | 90 | PROSPER WELL HOLDINGS LIMIT | W000031396 | 872 | OFE-OK | D 113 Puristusu | 10 | S | S | 175618554 |
| 476 | 100 | PROSPER WELL HOLDINGS LIMIT | W000031374 | 872 | OFE-OK | D 123+ 1 PURIS | 3 | S | S | 176724012 |
| 476 | 110 | KUGLER GMBH | W000030158 | 725 | OFE-L | D123 PUR.SUHC | 1 | S | S | 175618562 |
| 476 | 120 | RAFAEL LTD | W000031118 | 725 | OFE-OK | D 113 +1 Purist | 3 | S | S | 176724308 |
| 476 | 130 | ALUMINA SYSTEMS GMBH | W000031045 | 725 | OF-OK | D 104 +2 P.su | 9 | S | S | 176725727 |
| 476 | 140 | ALUMINA SYSTEMS S.R.O. | W000030938 | 725 | OF-OK | D 104 +2 P.su | 8 | S | S | 176725727 |
| 476 | 160 | ALUMINA SYSTEMS S.R.O. | W000030937 | 872 | OF-OK | D 103 +3 PURIS | 5 | S | S | 176725113 |
| 476 | 170 | ALUMINA SYSTEMS GMBH | W000031044 | 872 | OF-OK | D 103 +3 PURIS | 7 | S | S | 176725113 |
| 476 | 180 | PILANI ELECTRON TUBES&DEVI | W000031125 | 480 | OFE-OK | 126/ 100 s=13 | 3 | S | | 176727950 |
| 476 | 190 | | W000030811 | 432 | OF-OK | NO 4695 P.Suh | 14 | S | | 176725986 |
| 476 | 200 | LEMONT AB | W000029991 | 872 | OF-OK | D 96 +1mm PUI | 2 | S | | 175698230 |
| 476 | 210 | LEMONT AB | W000029992 | 872 | OF-OK | D 96 +1mm PUI | 2 | S | | 175698230 |
| 476 | 220 | PILANI ELECTRON TUBES&DEVI | W000031126 | 872 | OFE-OK | D 93 +1mm P.S | 1 | S | S | 176727954 |
| 476 | 230 | ALUMINA SYSTEMS S.R.O. | W000030936 | 872 | OF-OK | D 90 +1 PURIS | 4 | S | S | 176724593 |
| 476 | 240 | SIEMENS AG | W000027898 | 872 | OFE-OK | D88 +3 P.Suhd | 30 | S | S | 176726283 |
| 476 | 250 | COPPER AND BRASS SALES | W000030983 | 872 | OFE-OK | D 84 +3 PUR.SU | 3 | S | | 175609958 |
| 476 | 260 | PILANI ELECTRON TUBES&DEVI | W000031135 | 872 | OFE-OK | D 77 +1 mm P. | 1 | S | S | 176727953 |
| 476 | 270 | ALUMINA SYSTEMS S.R.O. | W000029083 | 872 | OF-OK | D 76 +1 PURIS | 4 | S | S | 176724717 |
| 476 | 280 | ALUMECO A/S | W000031362 | 872 | OF-OK | D75+3 PUR.SUH | 3 | S | | 175607648 |
| 476 | 290 | LUVATA OHIO, INC. | W000030527 | 872 | OFE-OK | D74 +1 P.Suhd | 5 | S | S | 176725064 |
| 476 | 300 | RAFAEL LTD | W000030871 | 872 | OFE-OK | D 70 +2mm P.S | 28 | S | S | 176701662 |
| 476 | 310 | ALUMINA SYSTEMS S.R.O. | W000030935 | 872 | OF-OK | D 67 +1mm P.S | 3 | S | S | 176724716 |
| 476 | 320 | COPPER AND BRASS SALES | W000030982 | 872 | OFE-OK | D 67+2mm PUR | 3 | S | S | 175607525 |
| 476 | 330 | LUVATA OHIO, INC. | W000031235 | 872 | OFE-OK | D 67 +1 P.SUH | 7 | S | S | 176725245 |
| 476 | 340 | LUVATA OHIO, INC. | W000030528 | 872 | OFE-OK | D 67 +1 P.SUH | 6 | S | S | 176725245 |
| 476 | 350 | ALUMECO A/S | W000031366 | 872 | OF-OK | 64+2 PUR.SUH | 2 | Suora | Sorv | 175609909 |
| 476 | 360 | COPPER AND BRASS SALES | W000030981 | 872 | OFE-OK | D62+2 PUR.SUH | 5 | S | S | 175617949 |
| 476 | 370 | COPPER AND BRASS SALES | W000029517 | 872 | OFE-OK | D 62 +1 P.SUH | 2 | S | S | 176726101 |
| 476 | 380 | ACTOM MV SWITCHGEAR | W000029429 | 872 | OFE-OK | D 62 +2 mm P. | 11 | S | S | 176724442 |
| 476 | 390 | COPPER AND BRASS SALES | W000029516 | 872 | OFE-OK | D 58 +1 P.SUH | 2 | S | S | 176726100 |
| 476 | 400 | ALUMECO A/S | W000031369 | 620 | OF-OK | D 48 +2/-0 PUR | 5 | S | | 176609057 |

Kuva 8. Lean-tuotannonohjausjärjestelmä

Yllä oleva kuva havainnollistaa tuotannonsuunnittelunäyttöä. Yksinkertaisuudessaan yksi rivi on aina yksi tilauspositio. Riviltä löytyy kaikki tarpeellinen tieto suunnittelun kannalta, eli yksilöity työnnumero, tilauksen koko ja tuotteen mitat.

Puristimella on erikokoisia patoja, jonka läpi tuotteita kuumapuristetaan. Patojen halkaisijat ovat 216 mm, 278 mm ja 336 mm, joista 336 mm käytetään huomattavasti eniten. 278 mm padalla puristamme kieppituotteita pääasiassa muille Luvatan tehtaille ympäri maailman. Kieppien halkaisijat puristimelta lähtiessään jatkomuokkaukseen ovat 25,4 mm tai 27,3 mm. 336 mm pata eli ns. "isopata" on käytetyin patakoko, jonka läpi puristetaan valtaosa tangoista ja putkista. Puristinta suunnitellaan patakierroksittain eli luodaan yllä näkyvälle tuotannosuunnittelunäytölle uusi patakierros. Patakierrosta luodessa valitaan haluttu patakoko ja järjestelmä poimii sen perusteella töitä patakierrokseen tulevia toimitusaikoja peilaten. Vanhalla puristimella suurin patakoko oli 278 mm pata eli uudella koneella tuotantotehokkuus on noussut suurempien patakokojen myötä.

Puristimen tavoiteltava viikoittainen ajosykli koostuu kahdesta suurimmasta padasta. Näillä kahdella padalla saamme viikoittain liikkeelle tarvittavan määrän tuotteita pitääksemme toimitusvarmuuden halutulla tasolla. Tämän kierron toteutuessa kuumapuristimen ympärillä työskentelevän henkilöstön tekeminen selkeytyy ja toimintatavat vakioituvat. Kuumapuristimen työkaluja mm. patoja ja matriiseja tulee esilämmittää uunissa monia tunteja ennen puristamisten aloittamista. Tarkka viikkosykli edesauttaa työkalumiehistön valmistautumista ja parantaa puristimen yleistä valmiutta aloittaa puristukset ajallaan. Aina haluttuun viikkokiertoon ei päästä, ja silloin ensiarvoisen tärkeää on pitää kaikki ajan tasalla, jotta ylimääräisiltä viivästyksiltä vältytään.



Kuva 9. Kuumapuristimen viikkototeuma

Jo aiemmin on todettu asetusajojen minimoinnin olevan uuden puristimen yksi keskeisimmistä tavoitteista. Asetusaikaa kuumapuristimella syntyy merkittävä määrä, mutta tehokkaalla suunnittelulla se voidaan minimoida. Kuten aiemmin todettiin, tilauspositiot ovat puristimella pääsääntöisesti melko pieniä. Tuotteesta riippuen yhdestä puristeesta voidaan saada valmistuotetta jopa yli 500 kg. Kun tähän suhteutetaan se, että keskimääräinen tilaus on 500–2500 kg, niin ymmärretään, että asetusajoja syntyy. Kuumapuristimen sykli aika on noin 6 minuuttia. Tämä tarkoittaa, että keskimäärin kuumapuristimella joudutaan vaihtamaan työkaluasetuksia puolen tunnin välein, joka ei tietenkään ole ideaali tuotantotehokkuuden kannalta. Ajojärjestyksellä on suuri merkitys asetusajojen minimoimiseen ja sen eteen työtä on pyritty tekemään koko laitteen olemassaolon ajan.

4 Teorettinen viitekehys

Työn yleinen viitekehys on toimeksiantajayrityksen tuotanto ja erityisesti Luvatan kuumapuristinlähtöisten tuotteiden valmistus, jota käsitellään tuotannosuunnittelun näkökulmasta.

4.1 Tuotannosuunnittelu ja tuotannonohjaus

Tuotannosuunnittelua ja -ohjausta voidaan pitää yrityksen toimintojen ytimenä, sillä ne vaikuttavat laajasti organisaation eri osa-alueisiin. Yrityksen on varmistettava, että tuotteiden tai palveluiden tuottamiseen tarvittavat resurssit ovat käytettävissä oikeaan aikaan. Tuotannosuunnittelun ja -ohjauksen tehtävänä on hallita kokonaisvaltaisesti prosessitietoa — kuten aikatauluja, työvaiheita ja muita keskeisiä toimintoja — jotka ovat välttämättömiä tuotannon sujuvuuden kannalta. Lisäksi tuotannonohjaus tuottaa johdolle tietoa yrityksen operatiivisesta tilasta. Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus muodostavat oman prosessinsa, jonka tehokkuus toimii mittarina yrityksen kilpailukyvyille. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 562.)

4.2 Tuotantostrategia

Tuotannon päivittäistä toimintaa ja tehtäviä valintoja ohjaa tuotantostrategia. Tuotantostrategia on osa yrityksen liiketoimintastrategiaa. Tuotantostrategian tulisi tukea liiketoimintastrategiaa ja olla sopusoinnussa muiden toiminnallisten strategioiden kuten markkinointistrategian kanssa. (Logistiikan maailma.)

4.3 Toimitusvarmuus

Toimitusvarmuus kuvaa yrityksen kykyä toimittaa sovitut tuotteet tai palvelut asiakkaalle ajallaan. Sillä tarkoitetaan sitä, kuinka hyvin yritys onnistuu pitämään kiinni sovituista toimitusajoista tietyn kauden tai ajanjakson aikana. Toimitusvarmuus mittaa

käytännössä sitä, kuinka usein luvatut tuotteet valmistuvat ja toimitetaan asiakkaalle ajallaan ja sovitussa laajuudessa. Tämä onnistumisaste ilmoitetaan tavallisesti prosenttilukuna, jossa 100 % tarkoittaa täydellistä toimitusvarmuutta – eli kaikki toimitukset on hoidettu sovitusti ilman viivästyksiä tai puutteita. Korkea toimitusvarmuus on keskeinen kilpailutekijä, sillä se vaikuttaa suoraan asiakastytyväisyyteen ja luottamukseen yrityksen toimintaan. (Lehtonen, 2008, s. 56.)

4.4 Tuotannon läpimenoaika ja sen arviointi

Läpäisy aika kuvaa koko toimitusketjun vaatimaa aikaa ja antaa käsityksen prosessin kokonaiskestosta. Läpäisyajalla voidaan viitata joko kokonaisläpäisy aikaan tai valmistuksen läpäisy aikaan. Kokonaisläpäisy aika tarkoittaa aikaa, joka kuluu asiakkaan tilauksesta tuotteen toimittamiseen. Valmistuksen läpäisy aika puolestaan kuvaa ajanjaksoa, joka alkaa varsinaisen tuotantoprosessin käynnistymisestä ja päättyy valmiin tuotteen valmistumiseen. (Haverila ym. 2005.)

Läpäisy aika mitataan yleensä kalenteriaikana, eli se sisältää kaiken toimitusketjun aikana kuluvan ajan, riippumatta siitä, mitä tuotteen käsittelylle konkreettisesti tapahtuu kyseisen ajan kuluessa. Se ei siis suoraan mittaa tuottavuutta tai varsinaista tuotteen valmistukseen käytettyä työaikaa. (Haverila ym. 2005.)

Usein merkittävä osa läpäisy ajasta muodostuu odotusajoista, kuten jonotuksesta tuotantovaiheeseen, siirtymisistä tai resurssien saatavuuden odottelusta. Itse työvaiheet, joissa tuotteelle tehdään konkreettista työtä, muodostavat vain pienen osan koko läpäisy ajasta. (Haverila ym. 2005.)

4.5 Asetusaika

Asetusaika ilmaisee aikaa, joka kuluu tuotantokoneella vaihdattaessa tuote-erästä toiseen. Asetustyö tapahtuu kerran yhtä tuotantoerää kohti. Kappaleen vaihtoja, jotka

tapahtuvat erän valmistuksen aikana, ei lasketa asetusajaksi. Asetusaika sisältää useita työvaiheita. Näihin kuuluvat työkalujen vaihdot, kiinnittimen vaihdot, raaka-aineen vaihdot, NC-ohjelmien vaihdot sekä muut vaadittavat toimenpiteet, jotta tuotantoerä saadaan vaihdettua ajettavaksi tuotantokoneella. Pitkien asetusajojen vuoksi pienet tuotantoerät eivät ole taloudellisesti kannattavia valmistaa (Haverila 2005, 406.).

4.5.1 Sisäinen ja ulkoinen asetusajaksi

Asetusaika voidaan jakaa kahteen osaan, sisäiseen ja ulkoiseen asetusajaksi. Sisäisellä asetusajalla tarkoitetaan ajanjaksoa, jossa tuotantokone pysäytetään tuotevaihdon ajaksi, jotta tarvittavat toimenpiteet asetustyön suorittamiseksi voidaan suorittaa. Tämä vaihe voi sisältää esimerkiksi työkalujen vaihtamista ja asettelua koneeseen. Myös materiaalin ja kiinnittimien vaihdot ovat työvaiheita, jotka usein sisältyvät sisäiseen asetusajaksi (Shigeo 1985, 33.).

Ulkoisessa asetusajaksi asetustyötä valmistellaan etukäteen tuotantokoneen ollessa vielä käynnissä. Ulkoisessa asetusajaksi esimerkiksi työkalut voidaan käydä noutamassa ja viimeistellä valmiiksi ennen seuraavan tuote-erän aloitusta (Shigeo 1985, 33.).

5 Tutkimuksen toteutus ja tulokset

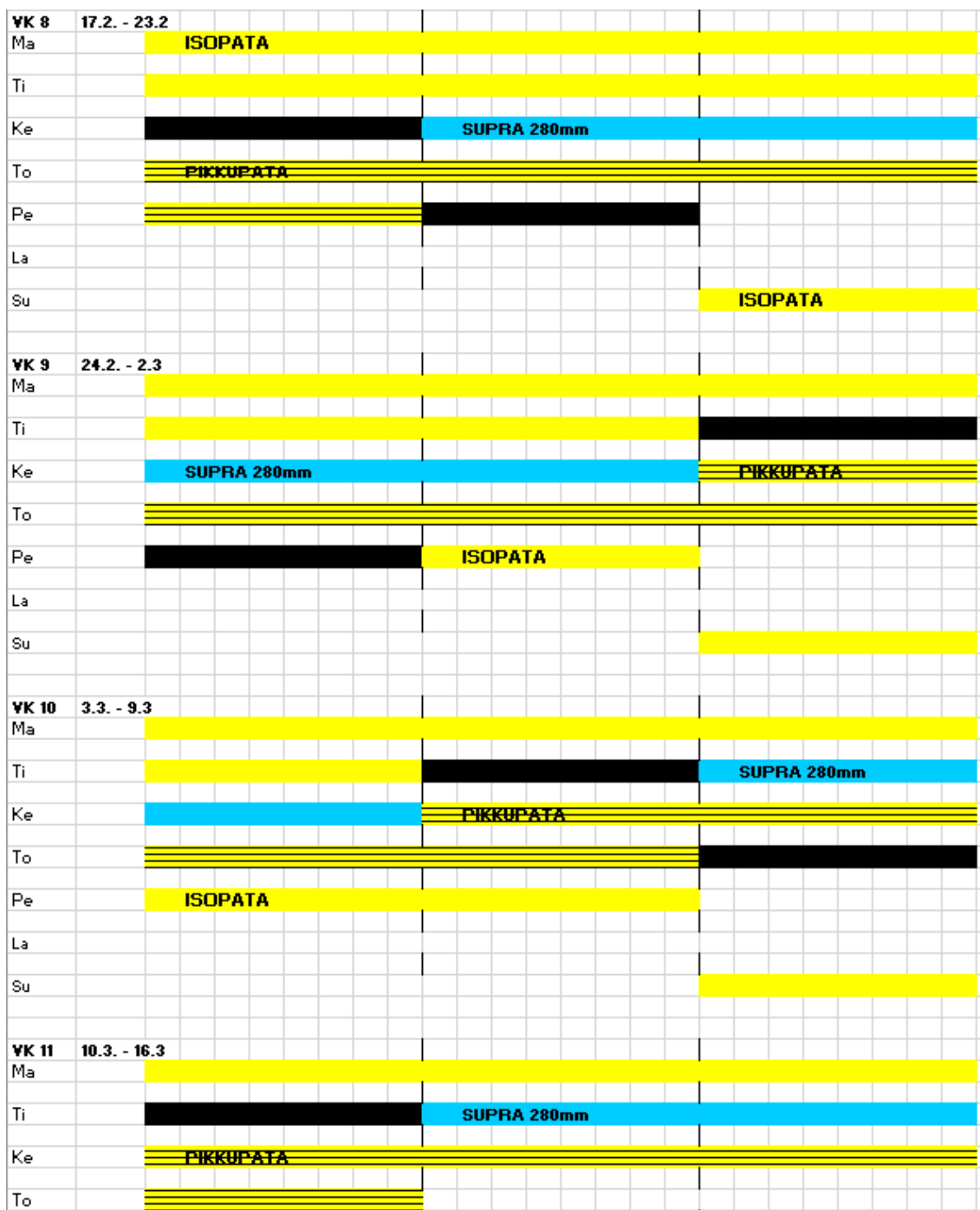
Tässä luvussa tarkastellaan kuinka puristimen kuukausisuunnittelu vaikuttaa tuotantotehokkuuteen ja puristuskappaleiden määrään. Tiedostaen tuotantomäärät kuukausittain, pääsemme vertailemaan erilaisia kuukausikuormituksia. Mahdollisista skenaarioista tulee valita se, joka palvelee parhaiten Luvatan toimitusvarmuutta.

Jo aiemmin todettiin puristimella olevan kolme erikokoista pataa. Isopata ja pikkupata ovat säännöllisessä käytössä. Kolmas pata Ø216 soveltuu tuoterepertuaarimme vaikeimpiin tuotteisiin, eikä sillä ole tarkoitus ajaa säännöllisesti. Padanvaihdosta syntyy merkittävin, noin 8 tunnin, asetus aika. Minimoimalla padanvaihdot voimme olettaa pääsevämme lähimmäs tehokkainta mahdollista tuotantoa. Tietyt rajoitteet ohjaavat kuitenkin suunnittelua. Esimerkiksi skenaario, jossa ajaisimme kuukaudessa aina noin 2 viikkoa samaa pataa ja sitten vaihtaisimme seuraavaan kokoon, ei toimi. Super conductor-tuotteet tulevat Luvatan toiselta osastolta, joka edellyttää viikoittaista puristamista. Myöskään varastotilat eivät mahdollista yhtäjaksoista kieppituotantoa.

Kerrataan patakoot, padalla ajettavat tuotteet, niiden kuukausittainen tarve sekä näiden tuotteiden läpimenoaika puristimella.

| Patakoko | Nimi | Padalla ajettavat tuotteet | Tuotantomäärät (tonnit / puristuskappaleet) |
|-----------|-------------|----------------------------|---|
| Pata Ø336 | "Isopata" | Tanko- ja putkituotteet | n. 350t / 1000kpl |
| | | Isot kannut | 60t / 400kpl |
| Pata Ø278 | "Pikkupata" | ZrK- ja KrK-kiepit | n. 80t / 500 kpl |
| | | Super conductor tuotteet | --- / 160kpl |
| | | Pienet kannut | 20 t / 200kpl |

Isonpadan tanko- ja putkituotantoa tehdään n. 60 puristusta/ 8 h tehokkuudella. Sekä pieniä, että isoja kannuja syntyy n. 100 kpl / 8 h. Super conductor tuotteet lämmitetään erikoisuunissa ja vaatii 6 tunnin lämmitysajan. ZrK- ja Krk-kieppejä valmistuu 8 h vuorossa 50 kpl.



Kuva 10. Tavoiteltava kuvaus kuukausikuormituksesta

Yllä olevasta kuukausikuormituksesta löytyy tehokkain suunnittelumalli Luvatan tämänhetkiseen tuotantotilanteeseen. Materiaalivirta pysyy tasaisena, kun saamme puristettua jokaista tuoteryhmää viikoittain. Kyseisellä mallilla aikaa pitäisi jäädä myös huolto- ja kunnossapidolle.

6 Yhteenveto

Tässä työssä käsiteltiin Luvatan uuden kuumapuristimen optimaalista ajojärjestystä viikko- /kuukausitasolla. Työn tavoitteena oli luoda kattava katsaus toimeksiantaja yritykselle kuumapuristimen suunnittelusta ja käsitellä suunnittelua ohjaavia reunaehtoja.

Alalla vallitsevan tuotannosuunnittelu teoriaosuuden lisäksi käsiteltiin Luvatan omia tavoitteita ja reunaehtoja. Tutkimuksen aikana keskusteltiin aktiivisesti kuumapuristimen operaattoreiden sekä aluevastaavan kanssa. Operaattoreilta saatu palaute ja oppi auttaa tuntemaan puristimen suunnittelua ohjaavat koneen mekaaniset rajat. Toimihenkilöiden kanssa käyty keskustelu pohjautuu Luvatan organisaatiotason tavoitteisiin ja mittareihin. Lisäksi eri toimihenkilöryhmillä kävimme läpi tuotteiden priorisointia ja aikataulutusta jatkomuokkauksissa.

Optimaalisen ajojärjestyksen löytämisessä kirjateorian hyödyntäminen jää osittain toissijaiseksi, Luvatan kuumapuristimen moninaisuuden ja laajan tuoterepertuaarin vuoksi. Toimihenkilöiden ja operaattoreiden vahvan asiantuntemuksen ja kokemuksen myötä sain rajattua tuotantotehokkaimman kuukausimallin kuumapuristimen suunnitteluun. Kyseistä kuukausimallia on nyt noudatettu onnistuneesti kevään ajan.

Lähteet

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy.

Krajewski, L., Ritzman, L. & Malhotra, M. 2013. Operations management: Processes and supply chains. 10. painos. Essex: Pearson Education Limited.

Lehtonen, J.-M. 2008. Tuotantotalous. 3. painos. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Logistiikan maailma. Ei päiväystä. Tuotantostrategia. [Verkkosivu]. Saatavana:

<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/>

Luvata Pori Oy. 2024.

<https://www.luvata.com/locations/pori>

Shingo, S. 1985. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Cambridge: Productivity Press.