

Pietari Eronen

Koneistuskeskuksen laadun kehittäminen: mittausjärjestelmän luominen ja käyttöönotto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

6.11.2017

Tekijä Otsikko	Pietari Eronen Koneistuskeskuksen laadun kehittäminen: mittausjärjestelmän luominen ja käyttöönotto
Sivumäärä Aika	38 sivua 6.11.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Koneensuunnittelu
Ohjaajat	Materiaalihallintopäällikkö Tatu Elonen Lehtori Pekka Salonen
<p>Tämän insinööriyön aiheena oli koneistuskeskuksen laadun kehittäminen ja laadunvalvonta. Työn tavoitteena oli luoda ja ottaa käyttöön uusi mittausjärjestelmä. Työ toteutettiin Planmeca Oy:n toimeksiantona.</p> <p>Yrityksen laatutavoitteet kehittyvät jatkuvasti, ja niiden saavuttamiseksi vaaditaan kokonaisvaltaisia parannuksia, ottamalla huomioon erityisesti asiakastarpeet. Kaikkien eri osastojen tulee tehdä muutoksia ja parannuksia, joten tämä insinööriyö oli osa laajempaa kehitysprosessia. Tehtävää pohjustettiin työntekijäkyselyillä ja analyyttisillä menetelmillä, kuten SPC:n tilastolliset menetelmät. Yrityksen ERP-järjestelmän kautta seurattiin laatu palautteiden vaihtelua ja käsittelyä.</p> <p>Insinööriyön keskeinen osio oli uuden mittausjärjestelmän luominen, käyttöönotto ja seuranta. Aiemmin kappaleiden tarkistukseen ei liittynyt kirjallista ohjeistusta eikä dokumentointia. Samalla keskityttiin mittauspisteen toimivuuteen, tarvittaviin muutoksiin ja hankintoihin. Tämän lisäksi työn lopussa käsiteltiin yleisesti digitaalisen järjestelmän mahdollisia hyötyjä ja käyttöliittymiä.</p> <p>Työn tuloksena luotiin johdonmukaiset mittausohjeet, arkistointikansiot ja virheellisten kappaleiden käsittelyohjeet. Kerättyjen tietojen avulla selvitettiin ongelmakohdat ja kehitettiin erityisesti kiire- tai alimiehistilanteissa tarpeeseen tulevat selkeät ohjeistukset ja toimintamallit.</p>	
Avainsanat	Laadun kehittäminen, koneistus, mittausjärjestelmä, standardisointi

Author Title	Pietari Eronen Quality Development of a Machine Shop: Design and Implementation of a Measuring System
Number of Pages Date	38 pages 6 November 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Machine Design
Instructors	Tatu Elonen, Purchasing and Material Management Pekka Salonen, Senior Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by Planmeca Oy and its objective was the development and quality control of a machine shop's manufacturing process. The main purpose was to design and implement a new measuring system.</p> <p>The project was started by interviewing the employees and by collecting data using analytical tools, such as Statistical Process Control (SPC) tools. Using the company's ERP system, it was possible to monitor the quality feedback reports, analyzing the variation and the reaction time.</p> <p>The main objective of the thesis was to design, implement and analyze the new measuring system for the machine processes. Previously, there were neither written instructions nor documentation concerning the inspection of the components. In addition, the advantages and possible user interfaces of a digital measuring system were evaluated.</p> <p>As a result, clear measuring instructions, documentation archives and a troubleshooting plan for defective components were created. Through data analysis it was possible to discover the problematic areas, especially during intense production periods or understaffed work shifts.</p>	
Keywords	Quality, machining, measuring, system, standardization

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Planmeca Oy	2
2.1	Organisaatio	2
2.2	Laatupolitiikka	3
2.3	Toimitilat	4
2.4	Insinööriyöhön liittyvät osastot	4
3	Laadun tekijät tuotannossa	7
3.1	Työnjohto	7
3.2	Työntekijät	8
3.3	Tuotantoprosessi	8
3.3.1	Prosessin vaihtelu	8
3.3.2	Raaka-aineet	9
3.3.3	Koneistaminen	10
3.3.4	Viimeistely ja pakkaus	11
3.4	Laatupalautteet	12
4	Työympäristö	13
4.1	Työpiste	13
4.2	Mittauspiste	15
5	Tutkimusmenetelmät	18
5.1	SPC	18
5.2	QC-story	19
5.3	Tilastollisten tuloksien tulkinta	20
6	Mittausjärjestelmä	21
6.1	Taustatiedot	21
6.2	Työpiirustukset	22
6.3	Mittauspöytäkirjat	23
6.4	Arkistointi	24
6.5	Käyttöönotto	24
6.6	Seuranta	25

7	Virheellisen kappaleen käsittely	27
7.1	Vikaluokitus	27
7.1.1	Aihio- ja valuvika	27
7.1.2	Kiinnitys ja kiinnitin	28
7.1.3	Työkalut ja terät	29
7.1.4	Koneistusohjelma ja nollakohta	30
7.1.5	Koneistuskeskus	31
7.2	Jälkikäsittely	32
8	Digitaalinen mittausjärjestelmä	34
8.1	Järjestelmän ominaisuudet	34
8.2	Käyttöliittymä	35
8.3	Digitaalisen järjestelmän käyttöönotto	36
9	Yhteenveto	37
	Lähteet	38

Lyhenteet

5S	Workplace Organization Method (työympäristön järjestelymenetelmä).
ERP	Enterprise Resource Planning (toiminnanohjausjärjestelmä). Esimerkiksi Lean System -ohjelmisto.
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis (prosessin virhetilan analyysityökalu).
KoMa	Koneistamon ja maalaamon osasto.
QC-story	Quality Control Story (laatutarinamenetelmä).
SPC	Statistical Process Control (tilastollinen laadunvalvonta).

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli kehittää koneistuskeskuksen laatua ja laadunvalvontaa luomalla järjestelmä, joka mahdollistaisi valmistuvien kappaleiden johdonmukaisen tarkistuksen ja dokumentoinnin. Työtä pohjustettiin tutustumalla aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen, osaston käytäntöihin ja mittausmenetelmiin. Tämän lisäksi työntekijöitä haastateltiin kehityskohteiden kartoittamiseksi mahdollisimman konkreettisesti.

Työ oli jatkoa kesällä 2016 alkaneelle kehitysprojektille Planmeca Oy:n koneistamon osastolla. Yrityksen käynnissä olevien uudistuksien ja parannuksien vuoksi, muutoksia toteutetaan kaikilla osastoilla, ja tämän työn tulokset on tarkoitus sisällyttää isompiin järjestelmäkokonaisuuksiin.

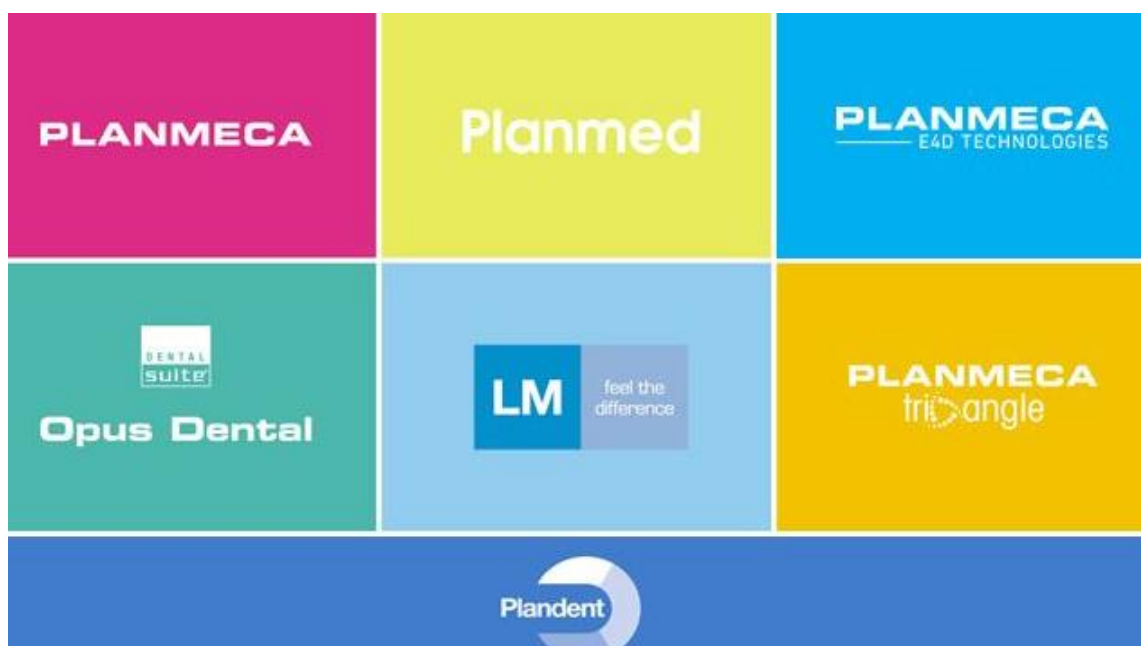
Työn keskeiset aiheet ovat virheen syntyminen, tunnistaminen, korjaaminen tai estäminen ja näiden prosessien dokumentointi. Tavoitteena on tunnistaa ongelmakohtat ja havaita virheelliset kappaleet ajoissa, ennen maalaamoon lähettämistä tai ison tuotantarjan valmistusta. Havaintojen jälkeen on tarkoitus käsitellä tapaukset yksilöllisesti ja toteuttaa tarvittavat toimenpiteet. Insinööriyön loppuosassa käsitellään myös digitaalisen mittausjärjestelmän mahdollisia hyötyjä ja tarpeita.

Kokonaisuuden hahmottamiseen käytettiin erityisesti QC-story-menetelmää ja syyseuraus-analyysiä. Mittauksien käsittelemiseen hyödynnettiin Excel-ohjelmaa ja SPC:n tilastollisia menetelmiä, keskittyen prosessin vaihteluun ja mittausriheyteen.

2 Planmeca Oy

2.1 Organisaatio

Planmeca Oy on terveysteknologian alalla toimivan Planmeca Groupin emoyhtiö. Yhtiöryhmään kuuluu seitsemän yhtiötä (kuva 1), joiden palveluksessa on yhteensä lähes 2700 henkilöä. Toimitusjohtaja Heikki Kyöstilä perusti Planmeca Oy:n Helsingissä vuonna 1971, ja pienimuotoisesta yritystoiminnasta tuli pian laajaa ja monipuolista. Yhtiöryhmän liikevaihto oli vuonna 2016 noin 730 miljoonaa euroa. [1.]



Kuva 1. Planmeca Groupin yhtiöt [1].

Planmeca Oy on erikoistunut hammashoitolaitteisiin (kuva 2), röntgenlaitteisiin ja näihin liittyviin ohjelmistoihin. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Helsingin Herttoniemessä, jonne keskittyvät suunnittelu, osa tuotannosta ja kokoonpano. [2.]



Kuva 2. Planmeca Oy:n hammashoitolaite [3].

2.2 Laatu politiikka

Planmecan laatu politiikka on erittäin asiakaspainotteinen, sillä tuotteet pyritään aina suunnittelemaan, valmistamaan ja kehittämään asiakkaiden toiveiden mukaisesti. Toimivuus, kestävyys ja muotoilu ovat tuotteiden tärkeimpiä tunnusmerkkejä. [1.] Viranomaisten vaatimusten täyttämiseksi yritys on määrittänyt tarkat laatu standardit ja tavoitteet laatu käsikirjoissa. Jokaisen osaston ja työntekijän kuuluu seurata johdon ohjeita, sitoutumalla yhteiseen parantamiseen. [4.]

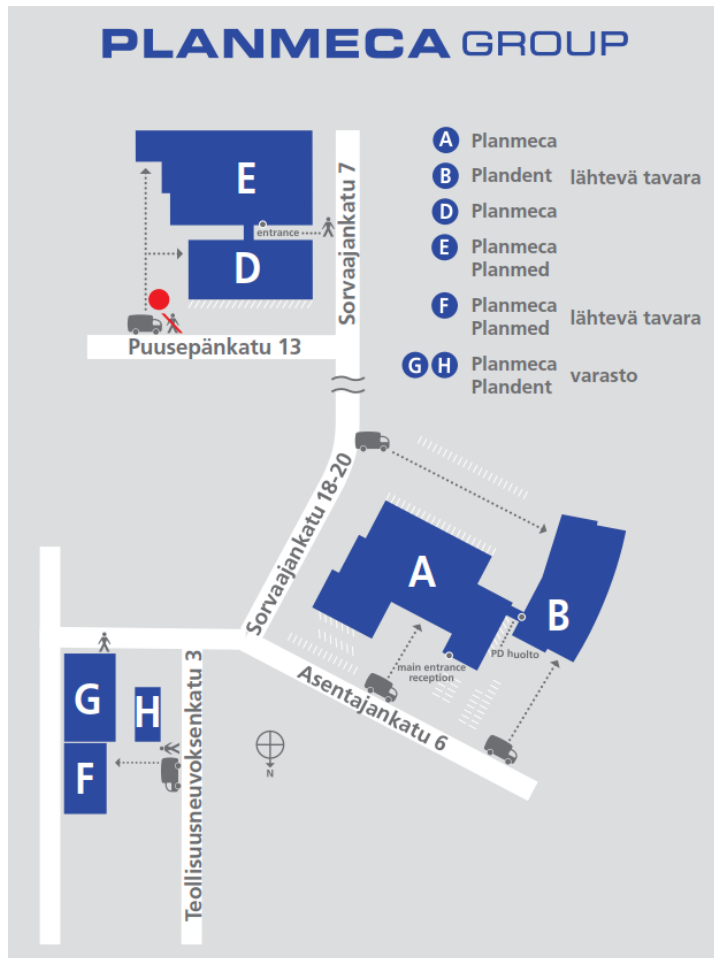
Yleisesti laadun käsite voidaan määrittää neljällä eri perusteella:

- perusteena tuoteominaisuudet
- perusteena asiakasmielipide
- perusteena arvo
- tuotantoperusteinen laatu kriteeri.

Insinööri työssä keskitytään tuotantoperusteiseen laatu kriteeriin, joka Philip B. Crosby n mukaan perustuu kykyyn mitata laatua normien ja vaatimusten kautta. Tässä kategoriassa suunnittelun ja tuotannon välisellä vuorovaikutuksella on erittäin keskeinen rooli. [5, s.17 - 20.]

2.3 Toimitilat

Planmeca toiminta Suomessa keskittyy Helsingin Herttoniemeeseen. Rakennuksia on yhteensä seitsemän (kuva 3), joista löytyy tuotanto, kokoonpano, suunnittelu, varastointi ja kaikki muut toimintaa tukevat palvelut, kuten IT- ja HR-osastot.



Kuva 3. Planmeca rakennukset Herttoniemessä [6].

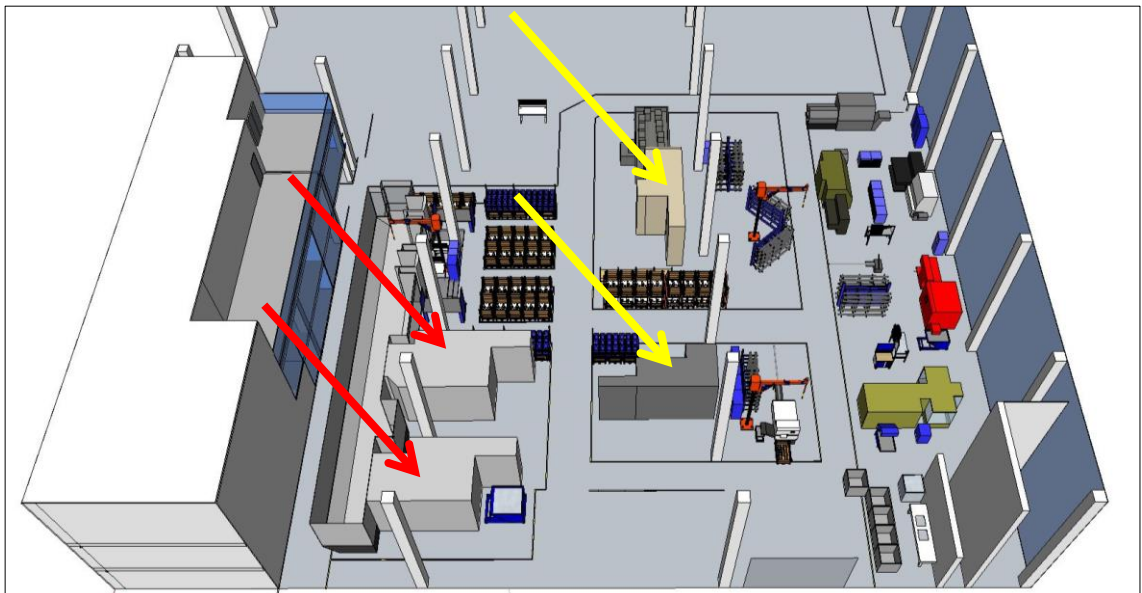
2.4 Insinööriyöhön liittyvät osastot

Tämä työ keskittyy kahteen eri osastoon, jotka molemmat sijaitsevat E-talossa (kuva 4). Varsinainen työ toteutettiin KoMan osastolla (koneistamon ja maalaamon osasto) ja vastaanottotarkastuksen osasto toimi mittauksen tukena.



Kuva 4. E-talo. KoMa sijaitsee 1. kerroksessa ja vastaanottotarkastus 3. kerroksessa [7].

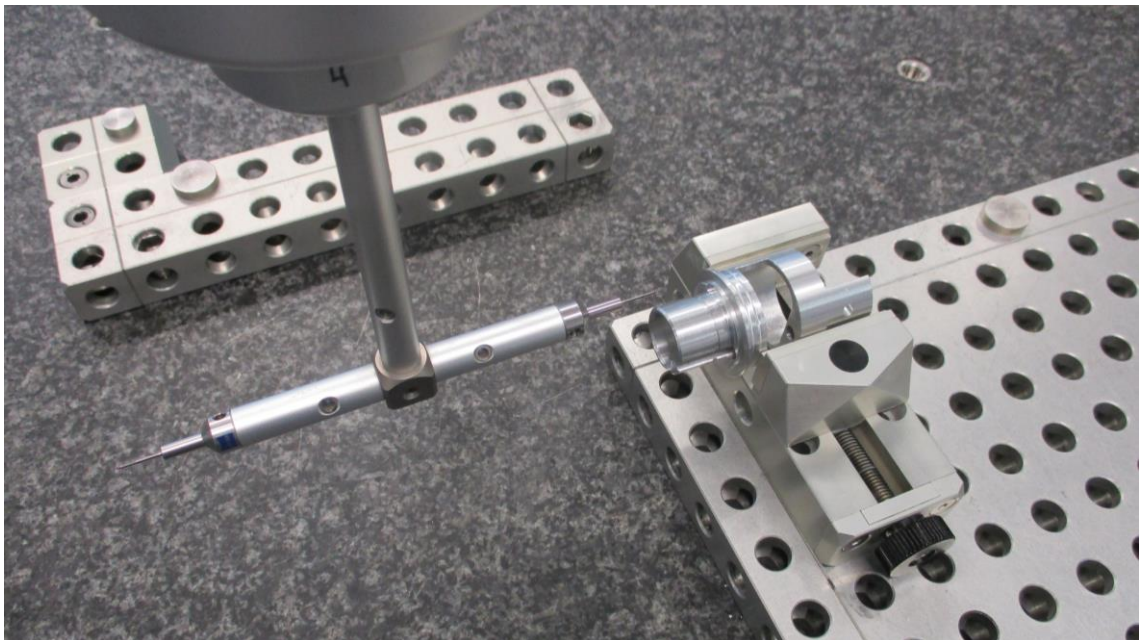
KoMan osasto koostuu koneistamon ja maalaamon yksiköistä ja korkeavarastosta, jota hallitaan automaattitruckien avulla. Koneistamosta löytyvät yhteensä neljä Mazak-koneistuskeskusta (kuva 5), joista kaksi on uudempia (kone 9 ja 11) ja kaksi vanhempia koneita (kone 3 ja 4). Näiden lisäksi koneistamossa on viisi kappaletta Mazak-automattisorveja. Tuotanto toimii kahdessa vuorossa ja koneistuskeskuksilla työskentelee 3 – 4 työntekijää jokaisessa vuorossa.



Kuva 5. Koneistamo. Koneet 9 ja 11 punaisella osoitettuna ja koneet 3 ja 4 keltaisella.

Suurin tuotantokapasiteetti on koneilla 9 ja 11, joten analyysi ja mittausjärjestelmän suunnittelu aloitettiin niistä. Seuraavaksi siirryttiin koneeseen 3 ja vasta sitten koneeseen 4.

Saapuvien materiaalien tarkastus ja hyväksyntä tapahtuvat vastaanottotarkastuksen osastolla. Saapuvien materiaalien lisäksi kyseisellä osastolla tehdään säännöllisesti myös koneistettujen kappaleiden perusteellinen tarkastus (kuva 6), ottaen huomioon erityisesti muodot ja mittauskohdat, joita ei pystytä koneistamossa mittaamaan. Tarkastuksista tehdään perusteelliset raportit, jotta ongelmakohtien seuranta olisi mahdollista pitkällä aikavälillä. Insinööriyön aikana vastaanottotarkastuksen laitteita käytettiin mittauksien varmistamiseen ja tilastollisten tietojen keräämiseen.



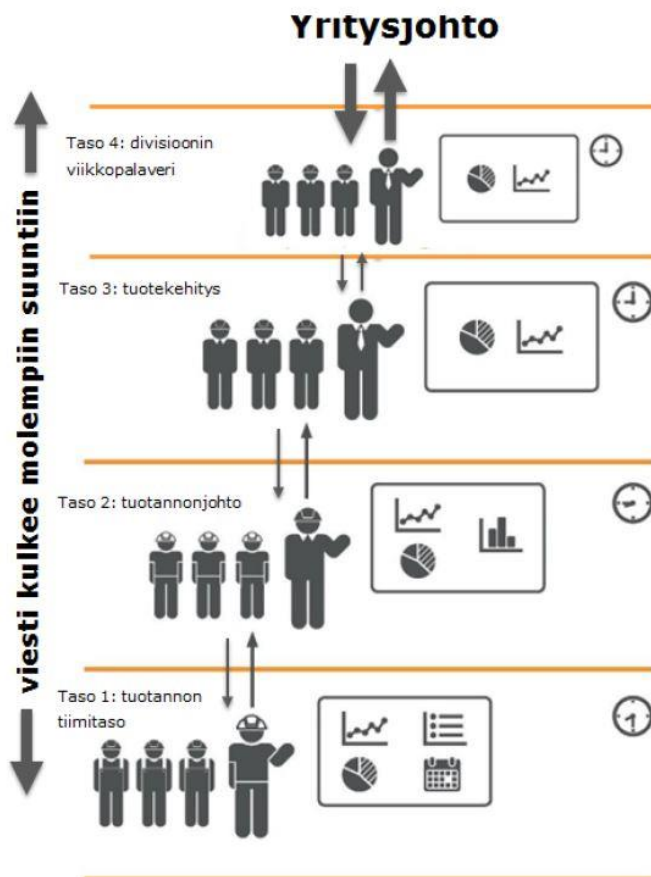
Kuva 6. Zeiss-mittauslaite ja koekappale.

3 Laadun tekijät tuotannossa

Seuraavaksi käsitellään kolme tekijää, jotka vaikuttavat suoraan tuotannon toimintaan ja laatuun.

3.1 Työnjohto

Johtoryhmän määrittämät tavoitteet implementoidaan osastoilla työnjohdon kautta, joten laatu ja laadunvalvonta ovat vahvasti työnjohdon vastuulla. Laadukas ja tasainen työskentely saavutetaan selkeillä ohjeilla, dokumentoinnilla ja tiedonkululla. On olemassa useita toimintamalleja johtamisen ja ongelmanratkaisun tueksi, ja tällä hetkellä yrityksessä pyritään kehittämään visuaalista ja suurempaa päivittäisjohtamista, joka tukisi nopeaa ja mutkatonta tiedonvälittämistä. Kuvassa 7 näkyy Röntgendivisioonan uusi päivittäisjohtamisen toimintamalli.



Kuva 7. Röntgendivisioonan uusi päivittäisjohtamisen toimintamalli [9].

3.2 Työntekijät

Työntekijän työskentelyyn vaikuttavat ammattitaito, sitoutuminen työhön, viihtyvyys, fyysinen kunto ja vireys. Näiden kehittämiseen ja ylläpitämiseen järjestetään koulutuksia ja tarjotaan liikuntaa tukevia ohjelmia. Työntekijöistä riippumattomia tai ulkoisia tekijöitä ovat esimerkiksi kiireelliset tuotantokaudet, puutteelliset ohjeistukset ja käytössä olevien työkalujen kunto.

3.3 Tuotantoprosessi

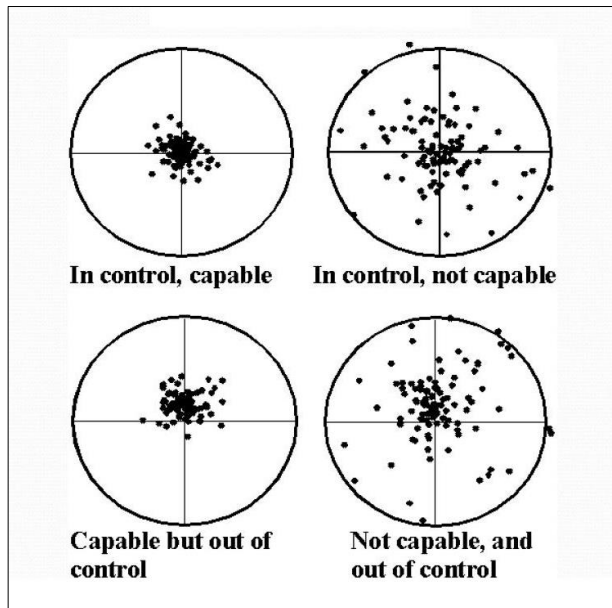
3.3.1 Prosessin vaihtelu

Jokainen tuotantoprosessi sisältää tietynlaista vaihtelua, jota kutsutaan ominaisvaihteluksi. Ominaisvaihtelun määrittämiseksi on olennaista tietää valmistusprosessin ominais toleranssit ja vasta tämän jälkeen on mahdollista määrittää tarkat toleranssit valmistuville komponenteille. Toleranssit voivat liittyä esimerkiksi kappaleen massaan tai muihin mittoihin ja ominaisuuksiin. Tuotannon tavoitteena on vaihtelun pienentäminen tai hallitseminen. Tuotantoprosessin suorituskykyä voidaan kuvata neljällä eri tavalla, riippuen siitä, onko prosessi hallinnassa ja valmistuuko toleransseissa olevia kappaleita (kuva 8). Vaihtelu jakaantuu kahteen luokkaan: satunnainen vaihtelu ja erityissyvaihtelu. [12.]

Poikkeama syntyy, kun tietyt olosuhteet muuttuvat. Yleiset muuttuvat tekijät ovat

- materiaalit
- koneet
- menetelmät
- tarkastus.

Jos kaikki ehdot toteutuvat, tuotteet ovat identtisiä (virheellisiä tai virheettömiä). Tämä ei kuitenkaan vastaa todellista tuotantoprosessia, jossa pitää ottaa huomioon satunnaisilmiöt ja laitteistojen vikaantumiset. [10.]



Kuva 8. Prosessin suorituskyky [11].

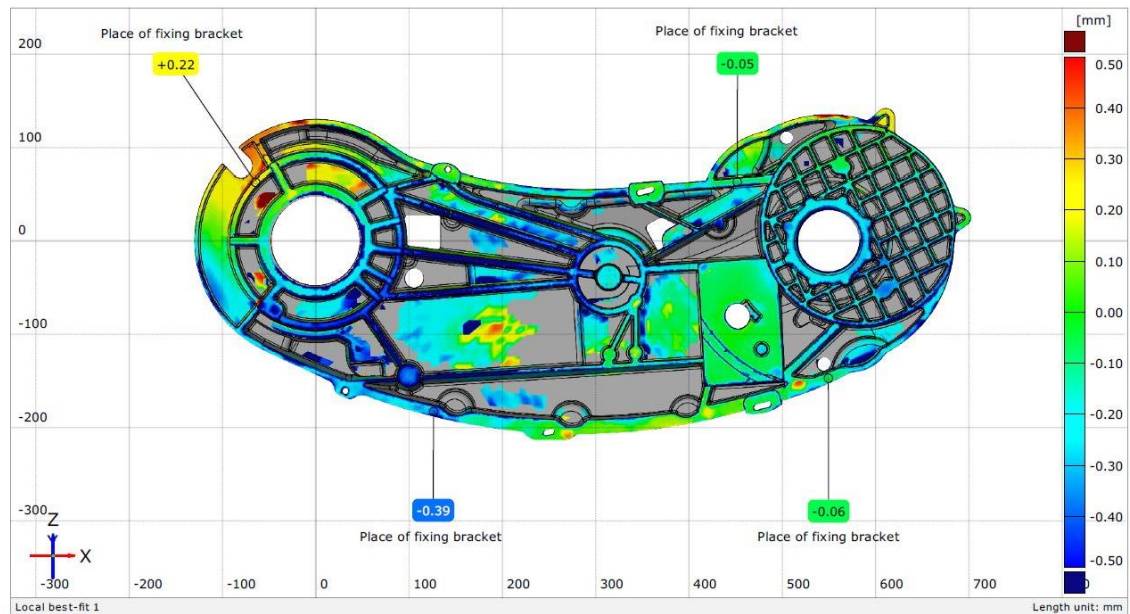
3.3.2 Raaka-aineet

Materiaalit, joista valmistetaan halutut kappaleet, määrittävät tuotantoprosessin lähtökohdat, ja huonoista raaka-aineista on hankalaa valmistaa laadukkaita komponentteja. Tämän takia on ostajien vastuulla hankkia ja valvoa oikeanmukaisia raaka-aineita, jotka mahdollistavat parhaat laadulliset ja taloudelliset lopputulokset. Käytössä olevat raaka-aineet ovat valukappaleet, hitsauskoonnokset ja metalli- ja muoviprofiilit (kuva 9).



Kuva 9. Vasemmalla valuaihio ja oikealla laserleikattu aiho.

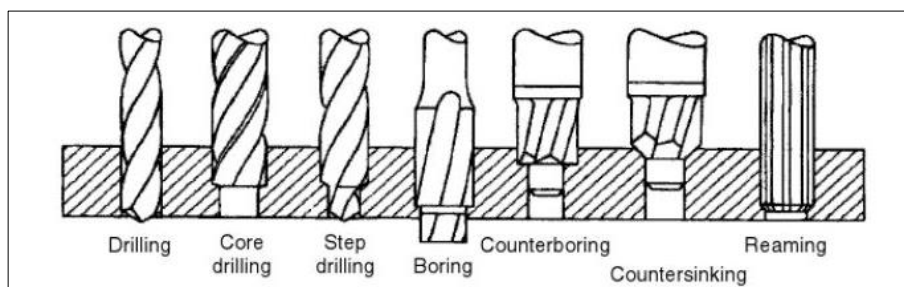
Erityisen tärkeää on valuaihioiden tarkastus, koska ne tulevat suurina tilauserinä ja niissä mahdollinen vika voi vaikuttaa vahvasti tuotantoprosessiin. Esimerkiksi kierojen kappaleiden tarkistus on tarkasti tehtävissä vastaanottotarkastuksen skannauslaitteilla (kuva 10). Jos koneistusprosessin aikana ilmenee aihoiden sisältä huokoisuutta, on koneistajan vastuulla tarkastaa tilanteen vakavuus ja ilmoittaa tarvittaessa työnjohdolle.



Kuva 10. Atos-skannauslaite, jolla pystytään mittaamaan kappaleen kierous.

3.3.3 Koneistaminen

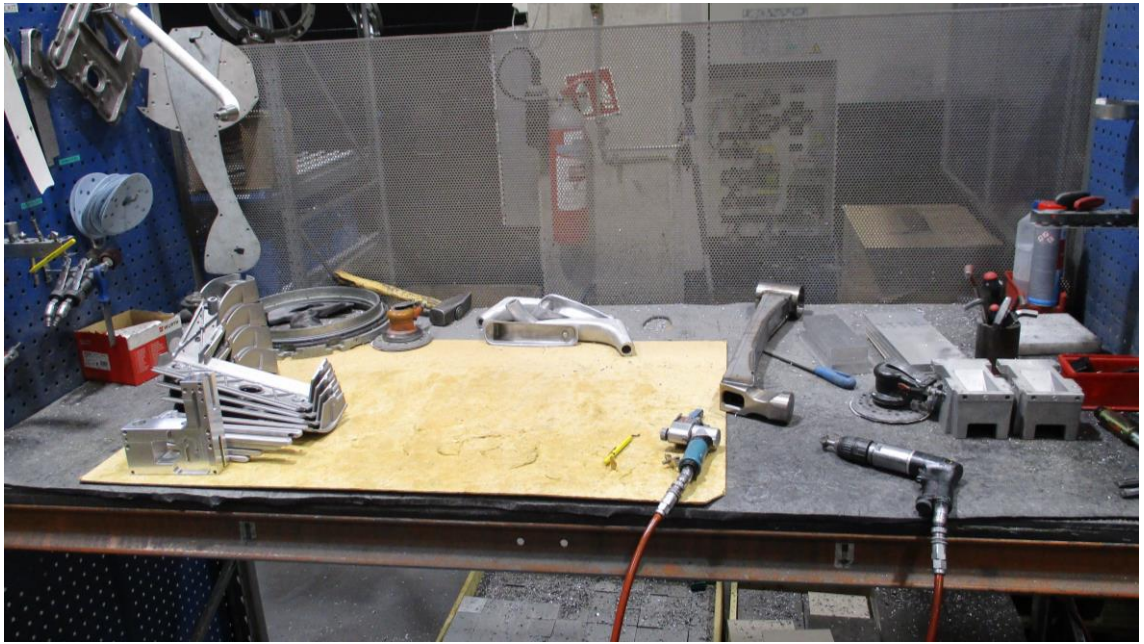
Koneistaminen on tarkka valmistusmenetelmä, ja sen avulla pystytään valmistamaan tuotteita hyvin vaativiin toleransseihin. Prosessin yleisiä vaihtelun tekijöitä ovat työkalujen ja terien kulumiset (kuva 11), voiteluaineen ominaisuuksien muuttuminen ja kappaleiden väärä asento tai kiinnitys. [5, s. 272.]



Kuva 11. Yleisiä jyrsinteriä. Terän kulumisen jälkeen ei pysytä tarkoissa toleransseissa.

3.3.4 Viimeistely ja pakkaus

Kappaleet joudutaan usein viimeistelemään (kuva 12) esimerkiksi hiomalla tai pyörittämällä teräviä kohtia. Lopputuloksen vaihteluun vaikuttavat työkalujen kuluminen ja työntekijöiden välillä eroavat menetelmät. Laatupalautteiden kautta saatiin selville, että osa kappaleiden hylkäämisistä kokoonpanossa johtuu viimeistelyssä ja pakkaamisessa tulevista lommoista ja naarmuista. Kyseisten työvaiheiden virheitä voidaan vähentää luomalla selkeät ohjeistukset ja standardisoimalla pakkaukset.



Kuva 12. Viimeistelyvaihe.

Viimeistelyvaiheessa ilmeni myös tiedonvälittämiseen liittyvä ongelma. Jos on tullut muutoksia tietyn kappaleen viimeistelymenetelmään mutta tätä ei ole dokumentoitu tarpeeksi, päivitys ei aina ole kaikkien koneistajien tiedossa.

Suunnittelemalla sopivia eräkokoja sekä pakkaamalla ja suojaamalla kappaleet yhdenmukaisesti, saldovirheet ja pintojen vikaantuminen pienuisivät huomattavasti (kuva 13).

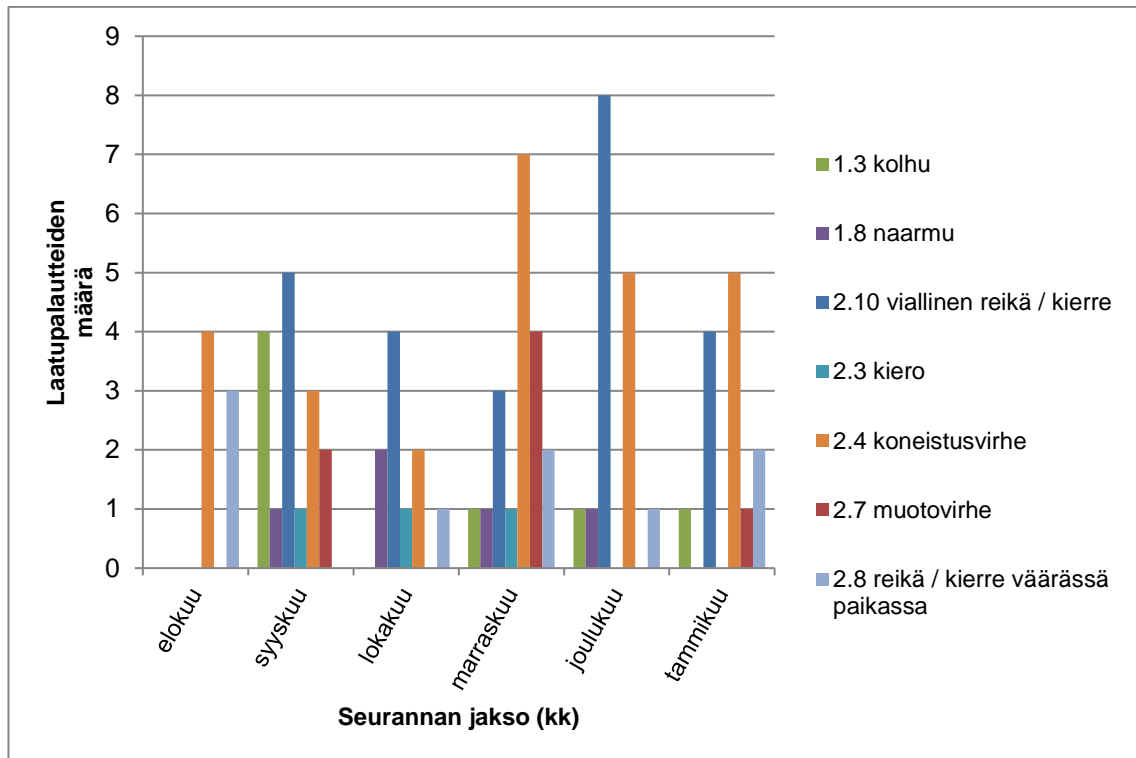


Kuva 13. Pakkauksen standardisointi.

3.4 Laatupalautteet

Yrityksen sisäiset laatupalautteet ovat tehokas työkalu hallita tuotantoprosesseissa ilmeneviä ongelmakohtia, ja Planmecalla palautteet kirjataan suoraan käytössä olevaan ERP-järjestelmään. Hyödyllistä tietoa saadaan seuraamalla virheiden toistuvuutta ja vakavuusastetta. Näillä tiedoilla pystytään tarvittaessa tekemään isompiakin toimenpiteitä ajoissa. Laatupalautteiden hyöty esiintyy tietenkin myös tavassa käsitellä niitä, eli miten ja millä aikataululla pystytään reagoimaan käsiteltäviin tapauksiin. [8.]

Insinööriyön aikana esimerkiksi joulukuun laatupalautteiden syynä havaittiin poikkeuksellisen iso määrä viallisia reikiä tai kierteitä (kuva 14). Näiden vikaantumisien tarkkaa alkuperää ei pystytty todentamaan, mutta se että vialliset kappaleet pääsivät kokoonpanolle asti, johtui toteutettujen mittauksien tiheydestä, joka oli alhaista osittain sairauspoissaolojen takia.



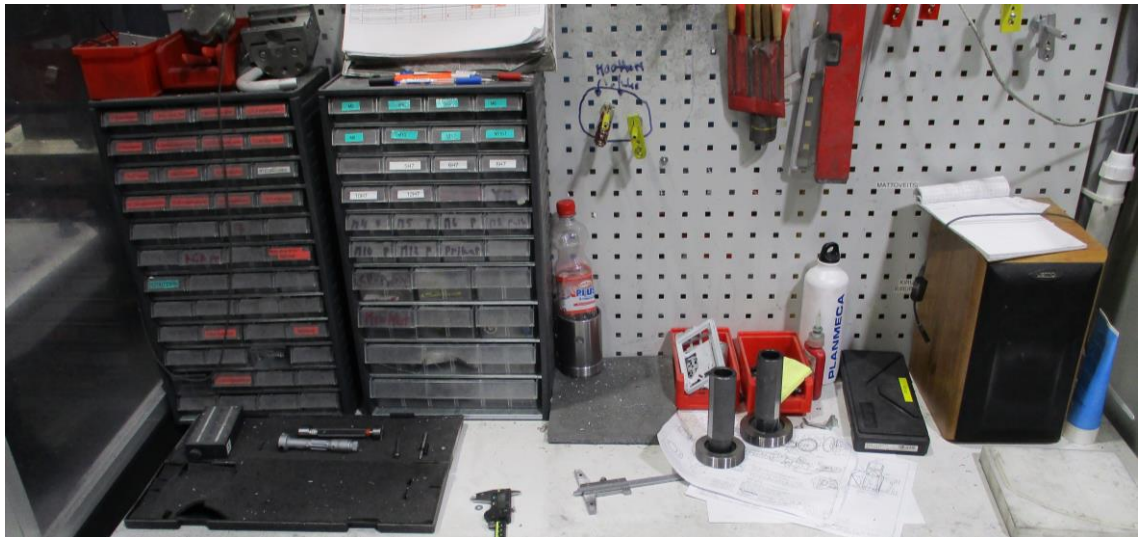
Kuva 14. Laatupalautteet insinööriyön aikajaksolta, jaettuna eri vikaluokituksiin.

4 Työympäristö

4.1 Työpiste

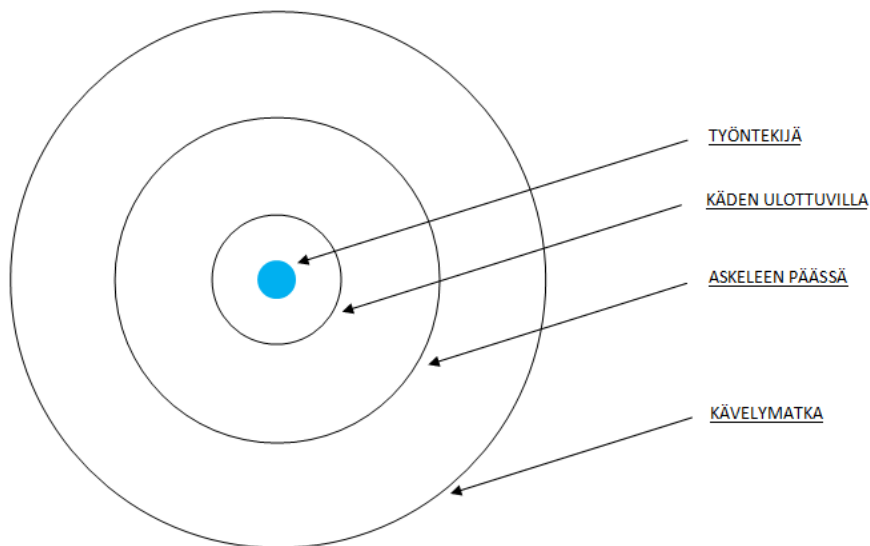
Työntekijä viettää suurimman osan ajastaan työpisteellä (kuva 15), joten pisteen toimivuus on tehokkaan työskentelyn perustana. Myös kappaleiden päivittäiset mittaukset ja tarkastukset toteutetaan kyseisessä ympäristössä ja insinööriyössä pyrittiin ottamaan huomioon tämä tekijä ja optimoimaan mittauskäytäntö tämän mukaan.

Koneistuskeskuksien ympäristössä on lastuja, nesteitä ja pölyä, jotka vaikuttavat työkalujen, mittausvälineiden ja tulkkien toimintavarmuuteen. Erityisesti tarkkuutta vaativissa työkaluissa suorituskyky laskee niiden altistuessa tarpeettomalle fyysiselle rasitukselle ja likaantumiselle.



Kuva 15. Työtaso ja päivittäisessä käytössä olevia työkaluja.

Työtasojen ja työkalujen asettelua on mahdollista kehittää soveltamalla 5S:n periaatteita. Työn aikana kerättiin erityisesti tietoa, joka liittyi ergonomiaan ja työkalujen sijaintiin käyttöasteen suhteen. Työntekijän ympäristöä tutkittiin jakamalla se kolmeen eri etäisyysluokkaan: käden ulottuvissa, askeleen ulottuvissa ja kävelymatkan päässä (kuva 16).



Kuva 16. Työntekijän lähiympäristö.

Kun esimerkiksi työtason tai työkalun etäisyys on todettu sopivaksi, keskitytään siihen liittyvään liikkeeseen ja sen ergonomiaan. Jos liike on optimoitu parhaaksi mahdolliseksi, se standardisoidaan ja otetaan yleiseksi käytännöksi.

4.2 Mittauspiste

Koneistuskeskuksien yhteydestä löytyy erikseen suunniteltu mittauspiste, joka antaa mahdollisuuden perusteelliseen tarkastukseen ja mittaamiseen. Pisteeseen pääelementit ovat mittauspöytä, mittausvälinekaappi ja työpiirustusarkisto. Insinööriyön aikana siirrettiin työkalukaappeja ja pöytiä, mikä paransi tilan yleistä käyttöä. Tämän lisäksi työskentelypöytään lisättiin lampulla varustettu suurennuslasi (kuva 17), joka helpottaa piirustuksien tulkitsemista.



Kuva 17. Mittauspisteeseen työskentelypöytä.

Mittavälineiden järjestyksessä on kehitettävää, sillä jokaiselle työkalulle ei ole määritetty paikkaa ja se hankaloittaa ja hidastaa mittaamista. Mittauspisteellä on työkalujen lainaamista varten kehitetty taulukko mutta se ei ole aktiivisesti käytössä, eli jos työkaluja lainataan, ei ole tarkkaa tietoa niiden olinpaikasta. Tätä varten tulisi kehittää yksinkertainen visuaalinen tapa ilmoittaa lainauksesta.

Kyseisen ympäristön haittaelementit ovat meteli ja likaisuus. Ensimmäinen tekijä voi vaikuttaa tarkkuutta vaativassa mittauksessa keskittymiseen ja likaisuus vaikuttaa mittavälineiden kuntoon. On hankalaa vaikuttaa suoraan näihin tekijöihin mutta työskentelyä voi edistää käyttämällä kuulosuojaimia ja säilyttämällä välineet suljetussa tilassa.

Säilytyksen osalta on mahdollista vaikuttaa sekä välineiden järjestykseen, että kaapistoissa olevaan hukkatilaan (kuva 18).



Kuva 18. Mittausvälinekaappi, epäjärjestyksessä.

Järjestämällä mittavälineet ja luomalla jokaiselle oma paikka helpotetaan ja tehostetaan työntekoa. Kun järjestys (kuva 19) ja paikat on määritelty selkeästi, voisi jakaa tilat fyysisesti esimerkiksi tarkoituksenmukaisilla seinämillä.



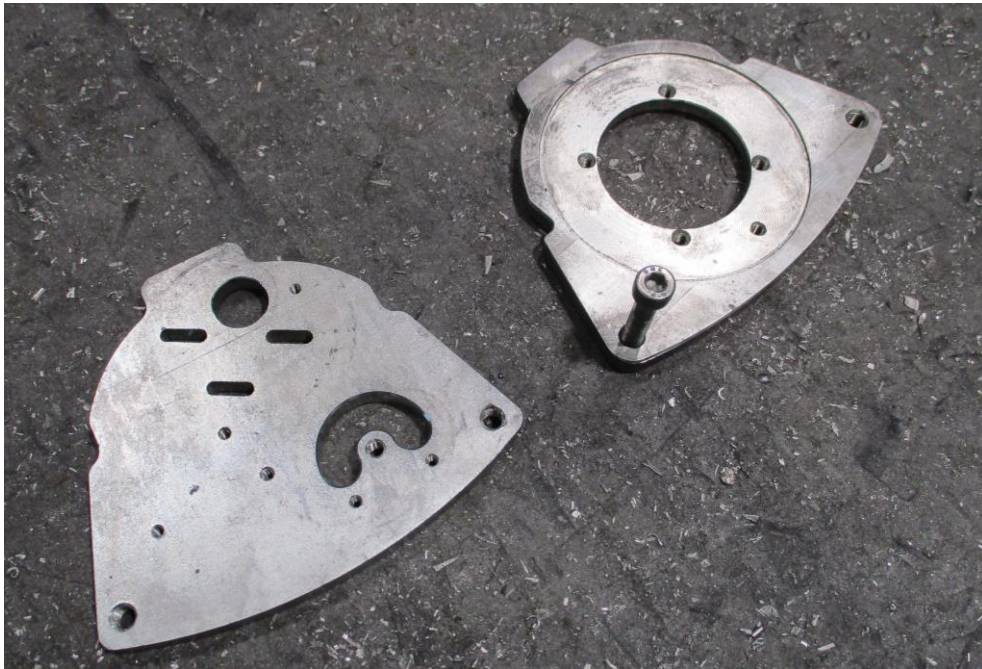
Kuva 19. Mittausvälinekaappi, järjestyksessä.

Varsinaisen mittauksen aikana tarvitaan selkeä asetelma käytetyille työkaluille. Tähän tarkoitukseen voisi käyttää sopivia työkalutelineitä ja luistonestomattoja (kuva 20).



Kuva 20. Kierretulkkeja luistonestomatolla.

Koneistuskeskuksilta ja mittauspisteeltä löytyy suuri määrä kappaletulkkeja (kuva 21). Näitä varten tulisi luoda selkeät ohjeet ja tunnusmerkit.



Kuva 21. Kappaleiden muototulkkeja.

5 Tutkimusmenetelmät

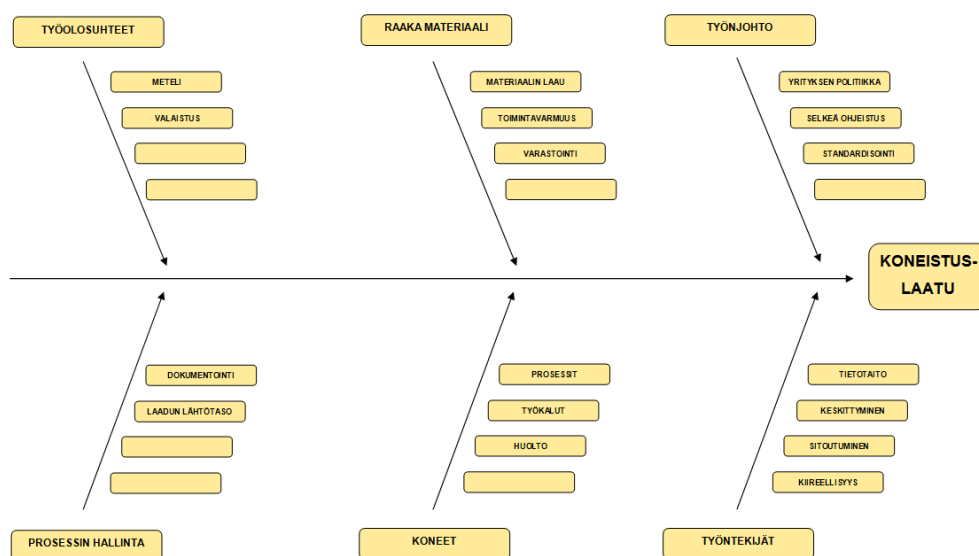
5.1 SPC

Insinööriyöhön liittyvässä tutkimuksessa sovellettiin erityisesti SPC:n (Statistical Process Control) tilastollisia menetelmiä, joiden avulla saatiin kerättyä ja analysoitua tietoa.

SPC sisältää seitsemän perusmenetelmää:

- vuokaavio
- syy-seuraus-analyysi
- histogrammi
- hajontadiagrammi
- valvontakortti
- FMEA
- Pareto-analyysi.

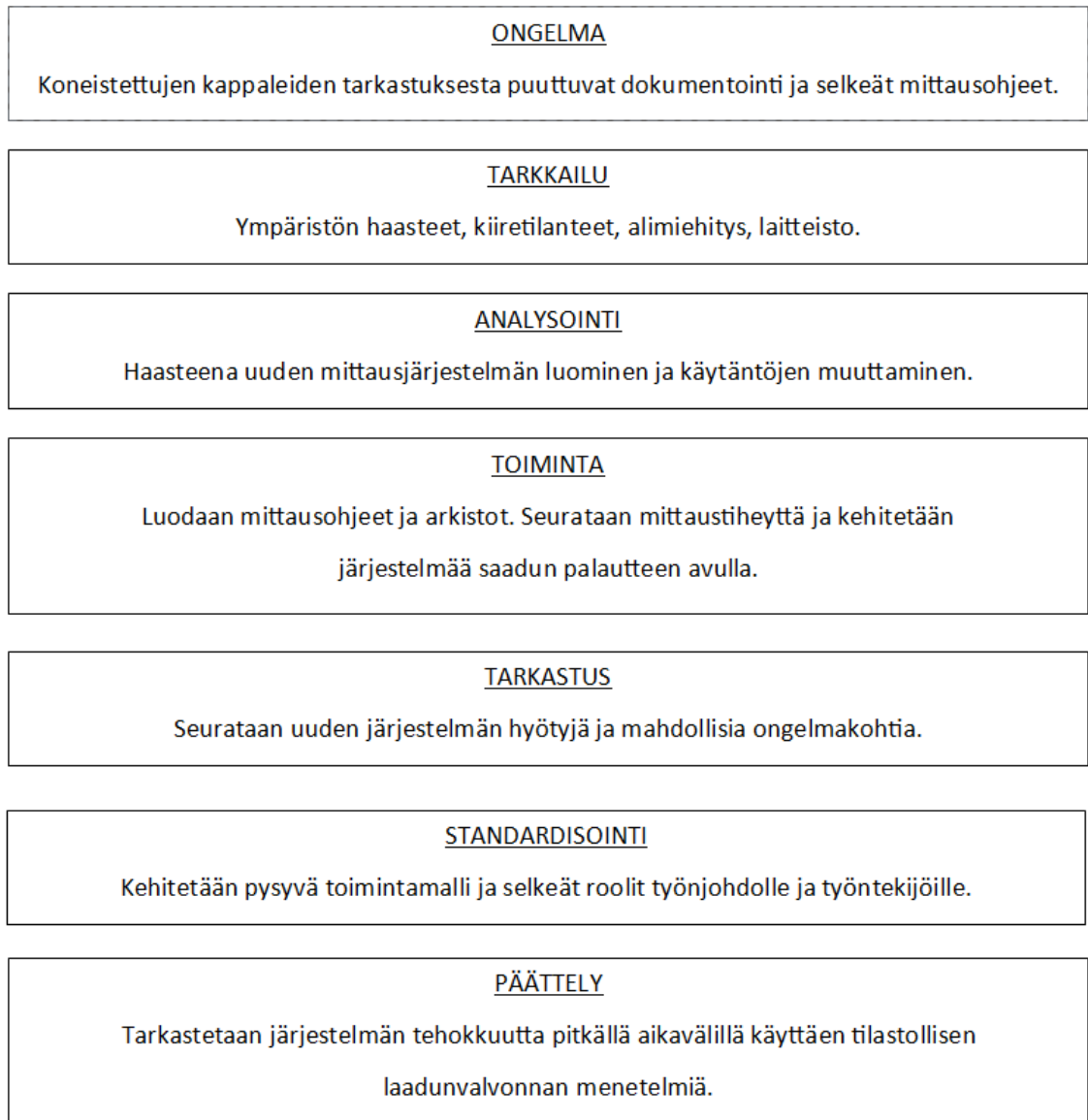
Työssä hyödynnettiin erityisesti vuokaavioita, histogrammeja, syy-seuraus-analyysia ja valvontakortteja. Esimerkiksi koneistamon laatuun vaikuttavia tekijöitä hahmoteltiin syy-seuraus-analyysillä (kuva 22).



Kuva 22. Koneistamon laadun tekijät määritettiin syy-seuraus-analyysillä.

5.2 QC-story

Varsinaisen mittausjärjestelmän kokonaisuuden suunnittelussa käytettiin avuksi QC-story (Quality Control Story) menetelmää. Kyseinen laatutarina-analyysi (kuva 23) on yksinkertainen ja tehokas tapa lähestyä kehittämiskohdetta ja löytää tärkeimmät piirteet.

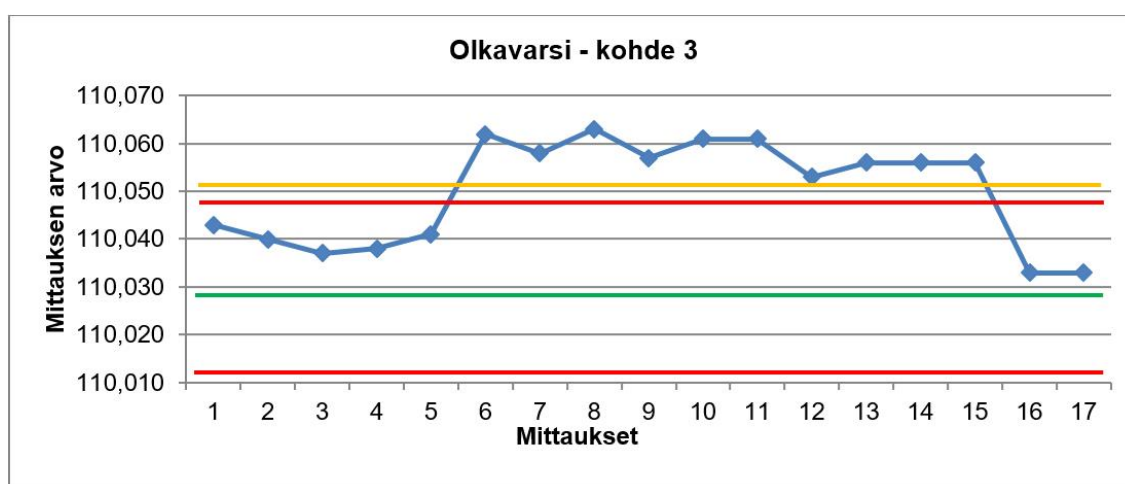


Kuva 23. QC-story. Laatutarina-analyysi koneistamon kehittämistä varten.

5.3 Tilastollisten tuloksien tulkinta

Tilastojen luotettavuuteen vaikuttavat seurantajakson pituus ja otoksien määrä. Insi-
nööriyössä seurattiin mittaustiheyttä ja yksittäisten kappaleiden vaihtelua, mutta aika-
jakso ja mittauksien määrä eivät kuitenkaan olleet tarpeeksi suuria, ja se vaikutti tulok-
sien tulkintaan. Tietyissä tapauksissa tuloksia vääristivät myös vanhentuneet tiedot, jos
esimerkiksi kappaleen toleranssit eivät ole enää niin tarkat (kuva 24).

Tutkimuksista selvisi selkeä ongelmakohta ohjeiden puutteesta tuotannon kiiretilanteis-
sa. Tähän ongelmaan saadaan tukea juuri mittausjärjestelmästä.



Kuva 24. Kappaleen yksittäisen kohteen mittojen vaihtelu ja toleranssit.

6 Mittausjärjestelmä

6.1 Taustatiedot

Koneenkäyttäjällä on paljon muistettavaa, ja erityisesti tuotannon kiiretilanteissa kappaleiden perusteellinen tarkastuksen tekeminen ilman selkeitä ohjeita on haastavaa. Tämän lisäksi sekä sisäisessä laadunvalvonnassa, että ulkoisten auditointien yhteydessä saatetaan tarvita dokumentointia kappaleiden mittauksista. Näistä tarpeista syntyi kyseinen koneistamon kehitysprojekti, ja tarkaksi kohteeksi valittiin mittausjärjestelmän luominen.

Konepajaympäristössä on useita virhelähteitä, mutta kaikkiin ei pystytä suoraan vaikuttamaan. Insinööriyössä keskityttiin ehkäisemään mahdollisia virheitä lisäämällä ohjeistusta ja säännöllisiä tarkastuksia.

Konepajoissa yleiset virhelähteet [10, s. 139] ovat

- lämpötilaerot
- voimat
- asento- ja suuntavirheet
- likaisuus
- magneettisuus
- geometriset virheet.

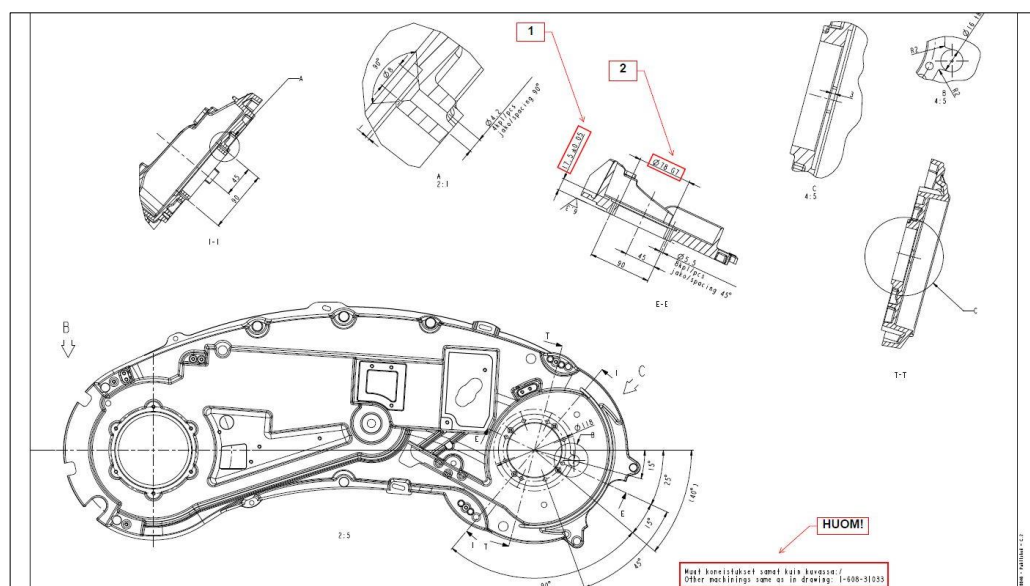
Valmistuvien kappaleiden ongelmakohdat löytyivät tutkimalla valmistusprosessia johdonmukaisesti. Taustatutkimuksien jälkeen alettiin suunnittelemaan vaadittuja ohjeita ja käytäntöjä. Järjestelmän käyttöönottoa varten kehitettiin koulutusmateriaali, joka sisältää myös ohjeet asiakirjojen luomiseen ja järjestelmän ylläpitämiseen. Dokumentoinnin avulla saataisiin tieto mittauksen tekijästä ja päivämäärästä, joten epäselvässä tapauksessa olisi mahdollista saada helpommin lisätietoa. Mittauksessa ja dokumentoinnissa on myös olennaista tietää, mitkä työkalut ovat käytössä, joten kartoitettiin yleisesti tarvittavat mittausvälineet.

Koneistamon yleiset mittausvälineet:

- työntömitta
- kolmipistemikrometri
- kaarimikrometri
- vesivaaka
- mittakello
- kierretulkit
- geometriatulkit.

6.2 Työpiirustukset

Tarkoituksena oli luoda selkeät mittausohjeet käyttäen työpiirustuksia, keskittyen ensisijaisesti kappaleihin, jotka ovat tuotannossa seurantajakson aikana. Työpiirustusohjeiden luomiseen käytettiin hyväksi PDF-Xchange-ohjelmaa, joka mahdollisti merkintöjen tekemisen piirustuksiin. Piirustuksiin merkittiin mitat, joissa oli toleranssit ja kohteet, jotka vaativat erityistä tarkkuutta (kuva 25). Työssä edettiin tärkeysjärjestyksessä, aloittamalla kappaleista, jotka ovat päivittäin ja suurissa erissä tuotannossa. Piirustuksien ohjeita parannettiin koko prosessin ajan työntekijöiden avulla, sillä usein mitattavia kohtia oli merkitty liikaa tai niihin vaadittiin tarkennusta.



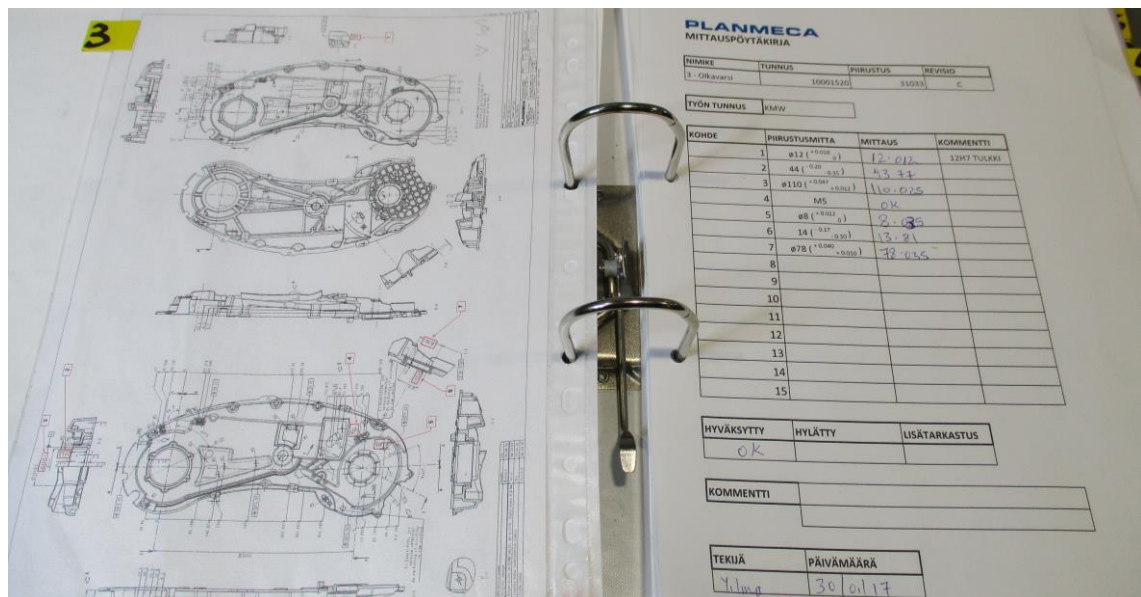
Kuva 25. Kappaleen työpiirustukseen tehdyt mittausohjeet.

6.3 Mittauspöytäkirjat

Aiemmin koneistamossa seurattiin tehtyjä mittauksia rastittamalla koneistuskappaleiden kuittauspohjassa oleva ruutu. Pohjasta ei selvinnyt mittausohjeita eikä mittauksen tekijää. Päätettiin kehittää kyseistä pohjaa (kuva 26) ja lisätä erillinen mittauspöytäkirja. Mittauspöytäkirjojen tarkoitus on toimia ohjeena ja dokumentointina. Pohjat hahmoteltiin aluksi käsin paperille, kokeilemalla eri asetelmia ja vaihtoehtoja. Kun saavutettiin toimiva pohja, tiedot siirrettiin Excel-ohjelmaan, jossa täydennettiin tietoja ja muokattiin ulkonäköä (kuva 27).

Nim.tunnus	Nimi	KONE 9			13.2.2017			KUIITTAUKSET					
		Tuoteryhmä	Paletti	M	Maanantai	M	Tiistai	M	Keskiviikko	M	Torstai	M	Perjantai
10027906	Dimax4 back Cover, koneistettu	ProMax Dimax	1										
	Monitorinvarsi pitkä	Compact i	1										
	FL2 Monitorinvarsi	Compact i	1										
	Vaakavarsirunko	Sovereign	2										
10020133	FL2_tarjotinadapteri	Compact i	2										
10039018	ROTATING BLOCK (pinoittamaton)	ProMax 3D	2										
10003172	FL4 BA Console base	Compact i	5										
10004372	Instrumentinpöyd.painevalu.	Compact i	5										

Kuva 26. Uudistettu kappaleiden kuittauspohja.



Kuva 27. Vasemmalla mittausohje ja oikealla mittauspöytäkirja.

6.4 Arkistointi

Arkistojen tarkoitus oli säilyttää johdonmukaisesti tehtyjä dokumentteja ja saada tarvittaessa nopeasti tietoja. Arkistointi jaettiin kahteen kansioon (kuva 28) ja koneistuspalettien mukaan. Tiedostoja on tarkoitus säilyttää mahdollisen laatuongelman selvittämistä varten tai ulkoisten auditointien yhteydessä.



Kuva 28. Arkistointi

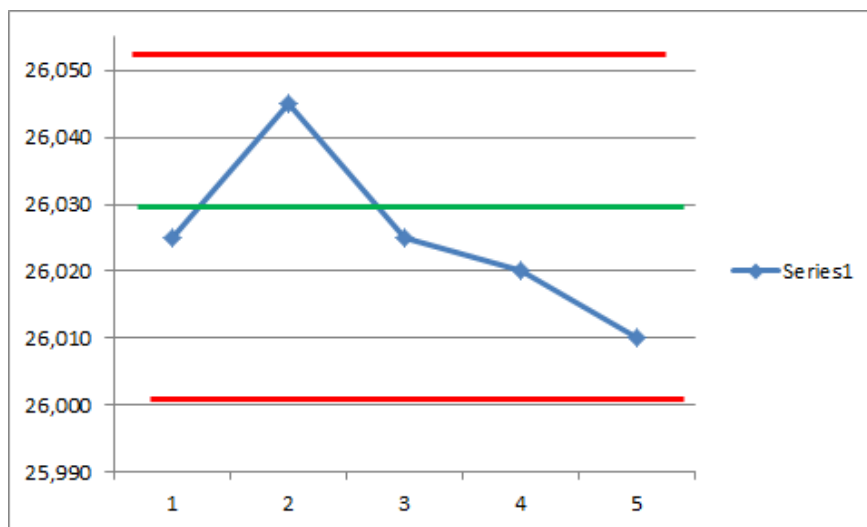
6.5 Käyttöönotto

Uuden järjestelmän implementointi vie aikaa ja muutokset voivat olla hitaita. Työnjohdon sitoutuminen projektiin on olennainen tekijä projektin onnistumisessa. Koulutusta vaaditaan yleisesti järjestelmän käytössä, kansioden käsittelemisessä ja mittausiheyden määrittämisessä.

Tutkimuksien myötä selvisi mahdollinen kiertävän roolin käytäntö, joka tukisi tuotantoa ja mahdollistaisi onnistuneen laadunvalvonnan ja jatkuvan kehittämisen työntekijöiden osaamisessa. Ideaalisessa koneistamon aamuvuorossa on kolme koneenkäyttäjää ja yksi ylimääräinen avustava työntekijä. Avustava työntekijä olisi vastuussa mittauksista ja jokainen omalla vuorollaan pääsisi tähän rooliin. Tällä tavalla vastuu jakaantuisi tasaisesti ja kappaleiden tuntemus kasvaisi entisestään.

6.6 Seuranta

Järjestelmän toiminnan seuranta on keskeinen vaihe kehitysprosessissa, sillä analyysien perusteella on mahdollista muokata toimintaa ja parantaa yksittäisiä ominaisuuksia. Insinööriyön seuranta keskittyi kahteen luokkaan: yksittäisen kappaleen vaihteluun (kuva 29) ja kokonaismittaustiheyteen (taulukko 1).

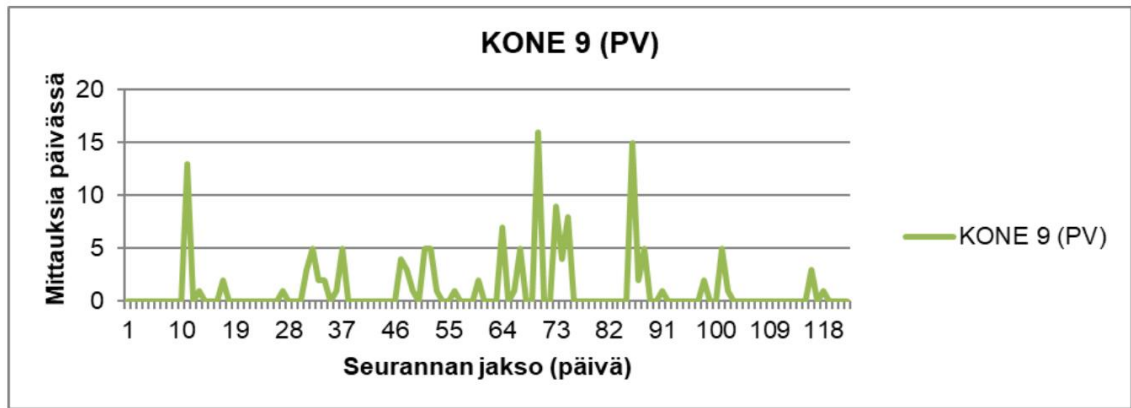


Kuva 29. Kappaleen mittaustuloksien vaihtelu.

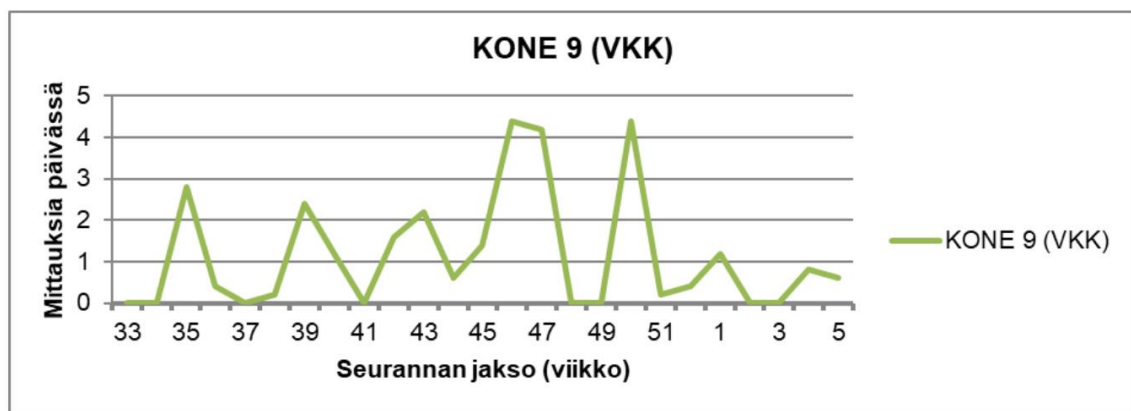
Taulukosta 1 näkyy keskimääräinen mittaustiheys kuukaudessa kaikilta koneilta. Keltaisena suurimmat mittaustiheydet. Tämä on keskeinen tieto tuotannon ohjausta varten. Seurannassa kone 9 oli koeympäristönä ja kuten on havainnollistettu kuvassa 32, marraskuussa oli suurin mittaustiheys. Mittauksia seurattiin myös päivittäisellä (kuva 30) ja viikoittaisella tasolla (kuva 31).

Taulukko 1. Kuukausi-seuranta (elokuu 2016 – helmikuu 2017).

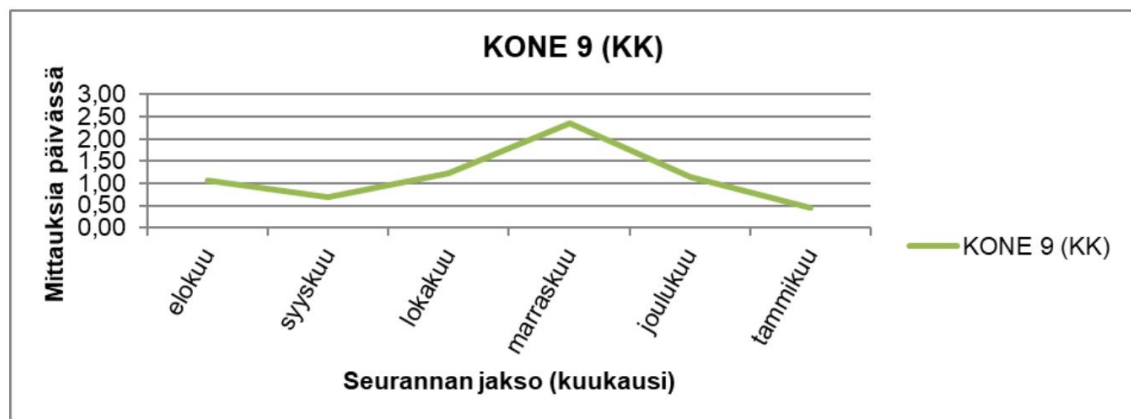
KK	KONE 3	KONE 4	KONE 9	KONE 11
8	0,00	0,31	1,08	0,62
9	0,14	0,00	0,68	0,64
10	0,10	0,00	1,24	0,52
11	1,14	0,05	2,36	0,91
12	0,09	0,00	1,14	0,50
1	0,59	0,00	0,45	0,14
2	0,10	0,00	0,15	0,05



Kuva 30. Koneen 9 mittauksien päivittäinen seuranta.



Kuva 31. Koneen 9 mittauksien viikoittainen seuranta.



Kuva 32. Koneen 9 mittauksien kuukausittainen seuranta.

7 Virheellisen kappaleen käsittely

7.1 Vikaluokitus

Tärkeä osuus koneistamisen prosessissa on ongelmatilanteen käsitteleminen nopeasti ja johdonmukaisesti. Koneistajan työnkuvaan kuuluu havaita ongelmatilanne ja tehdä tarpeelliset toimenpiteet, jotka vaihtelevat työkalun mittojen tarkistamisesta menetelmäsuunnittelijalle ilmoittamiseen saakka. Vikatiloja on useita ja on olennaista, että ne saadaan jaettua eri kategorioihin ilmenemistiheyden ja vakavuusasteen mukaan. Tähän tarkoitukseen sopisi esimerkiksi Pareto-analyysi, jonka avulla on mahdollista määrittää mitkä virheet tai tilanteet vaikuttavat eniten tuotantoon. Insinööriyössä keskityttiin vikalukituksen määrittämiseen ja tarvittaviin toimenpiteisiin.

7.1.1 Aihio- ja valuvika

Koneistusprosessissa erittäin tärkeitä ovat raakamateriaalit, joista valmistetaan halutut komponentit. Materiaaleissa on otettava huomioon sekä laatu että kustannukset. Näihin vaikuttavat suunnittelijat, ostajat ja menetelmäsuunnittelijat. Yleisesti ennen tuotantoon saapumista raaka-aineet käydään säännöllisesti läpi vastaanottotarkastuksessa. Kun raaka-aineet ovat saaneet hyväksynnän, on koneistajan vastuulla ilmoittaa koneistuksen aikana ilmenevistä ongelmista, kuten huokoset tai kierous. Valuaihioissa esiintyvät huokoset vaikuttavat sekä rakenteellisesti kappaleen toimivuuteen (kuva 33), että esteettisiin seikkoihin.



Kuva 33. Valussa esiintyy huokosia, jotka vaikuttavat kappaleen kierteen toimivuuteen.

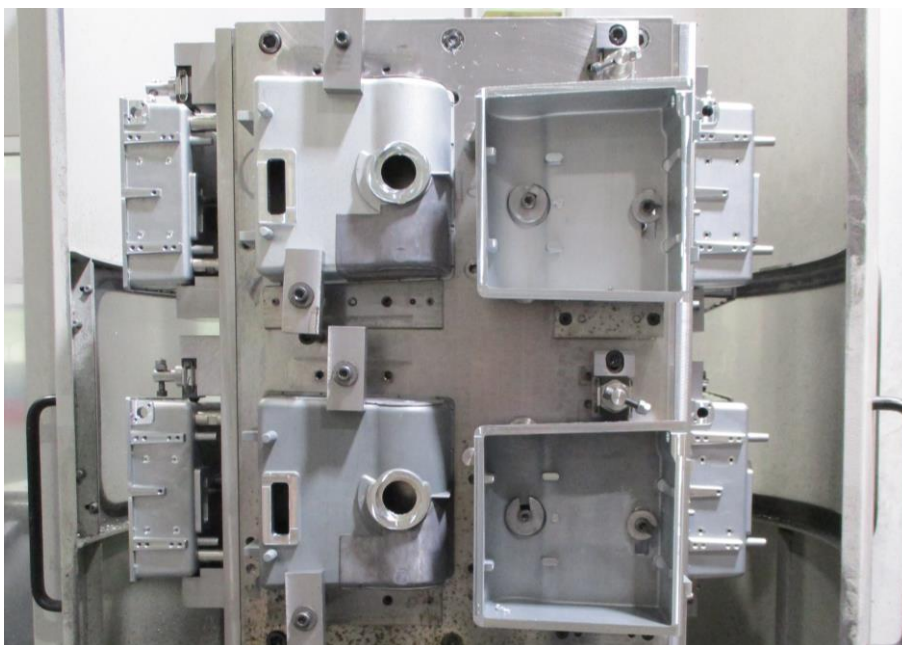
Aihioita tuotantoa varten voidaan tilata eri valmistajilta ja eri menetelmillä valmistettuja. Valmistusmenetelmän valintaan vaikuttaa esimerkiksi haluttu tarkkuus. Kuten näkyy kuvassa 34, polttoleikatun aihion reunat voivat jäädä epätasaisiksi. Vaihtoehtoinen menetelmä voisi olla vesileikkaus.



Kuva 34. Polttoleikattu aihio, jossa on epätasainen profiili.

7.1.2 Kiinnitys ja kiinnitin

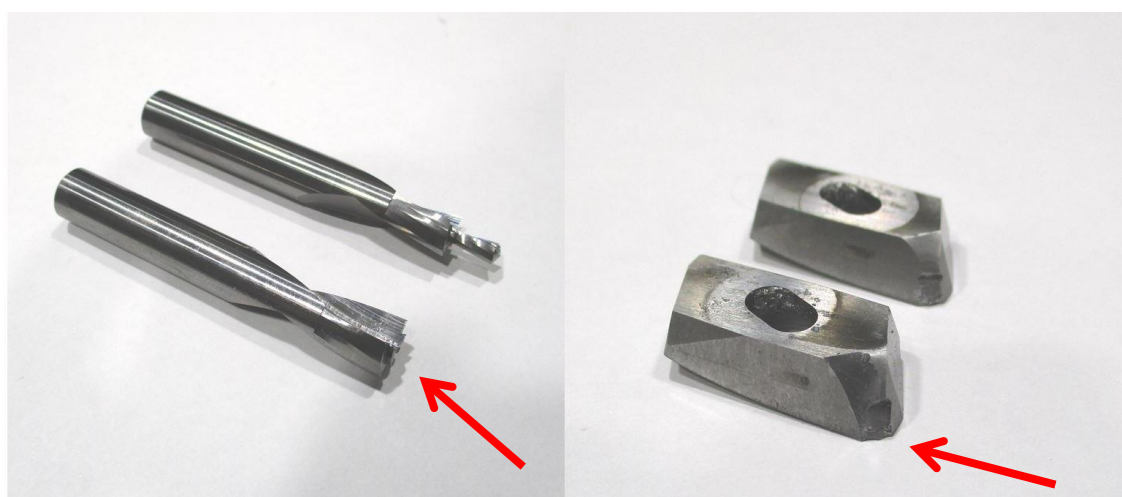
Koneistuksen yhteydessä voidaan huomata kappaleiden väärä asento kiinnityksessä tai asettelussa palettiin (kuva 35). Yleensä tämä ilmenee, jos kiinnityksien vasteet eivät osu tarkoitetulle paikalle tai jos väleihin jää ilmarako. Kiinnitykseen vaikuttaa asennon lisäksi myös kiristysmomentti. Tietyissä kohteissa on määritetty tarkka kiristys, esimerkiksi pienellä momentilla jos on mahdollisuus, että kappale vääntyisi liian tiukalla kiristyksellä. Koneistuksen jälkeen väärässä asennossa olevat kappaleet huomataan yleisesti, jos reiät eivät osu aihiossa olevaan sopivaan kohtaan tai jos pinta, jonka kuului olla tasainen, ei ole täysin koneistettu.



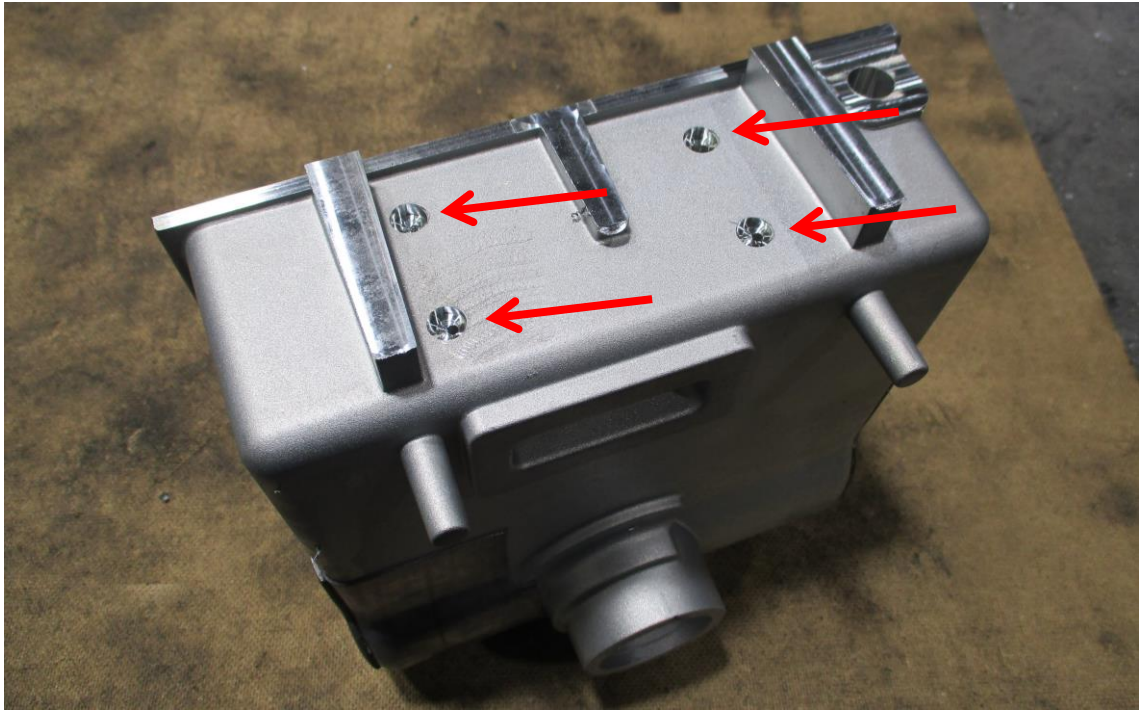
Kuva 35. Koneistuksen jälkeen on huomattu, että kappaleiden kiinnitys ei ollut kohdillaan.

7.1.3 Työkalut ja terät

Iso osa viallisista kappaleista johtuu kuluneista teräpaloista (kuva 36) tai työkaluista, jotka eivät ole mitoissaan (kuva 37). Huomattuaan kyseisen ongelman koneistajan on tarkoitus selvittää esimerkiksi missä kohtaa terä on katkennut tai alkanut tekemään huonoa jälkeä. Tämän jälkeen vaihdetaan terä, kirjataan tapahtuma ja tilanteen mukaan korjataan tai hävitetään virheellinen kappale.



Kuva 36. Vasemmalla ovat ehjä ja poikki mennyt terä. Oikealla kuluneita teräpaloja.



Kuva 37. Reiät eivät ole mitoissaan poikki menneen terän takia.

7.1.4 Koneistusohjelma ja nollakohta

Yleisimmät koneistusohjelmiin (kuva 38) liittyvistä ongelmista johtuvat epämääräisistä muutoksista, joista ei ole tiedotettu kaikille työntekijöille tai alkuperäistä tietoa ei ole enää saatavilla. Muita syitä voivat olla yksinkertainen näppäilyvirhe tai työkalun vaihtoon liittyvä tieto, jos työkalun reaalityö ja syötetty mitta eroavat toisistaan.



Kuva 38. Koneistusohjelma.

7.1.5 Koneistuskeskus

Koneistuskeskuksien viat eivät yleensä vaikuta vain yksittäiseen kappaleeseen, vaan koko tuotantoprosessiin. Koneet ilmoittavat vikatilanteesta ja koneenkäyttäjän kuuluu reagoida tarpeiden mukaan. Tietyissä tapauksissa kuitenkin ongelmatilannetta ei huomata ja esimerkiksi akselien tai ohjauksen viallinen toiminta voi vaikuttaa kappaleen muotoon tai kulmaan, ja jos vika ei ilmene ajoissa, siitä johtuvat kustannukset voivat olla hyvinkin suuria. Näitä ongelmatilanteita voidaan välttää tai vähentää säännöllisillä tarkastuksilla ja huolloilla. Insinööriyön aikana suoritettiin esimerkiksi vuosihuollot koneistuskeskuksen työkalukuljettimelle (kuva 39).



Kuva 39. Koneistuskeskuksen työkalukuljetin.

7.2 Jälkikäsittely

Epäselvissä tapauksissa on mahdollista hyödyntää vastaanottotarkastuksen mittauspalveluita ja lähettää vialliset kappaleet vielä sinne mitattavaksi. Sen kautta saadaan myös dokumentointia kyseisestä tapauksesta. Toimenpide suoritetaan laittamalla tarkastettavat kappaleet erilliseen rullakkoon (kuva 40), josta ne haetaan säännöllisin välein.

Jos virheellisen kappaleen tutkinta on päättynyt, tapaus käsitellään loppuun kierrättämällä materiaalit ohjeiden mukaisesti (kuva 41). Tästä toimenpiteestä ovat vastuussa osastojärjestelijät. Tätä jälkikäsittelyn vaihetta kehitettiin ottamalla käyttöön kappalelistat, joihin koneistajan tulee merkata hävitettävien kappaleiden määrä ja syy. Tämä helpottaa sekä virheellisten kappaleiden seurantaa, että osastojärjestelijän työskentelyä selkeyttämällä tiedonkulkua.



Kuva 40. Vastaanottotarkastukseen meneviä kappaleita.



Kuva 41. Virheellisten kappaleiden ja hukkamateriaalien kierrättäminen.

8 Digitaalinen mittausjärjestelmä

8.1 Järjestelmän ominaisuudet

Teknologian kehittyessä paperiset dokumentit ja kansiot jäävät vähäiselle käytölle ja tässäkin projektissa, vaikka järjestelmä tukee tuotantoa ja laadunvalvontaa, paperin käyttö on suhteellisen hidasta ja tietojen päivittäminen on raskasta. Digitaalinen versio mahdollistaisi nopeamman ja kevyemmän käytön. Tämän uudenlaisen järjestelmän käyttöönotto olisi mahdollista myös uusien mittalaitteiden (kuva 42) ansiosta, joilla saataisiin tulokset suoraan haluttuun muotoon ja tietokantaan.



Kuva 42. USB-väylällä varustettu mikrometri [12].

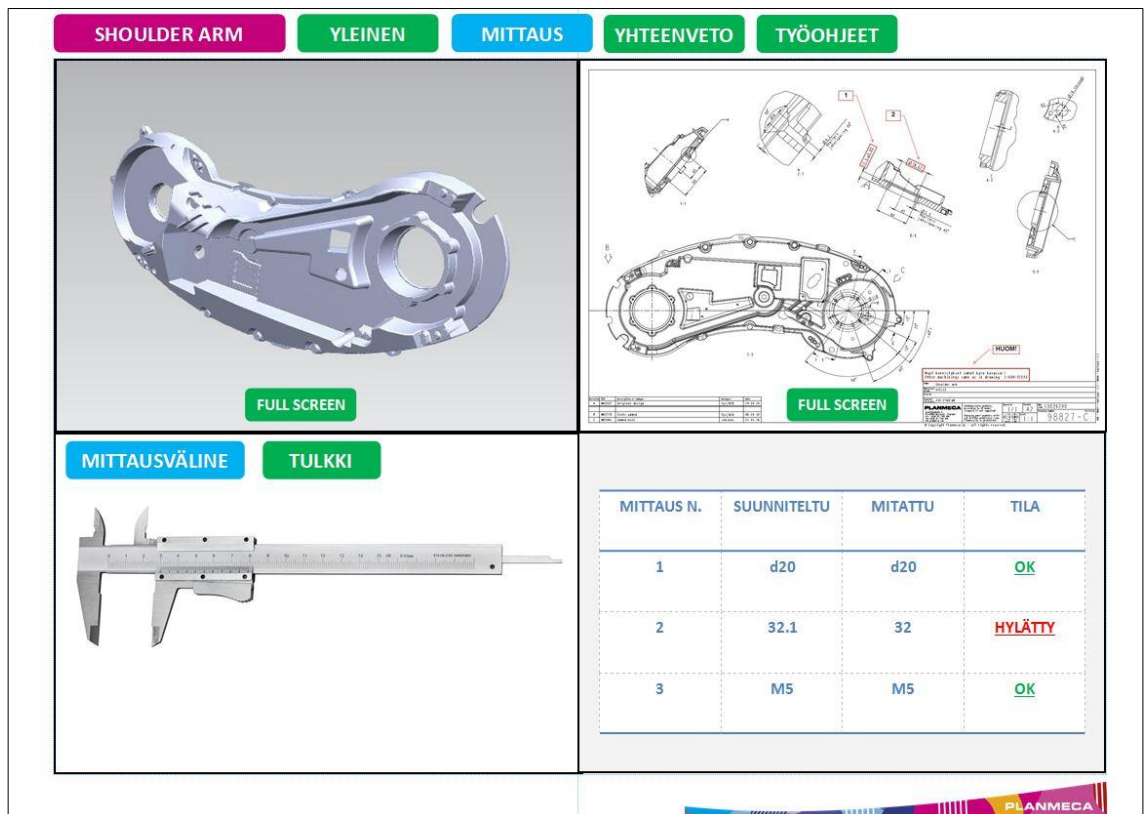
Digitaalisen järjestelmän mittausprosessi olisi hieman erilainen verrattuna paperiseen versioon, ja kokonaisuuden hahmottamiseksi käytettiin kaavio-analyysiä (kuva 43).



Kuva 43. Digitaalisen järjestelmän prosessikaavio.

8.2 Käyttöliittymä

Työssä hahmoteltiin selkeää ja yksinkertaista käyttöliittymää (kuva 44), jota voisi käyttää pohjana tulevaisuuden suunnitelmissa. Tarkoituksena oli sisällyttää kaikki tarvittava tieto yhteen käyttöliittymään, jolla koneistaja tai muu mittaamisen suorittaja saisi tehtyä helposti ja nopeasti kyseessä olevan toimenpiteen. Pääsivuja tulisi olla neljä: yleinen, mittaus, yhteenveto, työohjeet. Tällä tavalla saataisiin yhdistettyä tiedot, joita nykyään pitää hakea eri tiedostoista ja jotka ovat usein hajanaisia ja joiden päivittäminen on hankalaa.



Kuva 44. Digitaalisen järjestelmän käyttöliittymä.

8.3 Digitaalisen järjestelmän käyttöönotto

Digitaalisen järjestelmän järkevä suunnittelu ja käyttöönotto vaatisi perehdytystä tarvittaviin ohjelmistoihin ja laitteistoihin. Käyttöönoton aikana tulisi olla sopivan pituinen koulutusjakso. Insinööriyössä ei perehdytty kyseisiin kohtiin aiheen laajuuden takia. Yrityksen muilla osastoilla on vastaavia kehityshankkeita, joihin kuuluvat koulutukset, joten olisi mahdollista ottaa mallia olemassa olevista käytännöistä.

Hankkeen kustannuksien pienentämiseen voisi vaikuttaa käyttämällä osittain olemassa olevaa laitteistoa.

9 Yhteenveto

Tarkoituksena oli luoda johdonmukainen mittausjärjestelmä, joka tukisi tuotantoa ja antaisi mahdollisuuden seurata laadunvaihtelua. Projektin tuloksena saavutettiin selkeät ohjeet, mutta mittaustiheyttä ja metodeja ei saatu määritettyä tarpeeksi tarkasti, ja tämä hankaloitti tuloksien tulkintaa ja luotettavuutta. Tästä huolimatta työtä pystytään hyödyntämään koeympäristönä jatkokehitystä varten ja sen avulla selvisi useita epäkohtia tuotannosta.

Työn tuloksia käsiteltiin erikseen työntekijöiden kesken ja työnjohtoryhmän kanssa. Työntekijät olivat tyytyväisiä erityisesti mittausohjeiden selkeyteen, jotka mahdollistavat kiiretilanteessa kappaleen nopean tarkastuksen. Mittausjärjestelmä antaa työnjohdolle laadunvalvonnan lisäksi mittarin seurata osaston toimintaa.

Jatkotutkimuksien tulisi keskittyä erityisesti mittauksen ja tuotannon väliseen suhteeseen, jotta laadunvalvonta olisi vielä tiiviimpi osa tuotantoprosessia. Myös varsinaista mittauspisteen kehittämistä tulisi jatkaa, keskittyen säilytyksen standardisointiin ja yleiseen toimivuuteen.

Insinööriyön aihe oli kokonaisuudessaan erittäin mielenkiintoinen ja työtä edistivät olemassa oleva kirjallisuus ja opintojen kautta saadut taidot. Työskentely oli innostavaa työnjohdon neuvojen sekä työntekijöiden palautteiden ja keskusteluiden ansiosta. Projekti todettiin kokonaisuudessaan onnistuneeksi, ja on luotu hyvät puitteet jatkokehitykselle.

Lähteet

- 1 Planmeca Groupin yritykset. Verkkodokumentti. Viitattu 12.1.2017.
<<http://www.planmeca.com/fi/Yritys/Planmeca-Group/>>
- 2 Planmeca Oy. Verkkodokumentti. Viitattu 12.1.2017.
<<http://www.planmeca.com/fi/Yritys>>
- 3 Planmeca Oy:n hammashoitolaitteet. Verkkodokumentti. Viitattu 16.1.2017.
<<http://www.planmeca.com/fi/Hammashoitokoneet/>>
- 4 Laatu politiikka. Intranet-dokumentti. Viitattu 18.1.2017.
<<http://intra.pmgroun.local/index.php?page=63018&lng=9>>
- 5 Andersson, P. H. & Tikka, H. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Porvoo: WSOY.
- 6 Herttoniemen toimitilat. Intranet-dokumentti. Viitattu 23.1.2017.
<<http://intra.pmgroun.local/index.php?page=63288&lng=9>>
- 7 E-talo, Herttoniemi. Intranet-dokumentti. Viitattu 23.1.2017.
<<http://intra.pmgroun.local/index.php?page=00047&lng=9>>
- 8 Mäenpää, K. 2017. Quality News - asiaa laadusta - Tammikuu 2017.
pdf-tiedosto
- 9 Mäenpää, K. 2017. Quality News - asiaa laadusta - Helmikuu 2017.
pdf-tiedosto
- 10 Kume, H. 1985. Laadun parantamisen tilastolliset menetelmät. Helsinki: Metalliteollisuuden keskusliitto.
- 11 Lähteenmäki, M. & Leiviskä, K. 1998. Tilastollinen prosessinohjaus: perusteet ja menetelmät. Oulu: Oulun yliopisto.
- 12 Newport Corporation. Verkkodokumentti. Viitattu 25.2.2017.
<<https://www.newport.com/>>