

Heikki Stigell

Valmistusjärjestelmän ja varastopaikka- järjestelmän kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

28.11.2012

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Heikki Stigell Valmistusjärjestelmän ja varastopaikkajärjestelmän kehittäminen 39 sivua + 8 liitettä 28.11.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaajat	Toimitusjohtaja Markus Heinälä Lehtori Markku Saarnio
<p>Insinööriyön aiheena oli tuotannon tehostaminen varastopaikkajärjestelmän ja valmistusjärjestelmän kehittämisen avulla. Työn tilaaja oli Mecsalo Oy.</p> <p>Työn tarkoituksena oli suunnitella Mecsalo Oy:lle automaatiolaitteiden kokoonpanotilaan varastopaikkajärjestelmä ja valmistusjärjestelmä. Tavoitteeksi asetettiin lyhentää tavaravirran käsittelyyn kuluva aikaa, parantaa varastosaldojen ajantasaisuutta ja helpottaa inventointia.</p> <p>Aluksi selvitettiin, miten tuotantoa ja tavaravirtaa ohjataan tällä hetkellä ja tutkittiin, millaisia ongelmia siihen liittyy. Tässä vaiheessa tutkittiin myös tuotannonohjauksen eri periaatteita ja niiden soveltumista Mecsalon tuotantoon. Tämän perusteella suunniteltiin uusi valmistusjärjestelmä, joka tukee parhaiten Mecsalon käyttämää tuotannonohjausperiaatetta. Uuden valmistusjärjestelmän pohjalta suunniteltiin varastopaikkajärjestelmä, joka käsittää automaatiolaitteiden kokoonpanon lisäksi muutkin tuotantotilat. Järjestelmän mukaiset varastopaikat ja hyllyosoitteet syötettiin Mecsalon toiminnanohjausjärjestelmään ja rakennettiin tuotantotiloihin. Lopuksi kunkin tuotteen hyllyosoitteet merkittiin fyysisesti tuotantotiloihin.</p> <p>Saavutettuihin tuloksiin oltiin tyytyväisiä. Tavaravirran kulku selkiytyi ja osien keräily helpottui. Varastosaldojen visuaalinen seuranta helpottui ja ajantasaisuus parani. Inventointiin kuluva aika lyheni kolmanneksella.</p>	
Avainsanat	valmistusjärjestelmä, layout, varastopaikkajärjestelmä

Author Title	Heikki Stigell Layout and storage system development
Number of Pages Date	39 pages + 8 appendices 28 November 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Production Technology
Instructors	Markus Heinälä, Managing Director Markku Saarnio, Lecturer
<p>The topic of this Bachelor's thesis is the streamlining of production by creating and implementing a storage system and by developing the layout of the factory. This thesis was commissioned by Mecsalo Oy.</p> <p>The purpose was to design and implement new methods of storing items and to create a new more efficient layout for the factory. Furthermore, the goal was to shorten the time of handling the flow of material, and to help keeping the inventory up to date.</p> <p>The first phase was to examine how the production is organized at the moment and what problems are connected to it. At this stage different principles of production management were examined and evaluated. Consequently, this information was used to design a new layout which best supports the principles of production management in use at Mecsalo. The new layout was used as a basis to create a new storage system. The new system covers all production facilities of the company. Then the storage locations and shelf addresses were entered to the ERP-system. Finally, the shelves were built and every address was marked in the correct location.</p> <p>As a result, the flow of material became more logical. In addition, the collection of material was simplified. The visual tracking of inventory also became easier, and the time it takes to do a full inventory of items was cut by a third.</p>	
Keywords	layout, storage cell system, storage

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tuotannonohjaus	2
2.1	Yleisiä käsitteitä	2
2.2	Tuotantomuodot	2
2.3	Valmistusjärjestelmä	4
2.4	Valmistusjärjestelmien käyttö	6
3	Tuotannonohjausperiaatteita	7
3.1	MRP ja MRP II	7
3.2	Just In Time – JIT	8
3.2.1	JIT:n periaatteet	8
3.2.2	Siirtyminen JIT-tuotantoon	9
3.3	Optimized Production technology – OPT	12
3.4	Lean Manufacturing	14
4	Mecsallo	15
5	Projektin vaiheet	16
6	Raekokoanalysointien kokoonpanotila	17
6.1	Alkutilanne	17
6.2	Ratkaisun kehittäminen	19
6.3	Uusi varastopaikkajärjestelmä	21
6.4	Hyllysoitteet	21
6.5	Merkinnät	22
7	Muut tuotantotilat	22
7.1	Vacuumi-kokoonpano	22
7.2	Hitsaamo	22
7.3	Koneistamo	23
8	Yhteenveto	23
	Lähteet	25

Liitteet

Liite 1. Minkkikatu 1-3 layout, ennen muutoksia

Liite 2. Minkkikatu 1-3 layout, muutosten jälkeen

Liite 3. Minkkikatu 10 layout

Liite 4. Minkkikatu 12 layout

Liite 5. Lavahyllyjen kaavio

Liite 6. Hyllysoitelistan malli

Liite 7. Kuvia hyllyjen merkinnöistä

Liite 8. Tuotantotila OUT, nähtynä keskihyllyn molemmilta puolilta

1 Johdanto

Tämän insinööriyön aiheena oli tuotannon tehostaminen varastopaikkajärjestelmän ja valmistusjärjestelmän kehittämisen avulla. Työn tilaaja oli Mecsalo Oy, joka on 1993 perustettu mekaanisten laitteiden kokoonpanoon sekä, prototyyppi-, piensarja-, ja sopimusvalmistukseen erikoistunut yritys [1]. Yrityksellä on tuotantotiloja kahdessa osoitteessa, joihin jatkossa viitataan katuosoitteen tai lyhenteiden perusteella.

Työn tarkoituksena oli suunnitella Mecsalo Oy:lle Minkkikatu 1-3:n kokoonpanotilaan varastopaikkajärjestelmä ja valmistusjärjestelmä, jotka selkeyttävät ja parantavat tavaravirran kulkua tuotantotiloissa.

Varastopaikkajärjestelmän ja valmistusjärjestelmämuutoksen tarkoitus on mahdollistaa tavaravirran käsittelyyn kuluvan ajan lyhentäminen ja varastosaldojen ajantasaisuuden parantaminen sekä helpottaa inventointia.

2 Tuotannonohjaus

2.1 Yleisiä käsitteitä

Tuotannonohjaus tarkoittaa tuotantojärjestelmän eri osien – esimerkiksi markkinoinnin, myynnin, tuotannon ja logistiikan – toiminnan sovittamista yhteen siten, että tuotantotavoitteet saavutetaan. **Tuotannon ohjattavuus** tarkoittaa tuotantojärjestelmän kykyä saavuttaa sille asetetut tavoitteet. Ohjattavuutta voidaan arvioida sen mukaan, miten tuotantoprosessi ja siihen liittyvät resurssit – ihmiset, laitteet ja rakennukset voidaan sopeuttaa muutoksiin, esimerkiksi uusiin tuotteisiin. (2, s. 23–24)

Ohjattavuuteen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa **ulkoisiin** ja **sisäisiin tekijöihin**. **Ulkoisia tekijöitä** ei juurikaan voida ohjata. Niitä ovat esimerkiksi kausivaihtelut ja asiakkaiden muuttuvat vaatimukset. **Sisäisiä tekijöitä** voidaan ohjata. Niitä ovat muun muassa läpimenoaika, varastojen koko ja tuotevariaatioiden määrä. (2, s. 24)

Ohjausjärjestelmällä taas tarkoitetaan tapaa, jolla tuotannonohjaus on toteutettu.

Tuotannonohjauksen päätekijöitä ovat toimitusaika, toimitusvarmuus, valmistuskustannus, kapasiteetin toiminta-aste ja -suhde sekä sidottu pääoma. (2, s. 24)

2.2 Tuotantomuodot

Tuotantomuodolla tarkoitetaan tuotannon luokitusta sen mukaan, miten tuotanto toteutetaan. Luokittelu voidaan tehdä seuraavin perustein:

- tuotantoaloitteen syntyvän mukaan
- tuotteen mukaan
- tuotantoprosessin jatkuvuuden mukaan

Jako tuotantoaloitteen mukaan

Tuotantoaloite eli impulssi voi tulla asiakastilauksesta, jolloin puhutaan **asiakastuotannosta**. Jos tuotantoaloite on varastosta lähtöisin, kyseessä on **varastotuotanto**. (2, s.28)

Jako tuotteen mukaan

Tuotteen mukaan tuotanto voidaan jakaa vakio- ja tilaustuotantoon. **Vakiotuotannossa** tuote pysyy samana ostajasta riippumatta. **Tilaustuotannossa** valmistetaan tuotteita tilaustenperusteella. (2, s. 29)

Jako tuotantoprosessin jatkuvuuden mukaan

Tuotantoprosessin jatkuvuuden perusteella tuotantomuodot jaotellaan seuraavasti:

- yksittäistuotanto
- sarjatuotanto
- yhtenäistuotanto.

Yksittäistuotannossa tuotteet valmistetaan usein asiakkaan tilauksen perusteella yksi tuote kerrallaan. Suunnittelun osuus on yleensä suuri. Yksittäistuotantoa sovelletaan esimerkiksi telakkateollisuudessa ja Mecsalon vacuumi-kokoonpanossa.

Sarjatuotannossa tuotteita valmistetaan useiden kappaleiden erissä, joita toistetaan tietyin väliajoin. Työn alla voi olla yhtä aikaa useiden tuotteiden valmistuseriä. Mecsalon raekokoanalysointilaitteen kokoonpanossa on kyse sarjatuotannosta.

Yhtenäistuotannossa samaa tai lähes samaa tuotetta valmistetaan pitkähkön ajan tuotannon käynnistämisestä lähtien ja tuotanto kulkee ”virtana”. Yhtenäistuotannon eräs alalaji on prosessituotanto. Prosessituotanto on ”putkessa” kulkevaa tuotantoa, yleensä kemian teollisuutta. Kappalevaratuotannon puolella yleinen esimerkki on liukuhihnatuotanto. (2, s. 30)

2.3 Valmistusjärjestelmä

Osa tuotannonohjausta on tuotannon fyysinen organisointi eli se, miten tuotteiden kulku tehtaan lattialla järjestetään. Koneiden ja laitteiden sekä työnkulun muodostamaa järjestelmää kutsutaan valmistusjärjestelmäksi. Usein käytetään myös englanninkielistä termiä layout. (2, s. 30)

Käytetyimmät valmistusjärjestelmät voidaan luokitella seuraavasti:

- paikallisjärjestelmä
- toiminnallinen eli funktionaalinen järjestelmä
- tuotantolinja
- osaperhevalmistus
- tuotantosolu
- joustava järjestelmä (FMS)

Paikallisjärjestelmässä tuotteen valmistus ja kokoonpano tapahtuu samalla paikalla alusta loppuun. Paikallisjärjestelmässä henkilöstö, koneet ja laitteet vuorottelevat työpaikoilla. Tällöin tuotannonohjauksessa keskitytään töiden keskinäisen vuorottelun ja tasapainotuksen suunnitteluun. (2, s. 31)

Toiminnallisessa eli funktionaalisisessa järjestelmässä samanlaista tai lähes samanlaista työtä tekevät koneet ja laitteet ovat ryhmiteltyinä omiksi ryhmikseen tai osastoikseen. Työ etenee ryhmästä tai osastosta toiseen työvaiheiden mukaisessa järjestyksessä. Toiminnallisessa järjestelmässä henkilöstö on pitkälle erikoistunut, mikä mahdollistaa teknisesti kehittyneen valmistuksen. Ongelmana tässä järjestelmässä voidaan pitää sitä, että valmistettava tuote käy usean esimiehen vastuualueella, jolloin valmistuksen koordinointi saattaa hankaloitua. Myös töiden ja materiaalien pitkät kuljetusmatkat saattavat aiheuttaa järjestelyongelmia. Järjestelmän vahvuutena voidaan nähdä tietty varmuus. Mikäli yksi koneista rikkoutuu, tuotanto ei välttämättä pysähdy. (2, s.31)

Tuotantolinjat on jaoteltu **prosessilinjoihin** ja **kokoonpanolinjoihin**. **Prosessilinjassa** tuotanto on jatkuvaa ja linjat kiinteitä, usein myös pitkälle automatisoituja. Raaka-aineet ovat nesteitä tai rakeisia aineita, jolloin materiaalien suoraviivainen kulku on helppo

järjestää. Prosessilinjoja käytetään muun muassa kemianteollisuudessa. Henkilöstön tehtävät prosessilinjalla ovat lähinnä valvonta- ja kuljetustehtäviä. (2, s. 32)

Kokoonpanolinjassa käsiteltävät materiaalit ovat usein raaka-aineiltaan, muodoiltaan ja ominaisuuksiltaan vaihtelevia yksiköitä, jotka kuitenkin kulkevat suoraviivaisesti työpisteeltä toiselle jatkuvana virtana. Kokoonpanolinjoilla tehdään sekä komponentteja että valmiita tuotteita. Kokoonpanolinjat vaativat tavallisesti paljon työvoimaa tai pitkälle vietyä automaatiota. (2, s. 32)

Osaperhevalmistuksen (voidaan käyttää myös termejä tuotantoryhmä, ryhmäteknologia eli group technology) tavoitteena on ryhmitellä valmistettavat nimikkeet osaperheisiin siten, että yhteen osaperheeseen kuuluvilla nimikkeillä on valmistuksessa paljon yhteisiä piirteitä. Osaperheen sisällä vaihto osasta toiseen käy nopeasti yhteisten piirteiden ansiosta. Osaperhettä varten voidaan perustaa tuotantoryhmä, jossa osien valmistukseen on varattu omat koneet, joita ei käytetä tehtaan muiden tuotteiden valmistuksessa. (2, s. 33)

Tuotantosoluihin perustuva valmistusjärjestelmä on kehittynyt ryhmäteknologiasta. Tuotantosolut ovat itsenäisesti toimivia tuotantoyksiköitä, joita ohjataan kokonaisuutena. Soluille on tyypillistä, että materiaalit ja keskeneräinen työ eivät ole varastoituna solun sisälle vaan puskurivarastot ovat solujen välillä. Solussa on yleensä työpaikkoja enemmän kuin työntekijöitä, ja työntekijät osaavat tehdä useita solun alueella tehtäviä työvaiheita. Työtehtäviä on myös syytä vaihtaa aika ajoin, jotta taidot pysyvät yllä. Kapasiteetin määrää usein ohjaava kone ("pullonkaularesurssi"). Soluissa päästään eroon yksitoikkoisista työvaiheista, joita esiintyy esimerkiksi funktionaalisisessa valmistusjärjestelmässä, ja solut ovat tässä mielessä hyviä työntekijöiden jaksamisen kannalta. Myös tuotannonohjaus yksinkertaistuu, koska ohjaus kohdistuu kokonaiseen ryhmiin yksittäisten työvaiheiden sijaan. (2, s. 34; 3, s. 59)

Joustava valmistusjärjestelmä (Flexible Manufacturing System, FMS) tarkoittaa pitkälle tai täysin automatisoitua tuotantoa, jossa henkilöstölle jää varsinkin pitemmälle automatisoiduissa tehtaissa vain tarkastus- ja valvontatehtäviä, sekä automaattien ja robottien ohjelmointitehtäviä. Yleensä puhutaan rajoitetusti miehitetystä tuotannosta. Joustavissa järjestelmissä robottien merkitys on suuri. FMS-järjestelmä toimii jatkuvasti eikä valmistuserän vaihtuminen pysäytä tuotantoa. Järjestelmä voi toimia myös täysin ilman valvontaa huomattavan osan toiminta-ajastaan. (2, s. 35–36; 4, s. 97)

2.4 Valmistusjärjestelmien käyttö

Eri valmistusjärjestelmät soveltuvat erityyppisiin tuotantotapoihin.

Paikallisjärjestelmää hyödynnetään luonnollisesti silloin, kun valmistettava tuote on ainutkertainen ja esimerkiksi niin suuri, ettei sen siirtäminen ole mahdollista.

Funktionaalinen valmistusjärjestelmä on parhaimmillaan tilanteissa, joissa valmistetaan useita erityyppisiä tuotteita, mutta valmistettavat määrät ovat niin pieniä, ettei tuotekoh-
taisen linjan rakentaminen ole perusteltua.

Tuotantolinjoja käytetään, kun tuotteita on vähän, mutta sarjat ovat suuria.

Osaperhevalmistuksen edellytyksenä on, että kaikista valmistettavista osista voidaan muodostaa ryhmiä, joiden valmistuksessa on niin paljon yhteisiä piirteitä, että tuotanto-
ryhmän rakentaminen on perusteltua.

Tuotantosolut soveltuvat linjoja joustavampina tilanteeseen, jossa eri tuotteita valmistetaan toistuvasti niin pieniä määriä, ettei linjaa kannata rakentaa.

Joustavaa valmistusjärjestelmää hyödynnetään, kun voidaan käyttää pitkälle vietyä automatisointia. Tämä riippuu ensisijaisesti tuotteiden vaatimista työvaiheista, ennem-
min kuin sarjojen koosta.

3 Tuotannonohjausperiaatteita

3.1 MRP ja MRP II

MRP eli tarvelaskentaan perustuva materiaalinohjaus (Material Requirements Planning) tarkoittaa materiaaliarpeen laskemista tuoterakenteen avulla. MRP edellyttää, että valmistettavat tuotteet voidaan esittää tuoterakenteen avulla. Tuoterakenne (Bill of Materials) kuvaa tuotteen hierarkkisen rakenteen. Alimmalla tasolla olevat osat tai raaka-aineet ovat ulkopuolelta hankittavia. MRP perustuu siihen, että tuoterakenne mahdollistaa ostettavien osien tai raaka-aineiden tarpeen laskemisen, mikäli valmistettavien tuotteiden menekki voidaan arvioida. Laskettua materiaaliarvetta verrataan varastoihin ja saapumattomiin ostotilauksiin ja tämän perusteella suoritetaan materiaaliarvaukset. (2, s. 50)

MRP:n tarkoitus on ollut korvata rutiinit, mutta kuormituslaskenta joudutaan silti tekemään erikseen, joten varsinaiseen tuotannosuunnitteluun ei MRP:ä voida soveltaa.

Menetelmää on uudistettu yhdistämällä tarvelaskenta ja kuormituslaskenta. Tällöin ohjauksen lähtökohdaksi tulevat myyntiennusteet, joiden avulla määritellään materiaalien tarve karkealla tasolla. Tuoterakenteet, varastot, ostotilaukset ja varaukset huomioidaan ottaen tehdään ostokehutukset. Tämän materiaalinohjaustavan nimi on MRP II (Manufacturing Resource Planning). Materiaaliarpeiden selvittämisen lisäksi lasketaan myös eri töiden (työtilaus tai asiakastilaus) vaatima kapasiteetti ja arvioidaan kuormitus työvaihe- ja kuormitusryhmätietojen perusteella. MRP II ei optimoi eri vaihtoehtoja. (2, s. 50)

MRP II sisältää joitakin epärealistisia oletuksia. Esimerkiksi läpimenoajat oletetaan kiinteiksi. Tämä voi johtaa liian pitkiin läpimenoaikoihin ja suuriin varastoihin.

MRP:ä ja MRP II:ta käytetään yleensä yksittäis- ja sarjatuotannossa. Niiden huono puoli on, etteivät ne sovellu hyvin solu- tai tuotantolinjatuotantoon, koska läpimenoajat ja varastot usein kasvavat ja seurauksena on tuotannon huono hallittavuus. Hyvä puoli on, että kysynnän muutokset voidaan nopeasti ottaa huomioon. (2, s. 50)

3.2 Just In Time – JIT

3.2.1 JIT:n periaatteet

JIT-menetelmän tavoitteena on muun muassa pienentää eräkokoja ja parantaa toimitusaikoja. Lisäksi on tarkoitus pienentää keskeneräisen tuotannon ja varastojen määrää. JIT:a käytetään toistuvan tuotannon tuotannonohjaukseen, jonka mukaan yksinkertaisuus tuotannonohjauksessa on tehokkuuden avain. JIT:n mukaan tuotannon hukkaa aiheuttavat liikkumattomat varastot ja niiden vaatimat tilat sekä virheelliset osat, kokoonpanot ja lopputuotteet. Ideaalitapauksessa valmistetaan vain välttämättömät tuotteet välttämättömän suurina erinä juuri silloin, kun niitä tarvitaan. (2, s. 51)

JIT-tuotannossa pätevät tuotannonohjauksen yleiset periaatteet:

- alhaiset valmistuskustannukset
- tasainen valmistuksen kuormitus
- tuotantoon sitoutuneen pääoman minimointi
- varastoihin sitoutuneen pääoman minimointi
- lyhyet läpäisyajat
- hyvä asiakaspalvelu

Yleisten tuotannonohjausperiaatteiden lisäksi JIT-tuotannon tavoite on kaiken turhan poistaminen, millä tarkoitetaan lähinnä turhia varastoja, keskeneräistä tuotantoa, joka ei ole työn alla, sekä turhaa työtä esimerkiksi virheiden muodossa.

JIT-tuotannonohjauksessa suhtaudutaan siis kriittisesti varastoihin. Esimerkkejä turhan varastoinnin syistä ovat muun muassa pitkät läpäisyajat, puutteellinen suunnittelu, yhteistyön puute ja laatuvirheet. Ongelmia aiheuttavat myös liian suuret hankinta- ja valmistuserät. Nämä taas johtuvat usein ostettavien tuotteiden pitkistä toimitusajoista ja epävarmoista toimittajista, sekä oman tuotannon joustamattomuudesta.

3.2.2 Siirtyminen JIT-tuotantoon

Siirryttäessä JIT-tuotantoon toteutetaan yleensä seuraavia muutoksia:

- virtautetaan tuotanto
- lyhennetään asetusaikoja
- tasoitetaan tuotanto
- otetaan käyttöön imuohjaus
- kiinnitetään laatuun entistä enemmän huomiota
- muutetaan alihankintajärjestelmää
- tuotannon automatisointi

Virtautettu tuotanto

Virtautetussa tuotannossa valmistus jaetaan pieniin, helposti hallittaviin kokonaisuuksiin. Esimerkiksi funktionaalisiin ryhmiin perustuva valmistusjärjestelmä muutetaan joko pieniksi tuotantolinjoiksi tai tuotantosoluiksi niin, että tuotanto etenee suoraviivaisesti. Ohjausta muutetaan siten, että ohjaustoimenpiteet kohdistetaan yksittäisen työvaiheen sijasta soluun tai linjaan. Solu tai linja kuormittaa itse itsensä, eikä sen sisällä ole väli-varastoja. Toisaalta eri solujen tai linjojen välinen ohjaus voi perustua yksinkertaiseen visuaaliseen ohjaukseen. Solujen väliset väli-varastot pidetään mahdollisimman pieninä. (2, s. 53; 4, s. 83)

Asetusaikojen lyhentäminen

Asetusaika on se aika, joka menee sarjatuotannossa kunkin valmistuserän työn alle saattamiseen. Se ei yleensä ole riippuvainen erän koosta. Asetusaikojen lyhentäminen on JIT:n keskeisimpiä tavoitteita, koska sillä on laajat seurausvaikutukset. Tarkoitus on pienentää eräkokoja ilman, että valmistusaika pitenee. Tavoitteena on taloudellinen eräkoko yksi, jolloin tuotanto on mahdollisimman joustavaa. Tällöin varastojen kokoa voidaan pienentää heikentämättä silti palvelutasoa. Tämän seurauksena myös varastoihin sitoutunut pääoma pienenee. (2, s. 54)

Tuotannon tasoittaminen

Tasoitettu tuotannossa tuotantonopeus on vakio eli tehdään esimerkiksi päivittäin aina sama määrä tuotetta. Usein on sovittu tietty osa tuotanto-ohjelmasta kiinteäksi siten, että siihen ei tehdä muutoksia. Tämä edellyttää, että asetusajat ovat lyhyet ja että yhteistyö hankinnan, tuotannon ja markkinoinnin välillä on saumatonta. Näin tasoitettua tuotannon avulla edesautetaan pienien valmistuserien käyttöönottoa. (2, s. 54)

Imuohjaus

Perinteisessä tuotantosuunnittelussa ohjaus on tarkinta valmistuksen alkupäässä, jossa suunnitellaan töiden aloitus. Imuohjauksessa suunnittelun painopiste on tuotannon loppupäässä. Esimerkiksi kokoonpano suunnitellaan tarkasti. Keskeneneräiseen tuotantoon sitoutunut pääoma on suurimmillaan juuri tuotannon loppupäässä, jolloin siellä ei kannata pitää välivarastoja.

Imuohjauksen edellyttämää informaatiojärjestelmää kutsutaan nimellä **Kanban**. Järjestelmä edellyttää muun muassa seuraavia ominaisuuksia:

- Tuotannon on oltava jossain määrin jatkuvan prosessin luonteista ja siihen on sovelluttava suuret sarjasuuruudet.
- Lopputuotteen kysyntä on pystyttävä ennustamaan hyvin, jotta kuormituksen taseus onnistuu.
- Puolivalmistenimikkeillä on oltava suuri volyyymi- tai yksittäisarvo, jotta menetelmän käyttö olisi kannattavaa.

Asiakasohjatussa tuotannossa menetelmän toimivuutta voidaan lisätä tuotteen modulaarisuudella, jolloin asiakassidonnaisuus tulee valmistusprosessiin mukaan vasta loppuvaiheessa.

Kanban-järjestelmä on siis tuotannon imuun pohjautuva kapasiteetin ja varastojen ohjausjärjestelmä. Sen avulla kaikki materiaali imetään loppukokoonpanoon ja kaikki työvaiheet on liitetty loppukokoonpanolinjaan yksinkertaisin visuaalisin ohjauskeinoin. Kokoonpanolinjan ja kaikkien muiden työasemien työntekijät noutavat edeltäviltä työasemilta täyden standardipakkauksellisen aina silloin, kun heidän työasemansa tarvitsee niitä. Tämä toimii impulssina edeltävälle työasemalle aloittaa standardipakkauksel-

lisen valmistus tätä nimikettä. Tällä tavoin työasemat on liitetty toisiinsa ketjuksi, jonka avulla loppukokoonpanon viimeinen työasema säätelee kaikkien muiden työasemien tuotantotahtia. Tilaus etenee prosessin lopusta alkuun. Kanban-järjestelmä voi ulottua myös alihankkijoille asti, mutta tämä edellyttää yleensä lyhyitä kuljetusetäisyyksiä ja jatkuvaa kommunikointia. (2, s. 55; 3, s. 71)

Laatu

JIT-tuotannossa laatuun kiinnitetään suurta huomiota. Hyvälaatuiset ja virheettömät tuotteet ovat yrityksessä jokaisen tavoite. Kukin työntekijä on itse vastuussa työnsä laadusta niin, ettei erillisiä laatuosastoja tarvita. Laatuajattelussa lähdetäänkin nollavirheajattelusta. Tällöin oletetaan, että kaikki virheellisen tuotannon syyt ovat poistettavissa jo niiden syntyvaiheessa. Pyrkimys on tehdä heti ensimmäisellä kerralla kaikki oikein ja pitää tuotannossa järjestys hyvänä.

Alihankinnat ja materiaalitoimitukset JIT-tuotannossa

Luotettavat ja pitkäikäiset suhteet alihankkijoihin ja materiaalien toimittajiin on eräs JIT:n edellytys. Alihankkijan sitouttaminen asiakkaansa eli yrityksen tavoitteisiin on tärkeää, sillä tällöin yrityksen ja alihankkijan edut ovat yhtenevät. Alihankkijan kannalta pitkäjänteiset kehitysprojektit tuntuvat sitä houkuttelevammilta, mitä varmempi alihankkija voi olla sopimuksen pitkäikäisyydestä.

Automatisointi

Kun tuotantovuo ja materiaalivirrat on rationalisoitu, voidaan läpäisyajoja lyhentää ja laatua parantaa entisestään lisäämällä automaation osuutta.

3.3 Optimized Production technology – OPT

OPT-tuotannonohjausperiaatteen lähtökohta on ollut JIT. OPT pyrkii yhdistämään MRP II:n ja JIT:n parhaat puolet – MRP II:sta tehokkaat tietokannat ja ATK:n tehokkaan hyödyntämisen; JIT:stä tuotantovuon selkiyttämisen ja parantamisen sekä kaiken turhan minimoimisen.

OPT-periaatteessa huomio kiinnitetään yrityksen tulokseen. Yrityksen tulos syntyy myydyistä tuotteista, eikä varastoon myyntiään odottamaan tehdyistä tuotteista. OPT:ssa keskitytään kriittisiin resursseihin, jotka todella kontrolloivat tehtaan tuotantoa. Näitä kriittisiä resursseja nimitetään pullonkaularesursseiksi (bottle neck resources). Näiden resurssien ajankäyttö muodostuu kahdesta komponentista: ajoajasta (run time) ja asetusajasta (setup time). Ei-pullonkaularesursseilla on kolmaskin komponentti: jou-toaika (idle time). (2, s. 58)

OPT:n periaatteita

- Tasapainota tuotantovuota, älä kapasiteettia.
- Päähuolenaihe on tuotantovuosi. Kapasiteetin maksimikäyttö johtaa vain isoihin varastoihin, jotka sitovat pääomaa.
- Ei-pullonkaularesurssien käyttöasteen määräävät kriittisten resurssien tarpeet. Kaikki pyrkimykset kasvattaa ei-pullonkaularesurssien tuotantoa eivät lisää myyntiä tuotantoa vaan varastoja ja sitä kautta kustannuksia.
- Resurssien aktivointi ei ole sama kuin hyödyntäminen. On turhaa pitää tarpeettomia resursseja aktivoituina. Jos syntyviä tuotoksia ei saada pullonkaulan läpi, ainoa seuraus on varastojen kasvu.
- Pullonkaulavaiheessa menetetty tunti on menetetty koko tehtaalla.
- Ei-pullonkaulassa säästetty tunti on harhaa.
- Pullonkaularesurssit määräävät sekä läpivirtauksen että varastojen koon. Osia ei voi käyttää nopeammin kuin pullonkaularesurssi sallii, joten niitä ei kannata tehdä etukäteen.
- Kuljetuserä saa olla ja usein sen pitääkin olla eri kuin valmistuserä. Kuljetuserä ilmoittaa, kuinka monta osaa tuotetaan ennen kuin ne siirretään seuraavaan vaiheeseen. Valmistuserä ilmoittaa tuotettavien osien määrän ennen osan vaihtoa. Mitä pienempi kuljetuserä, sitä pienemmät ovat varastot.
- Valmistuseräkoon pitäisi olla muuttuva eikä kiinteä. Valmistuserä pitäisi määrittellä kuten Kanbanissa, peräkkäisten kuljetuserien jonona. Niitä ei pitäisi määrittellä ennakolta, vaan muodostaa samalla kun laaditaan ajoitusta.
- Valmistuksen ajoituksessa pitäisi kaikki systeemin rajoitukset ottaa huomioon samanaikaisesti. Läpäisy aika määräytyy ajoituksen perusteella, eikä sitä voi määrätä etukäteen.

Jotta OPT voitaisiin toteuttaa, myynti on otettava mukaan tuotannon suunnitteluun. Myynti tasaa osaltaan toimituksia niin, ettei tuotannolle tule suuria volyyminvaihteluita. OPT hyödyntää MRP:tä sen tehokkaiden tietokantasovellusten muodossa. Tuotanto jaetaan kahteen osaan. Osien valmistus ja kokoonpano toteutetaan erikseen. Tuotannon suunnittelu helpottuu tuotannon tullessa selväpiirteisemmäksi. Simulointia hyödynnetään, kun selvitetään muutoksien vaikutuksia pullonkaulojen muodostumiseen. OPT soveltuu parhaiten sarjatuotantoon ja tuotteille, joiden valmistuksessa on kokoonpanovaihe. (2, s. 60)

3.4 Lean Manufacturing

Lean Manufacturing on japanilaisesta autoteollisuudesta lähtöisin oleva toimintatapojen järjestely, jota leimaa keveys ja joustavuus – asiakkaan haluamat tuotteet ja palvelut pyritään saamaan aikaan mahdollisimman vähillä resursseilla. Pyritään yksinkertaistamaan tuotannollinen toiminta niin, että kaikki lisäarvoa tuottamaton työ voitaisiin karsia pois. Lean muistuttaa hyvin paljon aikaisempia JIT- ja OPT-periaatteita. Leanissa on kuitenkin hieman erilaiset painopisteet, joihin suurin huomio tulee kohdistaa. (2, s. 61–65)

Leanin keskeisiä periaatteita

- Asiakaskeskeisyyden huomioiminen kaikessa toiminnassa. Toiminnan arvoa mitataan sen asiakkaalle tuottamien lisäarvojen perusteella, ei valmistuneiden tuotteiden määrällä.
- Vastuun hajauttaminen, jokainen on vastuussa omasta työstään.
- Matala ja monitaitoinen organisaatio, jota koulutetaan runsaasti.
- Jatkuvan parantamisen periaate.
- Virtautettu tuotanto. Virheelliset osat tai toiminnot havaitaan heti, koska puskurivarastoja eri työvaiheiden välillä ei ole.

4 Mecsalo

Mecsalo Oy on perustettu 1993. Liikevaihto on noin kolme miljoonaa euroa ja henkilöstöä on noin kaksikymmentä henkeä. Mecsalon toiminta jakautuu luottamukselliseen tuotekehitystoimintaan prototyypivalmistukseen sekä kokonaisvaltaiseen palveluun sopimusali-hankintana. Mecsalon omat tuotteet ovat erikoissovelluksia, kuten esimerkiksi erikoissuojattuja ohjainlaitteita ja näyttötauluja teollisuuden vaikeisiin olosuhteisiin kuten ydinvoimaloihin. Valmistettavien kappaleiden koot vaihtelevat millimetrin kokoisista kappaleista satojen kilojen painoisiin kokoonpanoihin. Valmistuksen perusta on erikoismateriaalien koneistava osavalmistus, erikoismateriaalien hitsaustyöt sekä kattavat kokoonpanopalvelut ja näitä toimintoja tukevat nykyaikaiset tuotantolaitteet [1]. Valmistuspalveluja ovat tarkkuussorvaus ja -jyrsintä, erikoishitsaukset ja automaatiolaitteiden kokoonpano.

Mecsalon toiminta on jakautunut kahteen katuosoitteeseen kadun vastakkaisille puolille. Käytännössä erilaisia tuotantotiloja on neljä kappaletta ja lisäksi konttori. Minkkikatu 1-3:ssa (jatkossa 1-3) sijaitsee raekokoanalysointilaitteiden kokoonpanotila (OUT) ja konttori. Minkkikatu 10-12:ssa sijaitsevat koneistamo (KON), hitsaamo (HIT) ja vakuumlaitteiden hitsaus- ja kokoonpanotilat (VAC). Minkkikatu 1-3:n tilojen pohjapiirrokset on esitetty liitteissä 1 ja 2. Koneistamon (Minkkikatu 10) pohjapiirros on liitteenä 3 ja Minkkikatu 12:sta piirros on liitteessä 4.

Tässä työssä päähuomio kohdistui raekokoanalysointilaitteiden kokoonpanotilan (1-3) valmistusjärjestelmän parantamiseen. Myös varastopaikkajärjestelmä suunniteltiin nimenomaan 1-3:n toiminnan ehdoilla.

5 Projektin vaiheet

Projektin aikatauluksi sovittiin, että uusi järjestelmä on saatava käyttöön ennen vuoden lopussa tapahtuvaa inventointia. Päätettiin, että hyllypaikkojen merkintä tehdään vasta inventoinnin jälkeen.

Projekti aloitettiin suunnittelemalla tuotantotila 1-3. Ensin tutkittiin, millaisia uusia hyllyjä on hankittava ja mihin niitä voitaisiin sijoittaa. Tähän liittyi selvitys tuotantoprosessin uudelleenjärjestämisestä. Uusien hyllyjen paikat merkittiin ensin layout-kuviin ja myöhemmässä vaiheessa teipillä tuotantotilan lattiaan. Tässä vaiheessa tehtiin myös päätökset uusien hyllyosoitteiden periaatteista.

Kun suunnitelma uudesta valmistusjärjestelmästä oli pääpiirteittäin valmis, aloitettiin hyllyosoitteiden merkintä tuotantotilassa 1-3. Nimikelistä haettiin toiminnanohjausjärjestelmästä excel-tiedostoon, johon uudet osoitteet merkittiin. Osa nimikelistä on esitetty liitteessä 6. Aluksi lähdettiin kokoamaan lavoja, jotka sijoitettaisiin hallin keskelle tuleviin pitkiin lavahyllyihin (hyllyt E ja F, liite 2). Tätä työtä varten oli laadittu hyllykarttoja, joihin oli merkitty eri osien sijoittelu. Yksi esimerkki tällaisesta kartasta on esitetty liitteessä 5. Pitkät lavahyllyt olivat suurin urakka, ja niiden jälkeen tehtiin vastaava työ muiden hyllyjen osalta. Kaikkia tavaroita ei vielä tässä vaiheessa siirretty uusiin paikkoihin. Suurin osa tavaroista siirrettiin oikeille paikoille vasta, kun uudet hyllyt oli koottu.

Kun 1-3:n uudet hyllyosoitteet oli saatu merkittyä nimikelistään, siirryttiin tekemään sama työ muissa tuotantotiloissa. Työjärjestys oli vakuumikokoonpano, hitsaamo ja lopuksi koneistamo. Näissä tiloissa ei suunniteltu merkittäviä muutoksia valmistusjärjestelmään, ainoastaan nimikkeiden sijoituspaikkoja vaihdeltiin jonkin verran. Tässä vaiheessa työtä oli tehty noin kaksi kuukautta.

Projektin seuraavassa vaiheessa kartoitettiin muutoksessa tarvittavien materiaalien määrä. Hankittavaa materiaalia olivat muun muassa lavahyllyjen palkit ja ottolaatikot. Lisäksi hyödynnettiin jo olemassa olevaa, mutta käyttämätöntä materiaalia, esimerkiksi tavanomaisia hyllyjä.

Fyysiset muutokset tuotantotilassa 1-3 tehtiin pääasiassa kahden työpäivän aikana. Aluksi rakennettiin kaikki uudet hyllyt ja sijoitettiin niihin kuuluva materiaali. Osa nimikkeistä jäi edelleen vanhoille paikoilleen. Tämä johtui siitä, ettei niitä siirretty uusiin hyl-

lyihin, vaan niitä oli tarkoitus järjestellä uudelleen jo olemassa olevissa hyllyissä. Uudelleenjärjestely tehtiin inventoinnin yhteydessä. Myös muiden tuotantotilojen nimikkeiden järjestely suoritettiin inventoinnin yhteydessä. Inventoinnin jälkeen uudet hyllyosoitteet ja varastosaldot siirrettiin excelistä toiminnanohjausjärjestelmään.

Viimeisenä vaiheena uudet hyllyosoitteet ja hyllyjen tunnukset merkittiin tarroilla ja kylteillä. Lisäksi laadittiin hyllyjen sisällöstä kertovia kansioita. Tämä vaihe kesti muutamia viikkoja.

6 Raekokoanalysointien kokoonpanotila

6.1 Alkutilanne

1-3:ssa kootaan alihankintana raekokoanalysointilaitteita ja muita laitteita. 1-3:n tuotannonohjaus toimii tilauspohjaisesti. Kyseessä on siis asiakastuotanto. Suurin osa kootavien laitteiden osista hankitaan, kun uusi tilaus on tullut. Kaikkiin laitteisiin käytettäviä kulutusosia pidetään jatkuvasti varastossa. Myös jonkin verran esimerkiksi kalliimpia sähköisiä komponentteja varastoidaan 1-3:n tiloissa. Ne ovat laitevalmistajan omaisuutta. Sama koskee prototyyppien osia. Myös ennakkolaitteita (odottavat myöhempää toimitusaikaa) varastoidaan tiloissa.

Ongelmia aiheutuu, kun tilaus tulee ja osat loppuvat kesken. Tämä johtuu siitä, että hyllyssä olevien osien määrää on vaikea seurata. Tähän on useita syitä. Pääsyy on se, ettei monille nimikkeille ole varattu mitään tiettyä paikkaa, josta niiden määrän voisi helposti ja nopeasti tarkistaa. Olemassa oleva hyllyosoitejärjestelmä on monilta osin puutteellinen. Sitä ei ole käytännössä jaksettu ylläpitää, joten osoitteet eivät pidä paikkaansa, eikä toiminnanohjausjärjestelmä anna osille minkäänlaista sijaintitietoa. Osoitteet ovat myös aivan liian tarkkoja ja joustamattomia ottaen huomioon nimikkeiden suuressakin vaihtelevat määrät. On tilanteita, jossa jollekin osalle on varattu pieni lokero

jostain isommasta laatikosta, mutta osia tilataan satoja kappaleita kerrallaan, jolloin suurin osa joudutaan varastoimaan muualla kuin varsinaisessa varastopaikassa.

Toinen ongelma liittyy hyllytilaan. Nimikkeiden määrän kasvaessa suurelle osalle ei ole löytynyt hyllytilaa ensinkään, vaan tavaraa on varastoitu tuotantotilojen lattialle. Näin on tehty muun muassa edellä mainituille prototyypin osille ja asiakkaan omistamille osille.

Lisävaikeuksia aiheuttaa toimimaton hyllyjen sijoittelu. Sijoittelun takia suurta osaa kuormalavahyllyjen kapasiteetista ei ole kyetty käyttämään, sillä trukilla liikkuminen tuotantotiloissa on hyvin työlästä ja aikaa vievää. Trukin käyttö edellyttää jatkuvaa tilan raivaamista. Osasyynä tähän on myös koottavien laitteiden suuri määrä tuotantotilan keskiosassa. Myös tiloissa varastoitavat ennakkolaitteet vievät vaihtelevan määrän tilaa.

Tämänkaltainen järjestely aiheuttaa vaikeuksia myös inventoitaessa varastoa. Koska osilla ei ole pysyviä paikkoja, eikä niitä ole muutenkaan merkitty, on niiden tunnistaminen työlästä. Käytännössä nimikkeiden tuotekoodit joudutaan etsimään tuotannonohjausjärjestelmän tuoterakenteista yksitellen ja valistuneiden arvausten perusteella. Tämä on erittäin vaivalloinen ja hidas tapa. Lisäksi se edellyttää hyvin tarkkaa tuotteiden tuntemusta, jota löytyy vain kokeneimmilta työntekijöiltä. Inventointi kuormittaa muutamia henkilöitä kohtuuttomasti ja työn aikataulu on heistä riippuvainen.

Tarkoitus oli siis luoda järjestelmä, jossa jokaiselle nimikkeelle on oma selkeästi merkitty säilytyspaikkansa ja kaikki nimikkeet ovat helposti saatavilla työpisteiden läheisyydessä, jolloin osien keräilyyn kuluva aika lyhenee. Muutoksilla tavoiteltiin mahdollisuutta tuotannon tarkempaan suunnitteluun ja ennakointiin. Esimerkiksi puolivalmisteita voidaan tehdä aina varastoon tietty määrä, eikä niiden yllättävä loppuminen siten aiheuta valmistuserän viivästymistä. Tämä tuo lisää joustavuutta toimitusaikojen ja kokoonpanoaikataulun järjestelyyn eli tuotannon ohjattavuus paranee.

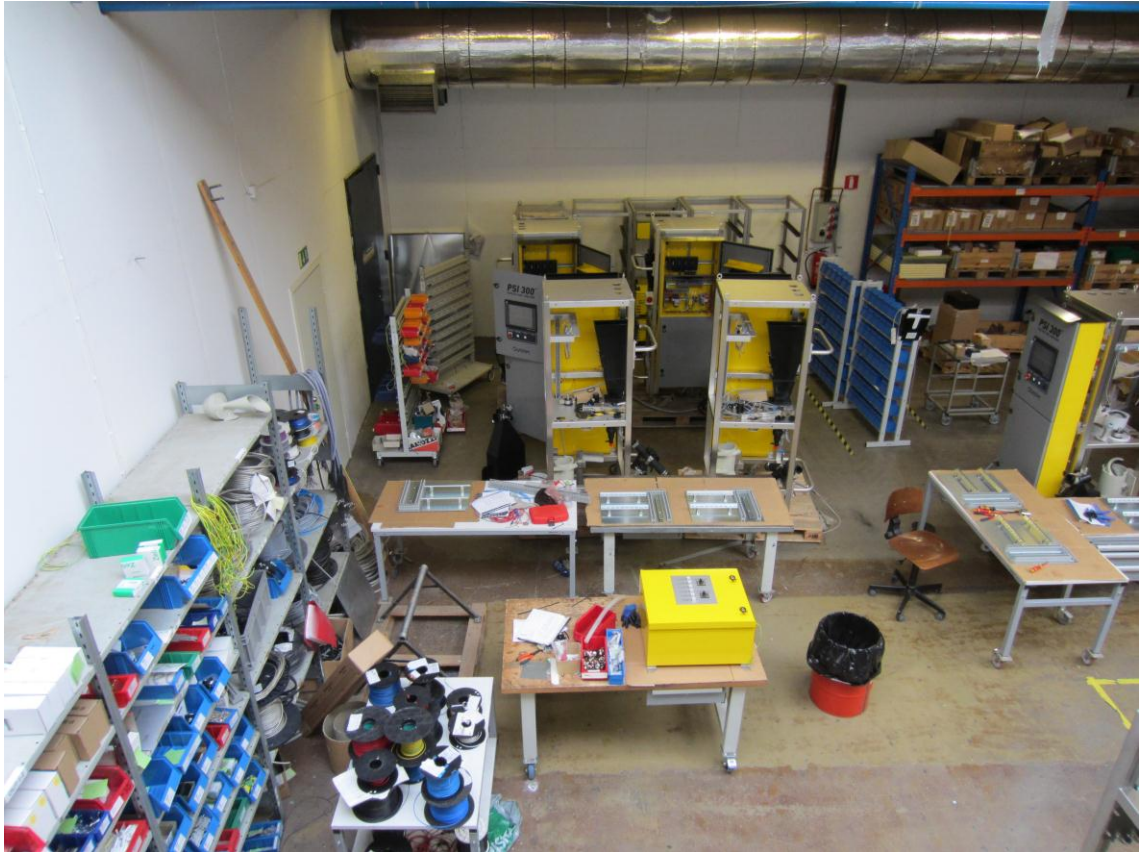
6.2 Ratkaisun kehittäminen

Ratkaisuna alettiin miettiä tuotannon jakamista selkeisiin soluihin, joiden tarvitsemat osat on varastoitu joko solun alueelle, tai sen välittömään läheisyyteen. Myös materiaa-
livirtaan kiinnitettiin huomiota. Uudessa järjestelmässä kokoonpantava laite aloittaa
matkansa hallin oven läheltä ja kiertää sitten hallin ympäri solusta toiseen. Solut on
järjestetty peräkkäisten työvaiheiden perusteella. Tavoitteena oli virtauttaa tuotanto.
Vanhassa järjestelmässä eri työvaiheet oli keskitetty hallin reuna-alueille ja keskeneräi-
siä laitteita jouduttiin liikuttelemaan hallin seinustalta toiselle, ohi toisten keskeneräisten
laitteiden. Käytännössä tästä aiheutui huomattavaa vaivaa, kun liikuttelua varten oli
jatkuvasti siirrettävä muita laitteita. Kokoonpanohallin alkuperäinen järjestys on nähtä-
vissä liitteessä 1.

Päätettiin, että uuden valmistusjärjestelmän keskipisteeksi muodostetaan hallin keskel-
le pitkä kuormalavahylly, joka jakaa hallin luontevasti kahtia. Kuvia uudesta järjestyk-
sestä on liitteessä 8. Pitkän hyllyn molemmilta puolilta pääsee trukilla käsittelemään
kaikkia lavoja. Työpisteet on järjestetty hallin reunoille kokoonpanoprosessin (kuva 1)
mukaiseen järjestykseen. Uusi järjestelmä on havainnollistettu liitteessä 2. Työpisteissä
on tavoiteltu solu-ajattelua siten, että tarvittavista osista ja työvälineistä mahdollisim-
man suuri osa on sijoitettu työpisteiden välittömään läheisyyteen tai käden ulottuville.
Kuvassa 2 on esitetty kaappien kokoonpanosolu. Kuvasta voidaan nähdä, että kaap-
peihin tulevat sähkötarvikkeet ovat helposti saatavilla. Kyseessä eivät ole kuitenkaan
aivan ”puhdasoppiset” solut, koska sama henkilökunta suorittaa suurimman osan toi-
menpiteistä. Henkilökunnan osaaminen on jakautunut koottavien laitteiden tyyppien
perusteella eikä työvaiheiden perusteella, kuten yleensä solutuotannossa.



Kuva 1. Tuotantoprosessin kulku.



Kuva 2. Kaappien kokoonpano.

6.3 Uusi varastopaikkajärjestelmä

Mecsalossa on aiemminkin otettu käyttöön varastopaikka- ja hyllyosoitejärjestelmä, jonka ylläpidosta on kuitenkin käytännön syistä luovuttu. Vanhasta järjestelmästä säilytettiin varastopaikan tunnus, joka oli annettu tuotantotilan tarkkuudella. Uutta järjestelmää suunniteltaessa otettiin huomioon aiemmin tehdyt virhearviot. Aiemman järjestelmän suurin puute oli hyllyosoitteiden epäkäytännöllisen suuri tarkkuus. Tilattavien osien määrät vaihtelevat melko paljon, joten järjestelmän on oltava joustava. Joillekin vakio-osille voidaan varata omat laatikot, mutta toisille on otettava tarvittaessa runsaastikin tilaa hyllyiltä.

Näistä syistä päädyttiin siihen, että hyllyosoitteet merkitään hyllytason tarkkuuteen asti. Tarkempaa sijaintia ei ole järkevää laittaa toiminnanohjausjärjestelmään, vaan hyllyissä olevat laatikot merkittiin tarroin. Tarroissa lukee osan nimike, koodi, hyllyosoite ja lisäksi niissä on viivakoodi. Keskiosan suurissa lavahyllyissä tarkkuutena käytettiin yhtä lavaa. Muissa hyllyissä, joissa oli sekaisin lavoja ja muuta materiaalia, tyydyttiin hyllytason tarkkuuteen. Tavara on järjestetty hyllyihin siten, että osien koko on järkevässä suhteessa hyllyyn ja laatikkoon, jotta kaikki osat olisi helppo löytää.

6.4 Hyllyosoitteet

Osoitteista tuli kolmiosaisia. Ensimmäisenä on tuotantotilan tunnus. Tunnukset ovat lyhenteitä nimistä, joita yrityksen henkilökunta käyttää eri tiloista. Toisena on hyllyn kirjaintunnus. Hyllyt nimettiin aakkosilla. Kolmas osa on numero, joka ilmoittaa hyllytason. Tasojen numeroinnissa noudatettiin logiikkaa, jossa numerointi kulkee ylhäältä alas ja vasemmalta oikealle. Esimerkkejä hyllyosoitteista on esitetty taulukossa 1. Jokaisen nimikkeen fyysinen sijainti on nähtävissä tilojen layout-kuvista yhdellä silmäyksellä.

Taulukko 1. Hyllyosoitteita.

OUT	A	2
HIT	B	1
VAC	D	4
KON	F	3

6.5 Merkinnät

Kaikille nimikkeille pyrittiin löytämään oma paikkansa hyllyistä ja lavoilta. Tämä paikka tai lava merkittiin joko tarralla laatikon kylkeen, tai sitten tarrat laitettiin kansioihin, jotka puolestaan kiinnitettiin hyllyn reunoihin narulla. Mahdollisuuksien mukaan pyrittiin siihen, että käytettiin molempia tapoja yhtä aikaa. Lavoihin laitettiin myös merkintä sisälöstä lavan etureunaan. Itse hyllyt merkittiin näkyvin tunnuksin. Kuvia eri merkintätavoista on liitteessä 7.

7 Muut tuotantotilat

7.1 Vacuumi-kokoonpano

Vacuumi-kokoonpanotiloissa (liite 4) ei muuteltu hyllyjen paikkoja. Sen sijaan osia ryhmiteltiin uudelleen eri hyllyihin. Hyllyjärjestystä ei voitu suunnitella yhtä tarkasti, kuin muissa tiloissa johtuen siitä, että tuotannossa käytettävät osat vaihtuvat usein. Tämä johtuu tuotantomuodosta, joka on yleensä yksittäistuotantoa tai enintään piensarjatuotantoa. Tiloissa kootaan paljon muun muassa yksittäisiä prototyyppisiä. Valmistusjärjestelmä on funktionaalinen. Tämän takia hyllyt varattiin joko tietyn asiakkaan osille tai tietyn työvaiheen osille.

7.2 Hitsaamo

Hitsaamossa valmistetaan 1-3:n tiloissa koottavien laitteiden rungot ja laitteisiin tulevia puolivalmisteita. Hitsaamossa tyydyttiin miettimään joidenkin osien sijoituspaikka uudelleen. Lisäksi hankittiin uusia ottolaatikoita.

7.3 Koneistamo

Koneistamossa tapahtui huomattavia muutoksia valmistusjärjestelmässä. Muutoksiin kuului muun muassa uuden koneen hankinta. Nämä muutokset eivät kuitenkaan kuuluneet tähän opinnäytetyöhön, vaan ne toteutettiin tuotantopäällikön johdolla. Uusi varastopaikkajärjestelmä kuitenkin otettiin käyttöön myös koneistamossa. Koneistamosta piirrettiin uudet layout-kuvat (liite 3) ja varastopaikat ja hyllyt merkittiin, kuten muissakin tiloissa. Hyllyosoitteiden määrittely tehtiin tuotantopäällikön ohjeiden perusteella [7].

8 Yhteenveto

Insinöörityön tavoitteena oli tuotannon tehostaminen varastopaikkajärjestelmän ja tuotantojärjestelmän kehittämisen avulla.

Mecsalon Oy:lle Minkkikatu 1-3:n kokoonpanotilaan suunniteltiin ja toteutettiin varastopaikkajärjestelmä ja valmistusjärjestelmä, jotka selkeyttävät ja parantavat tavaravirran kulkua Mecsalon tiloissa. Aluksi selvitettiin, miten tuotantoa ja tavaravirtaa ohjataan tällä hetkellä, ja tutkittiin, millaisia ongelmia siihen liittyy. Tässä vaiheessa tutkittiin myös tuotannonohjauksen eri periaatteita ja niiden soveltumista Mecsalon tuotantoon. Uuden valmistusjärjestelmän pohjalta suunniteltiin varastopaikkajärjestelmä, joka käsittää Minkkikatu 1-3:n tuotantotilan lisäksi Minkkikatu 10-12:sta tuotantotilat. Järjestelmän mukaiset varastopaikat ja hyllyosoitteet syötettiin Mecsalon toiminnanohjausjärjestelmään ja rakennettiin tuotantotiloihin. Lopuksi kunkin tuotteen hyllyosoitteet merkittiin fyysisesti tuotantotiloihin.

Asetetut tavoitteet saavutettiin. Varastosaldojen visuaalinen seuranta helpottui ja sen myötä myös saldojen ajantasaisuus parani. Nämä parannukset vaikuttivat myös inventointiin, siten että siihen kuluva aika lyheni kolmesta työpäivästä kahteen. Inventoinnin työtaakka myös jakautuu tasaisemmin, koska nimikkeet ovat helpommin löydettävissä, eikä niiden tuotekoodoja tarvitse haeskella toiminnanohjausjärjestelmästä. Myös tilojen (1-3) yleinen käytettävyys parani. Keskikäytävät ovat pysyneet vapaina ja lavahyllyt ovat saavutettavissa trukilla. Keräily hoidetaan kuitenkin pääasiassa tikkaiden avulla. Pakkausalueella on enemmän vapaata tilaa kuin aiemmin.

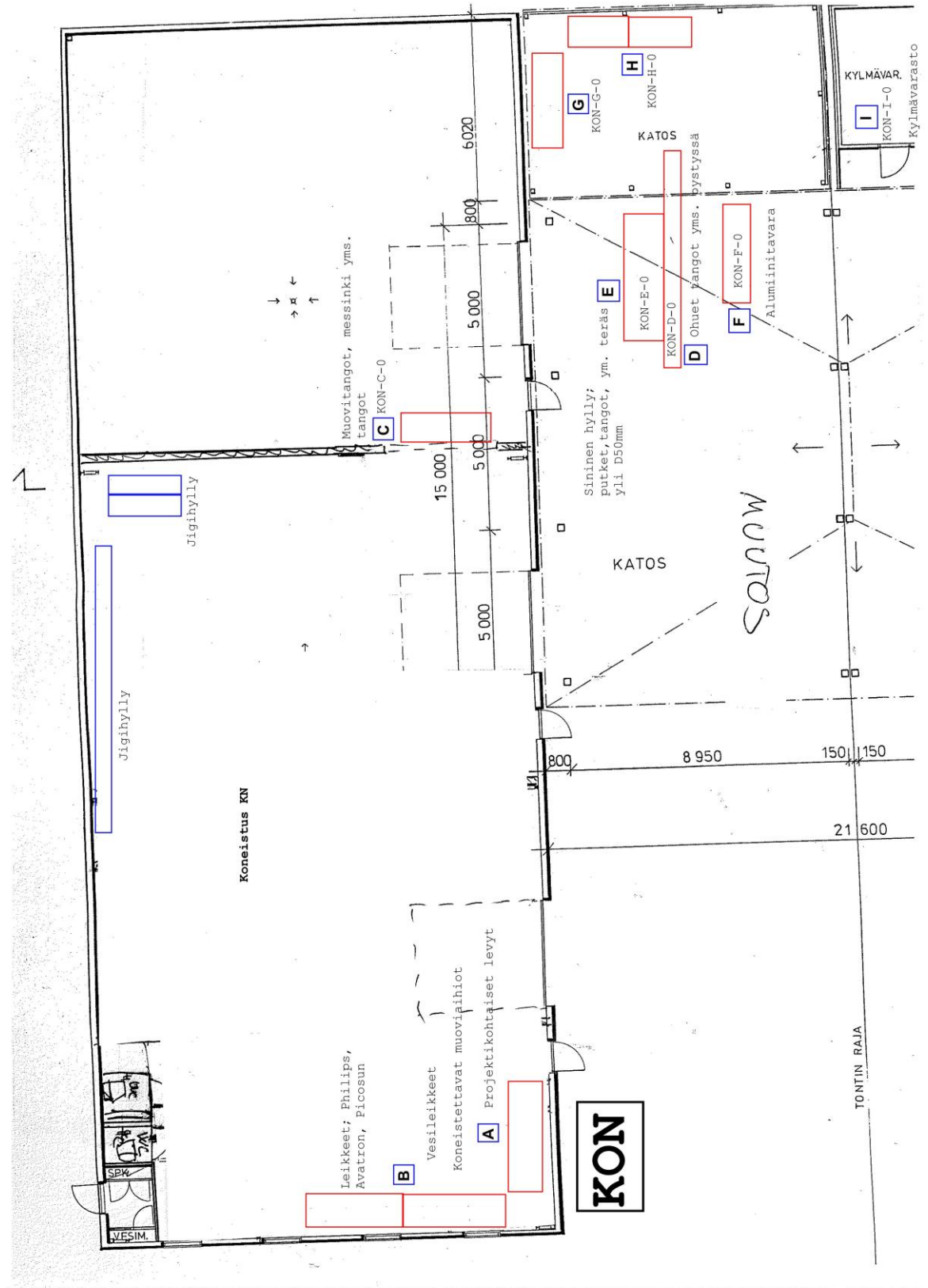
Ongelmia on ilmennyt vacuumi-kokoonpanossa ja hitsaamossa. VAC-tiloissa on jouduttu muuttelemaan osien sijoituspaikkoja, koska asiaa ei hoidettu työntekijöiden osalta kunnolla ennen hyllyosoitteiden antamista. Hitsaamossa ongelmana ovat tiheään vaihtuvat vuokratyöntekijät, jotka eivät ole sitoutuneita uuden järjestelmän ylläpitoon. Osia ei pidetä niille kuuluvilla paikoilla, vaan niitä laitetaan esimerkiksi lattialle.

Uutta järjestelmää käytettäessä se on osoittautunut joustavaksi ja laajennuskelpoiseksi. Järjestelmään on lisätty uusia nimikkeitä ja uusia hyllyjä, kun tuotantotiloja on laajennettu. Nyt toteutetut muutokset mahdollistavat tulevaisuudessa esimerkiksi viivakoodien hyödyntämisen keräilyssä.

Lähteet

- 1 Mecsalo. 2011. Verkkodokumentti. www.mecsalo.com. Luettu 20.4.2011.
- 2 Miettinen, Pauli. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus.
- 3 Peltonen, Aarne. 1997. Tuottava tehdas. Helsinki: Opetushallitus.
- 4 Röyttä, Esko. 1990. Tuotantotekniikka. Porvoo: WSOY.
- 5 Heinälä, Markus. 2011. Tomitusjohtaja, Mecsalo. Aloituspalaveri 19.10.2011.
- 6 Heinälä, Markus. 2012. Tomitusjohtaja, Mecsalo. Lopetuspalaveri 29.8.2012.
- 7 Tallus, Tapio. 2011. Tuotantopäällikkö, Mecsalo. Palaveri. 15.12.2011.

Minkkikatu 10 layout



Hyllysoitelistan malli

Tuotekoodi	Nimike	Lisänimike	Yksikkö	Vp	Hylly
94931166	Just on steel	1180x780x750mm	KPL	30	OUT-F-2
94931167	Just on steel	1180x780x500mm	KPL	30	OUT-F-2
3058287	Letku (määrämittaan leikattu)	PVC 25/34mm kudovahvistettu 8M	KPL	30	OUT-F-3
3059514	Letku	PA-VE 8/16 20008 2MPa EPDM-kumi	M	30	OUT-F-3
3059726	Letku (määrämittaan leikattu)	IL-VES 15 025 (34/25mm pave) 10M	KPL	30	OUT-F-3
3061621	Letku	PVC 25/33mm TOPPAIR kudovahv. harmaa kumioitu	M	30	OUT-F-3
539044	Muoviletku	16/10 PVC Kudovahvistettu harmaa kumioitu	M	30	OUT-F-3
539047	Letku (määrämittaan leikattu)	PVC 12/18mm kudovahvistettu 20M	KPL	30	OUT-F-3
539124	Letku	PA-VE 10013 14Pa 13/20 mm EPDM	M	30	OUT-F-3
539125	Letku	ID25/OD34 1MPa EPDM/SBR PAVE 10025	M	30	OUT-F-3
583846	Muoviletku	26/19 PVC Kudovahvistettu	M	30	OUT-F-3
590925	Letku, polttoaine	32/43 mm, Fuel-tek 2410BC032	M	30	OUT-F-3
601814	Letku	ID16/OD24 1MPa EPDM/SBR PAVE 10016	M	30	OUT-F-3
94931116	Pahvilaatikko FS031	310x215x250/190 FS031	KPL	30	OUT-F-4
10309541	Vesilappi DN50/R1"	VSA	KPL	30	OUT-F-5
10313639	Kumitiivistehalk. 145/70 3mm EPDM	VSA DN40	KPL	30	OUT-F-5
3060178	Yhdystanko M16x140-A2	VSA Remote / Manual 8 Pcs/Valve	KPL	30	OUT-F-5
6101966	Kumitiiviste	halk. 160/80x3 - epdm 50/VSA-han (QTT7250P)	KPL	30	OUT-F-5
6102480	Kumitiiviste halk. 180/95	3mm epdm 65/VSA-han	KPL	30	OUT-F-5
21003948	Y-haara	MXA	KPL	30	OUT-F-6
599143	Kalvoventtiili	2031-A-2.25 0-AB-VA-GM86-C-F	KPL	30	OUT-F-6
10311650	Reikäseula 6mm	MXA4645/PSI200	KPL	30	OUT-F-7
41000729	Reikäseula	PSI 300	KPL	30	OUT-F-7
537748	Säilöntäkannu	3L valk. (20515468)	KPL	30	OUT-F-7
10305173	VSA DN50/R1"	Manual Control	KPL	30	OUT-F-8
10339840	VSA DN 50/R1"	Remote Control	KPL	30	OUT-F-8
3059724	Letkuventtiili PVE-DN50-M10-231LX-SBRT	Manual Urakkanapilla (huom. Tarrat)	KPL	30	OUT-F-8
3060391	Letkuventtiili PVE-DN65-A6-231L-SBRT	Auto. (huom. Tarrat)	KPL	30	OUT-F-8
532155	Letkuventtiili PVE-DN50-A10-231L-SBRT	Auto. (huom. Tarrat)	KPL	30	OUT-F-8
539726	Letkuventtiili PVE-DN40-A10-231L-SBRT	Autom. (huom. Tarrat)	KPL	30	OUT-F-8
94927453	Letkuventtiili PVE-DN50-M16-331L-SBRT	Manual Urakkanapilla (huom. Tarrat)	KPL	30	OUT-F-8
94927761	Pahvilaatikko FS061	440x310x320/250 FS061	KPL	30	OUT-F-8
94930765	Letkuventtiili PVE-DN40-A6-231L-SBRT	Autom. (huom. Tarrat)	KPL	30	OUT-F-8
94942968	Letku 10/8 mm PA, PVC kuorella	L-1PA125-10/8, P6ATO-E145515	M	30	OUT-F-9
94942969	Telekaapeli sisä SF0217203	KJAAEM 2x(2+1)x0.5 (1000m)	M	30	OUT-F-9
7103022	Pump control box, PCB 4850	PSI 500, cables and terminal block	KPL	30	OUT-F-10
869273	Bracket	CellStation	KPL	30	OUT-F-10
3060188	Silikoniletku 20/15 mm kirkas	4150201	M	30	OUT-F-11
532143	Silikoniletku 30/20 mm kirkas	4200301	M	30	OUT-F-11
532144	Silikoniletku (määrämittaan leikattu) 8 m	26/16 mm	KPL	30	OUT-F-11
94943172	Silikoniletku 26/16 mm kirkas	4160251	M	30	OUT-F-11
94934722	Faakyläkiinnityslevy	MEC20080819_1	KPL	30	OUT-F-12
94936434	Muoviletku PUN-H-12x2 NT	197380	M	30	OUT-F-12
94937034	Suora pistolahtiiliin	N102-012-003 12mm-G1/2 ulkokierte	kpl	30	OUT-F-12
94937040	Sitek-Jakotukki 1/2" 6xR1/4, jalat 65mm	SJTK1R6N-1/4-65	kpl	30	OUT-F-12
94937382	Lankahylly Aisi 316 L sahattu 1005 mm	CellStation	KPL	30	OUT-F-12
94937383	Lankahylly Aisi 316 L sahattu 405 mm	CellStation	KPL	30	OUT-F-12
94937586	Palloventtiili käsik.	RB-1720-1/2" perhoskahva, messinki	KPL	30	OUT-F-12
94937801	Jakotukin Jalka	AISI316L	KPL	30	OUT-F-12
94938259	Okumenttitasku	PP-A5 1164221	KPL	30	OUT-F-12
Mec230709 1	Lankahyllyn korotuspala PE-HD musta	CellStationin Jalusta	kpl	30	OUT-F-12
Mec230709 2	Lankahyllyn kiinnityslevy	Painejakotukin osille Outotec	kpl	30	OUT-F-12
21003148	Nostorengas	Handle Ring	KPL	1	OUT-F-13
21003149	Lukkorengas	Lock Ring	KPL	1	OUT-F-13
21003256	Jousen tuki	Uso	Kpl	30	OUT-F-13
41000874	Perustolppa Kokoonpano (hitsaus)	Base Tube Assembly	KPL	30	OUT-F-13
41000875	Nostokahva Kokoonpano	Lift Handle Assembly	KPL	30	OUT-F-13
41000876	Aseteltava Kiinnityslevy	Movable Bracket	KPL	30	OUT-F-13
41000877	USO 6740	User Interface Stand Option	KPL	30	OUT-F-13
41001136	Air Supply Manifold Assembly	CellStation sisältää pakkausten pahvilaattikoon	KPL	30	OUT-F-13
539652	Sotukumilevy 2mm EPDM 180 x180mm	Uso 6740, aseteltava kiinnityslevy	KPL	30	OUT-F-13
606349	Kaasujoysi lsku 300mm voima 300N	Lesjöfors 16-4 (4559)	Kpl	30	OUT-F-13
94934724	Unitronic-BUS FD P L2/FIP	Lapp kaapeli 1x2x0.64 (910065)	M	30	OUT-F-13
94936484	Signal Pillar	SG-2372 130 LED24VAC/DC Red	KPL	30	OUT-F-13
94937037	Sitek-tuplasuodin R1/2", 3myy, tyhjennys 6mm pvent	STSF323G04M-P6	kpl	30	OUT-F-13
94937464	Ur-reunasuojanauha 1082507 musta		M	30	OUT-F-13
94942544	Reunakiinnityslevy	MSA Panel	KPL	30	OUT-F-13
94942605	Tiivistenauha W/prof 15x8 liimalla	44000070 musta (10520004021)	M	30	OUT-F-13
94942612_1	Hätäseis kytkin kokoonpano, Remote	Outotec	Kpl	30	OUT-F-13
95020017	Varttulukko, kaksoislehtivaimelle	Outotec kaappeihin		30	OUT-F-13
95040068	Salpa 22 mm, varttulukkoon	EMKA 1000-179		30	OUT-F-13
95040069	Polysuoja, varttulukkoon	EMKA 1000-97-01		30	OUT-F-13
95040070	Varttulukko, kuori AISI 304	EMKA 1000-U134		30	OUT-F-13
95040071	Varttulukko, sisäosa AISI 304	EMKA 1000-U137 (kaksoislehtivain, double bit 5)		30	OUT-F-13
95080020	SCU Kytkinpelti	SCU Panel	KPL	30	OUT-F-13
21003785	Plate 1	Psi 500 vesisäiliö	Kpl	1	OUT-F-14
41001260	Tankin letkukara karkeasidhilla	Psi 500 vesisäiliö	KPL	1	OUT-F-14
94937582	O-rengas	9x4 NBR 70 Shorea	KPL	20	OUT-F-14
10314358	Cable Levelswitch ->PCB	PSI 500	KPL	30	OUT-F-14
21001791	Putken ohjain	PSI 500	KPL	30	OUT-F-14
21003784	Kierretulppa Finncont	Psi 500 vesisäiliö	Kpl	30	OUT-F-14
21004081	Letkukaran seula	PSI 500i	KPL	30	OUT-F-14
21004082	Letkumippa 2"/25mm PP	LETKUKARA 2" ULKOKIERRE 1" LETKULLE	kpl	30	OUT-F-14
21004087	Support Flange	PSI 500i vesisäiliö	Kpl	30	OUT-F-14
3060221	Lukitusmutteri	R1" Aisi 304 SFS 2449 LVI 1202606	KPL	30	OUT-F-14
41000428	Kääntävä laippa	PSI 500	KPL	30	OUT-F-14
41001261	Kierretukki G1 hitsauskokoonpano	PSI 500i vesisäiliö	Kpl	30	OUT-F-14
538333	Yksisuuntaventtiili	SO 27360 6-1/4" PVDF	KPL	30	OUT-F-14
538334	Yksisuuntaventtiili	SO 27360 8-1/4"	KPL	30	OUT-F-14
6103770	Pidin	Kääntävä laippa PSI500	KPL	30	OUT-F-14
6103992	PVC-putki harmaa 260mm	Kääntävalaippa PSI 500	KPL	30	OUT-F-14
610616	Uimuriventtiili 3/4" AISI 316	2008-151 3342-E150, 11BAR MAX	KPL	30	OUT-F-14
94928825	Uimurikytkin AKO-53114 10m kaapeli	LVI-numero:4565214	KPL	30	OUT-F-14
94930751	Supistusnipppa	1 1/4"x1" AISI316 LVI1201117	KPL	30	OUT-F-14
94937581	Aänenvaimennin	CL-2931-3/4	KPL	30	OUT-F-14
95040052	Supistusnipppa	1"x3/4" - AISI316	KPL	30	OUT-F-14
21003120	Lippa 280	Kotelon Muokkaus 632 2	KPL	30	OUT-F-15
21003734	Kojekaapeli CellStation / MSA panel	Outotec	kpl	30	OUT-F-15
21003734_1	Cell station kojekaapeli umpi ovella	Outotec	kpl	30	OUT-F-15
95020012	Sadelippa, musta	Outotec / CellStation ja MSA panel	KPL	30	OUT-F-15
95020013	Jalusta	CellStation / MSA panel	KPL	30	OUT-F-15
95020014	Etulevyn kokoonpano	CellStation	kpl	30	OUT-F-15
95020014_1	Etulevy maalattu	CellStation (Mec230709 9)	kpl	30	OUT-F-15
Mec20080822_2	Sadelippa s 1,5	CellStation Maalaton	KPL	30	OUT-F-15
Mec230709 16	Cell station jalusta kiinnitys vaijeri	Painejakotukin osille Outotec	kpl	30	OUT-F-15
610628	Letku PUR	10/8mm 7BAR Musta	KPL	30	OUT-F-16
94932276	Putkipohji R 3/4" Aisi 316	1200205	KPL	1	OUT-F-17
94934400	Tälvutustyo	Lukitustappi HSA	KPL	1	OUT-F-17
10310906	HSA 2560 Hydrometallurgical Sampling	Outotec	kpl	30	OUT-F-17
10311317	HSA 2570 Hydrometallurgical Sampling	Outotec	kpl	30	OUT-F-17
10311333	Aukaisutyökala	HSA 2572 Outotec	kpl	30	OUT-F-17
10311398	Hsa Hydrometallurgical Sampler	Hsa 2580	Kpl	30	OUT-F-17
21001374	Palautussäiliö - maadoitustanko	HX		30	OUT-F-17
21001650	Suodoksen ohjain 40		KPL	30	OUT-F-17
21001966	Venttiiliyhde 1/2" PP	Outokumpu	KPL	30	OUT-F-17
21002250	Suodoksen ohjain 44		KPL	30	OUT-F-17
21002476	Litiumunko		KPL	30	OUT-F-17
21002620	Astianuolikas	Hsa		30	OUT-F-17
21002622	Tiiviste 220 silicon	Hsa venttiili kokoonpano		30	OUT-F-17

Kuvia hyllyjen merkinnöistä





Tuotantotila OUT, nähtynä keskihyllyn molemmilta puolilta

