



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Jesse Pöysti

# Trimmaus 5-akselisella jyrsinkoneella

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

9.05.2021

Tekijä Otsikko	Jesse Pöysti Trimmaus 5-akselisella jyrsinkoneella
Sivumäärä Aika	25 sivua 12.05.2021
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Valmistus- ja tuotantotekniikka
Ohjaajat	Lehtori Markku Saarnio Tekninen johtaja Vesa Sirén, Rensi Finland Oy
<p>Insinööriä tehtiin Rensi Finland Oy:lle. Työn tavoitteena oli selvittää yritykselle, onko trimmaus 5-akselisella jyrsinkoneella järkevä ratkaisu teollisuudessa ja millaiset kyseisen työstön markkinat ovat Suomessa. Työn tarkoitus oli saada yritykselle lisää tietoa mahdollisista myyntikohteista 5-akselisille koneille ja CAM-ohjelmille, sillä Rensi Finland Oy haluaa saada lisää mahdollisia työstökone- ja CAM-ohjelmistoasiakkaita myös tyhjiömu- ja puristeviilutuotannossa.</p> <p>Työssä tutkittiin erilaisten CAM-ohjelmistojen mahdollisuuksia ja ominaisuuksia trimmaustyön ohjelmoinnin kannalta, 5-akselisia koneita ja niiden toimintaperusteita, erilaisia 5-akselisia työstökoneita, joilla työstöä voidaan toteuttaa, tyhjiömu- ja puristeviilutuotantoa ja valmistusperiaatteita sekä hieman markkinoita. Lähteenä työssä käytettiin oppikirjoja sekä verkosta saatavaa materiaalia.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin tärkeää ja tarpeellista lisätietoa yritykselle 5-akselisien jyrsinkoneiden markkinoista ja mahdollisuuksista tyhjiömu- ja puristeviilukappaleiden trimmauksessa.</p>	
Avainsanat	Trimmaus, 5-akselinen jyrsin, puristeviilu, tyhjiöimu

Author Title	Jesse Pöysti Trimming with a 5-Axis Milling Machine
Number of Pages Date	25 pages 12 May 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Professional Major	Production Engineering
Instructors	Markku Saarnio, Senior lecturer Vesa Sirén, Technical Director, Rensi Finland Oy
<p>This Bachelor's thesis examines the trimming process with a 5-axis milling machine as well as other industrial machining work with a 5-axis milling machine and the market possibilities of trimming in Finland. This thesis was made for Rensi Finland Oy to obtain more information about the sales possibilities for 5-axis milling machines and CAM-software in thermoforming of plastics and molding in plywood industries.</p> <p>The study covers a few different CAM-software, their features and possibilities regarding 5-axis trimming. In addition, the thesis discusses the basic working principles of 5-axis milling machines, various 5-axis milling machines able to perform 5-axis trimming, the basics of thermoforming plastics and plywood molding industries and their market in Finland. In this study, source materials were collected from topic-related literature as well as from the Internet.</p> <p>As a result, the study and the collected data provided important and useful knowledge for the company about 5-axis machines, CAM-software for trimming, and most importantly about the market opportunities for 5-axis trimming in Finland.</p>	
Keywords	5-axis milling, trimming, plywood, thermoforming

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Yritys	1
3	CNC-työstökone	2
4	5-akselinen työstökone	3
4.1	Excitech E8 1224	7
4.2	Geiss	9
4.3	Fanum SIGMA	10
5	Trimmaus ja viisiakselinen työstö	11
5.1	Vaihtoehtoiset työstötavat	13
5.2	Tyhjiömuovatus kappaleen trimmaus	13
5.3	Puristeviilukappaleiden trimmaus	14
6	CAM-ohjelmat	16
6.1	Surfcam traditional	16
6.2	WorkNC	17
6.3	EdgeCAM	18
7	Turvallisuus	19
8	Markkinat Suomessa	20
8.1	Aikolon	20
8.2	ASOMA	20
8.3	Muovicenter	21
8.4	Merocap	21
8.5	Fromesa	21
8.6	Yhteenveto	22
	Lähteet	23

## Lyhenteet

CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
ABS	Akrylibutadieenistyreeni
PS	Polystyreeni
PETG	Amorfinen polyester
PVG las	Polyvinyylikloridi (optinen laatu)
PMMA	Polymetyylimetakrylaatti
PP	Polypropeeni
OEM	Original equipment manufacturer, laitevalmistaja
MDF	Medium-density fibreboard, puolikova kuitulevy

## 1 Johdanto

Valmistettaessa muovituotteita tyhjiömuovaten tai puristettaessa viilupuristet tuotteita täytyy kappaleita vielä muotoilla jälkikäteen, jotta saadaan aikaan käyttökelpoinen tuote. Nykyteollisuudessa tyhjiömuovattujen kappaleiden irtileikkaus ja muotoilu tapahtuu suurelta osin tyhjiömuovattujen kappaleiden irtileikkaukseen tarkoitetuilla työstökoneilla tai siihen tarkoitukseen sopivilla roboteilla, jotka on ohjelmoitu suorittamaan irtileikkaus joko robottiin kiinnitetyllä työkalulla tai siten, että robotti liikuttaa kappaleita suhteessa staati-onaariseen työkaluun.

Insinööriyön tavoitteena oli selvittää Rensi Finland Oy:lle viisiakselisen jyrsinkoneen mahdollisuuksia trimmata tyhjiömuovaus- tai puriste viilutuotannon kappaleiden valmistuksessa jäänyt ylimääräinen materiaali pois tehokkaasti sekä viisiakselisen jyrsinkoneen käytön hyötyä muissa valmistuksessa ilmaantuviiin tarpeisiin. Lisäksi työssä selvitettiin työstömenetelmän mahdollisia käyttökohteita ja työstön tarvetta Suomen tyhjiömuovaus- tai puriste viilumarkkinoilla.

Insinööriyössä tarkastellaan trimmauksen lisäksi muutamia esimerkkityöstökoneita, joita voidaan teollisuudessa käyttää trimmauksessa ja siihen liittyvissä muissa mahdollisissa työvaiheissa. Insinööriyössä esitellään myös esimerkkiohjelmia, joilla viisiakselisen jyr-sinkoneen ohjelmointi onnistuu.

## 2 Yritys

Opinnäytetyö on Rensi Finland Oy:n tilaama. Yritys on perustettu vuonna 1993, joten Rensi Finland Oy:llä on pitkä kokemus tuotannon laitteiden ja niihin liittyvien palveluiden parissa. Työntekijöitä yrityksessä on tällä hetkellä 11, joista jokaisella on oma erikoistuminen yrityksen eri tuotteisiin.

Yrityksen päätuotteita ovat CAD/CAM-ohjelmistot, työstökoneet, ja mittalaitteet sekä 3D-skannerit. Ohjelmistoissa päätuotteinaan Rensillä on Hexagonin Production Software -ohjelmistot kaikkine tuotantoon tarvittavine ohjelmistoinen päätuotteenaan Surfcam,

EdgeCAM ja WorkNC. Yritys jälleenmyy näiden lisäksi myös muiden yhtiöiden, kuten Ansysin tarjoamia CAD- ja simulointiohjelmistoja.

### 3 CNC-työstökone

Numeerisesti ohjattu työstökone voi olla mikä tahansa työstökone: porakone, hiomakone, sorvi, jyrsin, avarruskone, työstökeskus jne. Myös levyntyöstö-, laserleikkaus- ja polttoleikkauskoneissa sekä hitsauksen automatisoinnissa käytetään hyväksi CNC-tekniikkaa. CNC-työstökoneet ovat ulkonäöltään hyvinkin erilaisia. Niiden yhteisiä piirteitä ovat kuitenkin esimerkiksi

- tukevuus ja monipuolisuus
- mahdollisuus ohjata ja valvoa koneen kaikkia liikkeitä sähköisesti
- luistien, kelkkojen ja karojen suuri herkkyys ja tarkkaliikkeys
- automaattinen työkalunvaihto
- mahdollisuus ohjelmoida erilaisia työkiertoja.

Lastuavissa työstökoneissa luistien ja kelkkojen liikkeet välitetään yleensä kuulamutteriruuvien avulla. Ne ovat erittäin pienivälyksisiä, ja niiden kitka on vähäinen. Lisäksi ne ovat tarkkanousuisia ja niiden käyttöikä on pitkä. Myös johteet ovat kehitetty vierintäkitkaisiksi. (Maaranen 2012: 369.)

CNC-jyrsinkoneella tarkoitetaan tietokoneella ohjattua useammalla akselilla varustettua työstökonetta. Jyrsinkoneet voidaan jaotella niiden akselisuuden mukaan lyhyesti seuraavasti:

- 3-akselinen jyrsinkone on CNC-koneista yksinkertaisin. 3-akselisessa työstössä työstettävä kappale on kiinnitetty yhteen asentoon koko työstön ajaksi. Karan liikkeet tapahtuvat lineaarisesti X-, Y- ja Z-suunnissa.
- 4-akselisessa jyrsinkoneessa on lisänä A-akseli, joka kiertää X-akselin ympäri pyörittäen työstettävää kappaletta. 4-akselisista koneista on muutamia eri variaatioita, mutta tyypillisesti ne ovat vertikaali koneistus tyyppisiä, jossa kara pyörii Z-akselin ympäri. 4-akselisella työstökoneella voidaan siis työstää laatikko mallisesta kappaleesta neljää sivua yhdellä kiinnityksellä.
- 5-akselinen jyrsinkone käyttää hyväkseen kahta kolmesta mahdollisesta pyörimisakselista, riippuen koneen rakenteesta. Kone käyttää joko A- ja B-akseleita tai B- ja C-akseleita. Liikkeet tapahtuvat joko työstettävän kappaleen tai karan suhteen. (WHAT'S THE DIFFERENCE BETWEEN 3-AXIS, 4-AXIS & 5-AXIS MILLING? 2020.)

#### 4 5-akselinen työstökone

5-akselinen työstökone tarjoaa lähes rajattomat mahdollisuudet kappalekokoihin ja muotoihin, joita voidaan käsitellä työstökoneella tehokkaasti. Tässä luvussa tarkastellaan 5-akselisia työstökoneita, joilla voidaan toteuttaa trimmausta.

Terminä "5-akselinen" viittaa suuntien lukumäärään, joissa leikkuutyökalu voi liikkua. 5-akselisessa työstökoneessa leikkuutyökalu liikkuu lineaaristen X-, Y- ja Z-akseleiden poikki sekä kiertää A-, B- tai C- akselilla lähestyäkseen työstettävää kappaletta tarvittavasta suunnasta (What is 5 axis machining 2021).

5-akselisessa jyrsinkoneessa on yleisemmin käytetyn 3-akselisen X-, Y- ja Z-akseleiden lisäksi kaksi akselia: A, B tai C. Nämä akselit eivät ole jokaisessa koneessa toteutettu samalla tavalla kuten X-Y ja Z-akselit (kuva 1). A-, B- ja C-akselit riippuvat koneen rakenteesta.

Viisiakselisia työstökoneita on saatavilla kahtena perusrakenteena. Rakenteet aiheuttavat työstöradan ohjelmoinnissa huomioitavia yksityiskohtia.

**Rakenne 1: Pyörimisakselit sijaitsevat työpöydässä (työkappale pyörii ja kallistuu):**

- Kara voi olla pienikokoinen, jolloin pienet yksityiskohdat ovat melko hyvin saavutettavissa pienellä ja / tai lyhyellä työkalulla.
- Kohtuuhintainen.
- Sopii pienille työkappaleille.
- Törmäykset kiinnittimien kanssa tavanomaisia.
- Inertiavoimat rajoittavat työstönopeuksia, koska pöytä työkappaleineen on massiivinen liikuteltava.

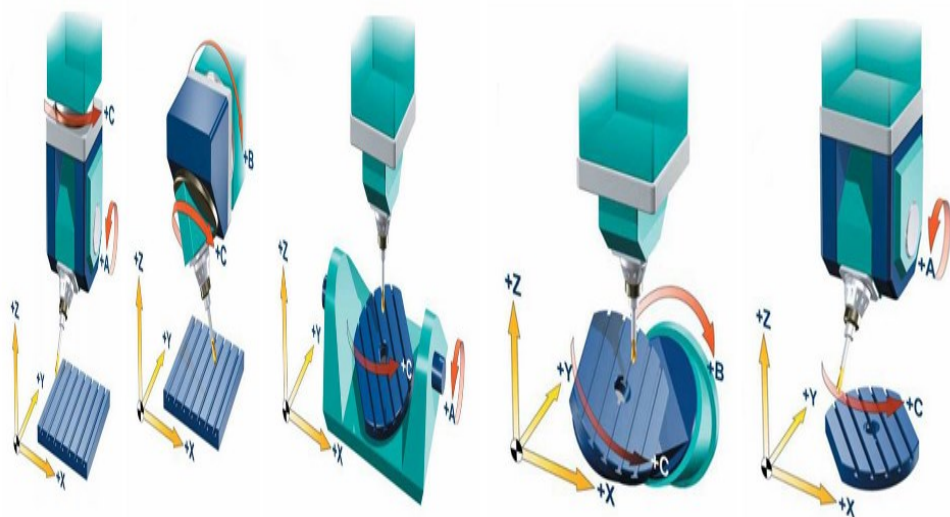
**Rakenne 2: Kara pyörii ja kallistuu:**

- Tavallisesti ohjataan karan kallistuskulmia.
- Sopii hyvin suurille työkappaleille, erityisesti portaali rakenteisena.
- Vaatii suuren työalueen.
- Koneet ovat suuria ja kalliita.
- Törmäykset on melko helppo välttää.
- Karan voimaa voidaan säätää, jos kallistuskulmat ovat suuria. Monimutkainen rakenne, jossa karamoottori sijaitsee karan vaihdettavan osan ulkopuolella.

- Yksinkertaisimmassa rakenteessa kara ja moottori on pakattu yhteen, jolloin koko rakenne liikkuu.
- Rouhinnassa tarvittavat suuret työstövoimat voivat rajoittaa sovelluskohteiden valintaa. Osa akseleista voidaan kuitenkin lukita kuormituksen vähentämiseksi. (Tikka & Höök 2016.)

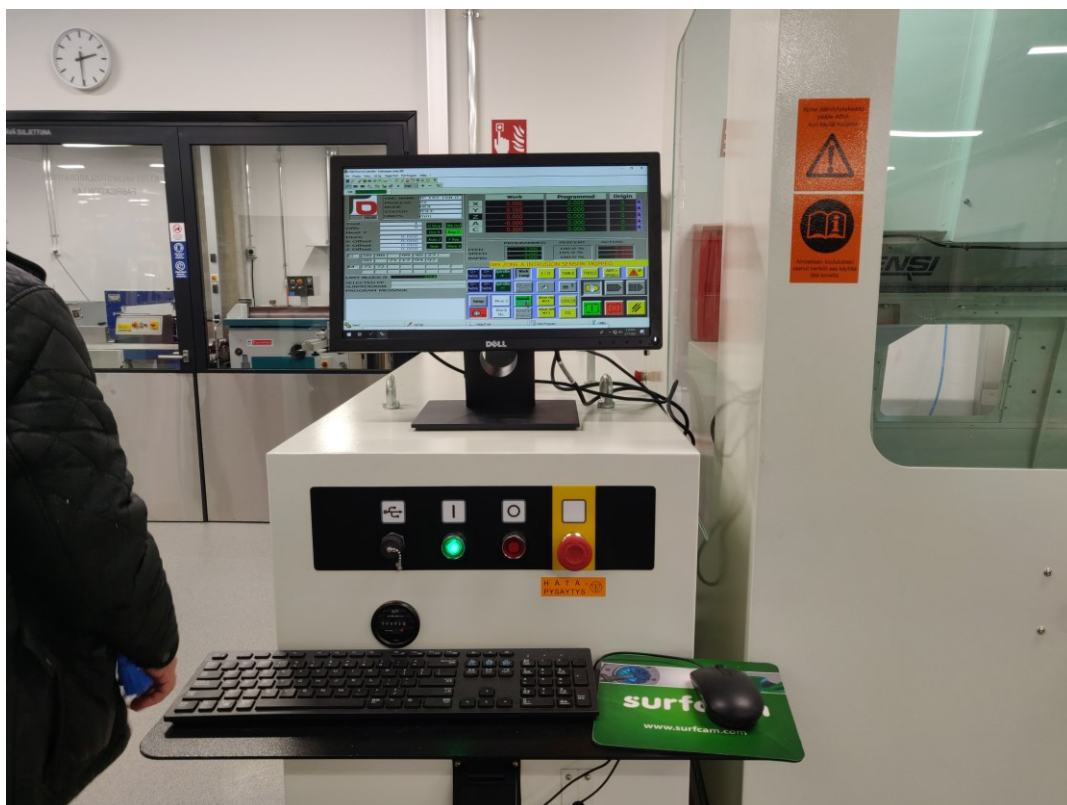
Vaikka koneista on eri malleja, niitä yhdistää se, missä suhteessa akselit kääntyvät suhteessa toisiinsa. A-, B- ja C-akselit kääntyvät aina suhteessa tiettyyn perusakseliin seuraavasti (kuva 1):

- A-akseli koneen X-akselin suhteen
- B-akseli koneen Y-akselin suhteen
- C-akseli koneen Z-akselin suhteen.



Kuva 1 Akselit (3 Aspects Of 5-Axis CNC Machining 2020).

CNC-työstökoneet puhuvat ja lukevat omaa kieltään, jota kutsutaan G-koodiksi. G-koodi sisältää liikkumiskäskyt, joita kone seuraa. G-koodi luodaan CAM-ohjelmalla tehdyistä työstöradoista postprosessuimalla sillä tehdyt radat koneelle teksti tiedostona sille luettavaan muotoon. G-koodin lisäksi postprosessoidussa koodissa on mukana M-koodeja, jotka kertovat koneelle toimintoja, kuten jäähdytysneste päälle tai pois päältä. Jokaisessa CNC-laitteessa tulee olla tietokone, jossa on asennettuna jokin ohjelmisto riippuen koneesta (kuva 2). Tätä kutsutaan ohjaukseksi ja ohjaus löytyy jokaisesta CNC-työstökoneesta poikkeuksetta. Ohjaus nimensä mukaisesti ohjaa koneen liikkeitä ja toimintoja ”lukemalla” sille syötettyä G-koodia.



Kuva 2 OSAI-ohjaus Turun ammattikorkeakoulussa.

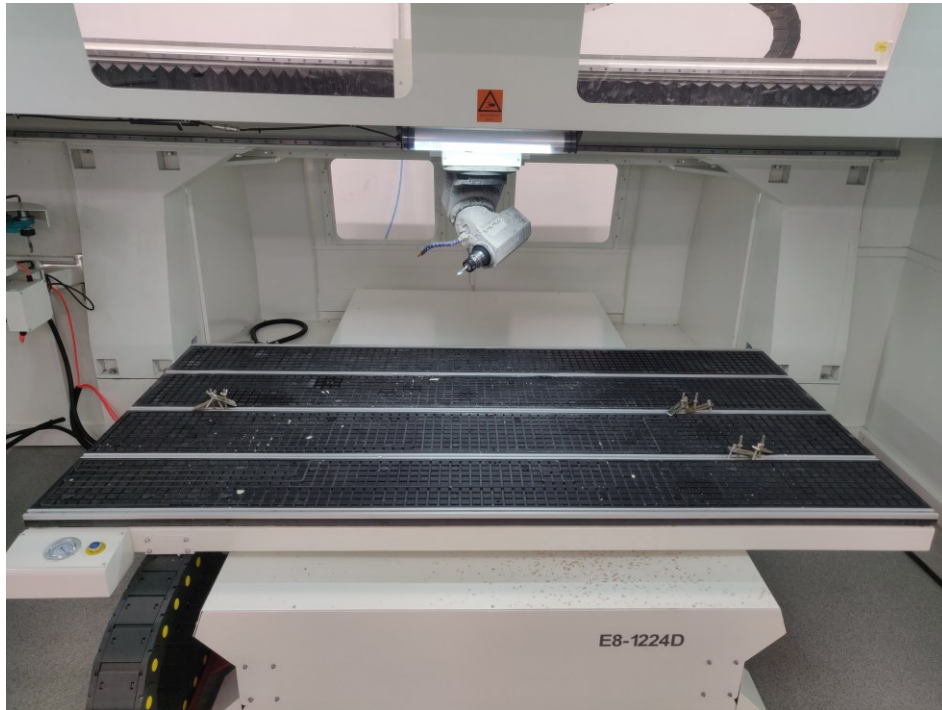
#### 4.1 Excitech E8 1224

Excitechin E8 1224 (kuva 3) on router-mallinen imupöydällinen (kuva 4) 5-akselinen työstökone. Y-akseli toimii pöydän liikkeellä, X- ja Z-akselit puomissa. Viisiakseliseksi työstökoneeksi koneen tekevät A- ja C-vapausasteet ovat koneen karassa (kuva 5). Työstökonetta ohjataan OSAI:n ohjauksella. Excitechin E8 1224 soveltuu sekä muottien ja jigien jyrshintään, että tuotteiden trimmaukseen. (EXCITECH-jyrsinkone/-router 2020.)

Tyypillisiä käyttökohteita näille koneille ovat tyhjiömuovattujen kappaleiden irtileikkaus, trimmaus, erilaisten lasikuitu- ja lentokoneteollisuudessa käytettävien komposiittikappaleiden irtileikkaus ja näiden jigien teko. (Exhitech-koneet yksioikeudella Rensille. 2013.)



Kuva 3. Excitech E8 1224.



Kuva 4 Excitech E8 1224 -imupöytä.



Kuva 5 Excitech E8 1224 -kara.

## 4.2 Geiss

Geiss on saksalainen yritys, joka valmistaa puhtaasti trimmaukseen käytettäviä 5-akselisia CNC-työstökoneita (kuva 6). Geissin trimmauskoneita toimitetaan lähes kaikenkokoisina. Yrityksen työstökoneet koostuvat pääosin jäykästä, hitsatusta rungosta, jossa on kiinteä työstöpöytä. Koneet ovat viisiakselisia, joissa X-, Y- ja Z-akselien lisäksi on kääntyvä B-akseli ja pyörivä C-akseli. Geissin tuotteisiin kuuluu myös laserleikkaustyökalulla tai veitsileikkurilla varustettu työstöpää. Näillä työstökoneilla voidaan työstää lämpömuovattavia muoveja, lasikuidulla tai hiilikuidulla vahvistettuja kertamuoveja, erilaisia puulaatuja ja muita pehmeitä sekä helposti työstettäviä materiaaleja. (CNC-postprocessing centres 2021)



Kuva 6 Geiss ECO-Plus -trimmauskone (CNC-postprocessing centres. 2021).

### 4.3 Fanum SIGMA

Fanum on puolalainen työstökoneiden valmistaja, joka valmistaa 5-akselisia työstökoneita pääsääntöisesti puutuotteiden ja muovin jyrsimiseen ja trimmaukseen. 5-akselinen portaalimallinen SIGMA CNC -koneistuskeskus useilla eri varustuksilla on universaali ja erittäin tarkka 5-akselinen CNC-jyrsinkone (kuva 7). Kompakti, massiivinen jyrsinkoneen suunnittelu antaa jäykkyyttä korkeilla syöttönopeuksilla työstämiselle lineaariakseleilla sekä suurentaa Z-akselin liikkeiden toiminta-aluetta työstöissä, kuten CNC-jyrsinnässä, CNC-porauksessa, leikkauksessa (leikkuu ja trimmaus). (Gantry and column milling machines 2021.)

Fanum SIGMAlla voidaan työstää seuraavia materiaaleja:

- alumiini
- puu
- synteettiset materiaalit
- komposiitit
- materiaalit, joilla samantapainen kovuus, kuten MDF.

(Gantry and column milling machines 2021).



Kuva 7 Fanum SIGMA (Gantry and column milling machines 2021).

## 5 Trimmaus ja viisiakselinen työstö

Trimmaus tarkoittaa ylimääräisen materiaalin poistoa kappaleesta muotoon muovaamisen jälkeen. Muovatuista kappaleista jää ulkoreunoille ylimääräistä materiaalia ahiosta, sillä ahiota ei voi leikata valmiiksi oikeaan muotoon ennen muovausta. Tämä tarkoittaa sitä, että kappaleelle täytyy tehdä jonkin tasoista jälkityöstöä muovaamisen jälkeen, kuten trimmausta, kiillotusta tai muuta leikkuuta, ennen kuin sitä voidaan kutsua lopulliseksi tuotteeksi. Jotta kappaletta voidaan tarvittaessa trimmata muotoon muovaamisen jälkeen, täytyy kappale olla jämekästi paikoillaan työstön ajan.

5-akselisen jyrsinkoneen käyttäminen trimmaukseen eli irti leikkaukseen edullisuus tulee esiin monella tapaa. Erinomaisen työkalun trimmaukseen siitä tekee trimmaustyön helppo muokattavuus ja suuri tarkkuus, sillä yhdestä muodostetusta kappaleesta voidaan luoda useita osamääriytyksiä eri leikkauksilla. Trimmaus 5-akselisella koneella on tarpeellista, kun työstetään muotoja, jotka eivät ole kohtisuoria Z-akselin suhteen. 5-akselinen työstö siis mahdollistaa kohtisuoran työstön kappaleen omien muotojen mukaan, mitä ei voi alle 5-akselisella koneella toteuttaa.

5-akselisissa työstökoneissa toisin kuin pelkkään trimmaukseen tarkoitetuissa työstökoneissa on mahdollista asettaa työkalunvaihto, josta on esimerkkinä kuva 8. Työkalunvaihto mahdollistaa sen, että työstökoneella voidaan myös valmistaa kappalekohtainen jig, jolla kiinnitetään kappale koneeseen trimmaustyöstön ajaksi samassa pisteessä, jossa kappale lopuksi trimmataan haluttuun muotoon. Tämä eliminoi tarpeen hankkia erillinen kone, jolla lopputyöstöön pakollinen jig valmistettaisiin.

Tuotteet ovat lähes poikkeuksetta hankalia kiinnittää loppukoneistusta varten erikoisten muotojensa takia. Tästä syystä jigin tulee myötäillä tuotteen muotoja mahdollisimman tarkasti, jotta se tukee työstettävää kappaletta riittävästi loppukoneistuksen ajan.



Kuva 8 Excitech E8 1224 -työkalunvaihtaja.

## 5.1 Vaihtoehtoiset työstötavat

Trimmaukseen valmistetaan myös eksklusiivisesti trimmaukseen tarkoitettuja työstökoneita. Työstökoneet ovat toimintaperiaatteeltaan samantapaisia kuin perinteiset CNC-jyrsinkoneet, mutta erityisesti vain trimmaukseen käytettävät koneet ovat kevyempiä. Tällä tarkoitetaan sitä, että koneen rakenteita ei ole suunniteltu kestämään kovaa rasitusta, kuten 5-akselisissa jyrsinkoneissa luonnollisesti on.

Trimmaus voidaan myös toteuttaa erillisellä robotilla, mikä onkin tarkoitukseen yleinen tapa toimia. Robotin käyttäminen on edullista, silloin kun ei tarvitse noudattaa tarkkoja toleransseja tai kappaleet eivät ole kovin monimutkaisia. Robotissa on työpäässä kiinni sähkömoottori, jossa on kiinni leikkaava terä ja robotti ohjelmoidaan seuraamaan trimmattavan kappaleen haluttua ulkoreunan profiilia tai kappaleeseen haluttavien aukkojen muotoja. Robotti voidaan myös ohjelmoida liikuttamaan kappaletta suhteessa paikallaan olevaan työkaluun. Ratkaisun valintaperusteisiin vaikuttaa pääosin kappaleen paino, fyysinen koko ja materiaali. Robotin huonona puolena on suuri aidoilla suojattu työalue, jonka robotin käyttäminen vaatii.

## 5.2 Tyhjiömuovattun kappaleen trimmaus

Useat kestopuovut soveltuvat tyhjiömuovattaviksi. Tietyt puovut (esim. PC, PP) joudutaan esilämmittämään ennen varsinaista tyhjiömuovausta. Tyhjiömuovauksessa käytettävät levyt ovat yleensä 1–10 mm paksuja. Yleisimmin käytettyjä materiaaleja ovat

- ABS
- PS
- PETG
- PVC glas
- PMMA

- PP.

Tyhjiömuovauksessa käytettävä muotti voidaan valmistaa erilaisista materiaaleista, kuten puusta, alumiinista tai uretaanipohjaisesta hartsiseoksesta (esim. Ebalta, Cibatool, Sikablock). Muottimateriaalin valintaan vaikuttavat muun muassa sarjakoko ja tuotteelta vaadittavat laatuominaisuudet. (Tyhiömuovaus 2021.)

Levyaiho lämmitetään tyhjiömuovauskoneen sähkövastuksilla pehmeäksi, minkä jälkeen lämmennyt levy puhalletaan paineilmalla kuplaksi. Samanaikaisesti muotin sisältävä koneen työkalupöytä nostetaan ylös kuplan sisään. Tämän jälkeen kuplasta imeetään ilma pois alipaineen avulla. Muoviosa jäähdytetään ja aihio irrotetaan muotista. Lopuksi reunat leikataan pois ja kappaleeseen tehdään mahdolliset aukotukset CNC-tekniikkaa hyödyntäen. (Tyhiömuovaus 2021.)

### 5.3 Puristeviilukappaleiden trimmaus

Puristeviilu on käytännössä yhteen liimattuja ohuita puulevyjä. Puristeviilusta valmistetaan pääsääntöisesti huonekaluja, mutta siitä valmistetaan myös sisustustuotteita pienissä määrin.

Kapeissa muodoissa puristaminen on yksinkertaista: käytetään tavallisia kiskopuristimia tai erilaisia paineilma- tai hydraulisia puristimia. Laminoinnissa päältäpäin puristamisesta on huolehdittava, etteivät kappaleet siirry sivusuunnassa niin paljon, ettei leveyttä valmiiseen kappaleeseen jääkään riittävästi.

Leveät kaksipuoliset muotit puristetaan kiskopuristimilla tukevien puristuslankkujen avulla tai tarkoitukseen rakennetulla hydraulisella tai paineilmapuristimella (kuva 9). On huolehdittava, että puristus varmasti kohdistuu koko muotin leveyteen, ei vain reunoihin. (Keronen 2013.)



Kuva 9 viilupuristuksen periaate (Keronen 2013).

Puristeviilujen trimmaus on pitkälti samanlainen operaatio kuin tyhjiömuovattujen muovituotteiden trimmaus. Puristeviilujen trimmaus tapahtuu joko tuotteelle tehdyssä jigissä, imupöydässä tai imukupeilla työstöpöytään kiinnitettynä. Tarve puristeviilujen trimmaukselle 5-akselisella koneella on esimerkiksi huonekaluissa, kuten kaarevissa ja monimuotoisissa tuolien selkänojissa, kun halutaan muodoltaan kaksoiskaarevia kappaleita kuten kuvassa 10.



Kuva 10. Valmis puristeviilu tuote (Keronen 2013).

## 6 CAM-ohjelmat

CAM-ohjelmoijalla on käytössään jokin CAM-ohjelmisto, jolla hän mallintaa työkierron ja yksittäiset radat. CAM-ohjelmiston generoima työstörata on pohjana postproessorin generoimille komentosarjoille. CAM-ohjelmiston työstöratasimulointi ei useimmiten huomioi postproessorikomentoja, vaikka ne voivat olla toisenlaisia kuin radan ohjelmoija on ennakoinut. Postproessorikomennot ovat parametreja, joilla kontrolloidaan esimerkiksi karanpyörimisnopeutta, leikkuunopeutta, työkalujen ja palettienvaihtamista, syöttönopeutta, jäähdytysnesteen kiertoa jne. Parametrit ovat osin yhteisiä kaikille työstökoneille, jopa riippumatta niiden ohjauksen tyypistä, mutta on myös joitakin konekohtaisia parametreja. Tästä syystä NC ohjelma ei ole yleiskäyttöinen. (Tikka & Höök 2016.)

Tässä luvussa käydään läpi lyhyesti muutamia CAM-ohjelmia, joilla voidaan ohjelmoida ja postprosessoida ohjelma 5-akseliselle työstökoneelle.

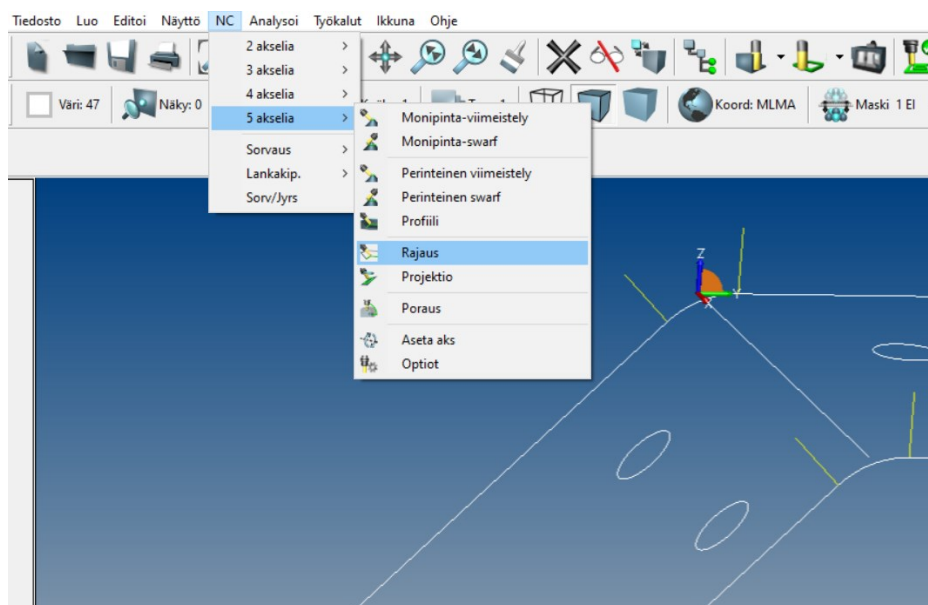
### 6.1 Surfcam traditional

Surfcam traditional on Hexagonin omistama CAM-ohjelma, joka on tehokas 3D-CAM-ohjelmisto. Surfcam traditional on ominaisuuksiltaan kattava ja helppokäyttöinen vaikka se on kehitetty jo 1980-luvulla, jonka vuoksi se näyttää nykyohjelmiin verrattuna vanhalta ja vaikealta käyttäältä. (Hexagon manufacturing intelligence.)

Surfcam traditional on maailman nopein CAD/CAM-ohjelma, ja Suomessa on yli 1000 Surfcam-lisenssiä. Job Shop -työssä Surfcam on erinomainen työkalu sen helppokäyttöisyyden ansiosta. Surfcam traditional on pintamallipohjainen CAM-ohjelma. (Surfcam Trad. CAD/CAM 2021.)

5-akselinen trimmaus Surfcam traditionalissa on yksinkertaista 5-akselinen rajausta työkalulla (kuva 11). Ohjelmoitaessa Surfcam traditionalilla trimmaustyökiertoa täytyy Surfcamille piirtää trimmauksen suorittamiseksi työstöratojen lisäksi suuntavektorit, joiden avulla ohjelma osaa seurata rataa oikeassa kulmassa. Surfcam traditionalissa erinomai-

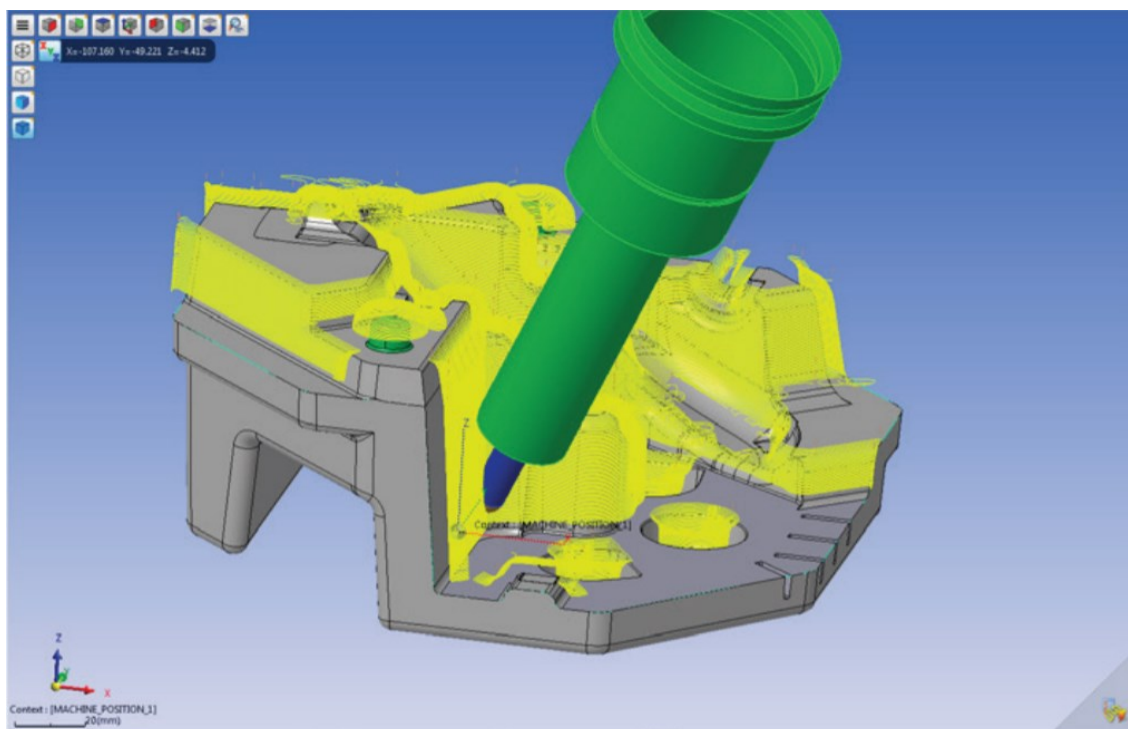
sena ominaisuutena 5-akselista työstörataa tehtäessä on mahdollisuus editoida työstörataa manuaalisesti askel kerrallaan ja poistaa kulmia työstettäessä turhia liikeitä, jotka hidastaisivat trimmaustyökiertoa. (Sirén 2021.)



Kuva 11 5-akselirajaus Surfcam traditionalissa.

## 6.2 WorkNC

Hexagonin omistama WORKNC-CAM-ohjelmisto on johtava CNC-ohjelmisto pinta- tai solidimalleille muotti-, meisti- ja työkalu bisneksessä tehtäessä 2–5-akselista CNC-ohjelmointia. WORKNC:tä käyttävät kaikki läntiset, japanilaiset ja korealaiset autoteollisuusvalmistajat ja hyvin tunnetut OEM:t eri teollisuuden alueilta. WORKNC on tarkoitettu fyysisesti isojen mallien ja muottien tekemiseen. WORKNC on kehitetty nimenomaan 5-akseliseen työstöön, sillä siihen on kehitetty oma matematiikka ratojen laskentaan (kuva 12). Melkein kaikki nyt markkinoilla olevat CAM-ohjelmat käyttävät samaa amerikkalaista 5-akseliteknologiaa, mutta WORKNC:llä on omat 5-akseliratansa ja matematiikka, jotka on tehty nimenomaan muottien ja mallien valmistukseen. (WORKNC-ohjelmistojen myynti Rensille 2019.)



Kuva 12 WORKNC:n 5-akseliratoja (Advanced CAM solutions 2016).

### 6.3 EdgeCAM

EdgeCAM on piirreperohjainen ja hyvin monipuolinen CAM-ohjelma, kuten kuvasta 13 voi todeta. Ohjelmisto on hyvin visuaalinen ja siinä on sekä jyrsin- että sorvauspuolella automaattinen piirteiden tunnistus sekä automaattinen ratojen luonti. Ohjelmistoon on saatavissa täydellinen konesimulointi työkaluineen, kiinnittimineen ja työstökoneineen. (EdgeCAM 2021.)

EdgeCAM-jyrsintäohjelmistossa jyrsinratojen luominen tapahtuu niin rautalankamallista kuin myös 3D-solidimallistakin. Se tukee jyrsintää yksinkertaisista 2,5-akselisista työstöistä aina monimutkaiseen 3–5-akseliseen työstöön. (EdgeCAM 2021.)

EdgeCAM on piirreperohjainen ohjelmisto, jossa on hyvät 5-akseliominaisuudet, jolla trimmaustyöstöradat voidaan tehdä. Jos työstettävät kappaleet ovat suurikokoisia, Edge-

CAM:ssä vastaan tulee ohjelmiston työstöratojen laskentanopeus, ohjelman nykyaikaisen visuaalisuusominaisuuden kustannuksella. Ohjelmassa on huonona puolena myös 5-akselimoduulin korkea hinta, joka ei miellytä kaikkia asiakkaita. (Sirén 2021.)



Kuva 13 Edgecam-jyrsintää (Advanced CAM solutions 2016).

## 7 Turvallisuus

Työstökoneet tulee aina olla jollain tapaa suojattuja, jotta käyttäjät eivät loukkaannu työstökennellessä. Jos kone on työstökeskusmallinen eli suljettu tila, jossa työstö tapahtuu, on koneessa oltava ovet, joissa on rajakytkimet, ettei käyttäjä tai ulkopuolinen henkilö loukkaannu tai pääse vaarantamaan itseään koneen ollessa käynnissä. Jos kone on routerityyppinen eli työstettäessä avoin, on koneen ulkoreunoille asennettava valoverhot, jotka pysäyttävät koneen työstön, mikäli käyttäjä tai ulkopuolinen henkilö menee liian lähelle työstävää konetta, ja valoverhon signaali katkeaa. Kaikissa työstökoneissa riippumatta mallista on oltava hätäseis-kytkimet useassa helposti nähtävässä ja tavoitettavissa olevassa paikassa. Konedirektiivin mukaan kaikissa laitteissa ja koneissa tulee olla CE-

merkintä. CE-merkintä koneessa osoittaa, että kone tai laite on testattu laboratoriossa tai muun kolmannen osapuolen arviointi on suoritettu ja kone ja sen komponentit on todettu noudattavan EU:n turvallisuusdirektiivejä. (Konedirektiivi 2006.)

## 8 Markkinat Suomessa

Markkinoita Suomessa tutkittiin analysoimalla tietoa muovi- ja puristeviiluteollisuuden yritysten internet sivuilta. Luvussassa tutkitaan muutamia kyseisiin tuotannonaloihin liittyvää yritystä, josta tehdään yhteenveto tarkastelun perusteella.

### 8.1 Aikolon

Aikolon Oy on suomalainen muovin työstöön ja muovimateriaaleihin erikoistunut yritys. Sillä on toimipisteitä Oulussa ja Vantaalla sekä myyntipisteitä Turussa Kokkolassa, Jyväskylässä ja Tampereella. Aikolon valmistaa ja työstää muovituotteita sekä myy muovimateriaaleja. Yritys tarjoaa myös tilaustyönä 3–5-akselisilla CNC-koneilla valmistettuja kappaleita. (CNC-koneistus 2021; Aikolon Oy 2021.)

### 8.2 ASOMA

Asoma on suomalainenperheyritys, joka valmistaa muovikomponentteja ja -tuotteita tyhjiömuovausmenetelmällä. Yritys valmistaa muovituotteitaan ajoneuvo- ja elektroniikkateollisuudelle sekä kone- ja laitealan sekä sairaala- ja saniteettiteollisuuden yrityksille. Myös Asomassa on tarjolla muovituotteiden sopimusvalmistusta. (Asoma 2021.)

### 8.3 Muovicenter

Muovicenter on Suomessa toimiva muovialan yritys. Yrityksen toiminta keskittyy muovi- valmisteen, kuten levyjen, kalvojen ja tankojen, maahantuontiin, myyntiin ja jatkojalostukseen. Palveluina yrityksellä on lämpö- ja tyhjiömuovaukset sekä CNC-koneistuspalvelu. Yrityksen mukaan se investoi 5-akseliseen työstökoneeseen vuonna 2020 varmistakseen kilpailukyvyn ylläpitämisen ja mahdollisuuden kansainväliseen kaupankäyntiin. (Muovituotteiden maahantuonti ja myynti 2021.)

### 8.4 Merocap

Merocap on 1992 perustettu suomalainen muoviteollisuuden yhtiö (Merocap yritys. 2021). Yritys valmistaa myymälätarvikkeinaan tarjottimia, leikkuulautoja ja suojakupuja. Yritys tarjoaa myös monipuolisia palveluita asiakkailleen tilaustoina, kuten suunnittelua, koneistuspalveluita, 3D-mallinnusta, muottien valmistusta, tyhjiö- ja lämpömuovausta, laserleikkausta ja monia muita palveluja liittyen muovituotteisiin (Merocap palvelut. 2021). Koneistuspalveluja Merocap tarjoaa aina kappaleiden suunnittelusta koneistukseen. Työstökoneina yrityksellä on 5-akselisia jyrsinkoneita, joilla voidaan työstää 1500 mm x 2500 mm:n kappaleita (Merocap CNC-koneistus 2021.)

### 8.5 Fromesa

Formesa on puun muotopuristukseen erikoistunut yritys. Yritys muovaa lähes pelkästään koivuvillua sen hyvien muotoiluominaisuuksien vuoksi. Tuotteinaan Fromesalla on lähinnä huonekaluja ja sisustustarvikkeita, kuten lamppujen puisia varjostimia tai tarjottimia. Yritys valmistaa omien tuotteidensa lisäksi myös asiakkaiden tilaamia tuotteita asiakkaan itse toimittamia muotteja käyttäen. Trimmaus ja loppumuotoilu tapahtuu 5-akselisella työstökeskuksella. (Formesa 2021.)

## 8.6 Yhteenveto

Päätelmänä muovituotannon ja puristeviilutuotannon tutkimisen jälkeen voidaan todeta, että muovin- ja puunmuovausteollisuutta on Suomessa paljon. Suurimmat tyhjiömuovausta tekevät yritykset tarjoavat myös koneistuspalvelua tyhjiömuovauksen ohessa. Koneistuspalvelu voi sisältää esimerkiksi muottien tai jigien alihankintana tilattuja työstöjä. Edistyksellisimmissä yrityksissä on tarjolla myös koneistuspalvelua niin kolme kuin viisiakselityöstössä. Investoimalla 5-akseliseen työstökoneeseen avautuu siis useampia mahdollisuuksia kuin vain trimmaustyöt ja jigien teko. Jotta pysytään kilpailukykyisenä muovin ja puun muovauksessa on oltava mahdollista myös laajentaa koneiden käyttöä muuhunkin kuin vain trimmaukseen ja viimeistelyyn. Suomessa markkinat tyhjiömuovaukselle on huomattavasti suuremmat kuin puristeviilutuotannolle. Suomessa valmistetaan tyhjiömuovauksella esimerkiksi jakelukärryjen kansia, tarjottimia ja ennen kaikkea tilaustöitä.

## Lähteet

3 Aspects Of 5-Axis CNC Machining. 2020. Verkkoaineisto. Wayken. <<https://www.waykenrm.com/5-axis-cnc-machining.html>>. Luettu 23.3.2021.

Advanced CAM solutions. 2016. Verkkoaineisto. VERO SOFTWARE. <[www.worknc.com](http://www.worknc.com)>. Luettu 23.4.2021.

Aikolon Oy. 2021. Verkkoaineisto. Aikolon Oy. <<https://www.aikolon.fi/aikolon-oy>>. Luettu 11.5.2021

Asoma. 2021. Verkkoaineisto. Asoma Oy. <<https://www.asoma.fi/>>. Luettu 11.5.2021.

CloudNC DFM Team. WHAT'S THE DIFFERENCE BETWEEN 3-AXIS, 4-AXIS & 5-AXIS MILLING? 2020. Verkkoaineisto. CloudNC <<https://cloudnc.com/cnc-best-practices-3-whats-the-difference-between-3-axis-4-axis-5-axis-milling/>>. Luettu 10.5.2021.

CNC-koneistus. 2021. Verkkoaineisto. Aikolon Oy. <<https://www.aikolon.fi/tyostopalvelut/cnc-koneistus>>. Luettu 11.5.2021.

CNC-postprocessing centres. 2021. Verkkoaineisto. Geiss. <<https://www.geisstt.com/en/products/cnc-trimming-machines>>. Luettu 3.5.2021.

EdgeCAM. 2021. Verkkoaineisto. Rensi. <<https://www.rensi.fi/tuotteet/ohjelmistot/edgecam/surf-cam/>>. Luettu 18.4.2021.

EXCITECH-jyrsinkone/-router. 2021. Verkkoaineisto. Rensi. <<https://www.rensi.fi/tuotteet/tyostokoneet/jyrsinkone-ja-router/routerit/jyrsinkone-router-excitech/>>. Luettu 21.4.2021.

Exhitech-koneet yksioikeudella Rensille. 2013. Konekuriiri 10/2013, s. 30.

Formesa. 2021. Verkkoaineisto. Formesa Oy. <<https://formesa.fi/palvelut/>>. Luettu 11.5.2021

Gantry and column milling machines. 2021. Verkkoaineisto. Fanum. <<https://www.fanum.pl/en/our-products/machines-for-processing-of-wood-and-wood-materials/gantry-and-column-milling-machines/sigma,produkt21/>>. Luettu 3.5.2021.

Hexagon manufacturing intelligence. 2021. Verkkoaineisto. <<https://www.surfcam.com/>>. Luettu 3.5.2021.

Keronen, Jukka-Pekka. 2013. Viilujen muotopuristus. Verkkoaineisto. <<https://prezi.com/djithogqsey/viilujen-muotopuristus/>>. Luettu 2.5.2021.

Konedirektiivi 2006/42/EY.

Maaranen, Keijo. 2012. Koneistus. Helsinki: Sanoma Pro.

Merocap CNC-koneistus. 2021. Verkkoaineisto. Merocap Oy. <<https://www.merocap.fi/valmistustekniikat>> Luettu 11.5.2021.

Merocap palvelut. 2021. Verkkoaineisto. Merocap Oy. <<https://www.merocap.fi/palvelut>> Luettu 11.5.2021.

Merocap yritys. 2021. Verkkoaineisto. Merocap Oy. <<https://www.merocap.fi/yritys>> Luettu 11.5.2021.

Muovituotteiden maahantuonti ja myynti. 2021. Verkkoaineisto. Muovicenter Oy <<https://muovicenter.com/palvelut/>> Luettu 11.5.2021.

Saimovaara, Juhani & Auvinen, Seppo & Blomster, Pekka. Puristaminen. 2004. Verkkoaineisto. <[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/kasityovaltainen\\_pienteollisuus/taivutetut\\_muodot/puristaminen.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/kasityovaltainen_pienteollisuus/taivutetut_muodot/puristaminen.html)>. Luettu 2.5.2021.

Sirén, Vesa. 2021. Teknillinen johtaja, Rensi Finland Oy, Klaukkala. Keskustelu 2.4.2021.

Surfcam Trad. CAD/CAM. 2021. Verkkoaineisto. Rensi. <<https://www.rensi.fi/tuotteet/ohjelmistot/surfcam/cadcam-ohjelma/>> Luettu. 13.4.2021.

Teknologia. 2021. Verkkoaineisto. Formesa Oy. < <https://formesa.fi/palvelut/>>. Luettu 11.5.2021.

Tikka, Heikki & Höök, Tuula. 2016. CAD/CAM perusteet ja muottien työstäminen. Verkkoaineisto. <<https://docplayer.fi/3509286-Cad-cam-perusteet-ja-muottien-tyostaminen.html>>. Luettu 1.5.2021.

Tyhiömuovaus. 2021. Verkkoaineisto. Aikolon Oy. <<https://www.aikolon.fi/tyostopalvelut/tyhjiomuovaus>>. Luettu 23.4.2021.

What is 5 axis machining. 2021. Verkkoaineisto. Mazakusa. <<https://www.mazakusa.com/machines/process/5-axis/>>. Luettu 14.4.2021.

WORKNC-ohjelmistojen myynti Rensille. 2019. Eurometalli 7/2019, s. 50.