



CAM-ohjelmiston käyttöönotto pk-yrityksessä

Pekka Kuusisto

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2020

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

KUUSISTO, PEKKA:
CAM-ohjelmiston käyttöönotto pk-yrityksessä

Opinnäytetyö 52 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Marraskuu 2020

CAM-ohjelmisto kuuluu älykkäisiin valmistusjärjestelmiin, jotka mahdollistavat tehokkaasti kustannusten vähentämisen, tuottavuuden kasvun, läpimenoaikojen lyhenemisen sekä nopean NC-ohjelman laadinnan. Tietokoneavusteisten suunnittelu- ja valmistusjärjestelmien avulla saavutetaan kestävä kehitys lean-käsitteitä harjoittavassa toimintaympäristössä.

Työn tavoitteena oli kehittää Levy- ja Teräsrakenne Horsmalahti Oy:n toimintaa kasvattamalla työstökoneiden käyttöastetta. Tähän päästään perehdyttämällä yrityksen henkilöstöä teknologian käyttöön, sekä päivittämällä CAM-ohjelmisto. Työssä kuvataan integroitua tuotantostrategiaa uuden CAM-järjestelmän käyttöönotossa pk-yrityksissä. Opinnäytetyö toteutettiin toimintatutkimuksena osana CAM-projektia. Työn toimeksiantajalla oli ennestään vähäiselle käytölle jäänyt CAM-järjestelmä.

Työ aloitettiin kartoittamalla toiminnan nykytilaa ja asettamalla tavoitetila. Kartoituksessa selvitettiin CAM-ohjelmistolla saavutetut edut ja sen haasteet. Toiminta oli esitetyn konseptuaalisen kehityksen mukaista, siinä määritettiin teknologian integroimiselle strategia, toteuttamiskelpoisuus ja integraatioprosessi. Apuna hyödynnettiin erilaisia lean-työkaluja. Ohjelmistoverailun avulla Mastercam valittiin uudeksi CAM-ohjelmistoksi ja sen integrointi saatiin suoritettua sekä käyttöönotettua. Ohjelmiston avulla saatiin tehostettua toimintaa mm. tuotannon nopeamman aloittamisella, varmemmalla tarjouslaskennalla sekä päivittämällä NC-ohjelmat ajan tasalle. Investointilaskelmissa esitetyt tulokset ovat viitteellisiä.

CAM-järjestelmän integrointi edellytti yrityksen johdolta muutoksenhallintaa ja organisaationkulttuurin muutosta. Muutoksen yhteydessä saatiin taltioitua yrityksen tietotaitoa ja parannettua dokumentointia. Lisäksi työn ansiosta CAM-ohjelmiston käyttöä saatiin kasvatettua räätälöimällä se toimivaksi kokonaisuudeksi ja osaksi organisaation kulttuuria. Laadittuja NC-ohjelmia ajettiin onnistuneesti sarjatuo-
tannossa ja CAM-ohjelmiston uskotaan mahdollistavan yritykselle paremman kilpailuedun markkinoilla.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

KUUSISTO, PEKKA:
Integration of CAM Software in SME

Bachelor's thesis 52 pages, appendices 1 page
November 2020

Levy- ja Teräsrakenne Horsmalahti Oy had an existing CAD/CAM system but its integration was never implemented thoroughly, and its machine configuration wasn't finished. Due to its incomplete integration, the true potential of CAD/CAM systems was never established.

The purpose of this thesis was to restore the utilization of CAD/CAM systems and to improve the knowledge base about the system in the organization. The second purpose of the thesis was to describe an integrated manufacturing strategy for CAD/CAM deployment in small and medium-sized enterprises.

This paper was done as an operational research. A conceptual framework was utilized for carrying out the integration of CAD/CAM system. Detailed descriptions for strategic intent, economic feasibility, internal dynamics, and integration were described. These include a set of lean deployment tools which consist of establishing a strategic need, a stakeholder analysis, investment planning, risk assessment, financial justification using a ROI calculator, force field analysis and establishing an implementation team using a continuous improvement framework. Other methods were labor training, supplier integration, machine configuration and providing better understanding of internal processes.

The understanding of CAD/CAM systems within the company was increased and the new Mastercam software tool was successfully integrated. The CAD/CAM system increased flexibility in the company by reducing lead times and improving overall product quality. New NC programs made with the new software were successfully run in production.

As a result of the increased utilization of the CAD/CAM system, better operational procedures and knowledge base were documented within the system. These operations allowed for better overall quality, reduced lead times, and increasing the variety of production.

Key words: cad/cam, cnc, machining

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	LEVY- JA TERÄSRAKENNE HORSMALAHTI OY	9
3	KONEISTUS	10
	3.1 Lastuava työstö	10
	3.2 NC-tekniikka	10
	3.2.1 NC-ohjelma	11
	3.2.2 Ohjelman suunnittelu	13
	3.3 Tietokoneavusteiset järjestelmät	14
	3.3.1 CAD	15
	3.3.2 CAM	16
	3.3.3 CAD/CAM	17
	3.3.4 DNC ja tiedonsiirto	17
4	UUDEN TEKNOLOGIAN INTEGROIMINEN	19
	4.1 Miksi CAD/CAM	19
	4.2 CAD/CAM-ohjelmistolla saavutetut hyödyt	21
	4.3 Haasteet uusien järjestelmien implementoinnissa	24
	4.4 Konseptuaalinen kehys	25
	4.4.1 Strategia	26
	4.4.2 Toteuttamiskelpoisuus	27
	4.4.3 Integraatioprosessi	29
5	KÄYTTÖÖNOTTO	31
	5.1 Nykyhetki	31
	5.2 Projektin aloitus	34
	5.3 Strategia	35
	5.3.1 Tarpeen kartoittaminen	35
	5.3.2 Johdon protokollat	36
	5.3.3 Vaikuttavien voimien analyysi	37
	5.3.4 Tietoisuuden kasvattaminen	38
	5.4 Toteuttamiskelpoisuus	38
	5.4.1 Investointi	38
	5.4.2 Investointisuunnitelma	40
	5.4.3 Sidosryhmä analyysi	40
	5.4.4 Riskien kartoitus	40
	5.5 Integraatio	41
	5.5.1 Ohjelmistojen kartoitus	41
	5.5.2 Ohjelmistoverailu	42

5.5.3 Henkilöstön koulutus	46
5.5.4 Toimittajan integraatio ja koneräätälöinti	46
5.5.5 Tarkastelu.....	47
6 YHTEENVETO	48
LÄHTEET.....	50
LIITTEET	52
Liite 1. Ohjelmistoverailu taulukko.....	52

LYHENTEET JA TERMIT

CAE	Computer Aided Engineering, tietokoneavusteinen tekniikka
CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteteinen suunnittelu
CAM	Computer Aided Manufacturing, tietokoneavusteinen valmistus
CIM	Computer-Integrated Manufacturing, tietokoneyhdennetty tuotanto
CNC	Computerized Numerical Control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus
DNC	Direct Numerical Control/Distributed Numerical Control, suora numeerinen ohjaus/hajautettu ohjelmien jakelu
DXF	Data Exchange Format, tiedonsiirtoformaatti
FMS	Flexible Manufacturing Systems, joustava automaattinen tuotantojärjestelmä
IGES	Initial Graphics Exchange Specification, tiedonsiirtoformaatti
NC	Numerical Control, työstökoneiden numeerinen ohjaus

1 JOHDANTO

Konepajateollisuudessa siirrytään kohti älykkäitä valmistusjärjestelmiä, joiden tarkoituksena on tehostaa yritysten toimintaa ja siten mahdollistaa yrityksen kasvu. Älykkäät valmistusjärjestelmät helpottavat yritysten erinäisiä prosesseja, kuten tuote-, valmistus- ja prosessisuunnittelua. Maailmanluokan suorituskykyyn tähdätessä kyseiset älykkäät valmistusjärjestelmät edesauttavat lean-kulttuurin luomisessa. Tuotantotekniikan asiaankuuluvia työkaluja ovat tietokoneavusteiset suunnittelu- ja valmistusjärjestelmät. Opinnäytetyön toimeksiantaja Levy- ja Teräsrakenne Horsmalahti Oy on käyttänyt toiminnassaan tietokoneavusteisia valmistusjärjestelmiä, mutta käyttö on jäänyt vähäiselle. Käytössä olevat Mastercam X6 ja WinCAM ovat palvelleet Horsmalahtea useat vuodet, mutta ongelmaksi on syntynyt vanhentunut ohjelmisto, sekä sen käyttämättömyys. Näin ollen NC-ohjelmointi tapahtuu manuaalisesti, joka omaa suuren riskin mahdollisuuden ja suuren ajankäytön.

Vaikka Horsmalahdella on CAD/CAM-järjestelmät olleet käytössä usean vuoden, on niiden käytön vähäisyys johtanut käsitteiden vieraantumiseen työntekijöiden keskuudessa. Tämän seurauksena työssä on asennoiduttu tuomaan järjestelmien hyödyt ja mahdollisuudet takaisin organisaatioon tietoon. Vieraantuminen johtuu osittain myös aiempien järjestelmien puutteellisesta toteutuksesta. Toteutuksessa ei ollut myöskään työntekijöiden osallistaminen riittoisaa, jolloin sen kaikkia hyötyjä ei saatu toteutettua. Lisäksi toteutus oli jäänyt vajaaksi niille työstökoneille, joihin se oli suunniteltu. Tämä on johtanut siihen, ettei järjestelmän täyttä hyötyä ole päästy näkemään, sekä lähes jokaista NC-ohjelmaa on ollut tarve muokata postprosessoinnin jälkeen.

Opinnäytetyö on osa Horsmalahden CAM-projektia. Työssä CAM:llä tarkoitetaan CNC-koneiden NC-ohjelmointia. Projektin tavoitteena on kasvattaa uuden teknologian tietoisuutta, kehittää ja päivittää olemassa olevia NC-ohjelmia, sekä kasvattaa yrityksen työstökoneiden käyttöastetta. Opinnäytetyössä kartoitettiin tarve uudelle teknologialle ja se on rajattu kahdelle karusellisorville, joille CAM-järjestelmä käyttöön otettiin.

Opinnäytetyössä käsitellään kokonaisvaltaisesti projektin kulkua. Työ käsittelee myös yleisiä haasteita uuden teknologian integroimisesta pk-yrityksiin, sekä siihen on sisällytetty toiminnallisia malleja, jotka soveltuvat muihinkin uusien hankintojen suunnitteluun. Tarkoituksena on kasvattaa pk-yrityksien ymmärrystä tietokoneavusteisesta valmistusympäristöstä, sekä laskea kynnyksiä toimeenpanna uusia tietokoneavusteisia järjestelmiä. Kyseisten järjestelmien avulla pk-yritykset voivat päästä maailmanluokan suorituskykyyn. Paremmalla suorituskyvyllä pk-yritykset luovat Suomelle työpaikkoja ja kasvattavat Suomen elintasoja. Pk-yrityksien kehitys on ennen kaikkea tärkeää Suomen taloudelle, joten yksi työn motiiveista on auttaa niitä luomaan joustavampaa ja tehokkaampaa toimintaa.

2 LEVY- JA TERÄSRAKENNE HORSMALAHTI OY

Levy- ja teräsrakenne Horsmalahti Oy sijaitsee Valkeakoskella Varsanhännän teollisuusalueella. Horsmalahden pääpalveluihin koneistuksen lisäksi kuuluu levytyöhitsaus sekä laitehuolto. Pääasialliseen asiakaskuntaan kuuluvat yritykset, jotka palvelevat sellu- ja paperiteollisuutta erinäisillä laitteilla ja koneilla. (Horsmalahti n.d.)

Sellu- ja paperiteollisuuden tuotteiden ja tuotantoprosessien ominaisuuksiin kuuluvat korkeat laatuvaatimukset, tehokkuus, luotettavuus ja korkea jalostusaste. Horsmalahdella on kaikki vaadittavat edellytykset vastata em. laatuodotuksiin yli 70 vuoden kokemuksen ja tehokkaiksi hiottujen prosessien ansiosta. (Horsmalahti n.d.)

Horsmalahden juuret sijoittuvat vuoteen 1948 ja nykyiseen nimeen Horsmalahti vaihtoi vuonna 1976, sekä se on ollut perheyrittys tähän päivään asti. Toiminta alkoi Valkeakosken Kaapelintieltä pienestä autotallista. Alueesta muodostettiin jälkeempään tehdasalue, jonne on ajan myötä hankittu uusia halleja sekä alueen toimitiloja kasvatettu. Toiminnan kasvaessa Horsmalahti on siirtynyt Varsanhännän toimipisteeseen, Walpellan vanhaan tilaan. Muutos aloitettiin vuoden 2019 syksyllä siirtämällä suurin osa koneistuksesta Varsanhäntään. Vanhaan toimipisteeseen jäi vielä levytyöt ja hitsaus. Vuoden 2020 kesän loppupuolella aloitettiin levytöiden ja hitsauksen siirtäminen Varsanhäntään, jolloin kaikki yrityksen toiminta on samassa paikassa. Muutoksen lomassa on paljon panostettu toiminnan kehittämiseen, kuten lean menetelmien toimeenpanoon.

Horsmalahden monipuolinen ja laaja konekanta mahdollistaa isojen ja pienten kappaleiden jouhevan valmistuksen. Tehtaalta löytyy jopa kaksikymmentä karusellisorvia, joiden avulla voidaan joustavasti ja monipuolisesti valmistaa myös eri vaatimusasteen omaavia tuotteita. Karusellisorvit ovat modifioitu nykyaikaisilla CNC-ohjauksilla. CNC-ohjaukset ovat pääsääntöisin Heidenhain pohjaisia, sekä joukosta löytyy yksi Fanuc 18T ja muutama Sinumerikin CNC-ohjausta.

3 KONEISTUS

Tässä kappaleessa käsitellään nykyaikaisten konepajojen keskeisiä käsitteitä. Konepajojen ydinkäsitteet ovat työstökoneet kuten sorvit, jyrsin-, pora- ja hitsauskoneet. Näiden laitteiden ympärille on rakennettu voimakkaasti kehittyvää automatiikkaa, jonka tarkoituksena on mahdollistaa konepajojen tehokkaan toiminnan ja ylläpitämään kilpailukykyä jatkuvasti kehittyvillä markkinoilla. Korkealuokan kilpailukykyyn konepajojen laitteilta ja tuotteilta vaaditaan korkeat laatuvaatimukset. Korkeisiin laatuvaatimuksiin konepajat vastaavat täyttämällä ISO 9001 laadunhallintastandardit. ISO 9001 laatujärjestelmän keskeisimmät tavoitteet ovat yrityksen toiminnan jatkuva kehitys, organisaation toimintaympäristön toimintavarmuus ja asiakastyytyvyyden lisääminen (SGS SA, 2020).

3.1 Lastuava työstö

Lastuavassa työstössä metallista tai vastaavasta kiinteästä materiaalista muotoilaan halutun muotoinen esine käyttäen jotakin materiaalia poistavaa menetelmää, kuten sorvausta tai jyrsintää. Sorvatessa työkappaleen pyörintä toimii päätyöstöliikkeenä, missä lastu irtoaa ja terän syöttöliike määrää lastun koon. Työkappaleen pyörimisen johdosta sorvattavat kappaleet ovat niin sanottuja pyöräh-dyskappaleita, eli ympyrämuotoisen poikkileikkauksen omaavia kappaleita, kuten akseleita, kartioita ja holkkeja. (Pesonen n.d.; Maaranen 2012, 129.) Kun taas jyrsinnässä kappale kiinnitetään pöytää, josta siitä työstetään lastuja monihampaisella, pyörivällä työkalulla. Jyrsiminen on käytetty menetelmä käyrien pintojen, urien ja hammasmuotojen koneistamiseen. (Maaranen 2012, 243.)

3.2 NC-tekniikka

Sana NC tulee englannin kielen sanoista Numerical Control, joka tarkoittaa numeerista ohjausta. Samassa yhteydessä usein käytetään sanaa CNC (Computerized Numerical Control), joka tarkoittaa tietokoneistettua numeerista ohjausta.

(Maaranen 2012, 365) Nykyisin kuitenkin CNC-koneilla tarkoitetaan n. 1974 jälkeen hankittuja tai modernisoituja NC-koneita, joissa on pientietokone ja muisti. Sanan CNC merkitys on käytännössä tänä päivänä menettänyt merkityksensä, sillä nykyaikaiset NC-koneet sisältävät pientietokoneen ja ohjelmamuistin. Täten, kun puhutaan NC-koneista, tarkoitetaan tietokoneistettua numeerisen ohjauksen omaavaa työstökeskusta. (Groover 2018, 159.) On kuitenkin huomioitavaa, että kansainvälisessä kirjallisuudessa puhutaan CNC-koneista, kun taas suomalaisessa kirjallisuudessa puhutaan usein NC-koneista.

CNC-työstökoneessa ohjauksen hoitaa tietokone ihmisen sijaan. Tässä työstömenetelmässä käytetään täysin samoja työstöarvoja ja työvälineitä kuin manuaalityöstökoneilla, mutta koneistajan tehtäväksi käytännössä jää vain ohjelmien laadinta, koneen- sekä laadunvalvonta. Työstökappaleen valmistamiseksi CNC-työstökoneen ohjelmoijan on laadittava ja syötettävä NC-ohjelma työstökoneeseen. NC-ohjelma sisältää kaikki työstöön tarvittavat komennot erinäisin kirjain- ja numerokoodein. Työstökoneen ohjausyksikkö hoitaa automaattisesti kaikki toiminnot laaditun ohjelman mukaisesti. (Maaranen 2012, 365–366; Pesonen n.d.)

3.2.1 NC-ohjelma

NC-ohjelma sisältää työkappaleen valmistukseen tarvittavat komennot. Nämä komennot sisältävät tiedot mm. työvälineistä, työstöarvoista, työstöjärjestyksestä ja terien liikeradoista, jotka mahdollistavat työkappaleen valmistamisen vaadittuun mittatarkkuuteen. (Maaranen 2012, 366.) NC-ohjelman tiedot kuvaa työstökappaleen ja työkalupään relatiivista sijaintia (Groover 2008, 158). Ohjelmoijalla on oltava kokonaisvaltainen käsitys työstömenetelmistä, työkaluista, materiaaleista ja koneen ominaisuuksista. Sitä kautta ohjelmasta saadaan työkaluille ja koneelle taloudelliset työstöradat ja -menetelmät.

Ohjelman rakenne koostuu sanoista ja osoitteista, joista koostuu ns. lauseita. Lauseet sisältävät yhtä työvaihetta koskevia tietoja, joita kone toteuttaa ohjelmariivi kerrallaan. Sanalla tarkoitetaan toiminnallisista käskyä, joka sisältää kirjainosan ja numero-osan. Osoitteella tarkoitetaan sanassa olevaa kirjainta. Sen perässä on numerosarja, jolla ilmaistaan mihin tarkoitukseen numeroa käytetään.

Näiden kombinaatioilla saadaan aikaiseksi liikekäskyjä sekä kytkentätietoja. Liikekäskyillä kuvataan terän liikeratoja ja kytkentätiedoilla ohjataan aputoimintoja. (Keinänen & Kärkkäinen 2014, 189; Maaranen 2012, 389.)

Useimmat käskyt ovat itsepidättyviä, joten niitä ei tarvitse jokaisella ohjelmarivillä toistaa. Ne ovat voimassa siihen asti, kunnes toinen käsky kumoaa ne. Jos esimerkiksi lauseessa on useita suoraviivaisia liikkeitä peräkkäin, on liikekäsky G01 kirjoitettava vain ensimmäisen lauseen alkuun. Pikaliike komennolla G00 voidaan kumota suoraviivainen syöttöliike G01. Kyseisiä käskyjä voidaan kirjoittaa uudelleen, mutta silloin täytetään koneen muistia turhaan. (Maaranen 2012, 389.) Taulukossa 1 on esitetty selityksineen tavallisimmat osoitteet, jotka esiintyvät NC-ohjelmissa.

TAULUKKO 1. Tavallisimmat osoitteet (Keinänen & Kärkkäinen 2014, 191)

Osoite	Selite
O1256	Ohjelman numero
N10	Lauseen numero
G	Liikekäsky
X, Y, Z	Pääliikeakselit
I, J, K	Kaarensäteen ja keskipisteen osoitteet ympyränkaari-interpolaatiolla
R	Kaaren sade
S	Karan pyörimisnopeus
F	Syöttö
T	Työkaluvalinta
H, D	Työkalukorjaimien osoitteet
M	Aputoiminto

Kuviossa 1 on esitetty NC-ohjelman esimerkki, jossa työstetään työstettävän kappaleen otsapinta. Kuvioista puuttuu ohjelman numero, joka ilmaistaan yleensä esim. O1001. Ohjelma numeron jälkeen alkuosassa esiintyy työstöön tarvittavat perustiedot, kuten työkalu, syöttö- ja pyörimisnopeus, sekä karan käynnistys. Jäähdytysnesteen kytkentätieto M8 kuuluu perustietoihin, mutta sitä on suotta kytkeä liian kaukana kappaleesta. Liikekäskyt esiintyvät lauseissa N30-N60. Lau-

senumerointi ei ole pakollista, mutta sillä voidaan helpottaa käyttäjää seuraamaan koodia. Otsapinnan työstön jälkeen lauseessa N70 siirrytään määrättyyn pisteeseen vaihtamaan työkalu, jonka jälkeen voidaan jatkaa esim. olakkeen rouhintaan. Mikäli työstettävää ei olisi enempää, voitaisiin lopettaa ohjelma M30 aputoiminnolla.

N10	G50	S3200								Tarvittavat perustiedot.
N20	G00	T101	FO.3	S150	M03					
N30		X62.	Z0.	M08						M8 kuuluu perustietoihin
N40	G01	X-2.								Liikekäsky, lauseet N30–N60
N50			Z1.							
N60	G00	X62.								
N70		X120.	Z50.	T100	M9					Paluu työkalun vaihtoasemaan

KUVIO 1 .Ohjelma esimerkki (Keinänen & Kärkkäinen 2014, 190)

3.2.2 Ohjelman suunnittelu

NC-ohjelman laadinnan lähtökohtana on työpiirustus koneistettavasta esineestä. Se sisältää tarvittavat materiaalitiedot, ahiomitat, koneistettavat pinnat, pintamerkit, mitoitukset sekä toleranssit. Tämän jälkeen laaditaan työstösuunnitelma, joka sisältää työvarat, työkappaleen kiinnityksen, nollapisteen paikan, työstöjärjestyksen, työkalut, työkalukorjaukset sekä työstöarvot. Ohjelman kirjoittaminen voidaan aloittaa, kun edellä mainitut asiat ovat tiedossa. Ohjelma voidaan laatia ohjelmointilomakkeelle, työstökoneelle suoraan tai tietokoneella. Tämän jälkeen ohjelma voidaan simuloida kuvaruudulla tai työstökoneella. (Maaranen 2012, 398.) Nykyisin voidaan käyttää yksinkertaisille työkappaleille työstökoneen omaa keskustelevaa ohjausta ja monipuolisemmille työkappaleille CAM-ohjelmointia.

Manuaalinen ohjelmointi

Manuaalisessa ohjelmoinnissa ohjelma laaditaan suoraan työstökoneelle käyttäen sen ohjaustaulua. Näissä tapauksissa on yleistä, että ohjelma on laadittu ensin esim. ohjelmointilomakkeella. (Maaranen 2012, 398.)

Keskustelevalla ohjauksella ohjelmointi

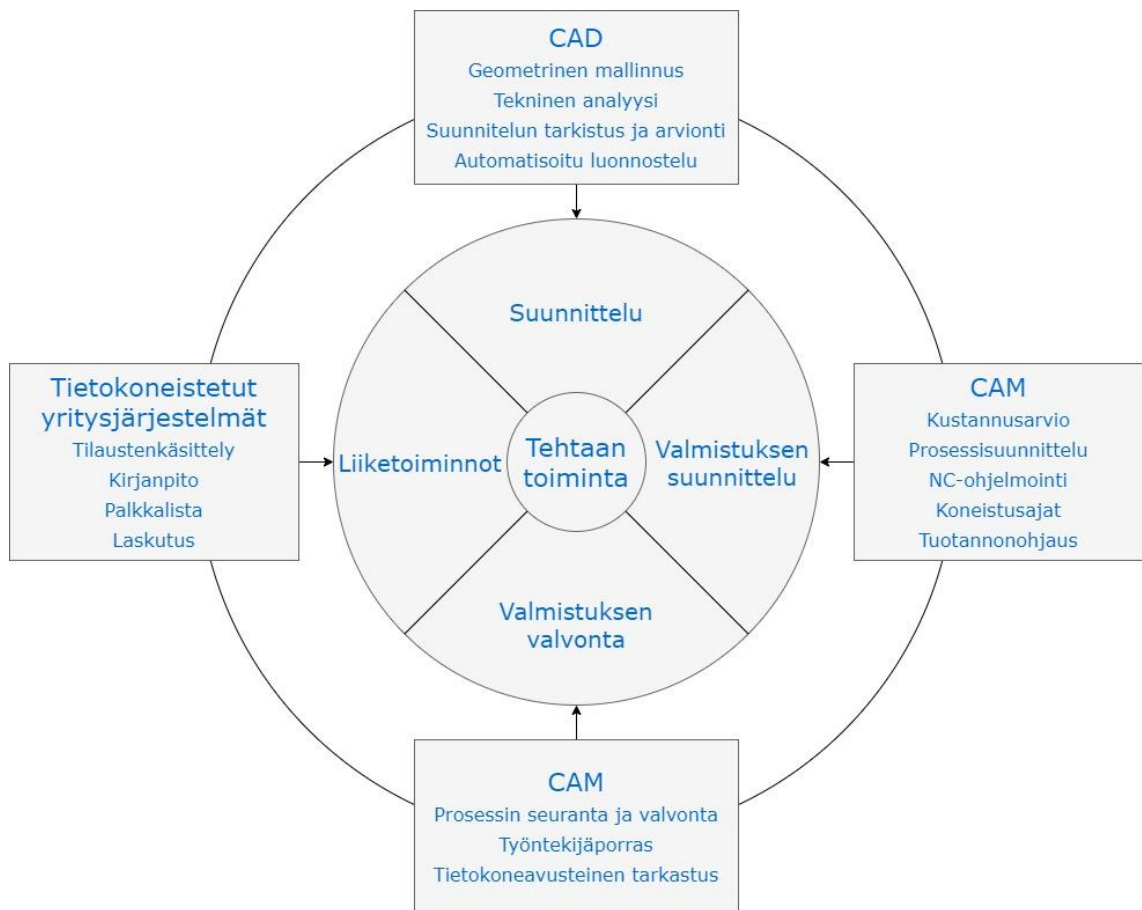
Nykyisin ohjelmointi on myös mahdollista keskustelevan ohjauksen kanssa. Ensin määritellään raaka-aineaihion mitat ja materiaali, työkalut, työstöarvot sekä työkappaleen geometriat. Seuraavaksi määritetään työstövaiheet kaikille työkaluille. Kaikkien tarvittavien parametrien jälkeen ohjelmointiohjelma kääntää annetut tiedot normaaliksi NC-koodiksi. Tämän jälkeen NC-ohjelma voidaan simuloida kuvaruudulla ennen työstökoneelle syöttämistä. (Maaranen 2012, 400.) Kyselevässä ohjelmoinnissa ei olla suoraan tekemissä NC-koodin kanssa vaan arvot syötetään niille osoitettuihin kenttiin. Toisin sanoen, käyttäjä vastaa ohjaimen esittämiin kysymyksiin, joka hoitaa laskutoimitukset ja rutiinitoimet (Keinänen & Kärkkäinen 2014, 189).

Tietokoneavusteinen ohjelmointi

Tietokoneavusteisessa ohjelmoinnissa tietokone hoitaa laskutoimitukset ja kääntää ohjelman työstökoneen ymmärtämälle kielelle. Ohjelmointi tietokoneella tapahtuu CAM-ohjelman avulla. CAM-ohjelmaan syötetään geometria, jonka avulla työstöradat voidaan muodostaa. NC-ohjelman simulointi voidaan toteuttaa kuvaruudulla CAM-ohjelmassa ennen koneelle syöttämistä. (Maaranen 2012, 398; Keinänen & Kärkkäinen 2014, 189.)

3.3 Tietokoneavusteiset järjestelmät

Tietokoneyhdennetty tuotanto (CIM) kattaa kaikki CAD ja CAM, sekä muut valmistukseen liittyvät tietokoneistetut yritysjärjestelmät. Ideaalisessa CIM-järjestelmässä tietokone ja kommunikointi teknologiaa sovelletaan tilausten vastaanotosta suunnitteluun ja sieltä tuotannon kautta tilauksen lähetykseen. Näin ollen CIM kattaa myöskin tietokoneistetut yritysjärjestelmät. (Groover 2008, 726.) Kokonaisvaltaiseen CIM teknologiaan yhdistetään myös FMS-järjestelmät, joka tarkoittaa CNC-koneen ympärille suunniteltua ja rakennettua automaattista tuotantojärjestelmää (Maaranen 2012, 453, 455). Kuviossa 2 esitetään tietokoneyhdennetyt tuotannon laajuus kokonaisuudessaan. Seuraavissa kappaleissa käsitellään kuvion CAD ja CAM elementit.



KUVIO 2. Tietokoneintegroidun tuotannon elementit (Groover 2008, 727, muokattu)

3.3.1 CAD

Tietokoneavusteinen suunnittelu (CAD) määritellään siten, että kappaleen suunnitteluprosessi sisältää tietokoneen avustuksen suunnittelumallin luonnissa, muokkaamisessa, analysoinnissa tai dokumentoinnissa. Yleisesti CAD-järjestelmällä tarkoitetaan sovellusta, jolla voidaan luoda geometrisia malleja. Järjestelmä mahdollistaa geometrian visuaalisen tarkastelun ja sitä kautta mahdollistaa erinäisten operaatioiden suorittamisen mallille. Operaatiot sisältävät mm. uuden geometrian luonnin, kuvien tai geometrian siirtelyn sekä suurentamisen. Näiden avulla suunnittelija voi luoda uuden mallin tuotteesta tai sen komponenteista, sekä olemassa olevan mallin muokkaamisen. (Groover 2008, 716-717.)

CAD-ohjelmistolla voidaan luoda useasti käytettyjen komponenttien kirjastoja ja malleja voidaan hallita parametrien avulla. Näin uusien samankaltaisten mallien luominen helpottuu ja nopeutuu. Tämän ansiosta yritys kykenee vähentämään

tuotesuunnitteluun ja kehittämistehtäviin kuluvaan aikaan. (Peng & Ridgway 1993, 32.)

3.3.2 CAM

Tietokoneavusteinen valmistusjärjestelmä (CAM) mahdollistaa tietokoneen tehokkaan hyödyntämisen valmistussuunnittelussa ja -valvonnassa. CAM-järjestelmien toiminnot yhdistetään yleisesti prosessisuunnitteluun ja numeeristen ohjelmien laadintaan. (Groover 2008, 724.) CAM-ohjelmista puhuttaessa pitää tietää asiayhteys, sillä niillä saatetaan tarkoittaa muuta kuin NC-ohjelmointia.

Valmistussuunnittelussa tietokonetta käytetään epäsuorasti tukemaan tuotantoprosessia. Tietokoneella ja prosesseilla ei ole suoranaista yhteyttä, vaan tietokonetta käytetään erillisenä apuvälineenä tuottamaan tietoja tuotannosuunnitteluun ja -johtoon. Tietoja voi olla mm. prosessisuunnittelu, NC-ohjelmointi, tietojärjestelmät, koneistusajat, hinta-arviot, tuotannon ja varastoinnin suunnittelu, sekä tuotannon tasapainottaminen. (Groover 2008, 724–725.)

Tietokoneavusteisilla valmistusjärjestelmillä voidaan myös toteuttaa valmistuksen valvontaa. Valvonta keskittyy fyysisten toimintojen hallintaan ja valvontaan. Näihin hallinnan ja valvonnan alueisiin sisältyvät mm. prosessien valvonta ja seuranta, laadunvalvonta, sekä työntekijäportaant ja varastonhallinta. (Groover 2008, 725.)

Numeeristen ohjelmien luonnissa CAM-järjestelmää käytetään CNC-koneen ymmärtävän NC-koodin muodostamisessa. Yleisesti apuna käytetään CAD-ohjelmasta tuotua geometriatietoja. Tällöin CAM-järjestelmän on pystyttävä lukemaan IGES tai DXF tiedostomuotoja. Sen on myös pystyttävä simuloimaan ohjelmoidut koneistusvaiheet ennen tuotantoon laittoa. Näin voidaan todeta ohjelman olevan yhtenäinen. Lisäksi visuaalisen tarkistuksen avulla työkalupään liikkeet voidaan tutkia mahdollisista törmäyksistä. (Peng & Ridgway 1993, 32.) Nykyisin CAM-järjestelmät tukevat kattavammin muidenkin tiedostomuotojen tuontia.

CAM-järjestelmän luomat työstöoperaatiot (radat, työkalut, työstönopeudet) saadaan käännettyä työstökoneen ymmärtävälle kielelle käyttäen postprosessoria. Postprosessoreita joudutaan useasti räätälöimään ottaen huomioon CNC-koneen ohjaus, ominaisuudet ja rajoitukset. Pahimmassa tapauksessa huonosti tehty postprosessori pidentää työstöaikoja ja saattaa aiheuttaa vahinkoja. (Rensi Finland Oy n.d.) Geneerisiä postprosessoreita löytää netistä monille eri ohjauksille, mutta on huomioitavaa, että koneissa on monesti eroja, eikä niitä kannata käyttää ilman erityistä varovaisuutta.

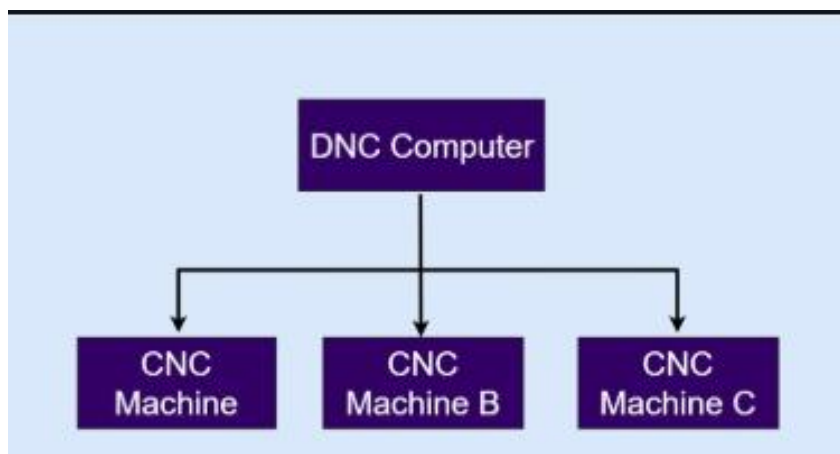
3.3.3 CAD/CAM

CAD/CAM-järjestelmä ilmaisee integroitua tietokoneavusteista suunnittelu ja valmistus toimintaympäristöä. Kyseisellä järjestelmällä saadaan suora yhteys valmistettavan tuotteen rakenteeseen, sekä sen valmistussuunnitteluun. Täten CAD/CAM on yksi rinnakkaissuunnittelun mahdollistava työkalu. CAD/CAM-järjestelmän ainoa tavoite ei ole automatisoida tiettyjä vaiheita tuote- ja valmistussuunnittelusta, vaan automatisoida myös siirtymä tuotesuunnittelusta valmistussuunnitteluun. Ideaali järjestelmässä CAD-mallin tarkat vaatimukset saadaan suoraan mallin tietokannasta ja niistä saadaan muodostettua valmistussuunnitelma. Valmistussuunnitelman sisältämä NC-ohjelma saadaan siirrettyä suoraan työstökoneelle tiedonsiirtoa käyttäen. Näin mahdollistetaan yhden järjestelmän sisällä tuotesuunnittelu, NC-ohjelmointi ja fyysinen tuotanto. (Groover 2008, 726.)

3.3.4 DNC ja tiedonsiirto

CAM-ohjelmalla luotuja NC-ohjelmia voidaan siirtää CNC-koneelle V24, RS232 tai RS485 sarjaliitäntöjen avulla, sekä suoralla tai langattomalla verkkoyhteydellä. Tapauksissa, missä CNC-koneen ohjaimen muisti ei ole tarpeeksi iso, ohjelmaa voidaan ajaa lauseittain tai pienemmissä erissä erilliseltä tietokoneelta. Tätä toimintoa kutsutaan suoraksi numeeriseksi ohjaukseksi tai hajautetuksi ohjelmien jakeluksi (DNC). Yhdellä tietokoneella voi tämän järjestelmän avulla kontrolloida useita CNC-koneita samanaikaisesti (kuvio 3). Lisäksi, monet modernit CNC-koneet käyttävät langatonta DNC yhteyttä langallisen sijaan. Pienemmissä yrityksissä

voidaan käyttää kannettavia tietokoneita CNC-koneiden lähetyvillä kalliimpien verkollisten DNC palveluiden sijaan. (Cutting Vision 2017.)



KUVIO 3. Suora numeerinen ohjaus (ERP Information 2015)

DNC järjestelmät mahdollistavat konedatan keräämisen jokaisesta valmistusvaiheesta. Nykyiset DNC järjestelmät on mahdollista integroida CAD/CAM, toiminnanohjaus-, sekä muihin toiminnan suunnittelu järjestelmiin. Nämä DNC järjestelmät saavat CNC-koneista tietoja, kuten koneen ja työkalun tilaa, työkalun offset, taikka tiedonsiirron tilasta. Tieto on mahdollista saada käyttäen tietynlaista erikoisprotokollaa, jota DNC järjestelmän on ymmärrettävä. Käytössä voi olla myös alan standardin, sekä avoimen lähdekoodin omaavia protokollia, joiden tehtävän on helpottaa sovelluskehitystä, sekä parantaa työnkulun automatisointia että liiketaloutta. (Cutting Vision 2017.) Kyseistä työkalua käytetään mm. Teollisuus 4.0, jossa saadaan hyödynnettyä CNC-koneen reaaliaikaista dataa.

4 UUDEN TEKNOLOGIAN INTEGROIMINEN

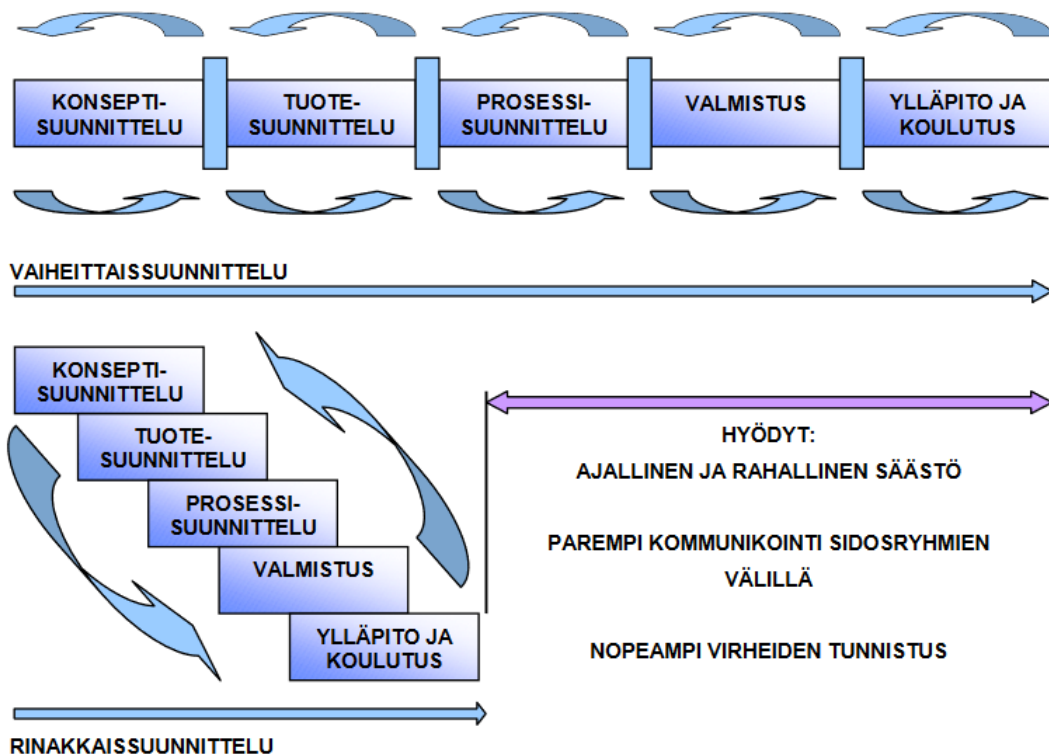
Kappaleessa esitetään hyödyt, mitä yritykset voivat saavuttaa tehokkaalla CAD/CAM-ohjelmiston käytöllä. Läpi käydään myös, mitä pk-yrityksen tulee ottaa huomioon järjestelmän integroinnissa omaan toimintaan. Kappaleessa käsitellään myös, mitä strategisia toimenpiteitä pk-yrityksen on toteutettava, jotta järjestelmän implementointi saadaan vietyä tehokkaasti alusta loppuun.

4.1 Miksi CAD/CAM

Tänä päivänä kustannusten laskemisen avuksi on otettu käyttöön integroituja tietokoneavusteisia suunnittelu ja valmistusjärjestelmiä. Nämä ovat mahdollistaneet yritysten kilpailukyvyn ja ovat lähes välttämättömiä kansainvälisillä markkinoilla. Monesti kuitenkin, CAD ja CNC ovat pienten yritysten ainoita ns. kehittyneitä valmistusjärjestelmiä. Integroidut CAD/CAM-järjestelmät lupaavat parempaa kilpailuvalltia vähentämällä läpimenoaikoja ja lisäämällä joustavuutta toimintaan. Nykyisin ymmärretään CAD/CAM ympäristön mahdollistavan saavutettavia tavoitteita niin laadun, tuottavuuden kuin nopeamman markkinoille saattamisen puolesta. Kuitenkin tämä ei toteudu monissa tuotannollisessa yrityksessä. Näissä yrityksissä järjestelmien monipuolisuutta ja toteutusta rajaa johdon halukkuus investoida tarvittaviin työkaluihin, koulutuksiin tai menettelyihin, joita vaaditaan tekemään siitä osa yrityksen valmistusstrategiaa. (Esan, Khan, Qi & Naylor 2013, 257–258.)

Toiminnanjohtamiskirjallisuudessa on korostettu yritysten tärkeydestä päästä maailmanluokan toiminnan tasolle, mutta kuitenkin pk-yritykset epäonnistuvat käyttämään maailmanluokan suorituskykyyn vaadittavia harjoitteita. Nykyiset pk-yrityksen kasvavat hyvin monimutkaisessa, jatkuvasti kehittyvässä ja globalisoituvassa ympäristössä, jossa korostuu tarve innovaation ja tietotaidon tehokkuudelle. Tämä johtaa siihen, että pk-yritysten on kehittävä toimintojaan maailmanluokan käytäntöjen tasolle. (Esan ym. 2013, 258.) Tällaisien käytäntöjen ja toimintojen ylläpitäminen ja toteuttaminen vaatii yrityksen sisäistä muutoksenhallintaa sekä vahvaa ajatun asian ymmärrystä koko organisaation tasolla.

Suunnittelu- ja toteutusvaiheessa yritykset tarvitsevat henkilöstön työskentelemään yhdessä, jakamaan heidän ammattitaitonsa ja ideat alusta lähtien. Toiminnallisen tiedon puuttuessa tiimien tehokkuus on rajallista. Tässä tapauksessa teknologian olemassaolo voi merkittävästi edesauttaa uusien tuotteiden valmistuksessa. Useasti kuitenkin, tällaiset järjestelmät toimivat erillään toisistaan, jolloin niiden tehokkuus on rajallista. Tämä johtaa rinnakkaissuunnittelun tarpeeseen. Rinnakkaissuunnitteluun helpottamiseksi on kehitetty työkaluja (mm. CAD/CAE/CAM), joista suunnitteluorganisaatio kykenee saamaan tarvittavia toiminnallisia tietoja. (Esan ym. 2013, 260–261.) Kuviossa 4 on esitetty rinnakkaissuunnittelun konsepti, josta voidaan tarkastella mahdollisia saavutettuja etuja verrattuna perinteiseen vaiheittaissuunnitteluun. Kun järjestelmät sekä sidosryhmät toimivat samanaikaisesti voidaan saavuttaa ajallista ja rahallista säästöä, parempaa kommunikaatiota sidosryhmien välillä sekä nopeampaa virheiden tunnistusta.



KUVIO 4. Rinnakkaissuunnittelun kuvitus (Lähdeniemi 2003, 33)

4.2 CAD/CAM-ohjelmistolla saavutetut hyödyt

CAD/CAM-järjestelmä on osoittanut suurta potentiaalia tuotannon tehokkuuden parantamiseksi. Manuaalinen CNC-ohjelmien laadinta on vaativa ja aikaa vievä tehtävä, joka on myös altis virheille. Näin ollen tietokoneavusteisten menetelmien käyttö on suotavaa. CAD-mallien tuominen CAM-ohjelmaan sallii NC-ohjelmien laadinnan minuuteissa, sisältäen simuloinnin. (Peng & Ridgway 1993, 35–36.) Nopeamman ohjelmoinnin edellytys on, että CAM-ohjelma pystyy lukemaan CAD-ohjelmalla luotuja malleja, tai sitten niitä voidaan luoda nopeasti CAM-ohjelman sisällä. Nykyään lähes kaikista CAM-ohjelmistoista löytyy nämä ominaisuudet. Myöskin aiemmin luotujen valmistusohjelmien uusiminen on helppoa, koska ne ovat tallennettu muistiin ja ohjelmiin on helppo tehdä pienempiä muutoksia (Maaranen 2012, 367).

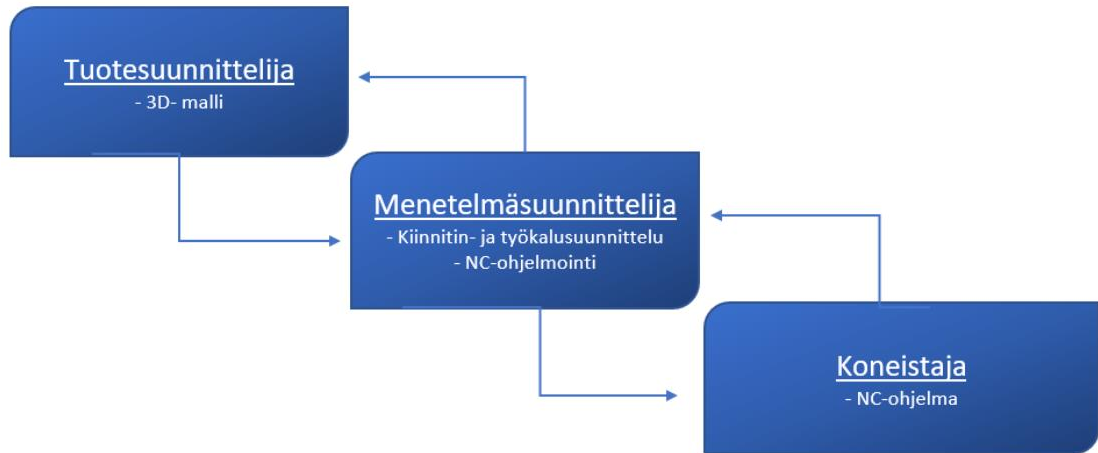
CAD/CAM-järjestelmällä voidaan myös suunnitella kiinnittimet tai työkalut työkalupaleen valmistamiseen, sekä niiden toimivuutta voidaan tarkistella simuloimalla. CAD-ohjelmalla laaditut mallit voidaan tuoda suoraan CAM-ohjelmaan, jossa ne voidaan määrittää kiinnittimiksi tai työkaluiksi. Työstöratoja laadittaessa ohjelma kykenee huomioimaan kiinnittimet ja ilmoittamaan mikäli kyseinen työkalu ei sovellu sille osoitettuun paikkaan.

CAM-ohjelmiston avulla ohjelmoijat kykenevät soveltamaan omia toimintatapojaan ja älykkyyttään työstöratoja tehdessään, toisin kuin keskustelupohjaisilla ohjelmointitavoilla. Käyttäjät voivat määrittää omia sääntöjään työstöradan hallitsemiselle, kuten työkalun syötön muuttaminen halutuissa pisteissä tai tietty sivuttaissiirto jyrksinnässä. CAM-ohjelmisto myös automatisoi pienet muutokset yksittäisissä operaatioissa, kuten työkalun koon muuttaminen automaattisesti korjaa rouhintatyökierron sivuttaissiirron. Säännöt ovat myös erittäin tehokkaita, kun halutaan poistaa materiaalia sieltä, mistä aiemmat operaatiot eivät sitä poistaneet. Automatisointi paranee, kun koneistajien loogisuus ja älykkyys saadaan taltioitua operaatioihin. Muita etuja CAM-ohjelmistoilla on niiden kehittyneet rouhinta ja viimeistely operaatiot, jotka mahdollistavat optimaaliset työkalukuormitukset, tehokkaan materiaalin poiston sekä laadukkaan viimeistely pinnanlaadun. Näiden operaatioiden avulla myös vähennetään työstökoneen kulumista, joka parantaa työstökoneen elinikää ja vähentää huoltotarvetta. Teknologia myös parantaa työkalun

käyttöastetta ja vähentää työstökoneen kulumista, pitämällä terän materiaalissa, vähentämällä pikaliikkeitten määrää, sekä mahdollistavan jatkuvan lastuavan työstön. (Esan ym. 2013, 268.)

Suomen pk-yritykset synnytti vuoden 2018 Suomen yritysten 434 miljardin euron liikevaihdosta jopa 58,1 prosenttia ja BKT:n osuus oli 40 prosenttia. Lisäksi pk-yritykset työllistivät 64,6 % kaikista eri kokoluokkien henkilöstön määrästä. (Yrittäjät 2020.) Täten voidaan todeta, että pk-yritykset ovat isoja työllistäjiä ja välttämättömiä Suomen taloudelle. Sen takia kaikki avut näiden yritysten toiminnan tehostamiseen on Suomen talouden eduksi. CAM-järjestelmät antavat yrityksille nopeutta vastata markkinoiden tarpeisiin ja vapauttavat käyttäjät keskittymään ydinosaamiinsa. Tämä on mahdollista monialaisen yrityksen suunnittelijoiden yhteistyöllä. Se sisältää mekaanisen ja järjestelmäsuunnittelun, työkalut, koneistus analyysit, simuloinnin ja työstöradan varmentamisen, törmäyksien sekä prosessin tarkastelun. Tällainen yhteistyö mahdollistaa nopeamman markkinoille saattamiseen, johon kyetään uudelleen käyttämällä todistetusti toimivien ja talti-oitujen valmistusprosessien käytön. (Esan ym. 2013, 268.) Lisäksi, CAM-järjestelmällä lasketut koneistusajat mahdollistavat tarkempien tarjousten, aikataulujen sekä toimitusaikojen laadinnan.

Tärkeimpinä kehityksen kohteina konepaja yrityksissä ovat yleisesti ottaen koneiden käyttöasteiden nostaminen. Käyttöasteen parantamiseksi on monia eri tekijöitä. CAD/CAM-järjestelmä on niistä yksi, sillä mahdollistetaan ohjelmointi tehtäväksi samalla kun työstökeskus valmistaa kappaleita, jolloin työstökeskuksen käyttöaste on parhaimmillaan. Tätä voidaan kutsua etäohjelmoinniksi ja sillä voidaan lyhentää mm. esiselvitysvaihetta, kiinnitinsuunnittelua, ohjelmoinnin suunnittelu-, ohjelmointi- ja laitteen seisokkiaikoja, sekä vähentää huomattavasti suunnitteluvirheitä (Lähdeniemi 2003, 47). Haasteena kuitenkin on, että koneistaja ei välttämättä kykene koneistuksen aikana laatimaan NC-ohjelmia, jolloin vaaditaan erillinen NC-ohjelmoija. Tällaisessa tapauksessa NC-ohjelmoijalla, eli menetelmäsuunnittelijalla on oltava kattava tietämys valmistusmenetelmistä. Kuviossa 5 on esitetty assosiatiiivinen suunnitteluketju, jossa parhaimmassa tapauksessa tieto kulkeutuu tuotesuunnittelijalta tuotantoon ja päinvastoin. Menetelmäsuunnittelija on silloin tässä yhtälössä keskimäinen tekijä ja pystyy antamaan kantaa moneen eri valmistusprosessin vaiheeseen.



KUVIO 5. Assosiatiivinen suunnitteluketju (Kiljain 2020, 10)

CAM-ohjelmalla mahdollistetaan tehokkaan menetelmien kehittämisen. Ilmassa tehtyjen työstöjen eliminointi mahdollistetaan ja dynaamisten työstöoperaatioiden avulla läpimenoaika puolittuu. Ohjelmistolla voidaan myös vertailla nopeasti eri menetelmiä ja valita niistä paras tai nopein. Simuloinnin avulla eri menetelmien vertailussa voidaan myös todeta tiettyjen toimintatapojen tuottamat laatuvirheet. Simuloinnilla voidaan myös eliminoida törmäykset, jolloin edes yksi vältetty törmäys maksaa ohjelmiston takaisin. (Niittynen 2020.)

Uudella teknologialla saadaan myös parannettua yrityksen imagoa, jonka avulla voidaan saada uusia töitä sekä uusia ammattilaisia yrityksen piiriin. CNC-ohjauksella NC-ohjelmointi on yleisesti epäergonomista, jolloin NC-ohjelmointi voidaan siirtää rauhallisempaan ja ergonomisempaan paikkaan. Uudella teknologialla voidaan motivoida nykyisiä operaattoreita, esim. ohjelmoimalla vaaralliset ja ikävät käsin tehtävät työt. Modernit teknologiajärjestelmät myös tehostavat nuorempien tekijöiden rekrytointia, sillä ne tekevät työstä mielenkiintoisempaa. (Niittynen 2020.)

4.3 Haasteet uusien järjestelmien implementoinnissa

Pk-yrityksissä työntekijöiden osallistuminen aktiivisiin jatkuvan kehittämisen toimiin perustuu yrityksen suorituskykyyn. Seurauksena henkilöstö omaksuu ja muuttuu uusiin lean-valmistusstrategioihin vain osittain. Siksi työntekijöiden osallistuminen on luonnollinen prosessi, jota pitää kehittää ja ylläpitää alusta lähtien. Usein pk-yrityksissä tämä on puutteellista, joten uusien lean-aloitteiden vastaanotto on usein haastavaa. Usein maailmanluokan harjoitteet epäonnistuvat ennen aikaisesti tapauksissa, joissa työntekijöiden osallistuminen on avain ajureita uusien teknologien ja käytäntöjen toteutuksessa. Kestävyyspotentiaalia yrityksille tarjoaisi ottamalla rationaalisen, lineaarisen ja systemaattisen muutoksenhallinnan näkemyksen uuden tekniikan ja lean-ajattelun toteuttamisessa. (Esan ym. 2013, 259–260.)

Thomas, Barton & John (2008) suorittivat Iso-Britanniassa kolme vuotta kestäneen laajamittaisen tutkimuksen, johon osallistui 300 eri teollisuudenalan pk-yritystä. Tutkimuksessa analysoitiin, millaisia etuja yritykset olivat saaneet käyttöönoton myötä edistyneistä valmistustekniikoista, kuten tietokoneavusteiset suunnittelu ja valmistusjärjestelmät. Tutkimuksesta ilmeni, että 65 % osallistujista ymmärsivät järjestelmien hyödyt, mutta eivät olleet implementoineet niitä. Näiltä yrityksiltä puuttui osaamis pohja, taloudelliset resurssit ja tietotaidot kyseisten järjestelmien käyttöönotosta. Vastauksista ilmeni, että monilta pk-yrityksiltä puuttui tekninen ymmärrys siitä, miten tehokkaasti toteutetut edistyneet valmistustekniikat voisivat edistää yrityksen toimintaa. Useat yritykset näkivät uuden teknologian käyttöönoton (valitsemisen, oston ja toteutuksen) kammottavalta ja riskialttiilta. Selvän vision puutos valmistusjärjestelmien suorituskyvystä myös aiheutti hankaluuksia viedä organisaation kulttuuria näiden järjestelmien käyttöön.

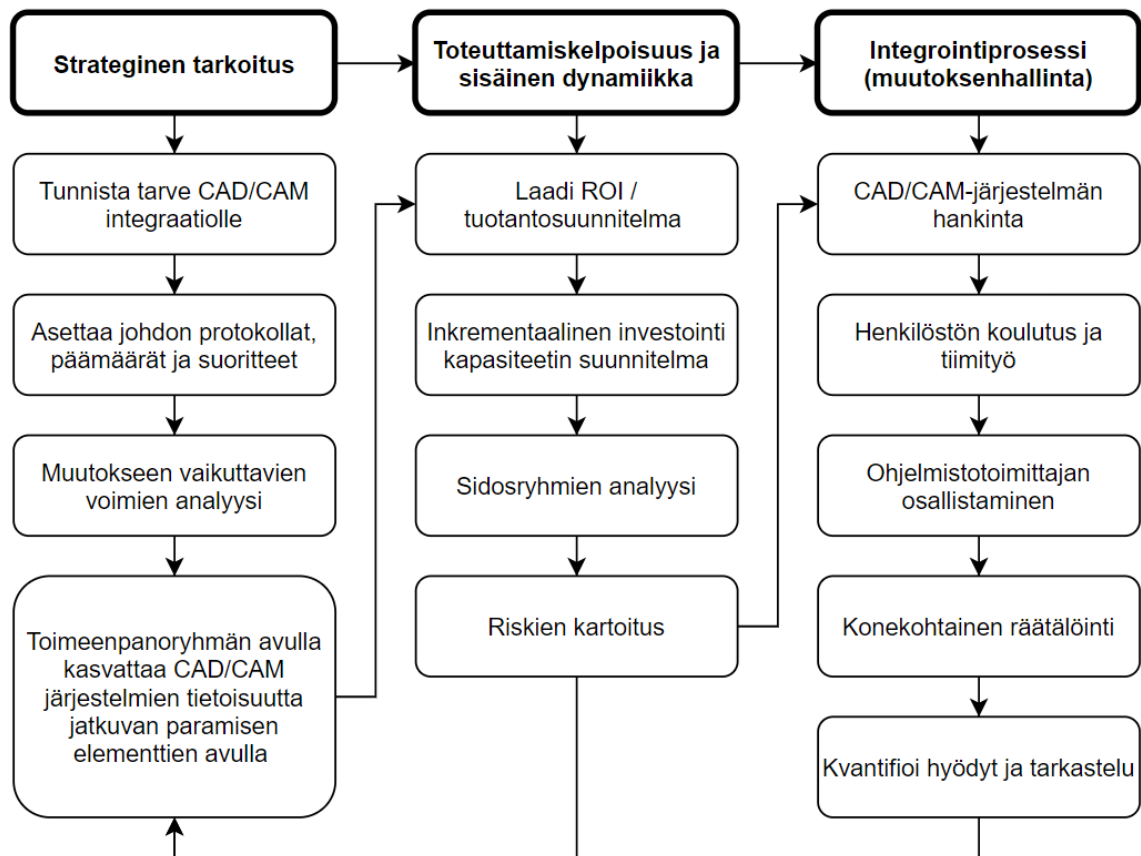
Uusien järjestelmien integroinnissa on muutakin kuin teknisiä ja kommunikaatio haasteita. Tekniset haasteet ovat ilmeisempiä, jonka syystä niihin panostetaan enemmän kuin organisaatiolliseen toimintatapa muutokseen. (Esan ym. 2013, 260.) Muutosta voidaan helpottaa koulutusten avulla, joissa lisätään tietoisuutta järjestelmistä ja siten laskea kynnystä uuden teknologian integroimiseen sekä

sen mukana tulleeeseen toimintatapa muutokseen (Tantoush, Tarek, Clegg & Stewart 2008, 21–22).

Teknisiä haasteita yrityksissä luo vanhat laitteet, joihin uutta teknologiaa ei voi suoraan hyödyntää. Silloin tarvitaan lisäinvestointeja laitteisiin, joilla tämä tehdään mahdolliseksi. Esimerkiksi vanhojen työstökoneiden muistit eivät välttämättä riitä monimutkaisempien NC-ohjelmien taltioimiseen. Koneiden muistikapasiteettiä voitaisiin toki kasvattaa, mutta vanhojen järjestelmien tukemia komponentteja on vaikea löytää tai niiden hinta on korkea. Muita teknisiä haasteita voi syntyä, mikäli tietokoneet eivät täytä ohjelmistojen vaativia teknisiä vaatimuksia, joka taas johtaa uusiin investointeihin. On tärkeää huomioida näistä kertyvät kustannukset kustannuslaskennassa, mikäli halutaan saada uuden järjestelmän tarkka kustannusarvio.

4.4 Konseptuaalinen kehys

Esan ym. (2013) esittivät konseptuaalisen kehyksen CAD/CAM-järjestelmän integraatiolle pk-yrityksissä. Kehys rakentuu kolmesta isosta pääotsikosta, strateginen tarkoitus, toteuttamiskelpoisuus ja sisäinen dynamiikka, sekä integrointi-prosessi. Kehys antaa pk-yrityksille yksityiskohtaiset periaatteet CAD/CAM-järjestelmien integraatioon osaksi niiden valmistusstrategiaan, jolla mahdollistetaan maailmanluokan suorituskyky. Kaikille pääotsikoille yhteistä on luoda toimeenpanoryhmä, jonka tehtävänä on kasvattaa tietoisuutta CAD/CAM järjestelmistä jatkuvan parantamisen elementtien avulla. Kuviossa 6 on esitetty edellä mainittu kehys suomennettuna. Konseptuaalista kehystä voidaan myös soveltaa muihin pk-yritysten hankinta tarpeisiin. Seuraavissa alaotsikoissa käsitellään kuviossa esiintyvät vaiheet perusteellisemmin.



KUVIO 6. Konseptuaalinen kehys (Esan ym. 2013, 270, muokattu)

4.4.1 Strategia

Uusien projektien aloitusvaiheessa on tärkeää luoda tarkka strategia, jonka kaikki jäsenet tiedostavat. Se auttaa kaikkia toimimaan vaadittujen toimien mukaan ja pitämään yhteisen tavoitteen mielessä loppuun asti. Sonntagin (2003) mukaan monilta yrityksiltä puuttuu mekanismi, joilla saadaan strategia ja toteutus kohdistettua haluttuun suuntaan. Hänen mukaansa operatiiviset päätökset tehdään usein ”vanhojen tapojen” mukaisesti, jotka perustuvat aiempiin kokemuksiin. Tällaiset menetelmät ei välttämättä ole sovellu uuteen teknologiaan. Lisää haasteita pk-yrityksille tuo niiden pienemmät henkilö- ja talousresurssit. Tästä yleensä seuraa henkilöstön alhaisempi koulutus, valmennus ja osallistuminen uusien järjestelmien kuten tekniikan ja lean-prosessien toteutukseen (Esan ym. 2013, 259).

Strategian luomisessa voidaan kartoittaa, mitä ovat kyseisen teknologian tavoitteet yrityksessä ja sen toiminnassa. Strategian luomisessa tavoitteiden asettaminen ja niiden jakaminen organisaation kehitysryhmän jäsenien tai yksilöiden

kesken auttaa parannusten edistymiseen. Näin henkilöt voivat keskittyä parannuksiin tehokkaammin, joka edistää uuden ohjelmiston integraatiota. (Esan ym. 2013, 262, 270.) Tavoitteet selventävät ajettua asiaa ja mahdollistavat edesauttavien tehtävien jakamisen pienempiin osiin. Tehtävien jakaminen pienempiin osiin nopeuttaa tehtävien toteuttamista ja vähentää niiden aloittamisen kynnystä.

Kuviosta 6 voidaan tarkastella, että ensimmäinen askel on tunnistaa tarve tai tahtotila uuden järjestelmän integraatiolle. Näitä voi olla esimerkiksi resurssi- tai virtaustehokkuuden kasvattaminen. Seuraava askel on asettaa johdolliset protokollat, päämäärät ja tarvittavat suoritteet niiden toteuttamiselle. Näiden avulla luodaan selkeä kaava, jonka avulla saadaan prosessista tehtyä virtaviivaisempi ja yksinkertaisempi. Tämän jälkeen voidaan analysoida muutokseen vaikuttavia voimia. Yleisesti muutokseen vaikuttaa niin sisäiset, kuin ulkoiset ajavat- ja vastustavat voimat. Kyseinen analysointi auttaa henkilöstöä havaitsemaan mahdolliset voimat, siten auttaa toimimaan tilanteen mukaan. Lopuksi, toimeenpanoryhmän tehtävänä on luoda tietoisuutta järjestelmästä jatkuvan parantamisen elementtien avulla. Näitä jatkuvan parantamisen elementtejä ovat yhteinen visio, sitoutuminen, innovointi, proaktiivisuus, systemaattisuus ja standardointi (Laakkonen 2017, 57).

4.4.2 Toteuttamiskelpoisuus

Syvemmän CAD/CAM integraatiostrategian tarpeen ymmärtämiseksi yrityksessä voidaan soveltaa jatkuvan parantamisen työkaluja, kuten riskien kartoittamista, sidosryhmien odotuksien tutkimista, sijoitussuunnitelmia ja laatia pääoman tuottoaste mittarin. (Esan ym. 2013, 263) Kuviossa 6 esitetyn toisen pääotsikon ensimmäisenä askeleena on laatia pääoman tuottoasteen mittari tai tuotantosuunnitelma, joka sisältää hinta-arviot tuotantovaiheista. Näillä saadaan kattavampi ymmärrys prosessin kustannuksista ja ne auttavat integraatiostrategian laadinnassa. Näiden avulla voidaan tutkia, onko taloudellisesti kannattavaa tai mahdollista investoida kyseiseen järjestelmään.

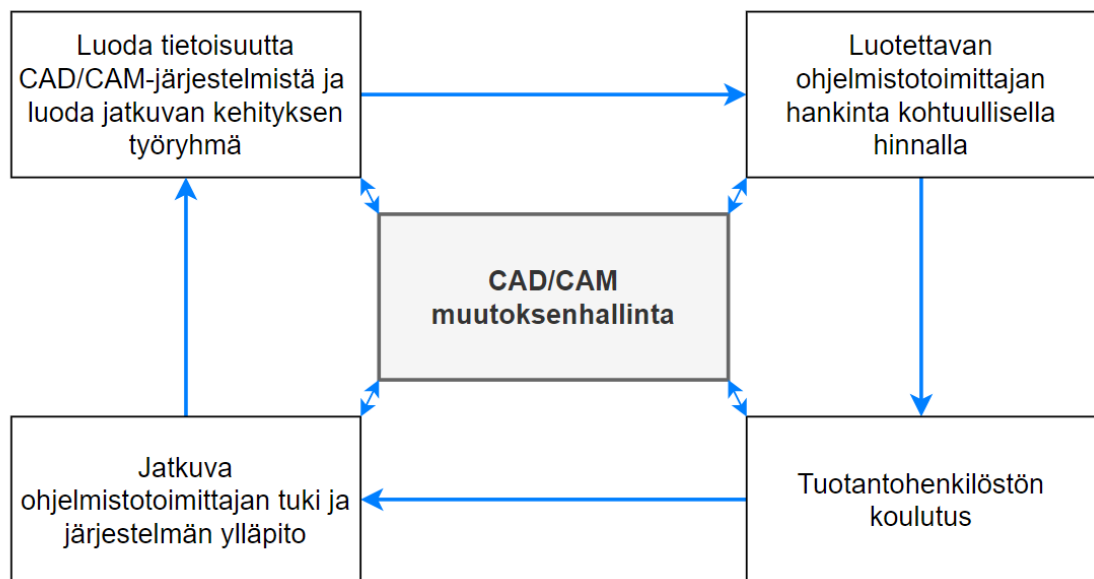
Inkrementaalisisella investointi kapasiteetin suunnitelmalla tarkoitetaan sitä, että CAD/CAM-järjestelmän, sekä muihin lean-elementteihin investoidaan pienemmissä erissä. Tarkoittaen esimerkiksi CAD/CAM-järjestelmän käyttöä ensin vain yhdellä työstökoneella ilman lisäoptioita. Tarpeen tullessa voidaan investoida uusiin lisäoptioihin, tai tuoda järjestelmä muihin työstökoneisiin. Inkrementaalisisella investointistrategialla voidaan saavuttaa tuotannon voimakas kehitys (Esan ym. 2013, 264). Esan ym. (2013) suosittelee tutkimuksen tuloksista, että tietokoneintegraatio pk-yrityksiin toteutetaan vähitellen kasvattaen sen helpomman hallinnan ja taloudellisen varovaisuuden vuoksi.

Sidosryhmien analyysillä voidaan kartoittaa tärkeimmät sisäiset ja ulkoiset sidosryhmät, sekä niiden sitoutuminen uuden järjestelmän integraatioon. Henkilöstön tuki on aina edellytyksenä uuden järjestelmän integraatiolle. Tämä pätee kaikissa tarvittavissa muutoksissa organisaatiokulttuurissa. (Esan ym. 2013, 265.) Ylimmän johdon tuki on erittäin tärkeä projektien läpiviennissä. Ilman tätä tukea monet projektit kaatuvat. Ylimmän johdon sitoutuminen on ratkaiseva tekijä, sillä usein projektit vaativat riittävästi resursseja, projektiaikatauluihin saattaa tulla yllättäviä muutoksia, projektit saattavat tarvita yhteistyötä muistakin organisaation osastoista, tai projektinjohto saattaa tarvita mentorointia. Mikäli, edellä mainitut seikat esiintyvät projektin elinkaaren aikana, joustava ja ymmärtävä ylin johto pystyy tukemaan projektia tarvittavalla tavalla. (Schwalbe 2015, 54–55)

Riskien kartoituksella selvitetään ja kuvataan prosessin mahdolliset riskit, sekä ne luokitellaan niiden vaikutuksen ja toteutumisen todennäköisyyden mukaan. Tämä tarjoaa organisaatiolle päätöksenteko mahdollisuuden. (Esan ym. 2013, 265) Riskien kartoittaminen on prosessi, missä projektitiimi arvioi jatkuvasti mitä positiivisia tai negatiivisia riskejä projektiin voi vaikuttaa, näiden tapahtumien todennäköisyys sekä niiden vaikutukset. Tietoteknisiin projekteihin yleensä liittyy muutamia riskejä, kuten henkilöstön osallistumisen puute, johdon tuen puute, epäselvät vaatimukset sekä huono suunnittelu. (Schwalbe 2015, 457.)

4.4.3 Integraatioprosessi

Uuden järjestelmän toimeenpano vaatii yrityksen sisällä muutoksen hallintaa. Esan ym. (2013) ovat esittäneet mahdollisen lähestymistavan muutoksen hallintaan (kuvio 7). Tähän malliin sisältyy jatkuvan kehitykseen perustuvan työryhmän laatiminen, joka keskittyy tuotantohenkilöiden tukemiseen ja CAD/CAM tietoisuuden luomiseen. (Esan ym. 2013, 266.)



KUVIO 7. Muutoksenhallinnan malli (Esan ym. 2013, 266, muokattu)

Integraatioprosessin ensimmäinen vaihe on vertailla ja arvioida eri CAD/CAM-järjestelmien sopivuutta yrityksen järjestelmään ja käyttöympäristöön. Menetelmiä ohjaa vertailu- ja arviointimenetelmät. Näistä voidaan laatia arvoanalyysi, joka sisältää yritykselle tärkeitä mittareita, kuten ohjelmistotoimittajan tuki, helpokäyttöisyys ja toimintavarmuus. Ohjelmistojen vertailussa on suotavaa käyttää yritykselle tuttuja työkappaleita malleina, jolloin saadaan heijastettua sen toiminta suoraan yrityksen toimintaan.

Jotta saavuttaisiin optimaaliset tulokset CAD/CAM-järjestelmällä, on henkilöstön kouluttaminen yksi tärkeimmistä investoinneista. Henkilöstön riittävä koulutus ja tiimityö antaa ohjelmistolle mahdollisuuden osoittaa sen hyödyt verrattuna sen hetkisiin menetelmiin. Lisäksi se mahdollistaa henkilöstön jakaa mielipiteensä

käyttöönoton strategiasta. Koulutuksesta saadaan merkityksellistä, kun sitä tehdään kohdistetusti yrityksen tarpeisiin ja se sisältää niin käytännön menetelmiä, kuin sovelluspohjaista harjoittelua. (Esan ym. 2013, 266, 269.) Koulutuksesta saadaan suuri hyöty myös silloin, kun siihen sisällytetään myös tuotetietojen hallintaa. Näin saadaan tehokkaasti tallennettua vuosien varrella kerrytettyä ammattitaitoa, joka auttaa muutakin henkilöstöä tulevaisuudessa.

Ohjelmistotoimittajan osallistaminen yrityksen toimintaan edistää ja nopeuttaa uuden järjestelmän toimeenpanoa. Tällöin ohjelmistotoimittaja kykenee toimittamaan ja räätälöimään yrityksen tarpeita vastaavan järjestelmän. Jotta CAD/CAM-järjestelmästä saadaan kaikki hyöty irti, on sen postprosessorit räätälöitävä ohjelmistotoimittajan kanssa niin toimivaksi, ettei ohjelmoijan tarvitse muokata NC-koodia enää postprosessoinnin jälkeen. Tämä mahdollistetaan vain tiiviin yhteistyön ja kommunikoinnin avulla.

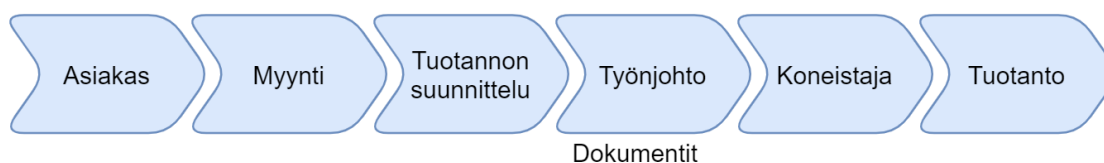
Järjestelmän toimeenpanon yhteydessä voidaan palata tarkistamaan tuloksia, kerätä henkilöstön mielipiteitä ja palautetta, sekä kerätä järjestelmällä saavutetut hyödyt, jotka voidaan esittää johdolle. Lisäksi katselmuksen yhteydessä on tärkeää tehdä tarvittavia korjauksia toiminnan parantamiseksi.

5 KÄYTTÖÖNOTTO

Kappaleessa esitetään projektissa tehdyt vaiheet ja prosessit. Kappaleen ensimmäisessä otsikossa esitetään nykytila-analyysi ja asetetaan työn tavoitetilä. Tämän jälkeen syvennyttään projektin aloittamisen vaiheisiin, sekä käsitellään konseptuaalisen kehyksen vaiheet käytännönläheisesti.

5.1 Nykyhetki

Nykyinen toimintamalli pohjautuu vaiheittaiseen malliin. Kuviossa 8 on esitetty tämänhetkisen mallin toimintaperiaate työkappaleen tuotantoon saattamiseen asti. Tarjouksen hyväksytyään asiakkaan tilaus siirtyy tuotannosuunnitteluun. Työnjohdon tehtävä on siten tarkkailtava suunnitelmaa ja varmistaa, että koneistajilla on työhön vaadittavat edellytykset. Edellytyksiin kuuluu tarvittavat tuotetiedot ja -dokumentit, sekä muut työnkulkuun vaadittavat kuvaukset. Dokumentit työnjohto toimittaa tuotantoon, missä koneistaja laatii ohjauksella NC-ohjelman. Usein kuitenkin tilaukset ovat yksittäiskappaleita eivätkä toistu usein. Tällöin aikaa kuluu paljon NC-ohjelmien laadintaan. Ajoittain joillakin CNC-koneista voidaan hyödyntää vanhempia NC-ohjelmia.

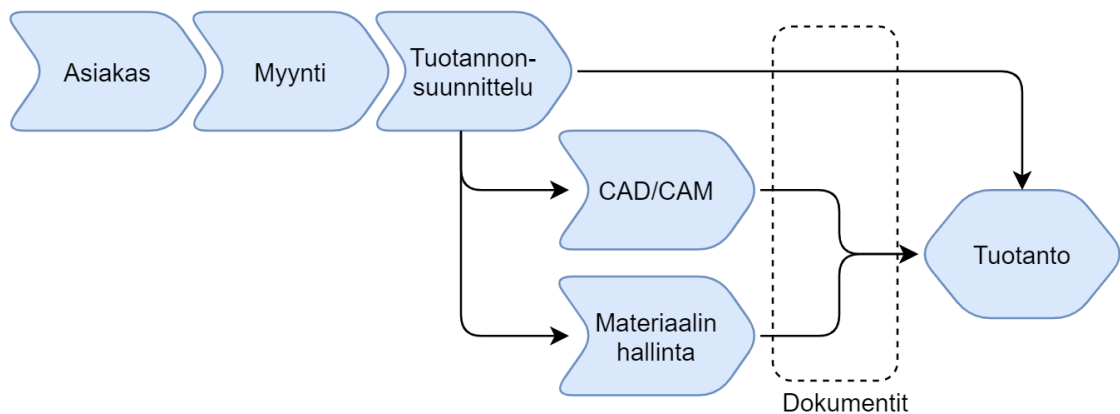


KUVIO 8. Nykyinen toimintamalli

Tuotannossa käytetyt NC-ohjelmat ovat laadittu joko manuaalisesti, tai hyväksikäyttäen vanhaa CAM-ohjelmaa. Haasteena tämänhetkisissä vanhoissa NC-ohjelmissä ovat niiden virheelliset työstöradat, jotka eivät täysin pidä paikkaansa ajan myötä muuttuneissa työkappaleissa. Tällaisessa tilanteessa koneistaja joutuu käyttämään työkalukorjaimia, jolloin inhimillisten virheiden riski kasvaa. Lisäksi työkalukorjaimet saattavat aiheuttaa kolarin työvuorojen vaihtuessa. Tämä

luo tarpeen päivittää NC-ohjelmat, jossa voidaan työstökeskuksella muokattuja ohjelmia käyttää apuna.

Horsmalahdella kehitetään toimintaa kohti rinnakkaissuunnittelun mallia. Uusi toimintamalli on kuvattu kuviossa 9 työkappaleen tuotantoon saattamiseen asti. Uudessa toimintamallissa CAM-ohjelmiston käyttäjä kykenee laatimaan tuotannon suunnittelun mukaan NC-ohjelmat ja dokumentit valmiiksi tuotantoon oikeaan aikaan. Näin luodaan edellytykset valmiiksi koneistajille. Koneistajat kykenevät työjonoa seuraamalla hakemaan tarvittavat NC-ohjelmat ja dokumentit palvelimelta. Näin koneseisakit vähenevät ja työstökoneiden käyttöaste paranee. Myöskin työnjohto saadaan paremmin työntekijäpuolen avuksi, sekä valmius kehittämään tuotantoa sekä toimintaa. On huomioitavaa, että tällaisessa toiminnassa dokumenttien hallinnalla on suuri painoarvo.



KUVIO 9. Tavoiteltu toimintamalli

Työstökoneilla olevia ohjelmia ei ole varmuuskopioitu tietokoneille tiedonsiirron osittaisen toimimattomuuden ja käyttämättömyyden vuoksi. Uusin tiloihin siirtyessä Horsmalahdella on työstökeskusten läheisyyteen hankittu kannettavat tietokoneet. Tietokoneiden tarkoituksena on mahdollistaa koneistajille digitaalisten dokumenttien tarkastelun, NC-ohjelmien tallioinnin, laadinnan ja simuloinnin, sekä työajan seurannan. Tietokoneiden avulla on myös haluttu kasvattaa CAM-ohjelmiston käyttöä. Muutamalta tietokoneelta löytyy WinCAM-ohjelmisto, jonka kautta NC-ohjelmia voidaan laatia, muokata ja simuloida. Tarkoituksena on kasvattaa myös koneistajien vastuuta ja kykyä ohjelmoida tarvittaessa. WinCAM soveltuu CNC-koneiden läheisyyteen sen alhaisen tietokonevaatimusten ja yksinkertaisuuden vuoksi. Heikkouksina siinä on ollut sen toimintavarmuus, jonka

vuoksi sen käyttäjäkokemus on jäänyt huonoksi. WinCAM:llä olisi potentiaalia sen sisältävän makro-ohjelmoinnin avulla.

CAM-ohjelmointia oli toimeenpantu aikaisemmin osalle työstökoneista, mutta postprosessorien räätälöinti oli jäänyt vajaaksi. CAM-ohjelmoinnilla saadut hyödyt ovat näin ollen jääneet vajanaisiksi. NC-koodin muokkaamista käsin joudutaan vielä paljon tekemään, joka vähentää arvoa tuottavaa työtä ja lisää virheiden mahdollisuutta. Lisäksi vanha Mastercam päivitys oli jäänyt sellaiseen tilaan, missä siinä ilmeni käyttöä hidastavia vikoja.

Työstökoneet, joille Mastercam ja WinCAM oli käytössä omaavat muitakin haasteita kuin pelkkä vajaaksi jätetty postprosessori. Näissä haasteiksi tuli valuaihiot, joidenka tarkkoja valumuottimittoja ei ollut tiedossa. CAM-ohjelmistolla tehtäessä ohjelmat tämän tapaisiin tuotteisiin pakottaa suureen varovaisuuteen, joka tarkoittaa suurta määrää ilma-ajoa. Toimittajan kanssa keskustellessa näitä muottikuvia ei ollut saatavilla tarkkojen yrityssalaisuuksien vuoksi. Näin ollen, oli mietittävä vaihtoehtoisia ratkaisuja, jolloin toiminnasta saadaan tehokasta. Valuaihiomitoissa on kuitenkin nykyisin sen verran tasaista laatua, että CAM-ohjelmat saadaan laadittua kokeneiden koneistajien kanssa, jotka tietävät kappaleiden suurin piirteiset aihiomitat.

Useissa valuaihioissa on useasti ei-toivottuja syöttökanavista jääneitä patteja, joita on lähes mahdotonta ennustaa tai ohjelmoida tarkasti. Näihin suunniteltiin ohje, niin että saadaan tehokasta toimintaa Heidenhain ja CAM-ohjelmiston kombinaatiolla. Heidenhain-ohjaus sisältää yksinkertaiset ja helposti määritettävät työstöoperaatiot, joiden avulla patit saadaan koneistettua tehokkaammin kuin valmiilla ohjelmalla. Ohjeeseen laaditaan tietyt parametrit ja työstöoperaatiot, joita käytetään. Näin ollen saadaan vakinaistettua käytetty tapa ja tasaisempaa laatua. Pattien ajon jälkeen ohje opastaa käyttämään CAM-ohjelmalla laadittua NC-ohjelmaa.

5.2 Projektin aloitus

Projekti aloitettiin perustamalla nelihenkinen kehitystiimi. Kuten (Esan ym. 2013; Peng & Ridgway 1993; Tantoush & Clegg 2001) tutkimuksissaan totesivat, kehitystiimin luominen on projektin kannalta suositeltavaa ja tehokasta. Näin ollen saadaan jaettua ja hyödynnettyä vuosien aikana kerrytettyä asiantuntemusta ja tietotaitoa. Ryhmän avulla muutoksen hallinta on helpompaa ja mahdollistaa toiminnallisen tiedon tehokkaan hyödyntämisen. Ryhmän tehtävänä oli tukea opinäytetyötä, sekä NC-ohjelmien ja uuden järjestelmän toimeenpanoa. Investointeihin liittyvissä toimenpiteissä kehitystiimin avulla kerättiin tausta-aineistoja, joita esitettiin palavereissa konepajajohtajalle, jonka avulla saatiin vietyä projektia eteenpäin.

Ensimmäisessä kehitystiimin kokouksessa määritettiin projektille tavoitteet. Tavoitteiksi määritettiin lisätä CAM-ohjelmiston käyttöä, sekä lisätä koneistajille vastuuta ja kykyä ohjelmoida. Lisäksi tavoitteena oli määrittää ohjelmille ohjelmanumerot, sekä opastaa koneistajia löytämään oikeat ohjelmat palvelimelta. Tavoitteena oli myös määrittää koneistusarvot prosesseille oikeanlaisiksi. Viimeisenä tavoitteena oli kartoittaa Horsmalahden tarve päivittää olemassa olevat CAM-järjestelmät.

CAM-järjestelmän päivitystarpeen kartoittamisen pohjana käytettiin kappaleessa 4.4 esitettyä konseptuaalista kehystä. Konseptuaalinen kehys käsiteltiin kehitystiimin kanssa läpi perusteellisesti ja pyrittiin saamaan eri näkökulmia. Kehyksessä esiintyvien kohtiin syventyessä käytettiin erinäisiä lean-työkaluja, kuten Kanban taulua ja Kaizen menetelmiä. Työkalujen avulla saadaan yksinkertaistettua prosesseja, poistettua turhaa työtä ja tähdättyä toiminnan jatkuvaan kehittämiseen.

Tietoa ohjelmiston integroimiseen kerättiin yrityksen johdolta, ylemmiltä ja alemmilla toimihenkilöiltä, ulkoisilta sidosryhmiltä, sekä tuotannon työntekijöiltä. Apuna käytettiin myös havaintoja yrityksen aiemmista toteutuksista, sekä arkistotietoja, kuten vanhojen NC-ohjelmia. Arkistotietoja tutkimalla selvisi, että nykyisiin CAM-järjestelmiin ei ole suurempia sidoksia. Tämän vuoksi selvitettiin mui-

denkin ohjelmistotoimittajien tarjoamia palveluita, jotta saataisiin kokonaisvaltaisempaa näkemystä sen hetkisistä markkinoista. Vertailu myös auttaa selvittämään, mikä CAM-ohjelmisto sopii parhaiten yrityksen tarpeisiin.

Projektin aloitusvaiheessa tarkistettiin tietokoneiden yhteensopivuus ja varmistettiin tiedonsiirrot toimivuus, jonka yhteydessä olemassa olevat NC-ohjelmat varmuuskopioitiin. Selvityksessä ilmeni ongelmia työstökoneiden tiedonsiirroissa, joka estää NC-ohjelmoinnin muualla kuin ohjauksella. Osassa työstökoneita oli langaton tiedonsiirto luotu käyttäen Moxan NPORT verkkolaitetta, joka on yhdistetty RS232 tietoliikenneportin avulla ohjaukseen. Muissa työstökeskuksissa on käytetty RS232 tietoliikenneporttia suoraan tietokoneeseen. Tiedonsiirron toimivuuteen on tarkistettava vaadittavat tiedonsiirto asetukset vastaamaan niin tietokoneen kuin ohjaimen asetuksia.

5.3 Strategia

5.3.1 Tarpeen kartoittaminen

CAM-ohjelmiston päivitys tarpeen kartoittaminen aloitettiin selvittämällä yrityksen tarve CAM-ohjelmistolle. Keskeisimpiä ajureita uudelle teknologialle oli valmistusprosessin ja tuotannonsuunnittelu, tietojen ja taitojen jakaminen, sekä rinnakkaissuunnittelu ja lean-valmistus. Uusi teknologia myös mahdollistaisi tuotekannan kasvattamisen ja uusien asiakkaiden hankinnan. Lisäksi uudella teknologialla saadaan tehtyä kustannustehokkaita NC-ohjelmia, joissa on minimoitu ilmaistyöstöt.

CAM-ohjelmistolla ei ole tarkoitus täysin vieraannuttaa manuaalista koneistusta, varsinkaan niiltä koneilta, joissa käytetään Heidenhain Manualplus-ohjausta. Ohjelmistolla halutaan tukea ja lisätä joustavuutta toimintaan. Näin mahdollistetaan rinnakkaissuunnittelu ja NC-ohjelmointi työstökoneetta käytettäessä, simulointi sekä tehokas työkalujen hallinta. Ohjelmien uudelleen käyttäminen vastaavissa kappaleissa myös nopeutuu tekemällä pieniä muutoksia vanhempiin ohjelmiin, tai tallentamalla operaatiot kirjastoihin, joista niitä voi uudelleen käyttää.

CAM-järjestelmällä pyritään taltioimaan koneistajien asiantuntemus ja toimiviksi todetut toimintatavat. Uuden koneistajan koulutuksessa oppimista pyrittäisiin helpottamaan ja nopeuttamaan taltioitujen toimintatapojen avulla. Niistä uusi koneistaja kykenisi analysoimaan eri koneistustehtäviä ja tarvittaessa konsultoimaan vanhempaa koneistajaa tai ohjelmien laatijaa. Tämänhetkisellä toimintatavalla koneistajia on vain yksi per vaativampi kone, kuten aarpora. Tällaisessa tilanteessa, mikäli vahinko sattuu ja kokenut koneistaja joutuu sivuun, on tallessa toimivia ratkaisuja, joista uusi koneistaja pystyy opiskelemaan tehokkaammin ja näin käyttämään työstökonetta nopeammin.

5.3.2 Johdon protokollat

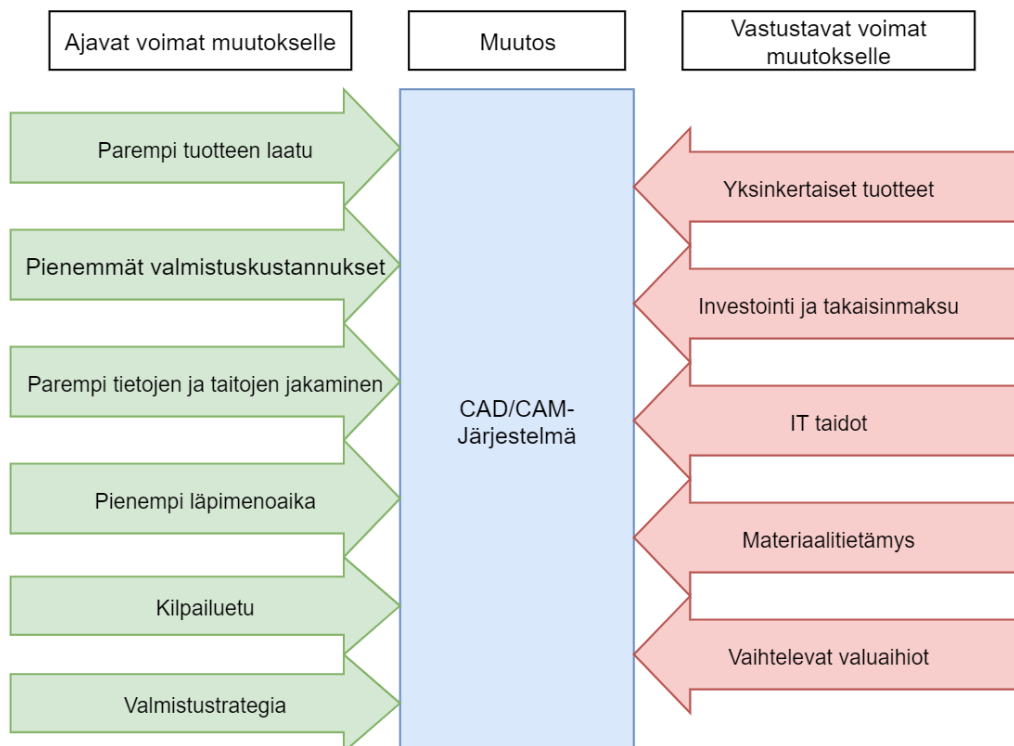
Johto on mukana projektin pitämässä palaverissa ja johdon tehtävänä on tukea projektitiimiä, laatia aikataulutusta sekä tehdä investointeihin liittyvät päätökset. Johto määrittä alussa määräaikoja toimintojen edistykselle (kuvio 10). Kesäkuussa tapahtuu toimintaan ja CNC-koneihin syventyminen. Heinäkuussa selvitetään ohjelmistojen yhteensopivuus, vertailu sekä niiden kilpailutus. Elokuussa aloitetaan käyttöönotto ja aktiivinen yhteistyö ohjelmistotoimittajan kanssa. Käyttöönotto ja koneräätälöinti kaikille koneille pyritään saamaan valmiiksi marraskuun loppuun mennessä.



KUVIO 10. Projektin aikataulu

5.3.3 Vaikuttavien voimien analyysi

Projektitiimin kokouksessa laadittiin muutokseen vaikuttavien voimien analyysi (kuvio 11). Analyysissä etsittiin muutokseen ajavia ja vastustavia voimia. Ajavia voimia on esitetty jo aiemmissa kappaleissa ja monet näistä vaikuttavat toisiinsa suorasti taikka epäsuorasti. Vastustavissa voimissa vaikuttavana tekijänä on yksinkertaiset tuotteet, joita esiintyy kohtalaisen useasti. Näihin kappaleisiin ei CAM-ohjelmisto ole välttämätön ja on mahdollista, että NC-ohjelma on nopeampaa tehdä esim. keskustelevalle ohjauksella kokeneen koneistajan toimesta. Tällaisissa työkappaleissa investoinnin kustannukset eivät ole perusteltua. Kuitenkin keskusteluissa todettiin, vaikka CAM-ohjelmasta käytettäisiin 10 prosenttia sen ominaisuuksista, on se kuitenkin välttämätön monissa työkappaleissa. Vastustavana voimana myös henkilöstön IT taidot voivat vaikuttaa sen saatuihin hyötyihin, mutta tarkoituksena on kouluttaa sen käyttöön jo ennestään hyvät IT taidot omaavat henkilöt. On myös huomioitu valujen tuomia haasteita materiaalitietämyksen ja vaihtelevien aihoiden puolesta. Näihin voidaan kuitenkin vaikuttaa aktiivisella kommunikoinnilla ja yhteistyöllä niin koneistajien kuin toimittajien kanssa.



KUVIO 11. Muutokseen vaikuttavat voimat

5.3.4 Tietoisuuden kasvattaminen

Projektitiimin avulla saadaan CAD/CAM-järjestelmän tietoisuutta kasvatettua olemalla aktiivisesti yhteistyössä koneistajien kanssa. Järjestelmän hyötyjä ja mahdollisuuksia on saatu esitettyä olemassa olevien CAM-ohjelmistojen avulla. On tärkeää tuoda esille, että ohjelmistot eivät toimi kunnolla, mikäli niitä ei koeajeta ja postprosessoreita räätälöidä tarpeen mukaan. Koneistajien tietoisuuden lisääminen parantaa yleistä asennetta ja näin helpottaa muutoksenhallintaa sekä uuden järjestelmän toimeenpanemista.

Jatkuvan kehityksen elementtejä voidaan hyödyntää kehittämistehtävissä ja tietoisuuden kasvattamisessa. Prosessi aloitetaan suunnittelulla, jonka jälkeen suunnitelma toimeenpannaan. Kun koneistajat otetaan jokaiseen vaiheeseen mukaan, on toimeenpanon jälkeen helpompaa tarkistella tehtäviä, sekä tehdä jatkotoimenpiteet niille. Myöskin koneistajat tukevat ja pitävät tehtävää mielekkäänä, kun saa osallistua kehitystoimiin.

5.4 Toteuttamiskelpoisuus

5.4.1 Investointi

Taloudelliset takaisinmaksu laskentasuunnitelmat CAD/CAM-järjestelmälle tehdään töiden olemassaolon oletuksella. Tällaisessa tapauksessa ne eivät ole kovin tarkkoja, mutta hyviä alussa antamaan suuntaa. Oletetaan, että investointi maksaa itsensä takaisin pääsääntöisesti säästyneellä ajalla. Näin ollen CAM-ohjelmoinnilla voidaan tarkoittaa offline-ohjelmointia ja online-ohjelmoinnilla ohjauksen luona tehtyä ohjelmointia.

Tässä vaiheessa voidaan määrittää tulevalle investoinnille sen budjettikatto. Haluttua takaisinmaksuaikaa tavoitellessa budjettikatto voidaan asettaa kohdalleen käyttäen Lähdeniemen (2003) esittämää takaisinmaksuajan kaavaa (1). Yksinkertaisempaa takaisinmaksuajan kaavaa voidaan käyttää, mikäli kustannusarviot eivät ole tarpeeksi tarkkoja (kaava 2).

$$TMA = \frac{A}{B - (C + D)} \quad (1)$$

$$TMA = \frac{A}{B} \quad (2)$$

jossa TMA = takaisinmaksuaika [a]
 A = investoinnin kokonaiskustannus [€]
 B = online-ohjelmoinnin kokonaiskustannukset [€/a]
 C = offline-ohjelmoinnin kokonaiskustannukset [€/a]
 D = offline investoinnin vuosikustannukset [€/a]

Tavoitteeksi asetettiin, että NC-ohjelmia laadittaisiin viisi ohjelmaa kuukaudessa. Online-ohjelmoinnissa keskimääräinen aika yhteen ohjelmaan olisi noin kaksi tuntia, kun offline-ohjelmoinnissa siihen kuluisi noin neljä tuntia. Ohjelmoijan kustannukseksi asetettiin 25 €/h ja koneentuntihinnaksi 50 €/h. Kuviossa 12 esitetyt summat ovat luottamuksellisista syistä esitystä varten kuvitteellisia.

Offline-ohjelmointi (CAM)		Online ohjelmointi	
5	Ohjelma (1/kk)	5	Ohjelma (1/kk)
2	Ohjelmointiaika ka / ohjelma (h)	4	Ohjelmointiaika ka / ohjelma (h)
25	Ohjelmoijan kustannus (€/h)	50	Koneentuntihinta (€/h)
60	Ohjelma / a	60	Ohjelma / a
120	Ohjelmointiaika ka / a (h)	240	Ohjelmointiaika ka / a (h)
3000	Ohjelmoijan kustannus €/a	12000	Yht. €/a
15000	Ohjelmisto ja postprosessorit €		
500	Käyttöönotto €		
1500	Koulutus ja koneseisakki sen ajalta €		
Yht. €	20000		

TMA 2.1

KUVIO 12. Investoinnin kustannukset

Kuviossa 12 esitetyillä arvoilla takaisinmaksuajaksi saadaan 2,1 vuotta käyttäen kaavaa 1. Lähdeniemi (2003) on tutkimuksessaan ilmoittanut suositellun takaisinmaksuajan ohjelmistolle 1,5 vuodeksi. Erittäin hyvässä tapauksessa, missä ohjelmia tarvitsee luoda 10 kappaletta kuukaudessa, takaisinmaksuajaksi saadaan tasan yksi vuosi.

5.4.2 Investointisuunnitelma

Investointisuunnitelma on yleensä hyvä tehdä niin, että aluksi järjestelmää otetaan käyttöön vain muutamalle työstökoneelle. Näin ollen kertainvestoinnit ja toiminnanmuutokset ovat pienemmät. Koska Horsmalahdella on ollut CAM-järjestelmä aiemmin, päätettiin tarjouksen yhteydessä investoida postprosessorit suoraan kaikkiin olemassa oleviin työstökoneisiin. Investointisuunnitelmaan sisällytetään myös 5-akselisen työstön mahdollistavat lisäoptiot, mikäli sellainen työstökeskus hankitaan tulevaisuudessa.

5.4.3 Sidosryhmä analyysi

Sisäisiä sidosryhmiä haastateltaessa ilmeni, etteivät koneistajat nähneet alussa täysin hyötyjä CAM-ohjelmistosta, mutta tietoisuuden kasvaessa koneistajat näkivät sillä saavutettavat hyödyt. Tietoisuuden kasvaessa myös muutoksen tuki kasvoi koneistajien puolesta. Myös johdon tuki uudelle CAM-järjestelmälle on ilmiselvää, koska sillä saadaan parannettua suorituskykyä uudelle tasolle, sekä toimintamalli haluttuun malliin. Ulkoisten sidosryhmien kanssa keskusteltaessa ilmeni myös heidän kannustavan ja tukevan muutosta. Uusi järjestelmä mahdollistaa kummankin osapuolen korkeamman liikevoiton nopeuttamalla tiettyjä prosesseja ja poistamalla hukkaa.

5.4.4 Riskien kartoitus

Riskien kartoituksessa selvitettiin mahdollisia riskejä ja niiden vaikutusta sekä toteutumisen todennäköisyyttä. Taulukossa 2 on esitetty mahdolliset riskit sekä niiden tärkeysarvo, missä suurempi arvo tarkoittaa suurempaa prioriteettia. Tärkeysarvo tulee riskin mahdollisesti vaikutuksesta projektiin kerrottuna riskin toteutumisen todennäköisyydellä. Merkittävimpänä riskinä järjestelmän toteuttamiselle esiintyi henkilöstön sitoutuminen. Seuraavaksi suurimpina riskeinä ovat järjestelmän implementoinnin toteutumattomuus sekä koneiden yhteensopivuuden

riittämättömyys. Yhteensopivuuden riittämättömyydellä tarkoitetaan vanhojen ohjauksen pientä muistikapasiteettia, sekä vanhojen CNC-koneiden heikentyneitä tarkkuutta.

TAULUKKO 2. Riskinarviointi

Riski	Vaikutus (1-5)	Todennäköisyys (1-5)	Tärkeys
Järjestelmän implementointi ei toteutu kunnolla	5	4	20
Tuotekanta ei kasva	4	3	12
Koneiden yhteensopivuus ei riittävä	5	4	20
Ammattitaitoisen henkilöstön ylläpitäminen	5	1	5
Hitaampi ohjelmoida kuin kyselevä ohjelmoinnilla	3	3	9
Huomioon ottamattomia kustannuksia	3	3	9
Henkilöstön sitoutuminen	5	5	25
Vähäinen tarve ohjelmoida	4	3	12

Järjestelmän toimeenpanon ja henkilöstön sitoutumisen ovat merkittävässä vaikutuksessa toisiinsa, joten näihin on panostettava alusta pitäen. Näissä korostuu sisäisten sidosryhmien osallistaminen, joka on projektitiimin vastuulla.

5.5 Integraatio

5.5.1 Ohjelmistojen kartoitus

Koska ohjelmistot eivät ole ”yksi malli sopii kaikille”, on ohjelmistovertailussa kartoitettava ohjelmistojen välisiä heikkouksia ja vahvuuksia, joita voidaan verrata yrityksen omiin tarpeisiin (Warfield 2020a). Esim. Horsmalahdella ei ole tällä hetkellä tarvetta 5-akselisille toiminnoille, jolloin ohjelmisto, joka mainostaa niiden tehokkuutta ei suoranaisesti tuo arvoa Horsmalahdelle. Tosin, tilanne voisi olla eri, mikäli aikomus olisi lähitulevaisuudessa hankkia 5-akselinen työstökeskus.

Ohjelmiston valinnassa voidaan pitää tärkeänä myös ohjelmistotoimittajan tarjoamia muita palveluita. Monet tarjoavat konsultointiapua ja näin kumppanuus voi

ohjelmiston lisäksi tuoda kehittyneempiä ratkaisuja tuotannon ongelmiin. Yhteistyöstä hyötyvät molemmat osapuolet, joten sitä voidaan myös pitää tärkeänä valintakriteerinä.

Mahdollisia ohjelmistoja tutkittiin aluksi verkosta. Markkinoilla on useita ohjelmistoja, joten aluksi etsittiin ne mahdolliset, jotka soveltuvat parhaiten pääsääntöisesti sorvaukseen. Toiseksi tärkeäksi pääpiirteeksi ohjelmiston valinnassa on sen olemassa oleva tuki Suomessa. Näillä kahdella valintaparametreillä saatiin listaa rajattua pienemmäksi. Vertailukohteiksi valittiin lopuksi Surfcam, Gibbscam, Mastercam sekä Exapt CAM, jolla on vähemmän näkyvyyttä Suomessa. Ohjelmistotoimittajien kanssa sovittiin ohjelmistoesittelystä, jossa esittely saatiin räätälöitynä suoraan Horsmalahden tarpeiden mukaan. Esittelyistä saatiin hyvä kuva tarjonnasta, joiden pohjalta saatiin tehtyä päätös jatkaa Surfcam ja Mastercam -ohjelmistojen vertailuun.

5.5.2 Ohjelmistovertilu

Surfcam ja Mastercam -ohjelmistojen lopullinen vertailupäätös tehtiin niiden kilpailukykyisten hintojen ja esittelyn pohjalta saadun helppokäyttöisyyden avulla. Kummatkin ohjelmistotoimittajat tarjoavat edulliset postprosessorit, sekä vuoden takuun niille oston yhteydessä. Koska tavoitteeksi oli asetettu tuoda ohjelmisto kaikille työstökoneille, postprosessorien hinta oli merkittävässä roolissa. Näin pyryttäisiin kohtuullisissa kokonaissummissa.

Warfieldin (2020b) tekemään CAM-ohjelmisto selvitykseen yli 400 vastanneista 11,4 % huippuluokan ohjelmistokäyttäjistä käytti Mastercamia, kun Surfcamin käyttäjiä oli vain 1,2 %. Selvityksen asiakastytyväisyyden lista sisälsi kaikki ohjelmistot, jotka saivat vähintään viisi ääntä kyselyssä. Kaikkien luokkien ohjelmistojen kesken Mastercam sijoittui 12. paikalle, kun taas Surfcam ei päätenyt listalle. Selvityksessä kartoitettiin myös CAM-ohjelmistojen yleisimmät haitat. Kolme yleisintä olivat huono käyttöjärjestelmä, riittämätön g-koodi ja niiden toimintavarmuus. Horsmalahden vertailussa näitä kolmea kriteeriä tarkkailtiin.

Ohjelmistovertailussa luotiin yksinkertainen arvoanalyysi näiden kahden ohjelmistojen välillä (liite 1). Arvoanalyysin mittareina toimi suosio, asiakastyytyväisyys, adoptioaste, vahvuudet ja heikkoudet, tuotteen sopivuus, sekä arvo. Mittareille on asetettu painoarvot niiden otsikoiden päälle. Lopullinen hyötyarvo on näiden paino- ja mittariarvojen tulojen summa. Seuraavissa kappaleotsikoissa käydään läpi kyseisien mittarien perustelut ja tutkimustavat.

Suosio

Suosio indikoi tuotteen tärkeydestä ja kuinka muutkin näkevät tuotteen arvon. Yleisesti toimivat järjestelmät omaavat korkean suosion. Suosio antaa yleisesti käsityksen hyvästä ja toimivasta palvelusta. Suosio ei kuitenkaan ole kaikki kaikessa vaan suositut paketit voivat olla erittäin huonoja omaan tarkoitukseen. (Warfield 2020a.) Suosiolla kuitenkin tässä tapauksessa kartoitetaan ohjelmistojen yhteisöä ja ekosysteemiä, sillä suosituille tuotteelle on helpompi löytää apua. Suurempi yhteisö mahdollistaa suuremmat ammattitasoiset tukiverkostot. Suosiota tutkittiin verkosta etsimällä siihen liittyviä foorumeita, videoita ja muuta tukimateriaalia.

Asiakastyytyväisyys

Asiakastyytyvyydellä selvitetään mitä aktiivikäyttäjät ovat mieltä ohjelmasta. Tässä pyritään pois sulkemaan niitä mielipiteitä, mitä joillakin on ohjelmistoon ilman suurempaa käyttökokemusta. (Warfield 2020a.) Asiakastyytyvyyttä kartoitettiin eri foorumien ja asiaan liittyvien sivustojen kautta.

Adoptioaste

Adoptioasteella tarkoitetaan sitä, kuinka nopeasti tuotteesta saadaan arvoa vertailussa. Matalampi adoptioaste ei tarkoita huonompaa tuotetta, vaan sitä, että siihen joutuu paneutumaan enemmän (Warfield 2020a). Adoptioasteeseen vaikuttaa helppokäyttöisyys ja käyttöjärjestelmä, joten sen painoarvo koostuu näistä kahdesta tekijästä. Adoptioastetta voitiin arvioida ensin ohjelmistoesittelyistä ja sen jälkeen itse ohjelmiston kokeilussa.

CAM-ohjelmiston oppimiskäyrällä on iso merkitys sen tuottamaan arvoon. Turhan haastava käyttöliittymä heikentää ensikokemusta ja voi sitä kautta vaikeuttaa sen

käyttöä taikka oppimista. Tämän vuoksi helppokäyttöisyydellä ja siistillä käyttöjärjestelmällä on suuri painoarvo. Kun muutamaa ohjelmoijaa koulutetaan yhtä lisenssiä varten, ei jokaiselle ole välttämättä ohjelmitavaa viikoittain. Näin ollen yksinkertainen ja helposti opittava käyttöliittymä helpottaa käyttäjää pienenkin tauon jälkeen. Vaikka helppokäyttöisyys ja helposti opittava ei tarkoita samaa, on ohjelman omaksumisen nopeus tärkeä elementti. Tällöin ei kuluteta suotta paljoa resursseja yksinkertaisiin toimiin.

Vahvuudet

Vahvuuksia ja heikkouksia pyritään kartoittamaan yrityksen omiin tuotteisiin heijastaen. Kuten aiemmin todettiin, tässä vaiheessa Horsmalahdelle esim. 5-akseliset kehittyneet operaatiot eivät tuo lisäarvoa, vaan sorvaukseen ja helppokäyttöisyyteen keskittyneet toiminnot tuovat tavoitellun lisäarvon. Vahvuuksia ja heikkouksia pystyttiin kartoittamaan ohjelmistoesitysten perusteella, sekä koekäytöllä.

Tuotteen sopivuus

Tuotteen sopivuudella kartoitettiin, kuinka ohjelmisto sopii yrityksen tuotteisiin ja toimintaan. Ennen kaikkea, kuinka ohjelmisto soveltuu pääsääntöisesti sorvaukseen ja kuinka referenssi yhtiöt käyttävät järjestelmää omissa toimissaan. Kun verrataan muiden toimintaa omaan, on tärkeä varmistaa, että referenssi yhtiöiden tuotteet ja projektit vastaavat omaa toimintaa. Dataa voitiin kerätä eri kanavista kuten foorumeilta, ohjelmistoesittelystä ja koekäytöllä.

Utiliteetti

Utiliteetti edustaa ohjelmiston kokonaista hyötyarvoa. Se koostuu ohjelmiston arvokriteerien tulojen summasta. Liitteessä 1 ja kuviossa 13 esitetyssä hyötyarvossa suurempi arvo tarkoittaa parempaa ohjelmasta saatua hyötyä.

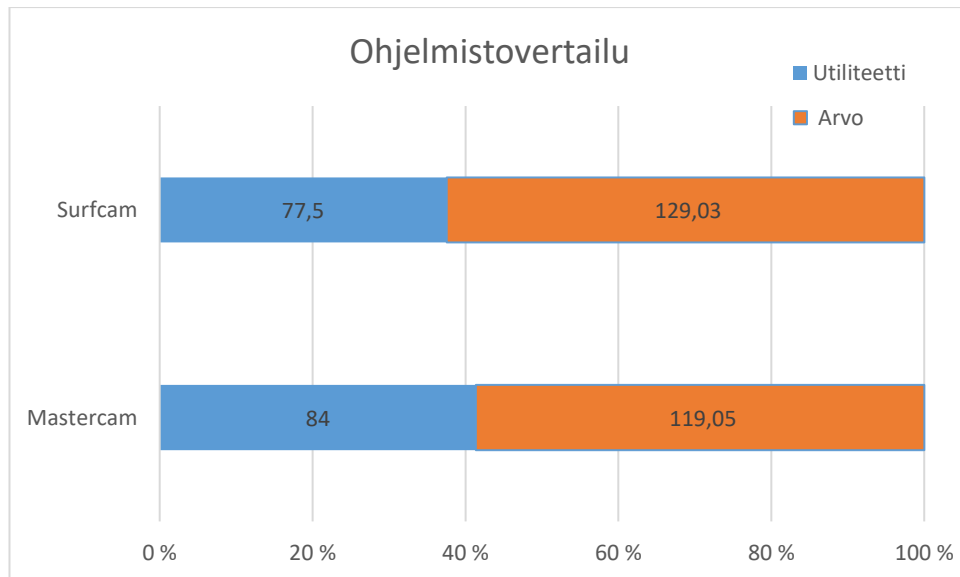
Arvo

Arvolla tarkoitetaan sitä, kuinka ohjelmisto kykenee ratkaisemaan yrityksen ongelmat. Arvoa ei lisää edullinen hinta, jos ohjelmisto ei kykene ratkaisemaan yrityksen ongelmia. Vaikka halpa ohjelmisto soveltuu ratkaisemaan ongelmat, on arvioitava, kuinka helposti se hoituu. Suotta haastavat prosessit ei aiheuta käyttäjälle muuta kuin turhautuneisuutta ja isompaa ajan käyttöä. (Warfield 2020a.)

Tässä hyvänä esimerkkinä toimii käytetty WinCAM, jolla on mahdollista tehdä kaikki tarvittavat toimenpiteet, mutta on aiheuttanut aiemmin yrityksessä turhautuneisuutta ja sen myötä suurta ajan käyttöä. Liitteessä 1 ja kuviossa 13 esityksessä arvossa pienempi luku tarkoittaa yritykselle edullisempaa ohjelmistoa. Sen muodostaa utiliteetti jaettuna hinnalla. Hinta on tässä esityksessä luottamuksellisista syistä sama.

Yhteenveto ja ohjelmiston valinta

Liitteeseen 1 on listattu edellä mainitut vertailukriteerit pisteytyksineen. Pisteytyksessä solut ovat arvosteltu 1-10, missä 10 tarkoittaa parasta ja 1 huonointa. Kuviossa 13 voidaan tarkastella Mastercamin antavan yritykselle paremman utiliteetin ja arvon (huom. pienempi arvo tarkoittaa edullisempaa ohjelmistoa).



KUVIO 13. Ohjelmistoverailun tulokset

Mastercam täyttää parhaiten Horsmalahden asettamat vaatimukset. Näin ollen ohjelmistotoimittajaksi soveltuu Camtek Oy, jolla on yli 35 vuoden kokemus CAM-ohjelmistojen toimittamisesta kotimaisille konepajoille (Camtek Oy, 2020). Koska Horsmalahdella on ennestään Mastercam osittain tuttu, sen päivittäminen nykyisen ohjelmistotoimittajan kanssa omaa pienen kynnyksen. Sen lisäksi sen käyttöönotossa ei tule erinäisiä lisäkuluja. Olettaen, että töitä on, Mastercamin takaisinmaksuksi saatiin 1,5 vuodesta kahteen vuoteen. Laskennassa käytettiin takaisinmaksun kaavaa 1.

Päätöstä vahvisti myös, että Mastercam mahdollistaa NC-ohjelmien laadinnan suoraan Autodesk Inventorin malleista, sekä päivityksen yhteydessä olemassa olevat postprosessorit päivitetään edullisesti. Mastercamin valinnassa vaikutti myös siellä valmiina olevat ISO 13399 työkalukirjastot, sekä Cimco Editorin saatavuus Mastercamin asiakkaille edulliseen hintaan. Cimco Editorin päätös painotui siihen, että se mahdollistaa uusien koneistajien tehokkaamman koulutuksen. Sen avulla ohjelmointi saadaan yksinkertaisemmilta töiltä pois ohjauksen luota, helpommin käytettävään ja tehokkaammin toimivaan tietokoneeseen.

5.5.3 Henkilöstön koulutus

Mastercam-ohjelmistolla on verkossa oppimateriaalia, jolla pääsee alkuun ohjelmiston käytössä. Koska Mastercam ei ollut täysin vieras Horsmalahden suunnitelluille pääkäyttäjille ja koulutusmateriaalin olemassaolo edesauttoi ohjelmisto valinnan päätöstä. Ohjelmiston käytön oppiminen on jatkuvaa ja koulutusta pidettiin työn ohella vertaistuen avulla, sekä verkosta löytyvällä materiaalilla.

5.5.4 Toimittajan integraatio ja koneräätälöinti

Mastercam ohjelmistotoimittajaan pidettiin aktiivisesti yhteyttä erinäisistä tarpeista ja tuesta ohjelmiston kanssa. Suurin tekijä kanssakäymisestä tapahtui koneräätälöinnin vuoksi. Ohjelmistotoimittajan postprosessoreita koeajettiin ja niihin tehtiin päivitys- ja kehityspyyntöjä ongelmien ilmetessä. Pyynnöt lähetettiin sähköpostin välityksellä ohjelmistotoimittajan vastuuhenkilölle, jolloin päivitetty postprosessori tai muu tarve oli täytetty yleensä saman tai seuraavan työpäivän kuluessa. Pyyntöjen yhteydessä apu saatiin tehokkaasti, kun haluttu tekijä kuvailtiin mahdollisimman hyvin vastuuhenkilölle. Motivoituneen ja ammattitaitoisen koneistajan kanssa pyynnöt saatiin laadittua tarkasti ja koneen tarpeet huomioon ottaen.

5.5.5 Tarkastelu

CAD/CAM-ohjelmistolla tehtyjen NC-ohjelmien toimivuutta ja toimintaa seurattiin jatkuvasti. Varsinkin tuoreen ohjelmiston kanssa on hyvin tarkasti seurattava sen postprosessoitua NC-koodia ja tehtävä tarvittavat muutokset NC-koodiin, sekä ilmoittaa korjaustarpeista ohjelmistotoimittajalle. Myöhemmin ohjelmiston koodiin voidaan luottaa varmemmin, kun räätälöintiä on tehty tarvittaessa sekä useat NC-ohjelmat ovat valmistuneet ongelmitta. Tarkastelussa tiedusteltiin aktiivisesti myös henkilöstön mielipiteitä toiminnasta ja kuultiin kehitystoiveita. Tarkastelua tehtiin aktiivisesti projektitiimin toimesta tarkkailemalla toimintaa ja keskustelemalla asianomaisten kanssa. Tarkastelu tulee olemaan jatkossakin osa toimintaa.

6 YHTEENVETO

Projektin tavoitteena oli kasvattaa CAM-järjestelmien ymmärrystä ja käyttöä Horsmalahden toiminnassa. Työ vaati perehtymistä Horsmalahden CNC-koneisiin, käytänteisiin, sekä olemassa oleviin haasteisiin. Alussa selvitettiin olemassa olevien CAM-järjestelmien käyttöaste sekä niihin kohdistuvat asenteet. Selvityksissä ilmeni, ettei aikaisempien CAM-järjestelmien integrointia ole viety täysin loppuun, joten niistä saadut hyödyt eivät ole tulleet esille, sekä asenne niitä kohtaan jäänyt heikoksi. Asennetta saatiin parannettua tiiviillä yhteistyöllä koneistajien kanssa, jossa kaikki osapuolet pääsivät osalliseksi luomisen prosessia. Lopussa perusteellisemmän integroinnin ansiosta asenteet uusia järjestelmiä parantivat ja yhteistyö koneistajan ja suunnittelijan kesken oli toimivaa.

Päivitetyllä Mastercam-ohjelmistolla saatiin palautettua joustavuutta Horsmalahden toimintaan. Järjestelmällä saadaan tuotteille huomattavasti nopeampi tuotannon aloitus, joka johtaa parempaan läpimenoaikaan. Lisäksi järjestelmä mahdollistaa asiakkaiden tai omien 3D-mallien hyödyntämisen suunnitteluprosessissa.

CAM-ohjelmistolla mahdollistettiin vastaamaan tarkemmin ja nopeammin tarjouskyselyihin. Alustaviin CAM:n antamiin aikoihin ei voitu vielä lyhyellä kokemuksella luottaa, joten niihin sisällytettiin lievä varmuuskerroin. Suunnitteluprosessia saatiin myös tehostettua. Esimerkiksi erään aiemmin manuaalisesti koneistettavan tuotteen valmistusmääriä haluttiin kasvattaa, joten sen siirto CNC:lle tuli kyseen. Tuotteelle saatiin nopeasti suunniteltua CAD:llä prototyypit ns. jigeistä ja kiinnittimistä, sekä CAM:llä laadittua työstöradat. Myöskin muiden tuotteiden vanhoja menetelmiä saatiin kehitettyä poistamalla turhia liikkeitä ja tutkimalla työstöratoja jo ennen tuotantoa.

Kaikki halutut CNC-koneet saatiin verkkoon, jolloin ohjelmien siirtäminen sinne oli vaivatonta ja muutoksia saatiin tehtyä nopeasti. CAM-järjestelmän integrointia saatiin toteutettua lähes kaikille Horsmalahden työstökoneille. Myös ohjelmistotoimittajan yhteydenotoissa pidetty matala kynnyks nopeutti ohjelmiston integraatiota ja siten edistäen toiminnan tehostamista.

Työn tehtävänä oli myös kasvattaa ymmärrystä valmistusstrategian laajuudesta CAD/CAM-sovellusten käyttöönotossa. Koska pk-yrityksillä on rajallisesti resursseja uusien järjestelmien toimeenpanoon, oli Horsmalahden ratkaisu palkata lisäapua projektiin onnistunut. Palkkaamalla lisäapua auttamaan uuden järjestelmän integroinnissa, mahdollistettiin johdon ja muun toimihenkilöiden keskittyminen täysin operatiiviseen toimintaan, sekä muihin kehitystoimiin. Näin saatiin tehokkaasti vietyä projektia eteenpäin ja samalla kehitettyä muutakin toimintaa.

Jatkossa Horsmalahdella suunniteltujen pääkäyttäjien koulutusta ja ohjelmiston käyttöä on edelleen ylläpidettävä, ettei niiden käyttöaste palaa projektia edeltävälle tasolle. Kynnys CAM-ohjelmointiin on nyt kuitenkin huomattavasti parempi, sillä postprosessoreihin voi luottaa ja ohjelmiston käyttö on tullut tutummaksi projektin myötä. Lisäksi koneistajien aktivointi on paremmalla tasolla, joten palautetta ja ehdotuksia voidaan olettaa tulevan enemmän. Koneistajia auttaa myös tieto siitä, kenelle pystyy kääntymään tarvittaessa. Koneistajien aktiivisuutta on ylläpidettävä, jotta ohjelmoijalle saadaan kokonaisvaltainen käsitys mahdollisista työstömenetelmistä, työkaluista ja koneen ominaisuuksista.

Järjestelmän avulla saavutettiin tuotteille parempaa laatua, laajempaa tuotevalikoimaa, kustannusten vähentämistä sekä nopeampia läpimenoaikoja. Ohjelmistoon onnistuttiin taltioimaan vuosien saatossa kertynyttä ammattitaitoa, sekä tuomaan sinne uusia kehittyneitä menetelmiä. Lopuksi, ohjelmiston uskotaan mahdollistavan yritykselle paremman kilpailuedun markkinoilla.

Mahdollisena kehittämisehdotuksena CAM-järjestelmän työstöaikoja voitaisiin tutkia vertailemalla niitä työstökoneen kuluttamaan todelliseen aikaan. Sen lisäksi voitaisiin tutkia työkaluvaihtoihin kuluvat ajat. Näiden avulla saataisiin tarkemmat operaatio- sekä työkaluvaihtoajat, jolloin työstökoneiden kappalekapasiteetit saataisiin laskettua.

LÄHTEET

Camtek Oy. 2020. CAM-ohjelmistojen kotimainen pioneeri. Luettu 18.9.2020.
<https://www.camtek.fi/>

ERP Information. 2015. What is Direct Numerical Control – 3 types of DNC. Luettu 18.7.2020. <https://www.erp-information.com/direct-numerical-control.html>

Esan A., Khan M., Qi H. & Naylor C. 2013. Integrated manufacturing strategy for deployment of CAD/CAM methodology in a SMME. Journal of Manufacturing Technology Management 24 (2), 257–273.

Groover M. 2008. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. 3. painos. New Jersey: Pearson Education Inc.

Horsmalahti. n.d. Levy- ja Teräsrakenne Horsmalahti Oy. Luettu 18.9.2020.
<https://www.horsmalahti.fi/>

Keinänen T. & Kärkkäinen P. 2014. Konetekniikan perusteet. 11. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kiljain J. 2020. CAD/CAM-ohjelmiston hankinta. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Laakkonen K. 2017. 2017. Jatkuva parantaminen. Teknologialiiketoiminta. Oulun Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Lähdemiemi H. 2003. Tuotteen suunnitteluketjun tehostaminen 3D- ympäristössä. Konetekniikan osasto. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Maaranen K. 2012. Koneistus. 1. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Peng C. & Ridgway K. 1993. Integration of CAD/CAM and Spreadsheet Data Processing. Integrated Manufacturing Systems 4 (4). 29–36.

Pesonen E. n.d. Konepajojen sorveista on moneksi. Luettu 8.7.2020.
<https://www.prometalli.fi/natiivi/62/konepajojen-sorveista-on-moneksi>

Niittynen P. 2020. Gibbscam esittely. Konferenssi 23.7.2020. Valkeakoski.

Rensi Finland Oy n.d. Postproessorit. Luettu 13.7.2020.
<https://www.rensi.fi/tuotteet/ohjelmistot/postproessorit/>

Schwalbe K. 2015. Information Technology Project Management. 8. painos. Boston: Cengage Learning.

SGS SA. 2020. ISO 9001 – SERTIFIOINTI – LAADUNHALLINTAJÄRJESTELMÄT. Luettu 19.9.2020. <https://www.sgs.fi/fi-fi/health-safety/quality-health-safety-and-environment/quality/quality-management-systems/iso-9001-certification-quality-management-systems>

Tantoush T. & Clegg S. 2001. CAD/CAM integration and the practical politics of technological change. *Journal of Organizational Change Management* 14 (1). 9–27.

Thomas A., Barton R. & John E. 2008. Advanced manufacturing technology implementation: A review of benefits and a model for change. *International Journal of Productivity and Performance Management* 57 (2). 156–176.

Warfield B. 2020a. CNC Cookbook 2020 CAM Survey [What's the most popular CAM?]. Luettu 15.8.2020. <https://www.cnccookbook.com/cnccookbook-2020-cam-survey-whats-the-most-popular-cam/>

Warfield B. 2020b. Survey Results Survey Results. CNC Cookbook, Inc. Luettu 15.8.2020. <https://www.cnccookbook.com/cnccookbook-2020-cam-survey-whats-the-most-popular-cam/>

Cutting Vision. 2017. CNC Data Transfer Methods. Luettu 16.7.2020. <https://www.metalcuttingvision.com/cnc-data-transfer-methods/>

Yrittäjät. 2020. Yrittäjystilastot. Luettu 9.7.2020. https://www.yrittajat.fi/sites/default/files/yrittajystilastot_2020.pdf

LIITTEET

Liite 1. Ohjelmistovertailu taulukko

	2	0.5	3	2	2	2		
Painoarvo	Suosio	Asiakastyytyväisyys	Adoptioaste	Vahvuudet	Sopivuus	Utiliteetti	Price	Arvo
Mastercam	10	8	8	8	10	84	10 000 €	119.05
Surfcam	7	7	8	8	10	77.5	10 000 €	129.03