

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

MASTERCAM-ASETUSKORTIN MUOKKAUS

TEKIJÄ: Eskelinen Mikko

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Mikko Eskelinen			
Työn nimi Mastercamin asetuskortin muokkaus			
Päiväys	19.8.2024	Sivumäärä/Liitteet	45/5
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Camcut Oy			
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää ja optimoida Mastercam-ohjelmiston asetuskortti, joka palvelee paremmin CNC-jyrsintää tekeviä yrityksiä niiden asetustyössä. Työn lähtökohtana oli kattava yrityskysely, jossa selvitettiin koneistusalalan yritysten toiveita ja tarpeita asetuskortin toiminnallisuudessa. Asiakasyrityksenä oli Camcut Oy, joka tarjoaa koneistukseen liittyviä palveluita, kuten CAM-ohjelmistoja, CNC-ohjelmointia ja Mastercam-koulutusta sekä muita teknisiä tuotteita ja palveluita.</p> <p>Teoriaosuudessa keskityttiin läpimenoajan lyhentämiseen sekä asetusajojen lyhentämiseen liittyvään tuotannon tehostamiseen. SMED-menetelmä on yleinen työkalu asetusajojen lyhentämisessä. Siinä asetusajaa jaetaan sisäiseen ja ulkoiseen asetusajaksi ja tämän jälkeen pyrittiin siirtämään sisäistä asetusajaa ulkoiseksi. Myös hukkan eliminointi Lean-filosofian avulla on tärkeä osa tuotannon tehostamista.</p> <p>Asetuskortin tekeminen ja muokkaus tapahtui Activereports Designer-ohjelmistolla. Menetelmänä kehitystyössä käytettiin asiantuntijahaastattelua, joka tapahtui sähköpostikeskusteluna tekijän, asiakasyrityksen edustajan ja opinnäytetyön ohjaajan välillä.</p> <p>Asiantuntijahaastattelun sekä yrityskyselyn tulosten perusteella suunniteltiin ja toteutettiin uudistettu asetuskortti työstökeskukselle, joka pyrkii vastaamaan erityisesti käyttäjien käytännön tarpeisiin ja edistämään työn tehokkuutta, kun koneistaja tekee asetuksia seuraavaa työtä varten. Tämän lisäksi tehtiin erillinen työkaluluettelo, joka mahtuu yhdelle sivulle keskimääräisen Mastercam-ohjelman osalta. Tämän työkaluluettelon voi tarvittaessa tulostaa erikseen.</p> <p>Työssä kehitetty asetuskortti tulee asiakasyritys Camcutin sivuille vapaasti ladattavaksi, jolloin siitä voi olla hyötyä monille CNC-koneistusta tekeville yrityksille, mikäli he haluavat ottaa tämän käyttöön. Jatkossa tästä asetuskortista voisi kehittää oman version CNC-sorvaukseen.</p>			
Avainsanat CNC, jyrsintä, CAM, SMED, Lean, asetuskortti, koneistus			

ESIPUHE

Haluan kiittää Savonian Arto Liuhaa, jonka kautta tämän opinnäytetyön aihe järjestyi. Kiitokset myös yhteistyöstä asiakasyritys Camcutin Mikko Vepsäläiselle ja opinnäytetyön ohjaajalle Jari Lipposelle. Yhteistyö heidän kanssaan asetuskortin muokkaamisessa oli merkittävässä roolissa, että työ saatiin tehtyä. Heidän kommenttien ja ehdotusten perusteella asetuskortti saatiin muokattua halutun kaltaiseksi. Erityiskiitos vielä Jari Lipposelle, joka toimi ohjaajana raportin kirjoittamisessa.

Sukevalla 27.8.2024

Mikko Eskelinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tavoitteet	7
1.2	Työn tausta	7
1.2.1	Camcut	7
1.2.2	Zenex	8
1.2.3	Mastercam	8
1.2.4	ActiveReports Designer	8
2	CNC-KONEISTUKSEN TEORIA.....	9
2.1	CNC-koneistus	9
2.2	CNC-jyrsintä	9
2.3	CNC-työstökoneet	9
2.4	CNC-koneiden ohjaus	10
2.4.1	Ohjaus Cad/Cam järjestelmillä	11
2.5	Asetusten teko.....	11
2.5.1	Asetuskortti.....	11
2.6	Asetusaika	12
2.6.1	Sisäinen ja ulkoinen asetus aika.....	12
3	TUOTTAVUUDEN KEHITTÄMINEN	13
3.1	Lean	13
3.1.1	Toyota Production System ja Lean	13
3.1.2	Hukan poistaminen	14
3.1.3	Asetuskortti ja Lean	14
3.2	SMED	15
3.3	Läpimenoaika	18
3.3.1	Läpimenoaika ja asetuskortti	19
3.4	Erä koko.....	19
4	ESITIE TOJEN KERÄYS.....	20
4.1	Johdanto menetelmiin	20
4.2	Yrityskyselyn suunnittelu ja toteutus	20
4.3	Kyselyn lähettäminen	20
4.4	Vastausten kerääminen	21

4.5	Aineiston analysointi ja tulokset	21
4.6	Asiantuntijahaastattelut ja niiden merkitys	22
4.6.1	Haastatteluprosessi	22
4.7	Menetelmien arviointi ja yhteenveto	22
5	ASETUSKORTTIPOHJAN MUUTOSTEN TOTEUTUS	23
5.1	Lähtökohdat	23
5.2	Asetuskortin tekeminen	24
5.3	Asetuskorttipohjan muokkaus ActiveReports Designer ohjelmalla	25
5.4	Camcutin Mastercam-testiohjelma	26
5.5	Muokatun asetuskortin rakenne	27
5.6	Tiedostorakenne	28
5.7	Aliraportit	28
5.7.1	Operaatiolista	30
5.7.2	Työkaluluettelo	30
5.8	Tiedostopolku	31
5.9	Erillinen työkaluluettelo	31
5.10	Lopputulokset	32
6	YHTEENVETO	33
7	POHDINTA	34
	LÄHTEET	36
	LIITE 1: MUOKATTU ASETUSKORTTI	37
	LIITE 2: MUOKATTU ERILLINEN TYÖKALULUETTELO	42
	LIITE 3: FORMS-KYSELYN KYSYMYKSET	43
	LIITE 4: ZENEX-TUTORIAALIN ASETUSKORTTI	44
	LIITE 5: AIEMMASSA OPINNÄYTETYÖSSÄ TEHTY TYÖKALULUETTELO	45

KUVALUETTELO

Kuva 1.	Tyypillinen pieni CNC-työstökone (Wikimedia Commons)	10
Kuva 2.	Läpäisyajan lyhentäminen vaihtamalla sisäisiä asetuksia ulkoisiksi. (Mukaillen Peltonen 1997.)	16
Kuva 3.	Tuotteen läpäisyajan rakenne. (Mukaillen Haverila 2009.)	18
Kuva 4.	Kuvakaappaus alkuperäisen Mastercam-asetuskortin työkalutiedoista	23
Kuva 5.	Kuvakaappaus aiemmassa opinnäytetyössä tehdyn asetuskortin operaatiolistasta.	24

Kuva 6. Ruutukaappaus liittyen Setup Sheet-tiedoston ja XML-tiedoston yhdistämiseen. (Mastercam 2017.)	25
Kuva 7. Ruutukaappaus pyörimisnopeuden lisäämisestä asetuskorttiin. (Mastercam 2017.)	26
Kuva 8. Kuvakaappaus Mastercamissa syötettävän datan lisäämisestä. (Mastercam 2017.)	26
Kuva 9. Kuvakaappaus Camcutin Mastercam-testiohjelmasta (Mastercam 2024)	27
Kuva 10. Mastercamin alkuperäisen asetuskortin tiedostorakenne.	28
Kuva 11. Kuvakaappaus aliraportin lisäämisestä asetuskorttiin. ActiveReports Designerissa	29
Kuva 12. Muokatun asetuskortin tiedostorakenne.	30
Kuva 13. Muokatun työkaluluettelon tiedostorakenne.	31

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoitteet

Opinnäytetyössä analysoidaan uuden asetuskortin suunnitteluprosessia, sen käytännön toteuttamista ja käyttöönottoa, sekä arvioidaan sen vaikutuksia CNC-koneistuksen asetustyyliin. Työ tarjoaa näkökulmia siihen, miten asetuskorttia voidaan kehittää tiiviissä yhteistyössä loppukäyttäjien kanssa, mikä on keskeistä koneistustyön tehokkuuden ja käyttöasteen parantamisessa.

Tavoitteena tässä opinnäytetyössä on rakentaa sellainen asetuskortti, että se palvelee paremmin yrityksiä (Computerized Numerical Control, CNC) CNC-koneistuksessa, kun koneistaja tekee asetustöitä. Tämän asetuskortin avulla CNC-koneiden asetusajat saadaan lyhemmiksi. Asetuskortti on lyhyempi ja selkeämpi kuin alkuperäinen, sisältäen vain kaikkein oleelliset tiedot siitä mitä koneistaja asetustyyliin tarvitsee.

1.2 Työn tausta

Asetustyyli on oleellinen osa koneistavaa valmistusprosessia. Asetustyyliin käytetään yleensä ohjeita, joita kutsutaan asetuskortteiksi. Mastercam tuottaa tarvittaessa pdf-dokumenttina asetuskortin mallinnetusta ja ohjelmoidusta kappaleesta. Perinteinen Mastercamin asetuskortti on liian pitkä ja vaikeaselkoinen, mikä johtaa pidentyneeseen asetusajajaan ja heikentyneeseen työstöprosessiin.

Työn taustalla on aiemmin Savonia-ammattikorkeakoulussa tehty opinnäytetyö. Siinä asetuskorttia oli muokattu lyhyemmäksi, mutta työ on jäänyt osittain kesken, eikä sitä ole viety käytäntöön. Tässä työssä oli tehty myös erillinen työkaluluettelo. Ennen tätä opinnäytetyötä tekijän koneinsinööriopintoihin kuuluneessa erikostumisprojekti 2:ssa tehtiin kattava yrityskysely asetuskortin muutostarpeista. Työhön liittyviä sidosryhmiä ja käsitteitä on esitetty seuraavissa alaluvuissa.

1.2.1 Camcut

Camcut Oy on suomalainen vuonna 2014 Siilinjärvellä perustettu metallikomponenttien tarkkuus-työstöpalveluihin erikoistunut yritys. Camcutin (2024) mukaan Camcut Oy tarjoaa laajan valikoiman koneistuspalveluita, kuten CNC-ohjelmointia, erikoistyökalujen valmistusta ja kunnostusta sekä Mastercam-koulutusta. Yritys on sitoutunut toimittamaan korkealaatuisia palveluita, jotka on räätälöity vastaamaan asiakkaidensa erityistarpeita ja -vaatimuksia, keskittyen valmistusprosessien optimointiin ja tuotteiden laadun parantamiseen. (Camcut 2024.)

Camcutin (2024) mukaan yritys tukee asiakkaitaan tarjoamalla räätälöityä koulutusta ja teknistä tukea, mikä mahdollistaa uusimpien koneistus- ja (Computer Aided Manufacturing, CAM) ohjelmistoratkaisujen tehokkaan hyödyntämisen. Lisäksi Camcut tekee yhteistyötä kansainvälisten kumppaneiden kanssa varmistaakseen huippuluokan työkalujen ja teknologioiden saatavuuden edistämällä näin kustannustehokkaita ja innovatiivisia ratkaisuja.

Pyrkiessään tarjoamaan parhaita koneistusratkaisuja, Camcut Oy pyrkii löytämään ja toteuttamaan asiakkailleen sopivimmat ja kustannustehokkaimmat vaihtoehdot. Yhtiö keskittyy tuotannon tehostamiseen ja liiketoiminnan kasvun tukemiseen varmistaen, että he voivat tarjota markkinoiden johtavia tuotteita ja palveluita. (Camcut Oy 2024.)

1.2.2 Zenex

Zenex on suomalainen yritys, joka on erikoistunut toimittamaan kattavia IT-palveluita ja -ratkaisuja yrityksille eri toimialoilla. Zenexin (2024) mukaan se keskittyy IT-infrastruktuurin hallintaan, pilvipalveluihin, kyberturvallisuuteen, tiedonhallintaan ja räätälöityjen ohjelmistojen kehittämiseen, joten se on sitoutunut parantamaan teknisiä valmiuksiaan ja varmistamaan asiakkailleen vankan digitaalisen toiminnan. Niiden palvelutarjontaa täydentää asiantunteva IT-konsultointi, joka auttaa yrityksiä suunnittelemaan ja optimoimaan IT-järjestelmiään tehokkaasti. (Zenex 2024.)

Zenexin (2024) mukaan se on tunnettu sitoutumisestaan innovaatioon ja kestävyYTEEN. Zenex päivittää jatkuvasti myös tarjontaansa sisällyttääkseen uusimmat tekniset edistysaskeleet ja keskittyen samalla ympäristövaikutusten minimoimiseen. Mastercamin asennuskorttia muokataan ActiveReports Designer -ohjelmistolla. Zenex tarjoaa ohjeita ja tukea myös tähän ohjelmistoon. (Zenex 2024.)

1.2.3 Mastercam

Mastercamin (2024) mukaan Mastercam on johtava tietokoneavusteisen valmistuksen CAM ohjelmistoratkaisujen tarjoaja. Vuonna 1983 perustettu ja Connecticutin Tollandista käsin toimiva Mastercam on noussut yhdeksi maailman laajimmin käytetyistä CAM-ohjelmista. Se tarjoaa intuitiiviset käyttöliittymät ja tehokkaat simulaatiotyökalut, jotka mahdollistavat valmistajille koneistusprosessien optimoinnin, tuottavuuden lisäämisen ja toimintakustannusten alentamisen. (Mastercam 2024.)

Mastercamin (2024) mukaan yritys sitoutuu innovaatioihin, jatkuvasti integroiden uusinta teknologiaa varmistaakseen, että sen ohjelmisto vastaa modernien valmistusympäristöjen kehittyviä tarpeita. Mastercamin sitoutuminen kattavan tuen ja koulutuksen tarjoamiseen käyttäjilleen korostaa sen asemaa CAM-ohjelmistomarkkinoiden johtajana, auttaen yrityksiä ympäri maailman tehostamaan valmistustaan CNC-koneistuksessa. (Mastercam 2024.)

1.2.4 ActiveReports Designer

ActiveReports Designer Mastercamissa on työkalu, joka mahdollistaa mukautettujen raporttien luomisen ja muokkaamisen osana Mastercam-ohjelmistoa. Sen avulla voi luoda omia raportteja tai muokata olemassa olevia raportteja. ActiveReports Designer on erityisen hyödyllinen työkalu yrityksille, jotka tarvitsevat tarkkoja ja kustomoituja raportteja tuotantoprosessiensa tueksi. Se auttaa parantamaan tuotannon seuranta ja laadunvalvontaa tarjoamalla yksityiskohtaisia tietoja ja analyysiä käyttäjän määrittelemällä tavalla. (Mastercam 2024.)

2 CNC-KONEISTUKSEN TEORIA

2.1 CNC-koneistus

CNC-koneistus on korkean tarkkuuden tietokoneohjattu ainetta poistava menetelmä, jossa ainetta poistetaan lastuamalla. Koneistuksen avulla saadaan valmistettua mittatarkkoja tuotteita. CNC-koneistusta suoritetaan tietokoneohjatulla työstökeskuksella, yleisimmin jyrsimällä tai sorvaamalla. CNC-koneistus soveltuu laajasti eri materiaaleille, kuten teräksille, muoville, puulle, lasille ja komposiiteille. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 20.)

Joustavuuden ansiosta koneita voidaan käyttää laajan valikoiman tuotteiden, aina yksinkertaisista komponenteista äärimmäisen monimutkaisten osien valmistukseen. Tämä tekee CNC-koneistuksesta elintärkeän osan nykyaikaisia valmistusprosesseja, joissa vaaditaan sekä suurta tarkkuutta että materiaalien monipuolista käsittelyä. CNC-koneet toimivat suorittamalla ennalta suunniteltuja ohjelmia, jotka ohjaavat koneen toimintoja, kuten liikkeitä eri akselien suunnissa. Tämä automatisointi vähentää merkittävästi manuaalista työtä, virheitä ja tuotantoaikaan liittyviä kustannuksia. (Heinonen & Kalliolahti 2020, 86–87.)

2.2 CNC-jyrsintä

CNC-jyrsintää tehdään työstökeskuksilla, joita hallitaan tietokoneen avulla. CNC-jyrsintä on tietokoneohjattu prosessi, jossa kiinteää materiaalia leikataan tarkasti haluttuun muotoon ja kokoon. Päinvastoin kuin sorvauksessa, jyrsinnässä materiaali, kuten metalli, muovi tai puu, kiinnitetään paikoilleen ja CNC-jyrsinkoneen terät leikkaavat siitä materiaalia ohjelmoidun suunnitelman mukaisesti. (Heinonen & Kalliolahti 2020, 120–123.)

CNC-jyrsinnan tehokkuus ja tarkkuus ovat keskeisiä etuja, jotka tekevät siitä suosituksen valintaa vaativissa teollisissa sovelluksissa. Käytettäessä moniakselisia koneita, jyrsintäprosessi voi suorittaa monimutkaisia leikkauksia ja muotoja, jotka olisivat manuaalisesti työstettäessä vaikeita tai jopa mahdottomia. Lisäksi CNC-jyrsintäprosessi voi olla täysin automatisoitu, mikä mahdollistaa jatkuvan tuotannon pienellä ihmistyön tarpeella, optimoiden tuotantokapasiteettia ja vähentäen tuotantokustannuksia. (Heinonen & Kalliolahti 2020, 120–128.)

2.3 CNC-työstökoneet

Numeerisesti ohjattu työstökone voi olla mikä tahansa työstökone, kuten esimerkiksi hiomakone, sorvi, jyrsin, avarruskone tai työstökeskus. Myös laserleikkausta, polttoleikkausta tai robottihitsausta voidaan tehdä CNC-tekniikkaa hyödyntäen. (Maaranen 2004, 251.) Levytöissä CNC-tekniikkaa käytetään levyntaivutuksessa ja -leikkauksessa. Myös teollisuusrobotteja voidaan yhdistellä osaksi edistyneitä CNC-työstökoneita. Lisäksi myös 3D-tulostimia ohjataan yleensä CNC-tekniikalla. (Heinonen & Kalliolahti 2020, 86.)

Yhteistä CNC-työstökoneille on, että kaikki liikkeet ovat ohjattavissa ja valvottavissa sähköisesti ja työkalunvaihto on automatisoitu. Lisäksi on mahdollista ohjelmoida erilaisia työkiertoja. Tyypillisesti lastuavissa työstökoneissa luistien ja kelkkojen liikkeet välitetään kuulamutteriruuviavulla. Kuulamutteriruuviavien nousu on pieni ja niiden kestoikä on pitkä. Myös johteet ovat vierintäkitkaisia ja ne ovat välyksettömiä, vakiokitkaisia ja hyvin kestäviä. (Maaranen 2004, 251.) Alla on kuva tyypillisestä pienestä CNC-työstökoneesta (Kuva 1).



Kuva 1. Tyypillinen pieni CNC-työstökone (Wikimedia Commons)

2.4 CNC-koneiden ohjaus

CNC-koneiden numeerinen ohjaus, eli Computer Numerical Control, tarkoittaa työstö- tai muun koneen ohjaamista yksiselitteisillä symboleilla, jotka koneen ohjauselektronikka toteuttaa muuntamalla ne tarvittaviksi servo-ohjattujen moottorien liikkeiksi. CNC-työstökoneita ohjataan yleisesti G-koodilla. (Mustonen & Pikkarainen 2010, 13.)

G-koodi on kansainvälisesti hyväksytty ja standardoitu ohjelmointikieli CNC-koneiden ohjaamiseen. G-koodi kertoo koneelle, missä, milloin ja miten liikkuu. Kielen käskyissä tai sanoissa on kirjainosa ja sitä seuraa numero-osa. Sanojen yhdistelmä muodostaa lauseen tai rivin ja ohjelma muodostuu riveistä. (Heinonen & Kalliolahti 2020, 87.)

Numeerinen ohjaus mahdollistaa monimutkaisten, toistuvien ja äärimmäisen tarkkojen liikkeiden suorittamisen ilman manuaalista väliintuloa, mikä tekee prosessista erittäin tehokkaan ja tarkan. CNC-ohjelmat voivat sisältää satoja, jopa tuhansia yksityiskohtaisia komentoja, jotka ohjaavat koneen jokaista liikettä tuotantoprosessin aikana. (Mustonen & Pikkarainen 2020, luku 1.)

2.4.1 Ohjaus Cad/Cam järjestelmillä

Computer-aided Design (CAD) tarkoittaa tietokoneavusteista suunnittelua. CAD-ohjelmistoilla suunnitellaan 3D-malleja ja piirustuksia. Suunnittelija luo mallin, joka kuvaa työkappaleen geometriaa ja ominaisuuksia. CAM-ohjelmisto muuntaa CAD-mallin CNC-koodiksi, joka ohjaa työstökoneen liikkeitä. CAM-ohjelmistossa määritellään leikkausreitit, työkalut ja nopeudet. (Heinonen & Kalliolahti 2020, 136.)

CAM-ohjelmiston tuottama CNC-koodi ladataan työstökoneeseen. Työstökone (jyrsin, sorvi jne.) käyttää tätä koodia ohjatakseen työkaluja ja valmistamaan osia. CNC-kone poistaa ylimääräisen materiaalin työkappaleesta leikkaamalla, sorvaamalla tai jyrsimällä. Kone liikkuu automaattisesti ohjelman mukaisesti, tuottaen tarkkoja osia. CNC-koneet ovat hyvin tarkkoja ja voivat saavuttaa jopa 0.01 mm mittatarkkuuden. (Heinonen & Kalliolahti 2020, 176.)

2.5 Asetusten teko

Kun työstöohjelma on siirretty työstökoneelle, sen jälkeen täytyy tehdä asetukset. Asetuksiin kuuluvat mm. valmistettavan kappaleen sekä työkalujen kiinnittäminen ja korjainten asettaminen. Ohjelma on usein jonkun muun kuin koneistajan tekemä, joten on tärkeää, että ohjelmoija muistaa ohjelman lisäksi laatia ja välittää ohjeet siitä, millä työkaluilla ja kiinnitystavoilla työ on tarkoitettu tehtäväksi. Työstöohjelmiin on mahdollista lisätä kommenttina perustiedot työvaiheiden työkaluista. Tämän lisäksi yleensä laaditaan erillinen asetuskortti, joka sisältää tärkeimmät tiedot asetuksista. (Heinonen & Kalliolahti 2020, 177.)

2.5.1 Asetuskortti

Asetuskortti tarkoittaa asiakirjaa, joka tarjoaa yhteenvedon CNC-koneistusprosessista ja on tärkeä työkalu CNC-koneistuksessa. Asetuskortit sisältävät tietoa tehtävästä kappaleesta ja siihen sekä työstökoneeseen liittyvistä parametreista. Asetuskortissa on mm. nollapistetiedot, työkalutiedot, aihion tiedot, kiinnittimen tiedot sekä revisiotiedot. Ne auttavat määrittämään oikeat asetukset kullekin materiaalille ja tehtävälle osalle. Asetukset vaikuttavat myös tuotteen läpimenoaikaan, ja siten myös koneistuksen valmistuskustannuksiin. (Heinonen & Kalliolahti 2020, 177.)

Asetuskortin tehokas käyttö on erityisen tärkeää asetusaikeiden hallinnassa, joka on keskeinen tekijä tuotannon läpimenoaikojen lyhentämisessä ja varaston tarpeen vähentämisessä. Asetuskortin tarkat ja hyvin suunnitellut ohjeistukset mahdollistavat asetustöiden suorittamisen nopeasti ja virheettömästi, mikä vähentää tuotantokoneiden seisokkeja ja tehostaa niiden käyttöastetta. Tämä auttaa yrityksiä vastaamaan nopeasti markkinoiden muutoksiin ja parantamaan kilpailukykyään, joten asetuskortin rooli on kriittinen tuotantoprosessien tehokkuuden ja taloudellisuuden kannalta. (Heinonen & Kalliolahti 2020.)

2.6 Asetusaika

Asetusaika kuvaa sitä aikaa, joka käytetään vaihdettaessa tuotantoerästä toiseen työpisteessä. Tämä aika koostuu kiinnittimien, työkalujen, ohjelmien ja raaka-aineiden vaihdosta sekä muista toimista, jotka ovat tarpeen uuden tuotantoerän aloittamiseksi. Asetusaikojen tehokas lyhentäminen on keskeinen tekijä, kun pyritään valmistamaan yhä pienempiä eräkokoja. (Haverila, Kouri, Miettinen & Uusi-Rauva 2009, 406.)

Kun asetusaikojen pituus on merkittävä, pienissä erissä tuottaminen ei ole taloudellisesti järkevää. Suuret eräkoot puolestaan pidentävät tuotannon läpimenoaikaa ja lisäävät varaston tarvetta. Asetustöiden aikana tuotantokoneet ovat seisokissa, eivätkä ne osallistu tuottavaan työhön, mikä johtaa alhaiseen kapasiteetin käyttöasteeseen. Tehokkaampi tuotanto pienemmissä erissä vaatii asetusaikojen lyhentämistä. Lyhyempien asetusaikojen ansiosta pienempien eräkokojen valmistaminen muuttuu taloudellisesti kannattavaksi, mikä parantaa yrityksen joustavuutta ja kilpailukykyä. (Haverila ym. 2009, 406.)

2.6.1 Sisäinen ja ulkoinen asetusaika

Asetusaika koostuu kahdesta eri vaiheesta: Sisäisestä ja ulkoisesta asetusajasta. Sisäisellä asetusajalla viitataan siihen ajanjaksoon, kun tuotantolaitteisto keskeytetään tuotevaihdon vuoksi. Tänä aikana suoritetaan kaikki tarpeelliset toimenpiteet asetustyötä varten. Näihin toimiin kuuluu tyypillisesti esimerkiksi terien ja muiden työkalujen vaihto sekä niiden asettaminen koneeseen. Lisäksi materiaalien ja kiinnikkeiden vaihdot ovat osa sisäistä asetusaikaa. (Shingo & Dillon 1985, 33.)

Ulkoisella asetusajalla tarkoitetaan valmisteluita, joita tehdään ennen sisäisten asetustöiden aloittamista, kun tuotantokone vielä pyörii. Tavoitteena on maksimoida ulkoisen asetuksen osuus kokonaisasetusajasta, jolloin sisäisen asetuksen määrä minimoidaan. Tämä vähentää tuotantokoneen seisokkiaikoja. Tässä vaiheessa voidaan esimerkiksi hakea etukäteen työkaluja tulevaa tuote-erää varten. Tämä menettely auttaa vähentämään työntekijöiden joutoaikaa ja poistamaan tarpeetonta odottelua. (Shingo & Dillon 1985, 33.)

3 TUOTTAVUUDEN KEHITTÄMINEN

3.1 Lean

Lean-filosofian keskeiset periaatteet sisältävät seuraavat ajatukset:

- Tarjota asiakkaalle parempilaatuista tuotetta tai palvelua.
- Saavuttaa suurempi tuottavuus käyttämällä vähemmän resursseja.
- Taata tuotteiden ja palveluiden laatu, kun toimitaan tehokkaammin vähemmällä resurssikulutuksella. (Eaton 2013, 24.)

Leanin keskeinen tavoite on auttaa yritystä ymmärtämään asiakkaan tarpeita paremmin, jolloin voidaan keskittyä vain niihin toimintoihin, jotka tuottavat asiakkaalle lisäarvoa ja välttää turhaa työtä. (Eaton 2013, 24.)

Yritykset, jotka noudattavat Lean-menetelmää, ilmentävät tyypillisesti seuraavia ominaisuuksia:

- Kaikki työntekijät ymmärtävät asiakkaiden tarpeet ja toiveet.
- Organisaatiossa on jatkuva pyrkimys parantaa prosesseja.
- Työntekijöiden välinen kunnioitus ja arvostus toistensa työpanosta kohtaan on olennaista.
- Yrityksen strategiaa tuetaan johdonmukaisilla lyhyen aikavälin tavoitteilla ja toimilla.
- Lean nähdään tapana tehdä asioita ja se on osana kaikkien työntekijöiden työtä. (Eaton 2013, 24.)

3.1.1 Toyota Production System ja Lean

Toyota Production System, lyhyesti TPS, on Toyotan tehtailla Japanissa kehitetty järjestelmä, jonka avulla pyritään parantamaan valmistuksen tehokkuutta erilaisten ajattelumallien ja tekniikoiden avulla. Tämä järjestelmä on antanut pohjan Lean-ajattelulle, joka nykyisin on suosittu filosofia yritysten tuotannon kehittämisessä ja asiakaslähtöisessä prosessijohtamisessa. Lean-tuotannon viisi perusperiaatetta esiteltiin ensimmäisen kerran 1990-luvulla kirjailijoiden James Womackin ja Daniel Jonesin toimesta, ja niitä ovat

- Asiakas määrittelee, mikä toiminta luo arvoa.
- Tunnista arvovirta ja karsi arvoa tuottamaton toiminta.
- Järjestä jäljelle jääneet prosessit katkeamattomaksi arvovirraksi.
- Käytä vetoperusteista järjestelmää asiakkaan tarpeiden mukaan.
- Pyri jatkuvaan parantamiseen ja täydellisyyteen. (Jones & Womack 1996.)

TPS:n perustaja Taiichi Ohno korosti, että Toyotan tavoitteena on keskittyä aikajanaan, joka alkaa asiakkaan tilauksesta ja päättyy, kun tilauksesta saadut rahat on maksettu. Tämän aikajanan lyhentäminen ja arvoa tuottamattoman hukan poistaminen ovat keskeisiä tavoitteita. (Liker 2006, 7–8.)

3.1.2 Hukan poistaminen

Yksi Toyotan tuotantojärjestelmän keskeisistä periaatteista on arvoa tuottamattoman toiminnan, eli hukan, eliminointi tuotantoprosessista. Toyotan näkemyksen mukaan on tärkeää vähentää kahdeksaa hukan tyyppiä: (Liker 2006, 28–29.)

1. Ylituotanto: Tuotteita tai osia valmistetaan enemmän kuin on tilattu, mikä johtaa turhien varastojen kasvamiseen ja lisää kuljetus-, varasto- ja henkilöstökuluja. Toyotan tuotantojärjestelmän (TPS) mukaan on suositeltavampaa keskeyttää tuotanto kuin jatkaa tarpeetonta tuotantoa.
2. Odottelu: Työntekijöiden täytyy odotella toimettomina seuraavaa tuotantoprosessin vaihetta.
3. Tarpeeton kuljettelu: Keskeneräisten ja valmiiden tuotteiden, sekä materiaalien ja osien, tarpeeton siirtely tulisi minimoida.
4. Ylikäsittely tai virheellinen käsittely: Tuotteiden valmistaminen yli vaaditun laadun tai turhien prosessivaiheiden lisääminen tuotantoon. Tehoton käsittely johtuu usein puutteellisista työkaluista tai suunnitteluvirheistä tuotesuunnittelussa.
5. Tarpeettomat varastot: Tilaamattomien valmiiden tuotteiden, keskeneräisten tuotteiden ja ylimääräisen raakamateriaalin varastointi aiheuttaa riskejä tuotteiden vahingoittumisesta, lisäkustannuksia kuljetuksesta ja varastoinnista, pidempiä läpimenoaikoja, tuotteiden vanhenemista sekä tuotantoprosessin epätasapainoa.
6. Tarpeeton liikkuminen: Työntekijöiden tarpeeton fyysinen liikkuminen, kuten etsintä, kävely, kurkottelu ja tavaroiden pinoaminen, katsotaan hukaksi.
7. Viat: Viallisten osien valmistus, niiden korjaus, uudelleentyöstäminen, hävittäminen ja tarkastelu ovat lisäarvoa tuottamatonta toimintaa. Vikojen esiintymisen välttäminen hyvällä suunnittelulla voi merkittävästi vähentää hukkaa.
8. Työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen: Jos työntekijöiden kykyjä ja ideoita ei oteta käyttöön, eikä heitä ei kuulla, se johtaa siihen, että merkittävä osa tuotantotyöstä ei tuota lisäarvoa. (Liker 2006, 28–29.)

3.1.3 Asetuskortti ja Lean

Asetuskortin muokkaus tarjoaa mahdollisuuden soveltaa Lean-filosofian keskeisiä periaatteita valmistusprosessin tehostamisessa. Mastercam-asetuskortti, jota käytetään CNC-koneiden ohjelmoinnissa, voi olla työkalu tuottavuuden parantamiseen vähentämällä tarpeettomia resursseja ja nopeuttamalla tuotantoprosesseja. Tämä tukee Leanin ajatusta tarjota asiakkaalle parempilaatuista tuotetta tai palvelua tehokkaammin.

Lean-filosofian mukainen jatkuva prosessien parantaminen esimerkiksi asetuskortin avulla voi auttaa yritystä keskittymään vain niihin toimintoihin, jotka tuottavat asiakkaalle lisäarvoa. Tämä yhteys ei ainoastaan paranna tuotannon tehokkuutta, vaan myös edistää tuotteiden ja palveluiden laatua, mikä on Leanin keskeinen tavoite (Eaton 2013, 24).

3.2 SMED

SMED lyhenteenä tulee englannin kielen ilmaisusta "single-minute digit exchange of die", joka tarkoittaa asetusten tekemistä yksittäisten minuuttien kuluessa. Tämä menetelmä on peräisin japanilaiselta Shigeo Shingolta, jonka kehittämä konsepti pyrki lyhentämään koneiden asetusajoja. Shigeo työskenteli Toyota-konsernissa vuonna 1969 ja havaitsi, että valssausprässimuottien vaihtamiseen meni alun perin 100 minuuttia. Tämän prosessin kehittämisen myötä vaihtoaika saatiin tiivistettyä vain 10 minuuttiin, mikä johti SMED-järjestelmän syntymiseen. (Shingo & Dillon 1985, 19–25.)

SMED-menetelmän ydinajatus perustuu asetuksen jaon kahteen eri kategoriaan:

- Sisäiset asetukset, jotka sisältävät ne toimet, jotka on suoritettava tuotantokoneen ollessa pois päältä. Nämä toimenpiteet pitäisi pystyä tekemään ilman että poistuu työpisteeltä, silloin koneet saadaan mahdollisimman nopeasti käyntiin. Sisäistä asetusajaa tulisi käyttää vain välttämättömissä tilanteissa.
- Ulkoiset asetukset, jotka käsittävät toimenpiteet, jotka voidaan toteuttaa, kun tuotantokone on käynnissä. Tätä asetusajaa tulisi käyttää mahdollisimman paljon. (Shingo & Dillon 1985, 22.)

Mastercam-asetuskortin muokkauksen kontekstissa SMED-menetelmän ydinajatus tarjoaa arvokkaita oivalluksia. Asetusten jako sisäisiin ja ulkoisiin toimiin on erityisen merkittävä. Sisäiset asetukset, kuten työkalujen vaihto, on tehtävä tuotantokoneen ollessa pysäytettynä, kun taas ulkoiset asetukset, kuten materiaalien toimitus, voidaan suorittaa koneiden ollessa käynnissä. Opinnäytetyössäni pyrin integroimaan SMED-menetelmän periaatteet Mastercam-asetuskorttiin, mikä mahdollistaa nopeamman asetusten tekemisen ja vähentää seisokkeja sekä parantaa työn tehokkuutta ja laatua.

Opinnäytetyössä pyritään tarkastelemaan SMED-menetelmän kolmea päävaihetta sovellettuna Mastercam-asetuskortin muokkaamiseen, jotta voidaan parantaa tuotantoprosessien tehokkuutta ja vähentää seisokkeja:

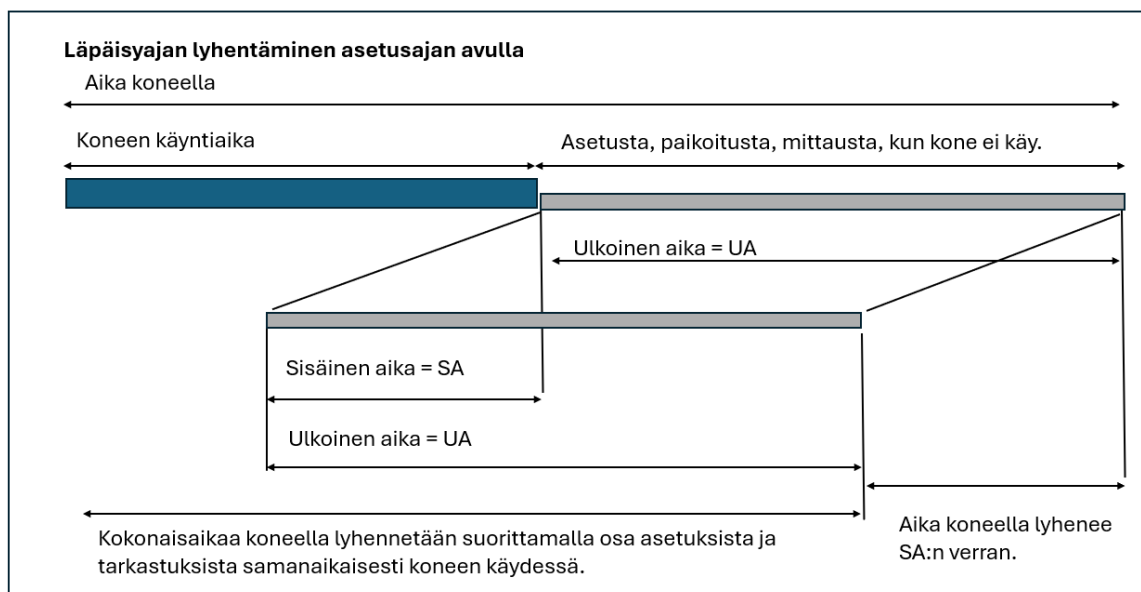
1. Ensimmäinen vaihe SMED-menetelmän hyödyntämisessä on jokaisen työpisteen sisäisten ja ulkoisten asetusten erottaminen:

On tärkeää, että kaikki työntekijät ymmärtävät, ettei työkalujen asetteluja tule suorittaa silloin, kun koneet ovat seisokissa. (Shingo & Dillon 1985, 29.) Mastercam-asetuskortin kommenttikentässä voisi olla ohjeita työntekijälle esimerkiksi työkalujen esivalmisteluista, niin että ne tulevat tehtyä ennen koneiden seisokkeja.

2. Sisäisten asetusten muuntaminen ulkoisiksi asetuksiksi:

Tämä tarkoittaa, että sisäisten asetusten vaatimien toimien tutkimisen jälkeen pohditaan, voiko näitä toimia siirtää suoritettavaksi koneen toiminnan ulkopuolella, esimerkiksi valmisteluvaiheessa, jolloin koneen tuotantoaika säästyy. Työn tehokkuus voi kasvaa huomattavasti siinä tapauksessa, että työkalujen asetukset ja raakamateriaalien valmistelut tehdään jo edellisen työvaiheen aikana, kun koneet ovat vielä käynnissä. (Shingo & Dillon 1985, 29–30.)

Tämä on esitetty myös alla olevassa kuvassa (Kuva 2). Mastercam-asetuskortin tietojen avulla työkalujen asetukset ja materiaalien esivalmistelu voidaan toteuttaa jo ennen varsinaista tuotantovaihetta, mikä säästää merkittävästi koneiden käyttöaikaa.



Kuva 2. Läpäisyajan lyhentäminen vaihtamalla sisäisiä asetuksia ulkoisiksi. (Mukaillen Peltonen 1997.)

3. Asetusten tehokkuuden lisääminen:

Kun sisäiset ja ulkoiset asetukset on tunnistettu ja tarvittaessa muutettu, on tärkeää suorittaa prosessin virtaviivaistaminen. Tässä vaiheessa tarkastellaan, löytyykö työkalujen tai kiinnikkeiden asetusten yhteydessä tarpeettomia varastointi- tai siirtovaiheita, joita voitaisiin karsia. (Shingo & Dillon 1985, 29–30.) Kun Mastercam-asetuskortti on muokattu selkeäksi niin, että asetustyössä tarvittavat tiedot löytyvät siitä nopeasti, se voi nopeuttaa asetustyötä ja parantaa tuotannon sujuvuutta.

SMED-menetelmän puitteissa on lisäksi kuusi tarkemmin määriteltyä toimenpidettä, jotka on kuvattu alla, ja joita soveltamalla asetusajan lyhentäminen on mahdollista.

1. Standardityökalut:

Työkalujen vakioiminen työpisteellä vähentää niiden vaihdon tarvetta. Tämä mahdollistaa asetuksen tekemisen niin, että osa työkaluista voi pysyä koneessa, eikä kaikkia tarvitse vaihtaa.

2. Kiinnityksen suunnittelu:

Tuotteen tulee sopia kiinnittimeen vaivattomasti, ja sen valmistaminen kyseisellä kiinnityksellä tulee olla mahdollista.

3. Esiasetetut kiinnittimet:

Kappaleet kiinnitetään etukäteen asetettuihin kiinnittimiin, mikä säästää aikaa, sillä kappaleiden vaihdon yhteydessä ei tarvitse kuluttaa aikaa niiden asettamiseen.

4. Samanaikaiset työtehtävät:

Kappaleiden järjestelyn tulee mahdollistaa asetus yhdeltä puolelta, mikä vähentää työntekijän tarvetta liikkua ylimääräisesti.

5. Hienosäädön poisto:

Hienosäätöön saattaa kulua yli puolet sisäisestä asetusajasta. Kappaleet yleensä paikoitetaan aluksi noin 150 mm päähän lopullisesta sijoituspaikastaan, jonka jälkeen se hienosäädetään muutaman mm etäisyydeltä lopulliseen paikkaansa. Hienosäätö pyritään poistamaan erilaisten ohjaimien avulla, niin että kappale asemoituu heti paikalleen. Hienosäädöksi voidaan sanoa myös mittalastun ottamista kappaleesta. Tämä ongelma voidaan estää käyttämällä vakiotyökaluasetusta, joka varmistaa, että terät ovat aina oikean mittaisia.

6. Mekanisointi:

Pikakiinnittimien käyttö, joko hydraulisesti tai pneumaattisesti, mahdollistaa useiden kiinnittimien hallinnan yhtä aikaa, mikä eliminoi tarpeen irrottaa jokainen kappale käsin. (Peltonen 1997.)

Usein oletetaan, että nämä toimenpiteet keskittyvät vain asetusten mekanisointiin ja automatisointiin. Kuitenkin omaksumalla SMED-ajattelutavan ja muokkaamalla käytäntöjä, voidaan asetusajat saada lyhenemään myös ilman merkittäviä sijoituksia lisälaitteisiin. (Peltonen 1997.)

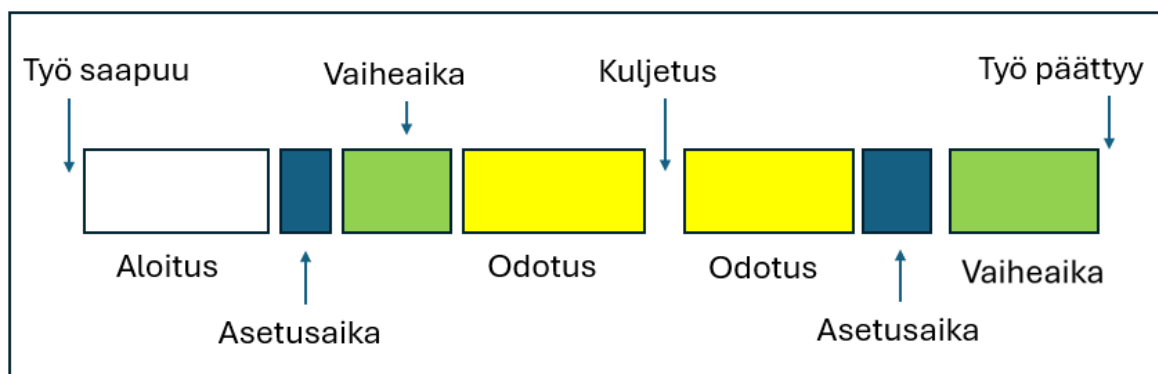
Näitä toimenpiteitä voidaan soveltaa myös Mastercam-asetuskorttiin ja se voi merkittävästi lyhentää asetusajan kestoa ja parantaa tuotantoprosessin tehokkuutta. Asetuskortin kommenttikenttään voi kirjoittaa ohjeita edellä mainittuihin kuuteen kohtaan liittyen. Lisäksi selkeästä lyhyestä asetuskortista löytää hyvin tarvittavat tiedot.

SMED-ajattelutavan kautta saatavia hyötyjä ovat esimerkiksi alhaisemmat tuotantokustannukset, mahdollisuus käyttää pienempiä tuotantoeriä, tehokkaampi reagointi asiakaskysyntään, vähentyneet varastointikustannukset sekä standardoitujen vaihtoprosessien myötä parantunut työn tehokkuus ja laatu. Nopeutetut vaihtoajat lyhentävät tuotannon seisokkeja, mahdollistavat monipuolisemman tuotevalikoiman tuotannon ja tuovat lisää joustavuutta aikataulujen hallintaan. (Shingo & Dillon 1985, 30.)

3.3 Läpimenoaika

Valmistusprosessissa läpimenoajan lyhyydellä on keskeinen merkitys yrityksen taloudelliselle tehokkuudelle. Kun tuotteet liikkuvat tuotantolinjalla nopeasti, sitoutuu vähemmän pääomaa keskeneräisiin tuotteisiin, mikä puolestaan parantaa toimitusajan pitävyyttä ja tehostaa tuotantokapasiteetin hallintaa. Läpimenoaika sisältää koko ajanjakson, joka tarvitaan tuotteen valmistusketjun läpikäymiseen. (Haverila 2009, 401.)

Kokonaisläpimenoaika alkaa tilauksen vastaanottamisesta ja päättyy tuotteen toimittamiseen asiakkaalle. Varsinainen tuotannon läpimenoaika alkaa tuotteen valmistusprosessin aloittamisesta ja loppuu, kun tuote on valmis. Läpimenoaika koostuu tyypillisesti monista odotus- ja siirtymävaiheista, jotka eivät lisää tuotteen arvoa. Valmistusvaihe itse on usein vain pieni osa koko läpimenoajasta, mikä käy ilmi myös seuraavasta kuvasta (Kuva 3). (Haverila ym. 2009, 401.)



Kuva 3. Tuotteen läpäisyajan rakenne. (Mukaillen Haverila 2009.)

Tuotannossa keskeisiä tavoitteita ovat kustannusten alentaminen, tuotteiden ja palveluiden laatu, joustavuus ja kilpailukyky ajan suhteen. Yritys investoi pääomaa tuotantovälineisiin, koneisiin ja tiloihin. Mitä tehokkaampaa tuotanto on, sitä suurempi on pääoman tuotto. On tärkeää suunnitella tuotantoerät niin, että tärkeimmät resurssit ovat optimaalisessa käytössä, mikä tähtää kapasiteetin tehokkaaseen hyödyntämiseen. (Haverila ym. 2009, 401.)

Materiaaleihin, keskeneräisiin töihin ja valmiiden tuotteiden varastoihin sitoutuu pääomaa, jota pyritään minimoimaan tehokkaalla tuotannon ohjauksella. Tätä kutsutaan vaihto-omaisuuden hallinnaksi ja sen tavoitteena on minimoida sitoutunut pääoma. (Haverila ym. 2009, 402.) Yrityksen on pystyttävä toimittamaan tuotteet sovituissa määrässä ja aikataulussa, jotta toimitusvarmuus pysyy vahvana. Tuotantoerien suunnittelussa on otettava huomioon niiden läpimenoajat. Lyhyemmät läpimenoajat pienentävät keskeneräiseen tuotantoon sitoutuvaa pääomaa, helpottavat kapasiteetin suunnittelua ja parantavat tuotteiden laatua. (Haverila ym. 2009, 406.)

3.3.1 Läpimenoaika ja asetuskortti

Asetuskortin optimointi ja muokkaus on yksi tekijä läpimenoajan lyhentämisessä modernissa valmistusprosessissa. Asetuskortin avulla koneiden asetuksia voidaan nopeuttaa merkittävästi, mikä vähentää odotus- ja siirtymävaiheiden määrää tuotantoprosessissa. Tämä lyhentää varsinaista tuotannon läpimenoaika ja vähentää keskeneräisiin tuotteisiin sitoutuvaa pääomaa. (Haverila ym. 2009, 406.)

Optimoidun asetuskortin käyttö mahdollistaa resurssien tehokkaamman hyödyntämisen ja parantaa tuotannon joustavuutta. Kehittämällä ja soveltamalla SMED-menetelmän periaatteita Mastercam-asetuskortin kontekstissa, voidaan tuotantoerien suunnittelua tehostaa ja pääoman tuottoa maksimoida. Tämä ei ainoastaan paranna tuotannon kapasiteetin hallintaa, vaan myös edistää tuotteiden laadun parantamista ja nopeuttaa toimitusaikatauluja, mikä vahvistaa yrityksen toimitusvarmuutta ja kilpailukykyä markkinoilla.

3.4 Erä koko

Tuotantoprosesseissa eräkokojen pienentämisellä ja tehokkaalla suunnittelulla on merkittävä vaikutus läpimenoaikojen lyhentymiseen ja pääoman sitoutumisen minimoimiseen. Suuret tuotantoerät pitävät tuotantokoneet varattuina pitkään ja kasvattavat läpäisyaikaa, mikä johtaa usein puolivalmiste- ja valmiiden tuotteiden varastojen suurenemiseen. Tämä sitoo pääomaa ja heikentää tuotannon joustavuutta, lisäten myös tuotannon läpäisyajan kasvua. (Haverila ym. 2009, 403.)

Toisaalta, kun tuotantoeriä kasvatetaan, tuotantokoneiden kuormitusaste nousee, mikä parantaa tuottavuutta ja kokonaiskapasiteettia, vähentäen asetusajoista johtuvia tuotantokatkoksia. Kuitenkin isot tuotantoerät kasvattavat keskeneräisen tuotannon määrää ja vaihto-omaisuuden määrä kasvaa. Tuotannon tavoitteiden saavuttamiseksi on usein tarpeellista lyhentää tuotannon läpäisyajoja. Toiminnanohjauksen avulla voidaan sovittaa nämä ristiriitaiset tavoitteet yhteen niin hyvin kuin mahdollista. (Haverila ym. 2009, 403.)

Läpäisyaikojen lyhentäminen on mahdollista, kun tuotantoerien kokoa pienennetään ja tuotantoprosessin välivarastoja karsitaan. Pienempi tuotantoerä liikkuu tehokkaammin läpi tuotantoprosessin, mikä lyhentää sekä odotus- että valmistusaikoja, jotka kasvavat suoraan suhteessa erän kokoon. Pienemmät tuotantoerät myös vähentävät eri työvaiheiden välisiä odotusaikoja, mikä puolestaan pienentää tarpeettomia kuljetusaikoja ja nopeuttaa läpäisyä. On kuitenkin otettava huomioon, että pienemmät eräkoot voivat lisätä eräkohtaisia kustannuksia. (Haverila ym. 2009, 406.)

Asetuskortissa voisi olla määriteltynä kunkin tuotantoerän suunniteltu koko joko parametrinä tai kommenttikenttään kirjoitettuna. Tällä tavoin osattaisiin varautua koneiden seisokkeihin ja suunnitella asetustyöt etukäteen hyvin.

4 ESITIIETOJEN KERÄYS

4.1 Johdanto menetelmiin

Tässä opinnäytetyössä on hyödynnetty kahta keskeistä menetelmää: Yrityskyselyä ja asiantuntija-haastatteluja. Molemmat menetelmät on valittu niiden kyvyn perusteella tuottaa syvällistä ja käytännöllisesti sovellettavaa tietoa, joka auttaa kehittämään ja parantamaan asetuskorttia tehokkaasti.

Yrityskysely toteutettiin osana tämän opinnäytetyön tekijän aiempiin koneinsinööriopintoihin kuulunutta Erikoistumisprojekti 2 -kurssia. Kyselyn tarkoituksena oli selvittää, millaisia muutoksia yritysten edustajat pitävät tarpeellisina Mastercam-asetuskortissa. Kyselyllä pyrittiin keräämään suoraa palautetta käyttäjiltä, jotka työskentelevät päivittäin CNC-koneiden ja Mastercam-ohjelmiston kanssa. Näiden tietojen avulla on mahdollista mukauttaa asetuskorttia niin, että se vastaa paremmin käyttäjien todellisia tarpeita ja parantaa heidän työnsä tehokkuutta.

Toisena keskeisenä menetelmänä tässä opinnäytetyössä hyödynnettiin asiantuntijahaastatteluja. Haastattelut suoritettiin sähköpostikeskusteluna kahden asiantuntijan kanssa. Asiantuntijat olivat opinnäytetyön asiakasyrityksen edustaja ja opinnäytetyön ohjaaja, joilla on laaja tietämys CNC-koneistuksesta ja Mastercam-ohjelmiston käytöstä.

4.2 Yrityskyselyn suunnittelu ja toteutus

Yrityskysely toteutettiin, koska haluttiin saada tietoa siitä, mitä muutoksia yritykset haluaisivat Mastercamin asetuskorttiin. Taustalla oli tieto siitä, että Mastercamin alkuperäinen asetuskortti ei ollut juurikaan käytössä yrityksissä. Tämä taas johtui yleensä siitä, että se koettiin liian pitkäksi ja vaikeaselkoiseksi.

Kyselyn toteuttamiseen ja vastausten keräämiseen käytettiin Microsoft Office Forms -ohjelmistoa, joka mahdollistaa vastauslomakkeen lähettämisen sähköisesti heti vastaamisen jälkeen. Forms-ohjelmisto tarjoaa sujuvan hallinnan vastauksille, sillä jokaisesta saadusta vastauksesta välittyy automaattinen ilmoitus sähköpostiin. Lisäksi ohjelmisto koostaa vastaukset suoraan Forms-järjestelmään ja luo niistä automaattisesti Excel-taulukon, mikä tehostaa datan käsittelyä ja analysointia. (Microsoft Corporation 2024.)

Kyselyä hiottiin projektissa osallistettujen asiantuntijoiden kesken, jotta se olisi mahdollisimman selkeä ja siihen olisi helppo vastata. Yrityksiin lähetetyn sähköpostin liitteenä oli alkuperäinen Mastercam-työstökeskuksen asetuskortti sekä aiemmassa opinnäytetyössä muokattu työkaluluettelo. Vastaaajia pyydettiin arvioimaan niiden pohjalta asetuskorttia ja sitä, miten se sopisi heidän yrityksensä käyttöön.

4.3 Kyselyn lähettäminen

Kysely lähetettiin sähköpostitse viiden eri yrityksen edustajille. Nämä yritykset valittiin sillä perusteella, että niissä käytettiin paljon Mastercamia ja valmistettiin tuotteita CNC-jyrsintää käyttäen. Yhteystiedot näihin yrityksiin saatiin opinnäytetyön asiakasyrityksen edustaja kautta, koska hänellä oli valmiit kontaktit näihin yrityksiin. Sähköpostiviestissä oli mukana linkki kyselyyn sekä lyhyet ohjeet

kyselyn täyttämiseen. Saatetekstissä korostettiin kyselyn tärkeyttä ja kiitettiin etukäteen osallistumisesta, mikä kannusti vastaanottajia vastaamaan huolellisesti ja harkiten.

Kysely sisälsi yhteensä 17 kysymystä, jotka jakautuivat sekä monivalinta- että avoimiin kysymyksiin. Monivalintakysymysten avulla saatiin nopeasti tarkkaa tietoa, kun taas avoimet kysymykset tarjosivat vastaajille mahdollisuuden esittää perusteellisempia näkemyksiä ja ehdotuksia. Kyselyn kysymykset ovat liitteessä 3.

4.4 Vastausten kerääminen

Yrityskysely onnistui hyvin, sillä vastaukset kyselyyn saapuivat muutamien päivien sisällä kyselyn lähettämisestä kaikilta viideltä yritykseltä. Tähän vaikutti osaltaan se, että tästä asiasta oli jo aiemmin oltu yhteydessä yrityksiin. Käytetty menetelmä varmisti, että kaikki kriittiset tiedot saatiin kerättyä systemaattisesti ja tehokkaasti. Käyttäjäpalautteen pohjalta päästiin tekemään Mastercam-asetuskortin kehittämistä.

4.5 Aineiston analysointi ja tulokset

Yritysten vastaukset olivat pääasiassa yhteneväiset sen osalta, mitä muutoksia he toivoivat asetuskorttiin. Kolme yritystä viidestä oli aiemmin käyttänyt alkuperäistä Mastercam-asetuskorttipohjaa ja kaksi yritystä ei ollut käyttänyt. Ne, jotka olivat käyttäneet sitä, eivät pitäneet sitä hyvänä, koska se oli huonosti muokattavissa sekä liian monimutkainen tai laaja. Ne, jotka eivät olleet käyttäneet sitä, käyttivät jotain muuta pohjaa.

Parannusehdotuksina asetuskorttiin mainittiin, että sitä tulisi tiivistää huomattavasti. Se tulisi olla myös selkeämmin luettavissa, eli siinä oli liikaa turhaa tietoa. Asetuskortin pituudeksi toivottiin 1–3 sivua, kun alkuperäinen asetuskortti oli 21 sivuinen. Asetuskortin visuaalisen ilmeen toivottiin olevan selkeä ja helposti luettava.

Yhteenveto tiedoista, jotka olivat yritysten mieleistä oleellisimpia asetuskortissa:

- Työkalutiedot
- Aihion tiedot
- Kiinnittimen tiedot
- Piirustusnumero
- Revisio
- Nollapistetiedot.

Kun pyydettiin tarkentamaan mitä työkalutietoja erityisesti tarvitaan, vastaukset olivat

- Työkalunumero
- Työkalun halkaisija
- Valmistajan nimi ja koodit
- Työkalun pituus pitimestä
- Teräpalatiedot
- Pituus- ja sädekompensointinumerot.

Operaatiotietoja ja työstökoneen tyyppiä ei niinkään koettu tarpeellisina. Myöskään kuvaa työkalusta ja pitimestä ei pidetty kovin tärkeänä. Työkaluluettelon toivottiin olevan mahdollisimman tiivis ja selkeä, esimerkiksi sen tyyppinen kuin kyselyn liitteenä lähetetty versio. Tämä työkaluluettelo on liitteenä. (Liite 5.)

4.6 Asiantuntijahaastattelut ja niiden merkitys

Asiantuntijahaastattelut olivat keskeisessä roolissa Mastercam-asetuskortin muokkaamisessa. Ne tarjosivat syvällistä asiantuntemusta ja käyttäjälähtöisiä näkemyksiä, jotka olivat korvaamattomia kortin kehitysprosessissa. Asettajayrityksen asiantuntijan ja opinnäytetyön ohjaajan kokemukset mahdollistivat kohdennetut parannukset ja varmistivat, että muokattu asetuskortti vastaa todellisia käyttäjätarpeita, mikä parantaa kortin käytettävyyttä ja lisää tuotantotehokkuutta.

4.6.1 Haastatteluprosessi

Opinnäytetyön asiantuntijahaastattelut järjestettiin sähköpostikeskusteluna, jonka aikana opinnäytetyön tekijä kehitti ja muokkasi Mastercam-asetuskorttia käyttäen ActiveReports Designer-ohjelmistoa. Kehitysprosessi eteni siten, että jokaisen muokatun version jälkeen opinnäytetyön tekijä lähetti päivitetyn asetuskortin PDF-muodossa asiantuntijoiden arvioitavaksi. Asiantuntijat tarkastelivat jokaisen version ja antoivat palautetta kortin sisällöstä ja ulkoasusta, mukaan lukien ehdotuksia tiettyjen osien muokkaamiseksi tai parantamiseksi.

Tämä prosessi kesti noin kaksi viikkoa, jonka aikana asetuskortista valmistui yhteensä noin 20 erilaista versiota. Jokaisessa versiossa asetuskortin jotain yksityiskohtaa muokattiin varmistaen, että lopullinen tuotos vastaisi mahdollisimman hyvin käyttäjien tarpeita ja asiantuntijoiden suosituksia. Prosessin kautta saatu palaute oli keskeisessä roolissa asetuskortin kehityksessä, mikä mahdollisti jatkuvan parantamisen ja tarkkuuden säilymisen koko muokkausjakson ajan.

4.7 Menetelmien arviointi ja yhteenveto

Yrityskyselyn pakolliset vastaukset monivalintakysymyksissä saattoivat vaikuttaa vastaajien spontaaniuteen ja siten vaikuttaa vastausten luonnollisuuteen. Vastauslomakkeessa oli kuitenkin mahdollisuus kirjoittaa myös vapaita kommentteja ja kehitysideoita asetuskorttiin liittyen, joten kysely toimi varmasti hyvänä pohjana asetuskortin kehitystyölle. Osa vastaajista kirjoitti vapaaehtoisin kysymyksiin pitkiäkin vastauksia, mutta osa tyytyi vastaamaan vain pakollisiin kysymyksiin.

Asiantuntijahaastattelujen osalta sähköpostihaastattelut mahdollistivat joustavan kommunikoinnin ja nopeat muutokset. Toisaalta sähköpostin käyttö rajoitti syvemmän vuorovaikutuksen mahdollisuutta, joka olisi voinut syntyä kasvokkain tapahtuvissa haastatteluissa. Kehitystyössä päästiin kuitenkin hyvin eteenpäin, joten tämä oli menetelmänä tässä työssä varsin toimiva.

5 ASETUSKORTTIPOHJAN MUUTOSTEN TOTEUTUS

5.1 Lähtökohdat

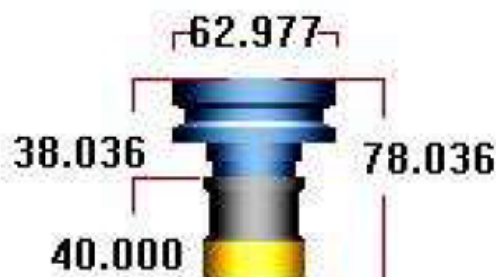
Lähtökohtana tälle opinnäytetyölle oli tehdä alkuperäisestä ja myös aiemmassa opinnäytetyössä muokatusta asetuskortista parempi versio. Yrityskyselyn tuloksena saatiin palautetta, että alkuperäinen asetuskortti on liian pitkä ja sisältää turhaa tietoa. Yritykset toivoivat, että asetuskortin sopiva pituus olisi 2–3 sivua. Toiveena oli myös, että työkalutiedot mahtuisivat yhdelle sivulle. Alkuperäinen Mastercam-asetuskortti on tässä työssä käytetyllä esimerkkikappaleella 21 sivua pitkä, ja operaatiolista 15 sivuinen. Tärkeitä tietoja on vaikea löytää, koska tietoa on niin paljon. Alla olevassa kuvassa (Kuva 4) näkyy esimerkki alkuperäisen asetuskortin sisältämistä työkalutiedoista. Työkalutietoja on tässä asetuskortissa yhteensä neljä sivua.

TYÖKALULUETTELO

Lajiteltu: NOL

TYÖKALUN TIEDOT *F5141.B16.040.Z04.12*

TYYPPI:	Pyöristettypäinen
NUMERO:	1
HALKAISIJA	40.0
NURKKASÄDE	0.8
PITUUSKOMP.:	1
SÄDEKOMPENSOINTI:	1
MATERIAALI:	Kovametalli
LAST. HAMP LKM:	4
SYÖT 0.234	LAST. 288.03
VÄLMISTAJAN KOODI	LNMU130608R-L55T WKP35G
KOKOONPANO:	
PIDIN:	A155.BT40.035.
AIKA:	00:04:07



Käytössä operaatiossa: # 2 2 - 2D-suurnopeus (Dynaaminen 2D-jyrsintä)

TYÖKALUN TIEDOT *MD128-16.0A6L050J-WJ30RD*

Kuva 4. Kuvakaappaus alkuperäisen Mastercam-asetuskortin työkalutiedoista.

Aiemmassa opinnäytetyössä asetuskorttia oli lyhennetty paljon, mutta tämä oli tapahtunut typistämällä operaatiolista yhdelle sivulle. Tämä operaatiolista sisälsi kuitenkin niukasti tietoa, eli pelkäs-tään jokaisen operaation koneistusajan. Ulkoasussa oli myös huomattavasti parannettavaa.

Alla olevassa kuvassa (Kuva 5) on ruutukaappaus aiemmassa opinnäytetyössä muokatun asetuskortin operaatiolistasta. Työkalutietojen osalta asetuskorttia ei ole aiemmassa opinnäytetyössä lyhennetty ja ulkoasu oli huonompi kuin alkuperäisessä Mastercam-asetuskortissa. Tämä muokattu asetuskortti on kuusi sivua pitkä. Aiemmassa opinnäytetyössä oli tehty myös erillinen työkaluluettelo, joka oli tarkoitettu tulostettavaksi erillisenä sivunaan asetuskortin lisäksi. Se oli ulkoasultaan jo varsin hyvä. Tässä opinnäytetyössä päätettiin muokata sitä vielä hiukan paremmaksi, ulkoasultaan ja sen sisältämien tietojen osalta. Tämä työkaluluettelo on liitteenä. (Liite 5.)

<i>C:\USERS\KäYTTäJä\ONEDRIVE - SAVONIA-</i>	
CYCLE TIME:	0 TUNTIA, 8 MINUUTTIA, 30 SEKUNTIA
<i>OPERATION LIST</i>	
<i>OPERATION INFO</i>	<i>2 - 2D-suurmopeus (Dynaaminen 2D-jyrsintä)</i>
CYCLE TIME:	0 TUNTIA, 4 MINUUTTIA, 7 SEKUNTIA
<i>OPERATION INFO</i>	<i>3 - 2D-suurmopeus (2D-dynaaminen jälkityöstö)</i>
CYCLE TIME:	0 TUNTIA, 0 MINUUTTIA, 7 SEKUNTIA

Kuva 5. Kuvakaappaus aiemmassa opinnäytetyössä tehdyn asetuskortin operaatiolistasta.

5.2 Asetuskortin tekeminen

Asetuskortin tekeminen alkoi tutustumalla Active Report Designer ohjelmaan ja aiemmin tehtyihin asetuskortteihin ja niiden rakenteeseen. Tässä oli apuna Zenexiltä saatu tutoriaali, koska siinä tehtiin vaihe vaiheelta uusi asetuskortti aliraportteineen. Aiemmin tehdyn muokatun työkaluluettelon liittäminen asetuskorttiin aliraporttina tuotti aluksi haasteita ja siihen kului paljon aikaa, koska oikeita XML-tageja ei meinannut löytyä. Zenexin tuen avulla päästiin jonkin verran eteenpäin. Kokeilemalla eri vaihtoehtoja löytyi lopulta oikea aliraporttirakenne ja tagit.

Uuden asetuskortin suunnittelu alkoi tutoriaalissa esitetyn asetuskortin pohjalta, tekemällä siitä oma versio. Tämä tutoriaalissa tehty asetuskortti on liitteenä. (Liite 4.) Kun uuden asetuskortin perustiedot ja ulkoasu oli saatu alustavasti valmiiksi, asetuskortti lähetettiin sähköpostitse asiantuntijoiden nähtäväksi. Asetuskorttiin oli tässä vaiheessa liitetty aliraportteina myös operaatiolista ja työkaluluettelo.

Tämän jälkeen asiantuntijahaastattelujen avulla alettiin hioa asetuskorttia ja sen ulkoasua halutun kaltaiseksi. Kun jotain kohtaa asetuskortissa oli muutettu, se lähetettiin ohjaajille sähköpostitse nähtäväksi pdf-muodossa. He antoivat ehdotuksia ja palautetta, miten asetuskorttia voisi kehittää paremmaksi. Tämä muokkaustyö kesti noin kaksi viikkoa. Tässä vaiheessa asetuskortin tekijällä oli ymmärrys asetuskortin rakenteesta jo hyvällä tasolla, joten muutosten tekeminen kävi nopeasti.

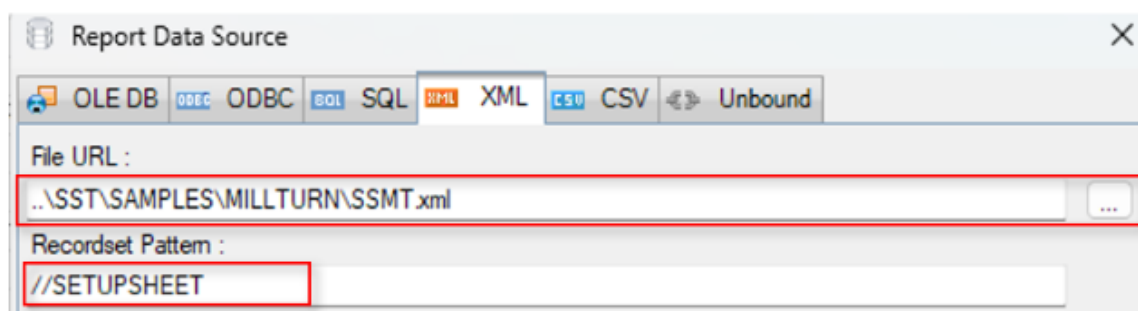
5.3 Asetuskorttipohjan muokkaus ActiveReports Designer ohjelmalla

Mastercam-asetuskortin muokkaus tehtiin käyttäen ActiveReports Designer -ohjelmaa. ActiveReports Designer on ohjelmistotyökalu, jota käytetään asetuskorttien suunnitteluun ja luomiseen yhdessä Mastercamin kanssa. Ohjelman avulla voi luoda mukautettuja asetuskortteja, jotka sisältävät tärkeää tietoa koneistusprosessista, työkaluista, työkappaleen asetuksesta ja muista koneistusprosessin yksityiskohdista. (Mastercam 2017.)

ActiveReports Designer sisältää suunnittelutyökaluja ja -elementtejä, kuten tekstilaatikoita, taulukko-kaavioita, kuvia ja muotoja, joita voi raahata ja pudottaa suunnittelualustalle. Tekstien fontteja ja kokoja voi muokata samoin kuin tekstinkäsittelyohjelmissa. Samoin kaikkien elementtien kopiointi ja liittäminen on mahdollista copy/paste-toiminnolla. (Mastercam 2017.)

Mastercam tukee (Extensible Markup Language, XML) XML-tageja, jotka tulee lisätä ActiveReports Designer-ohjelmistoon datan lisäämiseksi. Näiden XML-tagien avulla saadaan näkymään halutut tiedot Mastercam-asetuskortilla. Active Reports Designer toimii kolmantena osapuolena XML-tiedoston ja Mastercamin välillä. XML-koodimuutokset päivittävät pää-XML-tiedostoa, kun Mastercam-suunnitteluohjelmistossa tapahtuu muutoksia. Tämä menetelmä helpottaa muokkausta, eikä Active Report Designer -ohjelmisto vaadi koodaustaitoja asetuskortin muokkaamiseen. Mastercam-asetuskortti luodaan XML-tiedoston ja Mastercamin antamien ohjeiden perusteella. Käyttäjän tarvitsee vain tuntea Active Report -ohjelmisto. (Mastercam 2017.)

Jotta asetuskortti toimii, päätiedosto, eli Setup Sheet-tiedosto ja aliraporttitiedostot on linkitettävä ActiveReports Designer-ohjelmistossa XML-tiedostoon. Tämä tapahtuu Data Source valikon kautta avautuvassa ikkunassa ja hakemalla kyseinen XML-tiedosto kolmen pisteen kohdalta avautuvasta hakemistopuusta. Tämän jälkeen muokattavan asetuskortin esikatselu myös toimii Active Reports Designerissa ilman että tarvitsee luoda osaa Mastercamissa. (Mastercam 2017.)



Kuva 6. Ruutukaappaus liittyen Setup Sheet-tiedoston ja XML-tiedoston yhdistämiseen. (Mastercam 2017.)

Recordset Pattern kohtaan täytyy kirjoittaa oikea tag, jotta asetuskortti ja aliraportit toimivat. Jokaisella tiedostolla on oma taginsa. Nämä löytyvät ActiveReports Designerin ohjevalikon kautta. Yllä olevaan kuvaan (Kuva 6) on merkitty punaisella hakemistopolku XML-tiedostoon sekä tarvittava tag, joka on asetuskortin päätiedoston kohdalla Setupsheet. (Mastercam 2017, 21.)

Alla olevassa kuvassa (kuva 7) on esitetty, kuinka lisätään yksittäinen tieto ActiveReports Designerissa asetuskortille. Tarvittava tag tulee Datafield-kohtaan ja tässä se on Spindle-Speed. Kullekin tiedolle on oma taginsa ja ne löytyvät ActiveReports Designerin ohjevalikosta aukeavasta listasta. Seuraavaan kuvaan (Kuva 7) on merkitty punaisella ne kentät, jotka ovat välttämättömiä.

▼ Tiedot	
CountNullValues	False
Culture	(default, inherit)
DataField	SPINDLE-SPEED
HyperLink	
Tag	
Text	SPINDLE-SPEED

Kuva 7. Ruutukaappaus pyörimisnopeuden lisäämisestä asetuskorttiin. (Mastercam 2017.)

Muokatussa asetuskortissa oli myös sellaisia tietoja ensimmäisellä sivulla, jotka syötetään Mastercamin puolella, kun ollaan tulostamassa asetuskorttia. Tällaisen tiedon saa tulostumaan asetuskortille kirjoittamalla Datafield-kohtaan UXD ja juokseva numerointi, riippuen montako tällaista kenttää tehdään. Tekstikenttään kirjoitetaan teksti, jossa pyydetään syöttämään haluttu arvo. Tästä on esimerkki seuraavassa kuvassa (Kuva 8).

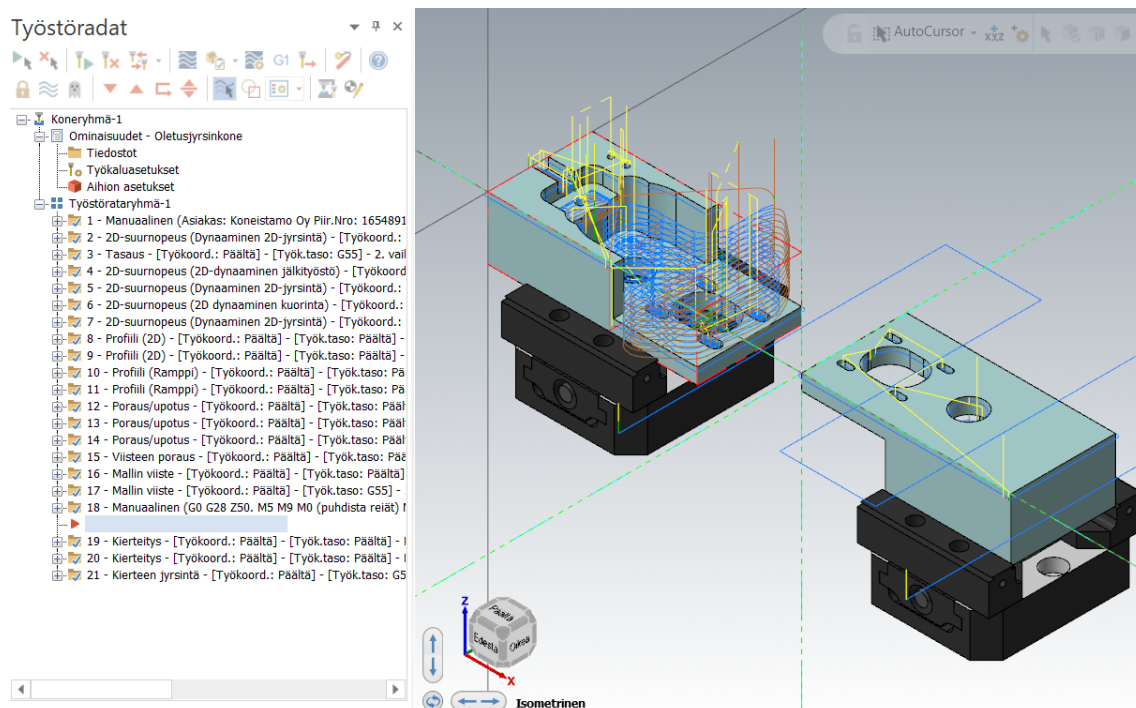
DataField	UXD-1
HyperLink	
Tag	
Text	ENTER 1. WORK OFFSET:

Kuva 8. Kuvakaappaus Mastercamissa syötettävän datan lisäämisestä. (Mastercam 2017.)

5.4 Camcutin Mastercam-testiohjelma

Asetuskortin testauksessa käytettiin koko työn ajan asiakasyritys Camcutilta saatua esimerkkiohjelmaa. Esimerkkiossa sisälsi 16 kpl tyypillisiä jyrsinoperaatioita sekä 9 kpl työkaluja. Kun asetuskortti oli saatu valmiiksi, ohjelmaan lisättiin operaatioita ja työkaluja.

Joidenkin työkalujen mittoja ja kommenttitekstien pituutta lisättiin ja katsottiin, miten asetuskortin tiedot mahtuvat niille varattuihin sarakkeisiin. Tämän jälkeen asetuskortin asetuksia hiottiin vielä sen verran, että se toimi myös tällä ohjelmalla. Seuraavassa kuvassa (Kuva 9) on kuvakaappaus Camcutin esimerkkiohjelmasta.



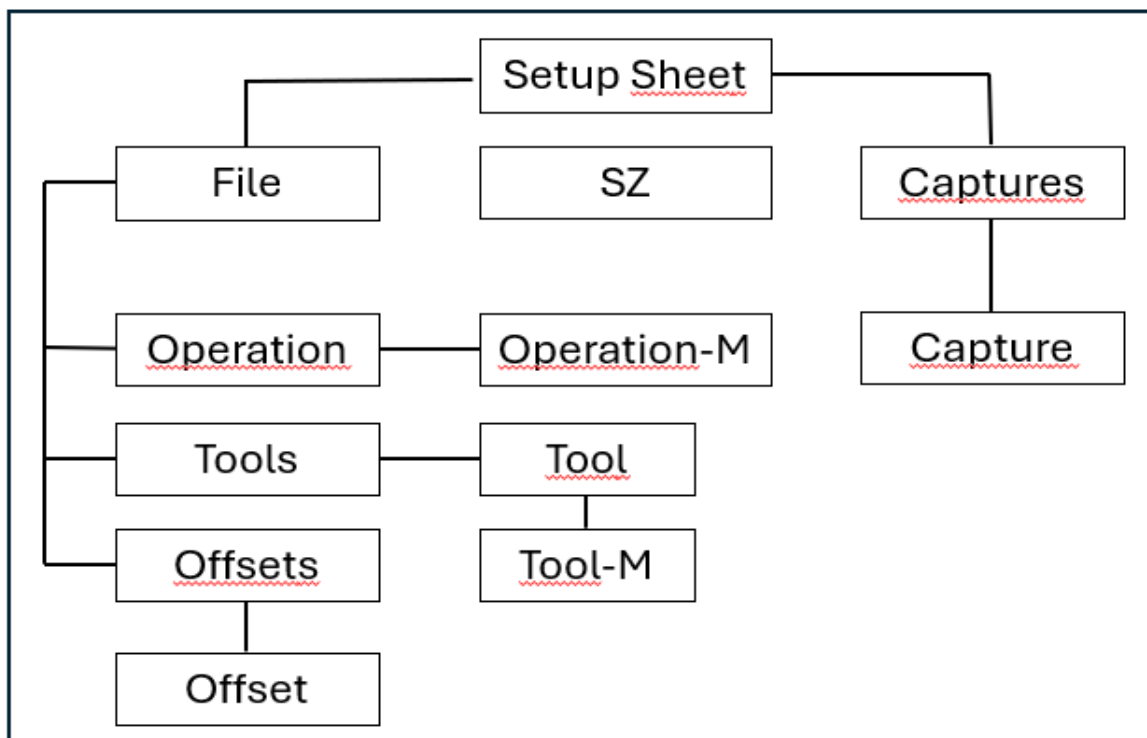
Kuva 9. Kuvakaappaus Camcutin Mastercam-testiohjelmasta (Mastercam 2024)

5.5 Muokatun asetuskortin rakenne

Ensimmäiselle sivulle tuli tärkeimmät tiedot valmisteltavasta työstä, kuten esimerkiksi nollapistetiedot, aihiotiedot, piirustusnumero, revisio, asiakas ja ohjelmoija. Ensimmäiselle sivulle laitettiin myös kommenttikenttä, johon pystyy kirjoittamaan vapaasti tietoja ohjelmasta tai siihen liittyvistä asioista. Toiselle sivulle tuli operaatiolista, jonka pohjana oli Mastercamin Mill-2 asetuskortin operaatiolista, josta muokattiin oma versio. Kolmannelle sivulle tuli työkaluluettelo. Pohjana myös tässä oli Mastercamin Mill-2 asetuskortti, jota lähdettiin muokkaamaan työkalutietojen ja ulkoasun osalta. Työkaluluetteloon tuli myös kuva jokaisesta työkalusta.

5.6 Tiedostorakenne

Mastercam asetuskortti sisältää aina päätidoston, eli Setup Sheet-tiedoston ja siihen liittyy subreport-tiedostoja, eli aliraporttitiedostoja. Nämä aliraportit tulostuvat yleensä omille sivuilleen. Asetuskortissa esimerkiksi operaatiolista on muodostettu aliraporttien avulla, kuten myös työkaluluettelo. Seuraavassa kuvassa (Kuva 10) on esitetty alkuperäisen Mastercam asetuskortin tiedostorakenne.



Kuva 10. Mastercamin alkuperäisen asetuskortin tiedostorakenne.

5.7 Aliraportit

Alkuperäisessä asetuskortissa on päätidoston alla kolme aliraporttitiedostoa, kuten kuvasta Kuva 10 selviää. File-tiedosto on niin sanottu NC-tiedosto, joka on myös muokatussa asetuskortissa. Se on pakollinen tiedosto ja sen alle rakentuvat operaatio- ja työkalutiedot sisältävät aliraportit.

Alla olevassa kuvassa (Kuva 11) on merkitty punaisella tiedot, jotka ovat välttämättömiä, kun lisätään aliraporttitiedosto asetuskorttiin. Kuva 11 näkyy myös kohdissa Location ja Size myös aliraportin paikka ja koko päätiedostossa. Nämä arvot ovat normaalissa sivuasettelussa käytetyt.

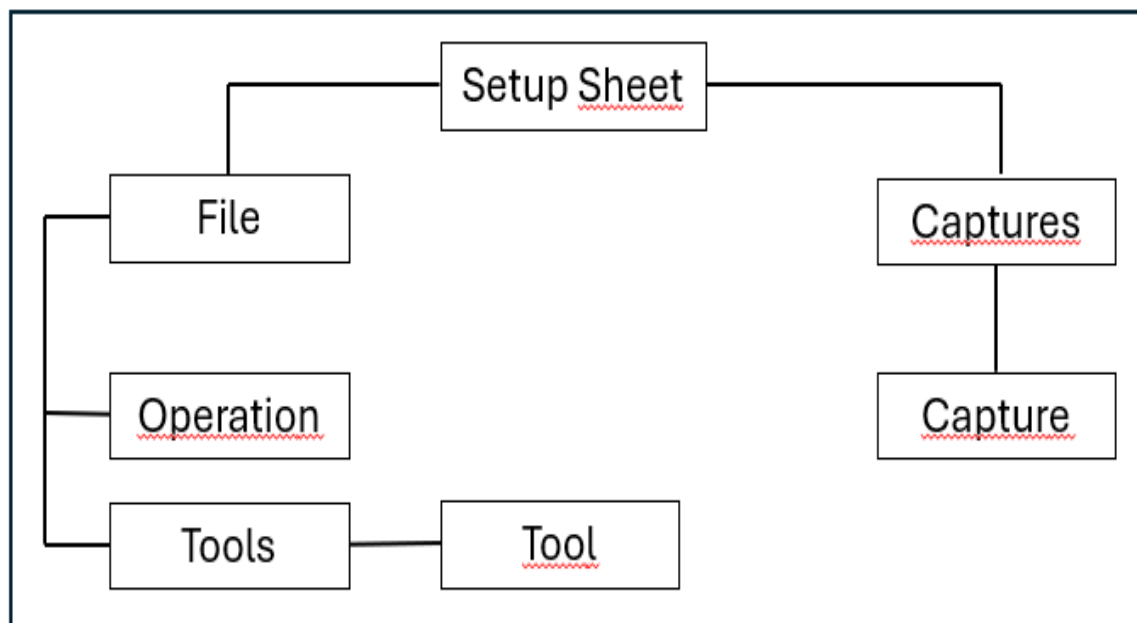
▼	Asettelu	
▼	Location	0; 8.312 in
	X	0
	Y	8.312
▼	Size	9.6; 0.1 in
	Width	9.6
	Height	0.1
▼	Rakenne	
	(Name)	srpt_File
▼	Tiedot	
	DataField	NCFILE
	ReportName	-Setup Sheet (FILE).rpx
	Tag	NCFILE

Kuva 11. Kuvakaappaus aliraportin lisäämisestä asetuskorttiin. ActiveReports Designerissa.

Muokatun asetuskortin aliraporttirakenne on erilainen kuin alkuperäisen Mastercam-asetuskortin. Siinä on vähemmän aliraportteja, koska muokattu asetuskortti on sivumäärältään lyhempi ja tiedot ovat tiivistetyssä muodossa. Otsikkotietoja pystyttiin myös siirtämään ylemmän tason tiedostoon, jolloin alimman tason tiedostoja ei tarvittu.

Alkuperäisessä asetuskortissa SZ-aliraporttitiedosto sisältää aihion tiedot, ja ne tulevat näkyviin asetuskortille Mastercamista omilla XML-tageillaan. Muokatussa asetuskortissa sitä ei tarvittu, koska aihion tiedot tulevat asetuskortin ensimmäiselle sivulle käyttäjän syöttäminä omaan tekstikenttäänsä. Offsets -aliraportit pystyttiin jättämään myös muokatusta asetuskortista pois, koska myös nämä nolapistetiedot pystyttiin esittämään muokatussa asetuskortissa ensimmäisellä sivulla.

Muokattuun asetuskorttiin otettiin mukaan myös Captures -aliraportti, joka on myös alkuperäisessä asetuskortissa. Sen avulla kappaleesta voidaan ottaa kuvakaappauksia Mastercamissa, jotka tulostuvat kuvina asetuskortin loppuun tarvittaessa. Muokatun asetuskortin rakenne näkyy alla olevassa kuvassa (Kuva 12).



Kuva 12. Muokatun asetuskortin tiedostorakenne.

5.7.1 Operaatiolista

Operaatiotiedot saatiin tiivistettyä muokatussa asetuskortissa huomattavasti tiiviimpään muotoon kuin alkuperäisessä asetuskortissa. Tämä tapahtui avaamalla Operation-aliraporttiedosto Active Reports Designer ohjelmassa ja muokkaamalla siinä tietojen järjestystä ja sisältöä. Operaatiolistaan otettiin mukaan haluttuja tietoja ja ne saatiin näkymään asetuskortilla, kun etsittiin jokaista tietoa vastaava tag. Nämä tagit löytyvät Active Reports Designer ohjelmiston ohjevalikon kautta avautuvasta listasta.

Myös tiedostorakennetta aliraporttien osalta pystyttiin lyhentämään. Esimerkiksi Operation-M tiedosto pystyttiin jättämään pois. Tämä tapahtui niin, että operaatiotietojen kaikki otsikkotiedot laitettiin tiedostorakenteessa yläpuolella olevaan File-tiedostoon. Kaikki varsinaiset operaatiotiedot tulivat Operation-tiedostoon ja Operation-M tiedostoon ei tarvinnut enää laittaa tietoja. Tämä näkyy kuvassa 12.

5.7.2 Työkaluluettelo

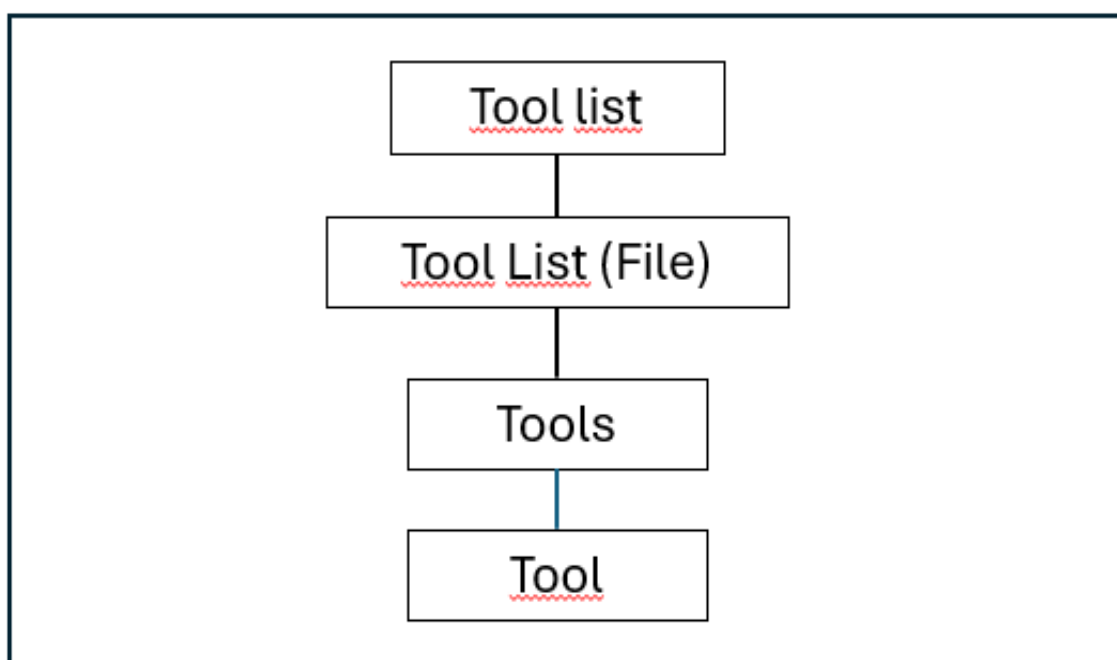
Muokatussa asetuskortissa myös työkalutiedot saatiin tiivistettyä huomattavasti tiiviimpään muotoon kuin alkuperäisessä Mastercam-asetuskortissa. Ulkoasussa ja tietojen pohjana käytettiin uutta Mastercam Mill-2 asetuskorttipohjaa. Myös sen aliraporttirakennetta pystyttiin hyödyntämään. Siinä työkalutietojen otsikot tulevat Tools-tiedostoon ja itse työkalutiedot Tool-tiedostoon. Silloin Tool-M tiedosto pystyttiin jättämään pois.

5.8 Tiedostopolku

Asetuskorttitiedostot ovat rpx. -tiedostoja ja ne tallennetaan tietokoneen SST-kansioon. Tämän kansioon sisälle voidaan tarvittaessa tehdä vielä kansio, johon tallennetaan kaikki yhden asetuskortin sisältämät tiedostot. Tiedostopolku kokonaisuudessaan on Käyttäjät\Käyttäjä\Julkinen\Julkiset tiedostot\Shared Mastercam 2024\Common\Reports\SST.

5.9 Erillinen työkaluluettelo

Aiemmassa opinnäytetyössä oli tehty erillinen muokattu työkaluluettelo. Myös tätä työkaluluetteloa muokattiin tässä opinnäytetyössä edelleen ulkoasultaan paremmaksi. Myös sen sisältämiä tietoja tarkennettiin. Tavoitteena oli myös, että tämän työkaluluettelon tiedot mahtuisivat yhdelle sivulle keskimääräisen Mastercam-ohjelman osalta, joka sisältää noin yhdeksän työkalua.



Kuva 13. Muokatun työkaluluettelon tiedostorakenne.

Aluksi oli tarkoitus liittää työkaluluettelo uuteen asetuskorttiin aliraporttina, mutta sitten päädyttiin siihen, että tämän työkaluluettelon voi tulostaa Mastercamista erillisenä tarvittaessa. Työkaluluettelon tiedostorakenne näkyy yllä olevassa kuvassa (Kuva 13). Erillinen työkaluluettelo on liitteenä. (Liite 2.)

5.10 Lopputulokset

Tässä opinnäytetyössä tehtiin uusi asetuskortti, joka sisältää operaatiolistan, sekä työkaluluettelon. Tämä asetuskortti on huomattavasti tiiviimpi kuin alkuperäinen. Operaatiolista mahtui tässä työssä käytetyllä esimerkkikappaleella yhdelle sivulle. Mastercam-esimerkkiohjelmassa oli 16 operaatiota. Työkaluluettelosta tuli kaksi sivuinen, kun käytössä oli 9 työkalua. Jokaisesta työkalusta on myös kuva. Asetuskorttiin voi tarvittaessa ottaa kuvakaappauksia kappaleesta Mastercamissa ja nämä tulostuvat asetuskortin loppuun. Opinnäytetyössä tehty asetuskortti on liitteenä. (Liite 1.)

Työssä muokattiin myös aiemmassa opinnäytetyössä tehdystä erillisestä työkaluluettelosta parempi versio. Tämän työkaluluettelon voi tulostaa tarvittaessa erillisenä ja se on liitteenä. (Liite 2.)

Mastercam-asetuskortin etu perinteiseen, esimerkiksi manuaalisesti kirjoitettavaan asetuskorttiin, on se, että kun Mastercam-ohjelma on tehty, siitä saadaan automaattisesti tarkka asetuskortti ulos, kunhan työkalut, kiinnittimet ym. tiedot on laitettu tarkasti ohjelmaan.

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön taustalla oli aiemmin tehty opinnäytetyö, jossa Mastercam-asetuskorttia oli muokattu lyhyemmäksi. Työhön oli jäänyt kuitenkin parannettavaa, eikä sen tuloksia ole viety käytäntöön. Tässä työssä oli tehty myös erillinen työkaluluettelo.

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena oli muokata Mastercam-asetuskorttia sellaiseksi, että se palvelee paremmin CNC-koneistajaa, kun hän tekee asetustyötä. Mastercamin avulla toteutettu asetuskortti on hyödyllinen siksi, koska sen tekeminen on nopeaa ja yksinkertaista, kunhan tarvittavat tiedot on määritetty työstöohjelmaan. Ajatuksena tässä työssä oli, että asetusten teko olisi nopeampaa, kun asetuskortti on lyhyempi ja selkeämpi, sisältäen vain oleelliset tiedot tiiviissä ja selkeässä muodossa.

Tavoitteena oli myös, että tämä asetuskortti tulisi ladattavaksi asiakasyritys Camcutin sivuille ja tulisi sitä kautta käyttöön koneistavissa yrityksissä. Työssä käytettiin menetelmänä yrityskyselyä taustatiedon selvittämisessä siihen, millaisia muutoksia asetuskorttiin tulisi tehdä.

Kun asetuskortin ensimmäisen sivun perustiedot ja ulkoasu oli saatu alustavasti valmiiksi, asetuskortti lähetettiin sähköpostitse asiantuntijoiden nähtäväksi. Tämän jälkeen asetuskorttia alettiin hioa paremmaksi sähköpostikeskustelun avulla. Muokattu versio lähetettiin pdf:nä asiantuntijoille ja he antoivat palautetta ja kommentteja, mitä voisi parantaa. Asetuskortin muokkaaminen asiantuntija-haastattelujen avulla kesti noin kaksi viikkoa, ja eri versioita asetuskortista tuli noin 20 kpl.

Työn ollessa pitkällä huomasimme, että saatavilla oli myös Mastercam Mill-2 niminen asetuskorttipohjan. Siinä asetuskorttiin oli liitetty operaatiolista ja työkaluluettelo, jotka olivat huomattavasti tiiviimpiä kuin alkuperäisessä, ja joiden ulkoasu oli myös paljon parempi. Päätimme käyttää tätä pohjaa esimerkkinä ja lähdimme muokkaamaan sitä vielä paremmaksi.

Tämän Mill-2 pohjan avulla myös sopiva aliraporttirakenne ja XML-tagit selvisivät, niin että työkaluluettelo saatiin yhdistettyä asetuskorttiin. Ongelmana oli ollut myös, että asetuskortin oikea reuna ei tulostunut pdf-dokumentille. Ratkaisu tähän oli, että alimman tason tiedosto Tool-M jätettiin pois ja sen sisältämät tiedot siirrettiin ylemmän tason tiedostoon Tool.

Tämän opinnäytetyön tuloksena tehtiin uusi lyhyempi ja selkeämpi Mastercam-asetuskortti. Tämä asetuskortti sisälsi vain oleelliset tiedot tiiviissä muodossa koneistajan asetustyötä varten. Lisäksi asetuskortti sisältää operaatiolistan ja työkaluluettelon. Lisäksi tehtiin muokattu työkaluluettelo, jonka voi tulostaa tarvittaessa erillisenä sivuna.

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tekeminen oli kaiken kaikkiaan haastava ja palkitseva oppimisprosessi. Valitsin aiheen CNC-koneistajataustani takia. Se tuki myös työn tekoa, koska asetuskortilla olevat tiedot ovat tärkeimpiä CNC-koneistuksessa käytettäviä tietoja ja ymmärrys näistä tiedoista helpotti asetuskortin tekoa. Jokaisen Mastercamista tulevan tiedon lisääminen asetuskorttiin vaatii sitä vastaavan XML-tagin lisäämisen ActiveReports Designerissa. Kyseisen tagin löytäminen kävi suhteellisen helposti tag-listalta, kun ymmärsi mikä kyseinen arvo Mastercam-ohjelmassa oli ja mitä se käytännössä tarkoittaa.

Myös aiempi Mastercam-ohjelmiston osaaminen helpotti työn tekoa, vaikka varsinaista Mastercam-mallinnusta tässä työssä ei tarvinnut tehdä, koska valmis testiohjelma saatiin asiakasyritykseltä Camcutilta. Jouduin kuitenkin käyttämään Mastercamia asetuskortin muutosten testauksessa, koska Active Reports Designerin esikatselun kautta ei saa asetuskorttia kaikilta osin näkymään. Mastercam tuottaa asetuskortin pdf-muodossa, josta sen voi tallentaa tai tulostaa halutessaan.

Active Report Designer ohjelmiston käytön opettelu vei aikaa, koska se oli täysin uusi ohjelmisto. Zenexin tuki ja sieltä saatu tutoriaali oli myös tärkeässä roolissa siinä ja uuden asetuskortin tekemisessä. Myös hiiren käyttö ohjelmassa vaati opettelua, koska se vaikutti asetuskortin ulkoasuun. Kun oppi käyttämään ohjelmaan ilmestyviä apuviivoja ja tартtumispisteitä, työn tekeminen eteni sen jälkeen nopeasti.

Yritin aluksi itse selvittää miten asetuskortit ja aliraportit rakentuvat, mutta se osoittautui hyvin haastavaksi. Sain sitten Zenexin tuesta tutoriaalin pdf-muodossa, johon oli koottu kaikki tärkeimmät tiedot Mastercam-asetuskortteihin liittyen. Kun tutoriaalin kävi läpi, asetuskorttien rakenne alkoi selvitä. Tutoriaalista oli myös apua koko ajan oman asetuskortin tekemisessä, koska sieltä pystyi tarkistamaan jonkun tarvittavan tiedon.

Alkuajatuksena opinnäytetyössä oli ajatuksena yhdistää aiemmassa opinnäytetyössä muokattu työkaluluettelo uuteen asetuskorttiin. Tämä veikin paljon aikaa, koska aliraporttirakenne ja niihin liittyvät XML-tagit eivät olleet täysin tiedossa. Zenexin tuen avulla pääsin alkuun, mutta heinäkuussa työntekijät jäivät kesälomalle. Kokeilemalla eri vaihtoehtoja pääsin kuitenkin itsenäisesti eteenpäin. Lopulta sain työkaluluettelon liitettyä asetuskorttiin, mutta sen oikea reuna ei vielä näkynyt tulostuksessa versiossa täysin. Tähän löytyi lopulta ratkaisu Mastercamin Mill-2 asetuskorttipohjasta.

Uuden asetuskortin suunnittelu aloitettiin Zenexin tutoriaalissa esitetyn asetuskortin pohjalta ja siitä tehtiin oma versio. Yhteistyössä asiantuntijoiden kanssa asetuskorttiin valittiin halutut tiedot. Lähtökohtana asetuskortin tekemisessä oli, että ensimmäiselle sivulle tulevat useimmat tiedot käyttäjän itse syöttäminä Mastercamin puolella, eikä suoraan XML-tagien avulla, niin kuin yleensä.

Seuraavien sivujen operaatiolista ja työkaluluettelo tiivistettiin mahdollisimman lyhyeksi, kuitenkin niin että ne sisälsivät paljon informaatiota. Tässä vaiheessa tietämykseni asetuskorttien rakenteesta ja tageista oli jo hyvällä tasolla ja muokkaaminen kävi nopeasti. Asetuskortista saatiin näin myös ulkoasultaan halutun kaltainen.

Kokonaisuudessaan tämä opinnäytetyö, jossa Mastercam-asetuskorttia muokkaamalla pyritään lyhentämään asetusaikoja koneistuksessa, on ollut erittäin mielenkiintoinen projekti. Toivottavasti tästä uudesta asetus kortista on myös jatkossa hyötyä laajalle joukolle koneistavia yrityksiä.

Tämän opinnäytetyön tekeminen kehitti ja syvensi omaa Mastercam-osaamistani ja erityisesti osaamiseni ja tietämykseni Mastercamiin liittyvistä asetus korteista ja niiden rakenteesta kasvoi huomattavasti. Ideoita asetus kortin jatkokehitykseen on myös jo olemassa.

Tämän opinnäytetyön pohjalta asetus kortista voisi tehdä erilaisia versioita eri yrityksiä varten ja liittää asetus korttiin kunkin yrityksen kaipaamaa informaatiota. Jatkossa tästä asetus kortista voisi kehittää myös oman version myös CNC-sorvaukseen, eikä sen tekeminen vaatisi suuria muutoksia asetus kortin rakenteeseen.

LÄHTEET

- Camcut Oy 2024. Yrityksen kotsivut. Verkkojulkaisu. <https://www.camcut.fi>. Viitattu 3.7.2024
- Eaton, Mark 2013. The Lean Practitioner's Handbook. London: Kogan Page.
- Haverila, Matti, Kouri, Ilkka, Miettinen, Asko & Uusi-Rauva, Erkki 2009. Teollisuustalous. Kuudes painos ed. Tampere: Infacs Oy.
- Heinonen, Mika & Kalliolahti, Jyrki 2020. Koneistustekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Jones, Daniel & Womack, James 1996. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. New York: Simon & Schuster.
- Keinänen, Toimi & Kärkkäinen, Pentti 2009. Konetekniikan perusteet. E-kirja. Helsinki: WSOY. Viitattu 7.6.2024.
- Liker, Jeffrey 2006. Toyotan tapaan. Ensimmäinen painos ed. Helsinki: Readme.fi.
- Maaranen, Keijo 2004. Koneistustekniikat. Helsinki: WSOY.
- Mastercam 2017. Activereports Setup Sheet Tutorial. https://www.dropbox.com/scl/fi/b5joiq7z7f6rxhrvwdtu7/tutorial2018-setup-sheet.zip?dl=0&e=1&file_subpath=%2FActiveReports+Setup+Sheet+Tutorial.pdf&rlkey=1rp72a8wbgv2cqyv5kkef7sez&st=xr3b8gk5. Viitattu 19.8.2024.
- Mastercam 2024. Yrityksen kotisivut. Verkkojulkaisu. <https://www.mastercam.com/>. Viitattu 3.7.2024.
- Microsoft Corporation 2024. Yrityksen kotisivut. <https://support.microsoft.com/fi-fi/topic/mik%C3%A4-on-microsoft-forms-6b391205-523c-45d2-b53a-fc10b22017c8>. Viitattu 18.8.2024.
- Mustonen, Mika & Pikkarainen, Eero 2010. Numeerisesti ohjatut työstökoneet. Helsinki: Opetushallitus.
- Peltonen, Aarne 1997. Tuottava Tehdas. Helsinki, Suomi. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuot-tavatehdas/tehdas7.html>. Viitattu 5.8.2024.
- Sayer, Natalie & Williams, Bruce 2012. Lean for dummies. E-kirja. Hoboken. Viitattu 7.6.2024.
- Shingo, Shigeo & Dillon, Andrew 1985. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. (N. Bodek, Toim.) Portland, Oregon: Productivity Press.
- Zenex Computing Oy 2024. Yrityksen kotisivut. Verkkojulkaisu. <https://zenex.fi/>. Viitattu 3.7.2024.

LIITE 1: MUOKATTU ASETUSKORTTI



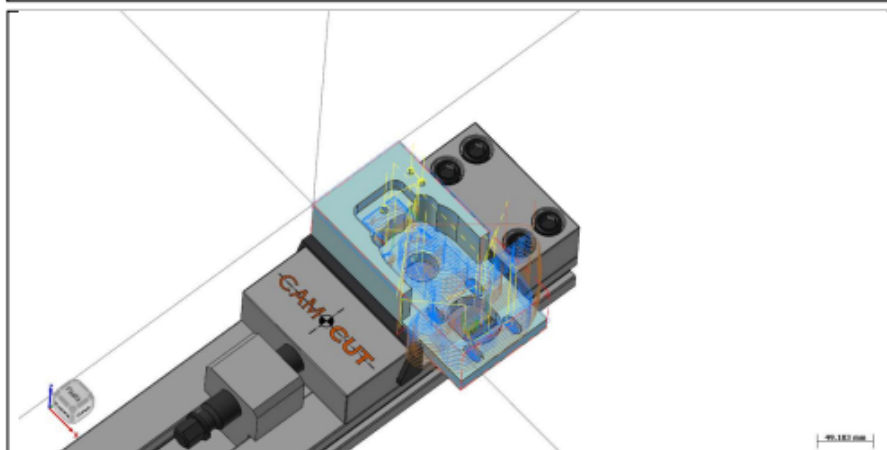
SETUP SHEET

POST PROCESSOR: Oletusjyrsinkone

GENERAL INFORMATION:

PROJECT:	Opinnäytetyö
CUSTOMER:	Camcut
PROGRAMMER:	Mikko Vepsäläinen
DRAWING:	A12567
REVISION:	32345
TIME:	13.05
DATE:	21.8.2024
PART FILE:	MASTERCAM-JYRSINTA-ESIMERKKITIEDOSTO-24-EDU.EMCAM

STOCK TYPE AND SIZE: Latta S355, 200 x 100 x 60 mm



WORK OFFSET 1: 0 (G54)	WORK OFFSET 2: -	WORK OFFSET 3: -
Origin X: Vasemmalla	Origin X: -	Origin X: -
Origin Y: Alhaalla	Origin Y: -	Origin Y: -
Origin Z: Päällä	Origin Z: -	Origin Z: -

COMMENTS:

Asetuskorttiin lisätty Captures subreport, jolla saa kuvakaappauksia kappaleesta raportin loppuun.



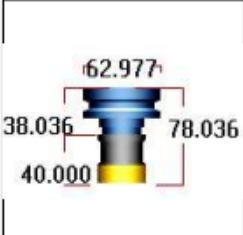
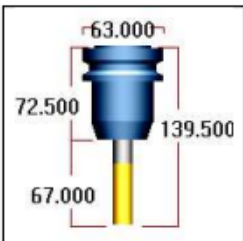
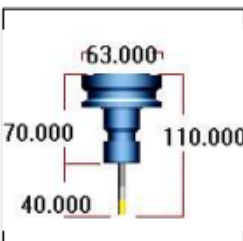
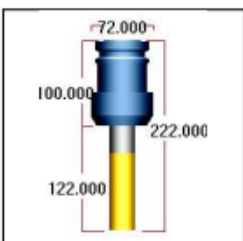
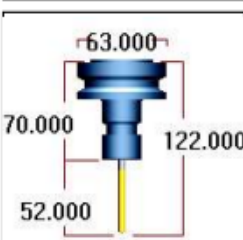
OPERATION LIST

TOTAL CYCLE TIME: 0 TUNTIA, 8 MINUUTTIA, 30 SEKUNTIA

	CYCLE TIME	RPM	F	TOOL	MIN-Z	MAX-Z
2 - 2D-suurnopeus (Dynaaminen 2D-jyrsintä) Muodon rouhinta	00:04:07	2292	2145	1	-45.0	50.0
3 - 2D-suurnopeus (2D-dynaaminen jälkityöstö) Muodon jälkityöstö	00:00:07	3820	4011	2	-45.0	50.0
4 - 2D-suurnopeus (Dynaaminen 2D-jyrsintä) Taskun rouhinta	00:00:16	3820	2544	2	-15.0	50.0
5 - 2D-suurnopeus (Dynaaminen 2D-jyrsintä) Kolon rouhinta	00:00:16	3820	2544	2	-61.0	50.0
6 - Profiili (2D) Kolon viimeistely	00:00:11	5033	3774	2	-60.0	50.0
7 - Profiili (2D) Muotojen viimeistely	00:00:07	5033	3774	2	-45.0	50.0
8 - Profiili (Ramppi) Urien avaus	00:00:47	1203	1566	3	-60.5	50.0
9 - Profiili (Ramppi) Uran olake	00:00:45	1203	1566	3	-51.0	50.0
10 - Poraus/upotus U-Poraus	00:00:03	4520	583.	4	-63.0	50.0
11 - Poraus/upotus M6 esireikä	00:00:15	1241	131.	5	-	50.0
12 - Poraus/upotus M8 esireikä	00:00:01	7981	2051	6	-	50.0
13 - Viisteen poraus Reikien viisteet	00:00:02	7003	1050	7	-18.9	50.0
14 - Mallin viiste Viisteiden jyrsintä	00:01:22	7003	1050	7	-47.25	50.0
15 - Kiertelys M8 kierre	00:00:02	1747	2183	8	-28.0	50.0
16 - Kiertelys M6 kierre	00:00:01	1904	1904	9	-9.0	50.0



TOOL LIST

	<table><tr><td>TOOL MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td>NUMBER:</td><td>1</td></tr><tr><td>TOOL CODE:</td><td>F5141.B16.040.204.12</td><td>H OFFSET:</td><td>1</td></tr><tr><td>DESCRIPTION:</td><td>LNMU130608R-L55T WKP35G</td><td>D OFFSET:</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td>TIP ANGLE:</td><td>NA</td></tr><tr><td>DIAMETER:</td><td>40.0</td><td>CUT LENGTH:</td><td>15.0</td></tr><tr><td>CORNER:</td><td>0.8</td><td>TOOL LENGTH:</td><td>40.0</td></tr><tr><td>CUTTING EDGES:</td><td>4</td><td>MEAS. LENGTH:</td><td></td></tr><tr><td>HOLDER MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td></td><td></td></tr><tr><td>HOLDER:</td><td>A155.BT40.035.16</td><td></td><td></td></tr></table>	TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	1	TOOL CODE:	F5141.B16.040.204.12	H OFFSET:	1	DESCRIPTION:	LNMU130608R-L55T WKP35G	D OFFSET:	1			TIP ANGLE:	NA	DIAMETER:	40.0	CUT LENGTH:	15.0	CORNER:	0.8	TOOL LENGTH:	40.0	CUTTING EDGES:	4	MEAS. LENGTH:		HOLDER MFR.	Walter Valenite			HOLDER:	A155.BT40.035.16		
TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	1																																		
TOOL CODE:	F5141.B16.040.204.12	H OFFSET:	1																																		
DESCRIPTION:	LNMU130608R-L55T WKP35G	D OFFSET:	1																																		
		TIP ANGLE:	NA																																		
DIAMETER:	40.0	CUT LENGTH:	15.0																																		
CORNER:	0.8	TOOL LENGTH:	40.0																																		
CUTTING EDGES:	4	MEAS. LENGTH:																																			
HOLDER MFR.	Walter Valenite																																				
HOLDER:	A155.BT40.035.16																																				
	<table><tr><td>TOOL MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td>NUMBER:</td><td>2</td></tr><tr><td>TOOL CODE:</td><td>MD128-16.0A6L050J-WJ30RD</td><td>H OFFSET:</td><td>2</td></tr><tr><td>DESCRIPTION:</td><td>NA</td><td>D OFFSET:</td><td>2</td></tr><tr><td></td><td></td><td>TIP ANGLE:</td><td>NA</td></tr><tr><td>DIAMETER:</td><td>16.0</td><td>CUT LENGTH:</td><td>48.0</td></tr><tr><td>CORNER:</td><td>0.5</td><td>TOOL LENGTH:</td><td>67.0</td></tr><tr><td>CUTTING EDGES:</td><td>6</td><td>MEAS. LENGTH:</td><td></td></tr><tr><td>HOLDER MFR.</td><td>Walter Tools</td><td></td><td></td></tr><tr><td>HOLDER:</td><td>AK182.BT40.072.20</td><td></td><td></td></tr></table>	TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	2	TOOL CODE:	MD128-16.0A6L050J-WJ30RD	H OFFSET:	2	DESCRIPTION:	NA	D OFFSET:	2			TIP ANGLE:	NA	DIAMETER:	16.0	CUT LENGTH:	48.0	CORNER:	0.5	TOOL LENGTH:	67.0	CUTTING EDGES:	6	MEAS. LENGTH:		HOLDER MFR.	Walter Tools			HOLDER:	AK182.BT40.072.20		
TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	2																																		
TOOL CODE:	MD128-16.0A6L050J-WJ30RD	H OFFSET:	2																																		
DESCRIPTION:	NA	D OFFSET:	2																																		
		TIP ANGLE:	NA																																		
DIAMETER:	16.0	CUT LENGTH:	48.0																																		
CORNER:	0.5	TOOL LENGTH:	67.0																																		
CUTTING EDGES:	6	MEAS. LENGTH:																																			
HOLDER MFR.	Walter Tools																																				
HOLDER:	AK182.BT40.072.20																																				
	<table><tr><td>TOOL MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td>NUMBER:</td><td>3</td></tr><tr><td>TOOL CODE:</td><td>MD340-05.0A3PC-WK40TP</td><td>H OFFSET:</td><td>3</td></tr><tr><td>DESCRIPTION:</td><td>NA</td><td>D OFFSET:</td><td>3</td></tr><tr><td></td><td></td><td>TIP ANGLE:</td><td>NA</td></tr><tr><td>DIAMETER:</td><td>5.0</td><td>CUT LENGTH:</td><td>11.0</td></tr><tr><td>CORNER:</td><td>0.0</td><td>TOOL LENGTH:</td><td>40.0</td></tr><tr><td>CUTTING EDGES:</td><td>3</td><td>MEAS. LENGTH:</td><td></td></tr><tr><td>HOLDER MFR.</td><td>Walter Tools</td><td></td><td></td></tr><tr><td>HOLDER:</td><td>AK300.BT40.070.ER16</td><td></td><td></td></tr></table>	TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	3	TOOL CODE:	MD340-05.0A3PC-WK40TP	H OFFSET:	3	DESCRIPTION:	NA	D OFFSET:	3			TIP ANGLE:	NA	DIAMETER:	5.0	CUT LENGTH:	11.0	CORNER:	0.0	TOOL LENGTH:	40.0	CUTTING EDGES:	3	MEAS. LENGTH:		HOLDER MFR.	Walter Tools			HOLDER:	AK300.BT40.070.ER16		
TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	3																																		
TOOL CODE:	MD340-05.0A3PC-WK40TP	H OFFSET:	3																																		
DESCRIPTION:	NA	D OFFSET:	3																																		
		TIP ANGLE:	NA																																		
DIAMETER:	5.0	CUT LENGTH:	11.0																																		
CORNER:	0.0	TOOL LENGTH:	40.0																																		
CUTTING EDGES:	3	MEAS. LENGTH:																																			
HOLDER MFR.	Walter Tools																																				
HOLDER:	AK300.BT40.070.ER16																																				
	<table><tr><td>TOOL MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td>NUMBER:</td><td>4</td></tr><tr><td>TOOL CODE:</td><td>D4120-03-30.00F32-P45</td><td>H OFFSET:</td><td>4</td></tr><tr><td>DESCRIPTION:</td><td>P4840P-5R-E67 WKP25S / P4840C-5R-E67 WXP40</td><td>D OFFSET:</td><td>4</td></tr><tr><td></td><td></td><td>TIP ANGLE:</td><td>180.0</td></tr><tr><td>DIAMETER:</td><td>30.0</td><td>CUT LENGTH:</td><td>90.0</td></tr><tr><td>CORNER:</td><td>0.0</td><td>TOOL LENGTH:</td><td>122.0</td></tr><tr><td>CUTTING EDGES:</td><td>1</td><td>MEAS. LENGTH:</td><td></td></tr><tr><td>HOLDER MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td></td><td></td></tr><tr><td>HOLDER:</td><td>AK170.BT40.100.32</td><td></td><td></td></tr></table>	TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	4	TOOL CODE:	D4120-03-30.00F32-P45	H OFFSET:	4	DESCRIPTION:	P4840P-5R-E67 WKP25S / P4840C-5R-E67 WXP40	D OFFSET:	4			TIP ANGLE:	180.0	DIAMETER:	30.0	CUT LENGTH:	90.0	CORNER:	0.0	TOOL LENGTH:	122.0	CUTTING EDGES:	1	MEAS. LENGTH:		HOLDER MFR.	Walter Valenite			HOLDER:	AK170.BT40.100.32		
TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	4																																		
TOOL CODE:	D4120-03-30.00F32-P45	H OFFSET:	4																																		
DESCRIPTION:	P4840P-5R-E67 WKP25S / P4840C-5R-E67 WXP40	D OFFSET:	4																																		
		TIP ANGLE:	180.0																																		
DIAMETER:	30.0	CUT LENGTH:	90.0																																		
CORNER:	0.0	TOOL LENGTH:	122.0																																		
CUTTING EDGES:	1	MEAS. LENGTH:																																			
HOLDER MFR.	Walter Valenite																																				
HOLDER:	AK170.BT40.100.32																																				
	<table><tr><td>TOOL MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td>NUMBER:</td><td>5</td></tr><tr><td>TOOL CODE:</td><td>DA110-08-05.000U0-WZ90AJ</td><td>H OFFSET:</td><td>5</td></tr><tr><td>DESCRIPTION:</td><td>NA</td><td>D OFFSET:</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td></td><td>TIP ANGLE:</td><td>118.0</td></tr><tr><td>DIAMETER:</td><td>5.0</td><td>CUT LENGTH:</td><td>44.0</td></tr><tr><td>CORNER:</td><td>0.0</td><td>TOOL LENGTH:</td><td>52.0</td></tr><tr><td>CUTTING EDGES:</td><td>1</td><td>MEAS. LENGTH:</td><td></td></tr><tr><td>HOLDER MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td></td><td></td></tr><tr><td>HOLDER:</td><td>AK300.BT40.070.ER16</td><td></td><td></td></tr></table>	TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	5	TOOL CODE:	DA110-08-05.000U0-WZ90AJ	H OFFSET:	5	DESCRIPTION:	NA	D OFFSET:	5			TIP ANGLE:	118.0	DIAMETER:	5.0	CUT LENGTH:	44.0	CORNER:	0.0	TOOL LENGTH:	52.0	CUTTING EDGES:	1	MEAS. LENGTH:		HOLDER MFR.	Walter Valenite			HOLDER:	AK300.BT40.070.ER16		
TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	5																																		
TOOL CODE:	DA110-08-05.000U0-WZ90AJ	H OFFSET:	5																																		
DESCRIPTION:	NA	D OFFSET:	5																																		
		TIP ANGLE:	118.0																																		
DIAMETER:	5.0	CUT LENGTH:	44.0																																		
CORNER:	0.0	TOOL LENGTH:	52.0																																		
CUTTING EDGES:	1	MEAS. LENGTH:																																			
HOLDER MFR.	Walter Valenite																																				
HOLDER:	AK300.BT40.070.ER16																																				

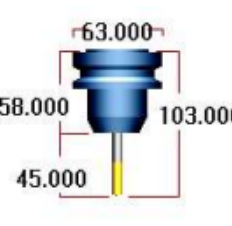
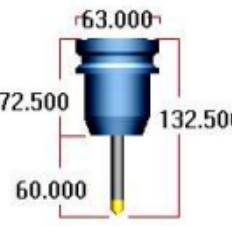
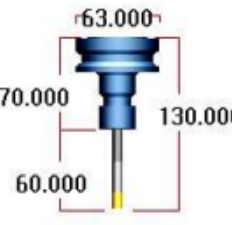
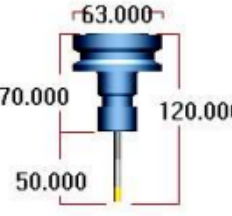
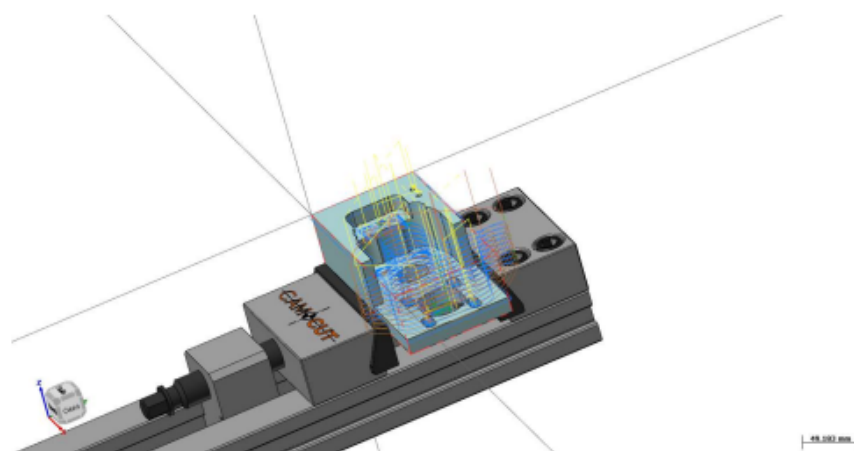
	<table><tr><td>TOOL MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td>NUMBER:</td><td>6</td></tr><tr><td>TOOL CODE:</td><td>DC170-03-06.900A1-WJ30EJ</td><td>H OFFSET:</td><td>6</td></tr><tr><td>DESCRIPTION:</td><td>NA</td><td>D OFFSET:</td><td>6</td></tr><tr><td></td><td></td><td>TIP ANGLE:</td><td>140.0</td></tr><tr><td>DIAMETER:</td><td>6.9</td><td>CUT LENGTH:</td><td>24.0</td></tr><tr><td>CORNER</td><td>0.0</td><td>TOOL LENGTH:</td><td>45.0</td></tr><tr><td>CUTTING EDGES:</td><td>1</td><td>MEAS. LENGTH:</td><td></td></tr><tr><td>HOLDER MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td></td><td></td></tr><tr><td>HOLDER:</td><td>AK182.BT40.058.12</td><td></td><td></td></tr></table>	TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	6	TOOL CODE:	DC170-03-06.900A1-WJ30EJ	H OFFSET:	6	DESCRIPTION:	NA	D OFFSET:	6			TIP ANGLE:	140.0	DIAMETER:	6.9	CUT LENGTH:	24.0	CORNER	0.0	TOOL LENGTH:	45.0	CUTTING EDGES:	1	MEAS. LENGTH:		HOLDER MFR.	Walter Valenite			HOLDER:	AK182.BT40.058.12		
TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	6																																		
TOOL CODE:	DC170-03-06.900A1-WJ30EJ	H OFFSET:	6																																		
DESCRIPTION:	NA	D OFFSET:	6																																		
		TIP ANGLE:	140.0																																		
DIAMETER:	6.9	CUT LENGTH:	24.0																																		
CORNER	0.0	TOOL LENGTH:	45.0																																		
CUTTING EDGES:	1	MEAS. LENGTH:																																			
HOLDER MFR.	Walter Valenite																																				
HOLDER:	AK182.BT40.058.12																																				
	<table><tr><td>TOOL MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td>NUMBER:</td><td>7</td></tr><tr><td>TOOL CODE:</td><td>H1E58318-E10-10</td><td>H OFFSET:</td><td>7</td></tr><tr><td>DESCRIPTION:</td><td>AK610.Z10.E10.050C</td><td>D OFFSET:</td><td>7</td></tr><tr><td></td><td></td><td>TIP ANGLE:</td><td>NA</td></tr><tr><td>DIAMETER:</td><td>10.0</td><td>CUT LENGTH:</td><td>11.8</td></tr><tr><td>CORNER</td><td>0.0</td><td>TOOL LENGTH:</td><td>60.0</td></tr><tr><td>CUTTING EDGES:</td><td>2</td><td>MEAS. LENGTH:</td><td></td></tr><tr><td>HOLDER MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td></td><td></td></tr><tr><td>HOLDER:</td><td>AK182.BT40.072.20</td><td></td><td></td></tr></table>	TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	7	TOOL CODE:	H1E58318-E10-10	H OFFSET:	7	DESCRIPTION:	AK610.Z10.E10.050C	D OFFSET:	7			TIP ANGLE:	NA	DIAMETER:	10.0	CUT LENGTH:	11.8	CORNER	0.0	TOOL LENGTH:	60.0	CUTTING EDGES:	2	MEAS. LENGTH:		HOLDER MFR.	Walter Valenite			HOLDER:	AK182.BT40.072.20		
TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	7																																		
TOOL CODE:	H1E58318-E10-10	H OFFSET:	7																																		
DESCRIPTION:	AK610.Z10.E10.050C	D OFFSET:	7																																		
		TIP ANGLE:	NA																																		
DIAMETER:	10.0	CUT LENGTH:	11.8																																		
CORNER	0.0	TOOL LENGTH:	60.0																																		
CUTTING EDGES:	2	MEAS. LENGTH:																																			
HOLDER MFR.	Walter Valenite																																				
HOLDER:	AK182.BT40.072.20																																				
	<table><tr><td>TOOL MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td>NUMBER:</td><td>8</td></tr><tr><td>TOOL CODE:</td><td>TC120-M8-C1-WW60AG</td><td>H OFFSET:</td><td>8</td></tr><tr><td>DESCRIPTION:</td><td>NA</td><td>D OFFSET:</td><td>8</td></tr><tr><td></td><td></td><td>TIP ANGLE:</td><td>NA</td></tr><tr><td>DIAMETER:</td><td>8.0</td><td>CUT LENGTH:</td><td>12.0</td></tr><tr><td>CORNER</td><td>0.0</td><td>TOOL LENGTH:</td><td>60.0</td></tr><tr><td>CUTTING EDGES:</td><td>1</td><td>MEAS. LENGTH:</td><td></td></tr><tr><td>HOLDER MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td></td><td></td></tr><tr><td>HOLDER:</td><td>AK300.BT40.070.ER16</td><td></td><td></td></tr></table>	TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	8	TOOL CODE:	TC120-M8-C1-WW60AG	H OFFSET:	8	DESCRIPTION:	NA	D OFFSET:	8			TIP ANGLE:	NA	DIAMETER:	8.0	CUT LENGTH:	12.0	CORNER	0.0	TOOL LENGTH:	60.0	CUTTING EDGES:	1	MEAS. LENGTH:		HOLDER MFR.	Walter Valenite			HOLDER:	AK300.BT40.070.ER16		
TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	8																																		
TOOL CODE:	TC120-M8-C1-WW60AG	H OFFSET:	8																																		
DESCRIPTION:	NA	D OFFSET:	8																																		
		TIP ANGLE:	NA																																		
DIAMETER:	8.0	CUT LENGTH:	12.0																																		
CORNER	0.0	TOOL LENGTH:	60.0																																		
CUTTING EDGES:	1	MEAS. LENGTH:																																			
HOLDER MFR.	Walter Valenite																																				
HOLDER:	AK300.BT40.070.ER16																																				
	<table><tr><td>TOOL MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td>NUMBER:</td><td>9</td></tr><tr><td>TOOL CODE:</td><td>TC120-M6-C0-WW60AG</td><td>H OFFSET:</td><td>9</td></tr><tr><td>DESCRIPTION:</td><td>NA</td><td>D OFFSET:</td><td>9</td></tr><tr><td></td><td></td><td>TIP ANGLE:</td><td>NA</td></tr><tr><td>DIAMETER:</td><td>6.0</td><td>CUT LENGTH:</td><td>10.0</td></tr><tr><td>CORNER</td><td>0.0</td><td>TOOL LENGTH:</td><td>50.0</td></tr><tr><td>CUTTING EDGES:</td><td>1</td><td>MEAS. LENGTH:</td><td></td></tr><tr><td>HOLDER MFR.</td><td>Walter Valenite</td><td></td><td></td></tr><tr><td>HOLDER:</td><td>AK300.BT40.070.ER16</td><td></td><td></td></tr></table>	TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	9	TOOL CODE:	TC120-M6-C0-WW60AG	H OFFSET:	9	DESCRIPTION:	NA	D OFFSET:	9			TIP ANGLE:	NA	DIAMETER:	6.0	CUT LENGTH:	10.0	CORNER	0.0	TOOL LENGTH:	50.0	CUTTING EDGES:	1	MEAS. LENGTH:		HOLDER MFR.	Walter Valenite			HOLDER:	AK300.BT40.070.ER16		
TOOL MFR.	Walter Valenite	NUMBER:	9																																		
TOOL CODE:	TC120-M6-C0-WW60AG	H OFFSET:	9																																		
DESCRIPTION:	NA	D OFFSET:	9																																		
		TIP ANGLE:	NA																																		
DIAMETER:	6.0	CUT LENGTH:	10.0																																		
CORNER	0.0	TOOL LENGTH:	50.0																																		
CUTTING EDGES:	1	MEAS. LENGTH:																																			
HOLDER MFR.	Walter Valenite																																				
HOLDER:	AK300.BT40.070.ER16																																				

IMAGE LIST*Kuva nro 1*

LIITE 2: MUOKATTU ERILLINEN TYÖKALULUETTELO


MASTERCAM MILL.NCI
TOOL LIST

Sorted: EI

NO	H	D	TOOL INFO	TOOL MFR.	Dc	R	TOOL LENGTH	HOLDER	HOLDER MFR.	MEAS. LENGTH
1	1	1	F5141.B16.040.Z04.12	Walter Valenite	40.0	0.8	40.0	A155.BT40.035.16	Walter Valenite	
2	2	2	MD128-16.0A6L050J-WJ30RD	Walter Valenite	16.0	0.5	67.0	AK182.BT40.072.20	Walter Tools	
3	3	3	MD340-05.0A3PC-WK40TP	Walter Valenite	5.0	0.0	40.0	AK300.BT40.070.ER16	Walter Tools	
4	4	4	D4120-03-30.00F32-P45	Walter Valenite	30.0	0.0	122.0	AK170.BT40.100.32	Walter Valenite	
5	5	5	DA110-08-05.000U0-WZ90AJ	Walter Valenite	5.0	0.0	52.0	AK300.BT40.070.ER16	Walter Valenite	
6	6	6	DC170-03-06.900A1-WJ30EJ	Walter Valenite	6.9	0.0	45.0	AK182.BT40.058.12	Walter Valenite	
7	7	7	H1E58318-E10-10	Walter Valenite	10.0	0.0	60.0	AK182.BT40.072.20	Walter Valenite	
8	8	8	TC120-M8-C1-WW60AG	Walter Valenite	8.0	0.0	60.0	AK300.BT40.070.ER16	Walter Valenite	
9	9	9	TC120-M6-C0-WW60AG	Walter Valenite	6.0	0.0	50.0	AK300.BT40.070.ER16	Walter Valenite	

LIITE 3: FORMS-KYSELYN KYSYMYKSET

Forms kyselyn kysymykset olivat:

1. Oletteko käyttäneet aiemmin Mastercamin valmista asetuskorttipohjaa?
2. Jos olette, mitä mieltä olette siitä?
3. Jos ette, miksi?
4. Mitkä tiedot ovat mielestänne oleellisia työstökeskuksen asetuskortissa?
5. Tarkenna edellistä vastausta halutessasi.
6. Mitkä tiedot ovat mielestänne oleellisia sorvin asetuskortissa?
7. Tarkenna edellistä vastausta halutessasi.
8. Mitä työkalutietoja tarvitaan?
9. Tarkenna edellistä vastausta halutessasi.
10. Mitä operaatiotietoja tarvitaan?
11. Tarkenna edellistä vastausta halutessasi.
12. Mitä hyvää liitteenä olevassa työstökeskuksen asetuskortissa on?
13. Mitä kehitettävää liitteenä olevassa työstökeskuksen asetuskortissa on?
14. Minkälainen asetuskortin visuaalinen ilme tulisi olla?
15. Minkä pituinen asetuskortin tulisi olla?
16. Tarvitseeko liitteenä olevaa muokattua erillistä työkaluluetteloa muuttaa jotenkin?
17. Miten?

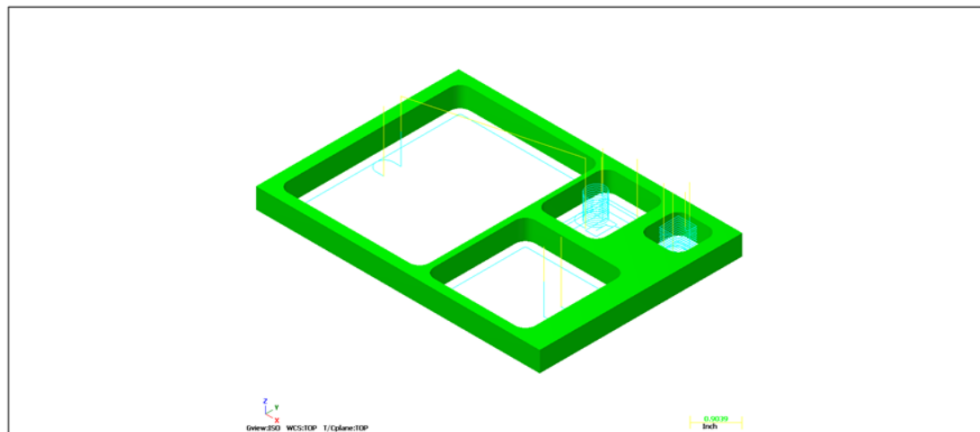
LIITE 4: ZENEX-TUTORIAALIN ASETUSKORTTI



SETUP SHEET

SPECIFICATIONS

PROJECT:	ABC Test Project
CUSTOMER:	ABC Manufacturing Company
PROGRAMMER:	John Barker
DRAWING #:	12345



ROUTING: 87-654-32

CNC FOREMAN:

OPERATOR 1:

OPERATOR 2:

DEPARTMENT: MILL

PLANT:

SECTION:

LOCATION:

Issued: 08.20.2024

Page 1 of 2

LIITE 5: AIEMMASSA OPINNÄYTETYÖSSÄ TEHTY TYÖKALULUETTELO

		CAMCUT		Oletusivrsinkone				Tool Report	
MASTERCAM MILL.NCI									
TOOL LIST						Sorted: NO			
NUMBER	LENGTH OFST	DIAMETER OFST	Holder Mfr.	Dc	R	TOOL LENGTH	HOLDER	Tool Mfr.	TOOL INFO
1	1	1	Walter Valenite	40.0	0.8	40.0	A155.BT40.035.16	Walter Valenite	F5141.B16.040.204.12
NUMBER	LENGTH OFST	DIAMETER OFST	Holder Mfr.	Dc	R	TOOL LENGTH	HOLDER	Tool Mfr.	TOOL INFO
2	2	2	Walter Tools	16.0	0.5	67.0	AK182.BT40.072.20	Walter Valenite	MD128-16.0A6L050J-WJ30RD
NUMBER	LENGTH OFST	DIAMETER OFST	Holder Mfr.	Dc	R	TOOL LENGTH	HOLDER	Tool Mfr.	TOOL INFO
3	3	3	Walter Tools	5.0	0.0	40.0	AK300.BT40.070.ER16	Walter Valenite	MD340-05.0A3PC-WK40TP
NUMBER	LENGTH OFST	DIAMETER OFST	Holder Mfr.	Dc	R	TOOL LENGTH	HOLDER	Tool Mfr.	TOOL INFO
4	4	4	Walter Valenite	30.0	0.0	122.0	AK170.BT40.100.32	Walter Valenite	DA120-03-30.00F32-P45
NUMBER	LENGTH OFST	DIAMETER OFST	Holder Mfr.	Dc	R	TOOL LENGTH	HOLDER	Tool Mfr.	TOOL INFO
5	5	5	Walter Valenite	5.0	0.0	52.0	AK300.BT40.070.ER16	Walter Valenite	DA110-08-05.000U0-WZ90AJ
NUMBER	LENGTH OFST	DIAMETER OFST	Holder Mfr.	Dc	R	TOOL LENGTH	HOLDER	Tool Mfr.	TOOL INFO
6	6	6	Walter Valenite	6.9	0.0	45.0	AK182.BT40.058.12	Walter Valenite	DC170-03-06.900A1-WJ30EJ
NUMBER	LENGTH OFST	DIAMETER OFST	Holder Mfr.	Dc	R	TOOL LENGTH	HOLDER	Tool Mfr.	TOOL INFO
7	7	7	Walter Valenite	10.0	0.0	60.0	AK182.BT40.072.20	Walter Valenite	H1E58318-E10-10
NUMBER	LENGTH OFST	DIAMETER OFST	Holder Mfr.	Dc	R	TOOL LENGTH	HOLDER	Tool Mfr.	TOOL INFO
8	8	8	Walter Valenite	8.0	0.0	60.0	AK300.BT40.070.ER16	Walter Valenite	TC120-M8-C1-WW60AG