

CNC-KONEIDEN TEHOKKUUS JA KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Puutekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Joona Mikkola	
Työn nimi CNC-koneiden tehokkuus ja kehittäminen	
Päiväys 10.3.2015	Sivumäärä/Liitteet 41/4
Ohjaaja(t) Risto Pitkänen, tuntiopettaja; Mauno Multamäki, projekti-insinööri	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuopion Woodi Oy, Tomi Rynnänen, työnjohtaja	
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Kuopion Woodi Oy:n tarpeisiin saada selville kolmen CNC-koneen kokonaistehokkuus. Opinnäytetyössä tutkittiin KNL-analyysin avulla koneiden tehokkuutta. Tulosten perusteella oli tarkoitus etsiä ja miettiä kehittämisideoita yhdessä yrityksen työntekijöiden kanssa. Näiden tietojen avulla yritys voisi tulevaisuudessa tehostaa koneidensa toimintaa.</p> <p>Opinnäytetyössä käytettiin KNL-laskentaa, jonka avulla selvitettiin tuotantokoneiden kokonaistehokkuutta. Työssä käytetyn kellotusmenetelmän avulla kerättiin tietoa työajan käytöstä koneilla tuotannon eri osa-alueissa. Työ aloitettiin tutustumalla KNL-laskentaa ja millaista tietoa laskennassa tarvittaisiin. Käytössä oli yrityksen oma kellotusohjelma, jolla tarvittavat ajat saatiin. Kellotukset suoritettiin yrityksen tiloissa tammikuussa 2015. Kellotusten päätyttyä ryhdyttiin analysoimaan tuloksia, ja tutkimaan niiden pohjalta kehitysehdotuksia.</p> <p>Työn tuloksena saatiin arvokasta tietoa yrityksen tarpeisiin häiriöistä, asete-ajoista ja terähuollosta. Lisäksi saatiin myös tärkeitä kokonaistehokkuusarvot, joita olisi hyvä seurata tulevaisuudessakin. Näiden tuloksien avulla saatiin pohdittua tulevaisuuden kehittämisen tarpeita. Erilaisia kehittämisen kohteita oli monia, joten yhtä tiettyä ratkaisua ei löydetty. Muutoksia tarvitaan niin teriin, ohjelmiin kuin työskentelyynkin.</p>	
Avainsanat Kuopion Woodi, KNL-analyysi, CNC-kone, Kellotus, Kokonaistehokkuus, OEE	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Wood Technology			
Author(s) Joonas Mikkola			
Title of Thesis Efficiency and Developing of CNC-machines			
Date	10 March, 2015	Pages/Appendices	41/4
Supervisor(s) Mr Risto Pitkänen, Lecturer; Mr Mauno Multamäki, Project Engineer			
Client Organisation /Partners Kuopion Woodi Oy, Tomi Ryyänen, Overseer			
<p>Abstract</p> <p>This final year project was made for Kuopio Woodi Oy to find out the total production efficiency of three CNC-machines. In this thesis the efficiency of these machines was studied by KNL-analyses. The purpose was to find out and consider developing ideas together with the company's employees. Using this data the company could improve the efficiency of their machines in future.</p> <p>In this thesis KNL-calculation was used which enabled finding out the total efficiency of the production machines. By means of clocked time measuring method it was possible to collect data about the work time of machines in different production sectors. First, KNL-calculation was studied to find out which type of data was needed in this method. The company had a clocked program of their own to measure the necessary work times. The time measuring was done in the premises of the company in spring 2015. After finishing the clocked timing analyzing the results was started and based on the results possible developing proposals were studied.</p> <p>As a result of this study there was valuable information of disturbances, blade set times and blade service itself for the company use. Important total efficiency values were achieved which could be useful to follow in future as well. These results helped to discuss the developing needs in future. It appeared, that changes are required in the blades, programs and in the way of working as well</p>			
<p>Keywords CNC- machines, Kuopion Woodi, KNL, OEE</p>			

ALKUSANAT

Isot kiitokset tämän opinnäytetyön toteutuksesta kuuluu Kuopion Woodi Oy:n toimitusjohtajalle Mika Rissasella ja työnjohtaja Tomi Rynnäselle. Kiitos että, sain mielenkiintoisen aiheen teiltä, sekä siitä että, olen saanut työskennellä harjoitteluni Woodilla. Kiitokset yrityksessä kuuluu myös CNC-koneiden käyttäjille.

Haluan myös kiittää ohjaavaa opettajaani Risto Pitkästä. Kiitos työn aikana saamastani avusta, sekä kiitos avusta ja tuesta opintojen aikana. Myös kiitokset kuuluvat opiskelutovereilleni, teihin oli mahdollista tutustua.

Viimeiset kiitokset kuuluvat perheelleni ja ystäville, kiitos tuestanne ja avustanne opintojeni aikana.

Kuopiossa 25.02.2015

Joona Mikkola

Savonian opinnäytetyö

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	KUOPION WOODI OY:N TUOTANTO	9
3	KNL-LASKENTA	14
3.1	KNL-laskenta lyhyesti	14
3.2	KNL- laskeminen	15
3.3	Käytettävyys.....	15
3.4	Nopeus	16
3.5	Laatu	17
4	MITTAUKSEN TOTEUTUS KUOPION WOODI OY:LLÄ.....	18
4.1	Kellotusten toteutus	18
4.2	Nopeus- ja laatutietojen keräys.....	19
5	TULOSTEN LASKENTA JA ANALYSOINTI.....	21
5.1	Käytettävyysarvon laskenta	21
5.1.1	Käytettävyyden analysointi	22
5.1.2	Analysointi CNC 1-koneelle	22
5.1.3	Analysointi CNC2-koneelle	24
5.1.4	Analysointi CNC3-koneelle	25
5.2	Nopeus arvon laskenta	27
5.2.1	Nopeuden analysointi	27
5.2.2	Analysointi CNC1-koneelle	28
5.2.3	Analysointi CNC2-koneelle	29
5.2.4	Analysointi CNC3-koneelle	30
5.3	Laatu arvon laskenta	31
5.3.1	Laadun analysointi	31
5.3.2	CNC 1 analyysi-koneelle	31
5.3.3	CNC 2 analyysi-koneelle	32
5.3.4	CNC 3 analyysi-koneelle	33
5.4	Kokonaistehokkuus	34
5.5	Tulosten analysointi	35
6	CNC- KONEIDEN KÄYTÖN KEHITTÄMINEN	36
6.1	Kehittäminen lyhyesti	36

6.2	Työstöohjelmat.....	36
6.3	Työstöterät.....	37
6.4	Asetteet	37
6.5	Häiriöt.....	37
6.6	Tuotannonohjaus.....	38
7	LOPPUPÄÄTELMÄT	39
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	40
	LIITE 1: CNC 1 KONEEN KOKONAISTEHOKKUUS TAULUKKO.....	41
	LIITE 2: CNC 2 KONEEN KOKONAISTEHOKKUUS TAULUKKO.....	42
	LIITE 3: CNC 3 KONEEN KOKONAISTEHOKKUUS TAULUKKO.....	43
	LIITE 4: OHJELMIEN- JA ASETTEIDENKESTO TAULUKKO.....	44

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään KNL-analyysiä kolmelle CNC-koneelle. Työ tehdään yrityksen tarpeisiin saada tietoa koneiden tehokkuudesta ja kapasiteetista. Lisäksi tutkitaan, miten koneita ja työskentelytapoja tulisi tulevaisuudessa kehittää. Tarkoituksena on tehdyn analyysin pohjalta yhdessä yrityksen edustajan ja koneen käyttäjien kesken etsiä kehittämis- ja muutoskohteita. Työ tehdään KNL-laskennan avulla. Opinnäytetyön idea tuli kesällä 2014 työskennellessäni Kuopion Woodi Oy:llä. Kysyin työnjohtajalta olisiko yrityksessä mahdollisesti tarvetta opinnäytetyölle, työnjohtaja Tomi Ryyänen keksi aiheeksi KNL-analyysin. Tarkoituksena oli aluksi tehdä työ palkkisahalle, listakoneelle ja maalausrobotille. Kuitenkin koneiden uusiutumisen takia koettiin hyödyllisimmäksi saada tietoa CNC-koneista. Olin itse työskennellyt kolmena kesänä CNC-koneilla, joten minulla oli hyvää pohjatietoa niiden toiminnasta.

Kuopion Woodi Oy on vuonna 1994 perustettu yritys, joka valmistaa ja myy kalusteita, niin julkitiloihin, kuin myös koteihin. Yrityksen tärkeimpiä asiakkaita ovat päiväkodit kotimaassa ja ulkomailla. Kuopion Woodi Oy on toimittanut kalusteita Norjaan, Ruotsiin, Alankomaihin, Iso-Britanniaan, Japaniin ja Venäjälle, mutta tärkein markkina-alue on kuitenkin vielä kotimaassa. (Kuopion Woodi Oy:n verkkosivut)

Kuopion Woodi Oy on jatkuvasti kasvava yritys, joka laajentaa toimintaansa kovalla vauhdilla. Tästä on osoituksena se, että yritys investoi tuotantolaitteisiin paljon, jotta ne olisivat mahdollisimman nykyaikaiset ja tehokkaat kasvavan kysynnän tarpeisiin. (Goodnewsfinland.fi)

Yritys on viime vuosien aika uudistanut CNC-koneitaan ja rakentanut ison laajennusosan, johon on rakennettu nykyaikainen robottimaalauslinjasto. Näiden lisäksi yritys on uusimassa tuotannon alkupään laitteistoa, johon kuuluu automaattinen levyvarasto, tehokkaampi ja modernimpi palkkisaha sekä listoituskonelinjasto.

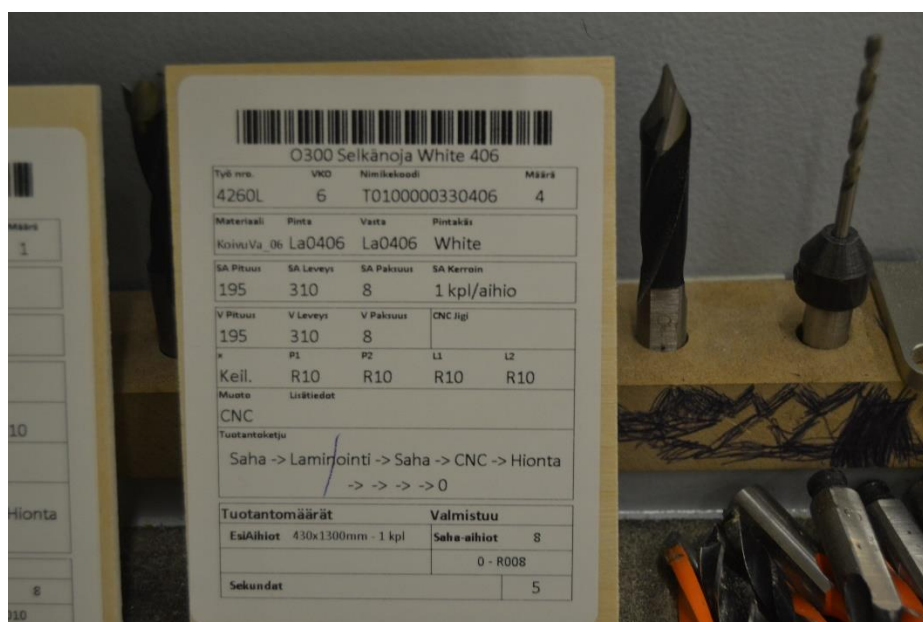
Kuopion Woodi Oy käyttää kalusteissaan etupäässä laadukasta koivuliimalevyä, muina materiaaleina MDF-levyä, lastulevyä ja koivuvaneria. Levytuotteiden pinnoitukseen käytetään laminaatteja ja Acoustic mattoa.

Tuotemallistoon kuuluu aina tuoleista, sänkykaappeihin asti erilaisia kalusteita asiakkaiden tarpeisiin. Mallistossa olevia kalusteita toimitetaan myös vakiomittojen lisäksi asiakkaan toiveiden mukaan, ja pyritään räätälöimään kalusteet asiakkaiden tarpeiden mukaan.

2 KUOPION WOODI OY:N TUOTANTO

Kuopion Woodi Oy:n tuotanto on suurimmaksi osaksi imuohjautuva eli tuotteet tehdään vasta tilauksien mukaan. Yrityksen yleisimpiä ja suosituimpia tuotteita tehdään varastoon niin, että valmistetaan tuotteen eri osista varastosarjoja valmiiksi varastoon. Kuitenkaan ei tuotteen kaikkia osia, yleensä varastosarjoja ovat osat, jotka ovat tuotannossa pitkäkestoisia ja vaikeita työstää. Nämä osat tehdään yleensä silloin, kun tuotannossa on hiljaisempia aikoja tilausten suhteen. Tästä saadaan se hyöty, että kiireisinä aikoina ei tarvitse näitä osia valmistaa, mikä hidastaisi tuotantoa. Tuotemalliston ollessa suuri hankaloituu tuotannon ohjaus. Tarvitsee tietää missä mikäkin tilaus on menossa ja onko kaikki tuotteen osat valmistettu kasausta varten. Tilaukset eivät tuotannossa mene yksittäin, vaan jos samaa tuotetta on muissakin tilauksissa, niin tuotteen komponentit kulkevat tuotannossa samalla lavalla.

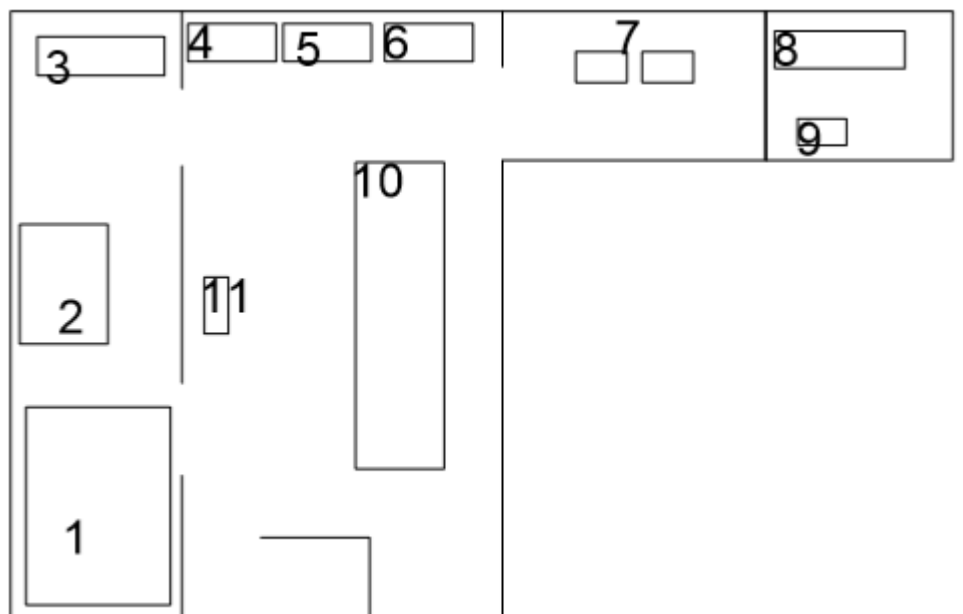
Tuotannossa tehdään jokaiselle osalle tuotantotarra, joka kulkee osien mukana aina sahauksesta eteenpäin tuotteen kasaukseen ja pakkaukseen. Kuvassa 1 on malli tuotantotarrasta, josta selviää osan viivakoodi tiettyjä koneita varten. Viivakoodin avulla saadaan ladattua oikea työstöohjelma. Lisäksi nähdään kappaleen ahiomitta, lopullinen mitta, pintakäsittely, mahdollinen reunalistatyyppi tai reunan pyöristyksen koko ja tiedot mikäli tuote on vakiomallista. Lisäksi siitä näkee myös tuotteen tuotantoketjun, eli missä järjestyksessä osa käy tuotannon läpi.



Kuva 1. Tuotantotarra (Mikkola 2015)

Tuotanto alkaa nykyisin palkkisahalta aihoiden sahauksesta. Levyt jouduttiin ennen nostamaan trukilla sahan viereen ja siitä kevyellä käsikäyttöisellä alipainenostimella sahalle. Uudistuksen myötä automatiikka nostaa levyt uudelle sahalle automaattisesti, halutun tuotteen tiedon mukaisesti. Aihoiden sahauksen jälkeen ne jatkavat matkaansa joko laminointiin, reunalistoitukseen tai CNC-koneelle. Koneistusten jälkeen massiivipuuosat menevät pintakäsittelyyn. Pintakäsittelyssä on käytössä nyky-aikainen maalausrobotti, jota käytetään pääasiassa tuolin runkojen lakkaukseen. Levymäisten osien

käsittelyyn on valukone. Koneistusten jälkeen osat pakataan hyvin lavoille ja ne kuljetetaan viereiseen halliin kasaamista, pakkaamista ja lähetystä varten. Kuviossa 1 esitetään tuotannon layout piirustus. Kuviossa on esitelty vain koneistuksen osuus. Kasaus ja pakkaus ovat erillisessä hallissa.



Layout 1. Tuotannon layout piirustus

1= Automaattinen levyvarasto

2= Palkkisaha

3= Liimoitin ja prässi

4= CNC 1

5= CNC 2

6= CNC 3

7= Hiomakoneet

8= Robotti maalauslinja

9= Valukone

10= Listoituslinjasto

11= Poratappikone

Tutkimus tehtiin CNC-koneille, joten tässä luvussa käsitellään tarkemmin ainoastaan CNC-koneita. CNC-kone tarkoittaa konetta, jota ohjataan tietokoneella (Computer numerical control). Tietokoneella tehdään työstöohjelma, jonka perusteella tietokone ohjaa työstöyksikköä, joka työstää kappaleet halutunlaisiksi. Ohjelman toiminta perustuu X-Y-Z koordinaatistoon. Vanhoissa CNC-koneissa ohjelma koodattiin käsin G-koodin avulla. Nykyisetkin koneet käyttävät G-koodia, jota ohjelmantekijän ei tarvitse itse koodata. Ohjelma tehdään nykyään tietokoneohjelmien avulla, esim. Woodwop-ohjelmalla piirretään halutunlainen kappale: muoto, reiän paikat ja jyrstöjen muoto. Tämän jälkeen kerrotaan ohjelmalle, mitä teriä ja nopeuksia halutaan käyttää. Näin tehdään työstöradat, jotka ohjelma muuttaa CNC-koneen ymmärtämään G-koodi muotoon. Ohjelma ladataan koneen "varaus" näyttöön (kuva 2). Kone saa tiedon varauksesta millaisia työstöjä sen tulee tehdä. (Kauppinen Juha 2012, SAKKY)

Vakiomalliston ohjelmat ladataan tietokoneen kansioista, jossa on lukematon määrä erilaisia koneistusohjelmia. Erikoistuotteissa valmiita ohjelmia muokataan tai tehdään kokonaan uusia. Pääasiassa ohjelmien teosta huolehtii toimiston puolella työskentelevä henkilö, mutta joutuu työstökoneen käyttäjäkin muokkaamaan tai tekemään ohjelmia piirustusten pohjalta.



Kuva 2. CNC-koneen varaus näyttö (Mikkola 2015)

CNC-koneiden hyöty on niiden nopeus jyrsinnoissa ja porauksissa. Monet erilaiset työstöt onnistuvat yhdellä samalla koneella, joten ei tarvita useita eri koneita jyrshintöihin ja porauksiin. CNC-kone on myös erittäin tarkka tekemään työstöt jos kone on huollettu, sekä terät ja ohjelmat ovat kunnossa. Koordinaatiston avulla kone tekee työstön juuri siihen pisteeseen mihin se on ohjelmassa määrätty, näin ollen koneen tekemät virheet ovat harvinaisia. Työstöistä syntyvät virheet ovat yleensä huono materiaali tai huonot terät, myös ohjelmavirheitä voi olla. Ohjelmavirheet voivat myös aiheuttaa vaaratilanteita ja jopa koneen rikkoutumisen. Kone voi vääränlaisella ohjelmalla vaikkapa porata tai jyrsiä omaan työstöpöytänsä tai imutiiliin. (Kauppinen Juha, SAKKY)

Työstettävät kappaleet voidaan kiinnittää koneeseen monella tapaa, mutta Kuopion Woodi Oy:n käytössä olevissa koneissa käytetään yleensä niin kutsuttuja "imutiilejä". Koneessa on alipaine-pumppu, josta putket menevät työstöpöydän kiskoihin. Kiskoissa on imureikiä, joiden päälle tiilet asetellaan ja näin saadaan alipaine ohjattua tiileen, joka imee työstökappaleen kiinni koneeseen. Tiilet asetellaan ohjelmaan merkittyjen paikkojen mukaisesti, tai käyttäjä tarkistaa, että tiilet ovat niin etteivät ne kärsi työstöistä. Käytössä on myös erilaisia jigejä esim. kaarevien kappaleiden ja kappeleiden, joita ei voida kiinnittää suoraan imutiiliin työstämistä varten. Lisäksi on vielä käytössä mekaaniset kiinnikkeet, joita joudutaan käyttämään joissakin työstöissä.

Kuopion Woodi Oy:llä on käytössä kolme CNC-konetta. Kaksi pienempää Weeke venture 2.5 konetta (kuva 3) ja yksi isompi Weeke BMG 211 (kuva 4). Venture koneet ovat pisimpään olleet yrityksen tuotannossa ja ovat noin 7-8 vuotta vanhoja. BMG kone on tullut Kuopion Woodi Oy:lle vuonna 2013

tehostamaan tuotantoa. Ennen BGM:n tuloa käytössä oli vanha Busselaton kone, jolla pystyi työstämään vain yhdellä pöydällä. Nykyinen isompi kone on uudenaikainen ja siinä voidaan ladata molemmille työstöpöydille useampi työstettävä kappale.

Tuotannossa on pyritty jakamaan koneitten käyttöä niin, että isoimmat ja hitaasti työstettävät kappaleet koneistettaisiin isolla BMG-koneella, kun pienemmät osat ja erikoissarjat olisivat pienemmillä koneilla. Kuvassa 5 esimerkki tuotteista, jotka työstetään BGM-koneella. Toinen Venture-koneista on vähän paremmin varusteltu kuin toinen. Paremmin varustellussa koneessa on päätyvasteissa erillinen viiluvaste. Viiluvaste helpottaa työstöjä kappaleissa, joissa laminaattipinta tulee runkolevyn yli. Tällöin joudutaan käyttämään viiluvasteita ja kappaleen koordinaattipisteen siirtoa. Tuotannossa pyritään tästä syystä saamaan edellä kuvatunlaiset kappaleet kyseiselle koneelle ns. keskikoneelle. Koneet ovat tuotantohallissa rivissä vierekkäin.



Kuva 3. Weeke venture 2.5 CNC-kone (Mikkola 2015)



Kuva 4. Weeke BMG 211 CNC-kone (Mikkola 2015)



Kuva 5. Tuotantolavalla työstettävät kappaleet (Mikkola 2015)

3 KNL-LASKENTA

3.1 KNL-laskenta lyhyesti

KNL-luku on kehitetty, jotta saataisiin tietää tehtaiden koneiden ja tuotantolinjojen kokonaistehokkuus. KNL:ää voidaan käyttää myös koko tehtaan tehokkuuden mittaukseen.

KNL:ssä K tarkoittaa käytettävyyttä, N= nopeutta ja L= laatua, nämä arvot kerrotaan keskenään ja niistä saadaan kokonaistehokkuus. KNL:än englanninkielinen lyhenne on OEE ja tulee sanoista Overall Equipment Effectiveness.(Solismaa 2014.)

KNL on Japanissa kehitetty järjestelmä. Se on kehitetty tuottavaan työskentelyyn ja kunnossapitoon. Järjestelmän kehitti vuonna 1971 Seiichi Nakajima.

Japanissa Toyota on ollut ensimmäisiä yrityksiä, joka ovat käyttäneet KNL-laskentaa tuottavaan kunnossapitoon ja jatkuvan kehittämisen oppeihin. Eurooppaan KNL rantautui ensimmäisen kerran 1980-luvulla, kun Hollantiin perustettiin kolme suurta Fuji Filmin tehdasta, näin siis japanilaisyritys toi KNL:n Eurooppaan (Solismaa 2014.)

Suomessa järjestelmää on alettu käyttää vasta viime vuosina, koska uusia suuria laiteinvestointeja ei ole haluttu tehdä. Nykyisin on alettu tutkia onko nykyisissä laitteissa kapasiteettia ja voisiko sitä käyttää tehokkaammin. KNL-analyysi voidaan suorittaa melkein pä minkälaiseen tuotantoon tai koneeseen tahansa. Jokaiseen tarkoitukseen joudutaan etsimään omanlaisia ratkaisuja tiedonkeräämiseksi ja laskemiseksi. Analyysistä saatavia tuloksia voidaan vain harvoin verrata suoraan mihinkään muuhun laitokseen tai koneeseen. Jokaisessa tehtaassa on kuitenkin omat työskentelytavat, jotka muuttavat tuloksia. Isot linjastot taas ovat melkein pä aina uniikkeja, joten täysin samanlaisia koneita ei löydy. KNL-analyysi on siis vain yritysten ja tehtaiden omaa tarvetta varten saada tietoa kokonaistehokkuudesta, jota ei voi vertailla kilpailijoihin. Vaikka toisen samantapaista tuotetta valmistavan tehtaan KNL-arvo olisi suurempi, ei se tarkoita välttämättä, että he tekisivät enemmän ja paremmin.

KNL- analyysin pohjalta pyritään usein kehittämään tuotantoa ja tarvittaessa muuttamaan sitä, sekä parantamaan toimintaa. Tuloksia tulee kuitenkin tulkita tarkasti arvioiden ja harkiten, onko kannattavaa tehdä suuria muutoksia, jos tehokkuutta saadaan vain vähän nostettua. Muutos jossakin tuotannon ketjussa voi toisaalta vaikuttaa tuotantoa hankaloittavasti toisessa osassa tuotantoa.

Nykyään tuotantolaitoksissa on jatkuvan parantamisen kulttuuri, jossa pyritään pääsemään eroon pienistä ja suuremmista ongelmista. Pieniinkin ongelmiin tulisi puuttua ajoissa, jotta ne eivät ajan saatossa pääse kasvamaan suuriksi. Monta pientä asiaa voivat yhdessä aiheuttaa huomattavaa tehokkuuden menettämistä. (Holopainen 2011.)

3.2 KNL- laskeminen

KNL- laskentaa varten tarvitsee kerätä tietoa koneen eri osa alueista, kuten käytettävyydestä, nopeudesta ja laadusta. Linjastoon ja laitteisiin tarvitsee tutustua ennen tutkimusten aloittamista, ja harkita, miten tarvittavat tulokset saadaan. Mittauksissa saatetaan joutua olemaan paikanpäällä koneen vieressä keräämässä dataa. Joissain laitteistoissa voi olla erinäisiä ohjelmia, joiden avulla tietoa saadaan kerätyksi työstöajoista ja kappale- tai metrimääristä.

Tärkeitä tietoja ovat tulosten keräysvaiheessa erilaiset koneen häiriöt, mahdolliset seisokit, pysähtymiset ja niiden syyt. (Solismaa 2014)

3.3 Käytettävyys

Käytettävyysarvossa saadaan selville, kuinka tehokkaasti tuotannossa käytetään käytettävissä oleva aika, eli yksinkertaisesti jaetaan työvuoron kesto aika tehollisella tuotantoajalla. Tehollisella tuotantoajalla tarkoitetaan aikaa, jonka kone tai linja on käynnissä ja tekee koneistuksia ja työtä.

Laskemista varten tulee tietää aika, joka on suunniteltu käytettäväksi. Yleensä käytetään työvuoron kesto. Tästä ajasta vähennetään tauot, jonka ajan koneet ovat pysähdyksissä. Joissain tuotantolaitoksissa pyöritetään koneita tauoillakin, jolloin aikaa ei vähennetä. Kokoinaistuotantoajasta ei vähennetä koneen seisokkiaikoja, mitkä koostuvat häiriöistä ja aseteajoista. (Kauppinen 2012)

Käytettävyys saadaan laskettua kaavalla 1. Käytetty tuotantoaika saadaan, kun vähennetään kaavan 2 mukaisesti käytettävissä olevasta tuotantoajasta pysähdykset ja seisokit.

Seisokkiaikojen saamiseksi tulee kellottaa, joko seisokkiajat, tai koneistusajat. Jos tiedon keruuseen käytetään koneistusaikoja, lasketaan käytettävyys kaavan 3 mukaisesti. Koneistusaikoihin lasketaan mukaan kaikki työvuoron aikana tehdyt koneistukset.

$$\text{Käytettävyys} = \frac{\text{Käytetty tuotantoaika}}{\text{Käytettävissä oleva tuotantoaika}} \quad (1)$$

$$\text{Käytetty tuotantoaika} = \text{Käytettävissä oleva tuotantoaika} - \text{seisokit} \quad (2)$$

$$\text{Käytettävyys} = \frac{\text{Koneistusajat}}{\text{Käytettävissä oleva tuotantoaika}} \quad (3)$$

Analysoinnin helpottamiseksi käytettävyysarvon saadut mittaustulokset voidaan jakaa eri luokkiin. Näitä luokkia ovat tuotannolliset, mekaaniset (aseteajat) ja kunnossapidolliset (häiriöt ja huollot) alaryhmät. Näiden luokkien avulla voidaan helpommin analysoida, mihin käytetään eniten aikaa ja missä voidaan parantaa. (Solismaa 2014)

Käytettävyyssarvon laskennassa on joissakin tapauksissa erittäin häilyvä raja mihin luokkaan mikäkin kuuluu. Tästä mielestäni esimerkkinä ovat aseteajat, joita ei oteta käytetyssä tuotantoajassa huomioon, asete on pakko tehdä jotta kone tai linjasto voi toimia, mutta se ei ole ns. tuottavaa työtä. Näin ollen jotkut toimenpiteet voivat vääristää käytettävyyssarvoa.

Käytettävyyden laskemista varten haluttu data on yleensä mahdollista saada suoraan koneiden ja linjastojen käyttöjärjestelmistä. Niissä on nykyään hyvät ohjelmistot koneistustietojen keräämiseen. Laskemiseen tarvittavat tiedot voidaan joutua keräämään ”käsipelillä”, eli halutut ajat kellotetaan konkreettisesti paikan päällä, vaikkapa sekuntikellon avulla. Tämä tiedonkeruutapa toimii ainoastaan pienille koneille ja linjaston pätkille. Kuitenkin, kun halutaan isojen linjastojen ja tehtaiden käytettävyyttä arvioida, ovat tietokonejärjestelmät helpompia, nopeampia ja tarkempia. (Reivilä ja Varis, 2013)

3.4 Nopeus

KNL-laskennassa toisena arvona tarvitaan nopeusarvo. Nopeusarvolla tarkoitetaan sitä, kuinka hyvin koneen tai linjaston nopeus vastaa koneiden tai linjastojen maksiminopeutta. Jokaisella koneella on oma maksimikapasiteetti, jota ei voi kyseisellä koneella ylittää, vaikka tehtäisiin mitä. Harvoin voidaan päästä edes lähelle koneen maksimikapasiteettia. Tähän vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi materiaalivirheet ja konehäiriöt, jolloin ei voida työskennellä maksiminopeudella. Koneet, laitteet ja terät kuluvat käytössä, mikä omalta osaltaan hidastaa koneen nopeutta. Myös käyttäjä voi vaikuttaa nopeusarvoon paljon. Käyttäjän vaikutuksen huomaa koneilla, missä kone tai linja ei voi pyöriä itseksien ilman jatkuvaa valvontaa ja käyttöä esim. kappaleen vaihtoa. (Kauppinen 2012).

Nopeusarvo ollessa korkea voidaan päätellä, että koneet ja laitteet toimivat hyvin, mutta voidaan myös miettiä, onko kone tai linjasto liian tehoton kyseiseen työhön. Nopeusarvo voidaan myös laskea, vaikka ajettaisiin kokoajan koneen maksiminopeutta. Laskeminen tulee tarpeelliseksi silloin, kun maksiminopeudella ajettaessa laatu selkeästi heikkenee. Jatkuva maksiminopeudella työskentely voi myös aiheuttaa muitakin ongelmia kuin laaturvirheet. Näitä voivat olla koneiden ja terien rikkoutumiset. (Solismaa 2014)

Nopeus saadaan laskettua kaavan 4 mukaisesti, jossa saavutettu nopeus tarkoittaa vuoron keskimääräistä nopeutta. Saavutettu nopeus saadaan laskettua kaavan 5 mukaisesti. Kaavassa 4 maksiminopeus on koneen tai linjaston suurin mahdollinen nopeus.

$$Nopeus = \frac{\text{saavutettu nopeus}}{\text{maksiminopeus}} \quad (4)$$

$$Saavutettu nopeus = \frac{\text{saavutettu tuotanto}}{\text{käytetty tuotantoaika}} \quad (5)$$

3.5 Laatu

Laatuarvo on kolmas luku, joka tarvitaan kokonaistehokuuden saamiseksi. Laatuarvossa selvitetään kuinka hyvin kaikki työstetyt osat onnistuvat. Laatuarvo lasketaan kaavan 6 mukaisesti onnistuneiden ja epäonnistuneiden tai korjausta vaativien osien suhteen. Koska kappaleiden korjaus ei kuulu normaalisti osien tuotantoketjuun, se heikentää koneen tai linjaston laatuarvoa. Onnistuneiden kappaleiden määrä saadaan laskemalla koneistetuiden kappaleiden määrän ja vähentämällä siitä hylätyt tai korjattavaksi menevät kappaleet kaavan 7 mukaisesti. (Kauppinen 2012)

$$laatu = \frac{\textit{onnistuneet kappaleet}}{\textit{koneistetut kappaleet}} \quad (6)$$

$$\textit{onnistuneet kappaleet} = \textit{koneistetuiden kappaleiden määrä} - \textit{hylätyt kappaleet} \quad (7)$$

Laatu arvo on yleensä korkein arvo kolmesta KNL-arvosta, koska laatuun kiinnitetään eniten huomiota ja siihen on helpoin vaikuttaa työskentelytavoilla.

4 MITTAUKSEN TOTEUTUS KUOPION WOODI OY:LLÄ

Mittaukset eli kellotukset ja tietojen keruu analyysia varten toteutettiin paikan päällä Kuopion Woodi Oy:ssä. Tammikuun 2015 aikana kerättiin tarvittavia mittaustuloksia yrityksen tiloissa CNC- koneiden luona, kaikista kolmesta koneesta samalla kertaa. Käytössä oli tietokone ja vihko tulosten kirjaamista varten. Kuvassa 6 kellotuspiste.

Yrityksen tuotantohenkilökunta otti kellotuksen hyvin vastaan, vaikka alussa oli aistittavissa epäilyksiä ja vähän jopa pelkoa kellotuksista. Kun heille selvitettiin kellotuksen tarkoitus eli pyrkimys helpottaa työskentelyä tulevaisuudessa, asenteet muuttuivat selvästi. Kellotuksen onnistumisessa oli tärkeää, että koneiden käyttäjät ymmärtäisivät miksi kellotetaan. Tärkeää oli myös mahdollisimman normaali työskentely kellotusten aikana.

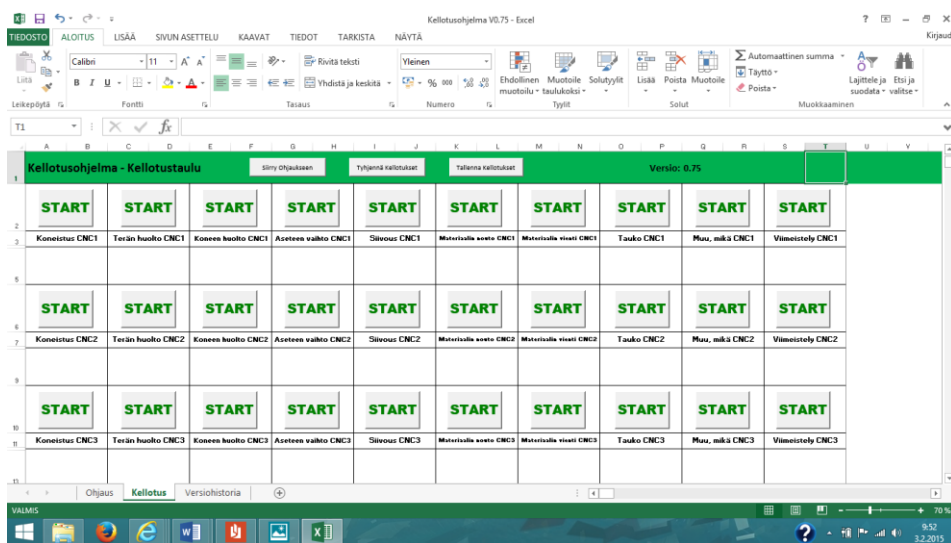


Kuva 6. Kellotuspiste (Mikkola 2015)

4.1 Kellotusten toteutus

Käytettävyystietojen keräämiseksi käytettiin kellotusohjelmaa. Ohjelman on tehnyt yrityksen kehitysinsinööri Juho Kauppinen. Ennen tätä työtä ohjelmaa oli kokeiltu, mutta kunnollisia mittauksia ei vielä oltu suoritettu. Ohjelma on rakennettu exceliin makrojen avulla. Ohjelmalla voidaan kellottaa kolmea eri konetta yhtä aikaa ja niistä kymmentä eri asiaa. Kellotettavat kohteet olivat koneistus-aika, terähuolto, koneen huolto, asetteen vaihto, siivous, materiaalin vienti, materiaalin haku, tauot, viimeistely ja muut. Kuvakaappaus ohjelmasta on kuvassa 7. Ohjelmasta oli suurta apua ja hyötyä kellotuksiin. Ohjelmasta sai helposti selville, mihin vuoron työaika käytettiin. Kellotuksen aloittamiseksi painettiin ohjelman start nappulaa, nappulaan muuttui teksti stop. Koneistuksen loppuessa painettiin stop nappia ja kellotettu aikaväli ilmestyi taulukkoon. Ohjelman taulukosta siirrettiin päivän päätteeksi kaikki kellotetut ajat toiselle sivulle exceliin ja laskettiin kellotetujen aikojen yhteiskesto.

Kellotusnappuloiden alapuolella luki, mikä on minkäkin koneen kellotus nappi. Nimesimme koneet yksinkertaisesti CNC1, CNC2 ja CNC3, eli siinä järjestyksessä missä ne ovat edestäpäin katsottuna. (Nimetty aikaisemmin esitettyyn tuotannon layout kuvaan, Layout 1)



Kuva 7. Kuvakaappaus kellotusohjelmasta

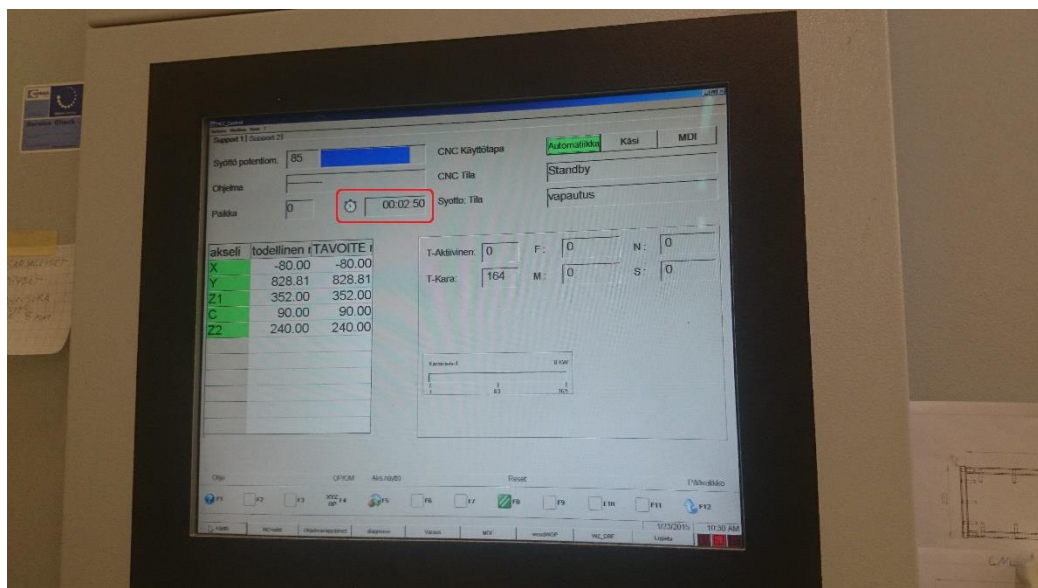
Tärkein kellotuksen kohde oli KNL-analyysin kannalta koneistus aika, jonka avulla pystyttiin laskemaan käytettävyyttä (käytettävyyden laskemiseen perehdytään seuraavassa kappaleessa 5). Tärkeitä kohteita olivat tietysti kaikki kohteet, joita kellotettiin. Niistä pystytään muodostamaan data, jonka avulla nähdään, millä osa-alueilla työtä tulisi kehittää. Tärkeää tietoa on terähuoltoon menevä aika ja asetteen vaihtoon kuluva aika. Niitä kellottaessa menivät samalla koneella joskus kellotukset päällekkäin, koska asetteen vaihdon aikana koneeseen piti vaihtaa myös oikeat terät.

Kellotukset kestivät melkein neljä viikkoa. Ensimmäiset puolitoista viikkoa kellotettiin aamuvuorossa, jossa oli kaksi käyttäjää kolmelle koneelle. Viimeisten kahden viikon aikana tuotanto vaihtui normaaliin päivävuoroon, jolloin koneita oli käyttämässä neljä käyttäjää. Jälkimmäisissä kellotuksissa joka koneella oli oma käyttäjä, mikä näkyi koneen käyntiajassa. Vaikka kellottaminen oli välillä isojen sarjojen aikana pitkävetistä, kului aika kuitenkin nopeasti. Pienimpien sarjojen aikana, etenkin jos niitä oli useampi sarja ja vielä monella koneella, tuli kiire myös kellotuksessa.

.

4.2 Nopeus- ja laatu tietojen keräys

Kellotuksen tarkoituksena oli saada laadusta ja nopeudesta tietoa. Nopeusarvon saamiseksi täytyi tietää yhden koneistuksen kesto, eli toisin sanoen jokaisesta ohjelmasta otettiin työstön kesto ylös. Ohjelman keston saatiin otettua ylös työstökeskuksen tietokoneelta (kuvassa 8 ohjelman kesto ympyröitynä). Ohjelmien kesto vaihtelivat suuresti eri ohjelmien mukaan. Ohjelmat kestivät 20 sekunnista aina 20 minuuttiin. Tutkimuksen aikana huomattiin myös koneen käyttäjien kanssa, että ohjelman kesto vaihteli pöytien välillä ja seuraavassa samassa työstössä samalla pöydällä saattoi olla eri aika kuin edellisellä kerralla.



Kuva 8. CNC-koneen käyttötilan näyttö, Kuvassa ympyröitynä ohjelmankesto (Mikkola 2015)

Laatutietojen saamiseksi tarvitsi kirjata ylös kaikkien osien koneistusten määrä, eli aihoiden määrä, jotka koneen luo tuotiin. Lisäksi kirjattiin muistiin onnistuneiden kappaleiden määrä. Hylätyksi laskettiin osat, joissa oli koneistusvirhe ja kappaleet, jotka vaativat korjausta.

KNL-laskennan mukaan työtä, joka ei kuulu koneen käyttöön, ei huomioida laskennassa. Tämän seurauksena esimerkiksi kappaleet, jotka vaativat pintakäsittelyssä kittausta laskettiin hylätyksi, koska kappaleiden kittausta ei kuulu normaalisti työstöihin. Kappaleiden hionta ei laskenut laatuarvoa, koska se oli normaali toimenpide tuotannossa.

5 TULOSTEN LASKENTA JA ANALYSOINTI

5.1 Käytettävyyssarvon laskenta

Laskennassa jouduttiin joissain kohtaa soveltamaan KNL-laskennan periaatteita, mutta kuitenkin niin, että saataisiin mahdollisimman oikeanlainen tulos. Laskentaa vaikeutti erittäin vaihteleva tuotemäärä.

Käytettävyyssarvon saamiseksi tarvittiin kellotusohjelmalla saadut koneistusten kestot. Jokaiselle koneelle laskettiin yhteen sen vuoron aikana saadut koneistukset. Kun tiedettiin työvuoron kesto-aika, se jaettiin koneistusten konaiskestoajalla, josta saatiin tulokseksi käytettävyyssarvo. Tulosten laskemista varten kehitettiin KNL-taulukko. Taulukolla saadaan laskettua koko KNL-arvo, mutta taulukossa 2 on esitelty vain esimerkkinä käytettävyyttä koskevia arvoja.

Taulukko 1. Esimerkki päivän koneistusten kestosta

CNC3		
7:04:27	8:10:14	1:05:47
8:35:44	8:51:48	0:16:04
8:51:56	9:04:45	0:12:49
9:22:46	10:13:51	0:51:05
10:23:09	11:00:17	0:37:08
11:27:01	13:32:31	2:05:30
13:45:27	14:30:22	0:44:55
14:45:19	15:25:06	0:39:47
	yht	6:33:05

Taulukossa 2 työvuoron kestoissa on vaihtelua. Tämä johtui siitä, kun työskenneltiin kahden miehen miehityksellä kahvi- ja ruokatauko tauottamalla, eli konetta oli pyörittämässä joku koko ajan. Siirryttäessä kolmen miehen vuoroon ensimmäisellä viikolla (19.1- 23.1) tauotettiin ruokatauko. Ajalla 26.1–30.1 ei enää ollut tauotuksia käytössä. Perjantaina tuotannossa tehtiin lyhempään työpäivää viikolla sisään tehtyjen tuntien takia. Kesällä kiireisimpään aikaan CNC-koneita on käytetty kahdessa vuorossa.

Taulukko 2. Käytettävyyssarvon laskenta.

päivä	K=käytettävyys arvo		
	työvuoron kesto	koneistus aika	käytettävyys arvo (%)
7.1.2015	8:30:00	1:58:18	23,20 %
8.1.2015	8:30:00	4:02:20	47,52 %
9.1.2015	6:30:00	4:09:02	63,85 %
12.1.2015	8:30:00	4:21:35	51,29 %
13.1.2015	8:30:00	4:03:59	47,84 %
14.1.2015	8:30:00	5:13:50	61,54 %
15.1.2015	8:30:00	3:50:25	45,18 %
16.1.2015	5:30:00	1:23:04	25,17 %
19.1.2015	8:00:00	3:47:46	47,45 %
20.1.2015	3:43:00	1:09:14	31,05 %
21.1.2015	8:00:00	3:06:21	38,82 %
22.1.2015	8:00:00	3:51:58	48,33 %
23.1.2015	5:30:00	3:19:52	60,57 %
26.1.2015	7:30:00	4:55:59	65,77 %
27.1.2015	7:30:00	2:21:53	31,53 %
28.1.2015	7:30:00	5:52:53	78,42 %
29.1.2015	7:30:00	3:37:45	48,39 %
30.1.2015	5:30:00	2:46:43	50,52 %

5.1.1 Käytettävyyden analysointi

Käytettävyyssarvossa pystytään vertaamaan työskentelyn vaikutusta kahdella- ja kolmella käyttäjällä. Taulukossa 2 päivämäärät välillä 7.1–16.1.2015 ovat vuoroja, joissa oli kaksi työntekijää, ja muissa vuoroissa joka koneella on ollut oma käyttäjä. Vuorojen välisiä tuloksia ei kuitenkaan voida suoraan verrata, koska koneistusajat riippuvat pitkälti siitä kuinka usein asete vaihtuu ja paljonko koneistettavia osia on. Nähtävissä on, että käyttäjien määrällä selkeä vaikutus.

Tuloksissa oli huomattavia eroja eri koneiden välillä.

5.1.2 Analysointi CNC 1-koneelle

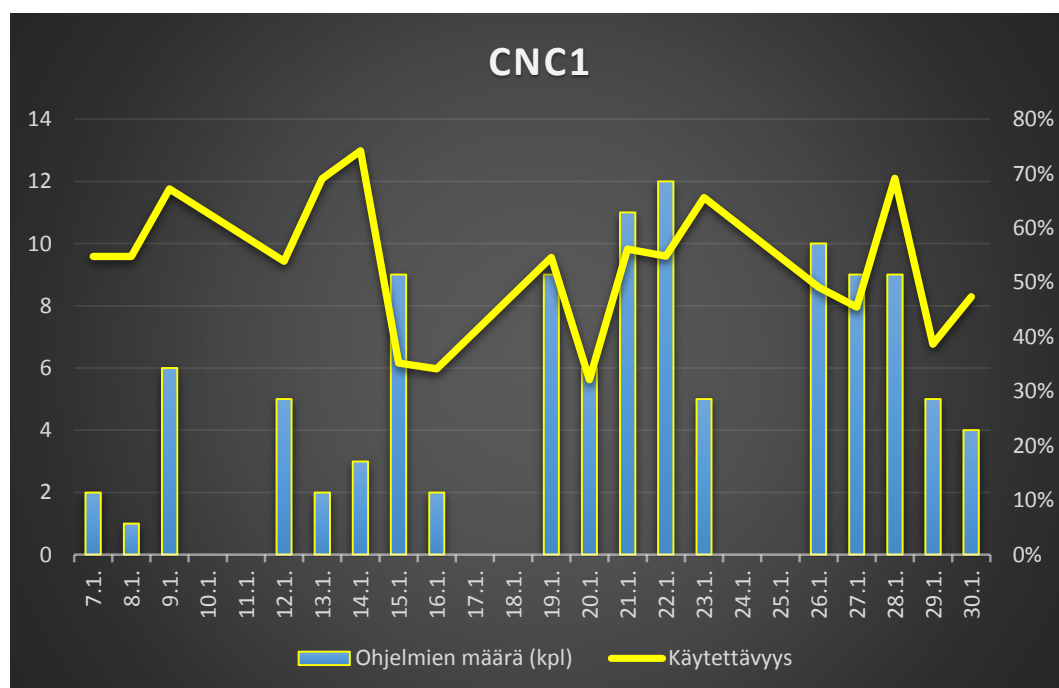
Tätä konetta käytetään normaalituotannossa pienten osien ja sarjojen valmistamiseen. Tutkimuksen aikana konetta käytettiin myös erittäin paljon erikoiskalusteiden osien tekemiseen. Erikoistuotteiden valmistaminen vähentää koneen koneistusaikaa merkittävästi, koska erikoisosien aseteajat venyvät pitkiksi. Aseteaika kasvaa varsinkin silloin, kun ohjelmia ei ole valmiiksi tehty ennen kappaleitten saapumista työstöön. Silloin koneenkäyttäjä joutuu tekemään tai muokkaamaan ohjelman. Tämän seurauksena työstöyksikkö ei pääse tekemään työstöjä.

Kuten taulukosta 3 voidaan havaita, päivittäisissä käytettävyyssarvoissa on suuriakin eroavaisuuksia. Vaihtelun määrää selkeyttää kuvio 1, josta voidaan huomata käyrän epätasaisuus. Tähän johtavia syitä on monia, joita käsitellään yhteisesti myöhemmin.

CNC1 koneen käytettävyyden keskiarvoksi saadaan noin 53 %, mikä tarkoittaa sitä, että kone on tehnyt koneistuksia puolet mahdollisesta ajasta. Tulos on kohtuullisen hyvä ottaen huomioon, että koneella tehdään erittäin vaihtelevanlaisia osia. Toki tulosta voitaisiin varmasti parantaa tekemällä muutoksia työskentelytapoihin. Muutosideoita käsitellään kappaleessa 6.

Taulukko 3. CNC1 käytettävyyssarvot.

päivä	K=käytettävyyssarvo		
	työvuoron kesto	koneistus aika	käytettävyys arvo (%)
7.1.2015	8:30:00	4:39:17	54,76 %
8.1.2015	8:30:00	4:39:15	54,75 %
9.1.2015	6:30:00	4:21:59	67,18 %
12.1.2015	8:30:00	4:34:50	53,89 %
13.1.2015	8:30:00	5:52:23	69,09 %
14.1.2015	8:30:00	6:18:26	74,20 %
15.1.2015	8:30:00	2:59:36	35,22 %
16.1.2015	5:30:00	1:52:39	34,14 %
19.1.2015	8:00:00	4:22:10	54,62 %
20.1.2015	8:00:00	2:34:20	32,15 %
21.1.2015	8:00:00	4:29:30	56,15 %
22.1.2015	8:00:00	4:23:11	54,83 %
23.1.2015	5:30:00	3:36:27	65,59 %
26.1.2015	7:30:00	3:41:05	49,13 %
27.1.2015	7:30:00	3:24:48	45,51 %
28.1.2015	7:30:00	5:11:06	69,13 %
29.1.2015	7:30:00	2:54:00	38,67 %
30.1.2015	5:30:00	2:36:24	47,39 %



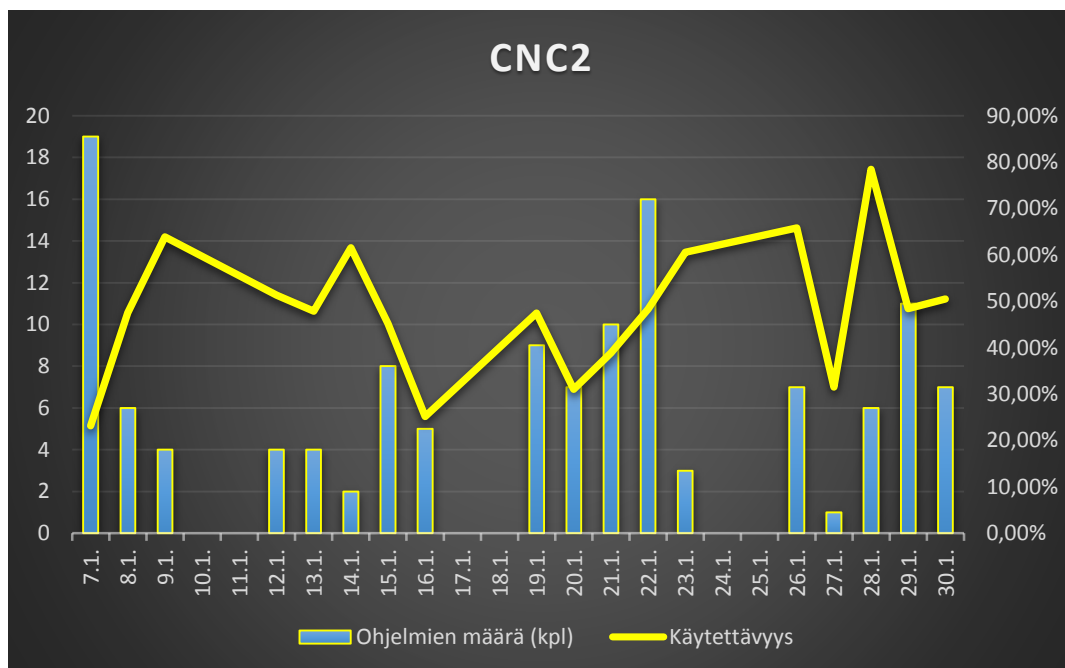
Kuvio 1. Käytettävyyden ja ohjelmien määrän kuvaaja.

5.1.3 Analysointi CNC2-koneelle

Kone on samanmallinen kone kuin CNC1, mutta tässä koneessa on parempi varustelu. Tämän takia koneella tehdään aikaisemmin mainittuja laminaattiosien työstöjä. Konetta käytetään myös pienempien sarjojen ja osien tekoon. Tutkimuksen aikana konetta käytettiin matto- ja laminaattitasojen koneistukseen paljon johtuen koneessa olevista viiluvasteista. Kellotusten aikana oli päivä, jolloin CNC2 oli suurimman osan päivästä (20.1.2015) rikki ja siitä syystä päivälle on laskettu aika, jonka se olisi toiminut kun se saatiin kuntoon. Tämänkin koneen käytettävyyssarvoissa taulukossa 4 ja kuviossa 2 voidaan huomata isoja vaihteluita eri päivänä. CNC2 koneen käytettävyyden keskiarvoksi sain noin 48 %, mikä on pienempi kuin vastaavanlaisen CNC1 koneen. Tulokseen kuitenkin vaikuttaa koneen rikkoutuminen ja seisokit. Tulos painuu alle 50 %:n ja tähän tulisi erityisesti kiinnittää huomiota. Kellotusten aikana ei havaittu koneen käyttötavoissa eroa muihin koneisiin verrattuna.

Taulukko 4. CNC2 käytettävyyssarvot.

päivä	K=käytettävyys arvo		
	työvuoron kesto	koneistus aika	käytettävyys arvo (%)
7.1.2015	8:30:00	1:58:18	23,20 %
8.1.2015	8:30:00	4:02:20	47,52 %
9.1.2015	6:30:00	4:09:02	63,85 %
12.1.2015	8:30:00	4:21:35	51,29 %
13.1.2015	8:30:00	4:03:59	47,84 %
14.1.2015	8:30:00	5:13:50	61,54 %
15.1.2015	8:30:00	3:50:25	45,18 %
16.1.2015	5:30:00	1:23:04	25,17 %
19.1.2015	8:00:00	3:47:46	47,45 %
20.1.2015	3:43:00	1:09:14	31,05 %
21.1.2015	8:00:00	3:06:21	38,82 %
22.1.2015	8:00:00	3:51:58	48,33 %
23.1.2015	5:30:00	3:19:52	60,57 %
26.1.2015	7:30:00	4:55:59	65,77 %
27.1.2015	7:30:00	2:21:53	31,53 %
28.1.2015	7:30:00	5:52:53	78,42 %
29.1.2015	7:30:00	3:37:45	48,39 %
30.1.2015	5:30:00	2:46:43	50,52 %



Kuvio 2. Käytettävyyden ja ohjelmien määrä kuvaaja.

5.1.4 Analysointi CNC3-koneelle

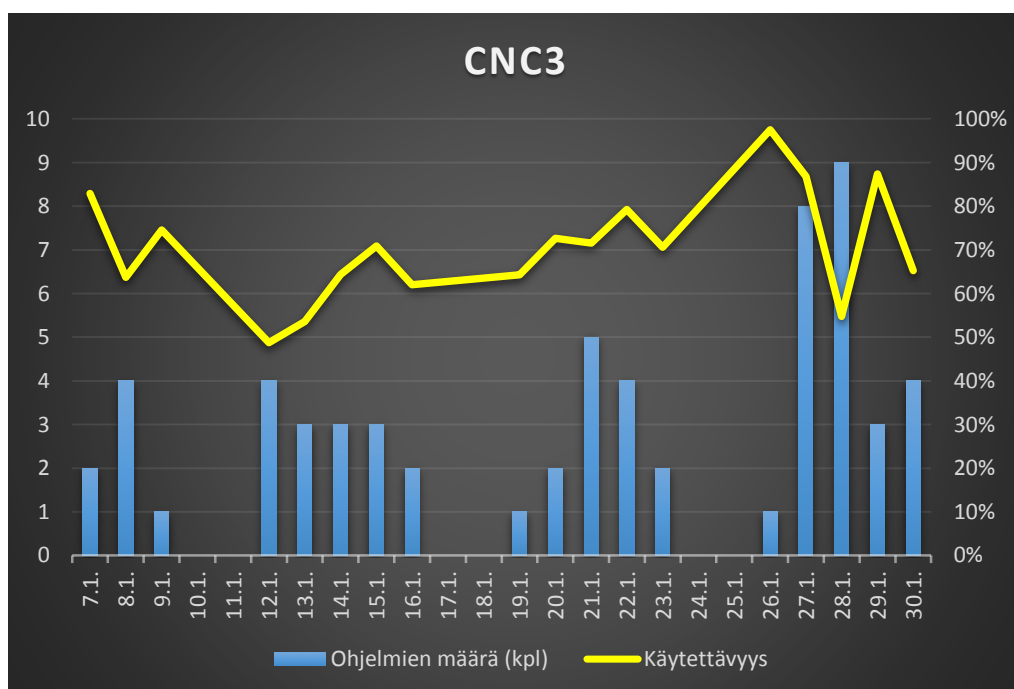
CNC3 on Kuopion Woodi Oy:n isoin käytössä oleva kone ja sen takia sitä käytetään pääasiassa isojen levyjen ja pitkäkestoisten osien työstöön. Koneen hyöty pitkäkestoisissa kappaleissa on se, että siihen saadaan kahdelle eri pöydälle useampi kappale kerralla koneistukseen. Tämä pidentää ohjelma-aikaa, mutta on silti nopeampaa kuin pienemmillä koneilla kappale kerrallaan koneistaminen.

CNC3 on selvästi tehokkain kone käytettävyydessä mitattuna, mikä osittain johtuu juuri isoista sarjoista ja pitkäkestoisista ohjelmista. Taulukosta 5 voidaan huomata tämä ero vertaamalla taulukoihin 3 ja 4.

Taulukko 5. CNC 3 käytettävyyssarvot

päivä	K=käytettävyys arvo		
	työvuoron kesto	koneistus aika	käytettävyys arvo (%)
7.1.2015	8:30:00	7:03:03	82,95 %
8.1.2015	8:30:00	5:25:01	63,73 %
9.1.2015	6:30:00	4:50:51	74,58 %
12.1.2015	8:30:00	4:08:42	48,76 %
13.1.2015	8:30:00	4:33:19	53,59 %
14.1.2015	8:30:00	5:28:24	64,39 %
15.1.2015	8:30:00	6:01:24	70,86 %
16.1.2015	5:30:00	3:24:46	62,05 %
19.1.2015	8:00:00	5:08:37	64,30 %
20.1.2015	8:00:00	5:48:40	72,64 %
21.1.2015	8:00:00	5:43:26	71,55 %
22.1.2015	8:00:00	6:20:30	79,27 %
23.1.2015	5:30:00	3:53:03	70,62 %
26.1.2015	7:30:00	7:18:52	97,53 %
27.1.2015	7:30:00	6:30:27	86,77 %
28.1.2015	7:30:00	4:06:31	54,78 %
29.1.2015	7:30:00	6:33:05	87,35 %
30.1.2015	5:50:00	3:48:27	65,27 %

Kuviosta 3 voidaan huomata samantyyppistä vaihtelua kuin CNC 1 ja CNC 2 koneiden kohdalla, mutta korkeammilla prosenteilla. CNC 3 koneen käytettävyysarvot ovat aavistuksen verran tasaisemmassa käyrässä, kuin kahden pienemmän koneen. Tähänkin vaikuttaa aikaisemmin mainitut syyt koneen käyttöeroista tuotannossa.



Kuvio 3. Käytettävyyden kuvaajadiagrammi

5.2 Nopeus arvon laskenta

Nopeusarvon laskenta tuotti aluksi vaikeuksia. Tutkimuksessa huomattiin muutaman kellotuspäivän jälkeen, että nopeusarvoa ei voi laskea koneistettujen metrien mukaan. Asiasta pidettiin palaveri Tomi Ryynäsen kanssa ja asia ratkaistiin niin, että jokainen koneistettava tuotteen ohjelma-aika otetaan ylös. Ohjelma-ajan perusteella pystyttiin laskemaan, kuinka paljon kyseistä tuotetta olisi pitänyt saada valmistettua koneistuksiin käytetyssä ajassa. Tämä malli toimi hyvin ja nopeus saatiin laske- tuksi.

Maksiminopeutena pidettiin siis määrää, joka olisi ollut mahdollista koneistaa esimerkiksi kahden tunnin aikana. Maksimiajasta vähennettiin taukojen ajat, mutta muutoin ajasta ei tehty vähennyksiä, koska esimerkiksi koneen häiriöt laskivat todellista nopeutta. Ohjelma-aika merkittiin mittauspöytä- kirjaan, josta esimerkki taulukossa 6. Ohjelma-ajat listattiin myös erilliseen listaan, jotta päiviä, joi- na ei ohjelma-aikoja otettu ylös, voitaisiin mahdollisesti tarkastella myöhemmin siinä tapauksessa, että olisi ollut samanlaisia osia koneistuksessa. Tämä ohjelma-aikalista luovutettiin Kuopion Woodi Oy:n käyttöön, jotta se helpottaisi laskemaan tietyille tuotteille koneistusaikojia.

Taulukko 6. Esimerkki mittauspöytäkirjasta

cnc3									
sarja	alk klo	lop klo	tavoite	tot	huom	ohjelman kesto	käytetty aika	mahdolliset ajassa	
t010000007 ot450 istuin	7:04	8:20	44	44		0:06:10	1:15:10	48,75675676	90 %
t010000007	8:22	9:59	24	24		0:06:10	0:48:55	27	89 %
t010000032	8:22	9:58	16	16		0:05:50	0:48:00	18	89 %
s030000043 vk 500 ovi	10:00	10:16	8	8		0:00:54	0:16:00	17,77777778	45 %
t010000007 ot450 istuin	10:10	14:22	128	128		0:06:10	4:12:00	163,4594595	78 %
p080000005	14:27	14:40	3	3		0:01:31	0:13:00	8,571428571	35 %
e050000146	14:53	14:55	2	2		0:00:58	0:02:00	2,068965517	97 %
e050000142	15:00	15:05	6	6		0:00:22	0:04:10	11,36363636	53 %

Nopeusarvo laskettiin koko työvuoron ajalta omaan taulukkoon, johon merkittiin mahdollisten kappaleiden yhteismäärä ja toteutuneiden kappaleiden määrä. (esimerkki taulukko 6).

5.2.1 Nopeuden analysointi

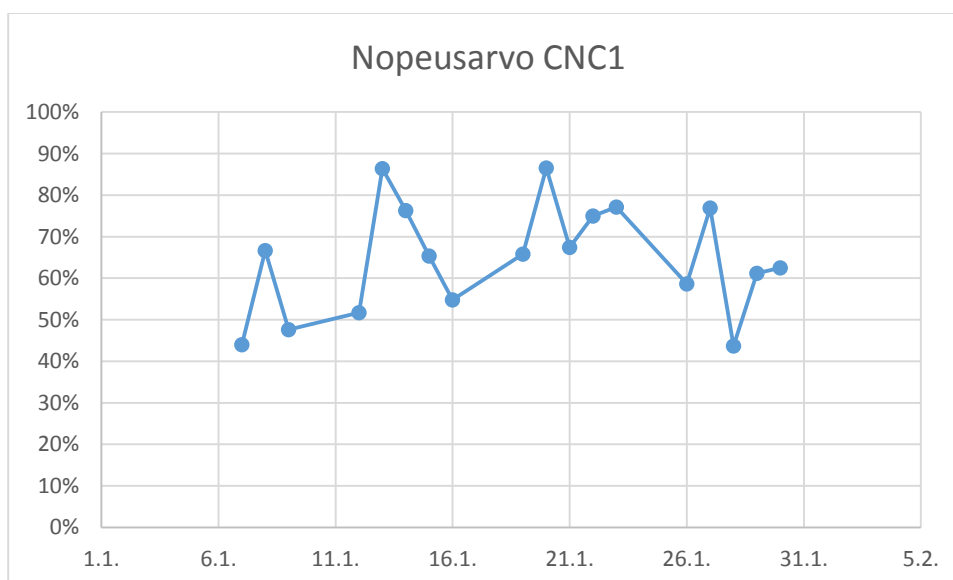
Nopeusarvon avulla voidaan verrata työskentelyn vaikutusta kahdella ja kolmella käyttäjällä. Nopeu- teen ei vaikuta sarjakoot, vaan siihen vaikuttaa kuinka tehokkaasti koneeseen vaihdetaan kappaleet. Kaksi miestä ei kerkeä aina pyörittämään kolmea konetta koko ajan juuri kappaleen vaihdosta joh- tuen. Kahdella miehellä yleensä yksi kone pääsi pysähtymään joksikin aikaa, kolmella miehellä taas pystyttiin pyörittämään koneita niin, että jokainen keskittyi omaan koneeseensa.

5.2.2 Analysointi CNC1-koneelle

Koneen nopeusarvot näkyvät taulukossa 7. Näissäkin on havaittavissa päivittäisiä eroja, mutta erot eivät ole prosentuaalisesti suuria. Kuvioista 4 nähdään epätasaisuutta käyrässä. Koneen nopeusarvon keskiarvo oli mittausten aikana noin 65 %. Luku osoittaa, että koneen kapasiteettia pystytään käyttämään kelvollisesti hyödyksi.

Taulukko 7. CNC 1 nopeusarvot.

N= Nopeus arvo (%)		
mahdolliset kpl ajassa	toteutunut kpl ajassa	nopeus arvo (%)
200	88	44 %
180	120	67 %
290	138	48 %
300	155	52 %
440	380	86 %
380	290	76 %
237	155	65 %
126	69	55 %
360	237	66 %
104	90	87 %
138	93	67 %
172	129	75 %
153	118	77 %
486	285	59 %
195	150	77 %
261	114	44 %
170	104	61 %
144	90	63 %



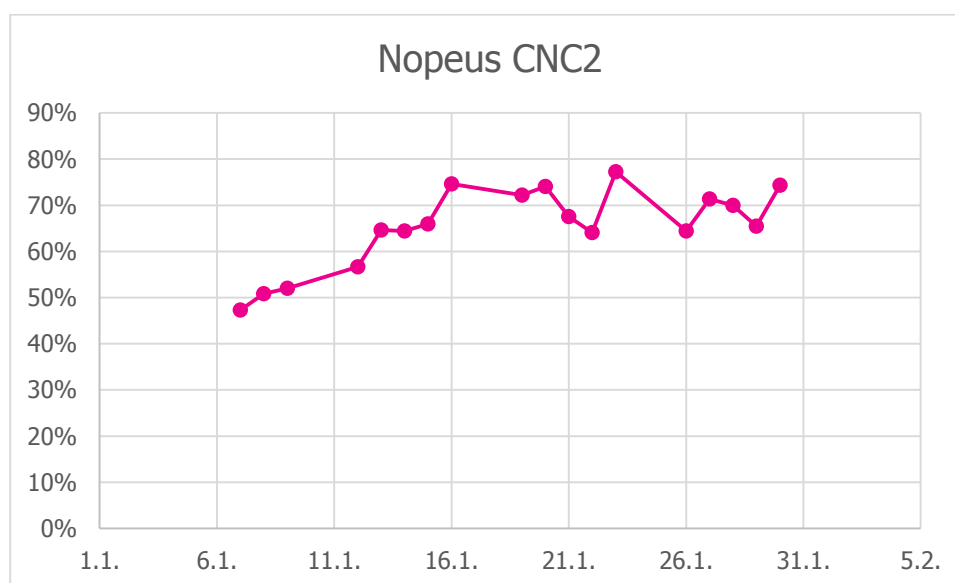
Kuvio 4. Nopeusarvon diagrammi.

5.2.3 Analysointi CNC2-koneelle

CNC 2 koneen nopeusarvot on esitetty taulukossa 8. Tuloksia havainnollistaa kuvio 5. Kuviosta 5 nähdään käyrän tasaisuudessa selvä ero verrattaessa CNC1 koneeseen. Keskiarvoksi mittausten aikana nopeudelle muodostui 65 %. Arvo on tälläkin koneella kelvollinen, koska koneella on erittäin vaihtelevia työstöjä.

Taulukko 8. CNC 2 nopeusarvot

N= Nopeus arvo (%)		
mahdolliset kpl ajassa	toteutuneet kpl ajassa	nopeus arvo (%)
220	104	47 %
244	124	51 %
400	208	52 %
270	153	57 %
130	84	65 %
675	435	64 %
517	341	66 %
71	53	75 %
248	179	72 %
27	20	74 %
154	104	68 %
234	150	64 %
202	156	77 %
163	105	64 %
150	107	71 %
436	305	70 %
200	131	66 %
113	84	74 %



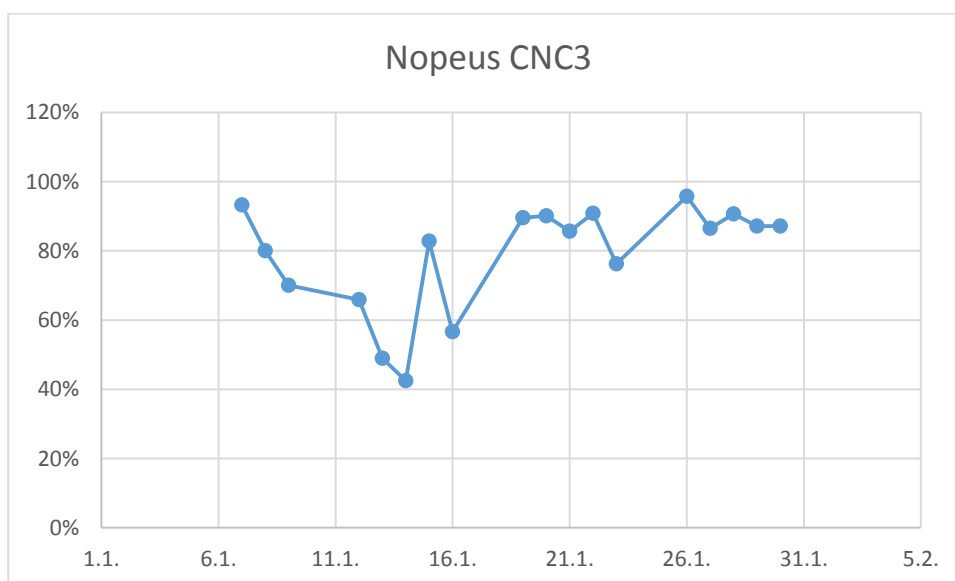
Kuvio 5. Nopeusarvon diagrammi

5.2.4 Analysointi CNC3-koneelle

CNC3 koneen nopeusarvot selviävät taulukosta 9, ja tuloksia selkeyttää kuvio 6. Koneen nopeusarvot ovat selvästi suurempia kuin pienempien koneiden vastaavat. Tähän on syynä sama kuin käytävyydessä eli sarjakoot ja ohjelmien kestot. Kone vaatii pitkissä ohjelmissa vähemmän huomiota kappaleiden vaihtamiseen. Lyhemmissä ohjelmissa kone vaatii kokonaan käyttäjän huomion, joten kone tarvitsee oman käyttäjän. Kuviossa 6 näkyy muutama selvä lasku, joka selittyy koneen käyttöhäiriöillä. Koneen keskiarvoksi saatiin 79 %. Luku on jonkin verran parempi kuin pienempien koneitten, mutta tämä selittyy sillä, että kone vaatii yleensä oman käyttäjän.

Taulukko 9. CNC 3 nopeusarvot.

N= Nopeus arvo (%)		
mahdolliset kpl ajassa	toteutuneet kpl ajassa	nopeus arvo (%)
208	194	93 %
240	192	80 %
140	98	70 %
220	145	66 %
190	93	49 %
200	85	43 %
186	154	83 %
166	94	57 %
86	77	90 %
91	82	90 %
105	90	86 %
241	219	91 %
164	125	76 %
284	272	96 %
267	231	87 %
203	184	91 %
342	298	87 %
171	149	87 %



Kuvio 6. Nopeusarvon diagrammi.

5.3 Laatuarvon laskenta

Laatuarvon laskenta toteutettiin yksinkertaisuudessaan niin, että onnistuneiden kappaleiden määrä jaettiin koneistetuiden kappaleiden määrällä. Hylätyiksi kappaleiksi laskettiin kaikki, jotka heitettiin suoraan pois tai niille jouduttiin tekemään ylimääräisiä korjauksia.

5.3.1 Laadun analysointi

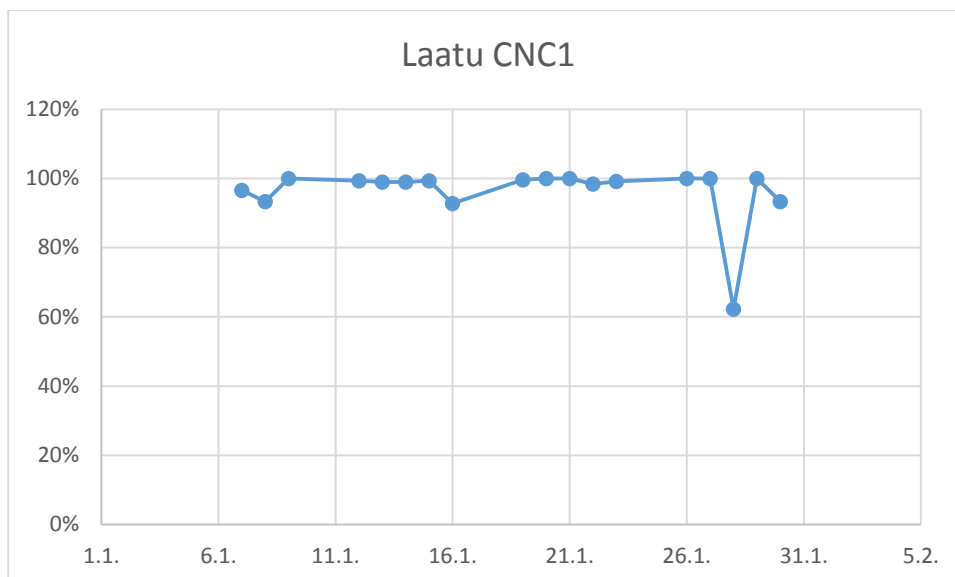
Laatuarvossa ei CNC- koneilla ollut merkitystä montako käyttäjää koneilla oli. Laatu pysyi kaiken kaikkiaan erittäin tasaisena. Laatu laskevat virheet olivat yleensä huonoista teristä johtuvia. Myös materiaali ja ohjelmavirheitä huomattiin. Käyttäjien huolimattomuudestakin aiheutui muutamia virheitä tutkimuksen aikana. Näistä esimerkkejä ovat käyttäjän väärille paikoille asettamat poranterät, sekä huolimattomasti luetut piirustukset. Tämän seurauksena porauksista tuli virheellisen kokoiset.

5.3.2 CNC 1 analyysi-koneelle

Koneen laatuarvot on esitetty taulukossa 10 ja tuloksia selkeyttää kuvio 7. Näiden avulla huomataan kuinka tasaista käyrää laadussa on. Poikkeuksena poikkeama 62 %:ssa. Tämä piikki johtui aikaisemmin mainitussa huolimattomuusvirheestä, jossa koko sarja jouduttiin laskennassa laadullisesti hylkäämään, vaikka kappaleet saatiin uudelleen porattua. Laadun osalta ei ole suuria huomioita pelkäämään tämän koneen osalta. Koneen laadun keskiarvo oli 96 %

Taulukko 10. CNC 1 laatuarvot.

L= laatu arvo (%)		
koneistusten määrä (kpl)	onnistuneet kpl	laatu arvo (%)
88	85	97 %
120	112	93 %
138	138	100 %
155	154	99 %
380	376	99 %
290	287	99 %
155	154	99,4 %
69	64	92,8 %
237	236	99,6 %
90	90	100 %
93	93	100 %
129	127	98 %
118	117	99 %
285	285	100 %
150	150	100 %
114	71	62 %
104	104	100 %
90	84	93 %



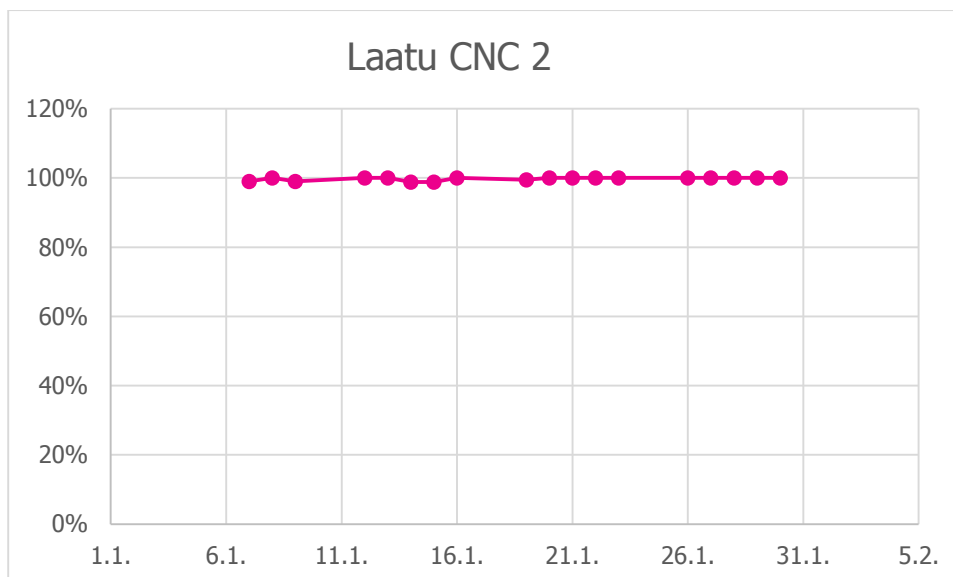
Kuvio 7. Laadun arvojen diagrammi

5.3.3 CNC 2 analyysi-koneelle

CNC 2 koneen laadun arvot ovat esiteltyinä taulukossa 11 ja niitä selventää kuvio 8. Koneella on ollut erittäin tasainen laatu tutkimuksen aikana. Koneella työstetyissä kappaleissa on välillä havaittu terän jättämää "aallokkoa", mutta analyysin aikana sitä ei juuri havaittu. Pienestä aallokosta ei ole niin paljon haittaa, että se vaatisi korjausta. Koneen laadun keskiarvo on 100 %.

Taulukko 11. CNC 2 laatuarvot.

L= laatu arvo (%)		
koneistusten määrä (k)	onnistuneet (k)	laatu arvo (%)
104	103	99 %
124	124	100 %
208	206	99 %
153	153	100 %
84	84	100 %
440	435	99 %
341	337	99 %
53	53	100 %
179	178	99 %
20	20	100 %
104	104	100 %
150	150	100 %
156	156	100 %
105	105	100 %
107	107	100 %
305	305	100 %
131	131	100 %
84	84	100 %



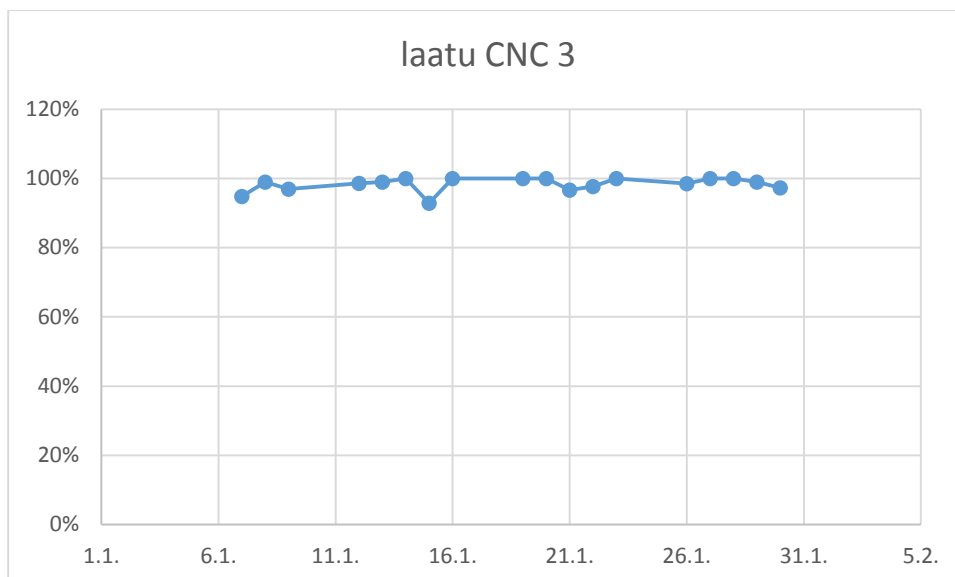
Kuvio 8. Laatuarvojen diagrammi

5.3.4 CNC 3 analyysi-koneelle

Isoimman koneen laatuprosentit ovat aavistuksen heikompia kuin pienempien. Tämä ero johtuu osin siitä, että tällä koneella koneistetaan paljon vaneriosia, jotka vaativat paikkaamista. Taulukosta 12 selviää koneesta saadut tulokset. Kuvioista 9 nähdään, että CNC 3:sen laatu on tasaista. Koneen laadun keskiarvo 98 %.

Taulukko 12. CNC 3 laatuarvot.

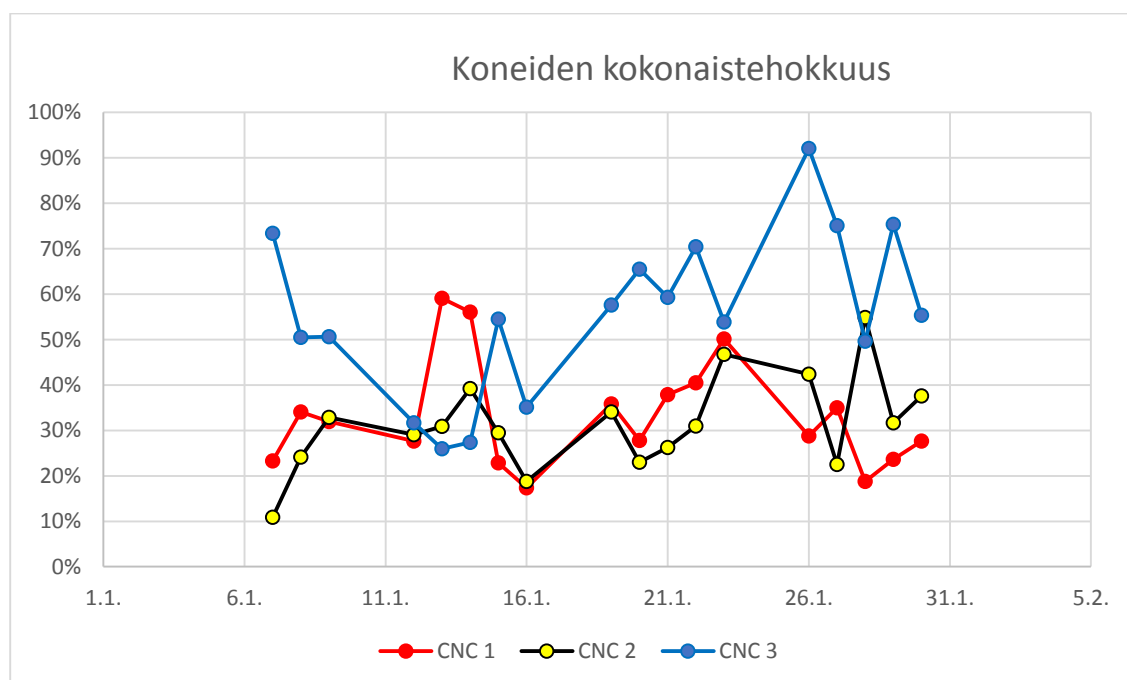
L= laatu arvo (%)		
koneistusten määrä (kpl)	onnistuneet (kpl)	laatu arvo (%)
194	184	95 %
192	190	99 %
98	95	97 %
145	143	99 %
93	92	99 %
85	85	100 %
154	143	93 %
94	94	100 %
77	77	100 %
82	82	100 %
90	87	97 %
219	214	98 %
125	125	100 %
272	268	99 %
231	231	100 %
184	184	100 %
298	295	99 %
149	145	97 %



Kuvio 9. Laadun diagrammi

5.4 Kokonaistehokkuus

Koneiden kokonaistehokkuus saatiin laskemalla näiden edellä käytyjen osa-alueiden tulokset yhteen. Jokaiselle päivälle laskettiin oma KNL-prosentin, ja kun kaikki kellotukset oli suoritettu ja saatu tulos jokaiselle päivälle, laskettiin niiden keskiarvo. Koneiden kokonaistehokkuus taulukot ovat tämän työn liitteenä (LIITE 1, LIITE 2 ja LIITE 3). Kuvaajasta 10 nähdään kaikkien koneiden päivittäinen kokonaistehokkuuden vaihtelu. Vaihtelua esiintyy paljon kaikilla koneilla. Tuloksien perusteella voidaan päätellä, että CNC 3 pyörii kaikista parhaimmalla tehokkuudella, kun taas kaksi pienempää konetta toimivat suhteellisen samalla tehokkuudella.



Kuvaaja 10. Kokonaistehokkuuden kuvaaja

5.5 Tulosten analysointi

KNL- analyysin perusteella voidaan päätellä, että varsinkin pienempiin koneisiin tarvitsee tulevaisuudessa kiinnittää huomiota. CNC1 koneen KNL keskiarvoksi saatiin 33 %. Tulos ei ole siis kovin hyvä. Koneen kokonaistehokkuudesta käytetään vain alle puolet. Tietenkin 100 %:n tehokkuuteen on mahdotonta päästä, mutta tehokkaan työskentelyn rajana pidetään 50 %:a.

CNC 2 koneen keskiarvoksi muodostui 31 %, joka on hieman huonompi kuin CNC 1 koneen, joten CNC 2 koneenkin tehokkuudessa on parantamisen varaa. Kokonaistehokkuutta laskee molemmissa koneissa käytettävyys- ja nopeusarvo, joista käytettävyysarvo on merkittävämpi. Heikkoon käytettävyysarvoon löytyy varmasti monia erilaisia syitä, mutta näiden koneiden kohdalla, suurimmat ongelmat ovat aseteajoissa ja terähuoltoon kuuluvassa ajassa. Aseteaikoihin sisältyy myös ohjelmaan tehdyt muutokset. Tuloksia tutkittaessa huomattiin erään päivän kohdalla, että asetteisiin oli mennyt reilusti enemmän aikaa kuin varsinaisiin koneistuksiin. Ohjelmiin ja imutiilien asentamisen nopeuttamiseksi oli keksittävä parannusideoita. Terähuolto on myös asia, joka vie erittäin paljon koneistusai-kaa ja alentaa näin käytettävyysarvoa.

CNC 3 on omassa luokassaan näistä kolmesta koneesta. Sen kokonaistehokkuuden keskiarvoksi saatiin 56 %, joka on jo hyvä tulos, kun otetaan huomioon, että tehdään monenlaisia tuotteita. Koneen päivittäinen KNL-arvo kävi 92 %:ssa, joka kertoo sen että koneella pystytään työskentelemään erittäin tehokkaasti. Tähän korkeaan tehokkuuslukuun vaikutti se, että kone koneisti koko vuoron ajan samaa tuotetta ja siinä oli oma käyttäjä koko päivän. Joinain päivinä käytiin alle 40 %:n tehokkuuslukemassa, joka on iso vaihtelu ja laskee keskiarvoa.

Havaittavissa oli eroja myös koneenkäyttäjien työskentelytavoissa mittausten aikana, joka omalta osaltaan varmasti vaikutti tulokseen. Vaikka mittausten tarkoituksena ei ollut seurata käyttäjiä, vaan koneita, olivat työskentelytapojen erot havaittavissa. Käyttäjien taidoissa oli eroja ja kokemus helpottaa koneiden käyttämistä. Myös työntekijät, jotka keskittyvät koko päivän työhönsä eikä ylimääräiseen jutteluun kulunut aikaa, paransivat koneen tuotannon tehokkuutta. Koneet vaativat oma-aloitteisuutta, kiinnostusta ja apua voi aina kysyä kokeneemalta työntekijältä, eikä tarvitse jäädä yksin pohtimaan liian pitkäksi aikaa.

6 CNC- KONEIDEN KÄYTÖN KEHITTÄMINEN

6.1 Kehittäminen lyhyesti

Koneiden käytössä on tulevaisuudessa kiinnitettävä huomiota monissa eri asioissa. Niitä ovat, terät, ohjelmat, asetteet ja tuotannonohjaus. Keskustelujen pohjalta pohdittiin, miten niitä tulisi kehittää jatkossa. Pohdin myös itse ideoita, joilla voisi parantaa tehokuutta.

6.2 Työstöohjelmat

Työstöohjelmissa ongelmana on se, että niitä tarvitsee muokata ja tarkastaa CNC-koneen luona. Samaa ohjelmaa saatetaan muokata jonkin erikoistyöstön ajaksi, eikä muisteta palauttaa takaisin normaaliohjelman mukaiseksi. Virheiden välttämisen kannalta olisi tärkeää, että ohjelmaa ei tallennettaisi vakio ohjelman päälle, jottei sen muutos normaaliksi ohjelmaksi pääsisi unohtumaan. Erikoistuotteiden ohjelmat olisi muutenkin hyvä tehdä jo valmiiksi ennen työstökoneelle tuloa, koska ohjelman teko on hidasta koneen luona ja käyttäjä joutuu keskittymään ohjelman tekoon, eikä voi silloin koneistaa.

Myös piirustusten epäselvyydessä havaittiin ongelmia. Koneenkäyttäjän oli vaikea tulkita joitakin piirustuksia ja lopulta joutuikin itse tekemään päätelmät porataanko kaikki reiät vai ei. Piirustusten vaikealukuisuus vaikeuttaa lisää jo valmiiksi hidasta ohjelman tekoa, joka taas vie lisää aikaa itse koneistukselta. Tutkimuksessa havaittiin myös valmiiksi tehdyissä ohjelmissa se, että käyttäjät eivät luottaneet niiden olevan kunnossa. Käyttäjät tarkastivat uudet ohjelmat aina ja usein havaitsivatkin työstöohjelmassa virheitä. Ohjelmien valmistamiseen tulisi siis kiinnittää huomiota enemmän niin, ettei niissä olisi virheitä. Näin koneenkäyttäjät voisivat nopeasti vain tarkastaa ohjelman ja aloittaa koneistamisen.

Yrityksessä otetaan käyttöön viivakoodin lukija, jonka avulla voidaan lukea tuotantotarrassa oleva viivakoodi. Viivakoodi avaa koneella oikean työstöohjelman. Viivakoodin lukulaitetta ei ole kuitenkaan vielä keretty ottaa käyttöön. Viivakoodin käyttö nopeuttaisi ohjelmien lataamista koneelle paljon, koska nykyisin ohjelma joudutaan etsimään lukemattomien kansioiden ja ohjelmien joukosta. Lisäksi kansioista voi löytyä samalle tuotteelle monta erilaista ohjelmaa, mikä hidastaa lisää asetteen tekoa.

Lisäksi ohjelmien tulisi olla tallennettuna yhdelle keskuspalvelimelle, josta ohjelmat verkon välityksellä saataisiin ladattua, eikä joka koneelle olisi saman osan erilaisilla parametreilla olevia ohjelmia. Tätä onkin jo alustavasti kokeiltu yrityksessä, mutta uuden koneen käyttöohjelman ollessa uudempi versio, ilmeni joissakin ohjelmissa ongelmia työstökoneella. Ohjelmat nimetään tulevaisuudessa viivakoodissa olevan numerosarjan mukaan. Näin tietokone tietää viivakoodin avulla halutun ohjelman. Tiedostonimien muuttaminen on kuitenkin erittäin iso ja aikaa vievä työ.

Kuten aikaisemmin on jo mainittu, otettiin työn aikana ohjelma-aikoja muistiin. Näiden kirjaamista yritys aikoo jatkaa, jotta tuotannon suunnittelu helpottuisi, lisäksi otettiin myös aseteaikoja. Aseteajoista tehtiin taulukko, johon kirjattiin tuotteen nimi/koodi ja asetteen kesto aika. Näissä ajoissa on virhettä, jos verrataan, että asete tehtäisiin samalla kertaa. Muistiin otetuissa asetteissa joidenkin tuotteiden kohdalla asetteen tekijä joutui tekemään muita töitä samanaikaisesti ja tämä pidensi aseteaika. Ohjelmasta ja aseteajoista on muutaman kohdan esimerkit työn liitteenä.

6.3 Työstöterät

Koneessa käytettävät terät ovat tärkeässä roolissa koneen käytettävyyteen ja nopeuteen. Terät vaikuttavat paljon myös laatuun. Nykyisin terien huoltoon ja vaihtoon joudutaan käyttämään paljon aikaa. Teriin joudutaan vaihtamaan teräpaloja, jotka kuluvat nopeasti ja joudutaan käyttämään alhaisia teränopeuksia. Vaihtopalaterien ongelmana on myös se, että palat joudutaan asentamaan tarkasti samaan kohtaan tai mittaamaan joka kerta uudestaan ja säätämään koneen terätietoja.

Yrityksessä on kokeiltu ottaa käyttöön reunan muotojyrsinnöissä timanttiteriä joiden pitäisi olla pidempikestoisia ja niiden avulla voitaisiin käyttää suurempia teränopeuksia. Timanttiterien käyttöön otossa on ollut kuitenkin ongelmia. Ne ovat ensimmäisissä jyrsinnöissä toimineet hyvin, mutta muuttaman työstön jälkeen alkaneet tehdä ylimäärisiä piirtojätkiä kappaleisiin. Tämä kuitenkin johtunee terissä olevasta ongelmasta, jota yritetään selvittää terätoimittajan kanssa. Kun ongelmat saadaan selvitettyä, mielestäni kannattaa siirtyä vähitellen timanttiterien käyttöön. Vaikka ne ovat normaaliteriä kalliimpia, niistä saatava nopeuden kasvu ja terähuollon väheneminen maksavat terät pian takaisin. Keskusteluissa koneen käyttäjien kanssa heidän toiveensa terähuoltoon olisi, että teräpalojen säätämiseen saataisiin oikean kokoinen tulkki. Tulkin avulla pystyttäisiin säätämään teräpalat helpommin aina samaan kohtaan.

6.4 Asetteet

Imutiilien asentaminen vie myös arvokasta tuotantoaika, vaikka ne on pakko laittaa paikalleen. Imutiilien paikat saa määriteltä työstöohjelmaan, jolloin koneessa oleva laserosoitin näyttää tiilien paikan. Kaikkiin ohjelmiin ei kuitenkaan ole merkittynä näitä. Mielestäni imutiilien merkitseminen ohjelmaan voisi nopeuttaa tulevaisuudessa asetteiden tekemistä. Ohjelmiin merkitseminen on iso työ, mutta kun sen tekee kerran ja jokaiseen uuteen ohjelmaan, asetteiden vaihtoajan lyhentymisestä saatava hyöty olisi merkittävä. Käyttäjät voisivat myös pitkien työstöjen aikana alkaa valmistella seuraavaa asetetta. Ohjelman läpi käyminen jo valmiiksi työstöjen aikana nopeuttaisi seuraavan asetteen vaihtoa, eikä kone näin seisoi tyhjänä.

6.5 Häiriöt

Jokaisessa koneessa ja laitteessa on välillä häiriötä ja vikoja, mutta niitä voidaan ennalta ehkäistä huoltamalla ja puhdistamalla koneita. Koneistuksessa syntyvä pöly on erittäin hienojakoista ja se pääsee koneen tärkeisiin laitteisiin esim. sähkölaitteet. Nämä viat tulivat esiin tutkimuksen aikana

erityisesti vanhimalla koneella. Pöly oli alkanut kerääntyä sähkölaitekaappiin ja päässyt joihinkin sähkökomponentteihin. Pölyt pyritetään puhdistamaan kaapista, mutta liian harvoin. Ehdotukseni onkin, että sähkölaitekaapit puhdistettaisiin viikoittaisen siivouksen yhteydessä joka toinen viikko. Yrityksessä on myös näiden pölyn aiheuttamien häiriöiden vuoksi suunniteltu sähkökaapin ilmanottoaukkojen muuttamista. Suunnitelma olisi se, että ilmanottoaukot saataisiin putkitettua siten, että jäähdytysilma saataisiin otettua kauempaa kuin koneen vierestä.

6.6 Tuotannonohjaus

Tulevaisuudessa mielestäni tulisi myös kehittää tuotannonohjausta ainakin CNC-koneiden osalta. Tutkimuksen aikana havaittiin, että koneilla ei aina tiedetty, mitä pitäisi ottaa koneistukseen. Käyttäjän täytyi etsiä työnjohtaja, jotta saisi tiedon mitä tarvitsee koneistaa. Tulevaisuudessa suosittelisin miettimään käytäntöjä, jotta tiedettäisi ainakin työvuoron aikana tulevat koneistukset ja mielellään pidemmällekin ajalle. Tähän voitaisiin kehittää järjestelmä, jonka avulla käyttäjät näkisivät tietokone-ruudulta mitä osia tarvitsee tehdä. Yhdessä viivakoodi järjestelmän kanssa saadaan aseteaikoja laskemaan reilusti.

Tuotannon suunnittelussa syötettäisiin järjestelmään tiedot tuotannossa olevista tilauksista tietylle aika välille. Tämän avulla säästettäisiin aikaa paljon varsinaisia työstöjä varten. Ongelmana tällaisessa on tietenkin sen aiheuttamat kustannukset käyttöönotossa. Järjestelmä vaatii toimivan ohjelman ja tietokoneita tarvittaville pisteille. Lisäksi tulisi tietää kuinka paljon mikäkin osan valmistus kestää. Opinnäytetyön aikana yrityksellä ei ollut tarkkaa tietoa koneistusten kestoista. Käytössä oli vain arviotietoa kuluva ajasta. Opinnäytetyöstä saatiin yrityksen käyttöön tietoa monen eri osan valmistuksen kestoista. Tiedot valmistusajoista helpottavat tuotannon suunnittelua.

7 LOPPUPÄÄTELMÄT

Opinnäytetyön tarkoitus oli saada tietoa yritykselle CNC-koneiden kokonaistehokkuudesta ja niiden tämän hetken toiminnasta. Lisäksi myös tuotannon suunnittelua varten saatiin tietoa ohjelmien, sarjojen ja asetteiden kestosta. Näiden keräämistä yritys tulee jatkossa myös itse jatkamaan. Myös kehittämiskohteita löydettiin, mutta niissä ei ole yhtä ainoaa oikeaa ratkaisua, kehityksen tulee tapahtua monella eri osa alueella, eikä pelkästään yhdessä.

Työn tavoitteet saavutin mielestäni hyvin. Sain kartoitettu koneen toiminnan ja kokonaistehokkuuden hyvin. Saadut tulokset olivat odotusten mukaisia, eikä suuria mittausvirheitä tapahtunut. Olen erittäin tyytyväinen työn onnistumiseen ja sen ajoissa valmistumiseen.

Tulosten pohjalta saimme yrityksen kanssa tutkittua, mitä tulevaisuudessa tulee kehittää ja parantaa. Uskon, että saatuja tuloksia ja tietoja tullaan käyttämään hyödyksi. Koneiden tehokkuus oli mitausten aikana kelvollinen, mutta tulevaisuudessa tuotannon jatkuvan kasvun takia kehitys on välttämätöntä. Koneet ovat varsin hyviä ja uudenaikaisia, joten niiden uusimista ei tarvita. Työskentelytapojen ja tuotannon paranteleminen auttaa kapasiteetin kasvussa. Tuloksissa voi esiintyä mittausvirhettä, mutta monen työvuoron otanta pitäisi tasoittaa virhettä. Saadut tulokset eivät ole vertailukelpoisia muihin tuotantoihin tai tuotantolaitoksiin.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

HOLOPAINEN, Jukka 2011. Höyläämön kokonaistehokkuuden kehittäminen. Savonia-ammattikorkeakoulu. Puutekniikka. Opinnäytetyö [viitattu 2015-02-05] saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/28870>

KAUPPINEN, Juha 2013. CNC-kurssin luento materiaali, SAKKY, Savoan ammatti ja aikuisopisto. Savonia-ammattikorkeakoulu.

KAUPPINEN, Sami 2012. Tuotantokoneiden käyttötehokkuus. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. konejatuotantotekniikka. Opinnäytetyö [viitattu 2015-02-05] saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/52680>

Kuopion woodi Oy.Yritys-esittely [verkkoaineisto]. [Viitattu 2015-02-05] saatavissa:

<http://www.woodi.fi/content/yritys>

SOLISMAA, Iikka 2014. Sorvauslinjan tuotantohäiriöiden tunnistaminen sekä korjausehdotukset. Savonia-ammattikorkeakoulu. Puutekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 2015-02-05] Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/71646>

REIVILÄ, Sampo ja VARIS, Antti. Käytettävyydestä vahva kilpailutekijä. Automaatioväylä [Digilehti] [Viitattu 2015-02-05] Saatavissa: http://www.automaatiovayla.fi/images/stories/lehdet/Automaatiovayla2_2013.pdf

Goodnewsfinland.fi, [verkkoaineisto].[viitattu 2015-02-05] saatavissa: <http://www.goodnewsfinland.fi>

Polku: Goodnewsfinland.fi. arkistot/uutiset.

LIITE 1: CNC 1 KONEEN KOKONAISTEHOKKUUS TAULUKKO

päivä	K=käytettävyys arvo			N=Nopeus arvo (%)			L=laatu arvo (%)				KNL (%)
	työvuoron kesto	koneistus aika	käytettävyys arvo (%)	mahdolliset kpl ajassa	toteutunut kpl ajassa	nopeus arvo (%)	koneistusten määrä (kpl)	onnistuneet kpl	laatu arvo (%)	KNL (%)	
7.1.2015	8:30:00	4:39:17	54,76 %	200	88	44 %	88	85	97 %	23 %	
8.1.2015	8:30:00	4:39:15	54,75 %	180	120	67 %	120	112	93 %	34 %	
9.1.2015	6:30:00	4:21:59	67,18 %	290	138	48 %	138	138	100 %	32 %	
12.1.2015	8:30:00	4:34:50	53,89 %	300	155	52 %	155	154	99 %	28 %	
13.1.2015	8:30:00	5:52:23	69,09 %	440	380	86 %	380	376	99 %	59 %	
14.1.2015	8:30:00	6:18:26	74,20 %	380	290	76 %	290	287	99 %	56 %	
15.1.2015	8:30:00	2:59:36	35,22 %	237	155	65 %	155	154	99,4 %	23 %	
16.1.2015	5:30:00	1:52:39	34,14 %	126	69	55 %	69	64	92,8 %	17 %	
19.1.2015	8:00:00	4:22:10	54,62 %	360	237	66 %	237	236	99,6 %	36 %	
20.1.2015	8:00:00	2:34:20	32,15 %	104	90	87 %	90	90	100 %	28 %	
21.1.2015	8:00:00	4:29:30	56,15 %	138	93	67 %	93	93	100 %	38 %	
22.1.2015	8:00:00	4:23:11	54,83 %	172	129	75 %	129	127	98 %	40 %	
23.1.2015	5:30:00	3:36:27	65,59 %	153	118	77 %	118	117	99 %	50 %	
26.1.2015	7:30:00	3:41:05	49,13 %	486	285	59 %	285	285	100 %	29 %	
27.1.2015	7:30:00	3:24:48	45,51 %	195	150	77 %	150	150	100 %	35 %	
28.1.2015	7:30:00	5:11:06	69,13 %	261	114	44 %	114	71	62 %	19 %	
29.1.2015	7:30:00	2:54:00	38,67 %	170	104	61 %	104	104	100 %	24 %	
30.1.2015	5:30:00	2:36:24	47,39 %	144	90	63 %	90	84	93 %	28 %	
			53,13 %			65 %				33 %	

LIITE 2: CNC 2 KONEEN KOKONAISTEHOKKUUS TAULUKKO

päivä	K=käytettävyyden arvo		N= Nopeus arvo (%)				L= laatu arvo (%)				huom
	työvuoron kesto	koneistus aika	käytettävyyden arvo (%)	mahdolliset kpl ajassa	toteutuneet kpl ajassa	nopeus arvo (%)	koneistusten määrä (k)	laatu arvo (%)	KL laatu arvo (%)	KNL (%)	
7.1.2015	8:30:00	1:58:18	23,20 %	220	104	47 %	104	103	99 %	11 %	
8.1.2015	8:30:00	4:02:20	47,52 %	244	124	51 %	124	124	100 %	24 %	
9.1.2015	6:30:00	4:09:02	63,85 %	400	208	52 %	208	206	99 %	33 %	
12.1.2015	8:30:00	4:21:35	51,29 %	270	153	57 %	153	153	100 %	29 %	
13.1.2015	8:30:00	4:03:59	47,84 %	130	84	65 %	84	84	100 %	31 %	
14.1.2015	8:30:00	5:13:50	61,54 %	675	435	64 %	435	435	99 %	39 %	
15.1.2015	8:30:00	3:50:25	45,18 %	517	341	66 %	341	337	99 %	29 %	
16.1.2015	5:30:00	1:23:04	25,17 %	71	53	75 %	53	53	100 %	19 %	
19.1.2015	8:00:00	3:47:46	47,45 %	248	179	72 %	179	178	99 %	34 %	
20.1.2015	3:43:00	1:09:14	31,05 %	27	20	74 %	20	20	100 %	23 %	koneessa isompi häiriö
21.1.2015	8:00:00	3:06:21	38,82 %	154	104	68 %	104	104	100 %	26 %	
22.1.2015	8:00:00	3:51:58	48,33 %	234	150	64 %	150	150	100 %	31 %	
23.1.2015	5:30:00	3:19:52	60,57 %	202	156	77 %	156	156	100 %	47 %	
26.1.2015	7:30:00	4:55:59	65,77 %	163	105	64 %	105	105	100 %	42 %	
27.1.2015	7:30:00	2:21:53	31,53 %	150	107	71 %	107	107	100 %	22 %	koneessa isompi häiriö
28.1.2015	7:30:00	5:52:53	78,42 %	436	305	70 %	305	305	100 %	55 %	
29.1.2015	7:30:00	3:37:45	48,39 %	200	131	66 %	131	131	100 %	32 %	
30.1.2015	5:30:00	2:46:43	50,52 %	113	84	74 %	84	84	100 %	38 %	
			48,13 %			65 %			100 %	31 %	

LIITE 3: CNC 3 KONEEN KOKONAISTEHOKKUUS TAULUKKO

päivä	k=käytettävyys arvo		N= Nopeus arvo (%)			L= laatu arvo (%)			KNL (%)	
	työvuoron kesto	koneistus aika	käytettävyys arvo (%)	mahdolliset kpl ajassa	toteutuneet kpl ajassa	nopeus arvo (%)	koneistusten määrä (kpl)	onnistuneet (kpl)		laatu arvo (%)
7.1.2015	8:30:00	7:03:03	82,95 %	208	194	93 %	194	184	95 %	73 %
8.1.2015	8:30:00	5:25:01	63,73 %	240	192	80 %	192	190	99 %	50 %
9.1.2015	6:30:00	4:50:51	74,58 %	140	98	70 %	98	95	97 %	51 %
12.1.2015	8:30:00	4:08:42	48,76 %	220	145	66 %	145	143	99 %	32 %
13.1.2015	8:30:00	4:33:19	53,59 %	190	93	49 %	93	92	99 %	26 %
14.1.2015	8:30:00	5:28:24	64,39 %	200	85	43 %	85	85	100 %	27 %
15.1.2015	8:30:00	6:01:24	70,86 %	186	154	83 %	154	143	93 %	54 %
16.1.2015	5:30:00	3:24:46	62,05 %	166	94	57 %	94	94	100 %	35 %
19.1.2015	8:00:00	5:08:37	64,30 %	86	77	90 %	77	77	100 %	58 %
20.1.2015	8:00:00	5:48:40	72,64 %	91	82	90 %	82	82	100 %	65 %
21.1.2015	8:00:00	5:43:26	71,55 %	105	90	86 %	90	87	97 %	59 %
22.1.2015	8:00:00	6:20:30	79,27 %	241	219	91 %	219	214	98 %	70 %
23.1.2015	5:30:00	3:53:03	70,62 %	164	125	76 %	125	125	100 %	54 %
26.1.2015	7:30:00	7:18:52	97,53 %	284	272	96 %	272	268	99 %	92 %
27.1.2015	7:30:00	6:30:27	86,77 %	267	231	87 %	231	231	100 %	75 %
28.1.2015	7:30:00	4:06:31	54,78 %	203	184	91 %	184	184	100 %	50 %
29.1.2015	7:30:00	6:33:05	87,35 %	342	298	87 %	298	295	99 %	75 %
30.1.2015	5:50:00	3:48:27	65,27 %	171	149	87 %	149	145	97 %	55 %
			70,61 %			79 %			98 %	56 %

LIITE 4: OHJELMIEN- JA ASETTEIDENKESTO TAULUKKO

Ohjelma-ajat		
Ohjelma	ohjelman kesto	huom!
nimi/koodi	0:00:00	
otto 302 tuolin jalka	0:00:25	
patjatuki pysty pk 600	0:00:34	
p030000102	0:01:51	
oiva takajalka	0:16:59	
ot 220 tukisarja ylä	0:00:32	
oiva yläpuu	0:13:22	
h070000167	0:01:50	
takajalka viimeistely oiva	0:01:11	
sänkykaapin salpa	0:04:07	6 kpl/koneistus
sänkykaapin salpa	0:03:23	4kpl/koneistus
kenkähylly pohja	0:01:10	
kenkähylly pohja	0:00:23	
etera muovi	0:00:40	
seinähylly ho70000006	0:00:35	
t090000021	0:00:34	
sänkykaapin salpa	0:04:06	
otto t010000009 selkänoja	0:17:56	8kpl/koneistus

esimerkki ohjelma-ajat

nimi/koodi	asetteenvaihdon kesto
h070000033	0:05:00
p020000180	0:28:00
h070000067	0:11:00
h070000029	0:10:00
n 1300 ovi taskulla	0:30:00
otto selkänoja lasten	0:14:00
vk 500 sivu	0:15:00
pk 600 patjatuki pysty	0:21:00
p030000102	0:03:00
oiva takajalka vaihe 1	0:27:00
ot 220 tukisarja ylä	0:21:00
h070000006	0:09:00
oiva yläpuu	0:16:00
t090000021	0:14:00
sänkykaapin salpa	0:21:00
h070000167	0:06:00
t010000007	0:28:00
s030000004	0:12:00
s040000008	0:03:00
s030000444	0:17:00
t010000096	0:13:00

esimerkki asete-ajat