

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikka Lappeenranta
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Jarkko Kontio

TERÄKSISTEN HOITOTASOJEN ESIVALMISTUSLINJAN KEHITYS

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

Jarkko Kontio

Teräksisten hoitotasojen esivalmistuslinjan kehitys, sivuja 41, liitteitä 0

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö, 2010

Valvoja: Lehtori Jurvanen Veli-Pekka, Saimaan ammattikorkeakoulu,

Ohjaaja: Tuotantopäällikkö Mikko Pölkki, Premekon Oy

Työn tavoitteena oli tutkia teräksisten hoitotasojen esivalmistuslinjaa ja löytää siihen kustannustehokas kehitysratkaisu.

Tehtävänäni oli kerätä tietoa esivalmistusvaiheista ja vaiheajoista, jonka perusteella tehtäisiin laskelmat esivalmistuksen käsittämiin työvaiheisiin. Työn tavoitteena oli myös vertailla (3) kolmea eri kehitysideaa ja laskea niiden vaikutusta esivalmistukseen. Työn tarkoituksena oli myös edesauttaa seuraavan investointihankkeen valintaa.

Vanhalle esivalmistusmenetelmälle laskettiin ja kelloitettiin työvaihekohtaiset ajat ja uudet tutkimukset tehtiin muotorautojen käsittelylaitteelle, vesileikkaus järjestelmälle ja laserleikkausjärjestelmälle. Jokaiselle kehitysidealle laskettiin uudet vaihekohtaiset valmistusajat. Ajat ovat ilmoitettu työssä prosenttiosuuksina.

Laskelmista kävi selvästi ilmi, miten kyseiset kehitysideat vaikuttavat esivalmistusaikoihin ja kokoonpanoon.

Tulokset osoittavat, että esivalmistus- ja kokoonpanoajat lyhenevät huomattavasti jokaisella laitteella.

Avainsanat: Hoitotaso, esivalmistus, vesileikkaus, laserleikkaus

ABSTRACT

Jarkko Kontio

Improving the prefabrication of steel platforms, 41 pages, 0 appendices.

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Degree programme in mechanical and manufacturing technology

Mechanical and production engineering

Final year project, 2010

Instructors: Mr. Veli-Pekka Jurvanen, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences; Mr. Mikko Pölkki, Production manager.

The aim of this final year theses was to study a prefabrication line of steel platforms and to find cost-effective improvement solution.

My mission was to find information of periods and period times witch shows, on the basis of which prefabrication work phases could be calculated. The meaning of this project was also compare three (3) different improvement ideas, and to calculate what kind of an effect they have on. This project was also meant to help the choice of the next investment plan.

First it was counted how much time each work phase of the old method took. Then the scheduling for the new investigation, including e.g. the profile steel handling instrument, watercut system and lasercut system, was made. The work phases of each improvement idea were scheduled and given in percentages.

The results show that the prefabrication and assembly times are reduced, considerably in every instrument.

Keywords: Platform, prefabrication, watercut, lasercut.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 HOITOTASOT JA NIIDEN RAKENTEET	6
2.1 Hoitotaso	7
2.2 Hoitotasoissa käytettävät materiaalit	7
2.3 Hoitotason valmistukseen vaikuttavat standardit.....	7
3 ESIVALMISTEET	8
3.1 Esivalmistuksen työvaiheet.....	8
3.1.1 Leikkaus	8
3.1.2 Särmäys	9
3.1.3 Jatkaminen	10
3.1.4 Sahaus	11
3.1.5 Mitoitus	11
3.1.6 Lävistys	12
3.1.7 Reikien raatien poisto (senkkaus)	13
3.1.8 Taivutus.....	13
4 LAYOUT	14
4.1 Funktionaalinen layout.....	14
4.2 Tuotantotilan layout	15
4.3 Hyvän layoutin ominaisuudet	17
5 TUOTANNON SEURANTA.....	18
5.1 Esivalmistuksen työaika mittaukset.....	18
5.2 Työaika mittauksista saatujen arvojen arvionti.....	19
5.3 Kapeikkoajattelu	20
5.3.1 Pullonkaula määrää tuotantomäärän	20
5.3.2 Kapeikkoajattelun hyödyntäminen	21
5.3.3 OPT	22
5.4 Tason esivalmistuksen ongelmat	23
6 TUOTANTOLINJAN KEHITYS	24
6.1 Kehityksen tavoitteet	26
7 AUTOMAATTINEN MUOTORAUTOJEN KÄSITTELYLAITE / LINJASTO ...	26
7.1 Automaattisen linjan kehittäminen	27
7.2 Automaattisen linjan edut ja haitat	29
7.3 Automaattisen linjan vaikutus esivalmistusaikoihin.....	30
8 VESILEIKKAUSJÄRJESTELMÄ	30
8.1 Vesileikkauksen edut ja haitat	31
8.2 Vesileikkausjärjestelmän vaikutus esivalmistusaikoihin	34
9 LASERLEIKKAUSLAITTEISTO	35
9.1 Laserleikkaus laitteiston edut ja haitat	36
9.2 Laserleikkaus laitteiston vaikutus esivalmistusaikoihin	37
10 TULOSTEN YHTEENVETO	37
10.1 Muotorautalinjasto	38
10.2 Vesileikkausjärjestelmä	38
10.3 Laserleikkauslaitteisto.....	39
11 YHTEENVETO.....	39
KUVAT.....	40
LÄHTEET.....	41

1 JOHDANTO

Premekon Oy on Lappeenrannassa, Joutsenon kaupunginosassa toimiva tilauskonepaja. Yritys on perustettu 1984, jolloin se aloitti insinööritoimistona, metalli- ja teräsrakenteiden tuotanto alkoi vuonna 1991. Konepajan pääasiallisena tarkoituksena on itse suunnitella ja valmistaa hoitotaso kokonaisuuksia pääasiassa paperiteollisuuteen. Tällä hetkellä maailmassa vallitsevan taantuman aikana on siitäkkin pitänyt hieman tinkiä ja laajentaa asiakaskuntaa muillekin osa-alueille.

Samankaltaisia valmistajia on suomessa muutama, joten yritys joutuu kilpailemaan muidenkin tällaisten teräsrakennevalmistajien kanssa. Tämän takia yritystä on kehitetty vuosien mittaan ja kehitetään edelleen, jotta se pystyisi takaamaan kilpailukykyiset hinnat ja toimitusajat laadusta tinkimättä, asiakkaidensa ehdoilla.

Kehityksen tuloksena kohdeyrityksessä on tällä hetkellä käytössä SFS-EN-ISO 9001-laaturjestelmä, joten kaikki suunnittelu-, valmistus- ja valmistusmenetelmät on tarkkaan valvottu ja hallinnassa.

1.1 Työn tavoite ja rajaus

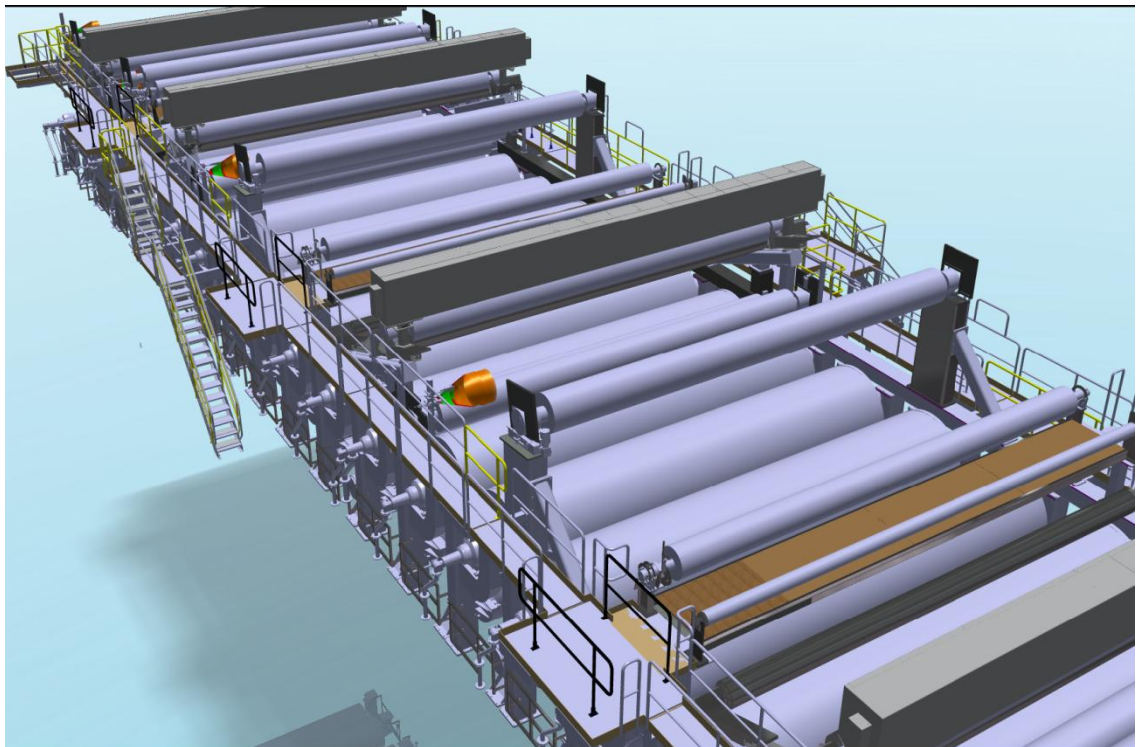
Työn tavoitteena on tutkia teräksisten hoitotasokehikoiden esivalmistun linjan tämän hetkistä tuottavuutta ja kehittää esivalmistuslinjaa sekä löytää siihen hyvä, kustannustehokas kehitysratkaisu. Työn onnistuminen ja tavoitteen toteutuminen vaatii työvaiheajojen keräämistä ja projekti kohtaisten tietojen tutkimista.

Työ rajataan tutkimaan vain ja ainoastaan teräksisten hoitotasojen esivalmistusta ja niiden valmistuslinjaa sekä kehittää sitä. Työssä keskitytään pääosin ruostumattomista ja haponkestävistä teräksistä valmistettaviin hoitotasoihin, koska niiden työkierto käsittää useamman työvaiheen. Työssä ei käsitellä miltään osin kokoonpanovaiheita. Huomiotta jätetään myöskin hoitotasokokonasiuuksien tuet, kannakoinnit, portaat, tikkaat sekä kaiteet.

Työssä esitetään esivalmistusvaiheiden valmistusajat prosettiosuuksina suhteessa kokoesivalmistukseen sekä liitteissä esitettävien, työaikamittauksista saatujen aikojen perusteella laskemat esivalmisteiden tuotantotehokkuudesta sekä kaksi kehitysideaa ja laskelmat niiden vaikutuksesta esivalmistukseen ja tuotantoon.

2 HOITOTASOT JA NIIDEN RAKENTEET

Hoitotasojen tarkoituksena on muodostaa paperikoneiden ympärille kiinteä tai liikuteltava tasokokonaisuus koneenosien tarkastusta, huoltoa ja kunnossapitoa varten (kuva 2.1). Ulkonäköönkin kiinnitetään myös nykyään paljon huomiota, joten se on yksi valmistuksen kannalta huomioon otettava seikka. Tietysti se luo myös omalta osaltaan luotettavuutta. Tasojen rakenteet määräytyvät pitkälti asiakkaan vaatimusten ja voimassa olevien standardien mukaan.



Kuva 2.1 Erään paperikoneen ympärille koostuvien hoitotasojen 3D layout.

2.1 Hoitotaso

Yksittäinen hoitotaso muodostuu 150 x 75 x 8 kulmaprofiilista sekä kulkupinnasta eli ritilästä.

2.2 Hoitotasoissa käytettävät materiaalit

Hoitotasot valmistetaan pääosin seostamattomasta rakenneteräksestä (S235JRG), austeniittisestä ruostumattomasta (EN 1.4307 / 304L ASTM) ja haponkestävästä teräksestä (EN 1.4404 / 316L ASTM) sekä alumiinista (EN AW-6060 T6).

Seostamattomasta rakenneteräksestä valmistettava hoitotasokehikko on mitoiltaan 150 x 75 x 8 kuumavalssattua kulmarautaa, jotka tilataan tällä hetkellä valmiina alihankkijalta. Ruostumattomat ja haponkestävät profiilit ovat mitoiltaan 150 x 75 x 6 kylmämuovattua kulmarautaa. Ruostumattomat ja haponkestävät profiilit leikataan ja särmätään itse.

2.3 Hoitotason valmistukseen vaikuttavat standardit

Yrityksen valmistamien tuotteiden loppusijoitus kohteet ovat ympäri maailmaa, joten maailmalla vallitsevia standardeja on monia. Hoitotasokokonaisuuksia suunniteltaessa on tiedettävä tarkkaan kohde maa sekä tehdas, koska esimerkiksi Storaensollakin on lisäksi käytössä tehdaskohtaiset vaatimukset. Yrityksen tuotteet valmistetaan pääsääntöisesti SFS-EN ISO 14122 standardien mukaisesti, ellei asiakkaiden kanssa toisin sovita.

3 ESIVALMISTEET

Kaikki esivalmistusvaiheet tehdään itse, esivalmisteiden teossa automatisointia ei ole, vaan kaikki tällä hetkellä käytössä olevat koneet ja laitteet toimivat käsikäyttöisesti.

3.1 Esivalmistuksen työvaiheet

Seuraavassa on esitelty esivalmistus vaiheet ja niissä tapahtuva valmistus.

1. Leikkaus
2. Särmäys
3. Jatkaminen
4. Sahaus
5. Mitoitus
6. Lävistys
7. Reikien raatien poisto (senkkaus)
8. Taivutus

3.1.1 Leikkaus

Leikkaus (kuva 3.1) tapahtuu alikon 3016 - 3 metrin leikkurilla, jonka leikkaus voima on kirkkaalla teräksellä 10 mm ja mustalla 16 mm. 2 x 3 metrin levystä leikataan 207 mm leveä aihio.



Kuva 3.1 Käytössä oleva Aliko 3016-3 levyleikkuri.

3.1.2 Särmäys

Särmäyspuristimena on käytössä amadan HFT 220 tonninen – 3 metriä leveä kone, jonka maksimi taivutus kapasiteetti on 220 tonnia / mm² (kuva 3.2). Koneella voi taivuttaa kirkasta terästä 10 mm asti ja mustaa 16 mm asti. Leikattu kulma taivutetaan eli kylmämuovataan mitoiltaan 150 x 75 kulmaan ja 90 asteeseen.



Kuva 3.2 Käytössä oleva Amada HFT 220- 3 särmäyspuristin.

3.1.3 Jatkaminen

Jatkamisella tarkoitetaan kahden 3 metrisen kylmämuovatus kulmaraudan liittämistä yhteen, jotta saadaan yksi 6 metrin mittainen 150 x 75 x 6 kulmaprofiili. Se helpottaa seuraavaa työ vaihetta sahausta sekä pienentää hukkaprocentin määrää. Kun käytössä on tällä hetkellä 3 metriä leveät koneet, siis leikkuri ja särmäri, niin tämä työvaihe on toistaiseksi pakollinen. Kulman reunoista on myös tässä vaiheessa hiottava terävät reunat pois. Kun 8-millistä levyä leikataan, jää leikattu reuna väkisinkin viistoksi ja tämä on visuaalisuuden vuoksi hiottava lähes suoraksi.

3.1.4 Sahaus

Hoitototasokehikon osien katkaisu tapahtuu vannesahalla (kuva 3.3), kyseisen sahan terän kääntöalue rajoittuu 75 asteeseen ja vain yhteensuuntaan, oikealle sivulle. Sahan molemmin puolin on rullaradat, jotka helpottavat pitkien 6-metrinen profiilien sahausta ja käsittelyä. Toinen rullaradan pää ulottuu pihalle asti, jossa sijaitsee materiaalivarastohyllyköt, lähes kaikille pitkille profiileille. Profiilien haku ja lataus rullaradalle tapahtuu trunkin avulla. samalla sahalla voidaan tehdä tasoihin oikeanlaiset jäykisteet tason alle jos on tarvetta. Jäykisteiden tarpeus muodostuu tason nurjahduksesta ja tason alla sijaitsevien kannakkeiden sijainnista. Sahauksessa sahattavien kappaleiden mitoitus tapahtuu käsin.



Kuva 3.4 Käytössä esivalmistuslinjaston vannesaha.

3.1.5 Mitoitus

Sahattuun 150 x 75 x 6 kulmaprofiiliin merkitään kaidetolppien kiinnitysreikä kohdat sekä tason siirtämistä ja asennusta helpottavat nostorei'ät, nostoreikiä

on yleensä valmiissa hoitotasokehikossa neljä. Kaiteet ja kaidetolpat määräytyvät kokonaisuuden ja turvallisuusvaatimusten mukaan, jotka selviävät voimassa olevista standardeista.

3.1.6 Lävistys

Tämän jälkeen kulmaprofiili kuljetetaan rullarataa myöten lävistimelle sekä mitotettuihin kohtiin lävistetään hydraulisella lävistimellä (kuva 3.5), joko nostoreikä tai kaiderei'ät. Molemmat rei'ät lävistetään samalla koneella, nostorei'än koko on 26 mm ja kaiderei'ät ovat soikeita 16 x 14 mm. Lävistyksien välissä esivalmistaja joutuu vaihtamaan lävistimeen erikokoisen pistimen, joten vaihtoja saattaa tulla 8 h työpäivän aikana jopa 50 kappaletta.



Kuva 3.5 Sahauslinjaston lävistin ja kulmanpoistolaite, lävistin vasemmalla puolella ja kulmanpoistaja oikealla.

3.1.7 Reikien raatien poisto (senkkaus)

Lävistyksen takia reikien reunoihin jää raateja, jotka täytyy poistaa manuaalisesti, pystyhiomakoneella.

3.1.8 Taivutus

Taivutus tehdään hydraulikäyttöisellä taivuttimella. Taivutuksella tarkoitetaan 150 x 75 x 6 kulmaraudan taivutusta haluttuun asteeseen pystysuunnassa. Kulmaraudasta on kuitenkin poistettava oikean kokoinen kolmio 75-millisestä kantista, jonka poisto tapahtuu samalla hydraulilävistimellä kuin reikien lävistyskin, jos kulma taivutetaan 90 asteeseen (kuva 3.6). Joissakin tapauksissa kulma on taivutettava ns. erikoiskulmaan, jolla tarkoitetaan alle tai yli 90 asteen kulmia, ja näin ollen kolmio on poistettava käsin kulmahiomakoneella tai vastaavasti lisättävä kulmaan pala. Tämän jälkeen kulmarauta taivutetaan haluttuun asteeseen ja hepataan kiinni. Tällä työvaiheella säästetään hitsauskustannuksissa, koska kaikki saumat hoitotasokehikoissa on hitsattava molemmin puolin.



Kuva 3.6 Kulmaprofiilien taivuttamiseen käytettävä hydraulitaivutin.

4 LAYOUT

Layoutilla tarkoitetaan tuotantojärjestelmän osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua tuotantotiloissa. Tuotantolaitteiden sijoittelun perusteella layoutit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: tuotantolinjalayoutiin, funktionaaliseen layoutiin ja solulayoutiin. Kohdeyrityksen layoutia ei ole suunniteltu millään muotoa, vaan se on muotoutunut funktionaaliseksi.

(Teollisuustalous 2005 s.475-477; Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen)

4.1 Funktionaalinen layout

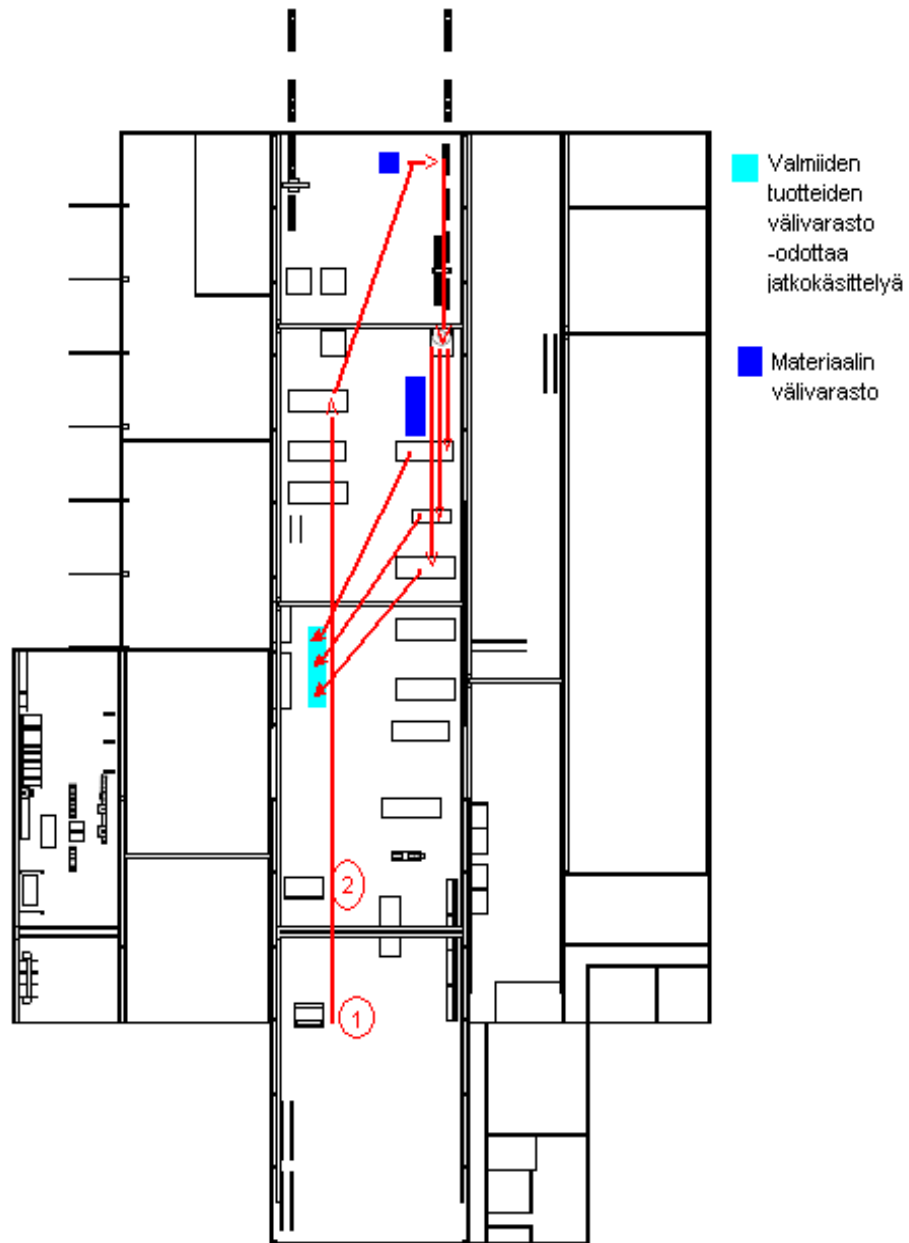
Funktionaalisisessa layoutissa koneet ja työpisteet on ryhmitelty työtehtävän samankaltaisuuden perusteella. Esimerkiksi kaikki hitsauspaikat ovat yhdessä ja esivalmistus yhdessä ryhmässä. Funktionaalista layoutia voidaan myös

kutsua nimellä teknologinen layout. Funktionaalisessa layoutissa tuotantomäärät ja tuotetyypit voivat vaihdella huomattavasti. Tuotteet valmistetaan yksittäiskappaleina tai sarjoina. Toisistaan poikkeavien työkulkujen vuoksi materiaalin käsittelyyn tarkoitettua automaatiota voidaan soveltaa hyvin rajoitetusti. Tällaisessa layout ratkaisussa tuotannonohjaus perustuu eri työpisteille jonottavien töiden järjestelyyn ja on hyvin hankalaa. Työpisteiden välisten suurten etäisyyksien vuoksi materiaalien kuljetus- ja käsittelykustannukset muodostuvat suuriksi. Myös laadunhallinta on hankalaa välivarastojen ja työvaiheiden välisten suurten etäisyyksien vuoksi. Funktionaalisessa layoutissa kapasiteetin kasvattaminen on joustavaa kuin myös erinlaisten tuotteiden valmistaminenkin. Tällaisessa tuotantojärjestelmässä tuottavuus jää usein heikoksi ja kuormitusasteet mataliksi.

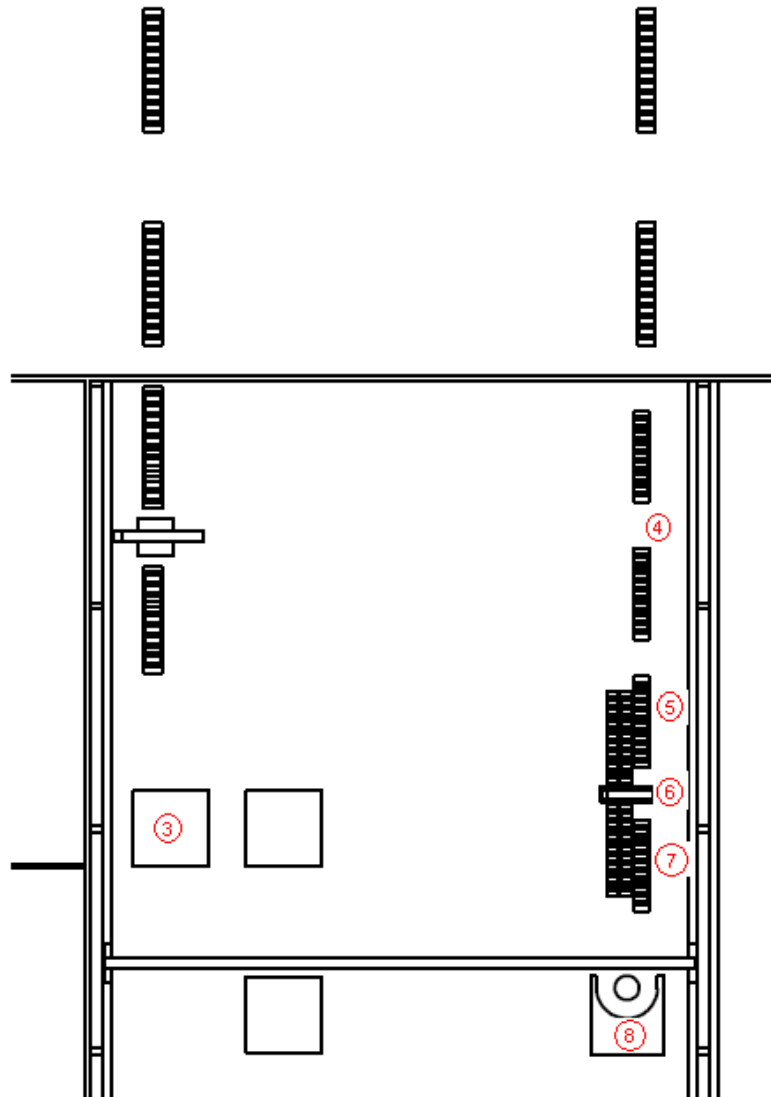
(Teollisuustalous 2005 s.475-477; Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen).

4.2 Tuotantotilan layout

Seuraavassa kuvassa (kuva 4.1) on esitetty Premekon Oy:n tuotantotilojen tämän hetkinen layout, josta selviää myös materiaalin kulku tehtaassa.



Kuva 4.1 Tuotantotilojen funktionaalinen layout sekä koneiden sijoittelu numeerisesti.



Kuva 4.2 Koneiden sijoittelu numeerisesti.

4.3 Hyvän layoutin ominaisuudet

Hyvälle layoutratkaisulle on ominaista materiaalivirtojen tehokas suunnittelu, jotta materiaalien kuljetuskerrat ja -matkat pyritään saamaan mahdollisimman pieniksi eri osastojen ja työpisteiden välillä. Myös tuotannonohjauksen ja toiminnan kehittämisen kannalta on edullista pyrkiä selkeisiin materiaalivirtoihin. Tehtaan sisäisten toimintojen sijoitus tulisi olla mahdollisimman joustavasti materiaalivirtoihin nähden, mutta tämä ei ole mahdollista vanhoissa yrityksissä joissa esimerkiksi hiekkapuhaltamon ja maalaamon sijoitusta ei voi muuttaa. Layoutin tulisi olla muunneltavissa helposti ja joustavasti, tuotantomäärien ja tuotetyyppien muuttuessa. Mahdolliset muutostarpeet tulee ottaa huomioon

erityisesti vaikeasti siirrettävien koneiden ja laitteiden sijoittelussa. Ne on pyrittävä sijoittamaan siten, että ne eivät haittaa layoutin myöhempää kehittämistä.

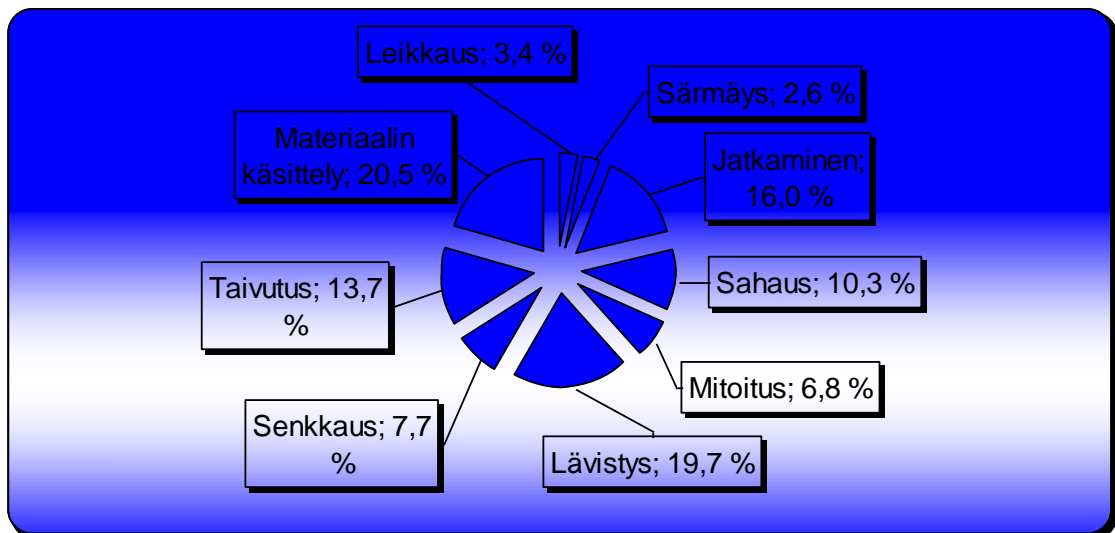
(Teollisuustalous 2005 s.481-482; Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen).

5 TUOTANNON SEURANTA

Yrityksessä mitataan tuottavuutta kaikessa valmistuksessa ja toiminnoissa. Tämän takia yrityksen työaika seuranta toimii ns. kellokorttiperiaatteella, jonka avulla pystytään tarkasti määrittelemään kaikkien projektien työkierto osioihin käytetyt tuntimäärät, esimerkiksi kauanko aikaa kuluu pakkaamiseen, pintakäsittelyyn tai hoitotason valmistukseen, siis tason valmistus tässä tapauksessa käsittää kaiken esivalmistuksesta hitsaukseen. Tuottavuutta mitataan kaikilla työkierron osa-alueilla ns. tehokkuuksina, kg / tunti tai vaihtoehtoisesti m² / tunti. Työaikaseurannasta ei selviä yhden työkierron osion sisältäviä yksittäisiä työvaiheita, joten yksittäisten työvaiheiden vaiheajat ovat suoritettava työaikamittauksina.

5.1 Esivalmistuksen työaika mittaukset

Esivalmistuksen työvaiheiden ajat on suoritettu kellottamalla yksityiskohtaisesti kaikki sen käsittämät työvaiheet. Seuraavassa (kuva 5.1) on esitetty prosentiosuuksina eräiden projektien keskiarvot tämän hetkisestä valmistus tehokkuudesta.



Kuva 5.1 Prosenttiosuudet esivalmistuksen valmistusvaiheajoista.

Kyseisten esimerkkiprojektien esivalmisteiden valmistusosuus tasojen kokonaisvalmistuksesta on noin 25 %.

5.2 Työaika mittauksista saatujen arvojen arvionti

Työaika mittausten (ks. kuva 5.1) ja tämän hetkisen layoutin (ks. kuva 4.1) tarkastelun perusteella voidaan todeta, että tuotantotilojen layoutratkaisussa olisi uudelleensuunnittelu paikallaan, koska materiaalin käsittelyyn käytetään viidennes (20 %) koko esivalmistusajasta. Materiaalien kuljetus matkat ovat pitkät ja käsittelykertoja on monia.

Lävityksen sitoma aika (20 %), suhteessa työmäärään on kohtuuttoman suuri ja muodostaa selvästikkin yhdessä materiaalien kuljetuksien ja siirtojen kanssa tuotantokapeikon.

Kulmaprofiilien jatkaminenkin (16 % ajasta) näyttää olevan mittausten perusteella yksi aikaa vievä työkierron osa. Itse hitsaus on tässä tapauksessa nopea suorittaa, mutta kaikki muu eli reunojen suoristaminen ja hiominen ovat ns. ylimääräistä aikaa vievää työtä.

5.3 Kapeikkoajattelu

Kapeikkoajattelun lähtökohtana on etsiä valmistuksen kapeikot. Kysymyksessä ovat pullonkaulat, joissa jonkin koneryhmän tai yksittäisen työpisteen kapasiteetti ei riitä. Nämä pullonkaulat määräävät sen, mitä tehdas voi enimmillään tuottaa. Voidaankin siis todeta, että kapeikko on sellainen kohta, joka estää prosessia saavuttamasta korkeampaa suorituskykyä suhteessa sen tavoitteisiin.

(<http://www.uku.fi/avoin/tuta/j4>)

Kapeikkoajattelun toteutusvaiheet:

1. Identifioi systeemin kapeikko / kapeikot.
2. Selvitä miten kapeikkoa / kapeikkoja voidaan hyödyntää.
3. Synkronoi systeemin muut osat kapeikon / kapeikkojen näkökulmasta.
4. Nosta kapeikon / kapeikkojen suoritustasoa.
5. Vanhan kapeikon annettua tilaa uudelle kapeikolle, palataan ensimmäiseen kohtaan.

(<http://www.tek.fi>)

5.3.1 Pullonkaula määrää tuotantomäärän

Kapeikko-ohjauksessa kapeikot otetaan ohjauksen lähtökohdaksi. Tuotanto maksimoidaan kapeikossa ja muualla varasto- ja käyttökustannukset sekä läpäisy aika minimoidaan. Tämä on mahdollista sen takia, että muualla tuotantolaitoksessa on kapeikkoa enemmän kapasiteettia ja ne pystyvät vetämään läpi aina saman määrän tavaraa kuin kapeikotkin. Eriolaisten häiriötekijöiden takia materiaalin virtaus vaarantuu. Perinteisesti häiriötilanteiden varalle on rakennettu puskureita. Kapeikko-ohjauksessa riittää, että kriittiset resurssit on varmistettu.

Kapeikon tyyppejä ovat:

- sisäisen toiminnan aiheuttamat kapeikot
- markkinoiden aiheuttamat kapeikot
- yrityksen toimintatapa.

JIT-tuotannolla (Just in time) ja kapeikkoajattelulla on paljon yhteistä. Molemmilla pyritään pienentämään varastoja sekä niillä kummallakin pyritään tuotannon ja sen ohjauksen kehittämiseen. Periaatteellinen ero on tavoitteissa: JIT:n tavoitteena on turhan eliminointi, kapeikkoajattelu korostaa tuloksen tekemisen rajoitteiden tiedostamista. Ohjausmielessä JIT on imuohjausta. Kapeikkoajattelussa ennen pullonkaulaa on puskurivarasto, joka pidetään sovitun kokoisena. Pullonkaulan jälkeisiä vaiheita ohjataan työntöperiaatteella. Kapeikkoajattelu on käsitteenä laaja-alaisempi ja se soveltuukin käytettäväksi aina tilanteen mukaan, eikä kysynnän tarvitse olla tasaista eikä eräkokojen kiinteitä.

(<http://www.uku.fi/avoin/tuta/j4>)

5.3.2 Kapeikkoajattelun hyödyntäminen

Kapeikkoajattelun toteutuksessa on ensin tunnistettava tuotannon kapeikot. Kun nämä kapeikot on tunnistettu, voidaan ruveta suunnittelemaan uutta valmistus prosessia, koska uutta prosessia suunniteltaessa näitä kapeikkoja voidaan hyödyntää.

Kapeikkoajattelun kymmenen perusväittämää:

1. Tasapainota materiaalivirta, älä tehtaan kapasiteettia.
2. Ei - pullonkaulan hyväksikäyttöä eivät määrää sen omat rajoitteet, vaan jotkin muut systeemin rajoitteet.
3. Resurssien aktivointi ei tarkoita samaa kuin resurssin hyväksikäyttö
4. Pullonkaulassa menetetty tunti on koko systeemissä menetetty tunti

5. Ei - pullonkaulassa säästetty tunti on harhaa
6. Pullonkaulat ohjaavat sekä läpivirtautusta että varastoja
7. Kuljetuserän koon ei tarvitse olla sama kuin valmistuserän koko
8. Tuotannon eräkoon tulee olla muuttuva, ei kiinteä
9. Aikataulut on laadittava tarkastelemalla rajoituksia yhtä aikaisesti
10. Viivytys on aikatauluista johtuvaa ja sitä ei voida ennalta määrittellä.

(Tölli 1990, s.9)

5.3.3 OPT

Kapeikkoajattelun mukaiseen ohjaamiseen soveltuu hyvin myös OPT (Optimized Production Technology). Sen kehitti israelilainen Eliyahu Goldratt 1970-luvun alussa. OPT pyrkii yhdistämään MRP:n (Material Requirement Planning) ja JIT:n tuotannon selkiyttämisen ja turhan eliminoimisen.

OPT:n filosofiassa on yhdeksän periaatetta.

- Tasapainotetaan tuotannon virtaus, ei kapasiteettia, koska kapasiteetin maksimikäytöllä luodaan helposti suuria varastoja.
- Kriittisten resurssien tarpeet määräävät ei-pullonkaularesurssien käyttöasteen.
- Tarpeettomia resursseja ei kannata pitää käytössä, koska tällöin luodaan turhia varastoja.
- Pullonkaulavaiheessa menetetty työaika merkitsee samalla koko tehtaalla menetettyä työaikaa.
- Koska pullonkaulavaihe määrää läpimenevän tuotannon suuruuden, niin ei-pullonkaulavaiheissa säästetty aika on harhakuvitelma
- Pullonkaulavaihe määrää läpimenevän tuotannon suuruuden ja samalla myös varastojen koon.
- Kuljetettava erä on usein kooltaan erilainen kuin valmistuserä, koska kuljetuserä ilmoittaa valmistetun tuotantomäärän ennen sen siirtämistä seuraavaan vaiheeseen. Valmistuserä on se samanlaisten osien määrä,

joka valmistetaan ennen lajin vaihtoa. Tämä merkitsee sitä, että mitä pienempi kuljetuserä on, sitä pienempi on varaston suuruus.

- Valmistuserä koko tulisi määrittää peräkkäisten kuljetuserien jonona. Ne tulisi muodostaa ajoituksen laatimisen yhteydessä.
- Ajoituksessa pitää huomioida kaikki rajoitukset samanaikaisesti, koska läpäisy aika määräytyy nimenomaan ajoituksen perusteella.

(<http://www.uku.fi/avoin/tuta/j4>)

5.4 Tason esivalmistuksen ongelmat

Tason esivalmistukseen sisältyy monia ongelmia ja haittoja, jotka hidastavat ja vaikeuttavat esivalmistusta ja kokoonpanoa sekä vaikuttaa myös tuotteiden laatuun. Näiden ongelmien selvittämiseksi haastattelin muutamia työntekijöitä ja sain heiltä seuraavanlaisia vastauksia.

Ongelmat ilmenee jo työkierron alkuvaiheessa, jossa leikkurilla leikattaessa levy aihiota, aihiot ”vetävät” väkisin kieroiksi pituussunnassa. Tämä vaikeuttaa jo seuraavaa työvaihetta, särmäystä. Leikattu aihio on ahdas asettaa särmäarin terän ja vasteen väliin. Myös kahden kolmemetrin kulman liittämiseen tämä vaikuttaa. Valmiista kuuden metrin kulmasta tulee myös hieman kiero, joka on suoristettava liittämisvaiheessa. Seuraavaksi ongelmia ilmenee reunan taivutusvaiheessa. Jos taivutettava kulma on ns. erikoiskulma, on kulma poistettava manuaalisesti kulmahiomakoneella. Tällöin kulma astetaan oikeaan kulmaan astekulman avulla ja hitsataan kiinni. Jo 1° heitto vaikuttaa kahden metrin päässä monta millia. Tämä taas vaikuttaa tason kokoonpanoon. Joten kulmaprofiilien tarkkuuden parantaminen kehitystyössä on iso huomioon otettava asia.

Kuten työaika mittausten perusteella jo todettiin, niin pahimmat ongelmat ovat lävistyksessä. Siinä työmäärä on suhteessa pieni, mutta sitoo ison osan esivalmistusajasta. Tämäkin on otettava huomioon etsittäessä uutta ratkaisua esivalmistusteiden tekoon. Yhden tason valmistus sitoo 4 henkilöä. Leikkauksen ja särmäyksen hoitaa yksi, jatkamisen yksi. Sahauksen, lävistyksen, senkkauksen

ja taivutuksen hoitaa yksi, ja yksi kokoonpanee tuotteen. Kun materiaaleja siirrellään ja liikutellaan jatkuvasti monta kertaa niin naarmuuntuminen on väistämätöntä. Tämä on ongelmallinen juuri rakenneteräksisten eli kirkkaiden tasojen kohdalla, koska niitä ei pinnoiteta millään tavoin, vain puhdistetaan ja hapotetaan, joten kaikki naarmut ja hiontajäljetkin jäävät hyvin selvästi näkyviin. Mustien tasojen kohdalla tätä ongelmaa ei esiinny, koska ne raepuhalletaan ja maalataan, siten saadaan pienet naarmut ja jäljet häviämään.

6 TUOTANTOLINJAN KEHITYS

Tuotantolinjan kehityksestä sovittiin tuotantopäällikkö Mikko Pölkin kanssa. Sovittiin, että kehityksen ja tutkimuksen vaihtoehdoksi valitaan kolme eri menetelmää. Vaihtoehdot: vesi ja laser leikkausjärjestelmä ja automaattinen muotorautojen käsittelylaite. Tuotannon kehityksestä on mainittava, että päättötyön tässä vaiheessa yritykseen hankittiin Alikon 1050, kuusi metriä leveä särmäyspuristin (kuva 6.1) sekä Alikon 6016, kuusi metriä leveä levyleikkuri (kuva 6.2). Uudet laitteet mahdollistavat (kohdassa 3.1.1) aihion leikkaamisen täydestä 2 x 6 levystä ja näin ollen esivalmistuksen työvaiheista (kohdassa 3.1) työvaihe 3 jää kokonaan pois (ks. kuvat 3.1 ja 3.2).



Kuva 6.1 Alikon 6016 6 metriä leveä levyleikkuri.



Kuva 6.2 Alikon 1050, 6 metriä leveä särmäyspuristin.

6.1 Kehityksen tavoitteet

Esivalmistuksen kehittämisessä keskeisimpänä tavoitteena on poistaa tai parantaa tuotannonkapeikkoja. Kuten jo aiemmin huomattiin (kuva 5.1) mitkä vaiheet muodostavat tuon tuotantokapeikon.

Kehityksen tavoitteena on parantaa myös seuraavia ongelmia.

- Yksittäisten työkierron osioiden sitoma aika = kapeikot
- Reunojen kierous
- Osien tarkkuus
- Visuaalisuuden parantaminen
- Narmuuntuminen
- Työkierron sitoma henkilömäärä

7 AUTOMAATTINEN MUOTORAUTOJEN KÄSITTELYLAITE / LINJASTO

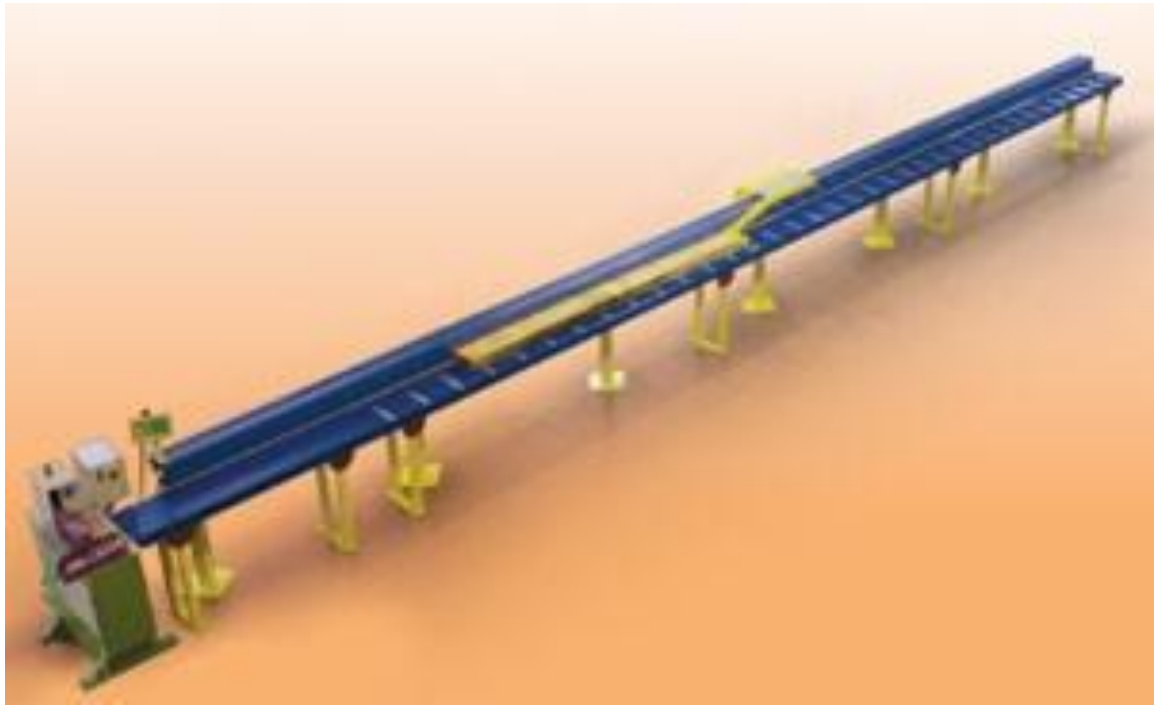
Yritykseen on kolmen viime vuoden aikana kehitetty alumiinisten hoitotasojen esivalmistusosastolle vanhoista manuaalisesti toimivista lävistimistä yksi automatisoitu linja (kuva 7.1). Linjan toimintaperiaate on seuraavanlainen; Linjaan syötetään valmiiksi oikeaan mittaan katkaistu kulmarauta eli jalkalista-aihio ja tietokonepääteelle kirjoitetaan numeerisesti lävistettävien reikien eli nosto- ja kaide reikien kohdat. Jalkalista liikkuu linjastolla oikeaan kohtaan ja tekee automaattisesti oikeisiin kohtiin haluamat reiät. Tässä tapauksessa jalkalistan sahaus tapahtuu kuitenkin manuaalisesti. Päätettiin, että kyseinen tarkastelu ja laskelmat tehdään vastaanvartyypisessä automatisoidusta linjasta, johon olisi liitetty myös saha.



Kuva 7.1 Alumiinisten hoitotasojen osastolla toimiva lävistinlinja.

7.1 Automaattisen linjan kehittäminen

Mielestäni tämän tyyppiseen linjaan riittäisi kolmen eri työvaiheen yhdistäminen eli sahaus, reikien lävistäminen ja kulman poisto. Sahauksen hoitaisi yksi laite, reijät ja kulman poiston yksi. Jalkalistan katkaisu on mahdollista tehdä hydraulisesti, mutta tämän tyyppinen katkaisumenetelmä ei ole hyvä ratkaisu, koska katkaistu reuna jää väkisinkin vinoksi eikä reuna ole täysin tarkka ja vaatii hiomista ennen hitsausta. Joten jalkalistan katkaus on tehtävä joko sahaamalla, laserilla tai plasmalla näin ollen katkaistusta reunasta saadaan riittävän tarkka ilman lisäkäsittelyä. Tämän tyyppiseen linjaan sopisi parhaiten perinteinen vannesaha tai pyörösaha. Yritykseen on vuosi sitten hankittu uusi vannesaha, johon on mahdollista liittää valmis kuljetuslinjasto (kuva 7.2), joita on saatavana suomalaiselta valmistajalta. Näin selvittäisiin hieman pienemmillä investoinneilla.



Kuva 7.2 Tigerstop -merkkinen kuljetuslinjasto, joka on mahdollista asentaa minkä tahansa (esim. pora, leikkuri, saha) koneen ”kylkeen”.

(www.tigerstop.com)

Lävistin laitteita on saatavilla monella eri valmistajalla ja monia erityyppisiä. Laitteita on saatavilla sellaisia joissa on yhdistetty 2 - 5 eri lävistystoimintoa, joten yksinkertaisimmalta ratkaisulta kuulostaisi sellainen laite, jossa on 3 eri lävistys toimintoa. Myös valmiita linjastoja (kuva 7.3) on saatavilla muutamalla valmistajalla, mutta laitteiden hankintahinnat kohoavat muutamalla kohtalaisen korkeiksi.



Kuva 7.3 Gekan automaattinen lävistinlinjasto.
(www.geka.es)

7.2 Automaattisen linjan edut ja haitat

Seuraavassa on arvoitu vastaaventyypin linjan etuja ja haittoja.

Edut

- Edullinen hankkia ja toteuttaa.
- "Antaa anteeksi" pienet heitot aiheiden reunoissa.
- Kunnossapito kohtalaisen yksinkertaista ja edullista

Haitat

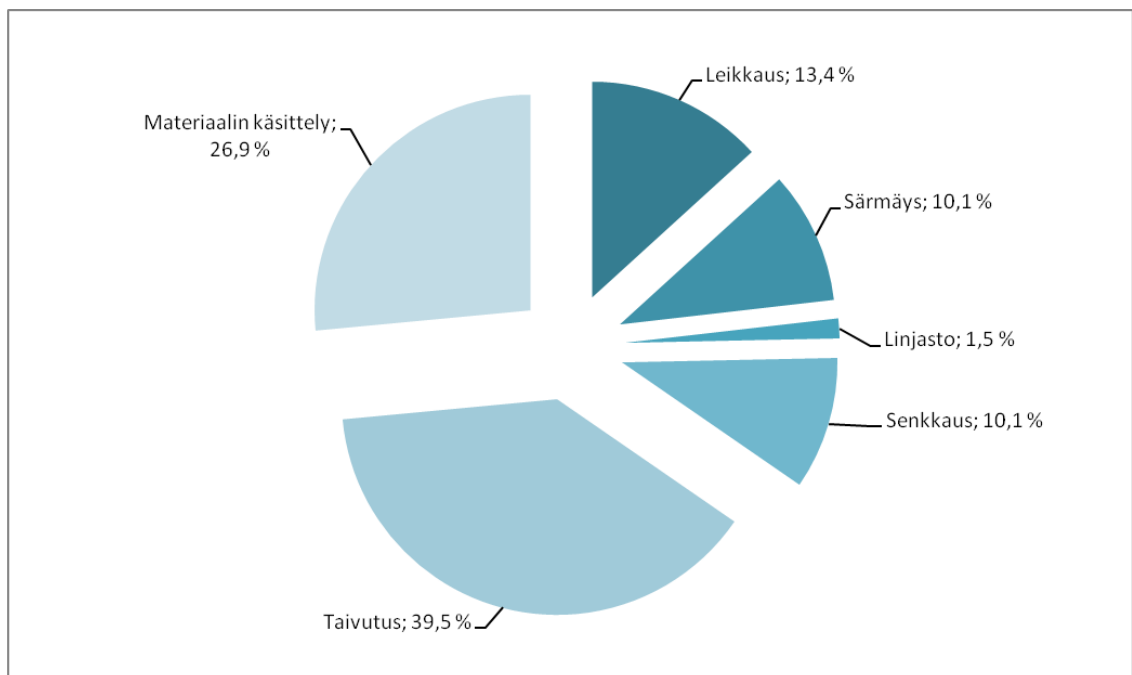
- Pieni naarmuuntuminen väistämätöntä.
- Linjaston vaikutukset kokoonpanoon olemattomat. (kulkuaukot, porrasaukot tehtävä edelleen manuaalisesti).

7.3 Automaattisen linjan vaikutus esivalmistusaikoihin

Laskelmassa on käytetty Gekan linjaston kuljetusnopeusarvoa, joka on 18 metriä / min.

(www.geka.es)

Seuraavasta kuvasta selviää miten esivalmistuksen vaiheajat muuttuvat, kun eri toimintoja yhdistetään samalla laitteella tapahtuvaksi.



Kuva 7.4 Prosenttiosuudet uusista muotorautojen käsittelylaitteella toteutetusta esivalmistuksen valmistusvaiheajoista.

8 VESILEIKKAUSJÄRJESTELMÄ

Työssä päädyttiin tutkimaan vesileikkausjärjestelmän vaikutusta tuotantoon, koska yrityksessä oli tehty jo ennen päättötyön aloittamista hieman kartoitusta vesileikkausjärjestelmistä. Vesileikkausjärjestelmien tarjonta on varsin laajaa maailmalla, ja kuten näissäkin, hinta ja laatu eivät aina kohtaa. Kyseisen järjestelmän käyttökustannukset ovat edullisimmasta päästä verrattuna muihin leikkausmenetelmiin. Vesileikkauksesta voidaan myös todeta, että se ei aiheuta minkäänlaisia päästöjä ja ympäristörasituksia, koska leikkaavat ainesosat ovat

vesi ja hiekka. Järjestelmän etuja ovat sen leikkausmonipuolisuus, koska laitteella voi leikata lähes kaikkia tunnettuja materiaaleja. Yrityksessä oli päädytty pyytämään tarjous suomalaiselta Alikolta (kuva 8.1). Kyseinen tarjous ja ohessa tulleet tarkemmat tiedot toimivat työn sekä laskelmien pohjana.



Kuva 8.1 Alikon 6000 x 2100 vesileikkuri.
(www.aliko.fi)

8.1 Vesileikkauksen edut ja haitat

Yrityksessä päädyttiin tutkimaan kyseistä järjestelmää, koska sen käyttökustannukset ovat edullisimmasta päästä sekä yrityksessä ei ole tarvetta leikata yli 40 mm aineenvahvuuksia. Seuraavassa on lueteltu joitakin järjestelmän etuja ja haittoja.

Edut

- Osien tarkkuus ja visuaalisuus huippuluokkaa sekä leikkaustarkkuutta säädettävissä.

- Vesileikkausjärjestelmää voidaan hyödyntää myös muuhun valmistukseen ja osiin.
- Vesileikkausjärjestelmä mahdollistaa monien muiden materiaalien leikkauksen.
- Vaikutus kokoonpanoon suuri, koska kokoonpanovaiheessa ei tarvitse leikata manuaalisesti kulku-/ porrasaukkoja.
- Laitteisto voidaan jättää ”yksin” leikkaamaan
- Laitteisto ei tarvitse välttämättä erillistä ohjelmoijaa, vaan suunnittelija pystyy tekemään leikkausohjelmat ja lähettämään ne laitteelle.
- Leikkauspäiden lisääminen jälkeinpäin.
- Laitteisto suomalainen ja kyseisellä valmistajalla 24 h huoltotakuu.
- Ei aiheuta hajuhaittoja ympäristöön.
- Vesileikkausjärjestelmiä ei tällä hetkellä ole Etelä-Karjalan alueella vielä toistaiseksi ainuttakaan.

Haitat

- Laitteistonkoulutus ja käyttö sitoo 1 - 3 henkilöä.
- Laitteiston on toimittava luultavasti 16 h vuorokaudessa, jotta saavutettaisi tarpeellinen tuottavuus.
- Laitteiston kiinteät ja korkeat käyttökustannukset.
- Osien jatkokäsittelyvaiheita silti monta (särmäys, taivutus, siirrot).

Seuraavassa on esitetty muutama esimerkki vesileikkausjäljistä (kuvat 8.2 – 8.4) ja miten leikkaustarkkuus muuttuu kun nopeutta nostetaan. Täytyy kuitenkin muistaa, että esimerkki kappaleet ovat aineenvahvuudeltaan 25 mm, muistutettakoon myös, että työssä käsiteltävät osat ovat pääsääntöisesti 8 mm.



Kuva 8.2 Vesileikkausjälki nopeudella 40mm/min.



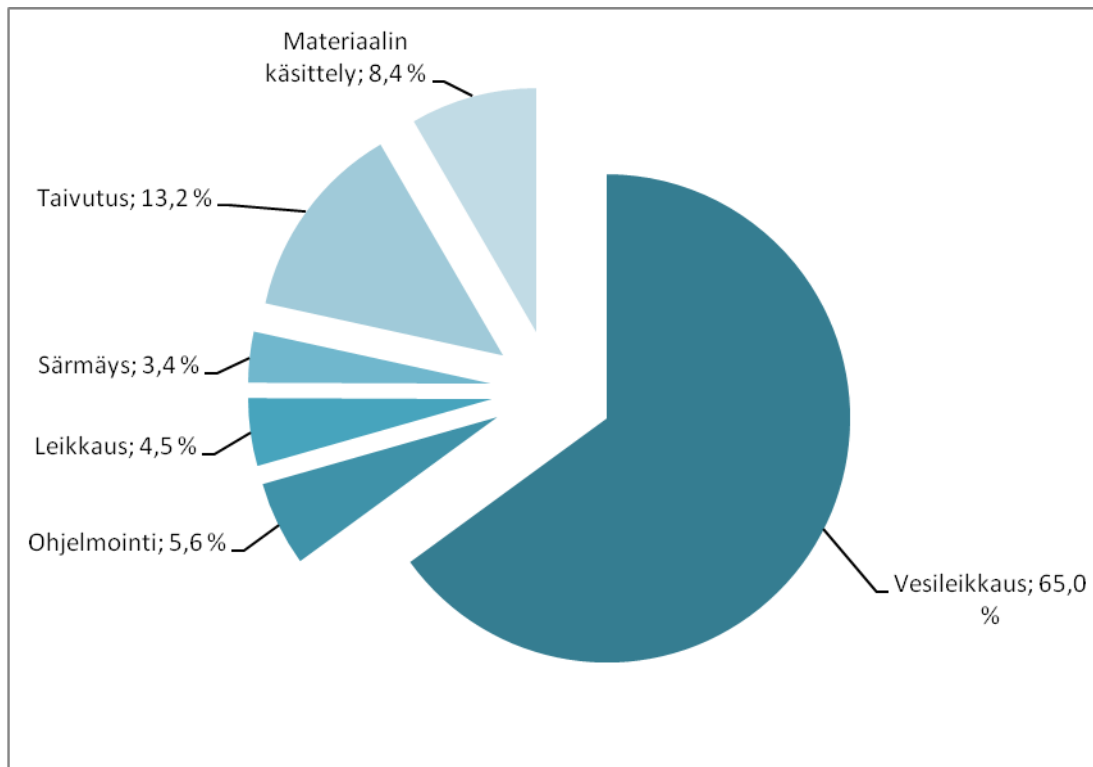
Kuva 8.3 Vesileikkausjälki nopeudella 80mm/min.



Kuva 8.4 Vesileikkausjälki nopeudella 170mm/min.

8.2 Vesileikkausjärjestelmän vaikutus esivalmistusaikoihin

Vesileikkausjärjestelmän leikkausajat pyydettiin valmistajalta. Valmistaja sai laskettua ajat, suoraan suunnitteluohjelmisto Catian levityskuvista.



Kuva 8.5 Prosenttiosuudet vesileikkauksella suoritetusta esivalmistuksen valmistusvaiheajoista.

Leikkausaikojen laskennassa on käytetty oletuksena yhtä leikkauspäätä, kuten jo aikaisemmin kävi ilmi niin kyseiseen laitteeseen on mahdollista saada useampi leikkauspää (6 kpl).

9 LASERLEIKKAUSLAITTEISTO

Yritykseen hankittiin päättötyötä tehtäessä Blm Groupin valmistama laserleikkauslaitteisto (kuva 9.1). Laite on yhdistelmäkone jolla pystyy leikkaamaan 1500 x 3000 levyä ja lähes kaikkia putkipalkkiprofiileja, rajoittavana tekijänä on leikkauspää, joka ei toimi kuin 2D periaatteella eli leikkauspää ei ole kääntyvä.



Kuva 9.1 Putki- /levylaserlaitteisto.
(www.blmgroupp.com)

9.1 Laserleikkaus laitteiston edut ja haitat

Edut

- Osien tarkkuus ja visuaalisuus huippuluokkaa.
- Vaikutus kokoonpanoon suuri, koska kokoonpanovaiheessa ei tarvitse leikata manuaalisesti kulku-/ porrasaukkoja.
- Laserleikkausjärjestelmää voidaan hyödyntää laajasti muussakin osa ja alihankintatuotannossa.

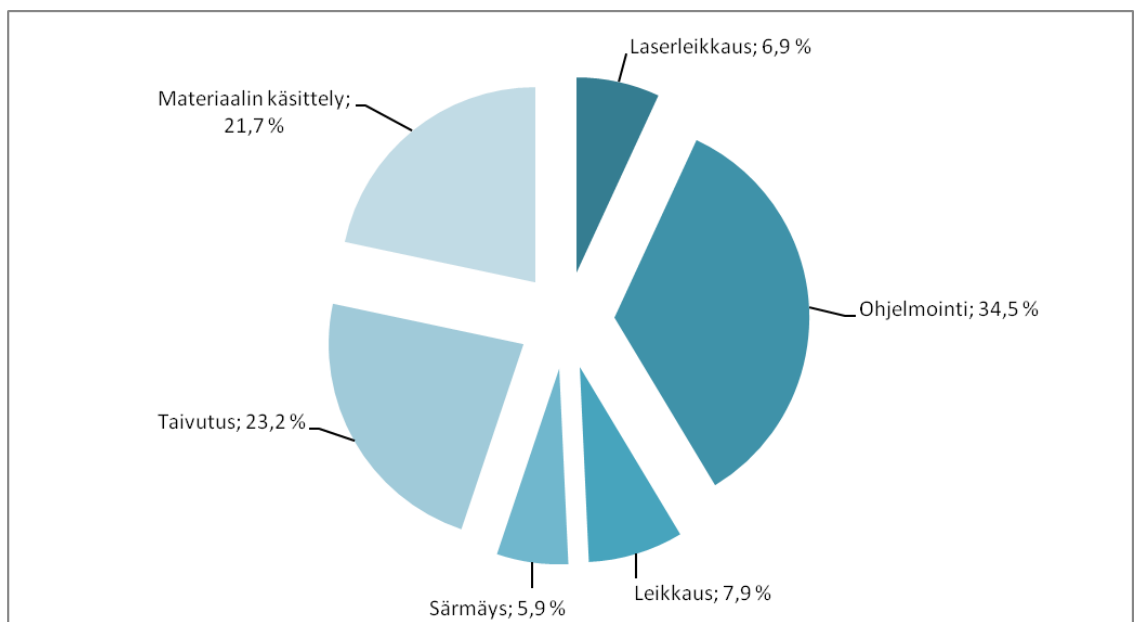
Haitat

- Sitoo 3 - 6 ohjelmoijaa sekä käyttäjää.
- Laitteisto vaatii mittatarkkoja palkkiprofiileja, joka aiheuttaa ongelmia itse levystä leikatussa ja särmätyssä kulma aihiossa aihiot eivät ole 6-metrinä täysin mittatarkkoja.
- Laitteiston korkeat käyttökustannukset.
- Laitteiston korkea hankinta hinta ja käyttökustannukset vaativat, että laitteella on oltava paljon töitä.

- Huolto Euroopassa, joten huollon saanti saattaa aiheuttaa ongelmia.

9.2 Laserleikkaus laitteiston vaikutus esivalmistusaikoihin

Kuvassa on esitetty laserleikkauksen laskennallinen vaikutus esivalmistukseen.



Kuva 9.2 Prosenttiosuudet laserleikkauksella suoritetusta esivalmistuksen valmistusvaiheajoista.

10 TULOSTEN YHTEENVETO

Kaikissa laskelmissa on käytetty esimerkkinä samanlaista hoitotasoa. Hoitotaso sisältää 11-metriä tasokulmaa, yhden porrastetun ja yhden kulkuaukon. Taso on muodoltaan L-mallinen ja sisältää siis 6 kulmaa (1 ulko- ja 5 sisäkulmaa).

10.1 Muotorautalinjasto

Ensimmäiseksi tarkasteltiin muotorautalinjaston vaikutusta esivalmisteiden valmistukseen, ja laskelmien perusteella esivalmisteiden valmistusaika tippuisi keskimäärin yli xx %. Kun tuotantoa uudistetaan, olisi hyvä miettiä samalla tuotantotilojen uudelleen järjestelyä, koska pienillä järjestelytoimenpiteillä saataisiin aikaan noin xx - xx %:n aikasäästö esivalmisteiden valmistuksessa. Säästöä syntyy myös materiaalista, kun kyseisessä laitteessa voidaan käyttää levystä kantattua reunaprofiilia, koska laitteisto sallii aihoiden pienet mittavirheet, joita manuaalisesti leikattaessa ja kantattaessa väkisinkin tulee. Muotorautalinjaston haittana on, ettei sillä ole mitään vaikutusta kokoonpanoon. Kokoonpanon työmäärä ei vähene ollenkaan, vaan valmistaja joutuu edelleen manuaalisesti leikkaamaan kulmahiomakoneella tarvittavat aukot ja liitokset.

10.2 Vesileikkausjärjestelmä

Toisena esimerkkinä tarkasteltiin vesileikkausjärjestelmän vaikutusta esivalmisteiden valmistukseen, ja laskelmien perusteella esivalmisteiden valmistusaika nousisi noin xx %, mutta suurin hyöty saavutettaisiin tässä tapauksessa kokoonpanossa ja visuaalisuudessa. Vesileikkauksen avulla visuaalisuus paranisi huomattavasti, koska jälki ja laatu olisi tasaista, joka sekin osaltaan helpottaisi kokoonpanoa ja viimeistelyä. Hyötyä saavutetaan myös materiaalikuluissa, koska järjestelmällä voidaan osat tehdä levystä. Levytavara on huomattavasti edullisempaa hankintahinnaltaan kuin kuumavalssattu valmis kulmarauta. Kokoonpanon ajallinen vaikutus olisi noin xx % pienempi alkuperäisistä arvoista. Kokoonpanon vaikutus perustuu vain kokemukseen, arvioihin, koska tarkkoja valmistusaikoja ei ole työssä tutkittu ja mitattu.

10.3 Laserleikkauslaitteisto

Kolmas vaihtoehto oli tutkia laserleikkauslaitteiston vaikutusta esivalmistukseen. Kyseisen laitteiston hyödyt ovat samat kuin vesileikkauksessakin, mutta laitteisto ei kykene leikkaamaan itse särmättyä kulmarautaa, joten kulmarauta on tilattava valmiina, mikä aiheuttaa lisäkustannuksia valmistukseen.

11 YHTEENVETO

Työn alkuvaiheessa kerättiin perustietoja työvaiheista ja niiden vaiheajoista, Työssä pyrittiin kehittämään nykyisen hoitotasorakenteen kehittämistä esivalmistuksen osalta tehokkaammaksi ja valmistusystävällisemmäksi, jotta yritys voisi vastata paremmin kilpailuun ja lyhentyneisiin toimitusaikoihin. Teräksisen hoitotason esivalmistuksen kehittäminen aloitettiin hankkimalla uutta vastaavat 6- metriset, levyleikkuri ja särmäyspuristin, joilla mahdollistettiin reuna-aihioiden tekeminen täysistä 6-metrisistä levyistä, jonka avulla saatiin jo 6 % pois esivalmistuksen sitomasta valmistusajasta. Tutkimuksen tulokset olivat niin monipuolisia, että työn ulkopuolella oli tutkittava kehitysideoita myös muilta valmistuksen osa-alueilta. Niiden tuloksena yritykseen päädyttiin hankkimaan Blm groupilta levy- / putkilaser, koska laitteen käyttökohteet olivat todella laajat sekä sinä aikana vallitsevan taantuman aikana laitteen hankintahinta oli jo kohtalaisen edullinen. Laitteen avulla mahdollistettiin, että esivalmisteen läpimenoaika putosi xx % alkuperäisestä. Laskelmien pohjalta huomattiin myös, että yrityksen materiaalivirta tarvitsi parannusta, koska jokaisen kehitysidean kohdalla materiaalin käsittelyyn kului valtavasti aikaa. Nyt oli hyvä aika korjata tuotakin ongelmaa, uusien laitteiden hankkimisen yhteydessä. Tällä hetkellä layoutin kehitys on menossa oikeaan suuntaan, mutta siinäkin rajoituksia asettaa vanha rakennus ja muutamat toimipisteet.

KUVAT

Kuva 2.1 Erään paperikoneen ympärille koostuvien hoitotasojen 3D layout.

Kuva 3.1 Käytössä oleva Aliko 3016-3 levyleikkuri.

Kuva 3.2 Käytössä oleva Amada HFT 220- 3 särmäyspuristin.

Kuva 3.4 Käytössä esivalmistuslinjaston vannesaha.

Kuva 3.5 Sahauslinjaston lävistin ja kulmanpoistolaite, lävistin vasemmalla puolella ja kulmanpoistaja oikealla.

Kuva 3.6 Kulmaprofiilien taivuttamiseen käytettävä hydraulitaivutin.

Kuva 4.1 Tuotantotilojen funktionaalinen layout sekä koneiden sijoittelu numeerisesti.

Kuva 4.2 Koneiden sijoittelu numeerisesti.

Kuva 5.1 Prosenttiosuudet esivalmistuksen valmistusvaiheajoista.

Kuva 6.1 Alikon 6016 6 metriä leveä levyleikkuri.

Kuva 6.2 Alikon 1050, 6 metriä leveä särmäyspuristin.

Kuva 7.1 Alumiinisten hoitotasojen osastolla toimiva lävistinlinja.

Kuva 7.2 Tigerstop -merkkinen kuljetuslinjasto, joka on mahdollista asentaa minkä tahansa (esim. pora, leikkuri, saha) koneen ”kylkeen”.

Kuva 7.3 Gekan automaattinen lävistinlinjasto.

Kuva 7.4 Prosenttiosuudet uusista muotorautojen käsittelylaitteella toteutetusta esivalmistuksen valmistusvaiheajoista.

Kuva 8.1 Alikon 6000 x 2100 vesileikkuri.

Kuva 8.2 Vesileikkausjälki nopeudella 40mm/min.

Kuva 8.3 Vesileikkausjälki nopeudella 80mm/min.

Kuva 8.4 Vesileikkausjälki nopeudella 170mm/min.

Kuva 8.5 Prosenttiosuudet vesileikkauksella suoritetusta esivalmistuksen valmistusvaiheajoista.

Kuva 9.1 Putki- /levylaserlaitteisto.

Kuva 9.2 Prosenttiosuudet laserleikkauksella suoritetusta esivalmistuksen valmistusvaiheajoista.

LÄHTEET

Kirjalliset teokset

Uusi-Rauva, Haverila, Kouri, Miettinen, Teollisuustalous. Tampere, 2003, s. 475-482.

Tölli A., Kapeikkoajattelun käytännön sovelluksia. Teknillinen tiedotus. Metalliteollisuuden Kustannus Oy, 1990 Helsinki. s. 9.

Lait ja asetukset

SFS EN 14122-1, Kulkutien valinta, Suomen standardisoimisliitto.

SFS EN 14122-3, Portaat ja kaiteet, Suomen standardisoimisliitto.

Internetlähteet

Aliko suomi, [Http://www.aliko.fi](http://www.aliko.fi), (Luettu 27.5.2010).

Blm group italia, [Http://www.blmgroupp.com](http://www.blmgroupp.com), (Luettu 14.6.2010).

Geka Espanja [Http://www.geka.es](http://www.geka.es) (Luettu 27.7.2010).

Kuopion yliopisto, [Http://www.uku.fi/avoin/tuta/j4](http://www.uku.fi/avoin/tuta/j4), (Luettu 12.10.2009).

Suomen standardisoimisliitto, [Http://sfs.fi](http://sfs.fi), (Luettu 5.7.2009).

Tekniikan akateemisten liitto, [Http://www.tek.fi](http://www.tek.fi), (Luettu 13.10.2009).

Tigerstop, <http://www.keyway.fi/tigerstop.html>, (Luettu 26.4.2010).

Haastattelut

M. Pölkki, Tuotantopäällikkö, Premekon Oy, Henkilökohtainen tiedonanto 17.2.2009

Lisäksi

Työaikamittaukset.

Projektikohtaiset tiedot ja työtuntiseuranta.

Vierailu ja koulutus tilaisuus Blm goupin tehtaalla Italiassa 15.-21.11.2009.