

TIEDONHALLINNAN KEHITTÄMINEN KONEPAJAN TUOTANNOSSA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Konetekniikan koulutus, insinööri (AMK)

Kevät, 2023

Jarkko Erola

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää konepajayritys Ermeka Oy:n tuotannon tiedonhallintaa. Kehityskohteita olivat NC-ohjelmien siirron ja laadun tehostaminen sekä digitaalisten asetuskorttien käyttöönotto tuotannossa. NC-ohjelmien siirtoon liittyvänä tavoitteena oli saavuttaa ajallista säästöä etsimällä tehokkaampi tiedonsiirtoratkaisu. NC-ohjelmien laadun parantamista tavoiteltiin keskitetyn ja automatisoidun tietojärjestelmän avulla. Digitaalisilla asetuskorteilla tavoiteltiin mm. asetusaikojen lyhentämistä toistuvissa töissä, hiljaisen tiedon määrän vähentämistä ja uusien työntekijöiden perehdytyksen tehostamista.

Työn teoreettisessa osassa tarkasteltiin lyhyesti CNC-koneiden historiaa ja keskeisiä termejä, minkä jälkeen kuvattiin CNC-koneiden valmistusprosessien suunnittelua ja dokumentointia. Lopuksi teoriaosuudessa perehdyttiin CNC-tiedonsiirron teoriaan ja teknisiin toteutustapoihin.

Työn käytännön osuus alkoi Ermeka Oy:n tiedonhallinnan nykytilan tarkastelulla, jonka jälkeen suunniteltiin ja asennettiin uusi tiedonhallintaratkaisu. Uudessa ratkaisussa kaikkien NC-ohjelmien hallinta on keskitetty yhdelle keskustietokoneelle. Keskustietokone sisältää tiedonsiirto-ohjelmistot erilaisille CNC-ohjauksille sekä tietokantapohjaisen ohjelmiston, joka hallitsee NC-ohjelmia ja asetuskortteja. Irrotettavat tallennusvälineet korvattiin yrityksen lähiverkkoa hyödyntävällä tiedonsiirtoratkaisulla.

Kehitystyön tuloksina havaittiin merkittäviä ajallisia säästöjä NC-ohjelmien siirtämisessä CNC-ohjauksien ja keskustietokoneen välillä. Hankittu tietokantapohjainen ohjelmisto on parantanut tiedon saatavuutta, ajantasaisuutta ja jäljitettävyyttä, mutta näitä hyötyjä oli vaikea suoraan mitata ajassa tai rahassa. Digitaalisia asetuskortteja ei voitu arvioida alkuperäisten tavoitteiden perusteella, koska niiden hyödyt tulevat esiin pidemmän ajan kuluessa. Havaittiin kuitenkin, että digitaaliset asetuskortit mahdollistavat prosessien kattavamman dokumentoinnin vanhoihin menetelmiin verrattuna.

Hankittu tiedonhallintaratkaisu on hyvin skaalautuva. Uusien tuotantolaitteiden liittäminen on kustannustehokasta. Tulevaisuudessa järjestelmää on mahdollista laajentaa automaattiseen tiedonkeruuseen tuotantolaitteista. Hankitut ohjelmistot ovat ajantasaisia, kotimaisia ja aktiivisen kehitystyön alaisuudessa.

The purpose of this thesis was to improve the production information management of machine shop company Ermeka Oy. Areas of development were improving transfer and quality of NC programs, as well as introduction of digital setup cards in production. The goal related to the transfer of NC programs was to save time by finding a more efficient data transfer solution and improve information quality using a centralized, automated system. Digital setup cards aimed to shorten setup times in repetitive jobs, reduce tacit knowledge, and enhance new employee orientation.

In the theoretical part of the thesis, the history and key terms of CNC machines were briefly examined, followed by a description of CNC manufacturing processes and their documentation. Finally, the theory part delved into the theory and technical implementation of CNC data transfer.

The practical part of the work began with an examination of the current state of information management at Ermeka Oy, after which a new information management solution was designed and installed. In the new solution, the management of all NC programs is centralized on a single central computer. The central computer contains data transfer software for various CNC controls and a database-based software that manages NC programs and setup cards. Removable storage media devices were replaced with a data transfer solution that utilizes the company's local area network.

The development work led to significant time savings in transferring NC programs between CNC controllers and the central computer. The acquired database-based software has improved the availability, timeliness, and traceability of information, but these benefits were difficult to measure directly in time or money. Digital setup cards could not be evaluated based on the original goals, as their benefits will emerge over a longer period of time. However, it was found that digital setup cards allow for more comprehensive documentation of processes when compared to old methods.

The information management solution acquired is highly scalable. Connecting new production equipment is cost-effective. In the future, it is possible to expand the system to automatic data collection from production equipment. The acquired software is up-to-date, domestic, and under active development.

Keywords CNC, documentation, information management, information system, wireless data transfer

Pages 48 pages

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Yritysesittelyt	3
3	CNC-työstökoneet	5
3.1	Sorvaus	6
3.2	Jyrsintä.....	7
4	Valmistusprosessin suunnittelu CNC-työstökoneella.....	8
4.1	Koneenpiirustuksen arviointi	9
4.2	Työstettävän materiaalin määrittäminen	9
4.3	Työkappaleen kiinnitys.....	11
4.3.1	Istukat	12
4.3.2	T-urat ja kiinnitysraudat	14
4.3.3	Koneruuvipuristin	14
4.3.4	Magneetit	15
4.3.5	Kiinnitysjigit	16
4.4	Lastuavien työkalujen valinta	17
4.5	Ohjelmointi.....	18
4.6	Asetus ja valmistusprosessien dokumentointi	20
5	DNC	22
5.1	DNC-järjestelmän ominaisuudet ja tavoitteet	23
5.2	Tiedonsiirron tekninen toteutus DNC-järjestelmässä.....	24
6	RS-232	26
6.1	Liittimet ja signaalit.....	27
6.2	Sarjaporttivalvelin.....	29
7	Ermeka Oy:lle suoritettu tiedonhallinnan kehitystyö.....	30
7.1	Tuotannon tiedonhallinnan nykytila yrityksessä	30
7.2	Järjestelmän suunnittelu	32
7.3	Verkkolaitteiden konfigurointi ja kytkentä	34
7.4	Tiedonsiirtolinkit	36
7.5	VisualFactory	37
7.6	Tulokset	42

8	Pohdinta	45
8.1	Tulosten arviointi	45
8.2	Laajentaminen tulevaisuudessa	47
	Lähteet	49

Kuvat, taulukot, kaaviot

Kuva 1.	XZ-sorvin konfiguraatio. (mukaillen Tsugami Corporation).....	6
Kuva 2.	Jyrsinkoneen liikeakselit. (Autodesk, 2021)	7
Kuva 3.	Valmistusprosessin suunnittelun työnkulku.	8
Kuva 4.	Itsekeskittävä 3-leukaistukka.	12
Kuva 5.	Vetoholkki-istukka. (mukaillen Hainbuch, n.d.)	13
Kuva 6.	Kestomagneetti-istukka.	15
Kuva 7.	Kiinnitysjiigi ilmaustulppien valmistukseen.	16
Kuva 8.	Vuorovaikutteinen ohjelmointi. (Heidenhain, n.d.)	19
Kuva 9.	CAM-ohjelmointi. (Autodesk, 2015).	20
Kuva 10.	DNC-järjestelmä sarjaliitännöillä (Kief ym., 2021, s. 563)	24
Kuva 11.	Lähiverkkopohjainen DNC-järjestelmä (Kief ym., 2021, s. 564)	25
Kuva 12.	RS-232 liitinmallit (Axelsson, 2007, s. 62)	27
Kuva 13.	RS-232 pinnijärjestys DE-9 (Frenzel, 2016, s. 111).....	28
Kuva 14.	Moxa NPort W2250A.	34

Kuva 15. Fanuc RS-232 kytkentä.....	35
Kuva 16. TNCremo tiedonsiirronhallinta.....	37
Kuva 17. VisualFactory päävalikko.....	38
Kuva 18. VisualFactory DNC-valikko.....	39
Kuva 19. VisualFactory-ohjelmalistaus.....	39
Kuva 20. Backups-toiminto.....	40
Kuva 21. Asetuskorttipohja.....	41
Kuva 22. Työkalulistan luominen.....	42
Kuva 23. EMCOn työpiste.....	44
Taulukko 1. Ermeka Oy:n CNC-työstökoneet.....	4

1 Johdanto

Valmistavan teollisuuden digitalisaatio on nykypäivänä keskeinen tekijä kilpailukyvyn säilyttämisessä ja parantamisessa. Kehitystä kiihdyttävät tekijät, kuten työvoimapula sekä entistä suuremmat joustavuusvaatimukset toimituksissa ja eräkoissa, luovat paineita yrityksille sopeutua ja hyödyntää digitalisaation tarjoamia mahdollisuuksia. Pääasialliset soveltamismenetelmät, kuten automaatio, robotiikka ja tietojärjestelmät, edistävät valmistusprosessien tehostamista, tuotannon optimointia ja kustannustehokkuuden parantamista.

VTT:n julkaisemassa tutkimuksessa (Saari ym., 2021, s. 4) suoritettiin yrityskysely, johon vastasi 200 valmistavan teollisuuden pk-yrityksen päättäjä. Kyselyssä selvisi, että vain alle 10 % yrityksistä pohtii uusien digitaalisten järjestelmien tai välineiden käyttöönottoa. Kyselystä selviää, että lähes kaikilla vastaajilla on käytössä perusjärjestelmät, kuten ERP-toiminnanohjausjärjestelmät ja CNC-ohjatut työstökoneet, mutta kehitysaskleet tästä eteenpäin ovat monilla tekemättä. Tutkimustuloksissa havaittiin, että korkeampi digitalisaation taso korreloi positiivisen liiketoiminnan tuloksen kanssa (Saari ym., 2021, s. 8). Tuloksista havaittiin, että yksi korkeimpia korrelaation kohteita on tuotantohenkilöstön digitaaliset taidot, johon liittyy vahvasti tietotyö ja työntekijöiden digiosaamisen kehittäminen (Saari ym., 2021, s. 9).

Tässä työssä tullaan suorittamaan työn toimeksiantajayritykselle Ermeka Oy:lle seuraava askel manuaalisesta tietojenkäsittelystä tuotannossa, kohti yhtenäistä ja integroitua tietojärjestelmää. Tiedonhallinta soveltuu digitaalisten kehittämistoimien aloituskohteeksi kustannustehokkuuden ja laaja-alaisten hyötyjen vuoksi. Kehityksen kohteena ovat NC-ohjelmien hallinnan siirtäminen pois yksittäisistä CNC-ohjauksista, yhteen keskitettyyn tietokantapohjaiseen järjestelmään ja toisena kehitystoimena on mahdollistaa suunniteltujen valmistusprosessien kokonaisvaltainen dokumentointi digitaaliseen muotoon.

Kehitystoimilla tavoitellaan ajassa ja rahassa mitattavia säästöjä, mutta osa hyödyistä kohdistuu tiedon laadun parantamiseen sekä riskien ja hiljaisen tiedon minimointiin. Ajallisia säästöjä tavoitellaan korvaamalla vanhat siirrettävät tallennusvälineet kiinteillä

tiedonsiirtoyhteyksillä. Ohjelmistohankinnoilla tavoitellaan NC-ohjelmien automaattista organisointia ja versionhallintaa, joiden avulla parannetaan niiden saatavuutta, ajantasaisuutta ja jäljitettävyyttä sekä vähennetään manuaalista tietojenkäsittelyä. Digitaalisilla dokumenteilla puolestaan tavoitellaan toistuvien töiden aseteaikojen lyhentämistä, hiljaisen tiedon minimointia ja tulevaisuudessa myös uusien työntekijöiden perehdytyksen tehostamista.

Työn sisältö käynnistyy yritysesittelyillä, joissa esitellään toimeksiantaja ja yhteistyökumppanit. Seuraavaksi käsitellään lyhyesti CNC-koneiden historiaa, termejä ja tarkastellaan toimeksiantajayrityksen kannalta keskeisten valmistuslaitteiden pääominaisuuksia ja termejä.

Tämän jälkeen siirrytään valmistusprosessien suunnitteluun sekä koneiden asetusten ja dokumentoinnin käytäntöjen tarkasteluun. Valmistusprosessien kuvauksen painopiste sijoittuu suunnittelun aikana tehtävien valintojen yleiskuvaukseen ja niiden vaikutuksiin.

Ennen työn käytännön toteutusta tutustutaan CNC-ohjausten yhteydessä käytettyihin tiedonsiirtoratkaisuihin ja niiden teknisiin toteutuksiin. Teoriaosuuden jälkeen seuraa käytännön toteutus, jossa suunnitellaan ja asennetaan uusi tiedonhallintaratkaisu sekä esitellään sen tulokset. Työ päättyy johtopäätöksiin ja pohdintaan.

2 Yritysesittelyt

Opinnäytetyön toimeksiantaja Ermeka Oy on vuonna 2010 perustettu teollisuuden tilauskonepaja. Yrityksen toimialaan kuuluvat asiakkaiden tarpeisiin räätälöidyt teollisuuden kone- ja laitevalmistukset sekä pienten ja keskisuurten tuotteiden alihankintakoneistusta. (Ermeka Oy, n.d.) Yritys toimii Hollolassa Soramäen teollisuusalueella, työllistää kuusi vakituista henkilöä ja vuoden 2022 liikevaihto oli 1,1 miljoonaa euroa (Suomen Asiakastieto Oy, 2023).

Ermeka Oy:n tarjoaman alihankintakoneistuspalvelu keskittyy yksittäiskappaleiden ja pienten sarjojen valmistukseen. Palvelu kattaa pääasiassa erilaiset lastuavat menetelmät, kuten sorvauksen, jyrynnän ja porauksen, mutta myös hitsauspalvelut. Erikoisosaamista on työkaluvalmistus karkaistuista teräksistä tai muista erikoismateriaaleista.

Yrityksen konekanta koostuu nykyaikaisista CNC-työstökoneista, jotka esitellään yksityiskohtaisesti taulukossa 1. Konekannasta löytyy kaksi eri kokoluokan sorvauskeskusta pyörivillä työkaluilla, 4-akselinen pystykarainen koneistuskeskus ja 5-akselinen avarruskone. EMCO sorvauskeskuksen tangonsyöttölaitteisto mahdollistaa myös pienten kappaleiden keskisuurien sarjakokojen valmistamisen. CNC-työstökoneiden lisäksi yritykseltä löytyy myös tavallisimmat laitteet manuaalikoneistukseen, sahaukseen ja hitsaukseen.

Taulukko 1. Ermeka Oy:n CNC-työstökoneet.

Nimi	Tyyppi	CNC-ohjaus	Työstöalue (mm)	Muuta
Hyundai-Kia SKT400M	sorvauskeskus	Fanuc 21iTB	Ø570 x 1000	
EMCO E45	sorvauskeskus	Fanuc 0iTC	Ø220 x 400	tangonsyöttölaite
Dah Lih MCV1020 BA	koneistuskeskus	Heidenhain iTNC530	1020 x 550 x 550	
Micromill Challenger HBM-4	avarruskone	Heidenhain iTNC530	2200 x 1600 x1600	

Ermeka Oy:n tarjoaa asiakkailleen räätälöityjä kone- ja laitesuunnittelupalveluja, jotka täyttävät asiakkaan erityisvaatimukset ja tarpeet. Sähkö-, automaatio- ja hydraulikkasovelluksissa hyödynnetään oman alansa ammattilaisia yhteistyökumppaneina.

Opinnäytetyön toteutuksen yhteistyökumppanina toimii tuotantolaitteiden tiedonsiirtoon ja tiedonkeruuseen erikoistunut i-GuSystem Oy. Yritys on yli 20 vuoden ja 6500 konekytkennän kokemuksellaan yksi Suomen kokeneimmista toimijoista tällä alalla. Yrityksen palveluihin kuuluvat CNC-ohjauksien, robottien ja muiden tuotantolaitteiden automaattiseen tiedonkeruuseen ja tiedonsiirtoon liittyvät ohjelmistot, laitteistot ja tuki. (i-GuSystem Oy, n.d.)

I-GuSystem Oy:n ohjelmistokehityksen yhteiskumppanina toimii JHi Solutions -toiminimellä toimiva Joonas Hiltunen. Hiltunen vastaa tämän työn toteutuksessa hankittavan VisualFactory-ohjelmiston kehittämisestä. (JHi Solutions, n.d.)

Ermeka Oy:n tarpeisiin soveltuva tuotepaketti suunnitellaan ja toteutetaan yhdessä i-GuSystem Oy:n Jouni Myllyksen kanssa. Yhteistyökumppani toimittaa toteutukseen

tarvittavat laitteet ja tarvikkeet sekä vastaa toimittamiensa ohjelmistojen asennuksesta ja käyttöönotosta.

3 CNC-työstökoneet

NC (Numerical Control) eli numeerinen ohjaus on ohjelmoitavan automaation muoto, jossa mekaanisia työstökoneita tai muita laitteita ohjataan aakkosnumeerisella NC-koodilla. Koodilla ohjataan työstökoneen liikesuuntia, nopeuksia ja muita toimintoja, joiden avulla työkappaleita prosessoidaan valmiiksi tuotteiksi. Numeerisilla ohjauksilla varustetut työstökoneet ovat kustannustehokas tapa valmistaa pieniä ja keskisuuria sarjakokoja luotettavasti ja tarkasti. (Groover, 2018, s. 158)

NC-aikakauden valmistavassa teollisuudessa voidaan sanoa alkaneen vuonna 1952, jolloin Massachusettsin teknillisessä korkeakoulussa otettiin käyttöön maailman ensimmäinen numeerisesti ohjattu työstökone. Ensimmäiset NC-ohjaukset valmistettiin elektroniputkien avulla ja ohjelmat kirjoitettiin reikänauhoihin. Vaikka ensimmäiset NC-ohjaukset olivat rajoitettuja ja vaativat manuaalista ohjelmointia, ne silti mullistivat valmistus- ja koneistusalan mahdollistamalla nopean ja tarkasti toistettavan työstön. 1960- ja 1970-luvuilla mikropiirit, puolijohteet ja myöhemmin mikroprosessorit korvasivat vanhan ohjausteknologian tehden laitteista pienempiä, luotettavampia ja nopeampia. Uusista tietokonepohjaisista ohjauksista aloitettiin käyttämään termiä CNC (Computerized Numerical Control). (Kief ym., 2021, ss. 16–18)

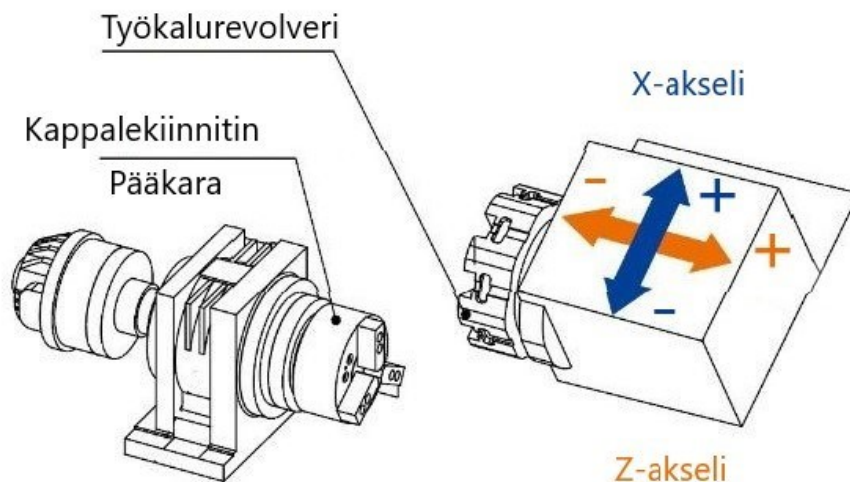
Alan kirjallisuudessa ja puhekielessä esiintyy edelleen molemmat lyhenteet NC ja CNC, mutta näiden käytöllä ei ole täysin vakiintunutta käytäntöä. Lyhenteellä NC viitataan kuitenkin usein ohjelmointiin ja ohjelmatiedostoihin, jotka käyttävät aakkosnumeerista koodia liikkeiden ja toimintojen määrittämiseen (Kief ym., 2021, ss. 655–656). Nykyaikaisista työstökoneista ja niiden ohjauksista puhuttaessa kuitenkin termit ovat käytännössä synonyymeja, koska jokainen yleisesti käytössä oleva laite sisältää vähintään yhden mikroprosessorin (Kief ym., 2021, s. 640). Yksiselkoisuuden vuoksi tässä työssä tullaan puhumaan nykyaikaisista koneista ja ohjauksista käyttämällä lyhennettä CNC, ja ohjelmoinnista ja ohjelmatiedostoista lyhennettä NC.

3.1 Sorvaus

Sorvaus on koneistusprosessi, jota käytetään materiaalin poistamiseen työkappaleesta kiertämällä sitä oman keskiakselinsa ympäri ja samanaikaisesti liikuttamalla työkalua kappaleen pintaa pitkin, ja tuloksena syntyy pyörimissymmetrisiä kappaleita. Sorvauksessa työkappale asennetaan karaan tai istukkaan, joka pyörii säädetyllä nopeudella. Työkalu tai revolveriin kiinnitettyä lastuavaa työkalua liikutetaan vähitellen materiaalin poistamiseksi, jolloin saadaan haluttu muoto ja mitat. (Maaranen, 2012, s. 129)

Perinteinen sorvaus suoritetaan XZ-tasossa, jossa työkappaleen pituussuunta on Z-akseli ja halkaisijasuunta X-akseli (Kuva 1). Akseleiden positiiviset liikesuunnat ovat aina työkappaleesta pois päin.

Kuva 1. XZ-sorvin konfiguraatio. (mukaiillen Tsugami Corporation)

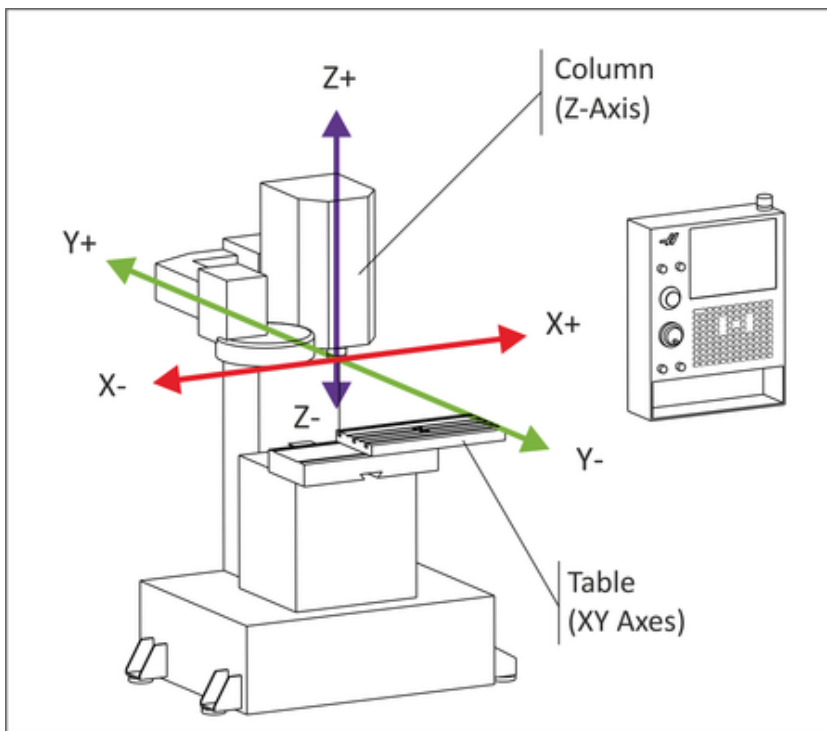


CNC-sorvauksen yhteydessä puhutaan usein sorvauskeskuksista. Sorvauskeskuksissa työkalurevolverin sisään on asennettu toinen karamoottori, joka mahdollistaa pyörivien työkalujen käytön. Normaaliin työkalurevolveriin kiinnitetty pora tai jyrsin mahdollistaa vain pääkarassa pyörivän kappaleen keskiön koneistamisen. Työkalurevolveriin asennettua pyörivää työkalua voidaan käyttää missä tahansa sijainnissa, koska pyörimiskeskio siirtyy työkalun mukana. (Smith, 2008, s. 177).

3.2 Jyrsintä

Jyrsintä on koneistusprosessi, jossa pyörivällä ja usein monihampaisella työkalulla poistetaan materiaalia jyrsinkoneen pöytään kiinnitetystä työkappaleesta. Jyrsinkone on vähintään kolme akselinen ja työkalukara voi olla pysty- tai vaakasuunnassa. Kuva 2 esittää yleisimmän jyrsinkonekonfiguraation, jossa pöytä liikkuu XY-tasossa ja Z-akseli pystysuuntainen. CNC-koneiden yhteydessä esiintyy termi työstökeskus, joka kuvaa nykyaikaista numeerisella ohjauksella ja automaattisella työkalunvaihtajalla varustettua jyrsinkonetta. (Maaranen, 2012, ss. 243–246)

Kuva 2. Jyrsinkoneen liikeakselit. (Autodesk, 2021)

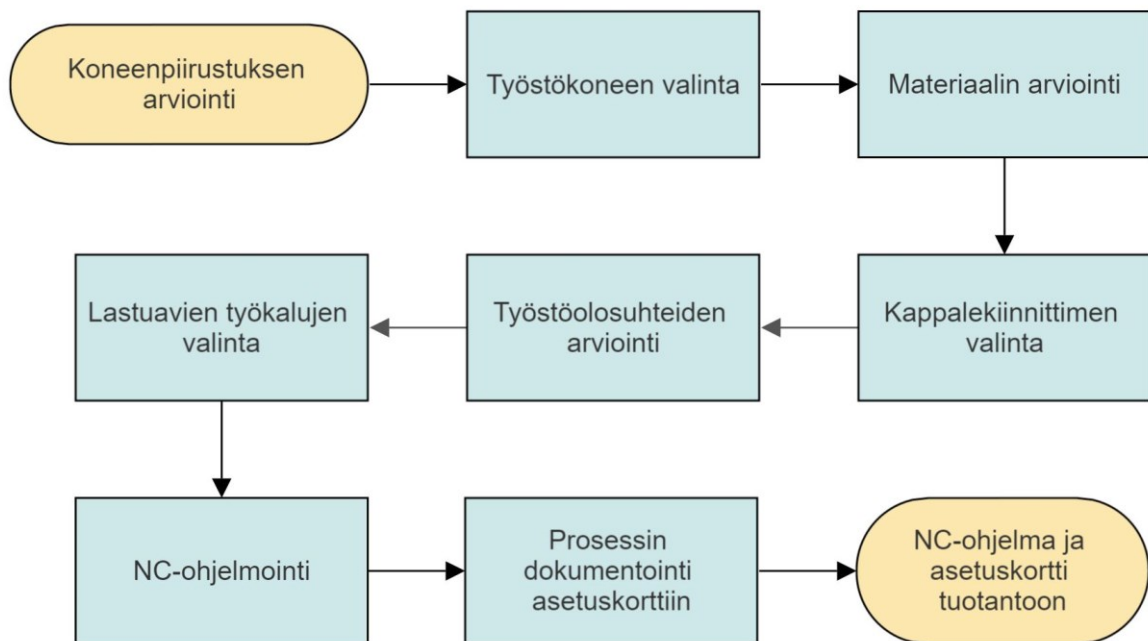


4 Valmistusprosessin suunnittelu CNC-työstökoneella

Tuotteiden valmistaminen CNC-työstökoneella vaatii, että valmistusprosessin jokainen vaihe on tarkasti suunniteltu. Valmistuksen tavoitteena ei ole ainoastaan tuotteen lopullisten laatuvaatimusten täyttäminen, vaan siinä tulee ottaa huomioon myös valmistukseen käytettävät resurssit ja aikataulut. (Scallan, 2003, s. 35)

CNC-työstökoneella tehtävän valmistuksen suunnittelu sisältää tiettyjä vaiheita, joiden avulla raaka-aine muutetaan viimeistellyksi tuotteeksi. Tässä osiossa on tarkoitus lyhyesti esitellä mitä ovat tavallisimmat valmistusprosessin suunnitteluun kuuluvat vaiheet CNC-koneilla työskennellessä, mitä valintoja näissä vaiheissa tulee tehdä ja mikä merkitystä tehdyillä valinnoilla on lopputulokseen. Kuva 3 esittää CNC-työstökoneella suoritettavan valmistusprosessin yleismallista kulkua.

Kuva 3. Valmistusprosessin suunnittelun työnkulku.



Kuvan 3 työnkulku esittää ainoastaan ohjelmoijalle asetettuja tehtäviä. Ohjelmoija tekee valmistusprosessin kannalta oleelliset valinnat ja dokumentoi ne asetuskorttiin. NC-ohjelman ja asetuskortin siirtyessä tuotantoon, on koneenasettajan tehtävänä valmistella

tuotantolaite asetuskortin ohjeiden mukaan ja tämän jälkeen operaattori toteuttaa ja valvoo itse valmistusta. Pienessä yrityksessä on tavallista, että kaikki ohjelmoijan, koneenasettajan ja operaattorin tehtävät ovat yhden tai kahden työntekijän vastuulla.

Organisaatorakenteesta työ sisältää kuitenkin samat perusvaiheet. (Smid, 2010, s. 101)

4.1 Koneenpiirustuksen arviointi

Koneenpiirustus antaa tiedot valmistettavan tuotteen materiaalista, muodosta, mitoista ja toleransseista. Arvioinnin aikana ohjelmoija määrittelee, minkälaisia työstöoperaatioita valmistukseen tarvitaan, missä järjestyksessä operaatiot tulee suorittaa ja lopulta valitsee sopivimman työstökoneen työhön. (Evans, 2020, s. 70)

On tavallista, ettei kaikkia muotoja aina pystytä valmistamaan yhdellä työstökoneella, jolloin valmistusprosessiin määritellään lisää työvaiheita toisessa valmistuslaitteella. Lastuavien työkalujen ja kiinnityslaitteiden valintaa voidaan myös rajata tässä vaiheessa. (Evans, 2020, s. 70)

4.2 Työstettävän materiaalin määrittäminen

Valmistettavan tuotteen materiaali määritellään tuotesuunnitteluvaiheessa, jossa johtavia tekijöitä ovat lopputuotteelta vaaditut mekaaniset ja kemialliset ominaisuudet sekä kustannukset. Valmistusvaiheessa keskitytään valitun materiaalin lastuttavuuteen, eli kuinka kustannustehokkaasti, luotettavasti ja laadukkaasti valittu materiaali on prosessoitavissa valmiiksi tuotteeksi. (Scallan, 2003, s. 109)

Koneistusta varten työstettävät materiaalit ovat luokiteltu ISO 513 -standardissa kuuteen pääryhmään niiden lastuttavuuden perusteella. ISO 513 -standardi käsittelee lastuavien työkalujen teräaineita ja geometrioita sekä tarjoaa ohjeita niiden soveltamiseen pääryhmän materiaaleille. Kuusi pääasiallista ISO-työstettävää materiaalityyppiä ovat (Sandvik Coromant, n.d.):

- ISO P – Teräs: Teräkset ovat laajin työstettävien aineiden ryhmä. Ryhmä käsittää seostamattomat ja seostetut teräkset sekä joitain ferriittisiä ja martensiittisiä ruostumattomia teräksiä. Teräksiin luokitellaan materiaalit, joista suurin osa on rautaa, hiilipitoisuus korkeintaan 1,7 %.
- ISO M – Ruostumaton teräs: Ruostumattomien terästen ryhmä sisältää ferriittisiä, martensiittisiä, austenniittisiä, superaustenniittisiä ja duplex-teräksiä. Ryhmän materiaalit sisältävät valtaosin rautaa, mutta kromipitoisuus on vähintään 11 % ja hiilipitoisuus yleensä erittäin matala.
- ISO K – Valurauta: Valuraudat ovat myös rauta-hiiliseoksia, mutta ne eroavat teräksistä ja ruostumattomista teräksistä yli 2 %:n hiilipitoisuuden vuoksi. Valuraudasta valmistetuille materiaaleille on tyypillistä niiden kulumiskestävyys ja korkea puristuslujuus.
- ISO N – Ei-rautametallit: Tähän ryhmään kuuluvat ei-rautametallit, kuten alumiini, kupari, messinki, pronssi ja niiden seokset. Näille materiaaleille on yleensä ominaista niiden alhainen tiheys, pehmeys ja korroosionkestävyys.
- ISO S – Kuumalujat superseokset: S-ryhmän materiaalit koostuvat lämmönkestävistä erikoismetalliseoksista, joita käytetään tyypillisesti ilmailu-, energiantuotanto- ja muiden korkean lämpötilan sovellusten yhteydessä. Näihin seoksiin sisältyy usein elementtejä, kuten kobolttia, nikkeliä ja titaania, ja ne osoittavat erinomaista korkean lämpötilan lujuutta ja hapettumisenkestävyyttä. Tässä ryhmässä materiaalien fysikaaliset ominaisuudet vaihtelevat suuresti riippuen kemiallisista koostumuksista ja toimitustilasta.
- ISO H – Karkaistut teräkset: Nämä ovat teräksiä, jotka ovat karkaistu ja päästetty saavuttaakseen erittäin korkean kovuuden ja kulumiskestävyuden. Karkaistuja teräksiä käytetään usein työkaluissa, kuten leikkureissa, stansseissa ja muoteissa.

ISO 513 -standardin sisällä toinen osa kuvaa koneistusprosessin olosuhteita.

Koneistusprosessien lajit on merkitty numeroilla 01–50, jossa numero 01 viittaa tilanteisiin, joissa leikkuureunaan kohdistuu suuria lämpökuormia ja pieniä mekaanisia kuormia.

Vastaavasti numero 50 tarkoittaa tilanteita, joissa leikkuureuna kohtaa pieniä lämpökuormia ja suuria mekaanisia kuormia. (ISO 513:2012, ss. 3–4)

Lastuttavan materiaalin ja koneistus olosuhteiden tarkka määrittely on tärkeää erityisesti lastuavien työkalujen valinnassa, minkä vuoksi on parasta käyttää työkaluvalmistajien omia materiaalityhmittelyjä. Esimerkkinä tästä on Sandvik Coromantin kehittämä MC-koodi, joka auttaa tarjoamaan täsmällisempiä työkalu- ja lastuamisarvosuosituksia. MC-koodi käyttää ISO-standardin mukaisia pääryhmiä, mutta tarkempi alaryhmä määritetään esimerkiksi materiaalien seosaineiden, valmistustavan ja lämpökäsittelyiden perusteella. (Sandvik Coromant, n.d.)

4.3 Työkappaleen kiinnitys

Työkappalekiinnittimet ovat laitteita, joihin työstettävä materiaali kiinnitetään valmistusprosessin ajaksi. Jokaisella kappalekiinnittimellä on teknisestä toteutuksesta riippumatta samat päätehtävät: työkappaleen tarkka paikoitus ja paikallaan pitäminen. (Scallan, 2003, s. 252)

Kappalekiinnittimen valinnassa huomioon otettavia asioita ovat: (Scallan, 2003, s. 258)

- Työkappaleen fyysiset ominaisuudet: Työkappaleen geometrian ja massan täytyy olla suoraan verrannolliset kappalekiinnittimen kokoon ja kantavuuteen.
- Työstön aikaisten voimat: Voimien kokoa ja suuntaa tulee arvioida, jotta työkappale ei liiku tai irtoa kiinnittimestä.
- Kappalekiinnittimen ja työkalun suhde: Valinnassa tulee varmistaa, että suunnitellut koneistukset pystytään suorittamaan ilman kappalekiinnittimen ja työkalujen yhteentörmäyksiä.

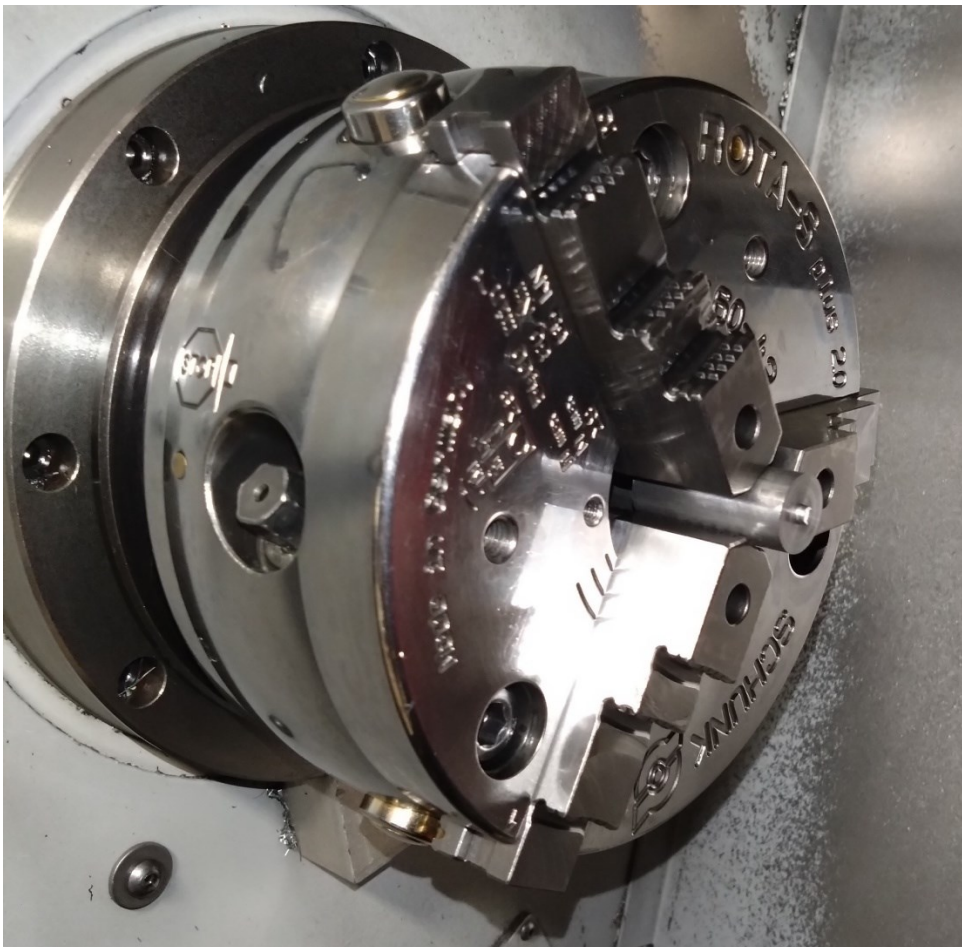
Seuraavaksi esitellään konepajan yleisimmät kiinnityslaitteet sekä niiden pääpiirteet ja käyttökohteet. Yleisimmät kiinnityslaitteet ovat monikäyttöisiä, ja ne soveltuvat pienellä asetustyöllä usean muotoisille ja kokoisille työkappaleille.

4.3.1 Istukat

Istukka on kiinnityslaite, jota käytetään tavallisimmin sorvissa pitämään ja pyörittämään työkappaletta. Mekaanisella periaatteella toimivat istukat puristavat työkappaletta ulko- tai sisäpinnalta ja niitä on useita eri tyyppisiä ja kokoja. Istukan kiristyksen tekninen toteutus voi olla manuaalinen, sähköinen, pneumaattinen tai hydraulinen. (Maaranen, 2012, s. 154) Istukat voidaan jakaa kahteen pääryhmään, leukaistukoihin ja holkki-istukkoihin.

Leukaistukat voidaan myös jakaa kahteen selkeää alaryhmään, itsekeskittäviin ja itsenäisesti liikkuviin. Itsekeskittyvän istukan leuat liikkuvat symmetrisesti, jolloin työkappale keskittyy automaattisesti työstökoneen karan suuntaisesti. Itsekeskittävät leukaistukat ovat helppokäyttöisiä ja työkappaleen vaihto on nopeaa. (Scallan, 2003, s. 253) Kuvassa 4 esiintyy käsikäyttöinen itsekeskittävä 3-leuka istukka.

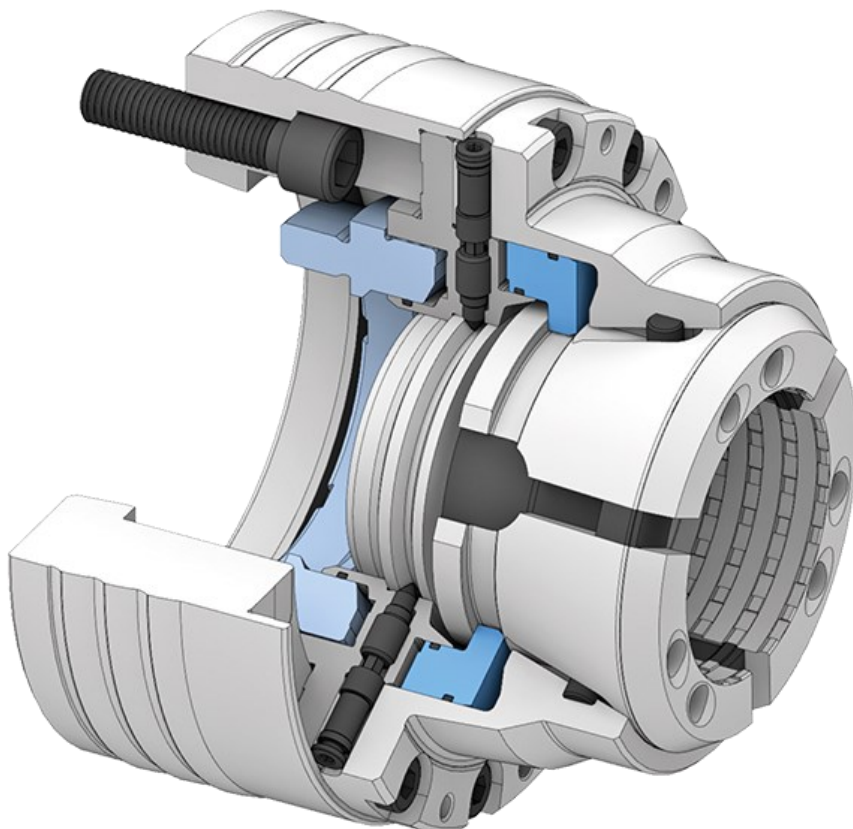
Kuva 4. Itsekeskittävä 3-leukaistukka.



Toisessa ryhmässä ovat istukat itsenäisesti liikkuvilla leuoilla, jotka kappaleen pyörimiskeskiön portaattoman säätämisen. Itsenäiset leuat mahdollistavat monipuolisemmat mahdollisuudet, mutta käyttö ja asetus ovat hitaampia. Leukaistukoiden halkaisija-alueelle ei ole selkeitä rajoituksia, vaan niiden perus toimintamalli soveltuu alueelle muutaman millimetrin halkaisijoista ylöspäin. (Scallan, 2003, s. 253)

Holkki-istukat ovat kiinnityslaitteita, joilla nimensä mukaisesti puristusvoima välitetään työkappaleeseen holkin välityksellä. Holkki-istukan sisään asennettavien vaihtoholkkien pinta on kartiomainen, jonka avulla sisäänpäin vedettäessä sen pinta puristuu työkappaleen ympärille. (Scallan, 2003, ss. 253–254) Kuvassa 5 on vetoholkki-istukan läpileikkaus, jossa tumman sinisen osan vetoliike vetää holkin ja istukan kartioita vastakkain aiheuttaen holkin supistumisen. Vaihtoholkin segmenttien välit ovat joustavaa vulkanoitua kumia.

Kuva 5. Vetoholkki-istukka. (mukaiillen Hainbuch, n.d.)



Holkki-istukalla saavutetaan tasainen puristusvoima ja korkea tarkkuus, mutta niiden käyttöalue on rajoitettu pieniin halkaisijoihin. Holkki-istukoiden heikkoudeksi voidaan myös luokitella vaihtoholkkien kapea puristusalue, joka on noin $\pm 0,5\text{--}1$ mm suhteessa nimellishalkaisijaan.

4.3.2 T-urat ja kiinnitysraudat

T-ura on T-muotoinen kanava, joka löytyy tavallisesti jyrsinkoneiden ja porakoneiden pöydistä. Se mahdollistaa työkappaleiden, ruuvipenkien ja muiden kiinnikkeiden turvallisen kiinnittämisen jyrsinkoneen pöytään. T-urat tarjoavat monipuolisuutta, joustavuutta ja ne mahdollistavat komponenttien helpon säätämisen ja siirtämisen. T-uriin sopivia ruuveja, muttereita, kiinnitysraudoilla, ketjuja ja vipukiinnittimiä on saatavilla suuri määrä, ja niitä yhdistelemällä voidaan kiinnittää lähes minkä tahansa muotoinen kappale. (Maaranen, 2012, ss. 68–69)

ISO 299:1987-standardi määrittelee T-urat sekä niihin sopivien pulttien ja muttereiden mitat, muodot ja toleranssit. Tämä standardointi varmistaa T-urakomponenttien yhteensopivuuden ja vaihdettavuuden eri työstökoneiden välillä.

4.3.3 Koneruuvipuristin

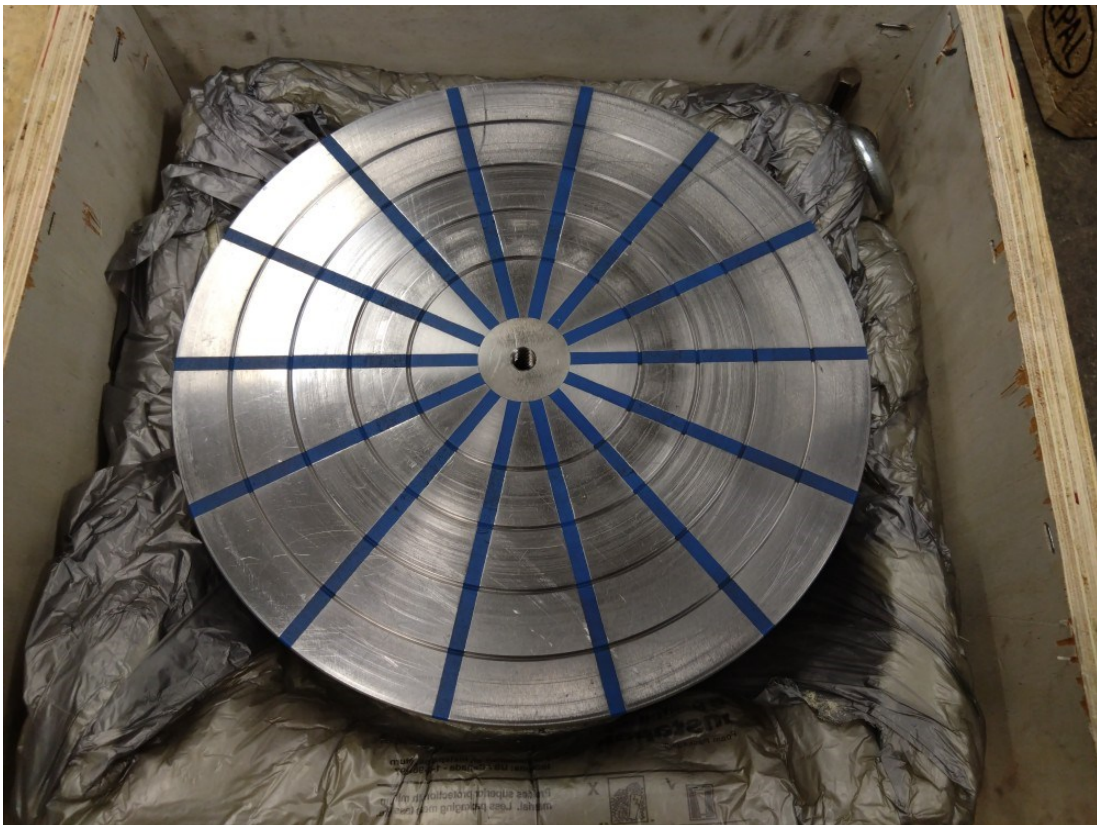
Ruuvipuristin on mikä tahansa kiinnityslaite, jolla työkappale kiinnitetään puristamalla se kahden leuan väliin. Koneistukseen tarkoitetuilta ruuvipuristimilta vaaditaan suurempaa tarkkuutta ja pitovoimaa, ja niistä käytetään yleisesti nimitystä koneruuvipuristin. (Evans, 2020, s. 70)

Koneruuvipuristimet soveltuvat erityisesti pienten ja muodoiltaan säännöllisten työkappaleiden kiinnitykseen. Koneruuvipuristin kohdistetaan tavallisesti ohjauskiiloilla työstökoneen pöydän t-uriin ja lukitaan paikalleen kiinnitysraudoilla. (Maaranen, 2012, s. 269)

4.3.4 Magneetit

Magneettiset kiinnityslaitteet ovat tavallisempia hionnassa kuin koneistuksessa. Magneettinen kiinnityslaite koostuu tyypillisesti sähköisesti aktivoitavasta sähkömagneetista, tai mekaanisesti kytkettävästä kestromagneetista. Kuva 6 esittää kaikenlaiseen työstöön soveltuvaa kestromagneetti-istukkaa.

Kuva 6. Kestomagneetti-istukka.



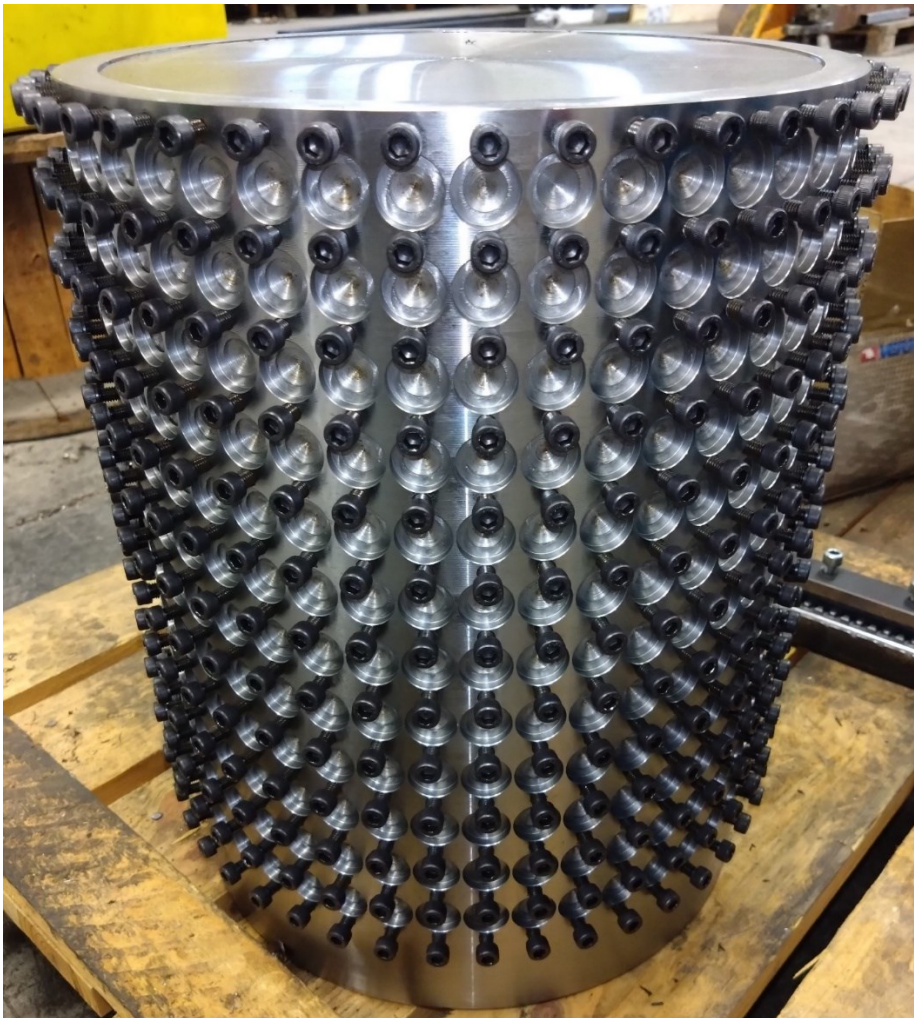
Magneettikiinnittimet tarjoavat tasaisen pitovoiman ja esteettömän pääsyn kappaleen ympärille. Tasaisen pitovoiman vuoksi magneettikiinnittimet soveltuvat hyvin ohuiden ja tarkkojen kappaleiden valmistukseen, joissa riskinä on työkappaleen taipuminen muiden kiinnityslaitteiden tai työstön aikaisten voimien vuoksi. Magneettisten kiinnittimien heikkoutena on niiden soveltuvuus vain kapealle materiaalivalikoimalle. (Scallan, 2003, s. 302)

4.3.5 Kiinnitysjiit

Kiinnitysjiit on yhdelle tuotteelle tai tuoteperheelle erikoisvalmistettu kiinnityslaite tai modulaarinen kokonaisuus. Tuotekohtaisilla kiinnittimillä tavoitellaan usein nopeampaa kappaleen vaihtoa, suuremman kappalemäärän yhdenaikaista koneistamista sekä parempaa paikoitus- ja koneistustarkkuutta. (Scallan, 2003, s. 256)

Kuvassa 7 on esimerkki erikoisvalmisteisesta kiinnitysjiitistä. Jiitä käytetään ilmaustulppien valmistuksessa, jossa se tarkoituksena on mahdollistaa satojen kappaleiden valmistaminen yhdellä kiinnityksellä. Samalla tämän kaltainen kiinnitysjiit mahdollistaa työstökoneen korkeamman käyttöasteen, jos jiitin lataaminen ja purkaminen suoritetaan koneen valmistaessa muuta tuotetta.

Kuva 7. Kiinnitysjiit ilmaustulppien valmistukseen.



Yleiskäyttöisten kiinnittimien, kuten istukoiden ja koneruuvipuristimien, käytössä saattaa esiintyä työkappaleen virheellisen asennuksen riskejä. Tuotekohtaisten kiinnitysjigien käytöllä voidaan eliminoida tai pienentää asennusvirheiden mahdollisuutta ja mahdollistaa myös kokemattomampien työntekijöiden käyttö operaattorin tehtävissä. (Scallan, 2003, s. 256)

4.4 Lastuavien työkalujen valinta

Onnistuneen koneistusprosessin kriittisin yksityiskohta on suorituskykyisten työkalujen valinta. Lastuavien työkalujen valintaan vaikuttaa kaikki prosessissa tähän mennessä tehdyt valinnat, mutta myös taloudellisuuteen ja aikatauluihin liittyvät yksityiskohdat tulee huomioida. (Scallan, 2003, s. 171)

Lastuavan työkalun valinta on monimutkainen prosessi, jossa on otettava huomioon useita tekijöitä optimaalisen tuloksen saavuttamiseksi. Nämä tekijät voidaan jakaa kahteen ryhmään: kiinteisiin ja muuttuviin. Kiinteät tekijät määrittelevät työkappaleen materiaalia, muotoja ja toleransseja sekä työstökonetta, työstöoperaation tyyppiä ja työkappaleen kiinnitystä. Muuttuvia tekijät liittyvät itse työkaluihin, kuten tyyppiin, terän muotoihin ja geometriaan sekä materiaaliin. On tärkeää tunnistaa ensin kiinteät tekijät, ennen kuin ryhdytään valitsemaan muuttuvia tekijöitä. (Smith, 2008, s. 43)

Jokaiselle työstöoperaatiolle on olemassa oman tyyppiset työkalunsa. Sorvauksessa käytetään yksikärsisiä kiinteitä työkaluja, mutta jyrsinnässä käytetään pyörivää ja lähes aina monihampaista työkalua. Lisäksi sorveissa ja jyrsimässä käytetään työkaluja poraukseen, kierteitykseen ja kalvimiseen, mutta nämä työkalutyyppit ovat usein yleisesti soveltuvia monenlaisissa työstökoneissa käytettäväksi.

Työkalut muodostuvat aina kahdesta osasta: työkalupitimestä ja leikkaavasta terästä. Työkalupitimet ovat uudelleenkäytettäviä ja pitkäikäisiä, ja terät taas ovat kulutustavaraa. Terät ovat joko työkalupitimen runkoon vaihdettavia teräpaloja tai suuremmasta teräaihiosta hiottuja varsimallisia.

4.5 Ohjelmointi

NC-ohjelma sisältää sarjan ohjeita, jotka ohjaavat CNC-konetta työstämään kappaleen haluttuun muotoon. NC-ohjelma sisältää paitsi työkalujen liikkeitä, pyörimisnopeudet ja syötöt, myös erilaiset käskyt, joita CNC-kone tarvitsee suorittaakseen työstöprosessin oikein. Nämä käskyt ohjaavat esimerkiksi työkalun vaihtoa, kappaleen kiinnitystä ja lastuamismesteen käyttöä. (Maaranen, 2012, s. 366)

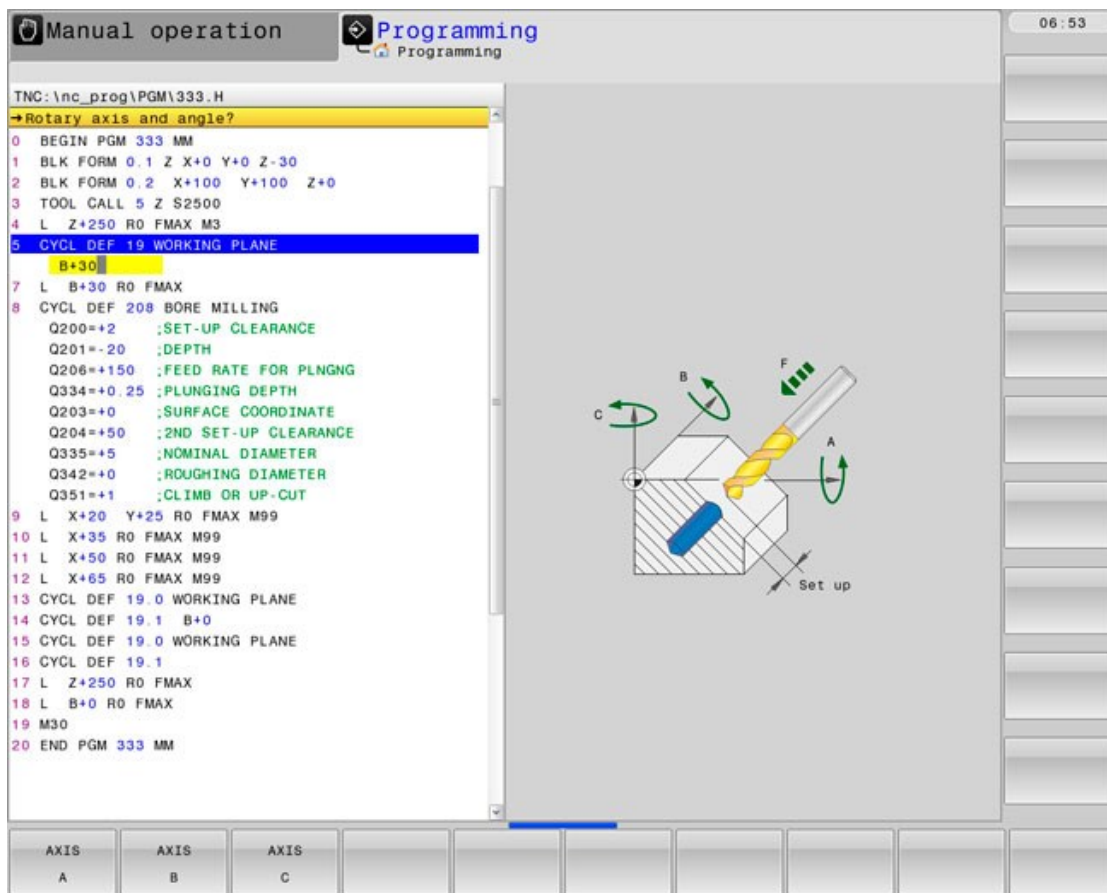
Useimmat CNC-ohjaukset käyttävät ISO 6983-standardin mukaista syntaksia, joka tunnetaan yleisesti G-koodina (Kief ym., 2021, s. 505). Ohjelmointimenetelmät voidaan jakaa kolmeen yleiseen ryhmään – manuaaliseen, vuorovaikutteiseen ja CAM-ohjelmointiin.

Ohjelmointimenetelmän valintaan vaikuttavat oleellisesti valmistettävien tuotteiden monimutkaisuus, eräkkö, työvoiman ammattitaito sekä organisaation yhteiset toimintatavat ja työkulut.

Manuaalisella ohjelmoinnilla tarkoitetaan ohjelmoinnin toteuttamista suoraan CNC-ohjauksessa tai tietokoneella käyttäen mitä tahansa tekstieditoria. Tässä menetelmässä tietokone tai CNC-ohjaus ei avusta ohjelmoijaa laskutoimituksissa tai oikean syntaksin muodostamisessa. (Mazak Corporation, 2016)

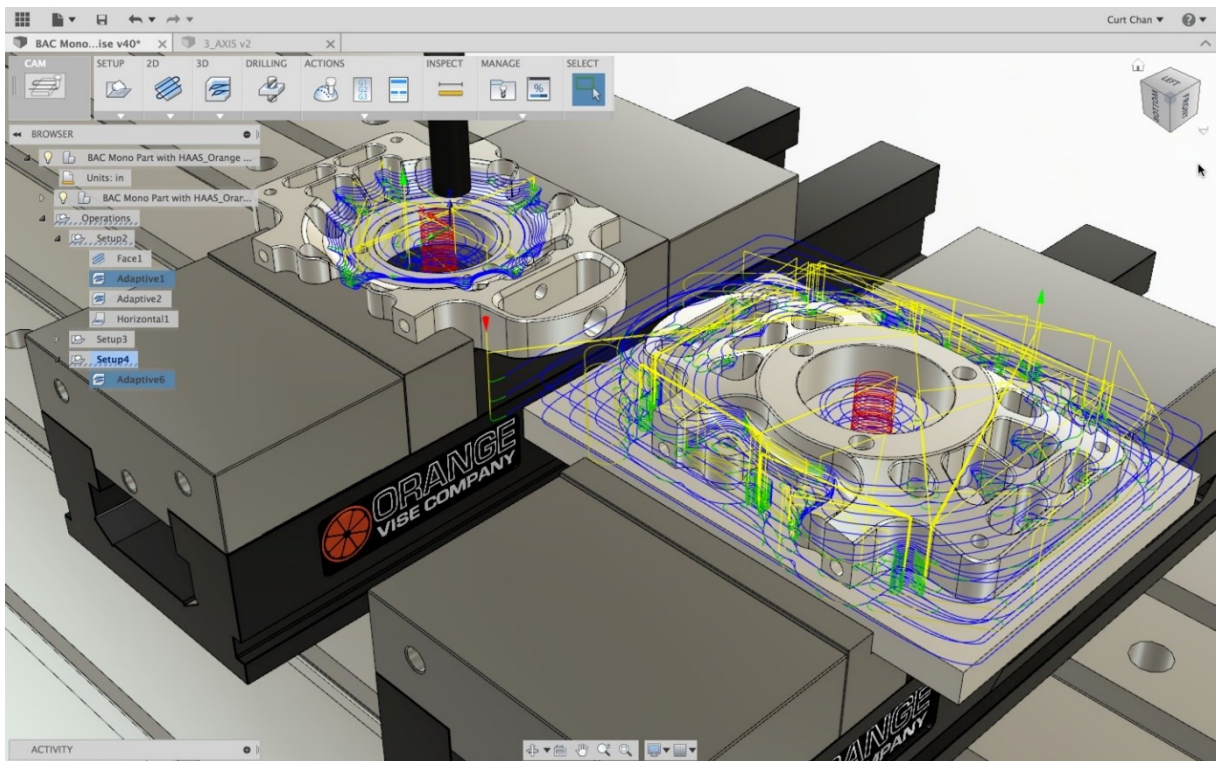
Vuorovaikutteinen ohjelmointi viittaa taas menetelmään, jossa CNC-ohjaus avustaa ohjelmointia selkokielisten ja graafisten valikoiden avulla. Vuorovaikutteiset ohjelmointimenetelmät mahdollistavat sen, että myös kokemattomat ohjelmoijat pystyvät valmistamaan yksinkertaisia kappaleita kohtuullisessa ajassa. (Mazak Corporation, 2016) Kuvassa 8 on esimerkki Heidenhain-ohjauksella suoritettavasta vuorovaikutteisesta ohjelmoinnista.

Kuva 8. Vuorovaikutteinen ohjelmointi. (Heidenhain, n.d.)



CAM, eli tietokoneavusteinen valmistus, tarkoittaa laajemmin tietokoneiden käyttöä tuotantoprosessien suunnittelussa, hallinnassa ja valvonnassa. Käytännössä termillä viitataan usein ohjelmointimenetelmään, jossa ulkoista tietokoneohjelmistoa hyödynnetään CNC-koneiden työstöratojen ja muiden käskyjen luomisessa. CAM-ohjelmoinnissa käytetään suunnittelussa luotuja 3D-malleja apuna työkalujen liikeratojen määrittelyssä, mikä vähentää laskutoimitusten tarvetta ja virheiden mahdollisuutta. Ohjelmoijan tehtävä on määrittellä CAM-ohjelmistossa työstöprosessin järjestys, käytettävät työkalut ja niiden työstöarvot. (Kief ym., 2021, ss. 505-509) Kuva 9 esittää CNC-koneen työstöratojen luontia CAM-ohjelmistolla.

Kuva 9. CAM-ohjelmointi. (Autodesk, 2015).



CAM-ohjelmistot ovat universaaleja ohjelmointialustoja, eli ohjelmistossa luodut työstöradat ovat muunnettavissa mille tahansa CNC-työstökoneelle postproessoriksi kutsutulla konekohtaisella tiedostolla. CAM-ohjelmoinnin hyödyt nousevat vahvasti esiin, kun kappaleet vaativat monimutkaisten työstöratojen luomista tai tilanteessa, jossa yksi ohjelmoija on vastuussa useiden koneiden ohjelmoimisesta. Koska CAM-ohjelmointi suoritetaan aina ulkoisella tietokoneella, tulee tietokoneen ja CNC-ohjauksen välillä olla toimiva ja tehokas tiedonsiirtoratkaisu. (Kief ym., 2021, ss. 505-509)

4.6 Asetus ja valmistusprosessien dokumentointi

Asetus tarkoittaa valmistuslaitteiden säätämistä ja muokkaamista valmistuksen eri vaiheita tai eri tuotteita varten. Asetusaika on aika, joka kuluu muutostoimenpiteiden suorittamiseen. Asetusaika kattaa ajan, joka kuluu tuotantoprosessin päätyttyä yhden tuotteen tai sarjan valmistumisesta, kunnes seuraavan tuotteen tai sarjan valmistus alkaa. Asetusaikaan vaikuttaa monia tekijöitä, kuten työntekijöiden taitotaso, laitteiden ja työkalujen saatavuus, prosessien tehokkuus ja työn organisointi. (Herr, 2014, ss. 16–17)

CNC-työstökoneella asetus sisältää mainittujen vaiheiden fyysisen suorittamisen ja tietojen kirjaamisen CNC-ohjaukseen. Oleellisia vaiheita ovat muun muassa: (Smid, 2010, ss. 3–4)

- Ohjelman siirtäminen CNC-ohjaukseen
- Ohjelman tarkistus ja simulointi
- Materiaalin mittojen tarkistus
- Työkalujen ja niiden pitiminen valmistelu sekä parametrien määrittämisen CNC-ohjaukseen
- Kappalekiinnittimen ja materiaalin asentaminen
- Ensimmäisen kappaleen valmistaminen ja tarkastus sekä mahdollinen ohjelman optimointi

Asetuksen teko määrittellään epätoivotuksi toimenpiteeksi, koska se sitoo tuotantolaitteita ja siihen osallistuvia henkilöitä arvoa tuottamattomaan työhön. Tuotantoresurssien kulut juoksevat ja niiden käyttö muissa tehtävissä samanaikaisesti on mahdotonta. Asetuksen suorittamisen ollessa pakollinen osa tuotteen valmistusta, mutta samalla arvoa tuottamatonta työtä, tulisi siihen käytetyn ajan olla aina mahdollisimman lyhyt. (Herr, 2014, s. 7)

Tehokkaiden ja virheettömien asetusprosessien keskiössä ovat työntekijöiden välinen kommunikointi, prosessien dokumentointi sekä standardointi. Kommunikointi ja dokumentointi ovat erityisen tärkeitä silloin, kun samojen valmistusprosessien parissa työskentelee useita henkilöitä, joiden tiedot ja taitotasot voivat vaihdella. Standardoinnin avulla useissa asetteissa esiintyviä elementtejä tai työvaiheita voidaan yhdenmukaistaa ja automatisoida, mikä parantaa tuotannon tehokkuutta, laatua ja turvallisuutta sekä vähentää virheitä ja henkilöstöltä vaadittua taitotasoa. (Herr, 2014, s. 133)

Kommunikointi ja dokumentointi kulkevat usein käsi kädessä, ja niiden yhteisenä tavoitteena on saattaa kaikki valmistusprosesseihin liittyvä tieto asianomaisten henkilöiden saataville, jotta hiljainen tieto saadaan eliminoitua. Käytännön sovelluksia ovat esimerkiksi asetuskortit, joihin kirjataan kaikki valmistusprosessiin ja sen asettamiseen tarvittavat työkalut, tarvikkeet ja vaiheet. Asetuskorttien käytössä tehokasta on hyödyntää mahdollisimman paljon

visuaalisia opasteita, sillä valokuvat ovat nopeampia sisäistä ja ne nopeuttavat asetuskorttien laatimista. Asetuskorteilla voidaan parantaa valmistusprosesseja, jos työntekijöille annetaan mahdollisuus palautteen jättämiselle ja tiedon välittämiseksi takaisin suunnitteluun. (Herr, 2014, ss. 133–135)

5 DNC

DNC (Direct/Distributed Numerical Control) viittaa järjestelmään, jossa useita CNC-koneita ja muita tuotantolaitteita on kytketty yhteen keskustietokoneeseen. Nykyaikaisen DNC-järjestelmän tarkoituksena on turvallisen ja luotettavan tiedonsiirron takaaminen CNC-koneiden ja keskustietokoneen välillä sekä NC-ohjelmatiedostojen hallinta keskustietokoneella. (Kief ym., 2021, s. 559)

Ensimmäinen DNC-järjestelmä kehitettiin 1960-luvun loppupuolella ja se oli ensimmäinen yritys käyttää digitaalista tietokonetta NC-koneen ohjaukseen. Tämä tapahtui ennen CNC-ohjausten tuloa, jonka vuoksi ensimmäisten järjestelmien toimintapa poikkea hyvin paljon nykypäivästä. Ensimmäisiä DNC-järjestelmiä käytettiin NC-koneiden toimintojen suoraan ohjaamiseen, josta syntyi suora numeerinen ohjaus. NC-ohjaukseen syötettiin ohjelmaa rivi kerrallaan, joita koneita suoritti. Työstökoneen toiminta ei eronnut perinteisen NC-ohjauksen toiminnasta, mutta DNC vapautti NC-koneet reikänauhoista ja nauhanlukijoista, jotka olivat niiden epäluotettavimmat komponentit. (Groover, 2018, s. 169) Suuren vastuun asettaminen yhden keskustietokoneen varaan toi mukanaan riskin sen hajoamisesta, mikä saattoi johtaa laajoihin tuotannon pysähtymisiin (Brauer & Cesarone, 2022, s. 175).

CNC-koneiden saapuessa ja yleistyessä 1970- ja 1980-luvuilla DNC-järjestelmän toimintapa muuttui, koska keskustietokonetta ei enää tarvittu koneiden reaaliaikaiseen ohjaukseen. Uudistuneen toiminnan tarkoituksena oli keskittyä ainoastaan tiedonsiirtoon ja tiedonhallintaan keskustietokoneen ja CNC-ohjauksen välillä. (Groover, 2018, ss. 170–171)

5.1 DNC-järjestelmän ominaisuudet ja tavoitteet

DNC-järjestelmä on keskeinen osa nykyaikaisen konepajan tiedonhallintaa. DNC-järjestelmän ensisijaiset tavoitteet ovat kaksisuuntaisen tiedonsiirron mahdollistaminen CNC-ohjauksen ja keskustietokoneen välillä sekä NC-ohjelmien järjestäminen ja luetteloiminen. Organisoidun ohjelmakirjaston avulla tiedostojen löytäminen ja niiden siirtäminen tuotantoon on nopeaa, helppoa ja luotettavaa. DNC-järjestelmä mahdollistaa muiden tuotantolaitteiden, kuten mittakoneiden ja työkalun esiasetuslaitteiden, liittämisen samaan verkkoon CNC-työstökoneiden kanssa. Tiedonsiirron automatisointi erilaisten laitteiden välillä vähentää virheiden riskiä verrattuna manuaaliseen tietojen syöttämiseen. (Radhakrishnan ym., 2008, s. 381)

DNC-järjestelmän hankinnan kannattavuutta voidaan arvioida olosuhteiden perusteella. Erityisesti järjestelmän hyödyt nousevat esiin ympäristössä, jossa hallitaan suurta määrää CNC-työstökoneita ja NC-ohjelmia. Jos ohjelmia siirretään useita kertoja päivässä, voi investointi DNC-järjestelmään olla kannattavaa jo kahden CNC-koneen kapasiteetilla. (Kief ym., 2021, s. 560)

CAM-ohjelmistoja käytettäessä DNC-järjestelmä on lähes pakollinen hankinta, jotta uudet ohjelmat saadaan tehokkaasti tuotantoon. Käytettäessä CAM-ohjelmistoja vanhojen CNC-ohjauksien kanssa, on riskinä, että NC-ohjelmat ovat tiedostokooltaan suurempia kuin CNC-ohjauksen tallennustila. Tällaisessa tilanteissa NC-ohjelmaa tulee syöttää reaaliajassa pienissä paloissa ohjaukseen, joka mahdollista useimpien DNC-järjestelmien kohdalla. (Kief ym., 2021, s. 560)

Keskustietokoneen ja CNC-ohjauksen välisen tiedonsiirron hallinta voidaan usein asettaa tehtäväksi kummalta laitteelta tahansa. Ensimmäinen menetelmä on hallinta tietokoneelta, jossa tietokoneen ruudulla näkyvät vierekkäin kyseiselle CNC-ohjaukselle asetettu kansio ja CNC-ohjauksen oma tallennustila. Ohjelmia ja muita tiedostoja voidaan siirtää raahaa ja pudota -tyyppisesti. (Kief ym., 2021, s. 562)

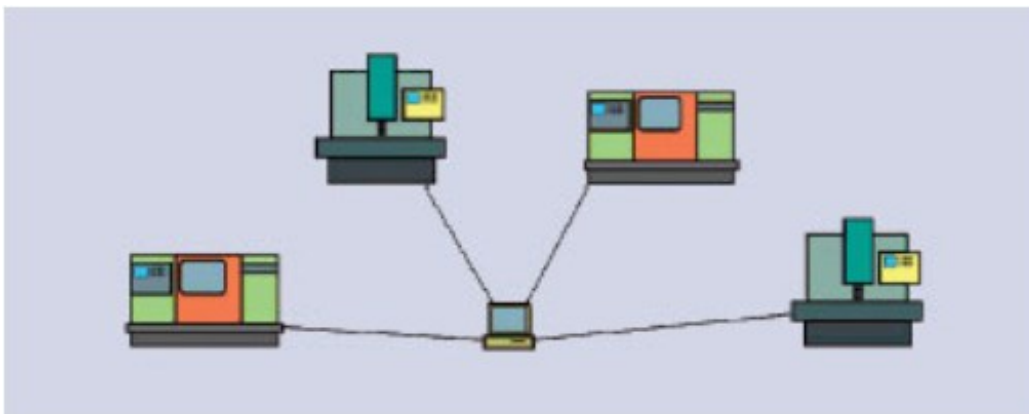
Toinen tiedonsiirron hallinnan menetelmä on kutsunta CNC-ohjauksesta. Kutsuminen tapahtuu käyttämällä nk. juoksupoika-ohjelmaa. Tämä erityinen ohjelma lähetetään CNC-ohjauksesta keskustietokoneelle, joka tunnistaa, ettei se ole kirjastoon tallennettava ohjelma vaan pyyntö. Pyyntön saatuaan keskustietokone etsii ohjelman kirjastostaan ja siirtyy automaattisesti lähetyvalmiuteen. Lähetys alkaa, kun CNC-ohjaus asetetaan sisään luku - tilaan. Tällä menetelmällä tiedonsiirtoa voidaan hallita suoraan CNC-ohjauksesta. (Kief ym., 2021, s. 562)

5.2 Tiedonsiirron tekninen toteutus DNC-järjestelmässä

Yleisen DNC-järjestelmän voidaan sanoa koostuvan vähintään kolmesta osasta, keskustietokoneesta, CNC-ohjatusta tuotantolaitteesta ja niiden välisestä tiedonsiirtolaitteistosta (Groover, 2018, s. 170). Tiedonsiirtoon tarvittavien laitteiden kokoonpano on riippuvainen kytkettävien CNC-ohjausten liitännöistä. Kaikki nykyiset toteutustavat yhdistävät CNC-ohjaukset tietokoneisiin lähiverkkojen, sarjakaapelien tai näiden yhdistelmien avulla. (Kief ym., 2021, ss. 563–564)

DNC-järjestelmän tiedonsiirron toteutus pelkästään sarjakaapelien (Kuva 10) avulla soveltuu parhaiten ympäristöihin, joissa kytkettäviä laitteita on vain muutama ja tiedonsiirron etäisyydet pysyvät lyhyinä. Suoria kytkentöjä käyttämällä jokainen CNC-ohjaus tulee liittää erillisellä kaapelilla tietokoneeseen, mikä heikentää järjestelmän laajennettavuutta ja laitteiden siirtämisen mahdollisuutta. (Kief ym., 2021, s. 563)

Kuva 10. DNC-järjestelmä sarjaliitännöillä (Kief ym., 2021, s. 563)

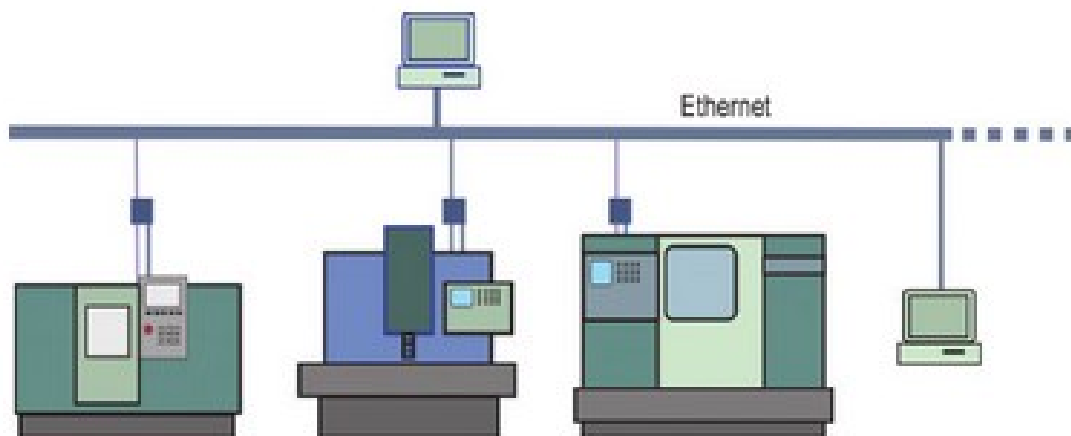


Sarjaliitännästä tai sarjaportista puhuttaessa tarkoitetaan usein 1960-luvulla alkunsa saanutta RS-232-standardia. RS-232 on yksinkertainen ja luotettava, mutta sillä saavutettavat tiedonsiirtonopeudet ovat pieniä ja etäisyydet lyhyitä. RS-232-standardin mukaiset liitännät ovat edelleen yleisiä teollisuusautomaatiossa, mutta tietokoneissa USB on korvannut ne lähes kokonaan. (Frenzel, 2016, ss. 109–112)

Lähiverkkopohjaiset DNC-järjestelmät (Kuva 11) käyttävät lähes yksinomaan Windows-pohjaisia tietokoneita ja yleisimpiä lähiverkkoteknologioita tiedonsiirtoon.

Lähiverkkoteknologioiden avulla saavutetaan pidemmät tiedonsiirron etäisyydet ja nopeudet sekä mahdollistetaan lähes rajaton laajennettavuus kustannustehokkaasti. (Kief ym., s. 564)

Kuva 11. Lähiverkkopohjainen DNC-järjestelmä (Kief ym., 2021, s. 564)



Myös RS-232-standardin mukaisten laitteiden liittäminen lähiverkkoon on mahdollista sarjaporttipalvelimille. Sarjaporttipalvelimet toimivat muuntimina ja puskureina erilaisten tiedonsiirtoprotokollien välillä. (Kief ym., s. 564)

6 RS-232

RS-232 on standardoitu sarjaliikenneprotokolla, jota käytetään elektronisten laitteiden väliseen tiedonsiirtoon. Protokolla määrittelee liitännän mekaaniset ja sähköiset ominaisuudet sekä signaalitasot. Henkilökohtaisten tietokoneiden yleistyessä RS-232 oli yleinen menetelmä oheislaitteiden liittämiseen, mutta nykyään USB syrjäyttänyt sen lähes kokonaan. Tietokoneissa RS-232 portit esiintyvät tavallisesti COM-portteina.

Teollisuussovelluksissa, kuten ohjelmoitavissa logiikoissa ja CNC-työstökoneissa, RS-232 on edelleen yleinen tiedonsiirtovaihtoehto. Se soveltuu teollisuusympäristöihin, joissa riittää matalanopeuksinen ja lyhyen etäisyyden tiedonsiirto. (Frenzel, 2023, s. 522)

RS-232 on asynkroninen tiedonsiirtomenetelmä, joka tarkoittaa, ettei tiedonsiirrossa ole yhteistä kellosignaalia lähettävän ja vastaanottavan laitteen välillä (Frenzel, 2023, ss. 346–347). Asynkronisessa tiedonsiirrossa käytetään aloitus- ja lopetusbittejä tiedon kehystämiseen, jotta sekä lähettävä että vastaanottava laite tunnistavat tiedonsiirron alun ja lopun. Tiedon kehystämisestä aloitus- ja lopetusbiteillä vastaa UART-piiri (Universal Asynchronous Receiver Transmitter). UART on yleisesti käytössä monissa laitteissa, kuten tietokoneissa, mikrokontrollereissa ja viestintämoduuleissa, ja se on olennainen osa RS-232-sarjaliikennestandardia. (Axelson, 2007, ss. 4–5)

Aloitus- ja lopetusbittien välissä ovat tietobitit, joiden lukumäärä voi erilaisissa RS-232 sovelluksissa olla 5–8. Yleisin määrä on kahdeksan, joka mahdollistaa 256:en erilaisen merkin käyttämisen. Tiedon varsinainen siirtäminen tapahtuu tietobittien avulla, jolloin yksittäinen kirjain tai numero muodostetaan databittien avulla ja se kehystetään aloitus- ja lopetusbiteillä. (Frenzel, 2023, s. 522)

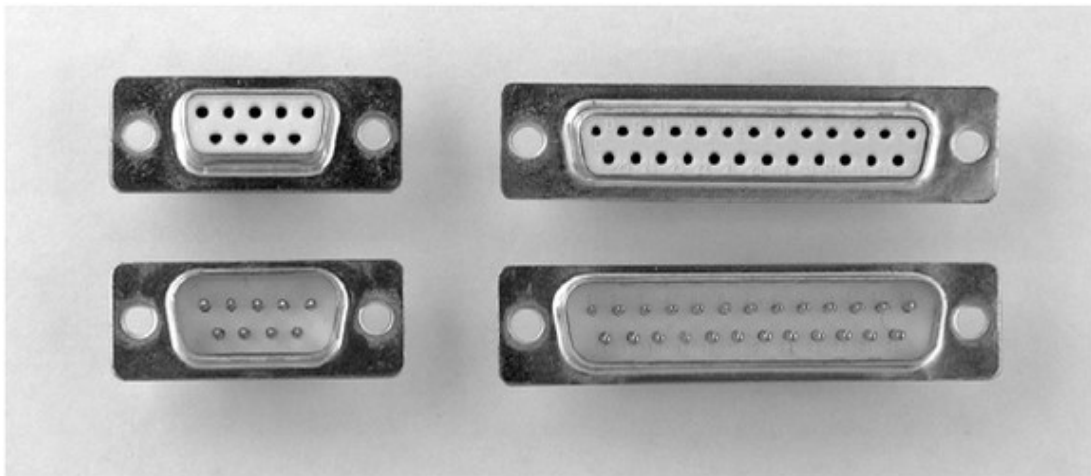
Pariteettibitti on virheentarkistusmenetelmä, jota voidaan käyttää tarkistamaan tiedonsiirron onnistuminen RS-232-yhteydellä. Pariteettibitti on yksittäinen bitti, joka lisätään tiedonsiirron yhteydessä jokaiseen kehykseen. Sen tarkoituksena on saada kehyksen yksittäisten bittien lukumäärä joko parilliseksi tai parittomaksi. Vastaanottavan laitteen tarkastaessa pariteettibittiä se voi havaita yksittäisen bitin virheen datakehyksessä ja pyytää uudelleenlähetystä. On kuitenkin huomioitava, että pariteetti ei pysty havaitsemaan kaikkia

virheitä, kuten parillista määrää virheellisiä bittejä samassa kehyksessä. (Frenzel, 2023, ss. 385–386)

6.1 Liittimet ja signaalit

RS-232-standardi määrittelee useita eri liittintyyppäjä, joista yleisimmät ovat 9-pinninen D-sub (DE-9) ja 25-pinninen D-sub (DB-25) liittimet (Kuva 12). DE-9-liitin on yleisempi tietokoneiden ja muiden nykyaikaisten laitteiden välisessä viestinnässä, kun taas DB-25 on yleisempi vanhemmissa laitteissa. Harva sovelluskohde käytti useampaa kuin yhdeksää signaalia, jonka vuoksi DE-9-liittimestä muodostui yleisempi standardi. (Axelson, 2007, s. 44)

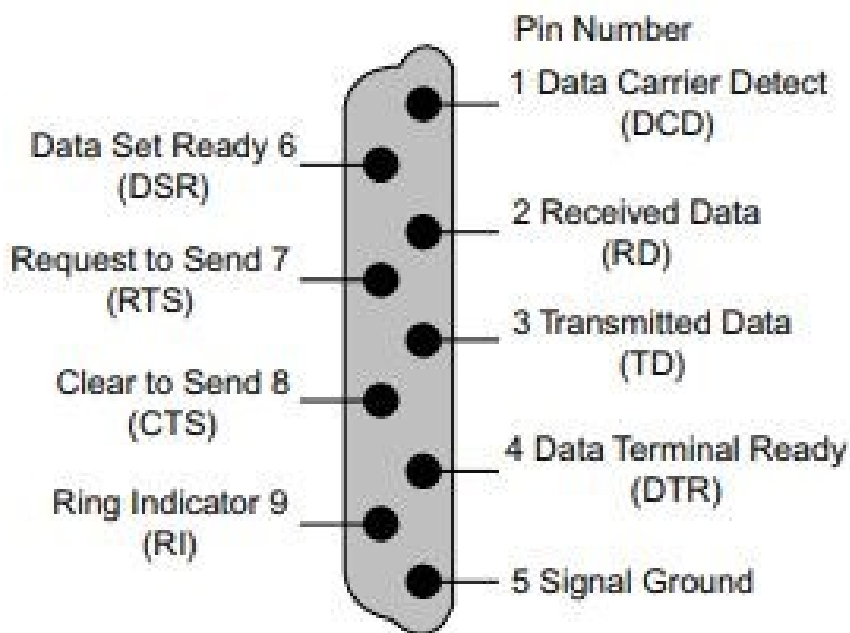
Kuva 12. RS-232 liitinmallit (Axelsson, 2007, s. 62)



Kuva 13 esitetään urosmallisen DE-9 liittimen pinnijärjestyksen. Tärkeimmät signaalit ovat lähetyksen (TD) ja vastaanottodatan (RD) signaalit, jotka mahdollistavat kaksisuuntaisen tiedonsiirron, sekä maadoitus (GND), joka tarjoaa yhteisen viitepisteen signaaleille. Carrier Detect (CD) ja Ring Indicator (RI) ovat signaaleja tilan seurantaan. CD-signaali kertoo, että modeemi tai muu kommunikointia aloittava laite on havainnut kantotaajuuden eli yhteyden toiseen laitteeseen. RI-signaali puolestaan kertoo, että modeemi tai muu laite on vastaanottanut puhelinverkosta tulevan soiton. CD- ja RI-signaaleilla ei ole teollisuussovelluksissa käyttöä niiden alkuperäisissä käyttötarkoituksissa. (Axelson, 2007, ss. 45–46)

Vuonhallinta on tiedonsiirron ohjausmekanismi, joka säätelee tietovirtojen nopeutta ja varmistaa tietojen oikea-aikaisen saapumisen kahden viestintäosapuolen välillä estäen ylikuormituksen ja tiedon menetyksen. RTS/CTS (Request to Send/Clear to Send), DTR/DSR (Data Terminal Ready/Data Set Ready) ja XON/XOFF ovat erilaisia tiedonsiirron vuonhallintamekanismeja RS-232-standardin mukaisessa tiedonsiirrossa. RTS/CTS ja DTR/DSR ovat laitteistopohjaisia vuonhallintamenetelmiä, joissa tiedonsiirto varmistetaan erityisillä signaaleilla laitteiden välillä. DTR/DSR ja RTS/CTS ovat molemmat laitteistopohjaisia vuonhallintamenetelmiä, mutta ne eroavat käyttötarkoitukseltaan ja toiminnaltaan. DTR/DSR keskittyy varmistamaan, että molemmat laitteet ovat valmiita tiedonsiirtoon yleisellä tasolla, kun taas RTS/CTS keskittyy hallitsemaan tietovirran nopeutta ja ehkäisemään ylikuormitusta jokaisessa tiedonsiirrossa erikseen. (Axelson, 2007, ss. 26–27)

Kuva 13. RS-232 pinnijärjestys DE-9 (Frenzel, 2016, s. 111)



XON/XOFF on ohjelmistopohjainen tiedonsiirron vuonhallintamenetelmä, joka käyttää erityisiä merkkejä tiedonsiirron aloittamiseen ja keskeyttämiseen. Sen ero laitteistopohjaiseen vuonhallintaan on, että se ei vaadi erillisiä linjoja signaaleille, vaan se toimii tietovirran mukana ohjelmallisesti. (Axelson, 2007, s. 27)

RS-232-liitännän tiedonsiirtonopeudesta käytetään yksikkö bittiä sekunnissa (bps).

Nykypäivän sovelluksissa nopeudet vaihtelevat 1200–115200 bps, joista yleisimmin käytössä on 9600 bps. RS-232-standardin mukaan kaapelin enimmäispituus on 50 jalkaa eli noin 15 metriä. Käytännössä kaapelin pituuden vaikutus signaalin laatuun riippuu siirtonopeudesta, kaapelin laadusta ja ympäristön sähköisistä häiriöistä. (Frenzel, 2023, s. 522)

RS-232-terminologiassa esiintyy kahdenlaisia laitteita, DTE (Data Terminal Equipment) eli päätelaitteita ja DCE (Data Communications Equipment) eli tietoliikennelaitteita. DTE-laitteita ovat esimerkiksi tietokoneet, tulostimet ja terminaalit, jotka tuottavat tai kuluttavat dataa, kun taas DCE-laitteet, kuten modeemit ja verkkokytkimet, ovat vastuussa datan siirtämisestä ja hallinnasta viestintäkanavilla. Suoran kaapelin avulla yhteyden muodostaminen DTE- ja DCE-laitteiden välille tarkoittaa, että kaapelin jokainen pää yhdistää vastaavan laitteen tietyn signaalipinnan suoraan toisen laitteen vastaavaan. (Axelson, 2007, s. 44)

Kahden DCE-laitteen tai kahden DTE-laitteen kytkeminen toisiinsa vaatii erityisen kaapelin, jota kutsutaan "ristikaapeliksi" tai "nollamodeemikaapeliksi". Ristikaapeli kytkentä kääntää signaalipinnit, kuten lähetys- ja vastaanottopinnit, jolloin laitteet voivat kommunikoida toistensa kanssa. (Axelson, 2007, s. 44)

6.2 Sarjaporttipalvelin

Sarjaporttipalvelin on laite, joka mahdollistaa sarjaportin yhdistämisen verkkoon, tyypillisesti käyttämällä Ethernet- tai WLAN-protokollaa. Sarjaporttipalvelin muuntaa sarjaportista saapuvan datan verkkoprotokollan mukaiseksi dataksi ja päinvastoin, jolloin se toimii puskurina ja tietoliikenteen sovittimena erilaisten viestintästandardien välillä. (Axelson, 2007, ss. 37–38)

Sarjaporttipalvelimia käytetään usein teollisuus- ja automaatioympäristöissä, joissa on tarve integroida vanhempia laitteita nykyaikaisiin verkkoihin. Ne ovat erityisen hyödyllisiä silloin, kun laitteiden päivittäminen uudempiin malleihin on kallista tai hankalaa.

7 Ermeka Oy:lle suoritettu tiedonhallinnan kehitystyö

Opinnäytetyön käytännön toteutuksessa Ermeka Oy:lle suunniteltiin ja asennettiin tiedonhallintaratkaisu tuotantoon. Tiedonhallintajärjestelmä sisältää laitteistot NC-ohjelmatiedostojen langattoman siirtoon CNC-ohjausten ja keskustietokoneen välillä sekä NC-ohjelmien ja asetuskorttien hallintaan i-GuSystem Oy:n toimittaman VisualFactory DNC-ohjelmiston. Hankittava järjestelmäkokonaisuuden käyttö on rajattu ainoastaan tuotantotyöntekijöille, eikä siellä olevaa tietoa tulla toistaiseksi integroimaan yrityksen muihin toimintoihin.

Käytännön toteutuksen alussa tarkastellaan toimeksiantajayrityksen tuotannon tiedonhallinnan nykytilaa. Tarkastelun tavoitteena on mahdollisimman yksityiskohtaisesti esitellä käytetyt tiedonhallinnan menetelmät eri CNC-ohjauksilla ja perustella niiden kehitystarve. Suunnitteluvaiheessa punnitaan ja perustellaan tiedonsiirron tekninen toteutustapa. Suunnitteluvaiheesta siirrytään laitteiden, ohjelmistojen ja asetuskorttipohjien konfigurointeihin ja kytkentöihin. Viimeisessä vaiheessa esitellään tulokset ja perustellaan tehdyn työn kannattavuus.

7.1 Tuotannon tiedonhallinnan nykytila yrityksessä

Tuotannon tiedonhallinnan nykytilan arvioinnissa otettiin huomioon kaksi keskeistä asiaa: NC-ohjelmien hallinta yleisellä tasolla ja yksittäisten tuotteiden valmistusprosessien dokumentointi. NC-ohjelmatiedostojen hallintaa rajoittavat ensisijaisesti käytössä olevien CNC-ohjausten tarjoamat ominaisuudet. Yrityksen käyttämät EMCO ja Hyundai Kia sorvauskeskukset hyödyntävät japanilaisia Fanuc-ohjauksia, kun taas Dah Lih ja Micromill jyrsinkoneet käyttävät saksalaisia Heidenhain-ohjauksia.

Fanuc-ohjatut sorvauskeskukset ovat hankittu yritykseen vuosina 2010 ja 2012. Vaikka puhutaan vielä verrattain tuoreista laitteista, ovat niiden tarjoamat tiedonhallinnan mahdollisuudet haastavat muutamasta syystä. Ensimmäinen syy on erittäin rajallinen tallennustila, joka on EMCOssa 500 kilotavua ja Hyundai-Kiassa 250 kilotavua. Käytännössä tämänkokoiset tallennustilat rajoittavat ohjauksessa säilytettävän koodimäärän muutaman

tuhanteen riviin. Tallennustilarajoituksen lisäksi ohjelmien suurin sallittu lukumäärä niiden yhteiskoosta riippumatta on rajoitettu 400 ja 200 kappaleeseen. Kolmas ongelma liittyy NC-ohjelmien organisointiin ohjauksien käyttöliittymässä. Kaikki ohjelmat sijaitsevat juurihakemistossa numerojärjestyksessä, eikä ohjauksessa ole mahdollisuutta järjestää niitä erillisiin kansioihin.

Mainitut haasteet eivät olisi merkittäviä, jos koneilla valmistettaisiin vain muutamia erilaisia tuotteita. Ermeka Oy:n alihankintavalmistus kuitenkin keskittyy yksikkötuotantoon ja pieniin sarjoihin kohtalaisen kokoiselle asiakaskunnalle, joten valmistettavia tuotteita kulkee tuotannon läpi merkittävä määrä vuosittain.

Tiedostoja on tavallisesti siirretty PCMCIA-muistikortin avulla ulkoiseen tallennustilaan, ja tämä prosessi vaatii koneistajan liikkumista useiden työpisteiden välillä. Toimintatavassa syntyy merkittävästi aikahävikkiä liikkumisen ja manuaalisen tiedonhallinnan vuoksi sekä tiedon laadun varmistaminen ja jäljitettävyyden ovat heikkoa. Toimintatavalla syntyneitä hukkaa mitattiin, ja todettiin, että NC-ohjelman tallentamiseen tai noutamiseen käytetään keskimäärin 4,5 minuuttia aikaa. Tiedonsiirron toteutuksen kannalta Fanuc CNC-ohjatuissa sorvauskeskuksissa on ainoastaan RS-232-standardin mukaiset sarjaliitännät ja PCMCIA-muistikorttipaikat.

Yrityksessä käytettävät Heidenhainin valmistamat CNC-ohjaukset ovat ikäluokaltaan samaa tasoa kuin aikaisemmat Fanucin valmistamat. Käyttäjäystävällisyyden ja käyttöliittymän kannalta ohjaukset kuitenkin eroavat merkittävästi toisistaan. Tiedonhallinta Heidenhain-ohjauksissa on verrattavissa Windows-pohjaisiin tietokoneisiin, eli käyttäjä voi vapaasti luoda kansiota ja tallennustilaa on useita gigatavuja. Heidenhain-ohjauksissa on myös RJ45-tyyppiset verkkoliittimet, joilla ne voidaan kytkeä langallisesti lähiverkkoon.

Nykyisen käytötavan näkökulmasta voidaan esittää kaksi perustetta, joiden mukaan tiedonsiirtoyhteyksien toteuttaminen myös Heidenhain-ohjauksille olisi suotuisaa. Vaikka ohjelmoinnissa käytetään pääosin vuorovaikutteista menetelmää, on myös CAM-ohjelmointi mahdollista monimutkaisempien tuotteiden kohdalla. Tähän saakka CAM-ohjelmat ovat siirretty liittämällä kannettava tietokone suoraan CNC-ohjauksen verkkoliitäntään. Tämän

menetelmän haittana on se, että kannettava tietokone ei ole työasemien vakiokalustoa, vaan se täytyy tuoda työpisteelle tarvittaessa. Toinen tärkeä peruste on säännöllisten varmuuskopioiden ottamisen varmistaminen ja helpottaminen, koska suuren tallennustilan vuoksi varmuuskopioinnin aikavälit voivat venyä.

Viimeinen tarkasteltava asia käsittää valmistusprosessien dokumentointia, johon yrityksessä ei ole toistaiseksi panostettu merkittävästi henkilöstön niukkuuden ja tarkkojen työnjakojen seurauksena. Koneistajat ovat yksin vastuussa tuotteiden koko valmistuksesta, mikä tarkoittaa, että he suunnittelevat valmistusprosessit, tekevät asetukset ja vastaavat koneistuksesta. Tähän mennessä asetuskorttien virkaa ovat ajaneet NC-ohjelmiin sisällytetyt kommenttirivit. Paperisten asetuskorttien laatiminen, ylläpito ja arkistointi on koettu työlääksi ja tehottomaksi.

7.2 Järjestelmän suunnittelu

Suunnitteluvaiheen alussa i-GuSystem Oy valittiin yhteistyökumppaniksi aiempien työelämäkontaktien kautta saadun positiivisen palautteen perusteella. i-GuSystem Oy:n valintaa tuki myös hankittavien ohjelmistojen kotimaisuus ja mahdollisuus vaikuttaa niiden kehityssuuntaan.

Järjestelmähankinnan tärkein tavoite oli helpottaa ja nopeuttaa Fanuc-ohjausten käyttämien NC-ohjelmien siirtämistä tietokoneen ja CNC-ohjauksen välillä. Lisävaatimuksena oli, että koneistaja pystyisi suorittamaan siirtämiseen liittyvät vaiheet omalta kokonaan omalta työpisteeltään. Nämä valikoituivat päätavoitteiksi, koska CNC-ohjauksen vähäisen tallennustilan vuoksi tiedonsiirto on päivittäinen tehtävä, ja samalla raaha ja pudotatyyppinen tietokoneelta hallittava tiedonsiirtomenetelmä ei eroaisi merkittävästi nykyisestä muistikorttimenetelmästä.

Heidenhainin CNC-ohjauksien osalta keskeisin tavoite oli saada yhteydet CAM-ohjelmien siirtoa varten ja mahdollistaa suora varmuuskopioinnin mahdollisuus. Toivottavaa oli, että siirto onnistuisi myös CNC-ohjauksesta, mutta suuremman tallennustilan vuoksi tämä ei ollut ehdoton vaatimus.

Tiedonsiirron teknisen toteutuksen valinnassa ainoa käytännöllinen vaihtoehto oli hyödyntää olemassa olevaa lähiverkkoa. Vertailu kohdistui langallisen ja langattoman toteutuksen välille, joista valittiin langaton. Valinnan keskeisiä näkökulmia olivat asennuksen vaativuus, tiedonsiirtonopeus ja kustannukset.

Asennuksen vaativuuden osalta langaton toteutus oli helpompi, koska langallisessa toteutuksessa olisi vaadittu useita kymmeniä metrejä kaapelointia ja osittain korkeisiin tiloihin. Korkeat tilat olisivat edellyttäneet henkilönostimen vuokrausta työturvallisuuden takaamiseksi, mikä olisi aiheuttanut lisäkustannuksia.

Tiedonsiirtonopeudelle ei ollut merkittäviä vaatimuksia, koska NC-ohjelmat ovat pienikokoisia tekstitiedostoja ja langattomalla verkkoyhteydellä tämän kaltaiset tiedostot siirtyvät erittäin nopeasti. Lisäksi Fanuc-ohjausten osalta RS-232-standardin liitännät ovat pullonkaulana niillä saavutettaviin tiedonsiirtonopeuksiin.

Toteutustavalla ei ollut merkittävää vaikutusta järjestelmän kokonaiskustannuksiin. Langattoman verkon laitteet olivat kustannuksiltaan noin 30 % arvokkaammat, mutta asennusvaiheen pienemmät kustannukset tekivät lopullisista eroista hyvin pienet.

Digitaalisten asetuskorttien käyttöönotolla tavoiteltiin kokonaisvaltaisempaa dokumentointia kuin pelkillä NC-ohjelman kommenttiriveillä. Erityisesti dokumentoinnilla haluttiin lyhentää toistuvien töiden asetusaikoja täydellisempien työohjeiden avulla. Sivussa myös hiljainen tieto vähentyisi ja asetuskorteilla voitaisiin tehostaa uusien työntekijöiden perehdytystä ja koulutusta tulevaisuudessa.

Asetuskorttien hallinnan ja laatimisen kriteereiksi määriteltiin niiden digitaalinen muoto. Digitaalisella tiedostomuodolla tavoiteltiin asetuskortin nopeampaa laatimista, löytämistä, päivittämistä sekä tukea liitetiedostoille, kuten valokuville. Valokuvien päätehtäväksi suunniteltiin kappalekiinnitysten kuvaaminen, ja mahdolliset tekstikentät antaisivat vain lyhyet lisätiedot. Työpisteille tulisi hankkia laitteet, joilla digitaalisia asetuskortteja voidaan laatia ja tarkastella.

7.3 Verkkolaitteiden konfigurointi ja kytkentä

Valittu tiedonsiirtoratkaisun toteutus vaati RS-232-liitäntää käyttävien Fanuc sorvauskeskusten varustamista sarjaporttipalvelimella, jotta tiedonsiirto langattoman lähiverkon kautta olisi mahdollista. Tätä tarkoitusta varten hankittiin Moxa NPort W2250A, kaksiporttinen WLAN-ominaisuudella varustettu sarjaporttipalvelin (Kuva 14).

Kuva 14. Moxa NPort W2250A.



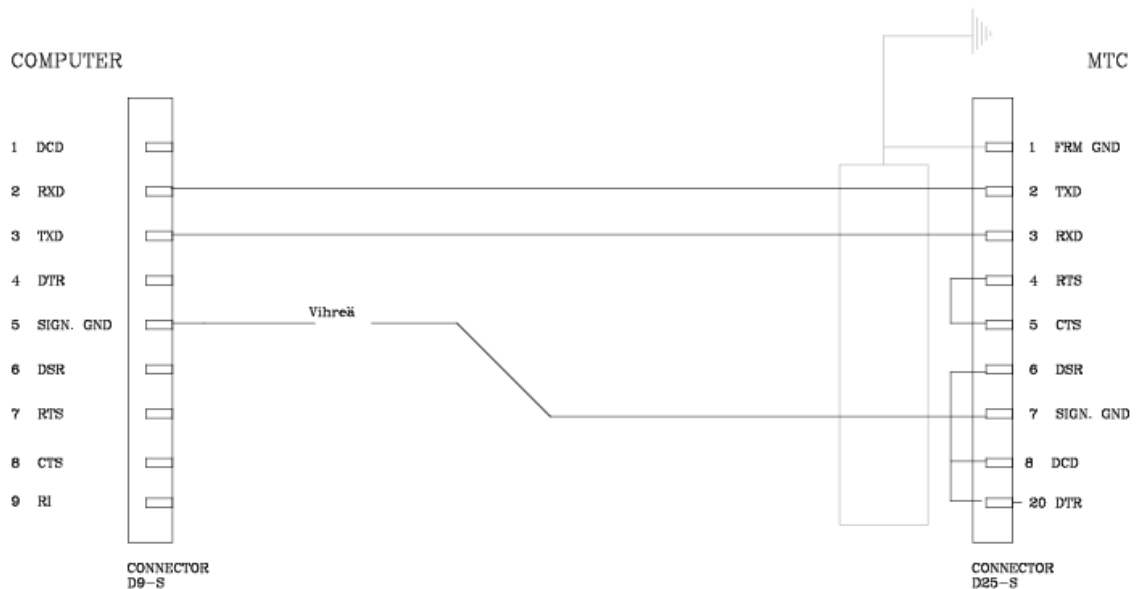
NPort-sarjaportit tuli asettaa Real COM-tilaan, mikä mahdollistaa Windows-tietokoneen käsittelevän sama verkossa olevia NPort-sarjaportteja kuin ne olisivat paikallisia COM-portteja. Laitteen mukana tulleet ajurit asennettiin tietokoneelle, ja samassa verkossa olevat NPort-sarjaportit näkyivät Windowsin laitehallinnassa.

Varsinaisten tiedonsiirron asetusten tuli olla samat kaikissa tiedonsiirtoon osallistuvissa laitteissa, eli tietokoneessa, sarjaporttipalvelimessa ja Fanucin CNC-ohjauksissa. Kaikkien asetuksissa määriteltiin tiedonsiirtonopeudeksi 9600 bps, tietobittien lukumäärä seitsemään,

lopetusbittien lukumäärä kahteen, pariteetiksi parillinen ja vuonhallintamenetelmäksi ohjelmistopohjainen XON/XOFF.

Sarjaporttipalvelimessa oli DE9-uroslitännät, kun taas CNC-ohjauksissa on DB25-naarasliitännät. Laitteiden välinen kytkentä toteutettiin nollamodeemikaapelilla (Kuva 15), joka kytkee datalinjat (TXD ja RXD) ristiin. Laitteistopohjaisia vuonhallintamenetelmiä ei käytetty, joten RTS- ja CTS-signaalit silloitettiin yhteen CNC-ohjauksen päässä. Toisen laitteistopohjaisen vuonhallintamenetelmän DSR- ja DTR-signaalit, sekä laitteiden välistä yhteyttä tunnustava CD-signaali kytkettiin maasignaaliin. Lopullinen kytkentä on yksinkertainen ratkaisu, joka mahdollistaa kaksisuuntaisen tiedonsiirron.

Kuva 15. Fanuc RS-232 kytkentä.



Langattoman liittymisen mahdollistamiseksi verkkokortillisille Heidenhainin ohjauksille hankittiin ZyXEL WAP3205v3 -tukiasema. Tukiasema asennettiin Heidenhain-ohjausta käyttävien koneiden väliin, ja molemmat CNC-ohjaukset kytkettiin siihen verkkokaapelilla.

Tukiasema konfiguroitiin siltaustilaan, jossa se toimii yhdyskäytävänä langallisten CNC-ohjauksien ja langattoman lähiverkon välillä. CNC-ohjauksien asetuksista määriteltiin molemmille koneille omat IP-osoitteet lähiverkon IP-alueelta.

7.4 Tiedonsiirtolinkit

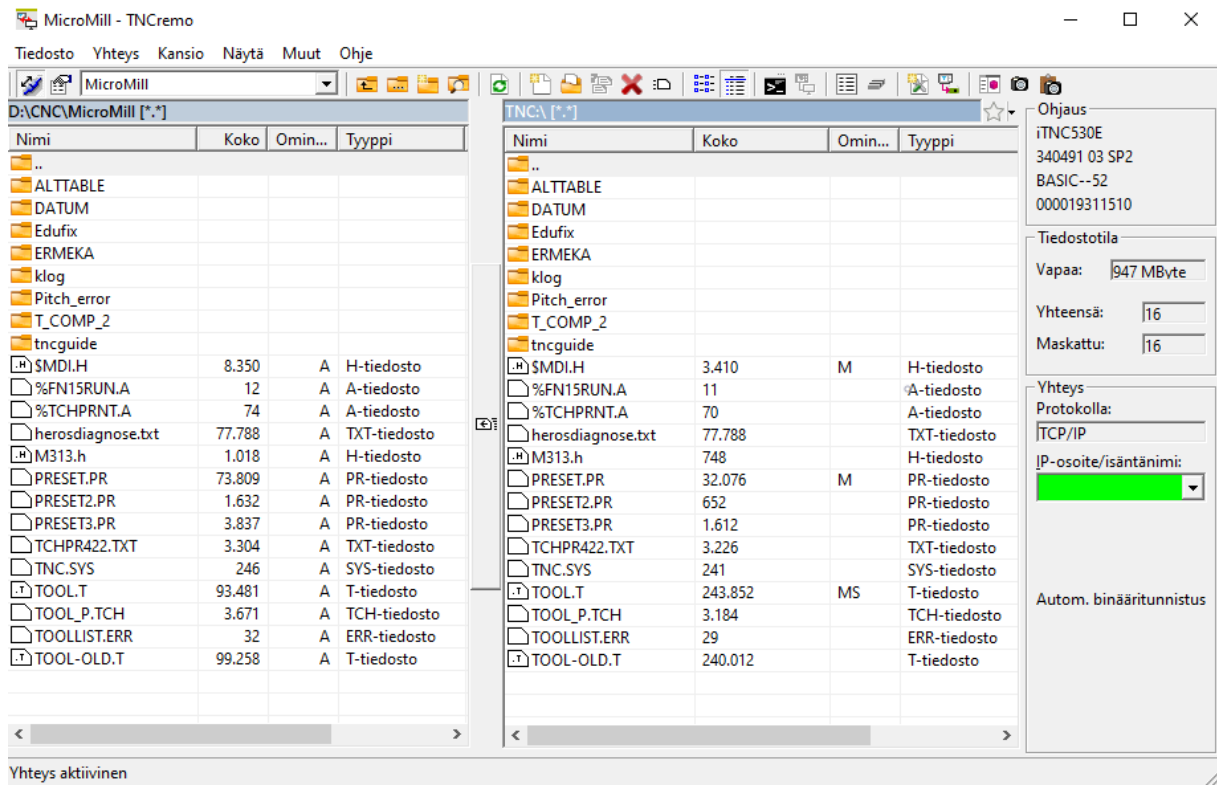
Järjestelmän keskustietokoneelle tuli asentaa kaksi erilaista tiedonsiirtolinkkiä, joiden kautta NC-ohjelmia siirretään laitteiden välillä. RS-232-laitteet käyttävät i-GuSystem Oy:n kehittämää DNC-tiedonsiirtolinkkiä, ja Heidenhainin ohjaukset käyttävät ohjainvalmistajan omaa TNCremo-tiedonsiirto-ohjelmistoa. TNCremo-ohjelmistosta on saatavilla ilmainen ja maksullinen versio, mutta tämän työn toteutuksen kannalta kaikki tiedonsiirtoon ja -hallintaan liittyvät ominaisuudet löytyivät ilmaisversiosta.

RS-232-siirtolinkin tehtävät ovat tiedonsiirron hallinta CNC-ohjauksen ja keskustietokoneella sijaitsevan kansion välillä. Toisena tehtävänä NC-ohjelmien versiointi, jolla varmistetaan tiedostojen ajantasaisuus. Tiedonsiirtolinkki uudelleennimeää vanhat versiot ja arkistoi ne toiseen kansioon. i-GuSystem tiedonsiirtolinkin kanssa käytetään nk. juoksupoikaohjelmaa NC-ohjelmien siirtämiseen, eli tiedonsiirtoa hallitaan kokonaisuudessaan CNC-ohjauksesta. Siirtolinkkiin konfiguroitujen tiedonsiirron asetusten tuli olla yhteneväiset Moxa-sarjaporttipalvelimeen ja CNC-ohjauksiin asetettujen arvojen kanssa.

Heidenhainin ohjauksien kanssa käytettävä TNCremo on raahaa ja pudota -tyyppinen tiedonsiirto-ohjelmisto. TNCremon konfigurointi vaati RS-232-tiedonsiirtolinkin tavoin kansion määrittämisen jokaiselle CNC-ohjaukselle, mutta tiedonsiirtoasetusten määrittämiseen vaadittiin ainoastaan TCP/IP-protokollan mukainen verkkoyhteys ja IP-osoite määritettiin vastaamaan CNC-ohjaukseen asetettua.

Konfiguroinnin jälkeen CNC-ohjauksen ja tietokoneen välille voidaan muodostaa yhteys. Tiedostoja siirretään kuvassa 16 esitetyn käyttöliittymän kautta hiirellä vetäen.

Kuva 16. TNCremo tiedonsiirronhallinta.



TNCremo sisältää päivitystoiminnon, jolla päivitetään molempien tallennustilojen tiedostot vastaaviksi. Toiminto käyttää muokkausikaa uusimman version löytämiseen, joten on olennaista, että CNC-ohjaus ja keskustietokone ovat samassa ajassa.

TNCremo ei kuitenkaan suorita varsinaista versiointia tiedostoille, vaan korvaa vanhat tiedostot. Versiointia varten keskustietokoneelle asennettiin erillinen i-GuSystem Oy:n toimittama sovellus, joka valvoo koneiden kansioita ja ylikirjauksen yhteydessä kaappaa vanhat tiedostot, uudelleennimeää ne ja lopuksi siirtää ne arkistoon.

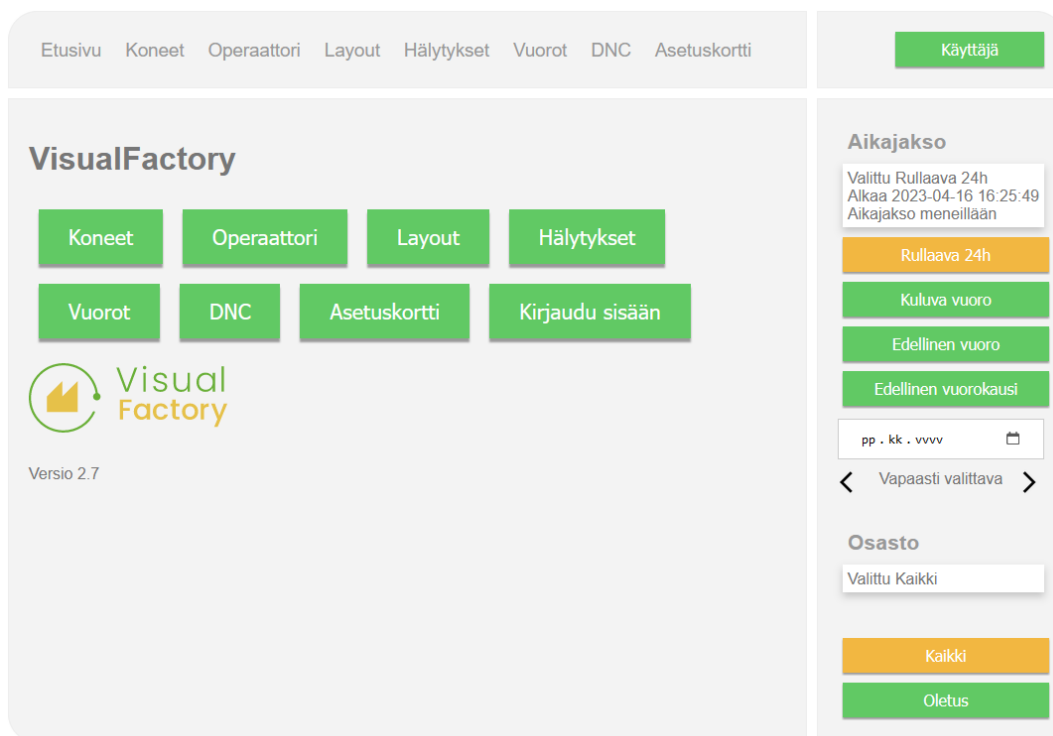
7.5 VisualFactory

VisualFactory on i-GuSystem Oy:n ja alihankkijansa JHi Solutionsin yhteistyössä kehittämä verkkoselaimessa toimiva sovellus. Sovellus koostuu kahdesta erilaisesta paketista. Ensimmäinen on ADC, joka keskittyy automaattisen tiedonkeruudatan visualisointiin. Automaattisella tiedonkeruulla voidaan tarkastella tuotantolaitteiden tiloja, tuotekohtaisia

valmistustietoja ja esimerkiksi yksittäisten työkalujen käyttötietoja. Tilatiedot kertovat laitteen eri toimintatiloista, kuten onko laite tuotannossa, pysähdyksissä, hälytystilassa tai sammutettuna. Visualisointi muuntaa kerätyt tilatiedot nopeasti ymmärrettävään graafiseen muotoon, jotta niitä voidaan tehokkaasti hyödyntää tuotannon seurannassa ja kehityksessä.

Tämän työn toteutuksessa Ermeka Oy:lle hankittiin vain ohjelmistopakettin toinen osuus, joka on VisualFactory DNC. VisualFactory DNC:n ominaisuudet keskittyvät NC-ohjelmien, asetuskorttien ja liitetiedostojen tietokantapohjaiseen hallintaan. Mainitut ominaisuudet sijaitsevat ohjelmiston päävalikon DNC- ja Asetuskortti-painikkeiden takana (Kuva 17).

Kuva 17. VisualFactory päävalikko



DNC-painikkeen takana sijaitsevat tietokantaan konfiguroidut CNC-laitteet, ja jokaisen konekortin yhteydessä on tietoa NC-ohjelmien kokonaislukumäärästä, viimeisimmän ohjelma lisäämisestä ja viimeisimmästä muokkauksesta (Kuva 18). DNC-alavalikon hakupalkkia voidaan käyttää ohjelman etsimiseen, jos ei ole tarkkaa tietoa minkä koneen kansiossa haettava NC-ohjelma sijaitsee.

Kuva 18. VisualFactory DNC-valikko

DNC

Haku

<p>Dahlih</p> <p>Ohjelmia 4658</p> <p>Muokattu viimeksi 12.04.2023 11:11:41</p> <p>Uusi ohjelma viimeksi 12.04.2023 11:10:26</p>	<p>Emco</p> <p>Ohjelmia 58</p> <p>Muokattu viimeksi 05.05.2023 13:33:33</p> <p>Uusi ohjelma viimeksi 05.05.2023 13:33:33</p>
<p>Hyundai</p> <p>Ohjelmia 107</p> <p>Muokattu viimeksi 05.05.2023 17:45:02</p> <p>Uusi ohjelma viimeksi 05.05.2023 17:46:12</p>	<p>MicroMill</p> <p>Ohjelmia 263</p> <p>Muokattu viimeksi 21.04.2023 13:59:57</p> <p>Uusi ohjelma viimeksi 21.04.2023 13:59:59</p>

Konekorttien takaa löytyvät kaikki kyseisten koneen kansioissa sijaitsevat NC-ohjelmat (Kuva 19). VisualFactory käyttää konekohtaisten ohjelmalistausten näyttämiseen ja versionhallintaan samoja tiedostopolkuja, jotka ovat määritelty tiedonsiirtolinkkeihin. Jokaisen koneen kansiossa voidaan suorittaa hakutoimintoja NC-ohjelman nimen tai ohjelmaan myöhemmin liitettävän asetuskortin kenttien perusteella.

Kuva 19. VisualFactory-ohjelmalistaus

Hyundai

Lähetä ohjelma palvelimelle

Ei valittua tiedostoa.

Haku

Tiedosto	Versio	Koko	Piirustusnumero	Selite	Muokattu	Luotu	
R371492A OP1.NC	1	734	R371492A		2023-03-30 16.09.35	2023-03-30 16.09.36	Esikatselu Läheta Asetuskortti
R371491A OP1.NC	1	736	R371491		2023-03-30 15.45.55	2023-03-30 15.46.05	Esikatselu Läheta Asetuskortti
R00290631B OP1.nc	4	844	R00290631B		2023-04-11 13.29.49	2023-04-03 16.28.07	Esikatselu Läheta Asetuskortti
P50444 OP1.NC	2	487	P50444		2023-03-23 14.20.53	2023-03-23 13.51.09	Esikatselu Läheta Asetuskortti

Ennen NC-ohjelman siirtämistä CNC-ohjaukseen, on niitä mahdollista esikatsella ja muokata. VisualFactoryyn on mahdollista konfiguroida pikakuvake mille tahansa teksti- tai koodieditorille, joka mahdollistaa ohjelman avaamisen ja muokkaamisen valitussa editorissa. Ohjelman muokkaamisen jälkeen sen versionumero päivittyy automaattisesti, ja edellinen versio siirretään toiseen kansioon arkistoitavaksi. Backups-toiminnon avulla voidaan tarkastella ja palauttaa vanhoja versioita (Kuva 20).

Kuva 20. Backups-toiminto.

✕

Backups

Tiedosto	Versio	Luotu	
442464 OP2.NC__ver1	1	2023-03-06 12:12:13	Esikatselu Palauta
442464 OP2.NC__ver2	2	2023-03-06 15:38:25	Esikatselu Palauta

VisualFactory DNC:n toinen osuus liittyy asetuskorttien laatimiseen ja hallintaan. Asetuskortit liitetään tietokannassa johonkin kirjastossa olevaan NC-ohjelmaan. Asetuskorttipohjat ovat vapaasti konfiguroitavissa, ja ne sallivat lyhyiden ja pitkien tekstirivien sekä väliotsikoiden ja liitetiedoston syöttämisen. Liitetiedostojen tiedostomuotoja ei ole rajoitettu, vaan ne voivat olla valokuvia, PDF-tiedostoja tai esimerkiksi 3D-malleja. Olennaista liitetiedostojen muodoissa on, että käytössä olevalla laitteella on ohjelmistot niiden avaamiseen.

Ermeke Oy:n tarpeisiin räätälöity asetuskorttipohja suunniteltiin yhteistyössä yrityksen koneistajien kanssa. Esimerkki asetuskorttipohjasta esiintyy kuvassa 21. Asetuskorttiin sisällytettiin tuotteen perustiedot, kuten piirustusnumero, nimike ja asiakas. Asetekorttiin liitettävän NC-ohjelman nimi ja luontiaika noudetaan automaattisesti.

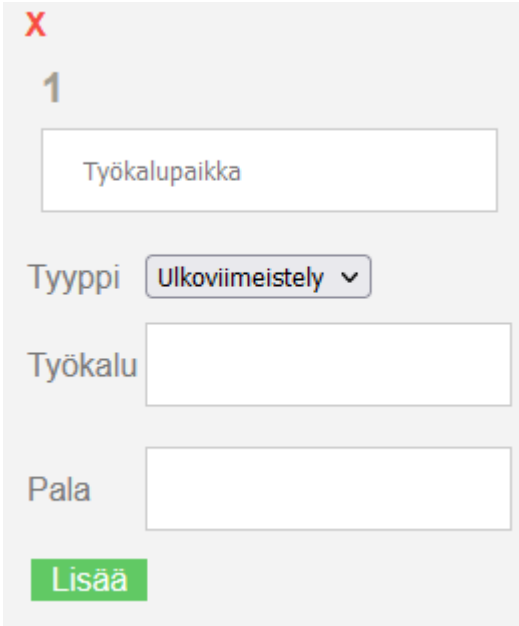
Kuva 21. Asetuskorttipohja.

Asetuskortit		DNC	Muokkaa
Asetuskortti			
Piirustusnumero	ABC456		
Ohjelma	Esimerkki.NC		
Selite			
Luotu	2023-04-13 13:43:57		
Nimike	Akseli		
Asiakas	Ermeke Oy		
Materiaalitiedot	S355 D40 L200		
Ohjelman kiertoaika	05:00		
Työkalut			
Kiinnitys			
Kiinnitys	-Kiinnitys1-1682869833.png <input type="button" value="Selaa..."/> Ei valittua tiedostoa.		
CAM-asetekortti	<input type="button" value="Selaa..."/> Ei valittua tiedostoa.		

Valmistuksen ja koneiden asetuksen kannalta olennaiseksi dokumentoitavaksi määriteltiin materiaali, työkalut, kappalekiinnitys ja muiden ohjelmistojen luomat dokumentit sekä ohjelman kiertoaika. Kappalekiinnityksen valokuvakenttä ja CAM-ohjelmiston luomille omille asetuskorteille tarkoitettu kenttä ovat tiedostokenttiä, mutta muut ovat vapaasti täytettäviä tekstikenttiä.

VisualFactoryn asetuskorttiin voidaan laatia tarkat listat työhön tarvittavista lastuavista työkaluista kuvan 22 mukaisesti. Tärkeitä tietoja työkaluissa ovat työstöoperaation tyyppi ja työkalupaikka koneen sisällä sekä työkalupitimien ja terien tuotekoodit.

Kuva 22. Työkalulistan luominen.



X

1

Työkalupaikka

Tyyppi

Työkalu

Pala

Lisää

VisualFactory ei toistaiseksi tue konekohtaisten valmiiden työkalulistojen luomista, eli kaikki työkalupitimit ja terille tarkoitetut kentät ovat tekstirivejä. Operaatiotyypeille on kuitenkin olemassa asetus, jolla vetovalikon sisältö voidaan konfiguroida omien tarpeiden mukaiseksi.

7.6 Tulokset

Työn tuloksena Ermeka Oy:lle hankittiin kokonaisvaltainen ja laajennettavissa oleva tiedonhallintaratkaisu tuotantoon. Mitattavina tuloksina voidaan esittää vain karkeita arvioita säästetystä ajasta.

Tulosten esittäminen aloitetaan tärkeimmästä tavoitteesta, joka liittyy Fanuc CNC-ohjauksien käyttämiin NC-ohjelmiin. Ajallisten mittausten perusteella todettiin, että vanhalla muistikorttimenetelmällä yhden NC-ohjelman tallentamiseen, noutamiseen ja organisointiin on käytetty keskimäärin 4,5 minuuttia aikaa. Työssä hankitun tiedonhallintaratkaisun avulla yhden NC-ohjelman tallentamiseen käytetty aika on pudonnut 20 sekuntiin ja nouto 1,5 minuuttiin. Järjestelmän käyttöönoton jälkeen Fanuc-ohjatuille sorvauskeskuksille on kertynyt yhteensä keskimäärin 60 uutta ohjelmaa kuukaudessa.

Ajallista säästöä ohjelmien tallentamisessa voidaan arvioida tiedonhallintaan käytetyn ajan ja uusien ohjelmien lukumäärän perusteella. Kahden Fanuc-ohjauksen käyttämien NC-ohjelmien tallentamiseen ja järjestelyyn on aikaisemmin käytetty aikaa arviolta 270 minuuttia kuukaudessa. Uusilla menetelmillä tämä kokonaisaika on pienentynyt 20 minuuttiin kuukaudessa, jolloin säästöä tulisi 250 minuuttia kuukaudessa.

Toinen ajallinen mittaus kohdistuu säästöön ohjelmien noutamisessa. Turvallinen arvio uudelleenkäytettävistä ohjelmista kahdelle CNC-sorvauskeskukselle on yhteensä 15 kappaletta kuukaudessa, jolloin ajallista säästöä saavutettaisiin 45 minuuttia kuukaudessa.

Yhteenlaskettu arvio säästetystä ajasta kahden Fanuc CNC-ohjauksen käytössä on 295 minuuttia kuukaudessa tai 59 tuntia vuodessa. Laskelmat ovat karkeita, mutta ajallinen säästö on merkittävän kokoinen, kun se suhteutetaan projektin kokonaiskustannuksiin.

Toisessa tavoitteessa luotiin Heidenhain CNC-ohjauksille kiinteät tiedonsiirtoyhteydet ja tiedonsiirtoa hallitaan keskustietokoneelta. Tiedonsiirtoyhteyksien tarve oli vähäisempi kuin sorvauskeskuksilla, mutta hyötyä saavutettu CAM-ohjelmien siirtämisessä nopeammin tuotantoon. Kannettavien tietokoneiden ja tallennuslaitteiden tarve on poistunut ja tiedonsiirtoprosessi on yksinkertaistunut verrattuna lähtötilanteeseen. Ajallista säästöä saavutetaan arviolta 5–10 tuntia vuosittain.

Tiedonsiirron tekniseen toteutukseen hyödynnettiin langatonta lähiverkkoa. Ainoaksi kysymysmerkiksi jäi luotettavuus ja kantavuuden riittävyys teollisuusympäristössä. Verkon toiminta on kuitenkin osoittautunut lyhyen käytön jälkeen moitteettomaksi.

Kolmas tavoite liittyi digitaalisten asetuskorttien käyttöönottoon. Mainittavia mitattavia hyötyjä asetuskorteista ei toistaiseksi ole kertynyt. Niiden käytön kannalta on kuitenkin havaittu, että yhden asetuskortin laatimiseen käytetään keskimäärin viisi minuuttia aikaa. Menetelmänä digitaalinen asetuskortti on hiukan hitaampi kuin kommenttirivien syöttäminen NC-ohjelmaan, mutta asetuskortissa tieto on laajemmin ja helpommin ymmärrettävästi esillä.

Asetuskorttien laatimista varten hankittuun VisualFactory DNC-ohjelmistoon suunniteltiin asetuskorttipohja yhdessä koneistajien kanssa ja koneistajien työpisteille asennettiin tablet-tietokoneet laadintaa ja valokuvien ottamista varten. Kuvassa 23 esitetään EMCO-sorvauskeskukselle asennettua ratkaisua, jossa tablet-tietokone on nopeasti irrotettavissa telineestään asetuskortin laatimisen ajaksi.

Kuva 23. EMCO:n työpiste.



Asetuskorttien laatiminen ja uudelleen käyttö onnistuu yhdeltä työpisteeltä, koska tablet-tietokoneella voidaan ottaa valokuvat kappalekiinnityksistä sekä tarkastella valokuvia ja PDF-tiedostoja.

8 Pohdinta

Opinnäytetyössä tavoiteltiin konepajayritys Ermeka Oy:n tuotannon kehittämistä uusien digitaalisten työkalujen käyttöönotolla. Digitalisaatiota lähestyttiin tiedonhallinnan kautta, sillä se nähtiin kustannustehokkaaksi askeleeksi toteuttaa nykyaikaisilla teknologioilla, mutta samalla sen tuomat hyödyt ovat laajasti sovellettavissa kaikilla työpisteillä. Työn aihevalinta ja sen tarpeellisuuden määrittely perustuivat merkittävästi omaan 12-vuotiseen työkokemukseeni toimeksiantajayrityksessä.

8.1 Tulosten arviointi

Työn tärkeimmäksi tavoitteeksi oli asetettu NC-ohjelmatiedostojen siirron tehostaminen Fanuc CNC-ohjauksien ja keskustietokoneen välillä sekä NC-ohjelmien laadun parantaminen tietokantapohjaisen ja automatisoidun tietojärjestelmän avulla. Tiedonsiirtämiseen tuli kehittää uusi ratkaisu, jolla korvataan vanhat siirrettävät tallennusvälineet. Uuden ratkaisun tuli myös mahdollistaa siirron hallinta suoraan CNC-ohjauksesta. Tiedon laadulliset kehitystavoitteet liittyivät NC-ohjelmien saatavuuden, jäljitettävyyden ja ajantasaisuuden parantamiseen sekä manuaalisen tiedonhallinnan minimoimiseen. Kehitystarvetta ohjasivat Fanuc CNC-ohjausten rajalliset tallennustilat ja käyttöliittymien heikot tiedonhallinnan työkalut.

Tärkeimmässä tavoitteessa onnistuttiin täysimääräisesti, eikä muutoksille tai korjauksille ole ilmennyt tarvetta. Vaikka saavutettu ajallinen säästö on merkittävää, ovat NC-ohjelmien laadulliset parannukset olleet vähintään yhtä tärkeitä. Järjestelmän käyttöönoton jälkeen on havaittu, että tiedonhallinnan kehittäminen ohjelmistojen avulla on tuonut myös muutosta asenteisiin tiedon luomisessa. Valmistusprosesseja ja erityisesti NC-ohjelmia uskalletaan suunnitella ja optimoida pidemmälle, kun tiedetään, että tieto myöhemmin nopeasti löydettävissä ja ajantasaista. Manuaalisen tietojenkäsittelyn eliminointi on auttanut koneistajia keskittymään tehokkaammin siihen, että asiakkaalle päätyvät lopputuotteet ovat laadukkaita, koska ei tarvitse enää etsiä, arvuutella ja tarkistaa omassa käytössä olevaa valmistustietoa.

Toiseksi tärkein tavoite oli samojen tiedonsiirtoyhteysien asentaminen ja saman tiedonsiirtomenetelmän käyttöönotto myös Heidenhain CNC-ohjauksille. Kehitystoimia kuitenkin ohjasivat tässä tavoitteessa CAM-ohjelmien siirtämisen tarve ja varmuuskopiointi. Heidenhain-ohjaukset sisältävät suuremman tallennustilat kuin Fanuc-ohjaukset, joten NC-ohjelmia ei tarvitse aktiivisesti varastoida keskustietokoneella.

Toisessa tavoitteessa ei täysin onnistuttu toivotulla tavalla ohjainvalmistajan oman tiedonsiirto-ohjelmiston rajoituksista johtuen. Hankitun ratkaisun avulla tiedonsiirtoa voidaan hallita vain keskustietokoneelta, mutta toisaalta CAM-ohjelmointia tehdään myös samalta tietokoneella. Työmäärä tiedonsiirrossa ei merkittävästi muuttunut, mutta kannettavien tallennuslaitteiden poistuminen on yksinkertaistanut prosessia. Yhteenvetona voidaan sanoa, että hankittu ratkaisu on koneiden käyttäjien mielestä kaikin puolin parempi kuin vanha menetelmä. Jatkotoimenpiteenä voisi kuitenkin tarkastella kolmannen osapuolen tiedonsiirtolinkkiä, jos käyttäjät näkevät sen tarpeelliseksi.

Viimeinen tavoite liittyi digitaalisiin asetuskortteihin ja liitetiedostoihin, jossa tavoiteltiin lyhyempiä aseteaikoja, hiljaisen tiedon määrän vähenemistä ja myöhemmin uusien koneistajien perehdytyksen tehostamista. Hankittu ratkaisu on askel kohti kokonaisvaltaisempaa dokumentointia, mutta toistaiseksi asetuskortteja ei ole päästy arvioimaan alkuperäisten tavoitteiden pohjalta.

Yrityksen nykyisellä henkilöstörakenteella jokaisella työstökoneella on vain yksi käyttäjä, joka vastaan valmistusprosessien suunnittelusta, koneen asetuksesta ja itse koneistuksesta. Tästä syystä käyttäjät laativat tällä hetkellä asetuskortteja vain omaan käyttöön ja siksi niiden täydellinen laatiminen on jäänyt vähäiseksi. Vähäistä hyödyntämistä osattiin odottaa, koska osa kirjattavista tiedoista olisi koneistajille itselleen itsestäänselvyyksiä. Valittu toimintatapa sotii esiasetettuja tavoitteita vastaan, mutta toisaalta ei ole järkevää käyttää täydelliseen dokumentointiin aikaa, jos tehdyn työn nettohyödyn uskotaan jäävän negatiiviseksi.

Asetuskorttien lopullinen hyöty nähdään vasta, kun tietoa tulee jakaa useiden ihmisten välillä. Asetuskortit olivat kiinteä osa hankittua ohjelmistopakettia, eikä lisäkustannuksia syntynyt, vaikka ne otettiin käyttöön jo tässä vaiheessa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että työn tulokset ovat vastanneet kiitettävästi asetettuihin vaatimuksiin. Tiedonsiirron ja NC-ohjelmien hallinnan kehittäminen ovat olleet investointeja, jotka ovat parantaneet yrityksen kilpailukykyä ja tehokkuutta nykyhetkessä. Toisaalta asetuskorttien kehittäminen nähdään enemmänkin investointina tulevaisuuteen.

Vaikka yhteistyökumppanin kanssa tehdyn sopimuksen mukaisesti ei käsitelty kehitystyön kaupallisia yksityiskohtia, on syytä mainita, että ajallisten säästöjen ansiosta investoinnin takaisinmaksuaika on realistisesti arvioituna 1–2 vuotta. Kun ajalliset säästöt yhdistetään laadun parantamiseen, manuaalisen tiedonkäsittelyn vähentymiseen ja inhimillisten virheiden riskin pienentämiseen, voi uusi tiedonhallintaratkaisu teoriassa maksaa itsensä takaisin jo yhden vahingon estolla.

8.2 Laajentaminen tulevaisuudessa

Hankittu järjestelmäkokonaisuus tarjoaa erinomaisen skaalautuvuuden yrityksen tulevaisuuden tarpeisiin. Lähiverkkopohjainen tiedonsiirtoratkaisu mahdollistaa yrityksen konekannan laajentamisen lähes rajattomasti sekä laitteiden liikuteltavuuden. Uusien laitteiden integroiminen hankittuun järjestelmään onnistuu ilman merkittäviä lisäkustannuksia. Tässä yhteydessä laajennettavuus ei koske pelkästään CNC-työstökoneita, vaan esimerkiksi myös teollisuusrobotit, työkalujen esiasetuslaitteet ja mittakoneet sisältyvät siihen.

Ohjelmistopuolella tulevaisuuteen on myös suunnattu katseita. Hankittu VisualFactory-ohjelmisto on ensisijaisesti suunniteltu automaattisen tiedonkeruudatan visualisointiin ja tuotannon seurantaan, vaikka tässä työssä hankittiin vain DNC-osuus. Tulevaisuudessa ohjelmisto voidaan laajentaa kattamaan myös automaattisen tiedonkeruun kohtuullisin lisäkustannuksin. Ohjelmiston kehittäjä JHi Solutions toteuttaa myös VisualFactoryn integrointeja toiminnanohjausjärjestelmiin, mikä mahdollistaa tuotantotietojen hyödyntämisen yrityksen muissa toiminnoissa.

On myös huomionarvoista, että VisualFactoryn ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 2021. Tämä tarkoittaa, että ohjelmisto on vasta kehityskaarensa alkupäässä, ja ominaisuuksia tullaan kehittämään ja lisäämään pitkälle tulevaisuuteen.

Lähteet

Autodesk. (2021). *Jyrsinkoneen tavallisin konfiguraatio* [kuva].

<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/wp-content/uploads/2018/07/7-machine-axes.png>

Autodesk. (2015). *CAM-ohjelmointi* [kuva].

<https://adsknews.autodesk.com/en/news/autodesk-makes-fusion-360-more-accessible-than-ever/>

Axelson, J. (2007). *Serial Port Complete*. Lakeview Research LLC.

Brauer, D. & Cesarone, J. (2022). *Total Manufacturing Assurance*. CRC Press.

Ermeka Oy. (n.d.). <http://www.ermeka.fi/>

Evans, K. (2020). *CNC Machining Certification Exam Guide*. Industrial Press, Inc.

Frenzel, L. (2016). *Handbook of Serial Communications Interfaces*. Newnes.

Frenzel, L. (2023). *Principles of Electronic Communication Systems*. McGraw Hill LLC.

Groover, M. (2018). *Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing*. Pearson.

Hainbuch. (n.d.). *Vetoholkki-istukka* [kuva].

<https://www.hainbuch.com/fileadmin/Mediendatenbank/English/Products/Chucks/Power-chucks/SPANNTOP-mini/Chuck-SPANNTOP-mini-pull-back.png>

Heidenhain. (n.d.). *Vuorovaikutteinen ohjelmointi* [kuva]. https://www.heidenhain.us/accurite.com/enews/imgs0712/cycl_19.jpg

Herr, K. (2014). *Quick Changerover Concepts Applied*. CRC Press.

i-GuSystem Oy. (n.d.). *Etusivu*. <https://www.igusystem.fi/>

ISO 513:2012. (2012). *Classification and application of hard cutting materials for metal removal with defined cutting edges – Designation of the main groups and groups of application*. International Organization for Standardization.

JHi Solutions. (n.d.). *Etusivu*. <https://www.jhisolutions.fi/>

Kief, H., Roschiwal, H. & Schwarz, K. (2021). *The CNC Handbook: Digital Manufacturing and Automation from CNC to Industry 4.0*. Industrial Press, Inc.

Maaranen, K. (2012). *Koneistus*. Sanoma Pro Oy.

Mazak Corporation. (2016). *What CNC programming style best suits your operations?*.

<https://www.mazakusa.com/news-events/blog/what-cnc-programming-style-best-suits-your-operations/>

Radhakrishnan, P., Subramanyan, S. & Raju, V. (2008). *CAD/CAM/CIM*. New Age International Ltd.

Saari, L., Kuivanen, R. & Poikkimäki, J. (2021). *Digitalisaatio parantaa yrityksen kannattavuutta*. VTT Technical Research Centre of Finland.

https://cris.vtt.fi/ws/files/52969385/DigiSiirto_tulokset_210928.pdf

Sandvik Coromant. (2017). *Training Handbook*. <https://www.sandvik.coromant.com/fi-fi/search?q=training%20handbook>

Sandvik Coromant. (n.d.). *Lastuttavat materiaalit*. <https://www.sandvik.coromant.com/fi-fi/knowledge/materials/workpiece-materials>

Scallan, P. (2003). *Process Planning*. Butterworth-Heinemann.

Smid, P. (2010). *CNC Control Setup*. Industrial Press, Inc.

Smith, G. (2008). *Cutting Tool Technology*. Springer.

Suomen Asiakastieto Oy. *Ermeka Oy taloustiedot*. Haettu 15.4.2023 osoitteesta

<https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/ermeka-oy/23544000/taloustiedot>

Tsugami Corporation. *M06JC-II* [Kuva].

https://www.tsugami.co.jp/uploads/post/3076/1_4.jpg