



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Ben Antas

Mittalaitteiden kalibrointi ISO 9001- standardin mukaisesti

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

26.11.2019

Tekijä Otsikko	Ben Antas
Sivumäärä Aika	Mittalaitteiden kalibrointi ISO9001 standardin mukaisesti 17 sivua + 2 liitettä 26.11.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Kone ja tuotantotekniikka
Ammatillinen pääaine	Tuotantotekniikka
Ohjaajat	Lehtori Markku Saarnio Toimitusjohtaja Walter Aaltonen
<p>Mittalaitteiden kalibrointi on laadunhallinnan yksi tärkeimmistä osioista. Kalibrointi on tapa varmistaa, että mittalaitteet, joita käytetään, täyttävät niille asetetut vaatimukset. Kalibroinnit tulee suorittaa säännöllisesti, jotta mittauksiksi voi luottaa. Kun kalibrointi suoritetaan, viritetään mittalaite oikeaan arvoon. Kalibroinnin yhteydessä on täytettävä mittavälinekortti, joka toimii myös kalibrointitodistuksena.</p> <p>ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmä on kansainvälisesti käytössä oleva laatustandardi. Standardi vaatii, että mittalaitteille tehdyistä kalibroinneista luodaan dokumentointi, josta selviää, täyttääkö mittalaite sille asetetut vaatimukset.</p> <p>Tämä insinööryö tehtiin Helapala Oy:lle. Työn tavoitteena oli selvittää ISO 9001 -standardin vaatimukset yrityksen käsittämälaitteiden kalibroinnin suhteen. Lisäksi pyrittiin arvioimaan, kannattaako kalibrointi suorittaa itse vai ulkoistaa mittalaboratoriolle.</p> <p>Työn aluksi käytiin läpi teoriaa, jota tarvitaan kalibroinnin suorittamiseen. Tämän jälkeen käsiteltiin toimeksiantajayrityksen ne mittalaitteet, jotka vaativat kalibrointia. Kalibroinnista pyydettiin tarjous kahdelta ulkopuoliselta toimijalta sekä laadittiin kustannusarvio kalibroinnin suorittamisesta omissa tiloissa. Lisäksi luotiin mittavälinekortti sekä tehtiin ohjeet käärimikrometrin kalibroimiseen.</p> <p>Lopullinen päätös siitä, miten kalibrointi suoritetaan, jää yritykselle. Työn tuloksena saatiin tarvittava informaatio sekä dokumentit päätöksentekoa varten.</p>	
Avainsanat	kalibrointi, laadunhallinta, konepajateollisuus

Author Title Number of Pages Date	Ben Antas Calibration of Measuring Instruments According to the ISO 9001 Standard 17 pages + 2 appendices 26 November 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Professional Major	Production engineering
Instructors	Markku Saarnio, Senior Lecturer Walter Aaltonen, CEO Helapala Oy
<p>The calibration of measuring instruments is one of the most important parts of quality management. Calibration is a way of ensuring that the measuring equipment used complies with its requirements. Calibrations should be performed regularly to ensure reliable measurement results. When calibration is performed, the instrument is tuned to the correct value. A calibration card must be filled in during calibration, which also serves as a calibration certificate.</p> <p>The ISO 9001 Quality Management System is an internationally recognized quality standard. The standard requires that documentation should be created of the calibrations made to the measuring instrument to determine whether the instrument meets the requirements.</p> <p>This thesis was assigned by Helapala Oy. The aim of this thesis was to find out the requirements of the ISO 9001 standard for the calibration of the company's hand-held instruments. In addition, efforts were made to assess whether the calibration should be carried out by the client company or outsourced to a measurement laboratory.</p> <p>The thesis was carried out as follows. Firstly, the theory needed to perform the calibration was acquired. Secondly, the client company's measuring equipment which required calibration was examined. Furthermore, two external parties were invited to submit their bids for the calibration and a cost estimate was made for carrying out the calibration process on their own premises. In addition, a measuring device card was created and instructions for calibrating a micrometer were made.</p> <p>The final decision on how to perform the calibration is left to the company. As a result, the necessary information and documents for decision-making were obtained.</p>	
Keywords	calibration, quality management, engineering

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Helapala Oy	1
1.2	Työn tarve	1
2	Mittalaitteiden kalibrointi	2
2.1	Kalibroinnin perusteita	2
2.2	Kalibroinnin seuranta	3
2.3	Mittavälinekortti	3
2.2	Kalibrointijakso	3
2.4	Mittausepävarmuudet	5
2.5	Mittausepävarmuuden määrittäminen	5
2.6	Asentovirhe	6
2.7	Lämpötila	7
2.8	Puhtaus	8
2.9	Viallinen mittalaite tai referenssikappale	8
2.10	Vakiomittausvoima	9
2.11	Mittaustilat	10
3	Kalibroinnin ulkoistaminen	10
4	ISO 9001-standardi	10
4.1	ISO 9001-laadunhallintajärjestelmä	10
4.2	Standardin vaatimukset kalibroinnissa	11
4.3	Pätevyys	11
5	Työn suoritus	12
5.1	Ulkoistaminen	13
5.2	Mittahuone	14
5.3	Mittalaitteet	14
5.4	Kalibrointiohje	14
5.5	Kalibroija	15
6	Yhteenveto ja päätelmät	15
	Lähteet	17

Liitteet

Liite 1. Mittavälinekortti

Liite 2. Kaarimikrometrin kalibrointiohje

Lyhenteet

CNC	<i>Computer Numerical Control.</i> Numeerinen tietokoneohjaus .
ISO	<i>International Organization for Standardization.</i> Kansainvälinen standardointijärjestö.
R&R	<i>Relative risk.</i> Suhteellinen riski.

1 Johdanto

Insinööriyön aiheena oli tutkia mitä ISO 9001- standardiin siirtyminen vaatii mittalaitteiden kalibroinnin suhteen. Työ on osa Helapala Oy:n suunnitelmaa siirtyä ISO 9001-laatustandardiin. Kalibrointi on yksi tärkeimmistä osa-alueista laadunhallinnassa. Kalibrointi on tapa varmistaa, että mittalaitteet suoriutuvat niille vaadituista tehtävistä.

1.1 Helapala Oy

Työn tilaaja on Loviisan Tesjoella toimiva alihankintakoneistamo nimeltä Helapala Oy. Yritys on perustettu vuonna 1974. Se on erikoistunut sarjakoneistuksiin, sarjojen koot vaihtelevat muutamista kappaleista jopa miljoonaan kappaleeseen. Helapala Oy työllistää 9 henkilöä. Yrityksellä on laaja konekanta, joka koostuu kymmenestä CNC-sorvista, jotka on kaikki varustettu tangonsyöttölaitteilla, lisäksi konekantaan kuuluu kolme koneistuskeskusta. Helapala Oy:n asiakkaisiin kuuluu mm. sähköteollisuuden toimijoita sekä kone- ja laitevalmistajia Suomessa, Virossa ja Venäjällä.

1.2 Työn tarve

Työ tilattiin, koska Helapala Oy haluaa laajentaa asiakaskuntaansa siirtymällä ISO-9001 standardiin, jonka moni yritys vaatii alihankkijoiltaan. Helapala Oy:llä on käytössä ISO 9000-laadunhallintajärjestelmä, ja insinööriyö on osa selvitystä, mitä vaaditaan ISO 9001-laadunhallintajärjestelmän käyttöönottoon mittalaitteiden osalta. ISO 9001-laadunhallintajärjestelmä, mukaista toimintaa vaativat asiakkaat, jotka haluavat tuottaa laadukkaita tuotteita ja vaativat sitä myös omilta alihankkijoiltaan. ISO 9001:n kautta on mahdollista laajentaa asiakaskuntaa. Kun työstetään isoja sarjoja, on mittalaitteiden kunnan seuranta hyvin tärkeää laadun varmistamisen kannalta. Mittalaitteet ovat sarjakoneistuksessa päivittäisessä käytössä.

2 Mittalaitteiden kalibrointi

Tässä kappaleessa käydään läpi mittalaitteiden kalibrointiin tarvittava teoria. Yrityksen käytössä olevat käsimittalaitteet, jotka vaativat kalibrointia, ovat kaarimikrometrit ja sisämikrometrit koossa 0–100 mm sekä joissain tapauksissa työntömitat.

Käsimittalaitteet muodostavat mittavälineistön massan. Niiden merkitys laadunvarmistuksessa on suuri, ja ne on ehdottomasti liitettävä kalibrointijärjestelmään. Myös henkilöstön ammattitaito on varmennettava. Henkilöstön mittaustaidon varmistamiseksi on hyvä käyttää esimerkiksi R&R(Relative risk, suhteellinen riski) testiä. (5, s. 22.)

2.1 Kalibroinnin perusteita

Kalibrointi tehdään mittaamalla tarkkuushiottu kappale, minkä jälkeen mittalaitteen lukemaa verrataan arvoon, joka on merkitty referenssikappaleeseen. Mittalaitteet viritetään näyttämään samaa lukemaa kuin referenssikappaleeseen on merkitty. Ennen mittausta pitää varmistaa, että mikrometri ja referenssikappale ovat puhtaat. Myös lämpötilan vaihteluun voidaan joutua kiinnittämään huomiota. Referenssikappaleen kalibroinnin pitää myös olla jäljitettävissä, jotta voidaan varmistaa, että mittalaitteet ovat toimintakuntoisia. Kalibroitavat mittalaitteet ja referenssikappaleet säilytetään samassa tilassa, jotta lämpötila ei pääse vaikuttamaan mittaustulokseen.

Koska mittaukset suoritetaan niin, että referenssikappaleen, ja mittalaitteiden lämpötilaeron on annettu tasaantua samassa tilassa, jonka lämpötila on lähellä ihanneolosuhteita, ei lineaarista lämpölaajenemista tarvitse ottaa huomioon. Pienillä mikrometreillä ei tarvitse huomioida lämpötilaeroja, jos mittaukset suoritetaan hallitusti lähellä ihanneolosuhteita. Kalibroinnin yhteydessä on myös määritettävä, jos mittalaitteet on vaurioitunut, niin että sitä ei voida käyttää.

2.2 Kalibroinnin seuranta

Kalibrointi pitää pystyä jäljittämään. Kalibroinnista pitää dokumentoida mittavälinekortin muodossa. Kortti pitää täyttää joka kerta kuin kalibrointi tehdään. Jos kalibroinnin yhteydessä huomataan poikkeamaa, on selvitettävä, onko virhe vaikuttanut edelliseen mitattuun sarjaan. ISO 9001-standardi vaatii, että dokumentoitua tietoa luodessa on varmistettava, että sillä on asianmukainen yksilöinti ja tunnistus, tallennusmuoto, soveltuvuus ja tarkoituksenmukaisuus. (1, s. 19.)

2.3 Mittavälinekortti

Mittavälinekortti sisältää kaiken tiedon, joka tarvitaan, että kalibrointi voidaan suorittaa hallitusti ja jäljitettävästi (5, s. 43.).

Mittavälinekortista pitää ilmetä seuraavat asiat:

- päivämäärä
- laitetyyppi ja koko
- sarjanumero
- kalibrointijakso
- kalibroinnin suorittaja
- mittausalue
- tarkkuus
- toimittaja
- huomautukset
- kalibrointimenetelmä (5, s. 43.).

2.2 Kalibrointijakso

Yrityksen on itse päätettävä, kuinka usein mittalaitteet tarvitsevat kalibrointia tai kalibroidaanko ne tarvittaessa. Sertifioinnin yhteydessä on kuitenkin pystyttävä vakuuttamaan tarkastajalle, että toimitaan oman laatuohjeistuksen mukaisesti. Kalibrointijakson

on oltava oikean pituinen, jotta vältetään turhilta kustannuksilta esim. kalibroimalla liian usein, toisaalta liian pitkä kalibrointijakso voi kasvattaa kustannuksia tuotannossa viallisten kappaleiden kautta. Suositeltu pisin kalibrointijakso on neljä vuotta. Alle neljän kuukauden jaksoja ei myöskään suositella. Jos alle neljän kuukauden kalibrointi jakso on liian pitkä, suositellaan siirtämään kalibrointi osaksi päivittäistä mittausrutiinia. Jos pidetään lähtökohtana sitä, että kalibrointijakso on yksi vuosi, sitä pidentävät tekijät ovat seuraavat:

- mittalaitteella on useita peräkkäisiä kalibrointituloksia, joiden aikana ei ole havaittu muutoksia
- laitteen epävarmuus on selvästi parempi kuin tarvittava tarkkuus
- materiaali ja rakenne on semmoinen, että laite on erityisen stabiili.

Kalibrointijaksolle on olemassa ohjearvoja, jotka ovat seuraavat:

- toleranssitulkit 4–24 kk
- rengastulkit 24 kk
- mittakellot ja anturit 4–12 kk
- mittauskoneet 12–24 kk
- työntömitat 6–48 kk
- rullamitat 48 kk
- kivitasot 24–48 kk
- kivisuorakulmat 24–48 kk
- vaaituskoneet 4–24 kk
- optiset laitteet 12 kk
- koordinaattimittauskone 12 kk (5, s. 54).

Kalibrointijaksoa lyhentävät tekijät ovat seuraavat:

- mittalaitteella on useita peräkkäisiä kalibrointituloksia, joissa on havaittu satunnaisesti suurta vaihtelua
- mittausepävarmuus on kriittinen tuotteen valmistuskustannuksen takia
- laitella tehtävät mittaukset ovat kriittisiä tuotteen turvallisuuden kannalta
- mittalaitetta käytetään olosuhteissa, jotka vaarantavat tarkkuutta
- käyttö on runsasta (5, s. 54).

2.4 Mittausepävarmuudet

Kaikissa mittauksissa on epävarmuutta, mikä pitää myös huomioida tulosten raportoinnissa. Mittauksissa voi esiintyä monia epävarmuuksia, näitä ovat esimerkiksi lika, lämpötila, viallinen referenssinormaali, kokematon mittaaja sekä huolimattomuus. Kaikkia mittausepävarmuuksien aiheuttajia ei koskaan voida tuntea tarkkaan. Jotta voidaan minimoida mittausepävarmuudet sekä niistä johtuvat seuraukset, on laadittava ohjeet, joita tullee käyttää kalibrointia suorittaessa. Helapala Oy:n työntekijät on perehdytettävä mittalaitteiden toimintaan. Ohjeissa tulee esiintyä kaikki oleelliset asiat mittaukseen ja kalibrointiin liittyen. Koska kaikki mittaukset sisältävät tietyn mittausepävarmuuden, on ennalta sovittava, miten toimia tilanteissa, joissa ollaan epävarmoja mittauksen tuloksesta. Esimerkiksi jos toleroitu mitta on $20 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$ ja mittaus antaa tuloksen 20.05 mm on kappale luultavasti romutettava mittausepävarmuudesta johtuen. Mittaukset tulee siis suorittaa niin, että mittausepävarmuus ei pääse vaikuttamaan tuotettujen kappaleiden laatuun. (3,)

2.5 Mittausepävarmuuden määrittäminen

Mittausepävarmuus voidaan määrittää koemittauksilla, esimerkiksi keskihajontakokeella, jossa kappale mitataan useaan kertaan ja lasketaan keskihajontatuloksista. Mittausepävarmuus voidaan jakaa tyyppien A ja B mittausepävarmuuksiin. Tyypin A epävarmuus on laskennallinen epävarmuus, kalibroinnissa tätä menetelmää sovelletaan, jos mittaukset on tehty samoissa olosuhteissa. Tyypin B epävarmuusarvio perustuu esimerkiksi aikaisempiin mittaustuloksiin ja kokemukseen sekä mittalaitteen valmistajan spesifikaatioihin, lisäksi epävarmuus voidaan saada myös kalibrointitodistuksesta sekä taulukkoarvoista. Kuvassa 1 on esitetty eri mittalaitteiden tunnettuja epävarmuuksia. (5, s. 66.)

Mittalaitte	Mittausalue	Mittausepävarmuus [μm]
Laser-interferometri	0 – (60) m	$\pm(0,02 + L/2000)$
Mittapalat	0,02 – (2000) mm	$\pm(0,05 + L/1000)$
Mittausanturit	0 – (100) mm	$\pm(0,01 + L/100)$
Pituuden mittauskoneet	0 – (3000) mm	$\pm(0,1 + L/1000)$
Mittakellot	0 – (100) mm	$\pm(0,1 + L/100)$
Koordinaattimittauskoneet	0 – (3000) mm	$\pm(0,5 + L/1000)$
Työkalumikroskoopit ja profiiliprojektorit	0 – (300) mm	$\pm(1 + L/500)$
Lasiastelkot	0 – (300) mm	$\pm(1 + L/200)$
Mittakellolla varustetut kaarimittalaitteet sisämittalaitteet	0 – (2000) mm 0 – (3000) mm	$\pm(1 + L/100)$ $\pm(1 + L/500)$
Korkeusmittalaitteet	0 – (1000) mm	$\pm(3 + L/250)$
Sisämikrometrit	0 – (3000) mm	$\pm(1 + L/200)$
Kaarimikrometrit	0 – (2000) mm	$\pm(1 + L/100)$
Kilnteät ulkopuoliset tulkit	0,03 – (2000) mm	$\pm(2 + L/500)$
Kilnteät sisäpuoliset tulkit	(2) – (300) mm	$\pm(2 + L/250)$
Työntömitat	0 – (2000) mm	$\pm(20 + L/250)$
Cirkometrit	(100) – (5000) mm	$\pm(50 + L/200)$
Etäisyysmittarit ja teodoliittijärjestelmät	0 – (100) m	$\pm(50 + L/1000)$
Teräsastelkot	0 – (3000) mm	$\pm(100 + L/500)$
Mittanauhut	0 – (50) m	$\pm(200 + L/100)$

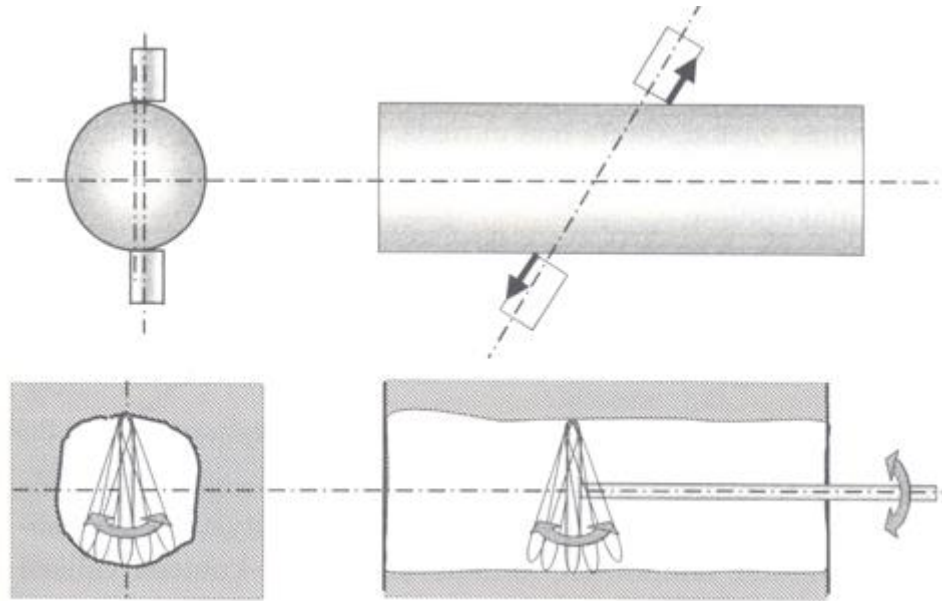
L = mitattu pituus metreinä

Kuva 1. Tunnettuja eri mittalaitteiden epävarmuuksia (5 s, 18.).

2.6 Asentovirhe

Asentovirhe eli kosinivirhe esiintyy, jos mittalaitte tai kappale ei ole suorassa suhteessa mitattavaan pintaan. Virhe voidaan eliminoida huolellisuudella. Asentovirhe esiintyy usein isoimmilla mittalaitteilla, koska näitä on vaikea suunnata niin, että mittauspinnat ovat kohdakkain. Kuva 2 havainnollistaa eri asentovirheitä. Halkaisijan mittauksissa kosinivirhe pidentää mittauksen tulosta. Mittaus väärällä halkaisijalla tai väärästä kohdasta johtaa myös liian pitkään tai lyhyeen mittaukseen.

Asentovirheisiin kuuluu myös parallaksivirhe, joka esiintyy, kun kahden asteikon välillä on tasoero ja mittalaitteen lukua ei suoriteta kohtisuorasta kulmasta. Abben periaatteen mukaan mitattava työkalu ja mitta tulee aina olla tarkalleen linjassa. (4, s. 11; 6, s. 1.)



Kuva 2. Kuva havainnollistaa miten asentovirhe syntyy, kun mittalaite ei ole oikeassa kulmassa tai kohdassa mitattavaa kappaletta (7).

2.7 Lämpötila

Lämpötila on konepajateknisten mittauksien kaikista vaikeimmin hallittava virhelähde. Mittauslaitteiden ja konepajateknisten mittauksien peruslämpötila on 20 °C, kun mittaukset suoritetaan tässä lämpötilassa, ei tarvitse huomioida lämpötilaetenemistä. Mitä lähempänä 20 °C:n lämpötilaa mittaukset suoritetaan, sitä helpommin mitataan tarkasti. Suurilla lämpötilaeroilla mittauksen tarkkuus kärsii väistämättä, koska materiaalien lämpötilaetenemiskertoimet ovat erilaisia. Kuva 3 esittää vaatimukset mittaushuoneen olosuhteista. (5, s. 17)

Pituuden muutos voidaan laskea kaavasta, kun tiedetään materiaalien lämpötilaetenemiskerroin. Tarkkoja materiaalisuureksia on harvoin tiedossa, mikä voi lisätä laskennallisen tuloksen virhettä. Muutoksen voi laskea seuraavasta kaavasta, jossa α on pituuden lämpötila kerroin, l_1 alkuperäinen pituus, Δt on lämpötilan muutos ja ΔL pituuden muutos. (2, s. 106)

$$\Delta L = \alpha * l_1 * \Delta t$$

Ominaisuus	Korkeatasoinen kalibrointi	Vaativat mittaukset ja tavalliset kalibroinnit	Normaalit mittaukset ja vaatimattomat kalibroinnit	Välttävät mittaukset	
Lämpötila työtasossa	20 °C ± 0,5 °C	20 °C ± 1 °C	19 ... 24 °C	15 ... 25 °C	
Lämpötilaerot tilan eri osissa	Maks. 0,6 °C	Maks. 2 °C	Maks. 4 °C	–	
Lämpötilan vaihtelu tunnissa	Maks. 0,1 °C	Maks. 0,3 °C	Maks. 1 °C	Maks. 1,5 °C	
Lämpötilan vaihtelu vuorokaudessa	Maks. 0,6 °C	Maks. 1 °C	–	–	
Ilman suhteellinen kosteus	35 ... 55 %	35 ... 55 %	20 ... 70 %	Maks. 80 %	
Värähtelyt	Amplitudi/ Taajuus	0,25 µm/200 Hz ... 3 µm/5 Hz	1 µm/20 Hz ... 3 µm/10 Hz	Ei selvästi havaittavaa tärinää	Ei selvästi häiritsevää tärinää
Valaistus	800 ... 1000 lux	800 ... 1000 lux	800 ... 1000 lux	500 ... 1500 lux	
Puhtaus	Koko	< 0,5 µm	< 5 µm	Puhtaudesta huolehditaan hyvin	Puhtaudesta huolehditaan normaalisti
	Määrä	3 x 10 ⁷ kpl/m ³	1 x 10 ⁷ kpl/m ³		
Ilman virtausnopeus	< 150 mm/min	< 300 mm/min	Ei tuntuvaa vetoa	Ei selvästi tuntuvaa vetoa	
Melu	< 40 dBA	< 50 dBA	< 60 dBA	< 90 dBA	

Kuva 3. Vaatimukset mittaustilalle (5, s.16).

2.8 Puhtaus

Mittalaite ja referenssikappale tulee puhdistaa aina ennen mittausta tai kalibrointia. Jos Mittauspinnat ovat likaiset, voidaan mittalaite virittää niin, että se näyttää väärää lukemaa. Mittalaitteen kärjet ja referenssikappaleet voidaan puhdistaa nukkaamattomalla paperilla. Lisäksi päivittäisen ylläpidon osana tulisi karanvarresta ja mittauspinnoista pyyhkiä kaikki pölyt lastut ja muut roskat osana ylläpitoa. Tahrat ja sormenjäljet tulisi pyyhkiä kuivalla liinalla. (5. s,11)


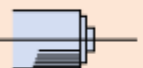
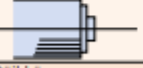

2.9 Viallinen mittalaite tai referenssikappale

Mittalaite voi olla viallinen tai kulunut, tämä johtuu usein siitä, että mittalaitetta on käytetty väärin. Referenssikappaleiden on oltava kalibroituja hankinnan yhteydessä ja tästä pitää myös löytyä kalibrointitodistus. Referenssikappaleet pitää myös kalibroida tasisin väliajoin. Referenssinormaali on jäljittävyuden välittäjä, jota käytetään ainoastaan mittalaitteiden kalibrointiin. Referenssinormaalien kalibrointi tulisi suorittaa akkredi-

toidussa tai kansainvälisessä mittalaboratoriossa. Referenssinormaali tulisi kalibroida vähintään neljän vuoden välein. Tuloksia on verrattava edellisiin, mistä todetaan, kuinka stabiili referenssinormaali on. Vertauksilla selvitetään, kuinka luotettava referenssinormaali on. Konepajan referenssinormaalina toimii yleensä mittapalasarja. (5, s. 43)

2.10 Vakiomittausvoima

Kun mitataan mikrometreillä, on käytettävä vakiovoimalaitetta, jos mittalaite on tällaisella varustettu, jotta se estää liiallisen voimankäytön mittauksen aikana. Kaarimikrometrit on yleensä varustettu räikällä, joka takaa oikean mittausvoiman. Liiallinen mittausvoima voi myös vahingoittaa laitetta ja referenssikappaletta. On myös olemassa mikrometrejä ilman räikkärumpua. Kuvassa 4 on esitetty eri vakiovoimalaitteita. (4, s. 8)

	Pitää ääntä	Yksikäytin käyttö	Huomautuksia
Räikän pysäytin 	Kyllä	Sopimaton	Kuuluvat naksahdukset aiheuttavat mikroshokkeja
Kitkarumpu 	Ei	Sopiva	Sulava toiminta ilman iskua tai ääntä
Räikkärumpu 	Kyllä	Sopiva	Ääni antaa vahvistuksen vakiomittausvoimasta
Räikkärumpu 	Kyllä	Sopiva	Ääni antaa vahvistuksen vakiomittausvoimasta

Kuva 4. Eri vakiovoimalaitteiden rajoittamistapoja (4, s. 8).

2.11 Mittaustilat

Kalibroinnit on suoritettava tilassa, jonka ympäristöolosuhteet täyttävät kalibroinnin vaatimukset. Se, miten tiukat vaatimukset kalibroinnille ja mittaukselle asettaa, riippuu seuraavista asioista:

- mitä mitataan
- miten mitataan (mittalaite)
- miten paljon mitataan

(5 s, 16-17)

3 Kalibroinnin ulkoistaminen

Yritys voi käyttää kalibrointitoimintoihin ulkopuolisten organisaatioiden tiloja ja laitteistoja. Näin on mahdollista välttyä kalliilta investoinneilta. Jos hankitaan kalibrointipalveluita, tulisi niiden olla suoritettu päteväksi osoitetun mittalaboratorion toimesta. Kalibroinnin voi myös teettää ulkomailla, mutta konepajasuureita kalibroitaessa on tämä harvoin kannattavaa, poikkeuksena tähän on mittalaitteen hankinta kalibrointitodistuksella ulkomailta. Ulkopuolisen mittalaitelaboratorion on myös toimitettava kaikki tarvittava dokumentointi kalibroinnista. (5, s. 55)

4 ISO 9001-standardi

Tässä kappaleessa käydään läpi mitä ISO 9001-standardi vaati mittalaitteiden seurannan sekä kalibroinnin suhteen. ISO 9001-standardi perustuu ISO 9000-standardissa kuvattuihin laadunhallinnan periaatteisiin. (1. s, 6)

4.1 ISO 9001-laadunhallintajärjestelmä

ISO 9001-laadunhallintajärjestelmä on maailmanlaajuisesti käytössä oleva laadunhallintajärjestelmä, joka mahdollistaa, että yritykset voivat tuottaa laatua, jonka vaativimmat asiakkaat tarvitsevat. ISO 9001-standardissa kaikki on aina dokumentoitua, jolloin voidaan tietokannasta hakea tietoa esimerkiksi ongelmista jonkin työn suhteen. ISO

9001 on standardi, joka tuo monia hyötyjä laadunhallintaan. Laadunhallintajärjestelmä parantaa yrityksen suorituskykyä sekä kannattavuutta. ISO 9001-Laadunhallintajärjestelmä tuo yritykselle monia hyötyjä, joita ovat esimerkiksi kyky tuottaa johdonmukaisesti tuotteita ja palveluita, jotka täyttävät asiakasvaatimukset. (1. s, 5-6)

4.2 Standardin vaatimukset kalibroinnissa

Standardi vaatii, että yritys hankkii kaikki tarvittavat resurssit, joita tarvitaan varmistamaan oikeat ja luotettavat tulokset. Yrityksen pitää säilyttää dokumentoitua tietoa seurannasta, ja mittausresurssien tarkoitukseen sopivuudesta. Mittalaite on aina kalibroitava määräajoin tai ennen käyttöä verraten mittanormaaleihin. Jos mittalaitteen todetaan olevan käyttötarkoitukseen soveltumaton, on määritettävä, onko tämä vaikuttanut haitallisesti edellisten mittaustulosten tuloksiin. Yrityksen on myös hankittava tarvittava tietämys tuotteiden ja palveluiden vaatimustenmukaisuuden savuttamista varten. Tietämystä pitää myös ylläpitää. Yrityksen on määritettävä, millaisen pätevyyden kalibrointia suorittava henkilö tarvitsee. (1. s, 15-17)

4.3 Pätevyys

Yrityksen on määritettävä millaisen pätevyyden ja koulutuksen henkilöt, jotka työskentelevät laadunhallinnan parissa, tarvitsevat. Toimenpiteitä pätevyyden ylläpitämiseksi voivat olla

- henkilöstön kouluttaminen
- mentorointi
- siirtäminen toisiin tehtäviin
- uusien työntekijöiden palkkaaminen tai vuokraus

Yrityksen on myös säilytettävä dokumentointia näyttönä pätevyydestä henkilöistä, jotka työskentelevät laadunhallinnan parissa. Yrityksen on myös varmistettava, että laadunhallinnan kanssa työskentelevät henkilöt ovat tietoisia yrityksen laatupolitiikasta, laatuavoitteista, siitä miten he voivat vaikuttaa laadunhallinnan suorituskyvyn parantamiseen sekä seurauksista, joita laadunhallinnan noudattamatta jättämisellä voi olla. (1, s. 18)

Kalibrointeja suorittavalta henkilöltä vaaditaan luontaisia ominaisuuksia mittaamiseen, näitä ovat esimerkiksi vastuuntuntoisuus, kiireettömyys, rauhallisuus, vireys, sitkeys, taitavuus ja pitkäjänteisyys. Lisäksi vaaditaan teoreettista tietoa ja taitoa. Seuraava luettelma sisältää osaamisalueita, joita kalibroijan olisi hyvä hallita: (5 s, 21)

- mittalaitetuntemus
- mittausepävarmuuksien teoria
- kansallinen ja kansainvälinen jäljitettävyyys ja normaalijärjestelmät
- laadun ja mittauksen peruskäsitteet
- tekstinkäsittely
- kirjalliset taidot
- kalibrointiohjeiden teko, käyttö ja soveltaminen
- laatutyökalut
- piirustusoppi sekä toleranssioppi
- suunnittelutaito
- valmistustaito
- matematiikka.

5 Työn suoritus

Työ aloitettiin hankkimalla ISO 9001-laadunhallintajärjestelmän standardikäsikirja. Standardissa on esitettyä laadunhallintajärjestelmän käyttöönottoa koskevat vaatimukset. Laadunhallintajärjestelmästä selvitettiin, mitä standardi vaati mittalaitteiden seurannan ja kalibroinnin suhteen. Laadunhallintajärjestelmästä selvisi, että jos yritys haluaa siirtyä ISO9001-järjestelmään, on kalibroinnit suoritettava yrityksen asettamin määräajoin, lisäksi kalibroinnista pitää löytyä tarvittava dokumentointi. Dokumentoinnilla voidaan taata, että mittalaite on viritetty niin, että sen tarkkuus riittää sille määritettyyn tehtävään. Dokumentoinnista löytyvät kaikki mittalaitteeseen kohdistuvat tiedot. Jotta dokumentointi onnistuisi, oli luotava mittalaittekortti, jossa ovat kaikki tarvittavat tiedot mittalaitteen toimintakyvystä. Tarkastuskortti (liite 1) suunniteltiin ja luotiin Excel-ohjelmistolla, kortista löytyvät kaikki oleelliset tiedot mittavälineen kunnan seurannan suhteen. Lisäksi tehtiin kalibrointiohjeet (liite 2), jotka mahdollistavat, että koko Helapala Oy:n henkilöstö voi suorittaa kalibrointeja niin, että kalibrointi tapahtuu hyväksytysti, ja aina samalla tavalla.

5.1 Ulkoistaminen

Kalibroinnit voidaan suorittaa myös käyttäen pätevyitä mittalaitelaboratoriota. Kun käytetään ulkoista laboratoriota, voidaan välttyä investoinneilta mittalaitteiden kalibrointitiloihin ja kalibrointilaitteisiin. Koska vaatimukset kalibrointitilalle ovat korkeat, voi olla järkevää kalibroida ulkopuolisella toimijalla. Jos kalibroinnit ulkoistetaan, myös vastuu kalibrointien oikeellisuudesta jää mittalaboratoriolle. Ulkoistamisella säästetään myös aikaa ja henkilöstöresursseja. Ulkoistaminen mahdollistaa myös sen, että yrityksellä ei tarvitse olla kalibrointiin pätevyitynyttä henkilöä. Jos kalibrointi päätetään ulkoistaa, on kannattavaa kilpailuttaa monia eri mittalaitelaboratoriota. Myös kalibrointiin kuluva aika ja joustavuus kalibroinnissa on huomioitava kilpailutuksessa.

Kuvan 5 Excel-taulukossa on kahden eri toimijan hinnaston mukaan suoritettu kalibrointi yrityksellä nyt käytössä oleville käsimittalaitteille, taulukossa on myös kustannusarvio kalibroinnista omissa tiloissa. Taulukossa ei ole laskettuna palkkakuluja yrityksen omalle kalibroijalle koska tämä suorittaisi myös muita tehtäviä. Taulukossa mainittu mittapalasarja on tarkkuudeltaan sellainen, että sillä suoritetaan vaativat kalibroinnit.

Kalibroinnin kilpailutus									
Tuote	Paikka A				Tuote	Paikka B			
		Hinta	Kok. Hinta				Hinta	Kok. Hinta	
Mikrometrit					Mikrometrit				
0-50mm	7	44	308		0-50mm	7	40,5	283,5	
50-100mm	3	52	156		50-100mm	3	40,5	121,5	
Työntömitat					Työntömitat				
150mm	9	36	324		150mm	9	30,5	274,5	
Syvyysmitta					Syvyysmitta				
25mm	1	36	36		25mm	1	35,5	35,5	
Sisämikrometrit					Sisämikrometrit				
0-50mm	4	56	224		0-50mm	4	40,5	162	
Aloituskulu		47	47		Aloituskulu		0		
		Hinta Yhteensä	1095				Hinta Yhteensä	877	
Kalibroinnin suorittaminen itse									
Tarvittavat laitteet		Hinta							
Mittapala sarja 0-100 mm			3406						
Ilmastointilaitteisto			1740						
Asennus			500						
Laajennustyö			2200						
		Hinta Yhteensä	7846						

Kuva 5. Kalibroinnin kustannusarvio.

Kalibroinnin suorittaminen itse voi olla kannattavaa, jos mittalaitteita on paljon. Riippuen kalibroitijaksosta on mahdollista, että kalibroinnin itse suorittamisen takaisinmaksuaika on niin pitkä, että se ei ole kannattavaa.

5.2 Mittahuone

Jos kalibroinnit halutaan suorittaa omissa tiloissa, olisi tiloihin rakennettava mittaustila, jossa säilytetään mittalaitteita sekä niiden kalibrointityökaluja. Mittatilan on oltava ilmastoitettu sekä valaistu tarpeeksi hyvin. Yrityksellä on olemassa mittahuone, mutta tämän ilmastointi ei täytä kalibroinnin asettamia vaatimuksia. Mittahuoneeseen olisi asennettava tarpeeksi laadukas ilmastointilaitte, joka pitää ilmankosteuden, lämpötilan ja vaihtuvuuden tarpeeksi lähellä ihanneolosuhteita. Olemassa oleva tila on myös hyvin pieni, minkä takia ilmastoinnin toteuttaminen voi olla hankalaa. Mittahuoneen laajennus sekä ilmastointi vaatii investointeja, joiden takaisinmaksuaika verrattuna ulkoistamiseen on pitkä.

5.3 Mittalaitteet

Mittalaitteiden kunnosta tulisi huolehtia myös päivittäisessä käytössä. Mittalaitteet on hyvä puhdistaa päivittäin, jotta pöly ja muut roskat eivät pääse vaikuttamaan mittauksen tulokseen. Jos mittalaitteeseen kohdistuu kolhuja tai käytetään liian suurta mittaavoimaa, ei mittalaitteen mittaustulos ole luotettava. Kun mittalaitteen toimintakyky on kyseenalainen, tulisi kalibrointi suorittaa uudestaan. Mittalaitteita tulisi säilyttää niille tarkoitettussa paikassa, joka on ilmastoitettu ja kuiva sekä vähäpölyinen. Kaarimikrometrejä säilyttäessä tulisi aina jättää 0.1–1 mm:n rako mittauspintojen välille. Kaarimikrometrejä ei missään nimessä saa säilyttää kiinni puristettuina.

5.4 Kalibrointiohje

Kalibrointiohje laadittiin käyttäen avuksi Mitutoyon mittaosopasta sekä kalibroinnin teoriaa. Ohje laadittiin niin, että se esittäisi mahdollisimman tarkasti kaikki tarvittavat tiedot kalibroinnin suorittamiseksi. Kalibrointiohjeessa neuvotaan myös mittavälinekortin täyttö. Kokeneenkin kalibroijan tulee käyttää kalibrointiohjetta tukimateriaalina prosessin oikeellisuuden varmistamiseksi.

5.5 Kalibroija

Kalibrointeja suorittavalla henkilöllä tulisi olla kokemusta konepajateknisistä mittauksista. Kalibrointeja suorittavan henkilön tulisi olla vähintään ammattikoulusta valmistunut koneistaja runsaalla kokemuksella. Koneistajille suositellaan myös jatkokoulutusta. Kalibroija vaikuttaa koko tuotantoon kalibroimansa mittalaitteiden kautta. Kalibrointia suorittavalta henkilöltä vaaditaan tarkkuutta ja systemaattisuutta, lisäksi kalibroijan tulisi olla vastuuntuntoinen sekä kiireetön.

6 Yhteenveto ja päätelmät

Insinööriyössä tutkittiin, miten Helapala Oy:n kannattaa suorittaa käsimittalaitteiden kalibroinnit. Kalibrointitavan tulee täyttää ISO 9001-laadunhallintajärjestelmän vaatimukset. Kalibroinnin voi suorittaa itse tai vaihtoehtoisesti ulkoistaa mittalaboratoriolle. Yrityksen tulee päättää, mikä ratkaisu on sopiva heidän resurssejaan ja tarpeitaan silmällä pitäen. Yrityksellä on nyt käytössä tarvittava informaatio päätöksentekoon sekä tarvittavat dokumentit.

Mittavälineitä hankkiessa on kannattavaa hankkia mittavälineet valmiiksi kalibroituna. Esimerkiksi pienien kaarimikrometrien hinta kalibroituna on alhainen. Kalibrointitodistus oston yhteydessä on usein noin 30–40 % ulkoisen kalibroijan hinnasta. Kalibrointikustannukset kohoavat näissä tapauksissa noin kolmen vuoden sisällä korkeammaksi kuin uuden laitteen hankintahinta. Ei kuitenkaan voida hankkia uusia kalibroituja mittalaitteita ja näin ylläpitää kalibrointia, koska mittalaitteiden uudelleen kalibroinnilla varmistetaan tehtyjen mittausten oikeellisuus.

Kalibrointiin ja sen ylläpitoon tarvitaan paljon ammattitaitoa ja huolellisuutta. Kalibroinnin suorittaminen itse ei ole yksinkertaista korkeiden vaatimusten takia. ISO 9001-standardi vaatii, että kalibrointia seurataan ja kehitetään vastamaan nykyistä tarvetta.

Jos kalibroinnit päätetään suorittaa omissa tiloissa, on myös valittava kalibrointeja suorittava henkilö. Henkilöltä vaaditaan paljon tietoa sekä taitoa.

Mittalaitteiden kalibrointi on työlästä ja aikaa vaativaa. Kalibrointitoiminnasta kertyy lisää kustannuksia yritykselle. Toisaalta kalibroinnista voi myös syntyä säästöjä tuotannossa, kun mittalaitteista aiheutuvien mittavirheiden määrä laskee.

Tuotannossa käytettävät käsimitalaitteet ovat käytössä päivittäin. Kovan käytön takia kalibrointijakson pituus on määritettävä tarkasti. Se on myös kustannussyistä optimoituva.

Lähteet

- 1 SFS-EN ISO9001.Laadunhallintajärjestelmä. 2015.
- 2 Tekniikan kaavastokirja kirja 17 painos.
- 3 Finas. 2019. Verkkoaineisto.
<https://www.finas.fi/akkreditointi/jaljitettavyys/Sivut/Mittausepavarmuus.aspx> Luet-
tu 20.10.2019.
- 4 Mitutoyo mittauksen pikaopas. Verkkoaineisto.
https://www.mitutoyo.fi/files/4815/2541/7381/2017_170908_Quick_Guide_to_Measurement_FI_PH_01.pdf Luettu 12.09.2019
- 5 Veli-Pekka, Esala & Heikki, Lehto & Heikki, Tikka 2003. Konepajatekniset mit-
taukset ja kalibroinnit, Tampere: Tammer-paino Oy
- 6 Mitutoyo mittalaiteohje. Verkkoaineisto.
https://www.mitutoyo.fi/files/6515/2542/1122/Poster_Set_2_FI.pdf
- 7 Paul H., Andersson & Heikki, Tikka. Mittaus- ja laatutekniikka.1997 Helsinki:
WSOY

Kalibrointiohje kaarimikrometrille



Tilat

Ennen kalibroinnin aloittamista on varmistettava, että kalibrointitila täyttää kalibroinnille asetetut vaatimukset. Seuraava taulukko esittää vaatimukset kalibroinnille.

Ennen kalibrointia on tarkistettava seuraavat:

- Lämpötila, lämpötilan vaihtelu
- Ilmankosteus
- Värähtely
- Valaistus
- Puhtaus
- Ilmanvirtausnopeus
- Melu

Vaatus	Kalib.-laboratorio	Mittauspaikka
Lämpötila	20 ±0,2 C°	20 ±1 C°
Lämpötilavaihtelu/vrk	<0,6 C°	-
Lämpötilavaihtelu/h	<0,3 C°	<0,3 C°
Suhteellinen kosteus	35...55 %	35...55 %
Valaistus	800...1 000 lx	800...1 000 lx
Ilman laatu	1 200 hiukkasta/ilmalitra hiukkaskoko 0,3...10 µm, joista 200 > 1µm	9 000 hiukkasta/ilmalitra hiukkaskoko <10 µm
Värähtelyt	< 1µm, f= 10Hz	1...3 µm, f= 10 Hz
Ilman virtausnopeus	<150...200 mm/s	

Kalibroitava mittalaite

Kalibroitava mittalaite on oltava puhdas. Mittalaitteen puhdistus tulee suorittaa nukkaamattomalla paperilla. Karanvarresta ja mittauspinnoilta tulee pyyhkiä pois kaikki lastut ja muut roskat. Laitetta tulee säilyttää kalibrintitilassa ennen kalibroinnin aloittamista, jotta lämpötilaerot eivät pääse vaikuttamaan kalibroinnin tulokseen.



Mittalaitteen mittapintojen puhdistus.

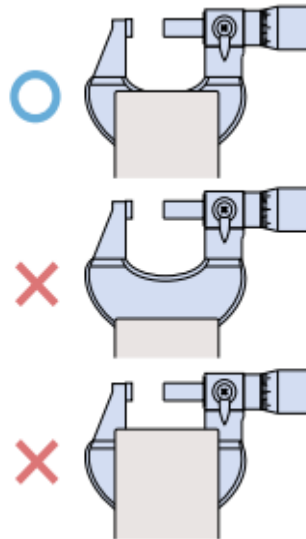
Referenssinormaali

On varmistettava, että käytetty referenssinormaali on tarkkuudeltaan tarpeeksi hyvä, ja että referenssinormaalille on olemassa kalibrinti todistu

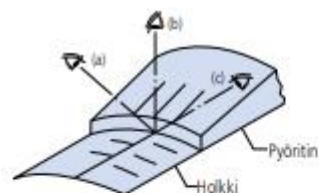
Kalibroinnin suorittaminen

Kalibrointi tehdään mittaamalla referenssikappale.

1. Pehdy kalibroitavan mittalaitteen toimintaan, jotta mittausvoima ja, tapa on oikea.
2. Käytä mikrometrijalustaa, jotta mittaus on helpompi suorittaa. Jalusta tulee kiinnittää kehyksen keskikohtaan. Älä kiinnitä jalustaa liian tiukasti, sormin kiristys riittää.



3. Mittaa referenssikappale sopivalla mittausvoimalla, jos mikrometri on varustettu räikän pyysäyttämällä, pitää välttää kuuluvia naksahduksia, koska nämä aiheuttavat mikroshokkeja. Räikkärumpu antaa äänellä vahvistuksen vakiomittausvoimasta. Kitkarummulla mitattaessa on mittaus suoritettava sulavasti ilman iskuja.
4. Kun luet mikrometrin lukemaa, katso suoraan perusviivaa, jotta vältetään parallaksivirheitä(b).



(a) Perusviivan yläpuolelta



(b) Tarkasteltaessa suoraan perusviivaa kohden



(c) Perusviivan alapuolelta

5. Merkitse mittauksen tulos mittavälinekorttiin. Jos mittaväline tarvitsee viritystä, on tästä tehtävä merkintä huomiokenttään. On myös selvítettävä, jos tämä on vaikuttanut edellisiin sarjoihin.
6. Mittalaitteeseen on liimattava tarra, johon on merkitty seuraavan kalibroinnin ajankohta.

Ongelmatilanteet

Jos kalibroinnista ilmenee, että mittalaitteessa on heittoa pitää tästä ilmoittaa tuotantoon. Laatu- vastaavan on määritettävä, jos tämä heitto on vaikuttanut edellisiin sarjoihin.

Tallennus

Mittalaitekorttia säilytetään mittatilan tietokoneella. Varmuuskopiot on säilytettävä esimerkiksi toisella tietokoneella tai muistikortilla. Varmuuskopiointi on tehtävä jokaisen kalibroinnin yhteydessä.