

---

# **JYRSINKONEIDEN VAKIOTYÖKALUT SEKÄ KONEISTUSTÖIDEN ESIVALMISTELUN HAASTEET**




Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Tuotekehityksen koulutusohjelma

Riihimäen toimipiste, 31.1.2013

Tarja Jalli



Riihimäki  
Tuotekehityksen koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Tarja Jalli	<b>Vuosi</b> 2013
<b>Työn nimi</b>	Jyrsinkoneiden vakiotyökalut sekä koneistustöiden esivalmistelun haasteet	

---

## TIIVISTELMÄ

Huippuluokan tuotteita ja innovaatioita maailmalle tuonut suomalainen teknologiateollisuus on heikentyneen maailmantalouden johdosta tilanteessa, jossa tuotteiden ja palveluiden tuottaminen on tehtävä entistä tehokkaammin. Kone- ja metallituoteteollisuus yhteistyö- ja alihankintaverkostoinen joutuu etsimään tapoja, joilla paremmin hyödyntää osaamisensa ja resurssinsa.

Tämä opinnäytetyö tehtiin oittilaiselle Metsi Oy:lle. Työn tavoitteena oli tutkia ja kartoittaa työkalujen käyttöä yrityksen jyrsinkoneilla sekä sitä kuinka koneistamossa ennakoidaan tulevia töitä. Tietoa haluttiin myös siitä, mikä mahdollistaa ja mikä estää uuden työn valmistelun edellisen työn aikana.

Työkalujen käyttöä seurattiin koneilla olleiden seurantalistojen avulla sekä tutustumalla vakiotöiden työstöohjelmiin. Näistä koostettiin konekohtaiset listat useimmin käytetyistä työkaluista. Työn sujumista ja ennakointia kartoitettiin lomakekyselyn ja keskustelujen pohjalta. Tämän pohjalta annettiin työn sujumiseen liittyviä suosituksia.

Teoriaosuudessa käsiteltiin koneistamisen, sorvauksen ja jyrsinnän perusteita, jyrsinteriä, terien ja kappaleen kiinnittämistä. Lisäksi paneuduttiin tuottavuuden perusteisiin sekä tekijöihin, joilla työntekijöiden motivaatioita ja työn tekemisen edellytyksiä voidaan parantaa.

Opinnäytetyön tuloksena luotiin ehdotus työkalustandardiksi sekä konekohtaiset listat useimmin käytetyistä työkaluista. Ehdotuksia annettiin myös työn sujumiseen, kuormitukseen sekä työmotivaation parantamiseen.

**Avainsanat** Koneistaminen, jyrsiminen, teränpidin, tuottavuus, kuormitus.

**Sivut** 39 s. + liitteet 25 s.

Riihimäki  
Degree Programme in Product Development

---

<b>Author</b>	Tarja Jalli	<b>Year</b> 2013
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	Tools and cutters of milling machines and the challenges of advance preparation	

---

## ABSTRACT

The Finnish technology industry which has produced top class products and innovations to the world is, due to the world's economic crisis, in a situation where producing products and services has to be made even more efficient than before. Mechanical Engineering and Metal industries that use cooperation and subcontracting networks need to look for ways to enhance the usage of in-house capability and resources.

This thesis was made for Metsi Oy in Oitti. The aim was to study the machine tool usage on the company's milling machines, the workflow and the way preparations are done for coming work. The company also wanted to gain an understanding on the factors that make the preparations for the next machining work during the preceding one possible or impossible.

The tool usage information was collected on tool lists prepared beforehand and by studying machining programs of repetitive products at the milling machines. Machinists marked the used tools on the lists with a pencil. Information was then summarized into a list of the most frequently used milling tools and cutters on each milling machine. Advance preparation for new machining work was studied with a questionnaire and discussion. As a result of these some improvement suggestions were given.

The theoretical part was handling the fundamentals of machining: turning, milling, milling tools and cutters as well as the fastening of tools and workpieces. Furthermore the basics of productivity and capacity loading were introduced along with some factors that improve workers motivation and working preconditions.

As a result of this thesis a milling tool standard was created accompanied with lists of the most frequently used tools for each milling machine. Some suggestions for improved workflow, capacity loading and motivation building were also given.

**Keywords** Machining, milling, tool holder, productivity, capacity loading.

**Pages** 39 p. + appendices 25 p.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Talouden näkymät.....	5
1.2	Kannattavuuden ja tuottavuuden suhde.....	6
1.3	Työn tavoitteet.....	6
1.4	Aiheen rajaus.....	7
1.5	Keskeisiä käsitteitä.....	7
2	METSI OY .....	8
2.1	Koneistamo.....	10
2.2	Koneet .....	11
2.3	Vakiotyöt.....	12
3	KONEISTAMINEN .....	13
3.1	Sorvaaminen.....	14
3.2	Jyrsiminen .....	16
3.2.1	Jyrsinässä käytettävät terät .....	18
4	TUOTTAVUUS .....	20
4.1	Toiminnanohjauksen tavoitteet .....	21
4.2	Materiaalipuutteiden vaikutus .....	22
4.3	Tiedot, taidot ja tahto .....	22
5	TYÖN TOTEUTUS .....	23
5.1	Jyrsinkoneet.....	23
5.2	Työkalut .....	24
5.2.1	Työkalujen vaihdettavuus.....	24
5.3	Kappaleen kiinnittäminen .....	25
5.4	Työn vaiheet jyrsinkoneella .....	26
5.5	Koneistettavat aihiot.....	27
5.6	Kuormitus.....	27
6	TULOKSET .....	28
6.1	Työkalujen käytön seuranta .....	29
6.2	Työn sujuminen.....	30
6.2.1	Työajan jakautuminen .....	31
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	32
7.1	Ehdotukset konekohtaisiksi työkalulistoiksi ja työkalustandardiksi.....	33
7.2	Suosituksat töiden esivalmisteluun ja sujuvuuteen .....	33
8	YHTEENVETO .....	35
	LÄHTEET .....	38

- Liite 1 METSI OY:N KONELUETTELO - **Luottamuksellinen**
- Liite 2 YLEISIMPIEN TYÖKALUJEN SEURANTA MTE - **Luottamuksellinen**
- Liite 3 YLEISIMPIEN TYÖKALUJEN SEURANTA JOHNFORDE –  
**Luottamuksellinen**
- Liite 4 MORI SEIKIN VAKIOT – TYÖKALULISTA- **Luottamuksellinen**
- Liite 5 TYÖKALUJEN KÄYTÖN SEURANTA MTE - **Luottamuksellinen**
- Liite 6 TYÖKALUJEN KÄYTÖN SEURANTA JOHNFORDE –  
**Luottamuksellinen**
- Liite 7 KONEISTAMON NYKYTILAN KARTOITUSKYSELY –  
**Luottamuksellinen**
- Liite 8 NYKYTILAN KARTOITUKSEN YHTEENVETO - **Luottamuksellinen**
- Liite 9 LAAJENNATTU TUNTISEURANTALOMAKE - **Luottamuksellinen**
- Liite 10 EHDOTUS VAKIOTYÖKALULISTAKSI MTE - **Luottamuksellinen**
- Liite 11 EHDOTUS VAKIOTYÖKALULISTAKSI JOHNFORDE –  
**Luottamuksellinen**
- Liite 12 EHDOTUS VAKIOTYÖKALULISTAKSI MORI SEIKI –  
**Luottamuksellinen**
- Liite 13 EHDOTUS JYRSINKONEIDEN STANDARDITYÖKALULISTAKSI -  
**Luottamuksellinen**

## 1 JOHDANTO

Suomalainen teknologiateollisuus on menestynyt ja tuonut jatkuvasti maailmalle uusia huippuluokan tuotteita ja innovaatioita, joilla olemme luoneet maailmalla maineen teknologian edelläkävijänä. Teollisuudenala vastaa 60 prosentista Suomen viennistä ja 80 prosentista tuotekehitysinvestoinneista.

Teknologiateollisuuden yritysten päätoimialat ovat:

- elektroniikka- ja sähköteollisuus
- kone- ja metallituoteteollisuus
- metallien jalostus
- suunnittelu ja konsultointi
- tietotekniikka-ala.

(Alan esittely, 2012.)

Kone- ja metallituoteteollisuuden toimialalla, joka on 125 tuhannella suoraan työllistämällään henkilöllä Teknologiateollisuus ry:n suurin toimiala, tuotetaan asiakkaan kokonaistarpeisiin soveltuvia ratkaisuja, joissa käytetään laajasti yritysten yhteistyö- ja alihankintaverkostoja. Alan toimijoiden tuotteita ovat muun muassa erilaiset laivat, nostimet ja nostolaitteet, koneet, ajoneuvot, hissit, mineraalienkäsittelylaitteet sekä maa- ja metsätalouuskoneet. (Kone- ja metallituoteteollisuus, 2012.)

Menestyäkseen jatkuvasti kiristyvässä kilpailussa teollisuuden on kyettävä tuottamaan tuotteensa ja palvelunsa kustannustehokkaasti kaikki resurssinsa hyödyntäen. Kiristyvä hintakilpailu ja kohoavat kustannukset pakottavat yritykset kehittämään omia prosessejaan. Töiden oikea-aikaisuus, materiaalin hallinta, jatkuva parantaminen ja tarkoituksenmukainen laatu ovat kilpailutekijöitä, joilla kustannusten muodostumiseen voidaan pureutua. Myös työajan jakautumisen suhde työn tekemiseen sekä muihin toimintoihin tulee ottaa kriittiseen tarkasteluun. Aputoiminnot, etäisyydet, puutteet, siirrot ja kuljetukset vaikuttavat osaltaan tuotannon teholliseen työaikaan.

Opinnäytetyössä tarkastellaan Metsi Oy:n koneistamon jyrsinkoneiden työkalujen käyttöä sekä koneistamon työtehtävien sujuvuutta ja ennakoimista. Näiden perusteella pyritään luomaan työkalustandardi ja konekohtainen suositus vakiona olevista työkaluista, sekä antamaan suosituksia työn esivalmisteluun ja sujuvuuteen.

### 1.1 Talouden näkymät

Syksyllä 2012 heikentyneen maailmantalouden kasvuksi vuonna 2012 arvioitiin 3,3 prosenttia ja vuodelle 2013 3,6 prosenttia. Kiinan taloudellisen aktiiviteetin heikkeneminen ja kansantuotteen kasvun lähes puolittuminen vuosien 2006–2007 tasosta lisäävät talouden epävarmuutta eri puolilla maailmaa. Euroopan ja Yhdysvaltain heikon kysynnän aiheuttama viennin vaikeutuminen aiheutti Kiinaan ylikapasiteetin syntyä ja raaka-aineiden

kulutuksen laskua, minkä vaikutuksesta erityisesti kehittyvissä maissa raaka-aineiden tuottajilla on vientiongelmia. Samalla Kiinan kysyntä länsimaaisista koneista ja laitteista on pudonnut.

Myös Länsi-Euroopan taantuma jatkuu. Vahvana pidetyn Saksan vienti- ja tilauskannan sekä sikäläisen koneteollisuuden kotimaisen kysynnän kääntyminen laskuun kertoo Eurooppalaisten laiteinvestointien vähenemisestä sekä rahoitusehtojen kiristymisestä. (Tilanne ja näkymät, 2012.)

Valtiovarainministeriön Suomen kansantuotteen syksyinen kasvuennuste vuodelle 2012 sekä 2013 oli yksi prosentti. Ennusteessa oletettiin euroalueen ongelmien jatkuvan mutta alueen rakenteiden ei oletettu dramaattisesti muuttuvan. Vuoden 2012 kasvun odotettiin tulevan kotimaisesta kysynnästä. (Taloudellinen katsaus, 2012.)

Maailmanlaajuisen talouskriisin puhkeaminen ja matkapuhelimien Suomesta viennin romahduksen osuminen samaan ajankohtaan 2008 muutti Suomen talouskasvun edellytyksiä. Teknologiateollisuuden tavara- ja palveluviennissä tapahtui pudotus ja samaan aikaan tutkimuksen ja kehittämisen investoinnit kääntyivät laskuun. Vaihtotaseen kääntyminen alijäämäiseksi 2008 ja kehitys sen jälkeen on pudottanut Suomen Euroopan kriisimaiden Espanjan, Italian ja Iso-Britannian joukkoon. (Tilanne ja näkymät, 2012.)

### 1.2 Kannattavuuden ja tuottavuuden suhde

Pidettäessä vuoden 2008 tasoa vertailukohtana on teknologiateollisuuden kannattavuus noin 10 prosenttia huonompi työvoimakustannusten jatkettua samanaikaisesti tasaista kasvuaan, minkä johdosta työvoimakustannukset suhteessa tuottavuuteen ovat nousseet. Samanaikaisesti teollisuuden työpaikat kone- ja metallituoteteollisuudessa, metallien jalostuksessa sekä elektroniikka- ja sähköteollisuudessa ovat vähentyneet 35 000:lla. (Tilanne ja näkymät, 2012.)

Vaikea tilanne näkyy erityisesti alihankintateollisuudessa 25 prosentin yrityksistä toimiessa kannattavuusrajan alapuolella. Tilauskanta on pysyvästi 30–40 prosenttia vertailuvuoden tasosta. Samanaikaisesti globaalisti toimivat yritykset tarvitsevat vähemmän alihankintaa Suomesta vahvistaessaan asemiaan nopeasti kasvavilla markkina-alueilla ja hyödyntäessään paikallisia palveluja. Pk-yritysten onkin löydettävä uusia asiakkaita ja tuotteita. (Toimialan tilannekuva, 2012.)

### 1.3 Työn tavoitteet

Opinnäytetyössä tutkitaan Metsi Oy:n koneistamon toimintaa:

- töiden esivalmistelua
- käytettyjä työkaluja ja kiinnittimiä
- työn sujuvuutta
- ja työn ennakoitavuutta.

Näiden perusteella pyritään luomaan jyrsintään työkalustandardi ja konekohtainen suositus vakiona olevista työkaluista. Lisäksi tutkitaan uuden koneistustyön esivalmistelua edellisen koneistustyön aikana, koneistamossa tehtävien työtehtävien sujuvuutta sekä tulevien töiden ennakkointia. Työ toteutetaan keskustelemalla ja havainnoimalla kuormitusta, tehtäviä töitä, materiaalin saatavuutta, esivalmistelua, käytettäviä työkaluja, koneistamista ja ajankäyttöä. Tällä pyritään ymmärtämään se, mikä mahdollistaa ja mikä estää seuraavan työn esivalmistelun edellisen koneistustyön aikana.

### 1.4 Aiheen rajaus

Opinnäytetyössä keskitytään seuraamaan työkalujen käyttöä. Seuranta-menetelminä ovat yksinkertainen tukkimiehen kirjanpitoon perustuva järjestelmä sekä jyrsinkoneiden vakiotöiden ohjelmien tutkiminen. Työssä ei arvioida itse työstöohjelmien rakennetta, työstöön valittuja työkaluja eikä lastuamisparametreja. Töiden moninaisuuden vuoksi ei tavoite myöskään ole että yksittäisen koneen tehollinen aika saadaan maksimoitua, vaan että kaikki työn tekeminen on mahdollisimman tehokasta.

Uuden työn esivalmistelua edellisen työn aikana, sen esteitä sekä asioita, jotka sen mahdollistavat, tutkitaan kyselyjen ja haastattelujen avulla. Työn tekemisestä ei tehdä kuvallista analyysiä eikä tekemistä kelloteta.

### 1.5 Keskeisiä käsitteitä

**PK-yritys** – yritys joka työllistää alle 250 henkeä

**Koneistus** - lastuavilla menetelmillä (jyrsintä, sorvaus, poraus, avarrus, höyläys, hionta ja sahaus) suoritettavaa aineenpoistoa

**Asetusaika** - aika joka menee työkappaleen kiinnittämiseen, terien hakuun, mittaukseen ja kiinnittämiseen, myös työstöohjelman tekemiseen tai valmiin ohjelman koneen muistista tai tietokoneelta hakemiseen kuluva aika

**Lastuamisparametrit** – lastuamisarvot kuten lastuamisnopeus, syöttö ja pyörimisnopeus

**Lastuamisnopeus** - työkalun nopeus suhteessa työkappaleeseen

**Syöttö** - työkalun poistama ainemäärä, sorvauksessa kappaleen yhden pyörähdyksen, jyrsinnässä pyörivän terän yhden hampaan, poistama ainemäärä

**Lastuamissyvyys** - sorvauksessa syvyys jonka terä painuu kappaleen sisään, jyrsinnässä puhutaan vastaavasti lastunpaksuudesta

**Kara** – työstökoneen pyörivä pääakseli, johon kiinnitetään sorvilla työkappale ja jyrsinkoneella käytettävä terä

**Teränpidin, jyrsintuurna** – välikappale, jonka avulla jyrsinterä kiinnitetään jyrsinkoneen karaan

**ISO -kartio** – jyrsintuurnan tai teränpitimen kartio, jonka kartiokkuus on 7:24

**PVD** - physical vapor deposition, tyhjiössä tapahtuva fysikaalinen kaasufaasipinnoitus

**CVD** - chemical vapor deposition – tyhjiössä tapahtuva kemiallinen kaasufaasipinnoitus



**CAD/CAM** - Computer-Aided Design

/ Computer-Aided Manufacturing - tietokoneavusteinen suunnittelu / - valmistus

**CAE** - Computer-Aided Engineering – tietokoneavusteinen tekniikka

**CNC** - Computer numerical control – tietokoneavusteinen numeerinen ohjaus

**MTE** – Machine Tool Engineering SA:n jyrsinkonetyyppi

**WinCAM** - Työstökoneen työstöratojen suunnitteluohjelma

**Remote Server – toiminto** – tässä tietokoneen toimiminen työstöohjelmien etäpalveluasemana

**Kapasiteetti** – tuotantokyvyn mittari joka kertoo maksimi suorituskyvyn aikayksikössä

**Kuormitus** – toiminnon varaaman kapasiteetin määrä

**Tuottavuus** – aikaansaatu tuotos jaettuna sen tuottamiseen käytetyllä panoksella

## 2 METSI OY

Metsi Oy on 1968 perustettu metallialan yritys, jolla on sekä omaa METSI- laitetuotantoa graafiselle ja koneenrakennusteollisuudelle että teollisuuden alihankintaa. Yritys toimii Hausjärven Oitissa n. 5100 neliön tuotantotiloissa (Kuva 1) ja työllistää 25 henkeä. Liikevaihto vuonna 2011 oli 2,9 miljoonaa euroa. Tuotanto on yksittäis- ja piensarjatuotantoa, sarjasuuruudeltaan 1-50 kappaletta, painoltaan aina 5000 kiloon asti. Metsi Oy:n toiminnoilla on Inspectan Green Card Quality® sertifiointi.

Tyypillisimmillään työt ovat alikokoonpanoja tai niiden osia, joihin tehdään laajasti koneistus-, hitsaus-, maalaus- ja kokoonpanovaiheita. Tuotantokalustoon kuuluvat levytyöstön peruskoneet, lastuavan työstön koneet, ruiskumaalaamo, mekaniikka- ja sähkökokoonpano sekä näiden kokoonpanojen testaus.



Kuva 1. Metsi Oy:n tuotantolaitokset

Metsi Oy:n perusti Mauri Hilakari 1968 vuokratiloihin nimellä Metalli- ja Sisustusväline Oy, jonka toimialana oli liikekalusteiden valmistus ja asennus sekä alihankinta lähiseutujen konepajoille. 1970 toiminta muuttui alihankintaan ja yhtiön nimi muutettiin vuonna 1974 Oy Met-Si Ab:ksi. 1978 Oiva Nurmi tuli mukaan yhtiöön toimitusjohtajana ja osakkaana ja silloin rakennettiin teräsrakennehalli ja maalaamo. 1979 käynnistettiin graafisen teollisuuden laitevalmistus Insinööritoimisto Pentti Santalalta ostettujen tuoteoikeuksien pohjalta.

Graafisen teollisuuden laitekokonaisuuksia kehitettiin omassa suunnittelussa ja ensimmäinen kokonaisjärjestelmä toimitettiin Suomeen vuonna 1982 viennin käynnistyessä vuotta myöhemmin. Laitteiden suunnittelu-, tuotekehitys- ja markkinointityötä hoitamaan perustettiin insinööritoimisto Met-Si Engineering Ky. Myöhemmin Metsi Engineeringistä muodostettiin hallintopalveluja tuottava emoyhtiö Metsi Engineering Oy ja insinööritoimistotoiminnot ja -henkilökunta siirrettiin tytäryhtiö Metsi Oy:n puolelle.

Yhtiön nimi muutettiin nykyiseen muotoon Metsi Oy 1987 jolloin myös rakennettiin tilat kaksinkertaistanut konttori- ja tuotantorakennus. Vuonna 1998 naapurituotantohallin oston myötä tilat kasvoivat nykyiseen 5100 neliömetriin.

Jälleenmyyntisopimusten solmiminen Ruotsiin, Norjaan, Tanskaan ja Ranskaan vuonna 2002 kasvatti viennin osuutta ja uuden stakkerin, eli lehtien pinoamislaitteen, tuotekehitykseen haettiin lisää resursseja sekä aloitettiin 3D-suunnittelu. Vuonna 2004 kehitettiin 1/4-taittolaite graafiseen teollisuuteen ja 2007 yhtiön toiminnoille haettiin ja saatiin Green Card ser-

tifiointi. (Rajala, 2008; Rimpiläinen, 2008; Yritysesittely, n.d.) Kuvassa 2 STA-400 tyyppinen lehtien pinoamislaitte kuljettimien päässä.

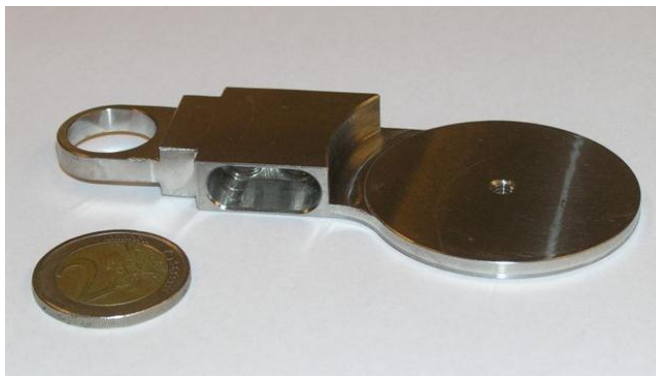


Kuva 2. STA-400 lehtistakkeri (Metsä Oy, 2001).

Yritys toimii kolmessa rakennuksessa; hallinto, suunnittelu ja koneistus ykköshallissa, levyntyöstö ja hitsaus kakköshallissa sekä kokoonpano ja testaus kolmoshallissa. Tuotannon johdosta vastaa tuotantopäällikkö työsuunnittelijan sekä työnjohtajien – koneistamo sekä hitsaus/kokoonpano – avustuksella. 19.12.2012 solmitulla kaupalla Metsä Oy siirtyi Protoshop Oy:n, entinen Valtion Hienomekaaninen Konepaja, omistukseen.

## 2.1 Koneistamo

Metsä Oy:n valittu tuotantosuunta, koneiden- ja laitteiden valmistus yksittäis- ja piensarjatuotantona sekä alihankintakoneistukset, määrittelee koneistamon päätavoitteeksi palvella laitekokoonpanoa. Koneistettavat työt vaihtelevat pienistä muutaman kymmenen millimetrin kokoisista, kuva 3, aina satoihin tai tuhansiin millimetreihin saakka kuva 4. Käytettävät materiaalit ovat tyypillisesti erilaisia teräksiä, valurautoja, alumiineja tai muoveja. Peräkkäiset työt koneilla voivat kokoonpanoihin ja alihankintakoneistuksiin liittyen vaihdella hyvinkin laidasta laitaan.



Kuva 3. Pieni jyrsittävä osa, vieressä 2 euron kolikko (Hyvönen, 2010).



Kuva 4. Noin 1200\*1200 mm kotelo jyrsinnässä (Jalli, 2012).

Koneistamossa työskentelee päätoimisesti 5 henkilöä ja työnjohtaja. Tarvittaessa hitsaus- ja kokoonpano-osastolta voi siirtyä 1 tai 2 henkilöä koneistamoon ns. liikkuvina resursseina tasaamaan eri osastojen kapasiteettitarpeen vaihtelua. Työ tehdään yhdessä vuorossa. Käytettäviä koneita on enemmän kuin koneistajia, minkä johdosta yksi henkilö voi käyttää useammanlaisia koneita. Tämä vuorostaan yleensä pysäyttää niin sanotun pääkoneen, paitsi soluiksi asetelluissa koneissa.

Koneistajat tekevät itse asetukset, mahdollisesti tarvittavat erikoiskiinnittimet, ohjelmat sekä työkaluhallinnan. Työkalut vaihtelevat koneittain töiden, koneen ominaisuuksien sekä koneistajan ohjelmointikäsitteiden mukaan. Ohjelmointi tapahtuu pääsääntöisesti työstökoneen ohjauksen kautta. Jokaisella koneella on myös koneistamon sisäiseen verkkoon yhdistetty WinCam-ohjelmalla varustettu tietokone ohjelmien säilytykseen, varmuusvarastointiin ja -kopiointiin. Tietokoneelle, omiin työkansioihinsa, tallennetaan myös valokuvat piirustuksista, kappaleen asetuksesta ja -kiinnityksestä. Tätä varten kaikilla koneistajilla on käytössään digikamerat. Uusimpiin kuviin on lisätty tietoja myös ohjelmien nollapisteistä ja muita tärkeitä huomioita. Toistuvien töiden ohjelmat tai uuden työn pohjaksi otettavat ohjelmat palautetaan WinCamilta työstökoneen muistiin. Varmuskopiot tietokoneilta ajetaan työnjohtajan toimesta määräajoin.

## 2.2 Koneet

Yhtiön täydellinen konekanta on liitteessä 1.

Koneistamon pääkoneet ovat:

- portaalimallinen CNC- jyrsinkone Johnford DMC-3100H,
- pystykarainen koneistuskeskus Mori Seiki MV-45B/40
- CNC-jyrsinkone MTE BF-2700
- CNC- monitoimisorvi Daewoo Puma 400 LMB
- CNC- monitoimisorvi Mori Seiki SL-25MC/1000

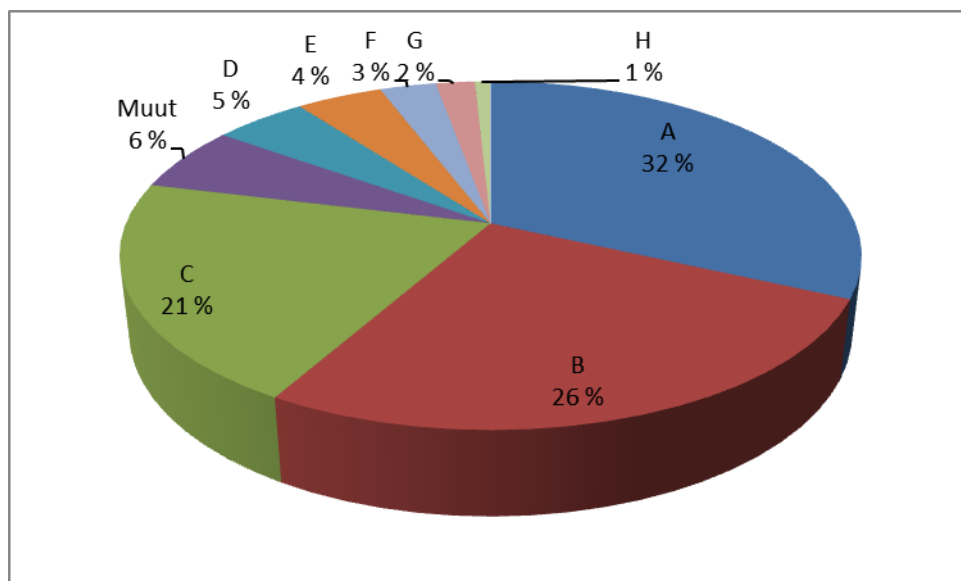
Aktiivisesti käytössä ovat myös:

- CNC-sorvi Mori Seiki SL-4
- CNC-Kärkisorvi PBR T 35 SNC
- kärkisorvi Harrison M450
- CNC-porakone Fanuc Tape Drill
- kiilauranvetokone Frömag RA50/425.

Näistä CNC-sorvit Daewoo Puma ja Mori Seiki SL-4 sekä Mori Seiki SL-25MC ja kärkisorvi Harrison M450 muodostavat solukokonaisuudet, joissa yksi käyttäjä voi tarvittaessa, työn salliessa, käyttää kahta konetta yhtäaikaista. Lisäksi on myös manuaalikoneita, jotka käyvät hyvin pienehköihin apukoneistuksiin, joille ei kannata tehdä erillisiä ohjelma-asetuksia. Mori Seiki MV-45B/40 jyrsinkoneella ei ole jatkuva miehitys, vaan MTE:n käyttäjä ja 'liikkuva resurssi' käyttävät konetta tarpeen mukaan (tilanne marras-joulukuu 2012).

### 2.3 Vakiotyöt

Koneiden ja laitteiden valmistuksessa sekä alihankinnassa on useita asiakkaita ja tuoteryhmiä, mistä osa perustuu vuosisopimuksiin ja tuotantoenusteisiin. Tuoteryhmät sisältävät useita toistuvia laitteita ja tuotteita, joita kutsutaan vakiotöiksi. Kuvio 1. kuvaa asiakkaiden jakautumista liikevaihdon suhteen vuonna 2012.



Kuvio 1. 2012 liikevaihdon jakautuma asiakkaittain 30.11.2012

Yksittäisen asiakkaan osuus jakautuu useisiin laitteisiin ja tuotteisiin. Vakiotyöt eivät välttämättä ole keskenään identtisiä, vaan yksittäisräätelöityjä tuoteperheitä. Samoin töiden toistuvuus vaihtelee yksittäin toimitettavista 1-2 kertaa vuodessa, vuosineljänneksittäin tai kuukausittain toimitettaviin.

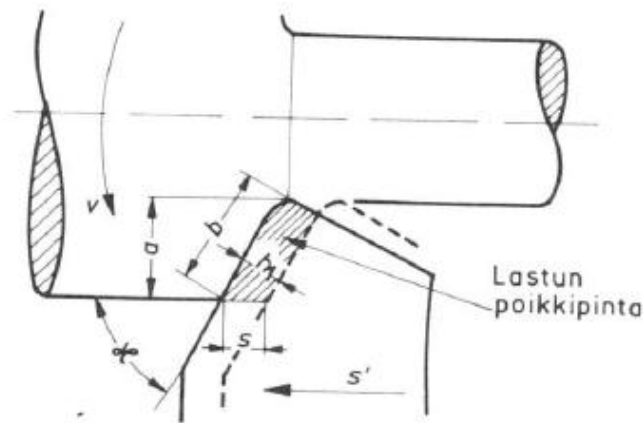
### 3 KONEISTAMINEN

Koneistaminen on materiaalin poistamista lastuamalla. Lastuamalla voidaan aikaansaada hyvin karkeaa tai hienoa pintaa riippuen asetusparametreista ja valitusta lastuamistavasta. Saavutettuun tulokseen vaikuttavat valittu lastuamismenetelmä ja kone, työkalun geometria ja materiaali, työkappaleen ominaisuudet, valitut lastuamisarvot, lastuamisnesteet, sekä erilaiset jigit ja kiinnittimet. Erilaisia lastuavia työstömenetelmiä ovat sorvaaminen, sahaaminen, jyrsintä, poraaminen, aventaminen, höylääminen ja hiominen. (Black & Kohser 2008, 523-524.)

Lapinleimun (1981, 192) mukaan lastuavan työstön tarkoitus on poistaa ainetta rouhimalla ja viimeistellä silittämällä. Rouhinnassa ainetta poistetaan tehokkaasti käyttäen suurien syötön ja lastuamissyvyyden arvoja. Silittäminen on pinnan muodon, karheuden, sijainnin ja mittojen viimeistelyä rouhintaa huomattavasti pienemmällä aineenpoistolla.

Yleensä työstettävän kappaleen materiaalin päättää tuotteen suunnittelija haluttujen tuoteominaisuuksien mukaan. Valmistajan tehtävä on valita kappaleen valmistamiseen sopivat koneet ja CAM-suunnittelijan tai koneistajan tehtävä suunnitella kappaleen kiinnitys, valita työkalut ja laatia työstöohjelma. (Black ym. 2008, 525.)

Kaikilla lastuavilla menetelmillä koneistamisen perussuureet ovat lastuamisnopeus, syöttö ja lastuamissyvyys. Lastuamisnopeus ( $v$ ) on työkalun nopeus suhteessa työkappaleeseen ja sen yksikkö metriä minuutissa m/min tai metriä sekunnissa m/s. Syöttö ( $s$ ) on työkalun poistama ainemäärä, sorvauksessa kappaleen yhden pyörähdyksen, jyrsinnässä pyörivän terän yhden hampaan, poistama ainemäärä kuva 5. Syötön yksikkönä sorvauksessa käytetään millimetriä kierroksella mm/r, jyrsinnässä millimetriä per hammas. Lastuamissyvyys ( $a$ ) on sorvauksessa syvyys jonka terä painuu kappaleen sisään, jyrsinnässä puhutaan vastaavasti lastunpaksuudesta ja yksiköt ilmoitetaan millimetrimä mm. (Black ym. 2008, 525 - 526; Lapinleimu 1981, 193 - 194, 196.)



Kuva 5. Lastuamisen perussuureet  $v$ ,  $s$  ja  $\alpha$  esitettyinä sorvattavassa kappaleessa (Lapinleimu 1981, 194).

Black ja Kohser (2008) toteavat, että tunnettua materiaalia koneistettaessa halutun muodon saavuttamisen tärkein tekijä on työkalu. Sen geometria ja materiaali tulee valita ennen kuin muut parametrit voidaan määrittää. Näillä ominaisuuksilla on suuri vaikutus lastuamisarvoihin ja sitä kautta työstön tuottavuuteen.

Lastuavien työkalujen materiaaleja on paljon, esimerkiksi runsashiilisiä -, pika- ja seosteräksiä, valettuja kobolttiseoksia, kovametalleja, kuituvahvisteisia - ja vahvistamattomia keraameja, sintrattuja teräaineita kuten monija yksikiteisiä timanteja sekä boorinitridejä, luonnontimanteja ja piinitridejä. Näiden materiaalien ominaisuudet, kyvykkyydet ja hinnat vaihtelevat suuresti. Eri työkalumateriaaleja pinnoitetaan, usein PVD- tai CVD- menetelmällä, paremman kulumiskeston ja suuremman työstönopeuden saavuttamiseksi.

Uusilla terämateriaaleilla voidaan käyttää suurempia nopeuden ja syötön arvoja ja ne mahdollistavat aiempaa vaikeampien materiaalien työstämisen. Uudet materiaalit ja pinnoitteet parantavat myös työkalun luotettavuutta ja kestoä. (Black ym. 2008, 560.)

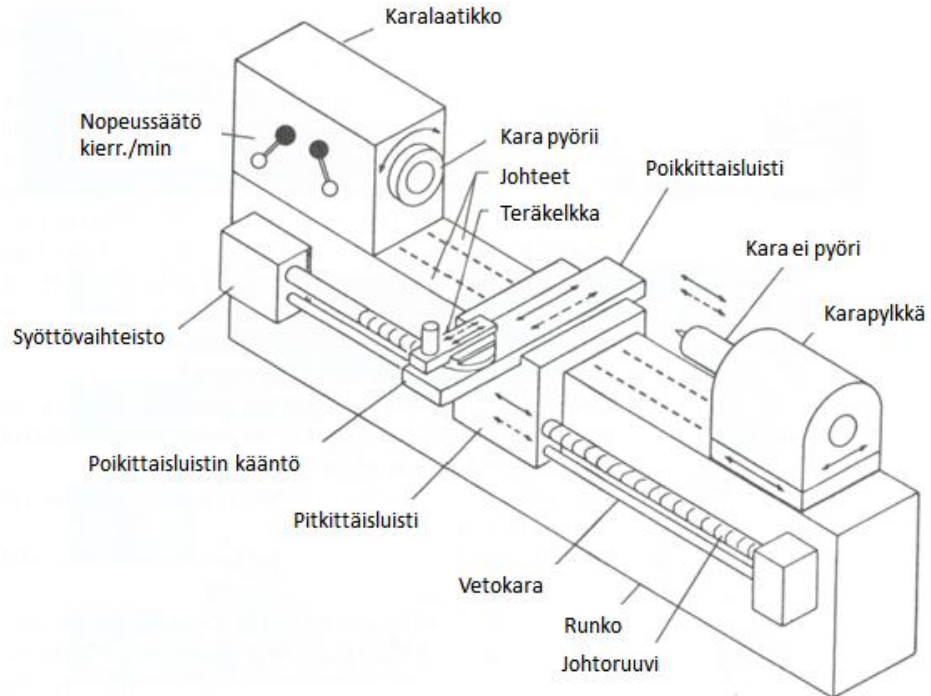
Koneistuksen tuottavuuteen liittyy olennaisesti myös kappaleen suunnittelu. Optimi olisi jos kappale voitaisiin suunnitella koneistettavaksi valmiiksi yhdellä kiinnityksellä. Tämä ei aina ole toiminnallisesti mahdollista, vaan koneistaminen suunnitellaan niin, että uudelleenkiinnittämisen tarve minimoidaan.

Pääosa Metsi Oy:ssä valmistettavista koneistustöistä tehdään sorvaamalla ja jyrsimällä. Tässä opinnäytetyössä työn sujuvuutta tutkitaan koko koneistamossa, terien käyttöä vain jyrsinnässä.

### 3.1 Sorvaaminen

Sorvaaminen on lastuava menetelmä, missä työkalu on kiinnitettyä koneen pääkaralle, yleensä istukkaan, joka pyörii akselinsa ympäri. Lastuaminen tapahtuu syöttämällä terää kappaleen halkaisijan- ja akselin pi-

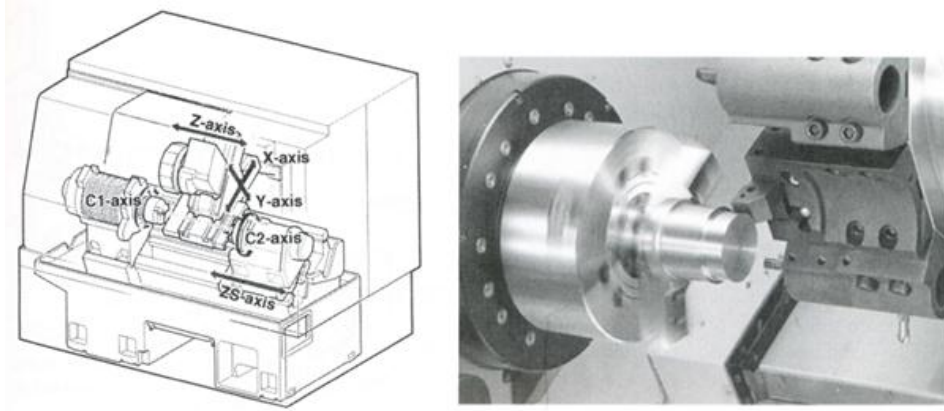
tuussuunnassa. Terillä voidaan koneistaa ulko- ja sisäpuolisia muotoja, ot-sapintaa sekä pistämällä uria ja olakkeita. Pitkät kappaleet voidaan tukea karapylkkään asetetun kärjen avulla. Työkalut kiinnitetään teränpitimiin, nämä liikkuvat johteilla kappaleen pintaan. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997,176.)



Kuva 6. Kärkisorvi on perussorvi, jossa kappale voidaan kiinnittää muun muassa karoille kärkien väliin (Black ym. 2008, 607).

CNC-sorvit ovat tietokoneohjattuja sorveja. Näissä voi olla joko perinteinen pitkittäis- ja poikkittaisluistien varassa oleva teränpidin, vinon akselin suunnassa liikkuva työkalumakasiini tai työkalunvaihtaja. CNC-monitoimisorvin periaate vastaa CNC-sorvia, mutta työkalumakasiinissa on paikkoja myös pyöriville terille joilla voidaan suorittaa pieniä jyrsintä-, poraus- ja kierteitys vaiheita. Terämakasiineja voi olla yksi tai kaksi. Kaksi makasiinia mahdollistaa useamman pinnan yhtäaikaisen työstön kappaleesta, kunhan huomioidaan makasiinien vaatima tila ja terien liikkeet suhteessa toisiinsa ja estetään törmäykset. CNC-sorveilla voidaankin helposti tehdä kevyitä poraus ja jyrsintätöitä vaativat pyörähdyskappaleet valmiiksi saakka. (Black ym. 2008, 560.)

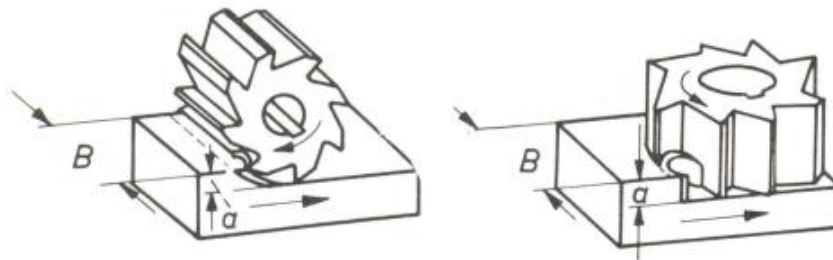




Kuva 7. CNC-monitoimisorvi ja sen pääliikeakselit (Black ym. 2008, 723).

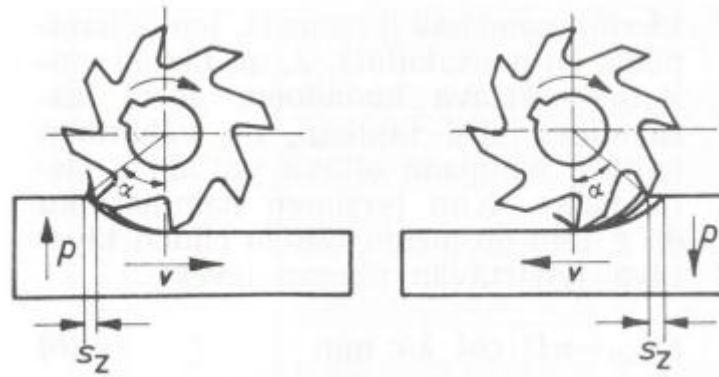
### 3.2 Jyrsiminen

Jyrsiminen on menetelmä missä lastutetaan pyörivällä terällä koneen pöytään kiinnitettyä työkappaletta syötön tapahtuessa työkappaletta, terää tai molempia liikuttamalla. Jyrsinnässä erotetaan kaksi lastunmuodostumistapaa lieriö- ja otsajyrsiminen, kuva 8. Terä on yleensä monihampainen ja lastu katkeaa paloiksi aiheuttaen suuria dynaamisia ja staattisia rasituksia.



Kuva 8. Vasemmalla lieriö- ja oikealla otsajyrsintä (Huhtamo 1981, 332).

Kuvassa 9 on esitetty lieriöjyrsinnän kaksi lastunmuodostumistapaa, myötä- ja vastajyrsiminen. Myötäjyrsinässä terää pyörii samaan suuntaan kuin kappale liikkuu, lastun irtoaminen alkaa koko lastunpaksuudelta ja ohenee pintaa lähennyttäessä. Terän voima pyrkii painamaan kappaleen kiinni pöytään. Vastajyrsinnässä terä pyörii kappaleen liikesuuntaa vastaan, lastu alkaa pienenä ja kasvaa täyteen mittaansa pyrkien samalla nostamaan kappaleen irti pöydästä. (Huhtamo 1981, 332-333; Maaranen 2007, 198.)



Kuva 9. Vasen vastajyrsintä, oikea myötäjyrsintä (Huhtamo 1981, 333).

Jyrsimällä valmistetaan erilaisia pintoja, uria, taskuja ja reikiä. Kappale kiinnitetään koneen pöytään tai siihen kiinnitettyyn pyöröpöytään suuntaispuristimin tai erilaisin lesti- eli hakaraudoin. Jyrsinterä kiinnitetään koneen ISO- standardikartiolla varustettuun pääkaraan jota pyöritetään karamoottorin avulla. (Huhtamo 1981, 333; Maaranen 2007, 177.)

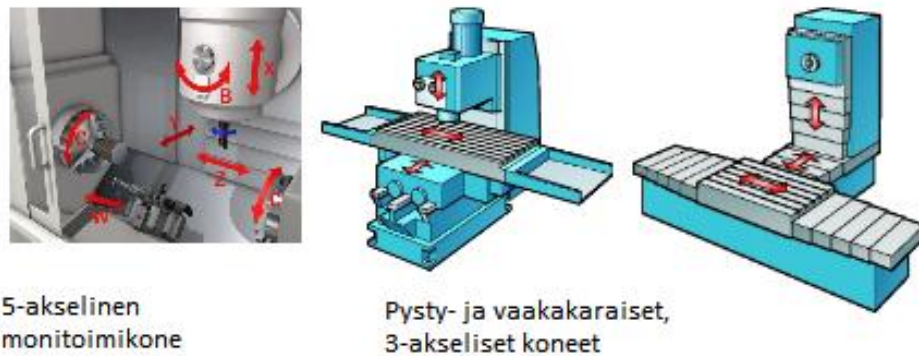
Jyrsinkoneita on useanlaisia eri käyttötarkoitukseen. Konetyypeittäin ne voidaan jakaa polvimallisiin, runkomallisiin ja erikoisjyrsinkoneisiin, joista kahteen ensimmäiseen ryhmään kuuluvat taso-, yleis- ja pystyjyrsinkoneita ja runkomallisiin edellisten lisäksi myös pitkäjyrsinkoneita. Erikoisjyrsinkoneita ovat työkalu-, kopio-, monitoimi-, vierintä-, kiilaura- ja CNC-jyrsinkoneet sekä CNC-työstökeskukset. Polvimallisten jyrsinkoneiden pöytien korkeutta voidaan muuttaa, kun runkomallisella koneella pöytä toimii vakiokorkeudella, mutta jyrsinpään korkeutta voidaan muuttaa. Manuaalikoneilla käyttäjä ohjaa koneen liikkeitä, CNC-koneissa liikkeitä ohjauksen tapahtuu tietokoneeseen syötettyjen numeeristen parametrien avulla. (Maaranen 2007, 174, 249.)

Tietokoneohjatut CNC-jyrsinkoneet ja -koneistuskeskukset, ovat yleistyneet tarkkuutensa ja nopeutensa ansiosta. Niissä on terämakasiinit ja työkalunvaihtajat ja ne soveltuvat kappaleisiin, joissa on useita vaiheita ja työkalunvaihtoja. Työkalunvaihtaja hakee työstöohjelmaan ohjelmoidun kutsun mukaisesti esiasetetut terät koneen työkalumakasiinista eri työstövaiheisiin ja palauttaa edellisen terän makasiiniin. CNC-koneen työkalumakasiinissa voidaan käyttää myös mittakärkeä, jonka avulla kappaleen ahiomitat ja paikka saadaan määritettyä tarkasti suhteessa työstöohjelmaan.

Kappaleenvaihtajalla varustetuissa koneistuskeskuksissa työkappaleen kiinnitys ja vaihto voidaan tehdä koneen ulkopuolella koneen työstäessä toista kappaletta. Kone on varustettu useammalla pöydällä, koneen pöytään kiinnitettävillä paletteilla tai erikoiskiinnittimillä. Työstettävän kappaleen vaihto ohjelmoidaan työstöohjelmaan ja suoritetaan automaattisesti pöytä, paletti tai erikoiskiinnitin vaihtamalla. (Black ym. 2008, 722.)

Jyrsinkoneiden liikeakselien lukumäärä määrittelee minkä tyyppiseen työstöön ne soveltuvat. Poraukset, taso-, kulma- ja urajyrsintä onnistuu 3-

akselisella koneella kun taas 3D-muotojen jyrsintään tarvitaan neljä - tai viisi liikeakselia kuva 10 (Sandvik-Coromant, n.d.).



Kuva 10. Koneen rakenne - liikeakselien lukumäärä (Sandvik Coromant, n.d.).

### 3.2.1 Jyrsinässä käytettävät terät

Jyrsinkoneilla käytetään monipuolisesti jyrsin- poraus-, avennus-, kierteitys- ja avarrustyökaluja. Varsinaisia jyrsinteriä ovat taso-, kulma-, muoto- ja urajyrsimet. Reiän tekoon käytettäviä teriä ovat kierukkaporat, väljentimet, kääntöpalaporat sekä viimeistelyyn kalvimet ja avarrustyökalut. Lisäksi tulevat erikoisterät kierteitykseen, urien ja kevennysten tekemiseen. Kuvassa 11 on vasemmalla kierukkapora, keskellä kalvin ja oikealla kierrejyrsin. Kuvassa 12 on säädettäviä rouhinta- ja viimeistelyavartimia teränpitimissään.

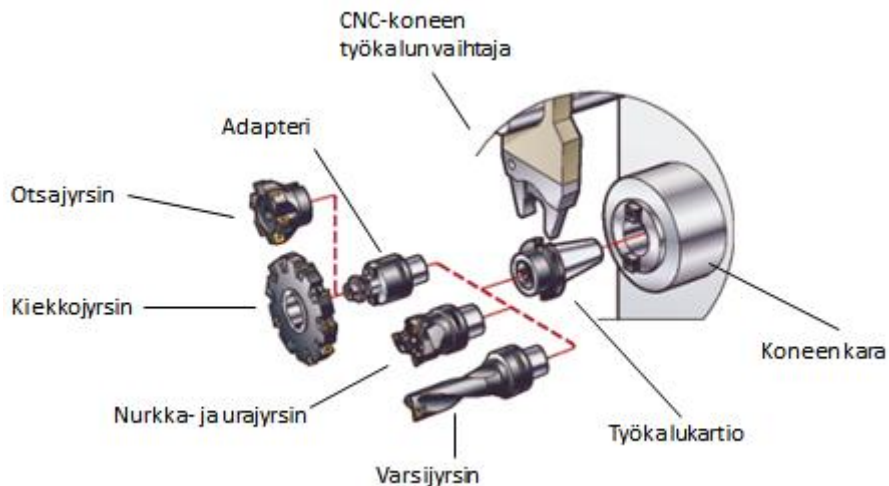


Kuva 11. Kierukkapora, kalvin ja kierrejyrsin (Jalli 2013).



Kuva 12. Avarrustyökaluja pitimissään (Hyvönen 2012).

Terien kiinnittämiseen koneen karalle käytetään ISO-kartiolla varustettuja teränpitimiä, teräkartioita, mihin terät kiinnitetään erilaisten kartioiden, tuurnien, adapterien ja istukoiden avulla. Näihin löytyy työkalunvalmistajilla useita modulaarisia työkalujärjestelmiä. Eri valmistajien teriä voidaan käyttää ristiin eri järjestelmissä, joten kiinnitinjärjestelmän valinta ei kokonaan sanele terätoimittajan valintaa. Kuvassa 13 näkyy sisäpuolisella ISO-kartiolla varustettu CNC-jyrsinkoneen pääkara, koneen työkalunvaihtaja, työkalupidin eli -kartio, erilaisia jyrsinteriä ja adapteri, jolla terät voidaan kiinnittää teränpitimeen. (Sandvik Coromant, n.d.)



Kuva 13. Erilaisia jyrsimiä pidinjärjestelmässä (Sandvik Coromant n.d.).

Jokaisella terätoimittajalla on ollut osille omat nimityksensä ja tapansa ilmoittaa terien mitat ja materiaalit. Heinäkuussa 2012 on esitelty uusi standardi työkalujen tuotetietojen esittämisestä ja – vaihtamisesta, ISO 13399 Cutting tool data representation and exchanging -standardiperhe, joka kokoaa ja korvaa kuusi aiheeseen liittynyttä erillistä standardia. Nykyaikaisten koneistuskeskusten ohjausjärjestelmiin pitää ohjelmaa tehdessä syöttää referenssi- ja mittatiedot työkaluista, että työstöohjelma tunnistaa ne ja osaa käyttää oikeassa paikassa ja oikein ilman törmäyksiä.

Standardi määrittelee nimitykset työkaluille ja niiden osille sekä mittojen esittämiselle. Terätoimittajien tuotetiedot voidaan tuoda osaksi kehittyneitä suunnittelu-, simulointi- tai tuotetiedonhallintajärjestelmiä. Työkalujen käyttö helpottuu kun tuotetiedot voidaan suoraan ladata osaksi CAD/CAM -ohjelmointia ilman erillistä, käsin tapahtuvaa, työkalujen mittojen syöttöä järjestelmään. (Sandvik Coromant, 2012; UNM, 2012.)

## 4 TUOTTAVUUS

Toimiakseen yrityksen on tuotettava palveluun, materiaaliin, tuotteeseen, mihin tahansa asiakkaalle toimittamaansa asiaan, lisää arvoa josta asiakas on valmis maksamaan. Tätä arvoa kutsutaan jalostusarvoksi. Se voidaan laskea lisäämällä yrityksen käyttökatteeseen palkkakustannukset ja kuvaamaan kuinka yrityksen saama tulo riittää toiminnan kuluihin – palkkoihin, korkoihin, veroihin, voittoon ja osinkoihin. (Sakki 2009, 33-35.)

Kaavan 1 mukaisesti Sakki toteaa tuottavuudesta että se on tuotoksen, eli jalostusarvon, suhde käytettyyn työ- ja pääomapanokseen.

$$\text{Tuottavuus} = \frac{\text{Tuotos}}{\text{Panos}} \quad (1)$$

Tuottavuuden kehittämien on yksi tärkeimmistä keinoista, joilla yritys voi parantaa kannattavuuttaan. Muuttuneilla markkinoilla tuotteiden hintoja on vaikea nostaa vaikka kustannukset nousevatkin. Yritysten onkin löydettävä sisäisesti keinoja, joilla pienentää käytettyä panosta.

Tuottavuuteen ja sen kehittämiseen vaikuttavat kaikki yrityksessä työskentelevät ihmiset. Myynti- ja toiminnanohjausjärjestelmien, hankintatapojen ja logistiikan kehittäminen luovat perustaa, jolla yrityksen kokonaistehokkuutta voidaan kehittää oikea-aikaisesti suunnitellun valmistuksen ja tuotannon resurssien tehokkaan hyödyntämisen kanssa. Kehittämistoimia suunniteltaessa on hyvä pohtia niiden vaikuttavuutta, kehitetäänkö oikeita asioita, joilla saadaan suurin hyöty vaadittavaan panostukseen verrattuna. (Larikka, Heinilä, Selin & Tuominen 2007, 118.)

Kehittämiseen tarvitaan kantavaa pohjaa, kivijalkaa, ja sen keskeisin osa työyhteisössä on luottamus. Sen syntymiseen tarvitaan kohtaamista; läsnäoloa, kuunnelluksi ja kuulluksi tuleamista sekä tunnetta asioiden hoitoon osallistumisesta. Toiminnan ja tuottavuuden kehittämisen onnistumiseksi tarvitaan ilmapiiri, jossa yrityksen johto ja esimiehet voivat luottaa siihen, että henkilöstö aidosti ponnistelee saavuttaakseen asetetut tavoitteet ja henkilöstö yrityksen johdon asettamien päämäärien ja tavoitteiden tuovan jotain hyvää koko organisaatiolle. Jakamalla riittävästi ja oikeaa tietoa yrityksen taloudesta ja näkymistä sekä tulevaisuudesta saadaan henkilöstö ymmärtämään ja sitoutumaan tuleviin haasteisiin. Sitouttamiseen ja vastuuseen sekä sisäisen yrittäjyyden kehittämiseen, tarvitaan riittävä ymmärrys koko organisaation asioista.

Luottamusta lisätään myös jakamalla riittävästi tietoa kustannusrakenteesta, hinnoista sekä työntekijöiden omien toimenpiteiden vaikutuksesta katteen muodostumiseen. Kaikella toiminnalla pitää olla tavoitteet, joita seurataan ja joiden onnistumisesta saadaan palautetta. (Larikka ym. 2007, 10-15.)

Järvinen (2001, 27–29) määrittelee toimivan työyhteisön sellaiseksi, jossa kaikilla organisaatiotasolla on selkeä ymmärrys yrityksen perustehtävästä ja omasta tehtävästään siinä. Perustehtävän tulee muuttua ja kehittyä markkinoiden ja asiakkaiden toiminnan muuttuessa. Tähän muutokseen johto vastaa liiketoiminnan pitkän tähtäimen suunnittelulla, jonka esimiehet jalkauttavat organisaatioon. Työntekijöille se tarkoittaa usein muutosta ja uusien toimintatapojen opettelua. Perustehtävän kokonaisuuden ymmärtäminen ei ole kaikille helppoa. Jakamalla tietoa kehitetään työyhteisöä ja ymmärrystä omasta tehtävästä osana yrityksen palvelu- ja tuotantoprosessia.

Larikka ja kumppanit (2007, 113) toteavat myös, että erilaiset puutteet, kuten materiaali, työkalu, työpaikka, tiedot, taidot ja tahto, ovat usein suurin syy heikkoon tuottavuuteen. Työn tekemisen aika kuluu näiden puutteiden korjaamiseen tai kiertämiseen. Panostamalla puutteiden kehittämiseen mahdollistetaan keskittyminen työhön ja tuottavuuden parantamiseen.

### 4.1 Toiminnanohjauksen tavoitteet

Haverilan, Uusi-Rauvan, Kourin ja Miettisen (2009) mukaan toiminnanohjauksen, joka koskee yrityksen kaikkia osa-alueita, tehtävänä on ohjata ja organisoida yrityksen resurssien käyttö vastaamaan tuotannon yleisiin tavoitteisiin niin, että saavutetaan hyvä aikakilpailukyky. Liiketoiminnan tavoitteiden saavuttaminen edellyttää markkinoinnin, hankintojen, valmistuksen, varastojen, tuotesuunnittelun ja jakelun toimintojen yhteensovittamista toisiaan tukeviksi. Toimintaa voidaan seurata asettamalla ja mittaamalla tunnuslukuja kustannustehokkuudelle, laaduntuotolle ja toimitusvarmuudelle sekä resurssien käytölle. Selkeästi mitattavia suureita ovat kapasiteetti ja läpäisy aika.

Kapasiteetti ilmoitetaan enimmäistuotantokykynä suhteessa aikayksikköön. Se voi kuvata yksittäisen koneen tai toiminnon maksimi suoritettua aikayksikössä - kuten kappaletta tunnissa, tonnia viikossa - tai kokonaisen solun, osaston tai tehtaan vastaavaa. Kuormitus esittää mikä osa kapasiteetista tarvitaan suunnitellun tuotannon valmistamiseen. Karkeakuormitus tarkastelee jonkun kokonaisuuden kapasiteettia käyttäen laajoja kuormitusryhmiä – hienokuormitus solu-, kone- tai työntekijäkohtaisia ryhmiä.

Teoreettinen maksimikapasiteetti on suurin mahdollinen tuotantomäärä suhteessa aikayksikköön. Tätä pienentävät häiriöt, konerikot, huollot, puutteet materiaaleissa ja työjärjestelyissä, viallisten tuotteiden valmistus, koulutus, sairauslomien ja poissaolot, jolloin nettokapasiteetiksi muodostuu vain 50 – 90 prosenttia maksimikapasiteetista.

Läpäisy aika kuvaa toimintaketjun vaatimaa kokonaisaika kalenteriaikana ottamatta kantaa valmistusaikaan tai tuottavuuteen. Tyypillisesti läpäisy aika sisältää paljon odotusaikoja ja sen lyhentämisellä voidaan vaikuttaa keskeneräiseen tuotantoon sitoutuneeseen pääomaan, kehittää toimitusvarmuutta ja laatua sekä helpottaa kuormitusta.

Yrityksen valitsevat kilpailutekijät asettavat toiminnanohjauksen tavoitteet, joita ovat korkea tuottavuus, vaihto-omaisuuden minimointi, toimitusvarmuus ja lyhyt läpäisy aika. Nämä tekijät ovat osin keskenään ristiriitaisia ja usein eri toiminnoilla on erilaiset näkemykset tavoitteiden keskinäisestä tärkeydestä. Koneiden kapasiteetin korkea käyttöaste edellyttää suuria sarjoja ja vähentää asetusajoja, tuottavuus kasvaa mutta myös varastot suurenevät. Vastaavasti keskeneräisen tuotannon vähentäminen eräkojoja pienentämällä vähentää sitoutunutta pääomaa eli minimoi vaihto-omaisuutta, samalla läpäisy aika lyhenee, myös ohjattavuus paranee ja toimitusaika lyhenee. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 397 – 404.)

#### 4.2 Materiaalipuutteiden vaikutus

Larikka ja kumppanit (2007) mukaan materiaalipalvelun tasoon vaikuttaa lähes kaikkien panos tavarantoimittajia ja alihankkijoita myöten. Materiaalipuutteen merkitystä tuottavuudelle ei usein tunnisteta, silti se voi olla toistuva este tehokkaalle tekemiselle. Puuttuva tai väärä materiaali – raaka-aine, työkalu, kiinnitin, osa – estää ja hidastaa työn tekemistä ja vaikuttaa tuottavuuteen. Puutteesta johtuva työn odottelu voi näyttää tekemättömyydeltä ja haluttomuudelta, joihin voidaan suoraan vaikuttaa varmistamalla materiaalien oikea-aikainen saatavuus.

Ohjausjärjestelmien kehittäminen ja materiaalitiedot voivat olla puutteelliset myös huonon systeemikurin vuoksi. Materiaalipalvelun huono taso estää muiden tuottavuuden kehittämistoimien tehokasta hyödyntämistä. Näennäinen pieni säästö ostohetkellä voi aiheuttaa tuottavuuden heikkenemisen asetus- ja läpäisyajojen pidentymisenä. Tavaroiden ja nimikkeiden järjestely niin, että ne ovat helposti löydettävissä vain yhdessä paikassa auttaa vähentämään turhaa etsiskelyä ja sähläystä. (Larikka ym. 2007, 116-124.)

#### 4.3 Tiedot, taidot ja tahto

Larikka ja kumppanit (2007) sanovat myös, että varmistamalla työntekijän omaavan tiedon tulevasta töistä, materiaaleista ja työjärjestyksestä, huolehditaan, että hänellä on edellytykset tuottavan työn tekemiseen. Näin hän voi etukäteen tutustua tulevaan työhön ja työskentelyn aloitus tehostuu. Hänellä on myös oltava tieto määrästä, toimitusajasta, yksilöidystä tavoiteajasta sekä mahdollisista hänen työhönsä vaikuttavista muutoksista heti kun ne ovat saatavilla. Mahdolliset puutteet osaamisessa tulee varmistaa opastuksen ja koulutuksen turvin. Kun työn tekeminen on esteetöntä ja vaivatonta saadaan siihen tekemisen meininki. Työntekijä on motivoitunut kun työ sujuu, aika kuluu ja tulosta syntyy.

Tekemisen tuottavuuden kehittämiseen kuuluu myös tuottavuuden mittaus ja sitä kautta annettava palaute työntekijöille. Oikeanlainen ja oikea-aikainen palaute auttaa työntekijää kehittymään tehtävässään. Onnistumisen tulokset pitäisi myös palkita yritykseen ja tilanteeseen sopivalla kanustejärjestelmällä. (Larikka ym. 2007, 125.)

## 5 TYÖN TOTEUTUS

Tämä opinnäytetyö on tehty noin kymmenen viikon aikana, lokakuusta joulukuuhun 2012, Metsi Oy:ssä tutustuen yrityksen tapaan toimia - tutustumalla organisaatioon, toimintaohjeisiin, koneistamoon ja henkilöstöön sekä seuraamalla työn tekemistä koneistamossa.

Terien käyttöä seurattiin kahdella jyrsinkoneella, pystykaraisella Johnfordilla ja vaakakaraisella MTE:llä. Käytön seurantaan varten laadittiin konekohtaiset listat, mihin koneistajat kirjasivat käyttämänsä työkalut ja mahdolliset työkalupitimeen vaihdot kahdeksan viikon seurantajakson ajan. Käytön perusteella sekä työstöohjelmia tutkimalla, laadittiin listat työkaluista, jotka koneilla tulisi olla aina valmiiksi teränpitimeen kiinnitettyinä.

Työn kulkuun koko prosessin läpi tutustuttiin haastatteleamalla henkilöitä tilaus-toimitusprosessin eri tehtävissä. Koneistajien kokemuksia töiden esivalmistelusta ja sujuvuudesta sekä viimeaikaisista kehitystoimista kyseltiin lomakkeella jonka perusteella näistä kokemuksista laadittiin yhteenveto. Myös työajan kirjaamiseen käytettyä tuntiappua muokattiin lisäämällä sarakkeet, joissa koneistus-, asetus- ja valmistelu-aika erotettiin toisistaan. Näiden havaintojen sekä käytyjen keskustelujen pohjalta laadittiin työn sujumiseen liittyviä suosituksia.

### 5.1 Jyrsinkoneet

Jyrsinkoneet, joilla työkalunkäyttöä seurattiin, ovat Johnford DMC-3100H ja MTE BF-2700. Koska Mori Seiki MV-45B/40 koneistuskeskuksella ei ole jatkuvaa miehitystä ei terien käyttöseurantaan sillä tehty erikseen. Sen tiedot ja suositukset perustuvat pelkästään valittuihin, vuonna 2012 tehtyihin tai käytettyihin ohjelmiin ja koneella oleviin työkaluihin.

Johnford on portaalimallinen CNC-jyrsinkone, jonka pöytä liikkuu x-akselin suunnassa 3050 mm, y-akselin suunnassa 1300 mm ja karan liike z-suunnassa 800mm. Karan kierroslukualue on 60 – 6000 kierrosta minuutissa, karamoottorin tehon ollessa 32 kilowattia. Kone on varustettu 32-paikkaisella sekoittavalla työkalumakasiinilla, missä työkalu ei palaa makasiiniin samalle paikalle mistä se on otettu vaan kohdalla olevaan vapaaseen paikkaan. CNC-ohjaus on Heidenhain iTNC-530 ja koneessa on lisävarusteena Golden Sun 321 pyöröpöytä.

MTE on runkomallinen vaakakarainen CNC-jyrsinkone jonka automaattijyrsinpäätä voidaan kääntää 2,5-asteen jaolla. Koneen pöytä liikkuu x-akselin suunnassa 2500 mm ja y-akselin suunnassa 1000 mm, karan z-



suuntainen liike 1250 mm. Karan suurin kierrosluku on 3000 kierrosta minuutissa ja päämoottorin teho 22 kilowattia. Koneen 30-terän vakiopaikkainen työkalumakasiini palauttaa työkalun aina samaan paikkaan, josta se on otettu. CNC-ohjauksena toimii Heidenhain TNC-426, lisäksi koneessa on halkaisijaltaan 800 mm pyöröpöytä.

Mori Seiki MV-45B/40 on pystykarainen, Fanuc 10 MA CNC-ohjauksella varustettu CNC-koneistuskeskus. Sen 30-paikkainen työkalumakasiini on sekoittava kuten Johnfordinkin. Koneen pöydän liikkeet ovat x-suunnassa 800 mm ja y-suunnassa 460 mm karan liikkua z-suunnassa 510 mm. Myös karan kierroslukualue on sama kuin Johnfordissa, 60-6000 kierrosta minuutissa päämoottorin ollessa 7,5/5,5 kilowattia.

### 5.2 Työkalut

Työkaluhallinta tapahtuu koneistajien toimesta. Koneilla on työkalupöydät ja kaapit, joissa esiasetetut terät ovat varastoituna pitimissään. Lisäksi pitimiin mahtumattomat terät varastoidaan vetolaatikoissa. Tarvitessaan lisää tai uusia työkaluja - teräpaloja, pitimiä tai kiinnittimiä - antaa koneistajat tiedot puutteista työnjohtajalle, joka hoitaa tilaukset.

Työkalujen työkalupitimeen asetukseen on koneilla esikiinnityspenkit. Pitimissä olevien terien mittaamiseen MTE:llä on terän korkeuden mittaava esiasetuslaite, Johnfordin läheisyydessä olevalla Toolmaster 10-esiasetuslaitteella saadaan tarkastettua sekä työkalun korkeus että halkaisija. Näillä mittauksilla saadaan työstöohjelmaan asetettavat työkalun tarkat mitat. Parhaimmillaan avartimien halkaisijanmittauksella voidaan säästää useammalta mittalastulta ja teräkorjaukselta ja näin säästää ohjelma-aikaa.



Kuva 14. Työkalujen esiasetuslaite (Jalli, 2013).

#### 5.2.1 Työkalujen vaihdettavuus

Sorveilla teränpitimien koko vaihtelee koneiden kesken. Monitoimisorveilla myös pyörivien terien pitimet ovat erilaiset, joten esiasetetut terät

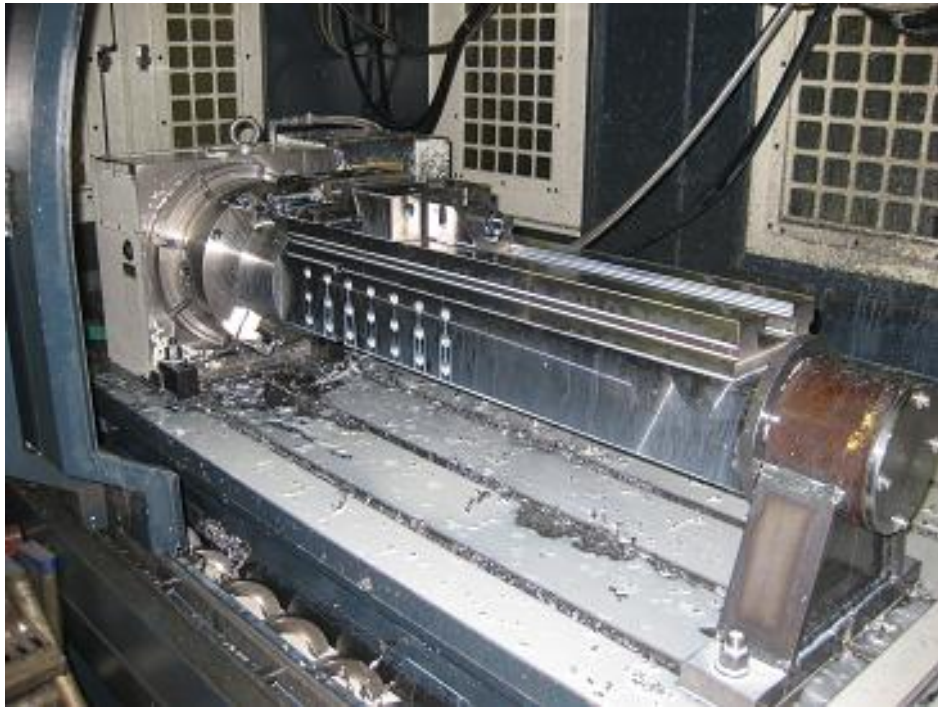
ovat konekohtaisia. Jyrsinkoneiden pyörivän karan työkalukartiot ovat keskenään erilaiset. Johnfordin ja MTE:n kartiokulma on sama ISO50°, mutta itse pidin Jonfordilla sarjaa BT ja MTE:llä DIN 6987:1 A:n mukainen. Mori Seikin karan työkalukartio ISO40° poikkeaa näistä kahdesta. Kuvassa 15 on esitetty jyrsinkoneiden erilaiset teränpitimet ja kartiot. Johnfordin työkaluja voidaan käyttää MTE:llä käsikäytöllä poistamalla tarkaruuvi, mutta makasiinin ja ohjelman kautta näin ei voi tehdä. Mori Seikille esiaseteltuja teriä ei voi suoraan, edes käsikäytöllä, käyttää Johnfordilla tai MTE:llä, eikä myöskään toisinpäin. Johnfordilla on adapteri, johon käy MTE:n työkalupidin ja MTE:llä Mori Seikin pitimelle.



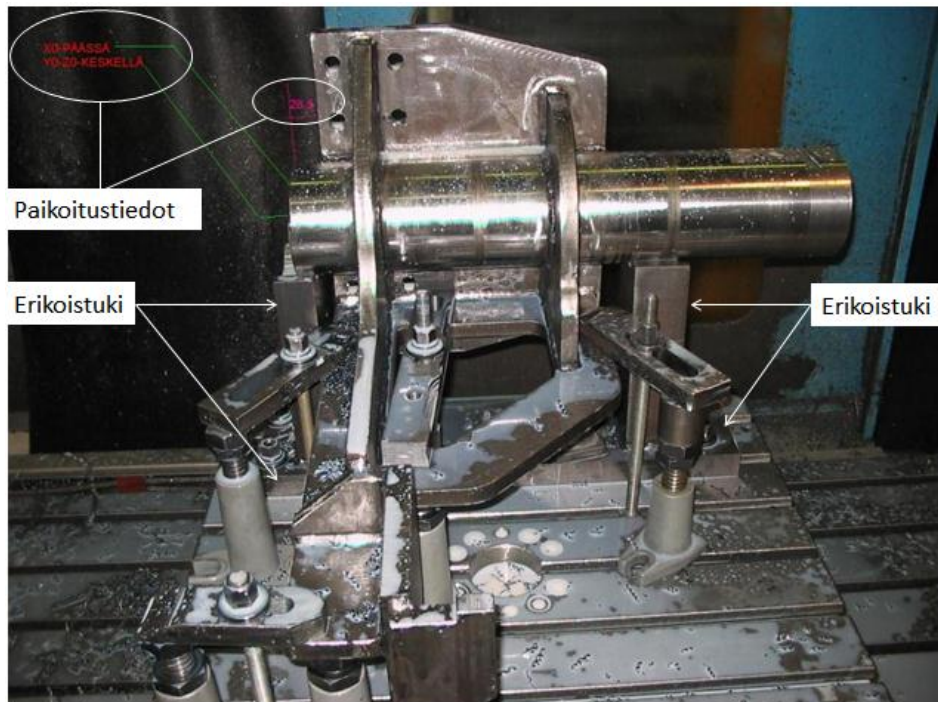
Kuva 15. MTE:n, Mori Seikin ja Johnfordin erilaiset työkalupitimet tässä järjestyksessä (Jalli, 2012).

### 5.3 Kappaleen kiinnittäminen

Työkappaleen kiinnittämiseen käytetään erilaisia suuntaispuristimia, kiinnittimiä, tukia, vasteita ja paranelleja. Johnfordilla ja MTE:llä on lisäksi pyöröpöydät, jotka lisäävät kappaleen kiinnittämismahdollisuuksia. Kiinnitys tehdään suuntaispuristimin, kiinnitysraudoilla tai molemmilla joko suoraan koneen pöytään, pyöröpöytään tai tähän kiinnitettyyn kiinnitimeen, joka voi olla tuettu erilliseen kärkipylkkään tai räätälöityyn tukeen kuten kuvassa 16. Jotkut tuotteet ovat hyvin hankalia kiinnittää riittävän tukevasti työstövoimia vastaan ja tarvitsevat erikoiskiinnittimiä, nämä tehdään yleensä itse. Kuvassa 17 on vakiotuotteen osa kiinnitettynä erikoisvalmisteisen tuen ja erilaisten vakiotukien ja kiinnittimien avulla MTE:n pöytään. Kuvassa näkyy myös työstöohjelmaan liittyvää tietoa.



Kuva 16. Työstettävä kappale kiinnitettynä Johnfordin pyöröpöytään erikoistuen ja suuntaispuristimen avulla (Jalli 2012).



Kuva 17. Kappale kiinnitettynä erikoistuen avulla MTE:n pöytään (Toivonen, 2010).

#### 5.4 Työn vaiheet jyrsinkoneella

Pääosa valmistettaviin tuotteisiin tarvittavista jyrsinnöistä on erilaisia tasoja, porauksia, upotuksia, avartamisia ja kierteitä 2,5D-koordinaatistossa ja sekä koneet, että WinCam-ohjelmisto, ovat näihin soveltuvia. Jos tarvitaan

3D-muotojen jyrsintää, ostetaan jyrsintäpalvelu ulkoa. Koneistajat tekevät itse työkappaleiden asetukset, mahdollisesti tarvittavat erikoiskiinnittimet, ohjelmat sekä työkaluhallinnan. Käytettävät työkalut vaihtelevat koneittain töiden, koneen ominaisuuksien sekä koneistajan ohjelmointikäsitteiden mukaan. Yleensä työnjohtaja pyrkii järjestämään tai tuomaan aihiot valmiiksi koneelle. Jos kyseessä on varastosta sahattava materiaali, tekee koneistaja tämän työvaiheen itse (yleiskoneistajan pitkä poissaolo). Usein viisteitä ja terävien nurkkien poistoa ei ole ohjelmassa vaan koneistajat tekevät ne viilaamalla, akkuporalla tai kulmahiomakoneella jyrsinkoneen tehdessä seuraavaa kappaletta.

Työ alkaa piirustukseen tutustumisella ja tarvittavien terien suunnittelulla, sen jälkeen tehdään varsinainen ohjelmointi. Jos kyseessä on vakiotuote, ladataan sen ohjelma tietokoneelta työstökoneelle. Jos taas kyseessä on samantyyppinen tuote kuin ennekin on valmistettu, kutsutaan vanhan tuotteen ohjelma pohjaksi, mistä uusi ohjelma tehdään. Uudelle tuotteelle ohjelma tehdään kokonaan alusta. Yleensä työstöohjelmat tehdään koneen oman ohjauksen kautta. Mori Seikillä, riippuen kuka koneistuksen tekee, välillä myös WinCam-ohjelmalla.

Tarvittavat terät listataan tai terätiedot kerätään vanhasta ohjelmasta. Terät tarkastetaan, kiinnitetään tai vaihdetaan työkalupitimeen, mitataan ja laiteetaan koneen makasiiniin. Kappale kiinnitetään ja kappaleen paikka koneen pöydässä suhteessa työstöohjelman aloituspaikkaan määritetään työkalumakasiiniin laitettun mittapään avulla. Tämän jälkeen alkaa varsinainen koneistus.

### 5.5 Koneistettavat aihiot

Koneistettavat aihiot voivat olla yksittäisiä osia tai hitsattuja kokonpanoja materiaaleinaan tyypillisesti erilaisia teräksiä, valurautoja, alumiineja tai muoveja. Aihioita tilataan valuina, esikoneistettuina mm. poltto- tai laserleikattuina tai materiaalin toimittajan vakiotoimitustilassa.

Usein koneistetaan hitsattuja teräsrakenteita - laitteiden runkoja ja kotelo-rakenteita. Vakiotöiden esikoneistetuilla aihioilla on useampia toimittajia ja esikoneistukset niihin on tehty välillä eri tavalla. Tästä voi aiheutua haasteita aihion tai ohjelman paikannukseen sekä valmiiden ohjelmien muokkaamistarpeita.

### 5.6 Kuormitus

Karkeakuormitus tehdään Visman L7-tuotannonohjausjärjestelmään työnsuunnittelijan ja työnjohtajan toimesta. Pääsääntöisesti työnsuunnittelija käynnistää työn järjestelmään, luo mahdollisesti tarvittavat uudet rakenteet, tarkastaa tarvittavat materiaalit ja tekee puuttuvista tilaukset, tulostaa työkortit, piirustukset ja materiaalilistan, minkä mukaan varastosta otot tehdään. Tarvittaessa myös tuotantopäällikkö tekee rakenteita ja materiaalitilauksia. Työnsuunnittelija toimittaa tulosteet työnjohtajille, jotka teke-

vät hienokuormituksen. Työn aloituspalaveri pidetään tuotantopäällikön, työnjohtajien ja tuotannosuunnittelijan kesken.

Kuormituksen haasteet syntyvät töiden ja tilaustavan erilaisuudesta sekä järjestelmään syötettävän tiedon tarkkuudesta. Töille, joiden ei uskota toistuvan, ei tehdä osakohtaista tuoterakennetta eikä kuormitusta osa osalta, vaan toimitukselle avataan päätason numero, jolle kuormitustunnit syötetään kokonaisuutena. Näin ollen varsinaista osa- tai työvaihekohtaista aikaa ei kuormitu järjestelmään, vaan kokonaistoimitusaika jaettuna eri toimintojen, koneistus, hitsaus, levytyöt ja kokoonpano, kokonaisuikoihin. Asetusaikaa ei yleensä arvioida etukäteen erikseen vaan se sisältyy uusissa töissä työaikaan. Työn valmistumisen järjestelmään ja varastokirjaukset kuittaa työnjohtaja, hänen tehtävänsä on myös korjata työ- ja asetusajat. Työ poistuu järjestelmästä kun se kuitataan lähetetyksi.

Yksi vuosisopimuksellinen asiakas viehän järjestelmään työnjohtajien toimesta. Näihin toimituksiin kuuluu useita kymmeniä nimikkeitä vaikka tuoteryhmiä on vain neljä. Vaikka tuotteista on niin sanottu ennakkotilaus, toimitetaan ne kotiinkutsusta ja sovitulla toimitusajalla, kokonaisuuksia ei yleensä tehdä valmiiksi varastoon. Joitain yksittäisiä osia saatetaan tehdä seuraavia ennakkoja vastaamaan, jotta voidaan hyödyntää sarjatyötä ja yhdistää asetuksia.

Koneistamon työnjohtaja tekee hienokuormituksen L7-järjestelmään käynnistettyjen töiden ja vuosisopimukseen liittyvien ennakkointien perusteella excel -työkirjaan tehtyyn kalenteriin, jossa päivittäin muuttuvaa tilannetta voi seurata ja järjestellä. Työnjohtaja toimittaa koneistajille, koneilla oleviin lokerikkoihin, noin viikon työkuormaa vastaavat piirustukset työkortteineen. Piirustuksiin on lisätty materiaalin varasto- tai toimitustieto ja koneistetun kappaleen viimeinen toimitusaika, mikä voi poiketa työkortin toimitusajasta tämän usein ollessa kokonaisuuden toimitusaika. Koneistettavalle kappaleelle saattaa olla jonossa vielä hitsauksia, lämpö- tai pintakäsittelyjä ennen mahdollista kokoonpanoa ja toimitusta.

Jos toimitusajallisesti ja materiaalin saatavuuden puitteissa on mahdollista, pyrkii työnjohtaja järjestelemään työjonossa olevat työt valmiiksi samantyyliisiin kokonaisuuksiin asetusten tai ohjelmien samankaltaisuus voitaisiin hyödyntää. Tätä piirustuksin ohjattua konekohtaista työjonoa voi koneistaja vielä itse muokata toimitusajan puitteissa.

## 6 TULOKSET

Seurantajakson aikana jyrsinkoneiden kuormitus oli tasaista, mutta isoja kuormitusjonoja ei syntynyt. Työt hoituivat pääosin kahdella koneella MTE:llä ja Johnfordilla, joiden työkalujen käyttö kirjattiin seurantalistoihin.

Työn sujumista ja mahdollisuutta tehdä seuraavan työn esivalmistelua edellisen työn aikana tutkittiin haastatteluin ja havainnoimalla työn tekemistä sekä muutetulla tuntikirjanpidolla.

## 6.1 Työkalujen käytön seuranta

Seurantataulukot, joihin koneistajat kirjasiivat MTE:llä ja Johnfodilla käyttämänsä työkalut ja mahdolliset työkalupitimeen vaihdot kahdeksan viikon seurantajaksen ajan on esitetty liitteissä 2 ja 3. Mori Seikin työkaluista on vanhastaan olemassa lista jonka nimi on Morin vakiot, liite 4. Listoissa työkalujen nimitykset ovat sellaiset, joita Metsin koneistajat käyttävät ohjelmissaan eivätkä terien viralliset nimet.

MTE:lle, jonka työkalumakasiinissa työkalut ovat vakiopaikoilla, tehtiin ensin lista, jossa työkaluille oli makasiinipaikkojen mukainen määrä rivejä. Koneistaja kirjoitti omat vakiotyökalunsa niille paikoille, missä ne ovat aina makasiinissa ja lista kirjoitettiin puhtaaksi Excel-taulukkoon, liite 2. Osa makasiinipaikoista on vapaita, niihin laitetaan kulloisenkin työn ja ohjelman vaatimat terät. Näihin vapaisiin kohtiin ja lisäriveille koneistaja kirjasi seurantajaksolla vakioiden lisäksi käyttämänsä muut terät. Käyttökerrat merkittiin viivalla - tukkimiehen kirjanpidolla - ja näistä merkinnoista tehtiin yhteenveto joka on liitteessä 5.

Johnfordin työkalumakasiini on sekoittava eikä useimmin käytettävillä työkaluilla ole ennalta numeroituja paikkoja. Seurantalistan pohjaksi tulostettiin koneen muistista koko työkaluhistoria, kaiken kaikkiaan 385 riviä, tähän listaan koneistaja merkitsi oman käsityksensä käytetyistä teristä kahdessa luokassa, yleisimmät 1 merkki, seuraavat 2 merkkiä. Näiden perustella työkaluhistoria siirrettiin Excel-taulukkoon ja järjesteltiin yleisyyden mukaan seurannan helpottamiseksi. Itse seuranta tehtiin tähän taulukkoon samoin kuin MTE:llä, viiva per käyttökerta. Yhteenveto käytöstä on liitteessä 6.

Seuranta-aikana yksikään laite ei tullut tuotantoon kahdesti. Joihinkin nyt tehtyihin laiteperheisiin kuuluneita töitä oli edellisen kerran tehty syyslokakuussa ja niitä oli kokoonpanossa vielä seuranta-aikana. Jyrsinkoneiden ohjelmia tutkittiin koneilla olevilta tietokoneilta WinCamin Remote Server -toiminnolla. Saman osan toistuvuutta ei pystynyt tarkastelemaan Remote serverin tiedoista, vaan ainoastaan Heidenhein-ohjauksen rekisteristä. Tämä olisi häirinnyt koneella työskentelyä, joten sitä ei tehty.

MTE:llä ja Mori Seikillä tutkittiin kaikki vuonna 2012 laaditut tai muokatut ohjelmat asiakkailta A, C, E ja F, näiden työt ovat pääosin vakioita. Asiakkaan B töistä suuri osa on sorvauspainotteisia, eikä yhtään MTE:n ohjelmaa tälle pitkäaikaiselle asiakkaalle ollut muutettu vuonna 2012, vaikka tuotteita oli kyllä tehty. Johnfordin vuoden 2012 ohjelmat tutkittiin kahdelta asiakkaalta A ja C. Nämä tulokset on lisätty samaan yhteenvetoon omaan sarakkeeseensa koneilla tehdyn käyttöseurannan kanssa: MTE:llä liitteeseen 5, Johnfodilla liitteeseen 6 ja Mori Seikillä vanhaan vakiotyökalulistaan liite 4. Näistä tuloksista johdettiin konekohtaiset suositukset sekä yhteenveto käytetyimmistä teristä.

## 6.2 Työn sujuminen

Työn kulkuun koko prosessin läpi tutustuttiin haastatteleamalla henkilöitä tilaus-toimitusprosessin eri tehtävissä. Koneistajien kokemuksia töiden esivalmistelusta ja sujuvuudesta sekä viimeaikaisista kehitystoimista kyseltiin liitteen 7 mukaisella lomakkeella. Vastausten perusteella laadittiin yhteenveto, liite 8, jonka tulokset esiteltiin tuotantopäällikölle, koneistajille ja koneistamon työnjohtajalle palaverissa 8.11.2012. Vastaajien vähäisen lukumäärän ja luottamuksellisuuden säilymisen vuoksi yhteenvedossa vastaukset on käsitelty prosentteina, mutta kommentit on siirretty sellaisenaan. Seuraavat huomiot perustuvat yhteenvetoon ja käytyihin keskusteluihin.

Varastosta otettavan aineen etsiminen ja sahaaminen vie aikaa, samoin kuin saapuvan tavaran kuittaaminen ja satunnainen osallistuminen tavaran lähetykseen. Piirustukseen tutustumiseen saa tarvittaessa neuvoja ja apua, samoin kokoonpanokuvan kopion saa pyydettäessä. Valmiin työn kuittaminen L7:n-järjestelmään tapahtuu työnjohtajan toimesta.

Pienissä toistuvissa tuotteissa, joissa asetus aika on suuri suhteessa koneistusaikaan, tehdään usein muutama kappale varastoon jos uskotaan että kohta tuote tulee kuitenkin tuotantoon. Näitä tuotteita ei kuitata järjestelmään ennen kuin ne käytetään. Tämä vaikuttaa materiaali- ja puolivalmistevaraston saldoon sekä inventaareihin. Näillä varalla olevilla tuotteilla ei ole omaa varastopaikkaa, vaan niillä on muutama laatikko, josta ne saattavat löytyä seuraavaan tarpeeseen.

Kuormitusjono koneella muodostuu noin viikon töistä, mutta näiden keskinäinen järjestys muodostuu vasta materiaalien saapumisen ja edellisten vaiheiden valmistumisen kautta. Koneistaja ei näe näiden edeltävien vaiheiden aikatauluja. Koneistajat tekevät töitä mies ja kone -periaatteella koska koneiden ohjaukset käyttävät eri järjestelmiä. WinCamia ei hyödynnetä yhdistävänä tekijänä.

Koko organisaation yhteisiä aloituspalavereja uusien tuotteiden valmistuksen käynnistämiseksi ei järjestetä. Tärkeät yksityiskohdat ja mahdolliset seuraavan vaiheen tarvitsemat ennakoinnit sovitaan keskusteluilla. Tuotannonohjausjärjestelmä Visma L7:n käyttö ja rakenteiden teko tuntuu hankalalta eikä sitä tehdä kaikille osille, mistä syystä sen osoittama kuormitus on vajavaista. L7:n raporttien hyödyntäminen ja muokkaaminen ei ole päivittäistä. Tuotteisiin tulleet valmistuksen korjaus- ja parannusehdotukset eivät tulostu seuraavaan vastaavaan tuotteeseen jos asiakas muuttaa tuotettaan ja piirustusnumeroaan. Korjauksen kirjautuminen tuoteperheen uusille tuotteille perustuu työnjohdon ja koneistajien muistiin.

Johnfordin ympäristö on melko ahdas ja kulmahiomakoneiden letkut usein kulkuväylällä. Näistä voi aiheutua kompastumista. Liikkumista, kiertämistä ja tavaroiden ottoa tulee paljon verrattuna vaikka MTE:n selkeään ympäristöön. Kuvaamalla työpäivän tapahtumat videolle muutaman päivän ajan voitaisiin nähdä minkälaisia ottoja, nostoja ja hakuja tulee useimmin ja tämän perusteella miettiä, kuinka työpiste olisi selkeämmin järjestettävissä.

Yrityksen toimiminen kolmessa hallissa kahden työnjohtajan alaisuudessa ei varsinaisesti lisää me-henkeä osastojen kesken kun säännöllisiä yhteisiä palavereja ei järjestetä. Tavoitteet eivät ole näkyvästi yhteiset. Sovittuja asioita ei kirjata ja ne saatetaan unohtaa. Helposti jäädytään uskon, että toisilla osastoilla kuorma ja työt ovat helpompia. Tämä voi johtaa väärinkäsityksiin ja syyttelyihin puolin ja toisin.

Yrityksen johdon ponnistelut muuttuneen tuotekannan tilausten saamiseksi eivät näy koneistajille asti, eivätkä luo luottamusta johdon pitkäjänteiseen työskentelyyn asian hyväksi.

### 6.2.1 Työajan jakautuminen

Koneistajien työn jakautumista koneistamiseen ja muihin töihin seurattiin neljän viikon ajan laajennetun tuntikirjanpidon avulla. Nykyisin käytössä olevaan, päivittäin täytettävään tuntilappuun kirjataan työnumero ja työhön kulunut aika ilman erittelyjä. Uuteen tuntilappuun lisättiin sarakkeet: koneistus, asetus, valmistelu, uusi ohjelma, sekä asetusyhdistelmä, liite 9.

Kertyneistä tiedoista koostettiin taulukko 1, joka kuvaa hyvin koneistukseen tulevien töiden keskinäistä erilaisuutta ja vaihtelevuutta. Raportointitarkkuudessa on hiukan henkilökohtaisia eroja ja esimerkiksi siivoustyö, joka käsittää lastujen poiston koneelta, sisältyy toisilla asetusajaksi ja toiset raportoivat sen erikseen. Tämä osuus vaihtelee työstä ja raaka-aineesta riippuen prosentista jopa kymmeneen prosenttiin käytetystä 40 tunnin viikkotyöajasta. Seurantajaksoon osui myös kaksi vapaapäivää, itsenäisyyspäivä sekä sen jälkeinen perjantai, joulukuun 7. joka oli sovittu yhteisesti Pekkas-vapaaksi ja vaikutti sen viikon koneistukseen käytettävissä olleeseen aikaan 40 %. Kaikkia tuloksia on kuitenkin verrattu teoreettiseen maksimiin, 40 viikkotyötuntiin, näin taulukko kuvastaa koneen käyttöä.

Taulukko 1. Yhteenveto kuinka työtunnit jakautuivat 4 viikon ajalta eri koneilla.

Kone	Koneistus	Asetus	Valmistelu	Uusi ohjelma	Asetus yhdistelmä
Daewoo Puma	40 – 54 %	2 - 22 %	1 %		-
Mori Seiki SL-25	21,2 – 53,7 %	8,7 – 32 %	2,5 – 7,5 %	2 - 3	0 - 3
Johnford	17,5 – 62,5 %	29,4 – 58,7 %	3,1 – 3,8 %	2 - 10	3 - 7
MTE	43,8 – 60 %	3,7 – 31,2 %	5 – 6,2 %	n. 1/viikko	3

Daewoo Puman solussa oleva toinen kone, Mori Seiki SL-4, on käynyt samana aikana 7-16 tuntia viikossa, 22 – 40 % viikkotyöajasta. Koneistus- ja asetusajaa ei ole eritelty Frömag –kiilauranvetokoneella käytetyiltä tunneilta eikä manuaalisorvauksesta. Näihin töihin on kulunut seuranta-aikana useampi päivä.

Koneilla tehdään lähes päivittäin useita erilaisia töitä. Daewoo Pumalla seurantajakson kuorma on ollut enimmäkseen vakiotöitä, mihin ei uusia



ohjelmia ole tarvinnut tehdä eikä kiinnityksiä ja kiinnittimiä suunnitella. Prosessi on hyvin hiottu ja valmista syntyy. Sarjakoko on tällä koneella ollut selkeästi suurempi kuin muilla koneilla. Muilla koneilla työt ovat vaihdelleet enemmän. Johnfordilla uuden ohjelman teko on ollut lähes päivittäistä ja kappaleiden koneistus suhteellisen lyhytkestoista, mutta useita kiinnityksiä vaativaa. Tästä johtuen Johnfordilla myös asetusaikaa on kulunut eniten. Raportointi tapahtuu puolen tunnin tarkkuudella, vaikka työstettävien osien kappaleaika voi olla joitain minuutteja, eikä puoli tuntia täyty edes ohjelmoinnin kanssa. Silloin lappuun saatetaan yhdistää kahden tuotteen aika ja jättää ajan jakaminen jälkilaskentaan.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Metsi Oy:n koneistustyöt ovat hyvin vaihtelevia ja moninaisia. Valmistus on pääosin yksittäisvalmistusta, vaikkakin toistuvaa. Useissa vakiotoissa toistuvuutta on kuitenkin sen verran harvoin, että niiden sarjavalmistus ei kannata mahdollisten pienten muutosten ja suuren keskeneräiseen tuotantoon sitoutuvan pääoman vuoksi. Esimerkkinä voi mainita valuaihioista koneistettavat työt, joissa pitkän toimitusajan sekä minimi toimituseräkoon vuoksi varastoon sitoutuu helposti suuria pääomia.

Koska suurin osa töistä tehdään asiakkaan suunnitelmien pohjalta, on työkalujen kirjo hyvin laaja. Esimerkkinä poranterät joita on lähes joka millimetrille ja kymmenykselle.

Koneistajilla oli jo valmiiksi melko hyvä käsitys useimmin käytetyistä teristä. Tästä esimerkki löytyy MTE:n useimpien käytettyjen työkalujen listalta värikoodeilla. Nyt kerätyt konekohtaiset käyttölistat voivat lähinnä auttaa arvioimaan kuinka moni useimmin käytetyistä teristä käyttää samankokoista teränpidintä, adapteria tai istukkaa sekä niiden mahdollisia lisätarpeita. Ehdotus työkalustandardiksi sisältää pelkästään yhteenvedon kaikkien kolmen koneen käytetyimmistä teristä.

Tästä eteenpäin pitäisi yhdessä työntekijöiden kanssa laatia lista työkaluista ja vakionumeroista samoille työkaluille jokaisen jyrsinkoneen työkalulistalla. Tämä mahdollistaisi koneesta riippumattoman ulkopuolisen ohjelmoinnin käyttäen ohjelmassa samoja työkalutietoja.

Tällaisen parannetun työkalustandardin käyttöönotto voi olla haasteellista, mutta silti kannattavaa. Konekohtaisista työkalulistoista jalostettu ehdotus standardiksi voisi olla työväline keskusteltaessa asiakkaan kanssa tuotteen vaatimuksista. Joissain tapauksissa tämä saattaisi yksinkertaistaa suunnitelmaa ja helpottaa teränvaihtotarvetta.

Kaiken kaikkiaan tavaroiden kulkua osastoilla ja osastojen kesken tulisi miettiä tarkasti. Nykyisin tavaroita on monessa paikassa ja kuljettelu sekä siirtoja paljon. Vaikka vanhat koneet koneistamossa ovatkin toimivia ja hyviä varakoneita, kannattaa niiden tarve ja käyttötiheys ykköshallissa miettiä tarkkaan. Siirtämällä muutama harvoin käytössä oleva kone vaikka hitsaamon viereiseen vanhaan koneistamoon saataisiin ykköshallin koneis-

tamoon lisää tilaa ja tavaroiden siirtelyä ja käsittelyä voitaisiin järjestellä sujuvammaksi.

Yhteisöllisyyttä ja me-henkeä osastojen kesken lisääviä toimia kannattaisi miettiä. Tiedon jakamista kaikille samaan aikaan tulisi lisätä. Uusimalla palaverikäytäntöjä ja ottamalla koko henkilöstö mukaan keskusteluihin ja kehittämisiin vahvistetaan me-hengen kehittymistä ja luottamusta yrityksen toimintaan.

Me-henkeä kehitetään myös asettamalla selkeät sekä yrityksen että henkilökohtaiset tavoitteet, mittaamalla niiden saavuttamista sekä luomalla tilanteeseen sopivat kannustimet ja palkkiot. Näin vahvistetaan myös sisäisen yrittäjyyden kehittymistä.

Kuormituksen hienontaminen ja tavoiteajan asettaminen kappale- ja vaihekohtaisesti sekä saman tiedon raportointi tuntilapulla parantaisi jälkilaskentaa ja helpottaisi seuraavan vastaavan työn kuormitusta. Työstöajan jakautumista ja raportointia laajennetulla tuntilistalla kannattaisi harkita, samoin kuinka raportoida kiilaura- ja muut erikoiskoneistukset jotka eivät tapahdu pääkoneella. Kuormituksen ja jälkilaskennan kannalta puolta tuntia tarkempi ajan mittaus ja raportointi antaisi tarkempaa kuvaa kuormasta ja kustannusten kerääntymisestä.

### 7.1 Ehdotukset konekohtaisiksi työkalulistoiksi ja työkalustandardiksi

Ehdotukset konekohtaisiksi listoiksi työkaluista, mitkä koneilla tulisi aina olla valmiina istukkaan kiinnitettynä.

Lista MTE liite 10.

Lista Johnford liite 11.

Lista Mori Seiki liite 12.

Ehdotus työkalustandardiksi on yhdistelmä edellisistä. Siinä on listattuna 79 eniten käytettyä työkalua, liite 13.

### 7.2 Suositukset töiden esivalmisteluun ja sujuvuuteen

Koneistamon koneilla olevat kamerat, tietokoneet ja työkansiot valokuvineen ja asetustietoineen ovat loistava oivallus ja erittäin hyvä apu sekä koneen vakiokäyttäjälle, että muille näitä tietoja tarvitseville. Tätä käytäntöä kannattaa jatkaa ja kehittää edelleen esimerkiksi yhtenäistämällä ja ohjeistamalla asioita, joita kansioissa tallennetaan.

Tiedon jakamista yrityksen tilanteesta koko henkilöstölle voisi lisätä. Mahdolliset muutokset työvoiman tarpeessa, kuormituksen nousu tai lasku, saadut tilaukset, lyhyt taloudellinen katsaus, kaikki ovat asioita mitkä kiinnostavat koko henkilöstöä ja tieto näistä luo luottamusta yritykseen. Myös johtajien tulee olla näkyviä, osallistuvia ja tietoa antavia.

Säännölliset henkilöstö-, osasto- ja tiimipalaverit mahdollistavat tiedonjaon kaikille samaan aikaan saman sisältöisenä. Vaikka pienessä porukassa palaveriin kulutettu aika voi tuntua turhalta, voidaan näin varmistaa virallinen tieto, eikä henkilöstön keskinäinen rupattelu ole ainoa informaatiokanava.

Nykyiset tuotanto- ja työnjohdon aloituspalaverit olisi hyvä laajentaa pidettäväksi yhdessä työntekijöiden kanssa. Näin kaikki saisivat kuulla yksityiskohdat samanlaisina ja samaan aikaan sekä voisivat esittää kysymyksiä. Samalla voitaisiin sopia työjärjestyksestä, ennen ja jälkeen koneistuksen tehtävistä töistä sekä riittävien työvarojen jättämisestä seuraavaa vaihetta varten. Voidaan myös pohtia onko ylipäättäen tarpeen kierrättää kaikki pienet poraukset tai silitykset koneistamon kautta vai voitaisiinko ne tehdä kakkoshallin jyrsinkoneella hitsaajien toimesta? Yhteisellä suunnittelulla voidaan saada uusia näkökulmia ja ideat voivat jäädä kypsyymään varsinaista toteutusta varten.

Palavereista pitää tehdä muistio. Sen ei tarvitse olla tietokoneella kirjoitettu - kynä ja paperi toimivat oikein hyvin. Riittää, että kirjataan vain pääkohdat sovitusta asioista. Muistion voi skannata ja kopioida tarvittaviin kansioihin, rakenteisiin sekä osallistujille – myös työstökoneilla oleviin työkansioihin kuvien keralla.

Hienokuormituksen näkyminen työ- ja konekohtaisesti visuaalisena tavoiteaikana sekä työjonona, ei pelkästään piirustusnippuna ja työkortteina, auttaa koneistajia asettamaan itselleen sisäisiä tavoitteita vastata näkyvään kuormaan. Työjonojen muodostuminen auttaa hyödyntämään kaikkien koneiden koko potentiaalin. Jyrsinnän korkean kuormituksen aikana pikukujyrsinnät, jotka ovat mahdollisia automaattisorveilla, pitää kaikki toteuttaa, että vältetään useilta kappaleen irrotuksilta ja ylimääräiseltä työltä. Samoin kaikki aputyöt - siirrot, sahaukset, materiaalien etsimiset, terävien nurkkien poistot, tulee korkean kuorman aikana hoitaa apukoneistajan toimesta.

Koko yrityksen kuormitus tulisi olla näkyvä kaikille osastoille. Laitteilla tulisi olla omat projektisuunnitelmat, joissa ne on kuormitettu osastoille ja näistä johtaa koko yrityksen kuormitus ja priorisointi. Näiden suunnitelmien toteutumiselle ja seurannalle pitää olla nimetyt vastuuhenkilöt. Työntekijöiden on syytä tietää oman toimintansa vaikutus koko projektin onnistumiselle. Yksikään laite ei tuota ennen kuin kaikki vaiheet ja koko toimitus on hoidettu, jokainen vaihe vaikuttaa toimitusvarmuuteen ja asiakastyytyväisyyden muodostumiseen, mutta se ei välttämättä näy vielä sitä vaihetta tehtäessä.

Koneistajat tuntevat ammattilypeyttä ja ovat valmiit joustamaan tarvittaessa. Palaute onnistumisista ja asiakkaalta välitetty kiitos luovat positiivista nostetta. Tavoitteet kannattaa saattaa näkyviksi, samoin se kuinka tavoitteiden saavuttamisessa on onnistuttu. Ajankohtaan sopivia kannusteita kannattaa luoda. Vaikka rahalliset palkitsemiset voivat olla vaikeita toteuttaa, kannattaa miettiä muita mahdollisuuksia – virkistäytymisretkiä, yri-

tysvierailuja, kakkukahveja koko porukalle tai muita muutoksia rutiineihin.

Johnfordilla ohjelmien nopeuttaminen ja työkalujen optimointi ei suhteessa vähennä koneistusaikaa paljонkaan kun työkalun vaihto makasiinista on suhteellisen hidas ja itse koneistukset melko lyhyitä ja yksinkertaisia. Vaikka työkalun lähestymisliikkeet tehdään nopeasti, ei se jouduta jos työkalun poisvienti ja haku sekä makasiinin pyörähtäminen ovat hitaita. Laitevalmistajan mahdollisuudet tämän alueen kehittämisessä kannattaisi tutkia.

Kappaleen kiinnitysjärjestelmissä on tapahtunut kehitystä. Nopeammat, napsahtavat ja modulaariset kiinnitysjärjestelmät voisivat tuoda uusia vaihtoehtoja ja nopeuttaa kappaleiden asetusta. Koneistajien yritys- ja messuvierailut sekä esimerkiksi terätoimittajien järjestämä koulutus voisivat antaa lisää ideoita sekä omaan työhön että mahdollisiin kehityskohteisiin.

L7:n työkorteissa näkyvät viivakoodit. Mahdollisuus näiden hyödyntämiseen kuittauksissa yksinkertaisilla lukijoilla kannattaa tutkia. Nykyisin työnjohtajat tekevät valmistumiskuittaukset järjestelmään. Kehittämällä koodisysteemiä aikaa säästyisi ja kuittaukset voisi tapahtua jopa työntekijöiden toimesta, työnjohtajan aikaa vapautuisi lisääntyvän kuormituksen tarpeisiin.

Vaikka työstöohjelmista voikin saada ketterämpiä hyödyntäen koneen omaa ohjausta, voisi WinCamia silti ajatella hyödynnettävän kaikkien jyrsinkoneiden ohjelmointiin. Jyrsijät voisivat helpommin vaihtaa koneelta toiselle. Siirtämällä kolme pääjyrsinkonetta samaan ryhmään voisi nykyiset kiinnittimet, jiggit, esiasettelulaitteen ja työkalut hyödyntää kaikilla koneilla laajemmin. Nykyiset jyrsijät pystyisivät hyödyntämään toistensa kokemuksen ja hoitamaan kaikki kolme konetta kahdestaan.

Vaihtoehtoisesti Mori Seikin tilalle tai lisäksi voisi hankkia Heidenheinin ohjauksella varustetun saman kokoluokan koneen. Kahden kuukauden seurantajakson aikana vain yksi Johnfordilla tehty työ edellytti sen kokoluokan konetta. Hiukan tehokkaampi pikkukone hoitaisi samat asiat ketterämmin. Jos koneen ohjaus vielä olisi sama kuin Johnfordin ja MTE:n olisi kolmen koneen solu hoidettavissa jo nykyisellä ohjelmointiosaamisella.

## 8 YHTEENVETO

Tiukentuneen taloustilanteen johdosta yritykset joutuvat etsimään sisäisesti keinoja joilla toiminnan kannattavuus turvataan. Huippuluokan tuotteita ja innovaatioita maailmalle tuonut suomalainen teknologiateollisuus on heikentyneen maailmantalouden johdosta tilanteessa, jossa tuotteiden ja palveluiden tuottaminen on tehtävä entistä tehokkaammin. Kone- ja metallituoteteollisuus yhteistyö- ja alihankintaverkostoinen joutuu etsimään tapoja, joilla paremmin hyödyntää osaamisensa ja resurssinsa.

Tämä opinnäytetyö tehtiin oittilaiselle Metsi Oy:lle. Työn tavoitteena oli tutkia ja kartoittaa työkalujen käyttöä yrityksen jyrsinkoneilla sekä koneistamossa tehtävien töiden ennakkointia. Tietoa haluttiin myös siitä mikä mahdollistaa ja mikä estää uuden työn valmistelun edellisen työn aikana.

Työkalujen käyttöä seurattiin koneilla olleiden seurantalistojen avulla sekä tutustumalla vakiotöiden työstöohjelmiin. Näistä koostettiin konekohtaiset listat useimmin käytetyistä työkaluista sekä näistä yhdessä johdettu ehdotus työkalustandardiksi.

Työn sujumista ja ennakkointia kartoitettiin lomakekyselyn ja keskustelujen pohjalta. Keskusteluissa selvitettiin yrityksen tapaa toimia sekä työn yleistä sujuvuutta – kaikkea mikä vaikuttaa työn tekemiseen. Näiden tuloksena, sekä omaan kokemukseen ja teoriaperusteisiin pohjautuen annettiin työn sujumiseen liittyviä suosituksia.

Työn teoriaosuudessa käsiteltiin koneistamisen, sorvauksen ja jyrsinnän perusteita, jyrsinteriä, terien - ja kappaleen kiinnittämistä. Lisäksi paneuduttiin tuottavuuden perusteisiin sekä tekijöihin, joilla työntekijöiden motivaatiota ja työn tekemisen edellytyksiä voidaan parantaa. Lisäämällä informaatiota yrityksen tilanteesta, tilauksista, taloudesta ja näkymistä sekä tavoitteista luodaan luottamusta ja me-henkeä. Määrittelemällä jokaisen työlle näkyvät tavoitteet, keskustelemalla ja jakamalla palautetta sekä kiihosta saadaan työhön hyvä tekemisen meininki.

Raportoimalla työstöajan jakautumisen koneistamiseen ja asetuksiin, hyödyntämällä laajennettua tuntilappua sekä käyttämällä todellisia aikoja noin aikojen sijaan saadaan jälkilaskennan kautta todellisempaa tietoa asiakas- ja osatuottavuudesta.

Jyrsinkoneiden työkalujen käyttöseuranta perustui marras-joulukuun aikana tehtyihin töihin. Työstöohjelmien tarkastelu tehtiin toistuvatoisten asiakkaiden vuonna 2012 tehtyihin tai muokattuihin työstöohjelmiin. Samoil- le asiakkaille voi luonnollisesti olla myös töitä, jotka eivät ole muuttuneet vuoden 2012 aikana. Tällaisessa tapauksessa käytetyt terät eivät ole listautuneet laskentaan.

Koneistajilla oli valmiiksi melko hyvä käsitys useimmin käytetyistä teristä. Lähinnä nämä konekohtaiset listat voivat auttaa arvioimaan kuinka moni useimmin käytetyistä teristä käyttää samankokoista teränpidintä, adapteria tai istukkaa sekä niiden mahdollisia lisätarpeita. Ehdotus työkalustandardiksi sisältää yhteenvedon kaikkien kolmen koneen käytetyimmistä teristä.

Nämä listat tuovat tietoa vain työkalujen käyttötiheydestä. Tästä eteenpäin pitäisi yhdessä työntekijöiden kanssa laatia lista työkaluista ja vakionumerosta samalle työkalulle jokaisen jyrsinkoneen työkalulistalla. Tämä mahdollistaisi koneesta riippumattoman ulkopuolisen ohjelmoinnin käyttäen samoja työkalutietoja.

Opinnäytetyön tekeminen oli mielenkiintoista ja yrityksessä oli mukava työskennellä. Valmistustekniikan koulutausta ja muottisuunnittelijana saatu kokemus koneistamosta auttoivat hyvään alkuun. Tehtävän rajaus ja siinä pysyminen oli välillä haastavaa oman kokemuksen ja kiinnostuksen vuoksi.

## LÄHTEET

- Aaltonen, K., Andersson, P. & Kauppinen, V. 1997. Koneistustekniikat. Porvoo: WSOY – Kirjapainoyksikkö.
- Alan esittely. 2012. Teknologiateollisuus ry. Viitattu 1.12.2012.  
<http://teknologiateollisuus.fi/fi/toimialat/alan-esittely.html>
- Black, J. T. & Kohser, R. A. 2008. DeGarmo's materials and processes in manufacturing. 10th edition. Westford: Courier.
- Haverila, M. J., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. p. Tampere: Infacs Oy.
- Huhtamo, E. 1981. Jyrsiminen. Teoksessa Tekniikan käsikirja numero 9. 8.s uusittu ja lisätty painos. Jyväskylä: K. J. Gummerus Osakeyhtiö.
- ISO 13399. 2012. UNM – Activities - Maintenance Agencies – ISO 13399 Maintenance Agency. Viitattu 30.12.2012.  
[http://www.unm.fr/main/core.php?pag\\_id=135](http://www.unm.fr/main/core.php?pag_id=135)
- Järvinen, P. 2001. Onnistu esimiehenä. 6. p. Helsinki: WSOYpro.
- Lapinleimu, I. 1981. Yleinen lastuamisoppi. Teoksessa Tekniikan käsikirja numero 9. 8.s uusittu ja lisätty painos. Jyväskylä: K. J. Gummerus Osakeyhtiö.
- Larikka, M., Heinilä, P., Selin, K. & Tuominen, J. 2007. Tuottavuuden jatkuva parantaminen. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.
- Maaranen, K. 2007. Koneistustekniikat. Helsinki. WSOY Oppimateriaalit.
- Rajala, S. 2008. Metsi ja Heimo Kuusinen kulkeneet yhdessä jo 40 vuotta. Etelä-Hämeen lehti numero 22.
- Rimpiläinen, J. 2008. METSI OY 20-vuotisjuhla-julkaisu.
- Sakki, J. 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta. 7. uud. p. Vantaa: Jouni Sakki Oy.
- Taloudellinen katsaus – tiivistelmä. 2012. Valtiovarainministeriö. Viitattu 1.12.2012.  
[http://www.vm.fi/vm/fi/04\\_julkaisut\\_ja\\_asiakirjat/01\\_julkaisut/02\\_taloudelliset\\_katsaukset/20120917Taloud38254/tk\\_paehkinaenkuoribrosyyri.pdf](http://www.vm.fi/vm/fi/04_julkaisut_ja_asiakirjat/01_julkaisut/02_taloudelliset_katsaukset/20120917Taloud38254/tk_paehkinaenkuoribrosyyri.pdf)
- Tietotaito – Jyrsintä - Perusteet. 2012. Sandvik-Coromant. Viitattu 30.12.2012 [http://www.sandvik.coromant.com/fi-fi/knowledge/milling/getting\\_started/machines\\_for\\_milling/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/fi-fi/knowledge/milling/getting_started/machines_for_milling/pages/default.aspx)

Tietotaito – Yleistä – ISO13399. 2012. Sandvik-Coromant. Viitattu 30.12.2012 <http://www.sandvik.coromant.com/fi-fi/knowledge/general-information/iso-13399/pages/default.aspx>

Tilanne ja näkymät. 2012. Teknologiateollisuus ry. Viitattu 1.12.2012. <http://new.teknologiateollisuus.fi/fi/toimialat/kone--ja-metallituoteteollisuus.html>

Toimialan tilannekuva. 2012. Teknologiateollisuus ry. Viitattu 1.12.2012. <http://new.teknologiateollisuus.fi/fi/toimialat/konejametallitilannekuva.html>

Tuottavuuden tienviitat – älyä peliin. 2006. Teknologiateollisuus ry, Metallityöväenliitto ry. Viitattu 2.12.2012. <http://www.teknologiateollisuus.fi/fi/tyomarkkina-asiat/tuottavuus.html>

Yritysesittely. n.d. Viitattu 5.12.2012. <http://www.metsi.fi/fi/yritysesittely/>



