



Mittavälineiden kalibrointitietokannan uudistaminen

Jari Tarvainen

Opinnäytetyö, AMK
Maaliskuu 2023
Kone- ja tuotantotekniikka

Tarvainen Jari

Mittavälineiden kalibrointitietokannan uudistaminen

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Maaliskuu 2023, 40 sivua

Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Tikkakosken Konepaja Oy. Kyseessä on raskaaseen alihankintakoneistukseen erikoistunut konepaja, joka kuuluu Konepaja Häkkinen konserniin. Yritys toimii suurten kotimaisten ja kansainvälisten metalliteollisuudessa vaikuttavien yritysten alihankkijaverkostoissa ja on erikoistunut suuriin koneistettaviin kappaleisiin. Tikkakosken Konepajalla laadukas tekeminen on kaiken toiminnan lähtökohta ja laadunvalvontaan halutaan panostaa. Mittaväline- ja kalibrointitietokannan päivittäminen on osa jatkuvan parantamisen ohjelmaa, millä laadunvalvonnan prosesseja halutaan päivittää joustavammaksi sekä helpommaksi käyttää. Työn tavoitteena oli löytää mittavälineiden kalibrointitietokannalle nykyaikainen ja pitkäaikainen ratkaisu ja selvittää mittausprosessien vaikutusta yrityksen laadunvalvontaan.

Työ oli kehitystutkimus missä on myös laadullisen tutkimuksen elementtejä. Pääasiallinen tiedonhankinta menetelmä oli metrologian teoriaan tutustuminen sekä haastattelut ja havainnointit. Kattavalla teoriapohjaan tutustumisella laajennettiin tietopohjaa ja saatiin parannettua ymmärrystä koko mittausprosessin vaikutuksesta yrityksen laatuprosesseihin. Teemahaastatteluilla selvitettiin konepajan henkilöstön kokemuksia ja ajatuksia mittaamiseen, kalibrointiin sekä laadunvalvontaan liittyen. Erilaisilla havainnoinneilla ja keskusteluilla, niin työntekijöiden kuin ulkopuolisten asiantuntijoiden kanssa, syvennettiin tietopohjaa, jonka pohjalta uuden järjestelmän suunnittelu aloitettiin.

Opinnäytetyön tuloksena Tikkakosken Konepaja Oy:lle uudistettiin ja otettiin käyttöön mittavälineiden kalibrointitietokanta. Tärkeimpänä johtopäätöksenä selvitettiin kalibrointitietokannan merkitys laadunvalvonta prosessien ylläpitämisessä ja kalibrointiin vaikutuksesta mittausepävarmuuden määrittämisessä. Ymmärrys mittausepävarmuuden vaikutuksesta päivittäiseen mittaamiseen parantaa mittaamisen laatua ja siten koko yrityksen laadukulttuuria.

Avainsanat (asiasanat)

Metrologia, kalibrointi, tietokanta, laadunvalvonta, mittaaminen, mittausepävarmuus

Tarvainen Jari

Renewal the calibration database of measuring equipment's

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, March 2023, 40 pages

Degree Programme in Mechanical Engineer. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The client of the thesis was Tikkakoski Konepaja Oy. It is a machine shop specialising in heavy sub-contract machining. Tikkakosken konepaja Oy is part of the Konepaja Häkkinen group. The company operates in the subcontractor networks of large domestic and international companies that are influential in the metal industry and specialises in large machinable pieces. At Tikkakoski Konepaja, high quality work is the starting point of all activities, and we want to invest in quality control. Updating the measuring equipment and calibration database is part of the continuous improvement programme, which aims to update the quality control processes to be more flexible and easier to use.

The goal of the work was to find a modern and long-term solution for the calibration database of measuring equipment and to find out the impact of the measurement processes on the company's quality control. The work was a development study with elements of qualitative research as well. The main data gathering method was familiarisation with the theory of metrology, as well as interviews and observations. By getting to know the theoretical base comprehensively, the knowledge base was expanded and an improved understanding of the impact of the entire measurement process on the company's quality processes was obtained. The thematic interviews were used to find out the experiences and thoughts of the machine shop personnel regarding measurement, calibration, and quality control. Through various observations and discussions, both with employees and external experts, the knowledge base was deepened, based on which, the design of the new system began.

As a result of the thesis, the calibration database of measuring equipment was renewed and put into use for Tikkakoski Konepaja Oy. The most important conclusion was the importance of the calibration database in maintaining quality control processes and the effect of calibrations in determining measurement uncertainty. Understanding the impact of measurement uncertainty on daily measurement improves the quality of measurement and thus the quality culture of the entire company.

Keywords/tags (subjects)

Metrology, calibration, database, quality control, measurement, measurement uncertainty

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Tutkimusasetelma	4
2.1	Kehittämistutkimus	4
2.2	Tutkimusmenetelmät	5
2.3	Tutkimuskysymykset	5
2.4	Tutkimuksen luotettavuus sekä eettisyys	6
2.5	Aiheen rajaus.....	6
2.6	Tiedonhaku ja lähdeaineisto	7
3	Laadukas mittaaminen	7
3.1	Metrologia.....	7
3.2	Jäljitettävyys.....	9
3.2.1	Referenssimittanormaalit	10
3.2.2	Kalibrointilaitteet	10
3.2.3	Varsinaiset mittalaitteet	10
3.3	Kalibrointi	11
3.3.1	Kalibrointi ja mittausvirheet	11
3.3.2	Kalibrointijaksot	15
3.3.3	Mittausepävarmuus.....	16
3.4	Käytännön mittaaminen.....	19
4	ISO 9000 laadunhallintajärjestelmä	20
5	Mittavälinekanta	21
5.1	Kartoitus	21
5.2	Kysely.....	22
5.2.1	Toimivan mittavälinekannan merkitys TKKP:n laadunvalvonnassa	23
5.2.2	Mittavälineiden kalibroinnin merkitys laadunvalvonnassa	23
5.2.3	Luotettavan mittaamisen merkitys asiakkaiden luottamuksen säilyttämisessä ...	24
5.2.4	Kuinka tärkeäksi koet kalibroinnin omassa työssäsi?	25
5.2.5	Mittavälinekannan päivittäisen käytön helppous omassa työssäsi?	26
5.2.6	Vapaa sana.....	26

6 Käyttöohjeet.....	27
7 Johtopäätökset ja pohdinta	30
Lähteet	33
Liitteet	34
Liite 1. Kalibrointitodistus.	34
Liite 2. Kysely työntekijöille.....	36
Liite 3. Esimerkki laskenta.	37

Kuviot

Kuvio 1. Kehittämistutkimuksen osat ja osien vaiheet (Kananen, 2015, 40).	4
Kuvio 2. Metrin määritelmä (SI-mittayksiköt Suomessa, pituus, n.d.).	8
Kuvio 3. Hierarkkinen kalibrointi järjestelmä (Hiltunen ym. 2011, 30).	9
Kuvio 4. Esimerkki jäljitettävyysetjusta (Esala ym. 2003, 42, mukailtu).	11
Kuvio 5. Lämpötilan vaikutus pituuden mittauksessa (Esala ym. 2003, 57).	12
Kuvio 6. Palkin tuenta Besselin pisteistä (Esala ym. 2003, 58, mukailtu).	13
Kuvio 7. Kosinivirhe $L=L_m/\cos(k)$ (Esala ym. 2003, 59).	13
Kuvio 8. Pallomaisilla mittakärjillä varustettu kaarimikro E-54.	14
Kuvio 9. Havainnekuva tasakärkisen ja pallokärkisen kaarimikron asettumisesta seinämän paksuutta mittattaessa.	15
Kuvio 10. Kalibrointijaksojen värikoodit (Esala ym. 2003, 56).	16
Kuvio 11. Mittaus- ja kalibrointitoiminnan toimintakaavio (Esala ym. 2003, 14).	19
Kuvio 12. Laadunhallinnan prosessikaavio (Pitko 2020, 68).	20
Kuvio 13. Käyttöohje.	28
Kuvio 14. Tulostusohjeet käyttöohjeessa.	28
Kuvio 15. Mitan E-54 kalibrointipöytäkirja ja kalibrointiohjeet.	29

Taulukot

Taulukko 1. Toimivan mittavälinekannan merkitys TKKP:n laadunvalvonnassa.	23
Taulukko 2 Mittavälineiden kalibroinnin merkitys laadunvalvonnassa.....	24
Taulukko 3. Luotettavan mittaamisen merkitys asiakassuhteiden säilyttämisessä?	24
Taulukko 4. Kuinka tärkeäksi koet kalibroinnin omassa työssäsi?	25
Taulukko 5. Mittavälinekannan käytön helppous omassa työssäsi?	26

1 Johdanto

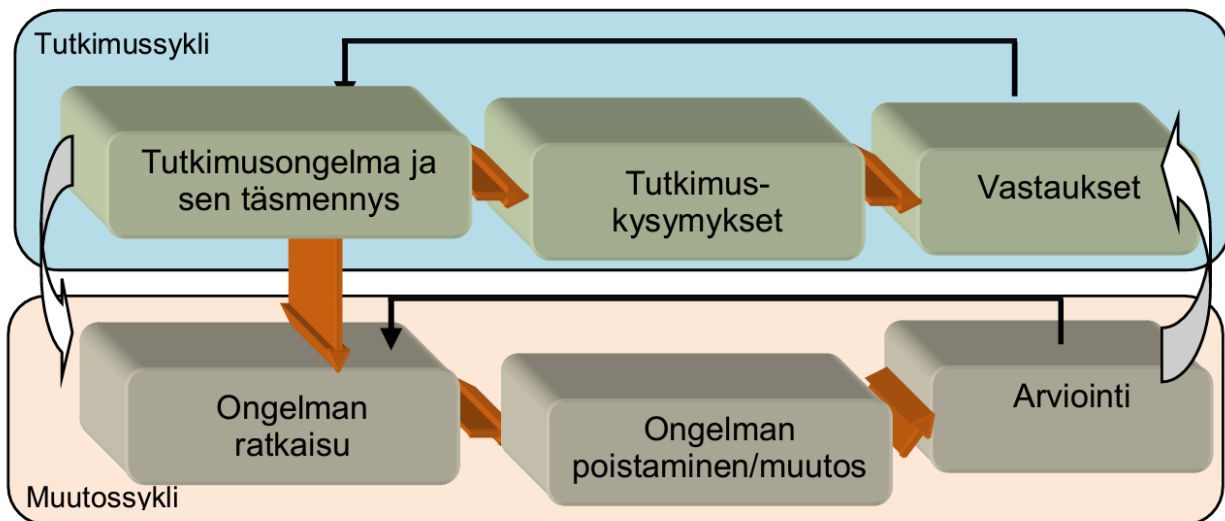
Erilaisten laatu järjestelmien sekä asiakkaiden tarpeiden mukana nykyaikaiseen teollisuustuotantoon tulee paljon erilaisia vaatimuksia laadunvalvonnasta. Laadunvalvonta on iso kokonaisuus missä konepajatekniset mittaukset, mittavälineet ja niiden kalibroinnit muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden. Laadukas valmistus vaatii laadukkaat ja toimivat mittavälineet, ja mittavälineiden kalibroinnilla varmistetaan niiden toimivuus sekä mittaustulosten verrattavuus ja valmistettujen tuotteiden vaihtokelpoisuus toleranssien avulla. Kalibroinnin päämäärä on määrittää mittaasepävarmuus ja siten parantaa mittaustapahtuman luotettavuutta. Kalibroinnilla mittavälineet verrataan luotettavasti ja jäljitettävästi akreditoitun mittavälinelaboratorion kautta SI-järjestelmän suuriin ja varmistetaan mittavälineiden toimivuus sekä tarkoituksenmukaisuus. Jäljitettävyyden ansiosta mittaus voidaan suorittaa millä mittalaitteella tahansa, missä tahansa ja kenen toimesta tahansa. Hyvin toimivan ja yksinkertaisen mittavälinekannan tehtävä on helpottaa jäljitettävyyden ketjun seuranta päivittäisessä työnteossa.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Tikkakosken Konepaja Oy (myöhemmin TKKP), joka on raskaaseen ja vaikeaan metalliteollisuuden alihankintakoneistukseen keskittynyt konepaja. Yrityksen asiakaskunta koostuu kansainvälisistä raskaan teollisuuden toimijoista kuten Valmet, MetsoOutotec, Siemens sekä ABB. Pääosa yrityksen konekannasta on varattu suurien kappaleiden valmistukseen. Suurimmat valmistettavat pyörähdyskappaleet ovat halkaisijaltaan yli 4 m ja paino yli 40 000 kg. Valmistettavien kappaleiden koko luo myös vaatimukset käytettävien mittalaitteiden suhteen. Erilaisia mittavälineitä on satoja, ja niiden mitta-asteikot ovat nolasta yli neljään metriin. Siksi myös mittavälineiden seurantaan käytettävään tietokantaa kohdistuu vaatimuksia. Nykyisellään käytössä oleva tietokanta on osin puutteellinen ja sieltä on hankala löytää nopeasti riittävää informaatiota. Opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa mittavälinekannan nykyinen tilanne ja päivittää kanta nykyisiä vaatimuksia vastaavaksi. Työn tavoitteena on syventää kalibroinnin merkitystä teoreettisesti sekä ottaa käyttöön uusi mittavälineiden kalibroitietokanta ja luoda käyttöohjeistuksen käytölle siten, että kalibrointi voidaan suorittaa luotettavasti ja varmistaa tiedon siirtyminen eteenpäin kalibroijan vaihtuessa. Samalla tehdään myös selvitystä muista mahdollisista mittaukseen ja kalibrointiin liittyvistä puutteista. TKKP on osa Konepaja Häkkinen-konsernia, jonka kotipaikka on Raisio. TKKP:ssa on käytössä ISO 9001 laatusertifikaatti sekä ISO 14000 ympäristösertifikaatti.

2 Tutkimusasetelma

2.1 Kehittämistutkimus

Opinnäytetyön tutkimusasetelma on kehittämistutkimus ja se sisältää myös laadullisen tutkimuksen elementtejä. Kehitystutkimus rinnastetaan helposti yrityksessä jatkuvasti tapahtuvaan kehitystyöhön, ja lisäämällä työhön tutkimuksellinen ote, saadaan kehittämistutkimus. Kehittämistutkimuksessa tavoitteena on saada aikaan muutos joko prosessissa, menetelmässä tai koko organisaatiossa. Kehittämistutkimus kulkee sykleissä ja on siten keskeytymätön prosessi (kuvio 1). Kun edellinen ongelma on tutkimuksessa ratkaistu, siirrytään seuraavaan sykliin (Kananen 2015, 40). Tutkimuksen rajaaminen on siten tarpeellista, ettei yksittäinen kohde kasva liian suureksi kokonaisuudeksi.



Kuvio 1. Kehittämistutkimuksen osat ja osien vaiheet (Kananen, 2015, 40).

Laadullisessa (kvalitatiivisessa) tutkimuksessa etsitään haastatteluiden ja havaintojen avulla vastauksia ymmärrystä ilmiöstä, jota ei voi perinteisen määrällisen (kvantitatiivisen) tutkimuksen menetelmillä mitata (Kananen 2015, 34). Nyt tehtävässä työssä pyritään löytämään ratkaisu sekä laadullisen että kehittämistutkimuksen elementtejä hyväksikäyttäen.

2.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen perusta on suunnittelu. On löydettävä ilmiöön liittyvää aineistoa sekä selvitettävä, miten tutkimus suoritetaan. Pääasialliset tutkimusmenetelmät ovat haastattelut, havainnointi sekä laajaan teoretietoon perehtyminen, joka on yksi laadullisen tutkimuksen tiedonkeruumenetelmistä (Kananen 2012, 93). Mittaamisesta ja metrologiasta on olemassa paljon kattavaa teoriaperustaa ja sitä on käytetty laajasti tämän työn tekemisessä. Myös mittaamisen ja mittavälineiden kalibroinnin vaikutuksesta laatuun on paljon materiaalia erilaisten tutkimuslaitosten ja standardoimislaitosten tietokannoissa.

Haastattelut ja havainnoinnit on suoritettu työn ohessa erilaisina keskusteluina ryhmissä ja yksityisesti. Osana tiedonkeruuta käytettiin myös osalle henkilöstöä jaettu teemahaastattelu, missä korotettiin mittavälinekannan käyttöä ja merkitystä työntekijän päivittäisessä työntekevissä. Haastatteluita on tehty myös yrityksen ulkopuolisille auditoijille ja heidän havaintojaan on käytetty työn tekemisessä.

Nykyisen mittavälinekannan puutteita havainnoitiin seuraamalla kalibrointiprosessia ja etsimällä siitä kehityskohteita. Tietoa etsittiin myös havainnoimalla muissa yrityksissä olevia vastaavia järjestelmiä ja etsimällä niistä tietoa valmistajien ja järjestelmätoimittajien kautta.

2.3 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymykset ovat merkittävä osa kehittämistutkimusta. Ne rajaavat käsiteltävää aihetta ja ohjaavat sen suuntaa (Kananen 2012, 28). Konepajatekninen mittaaminen käsitteenä on laaja ja siksi tutkimuskysymysten asettelulla rajataan työ pelkästään kalibrointiohjelmistoon liittyväksi ja vaikka muita mittavälinekannassa työn tekemisen yhteydessä ilmeneviä puutteita ja parannuskohteita löytyykin, jätetään niiden käsittely tässä työssä tutkimus mielessä pienemmälle huomiolle. Keskeiset tutkimuskysymykset joihin opinnäytetyössä pyritään löytämään vastaukset ovat:

- Miten nykyistä kalibrointiohjelmistoa voidaan parantaa?
- Miten kalibrointiohjelmistojen käytettävyys parantaa yrityksen laadun valvontaa?
- Miten kalibrointiohjelmistojen avulla voidaan parantaa mittausten luotettavuutta?

2.4 Tutkimuksen luotettavuus sekä eettisyys

Opinnäytetyön tekemisessä on noudatettu hyvää tutkimustapaa. Työn tekeminen on vaatinut laajaa teoreettista perehtymistä tutkimuksen aiheeseen ja tutkittuun aineistoon on perehdytty kriittisesti. Työn tekijällä on vuosien kokemus mittavälineiden kalibroinnista ja mittojen käsittelystä, mutta työn luotettavuuden parantamiseksi, on työn tekemiseen etsitty ja käytetty laajasti eri lähteistä kerättyä tietoa ja laajennettu siten tietopohjaa tutkimuksen kohteesta. Olemassa ollut tietopohja auttoi valitsemaan sellaisia tietolähteitä, jotka ovat alan tunnustettuja auktoriteetteja kansallisesti ja kansainvälisesti. Tietolähteiden luotettavuutta arvioitaessa otettiin huomioon metrologian kansainväliset sopimukset ja Suomen Lain mukanaan tuomat velvoitteet. Kerättyä tietoa käytettiin vahvistamaan tai kumoamaan jo olemassa olleita käytänteitä. Käytetyt keinot olivat eettisesti kestäviä ja luottamuksellisia tietoja ei ole jaettu työn julkaistavaan versioon. Yrityksen laatujärjestelmä on lähtökohtaisesti tarkoitettu pelkästään sisäiseen käyttöön, mutta siinä olleet yrityskohtaiset luottamukselliset tiedot voitiin jättää tutkimuksen kannalta huomioimatta ilman että niillä tiedoilla on vaikutusta työn lopputulokseen. Laatujärjestelmien periaatteelliset opinnäytetyöhön vaikuttavat tiedot löytyvät myös standardoimislaitosten julkisista materiaaleista, joten yrityksen luottamuksellisia tietoja ei siten tarvitse työssä käyttää, joten luottamuksellista tietoa ei kerätty tai tallennettu työtä varten.

2.5 Aiheen rajaus

Mittavälineiden kalibrointi on laaja alue missä tutkittavia kohteita on useita. Kalibrointi on tärkeä osa laadun varmistusta, mutta koko kalibrointi prosessin ottaminen opinnäytetyön aiheeksi olisi työn tekemisen kannalta haasteellista, koska yksittäiseen ongelmaan paneutuminen jäisi alueen laajuuden takia väkisin pieneksi. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan pelkästään mittavälineiden kalibrointikantaa, koska siten saatiin korjattua yksi kriittinen tekijä laadunvarmistusprosessissa. Toimivan tietokannan merkitys korostuu myöhemmin muissa kehityskohteissa koska mittavälinekanta on se, mistä tietoa lähdetään ensimmäisenä etsimään. Rajaamalla työ koskemaan mittavälineiden kalibrointitietokantaa saatiin syvennettyä ymmärrystä tietokannan merkityksestä ja vaikutuksesta koko yrityksen laatuprosessiin.

2.6 Tiedonhaku ja lähdeaineisto

Tiedonhakuja työtä varten tehtiin kriittisen valinnan perusteella. Internetissä on valtavasti erita-
soista tietoa, joten työssä pyrittiin käyttämään lähtökohtaisesti sellaisia lähteitä, joiden luotetta-
vuus on varmistettu. Metrologian ja mittausten suhteen erilaisten standardoimislaitosten tarjoa-
mat tietopankeista löytyy luotettavaa ja arvokasta tietoa ja niitä myös käytettiin laajasti
tiedonhaussa. Myös kirjallista materiaalia aiheesta löytyy sekä painettuna että eri kirjastojen e-
kirja valikoimista. Erilaisia tiedonlähteitä on pyritty käyttämään ristiin luotettavuuden varmista-
miseksi. Samasta aiheesta tai aihetta sivuavia opinnäytetöitä on olemassa joitakin, mutta niitä ei
tässä työssä ole käytetty varsinaisena tietolähteenä, vaan lähinnä luettu tausta aineistona ja selvi-
tetty mielenkiinnosta millaisesta näkökulmasta ongelmaa on muissa opinnäytetöissä lähestytty.

Haastateltavat työntekijät valittiin monipuolisesti työtehtävien mukaan erityyppisiltä koneilta ja
myös toimihenkilöiden edustajia, että saatiin kattavasti näkökulmaa monenlaisista mittavälinekan-
nan ja mittojen käyttäjätyypeistä. Ulkopuolisia haastateltavia on haastateltu keskustelutyyppisesti
erilaisten vuosittaisten auditointien yhteydessä.

3 Laadukas mittaaminen

Laatuprosessin ja laaduntarkkailun tärkeimpiä työvälineitä on mittausten luotettavuus. Ilman lu-
tettavaa kalibrointijärjestelmää, on hankala seurata mittavälineiden kuntoa ja varmistua mittaus-
ten oikeellisuudesta. Kalibroinnin tueksi tarvitaan muita prosessia tukevia järjestelmiä, kuten toi-
miva mittavälinekanta, mistä voi seurata kalibrointien ajantasaisuutta ja etsiä kohteeseen sopivan
mittavälineen. Mittaaminen on teollisen tuotannon perustoimintoja, joita ilman vaihtokelpoisten
tuotteiden valmistaminen on mahdotonta.

3.1 Metrologia

Metrologia on tieteenala, joka keskittyy mittaamiseen. Tunnetuin metrologian käytännön esi-
merkki on metrin mitta (kuviokuva 2). Keskeiset käsitteet metrologiassa ovat kalibrointi, jäljitettävyy-
s sekä mittausepävarmuus. Jos kansainvälisesti halutaan valmistaa tuotteita, jotka ovat toistensa
kanssa yhteensopivia, täytyy olla järjestelmä, jolla varmistetaan mittojen yhteensopivuus. Tätä tar-
koitusta varten on kehitetty SI-järjestelmä, ja Suomessa SI-järjestelmän ylläpidosta ja yksiköiden

siirtämisestä käytäntöön vastaa kansallinen metrologiainstituutti VTT MIKES. (Metrologia, n.d.) Myös Suomen lainsäädäntö määrää toimia, joilla varmistetaan, että mittayksiköiden ja -normaalien käyttö vastaa kansainvälisiä sopimuksia, sekä määrätään VTT Mikes kansallisesti vastaamaan järjestelmän ylläpidosta. Laki mittayksiköistä ja mittanormaaleista (L 1156/1993) vahvistaa Suomessa noudatettavan kansainvälistä mittayksikköjärjestelmää. Mittanormaalijärjestelmän kansallisten käytännön toimien ylläpitämisestä säädetään em. lain pohjalta asetuksessa mittanormaalijärjestelmästä (A 972/1994).

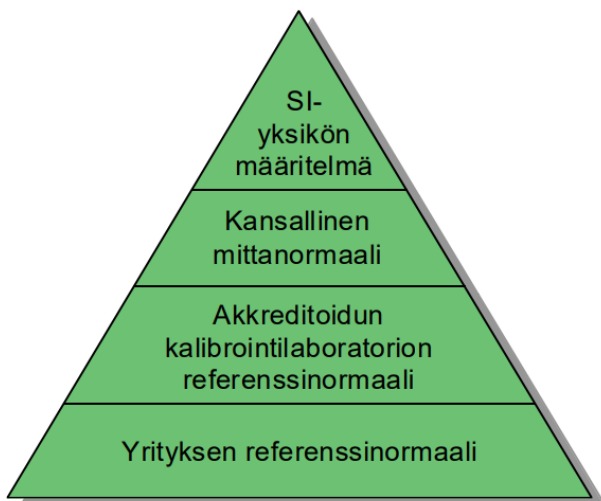
Metri on matka, jonka valo kulkee tyhjössä $1/299\,792\,458$ sekunnissa. Tämä määritelmä kiinnittää metrin luonnonvakioon, valon nopeuteen tyhjössä.

Kuvio 2. Metrin määritelmä (SI-mittayksiköt Suomessa, pituus, n.d.).

Kansainvälisesti ylin päättävä elin mittausten suhteen on Kansainvälinen paino- ja mittakomitea, CGPM, jonka alaisuudessa toimii useita pienempiä omiin suurealueisiin keskittyneitä komiteoita, jotka keräävät tietoa omilta toimialueiltaan (General Conference on Weights and Measures, n.d.). Komiteoiden lisäksi kansainvälistä yhteistyötä koordinoi Kansainvälinen paino- ja mittaustoimisto, BIPM, jonka tehtävä on tarkastaa vertailumittausten kautta kansallisten mittalaboratorioiden ja metrologialaitosten mittaukset mittayksiköiden yhdenpitävyyden varmistamiseksi. Metrologiaa on kolmea eri tasoa. Tieteellisessä metrologiassa käsitellään mittanormaalien kehitystyötä ja niiden ylläpitoa. Teollisuusmetrologia varmistaa käytössä olevien mittalaitteiden toiminnan käytännön tasolla. Lakisääteinen metrologia vastaa mittalaitteiden tarkkuudesta sellaisilla aloilla, joilla on vaikutusta terveyteen ja turvallisuuteen sekä varmistaa taloudellisten toimijoiden mittausten luotettavuuden. Käytännön tasolla metrologia näkyy mittojen jäljitettävyydessä mitan käyttäjältä mittalaboratorion kautta SI-järjestelmän perusyksiköihin. (Hiltunen, Linko, Hemminki, Hägg, Järvenpää, Saarinen, Simonen & Kärhä 2011, 29.)

3.2 Jäljitettävyys

Mittalaitteen jäljitettävyydellä tarkoitetaan dokumentoidun kalibroinnin katkeamatonta ketjua mittalaitteesta tunnustettuun mittalaboratorioon ja SI-järjestelmän mittayksikköön. Katkeamattomalla jäljitettävyydellä voidaan varmistua siitä, että valmistettu tuote on yhteen sopiva muiden muualla tehtyjen kappaleiden kanssa valmistustoleranssien avulla. Kalibroinnissa jäljitettävyysketju säilyy, kun mittavälinettä verrataan mittanormaaliin, joka on hyväksytysti mitattu kansallisessa mittalaboratoriossa (Hiltunen ym. 2011, 30). Kuviossa 3 on esitetty hierarkkinen kalibrointi-järjestelmä, joka kuvaa yrityksen mittanormaalien suhdetta asteittain verrattuna SI-järjestelmän yksiköihin.



Kuvio 3. Hierarkkinen kalibrointi järjestelmä (Hiltunen ym. 2011, 30).

Mittanormaalien avulla SI-järjestelmän mittayksiköt siirretään käytännössä käytettäviin mittalaitteisiin. Mittanormaaleja on monia erilaisia. Perinteisessä konepajakäytössä yleisimmät mittanormaalit ovat erilaiset mittapalat ja -sauvat pituuden mittaamiseen, ja mittarenkaat halkaisijoiden mittaamiseen. Näiden lisäksi on useita muita mittanormaaleja, joilla mitataan mm. pinnankarheutta. Konepajan mittalaitteet voidaan ryhmitellä kolmeen ryhmään, joilla kaikilla on oma tarkoitus ja merkitys laadukkaassa mittaamisessa.

3.2.1 Referenssimittanormaalit

Referenssimittanormaalit siirtävät mittayksiköt akreditoidusta mittalaboratoriosta konepajan kalibrointilaitteisiin. Referenssimittanormaalien kalibrointi on suoritettava akreditoidussa ulkopuolisessa mittauspaiassa vähintään neljänvuoden välein, että voidaan varmistua niiden tarkkuudesta. Referenssimittanormaalien säilyttämiseen ja käsittelyyn on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska ne muodostavat koko laatujärjestelmän perustan ja niiden avulla voidaan varmistaa mittavälineiden luotettavuus. Referenssimittavälineitä käytetään vain kalibrointilaitteiden tarkastamiseen, eikä niitä missään olosuhteissa saa käyttää osana tuotannon päivittäistä mittausta. (Esala, Lehto & Tikka 2003, 43–44.) TKKP:lla käytetään referenssimittanormaalina Mitutoyo:n valmistamaa mittapalasarjaa, jonka kalibrointitodistus on liitteenä 1.

3.2.2 Kalibrointilaitteet

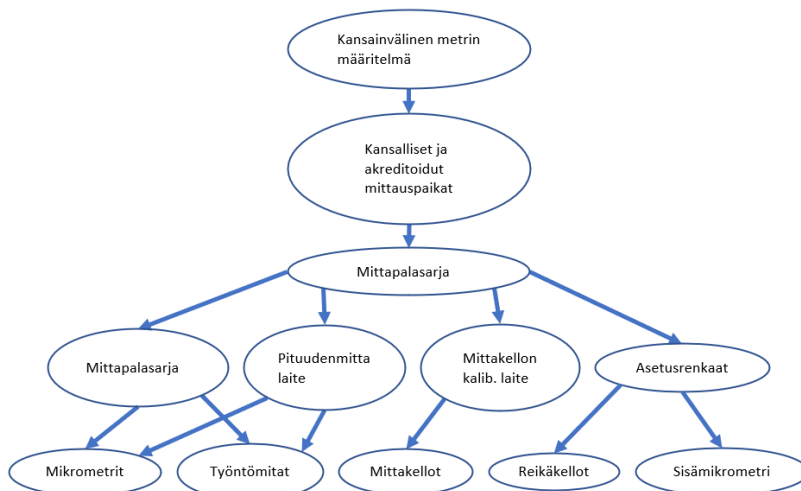
Kalibrointilaitteet ovat nimensä mukaisesti mittavälineiden kalibrointiin käytettäviä laitteita ja varusteita. Yleisesti kalibrointiin tarvitaan tasalämpöinen tila, missä tarkastaminen voidaan luotettavasti toteuttaa. Mittaamiseen käytettävän tilan peruslämpö on 20 C° (Esala ym. 2003, 17). Kalibrointilaitteiden tarkoitus on välittää jäljitettävyyttä tuotannon käytössä oleviin mittavälineisiin. Erilaisia kalibrointilaitteita on mm. mittapalasarjat, pitkät mittanormaalit kuten mittasauvat, mitaustasot ja pituudenmittauskone. Kalibrointilaitteilla on myös oltava kalibrointiohjeet luotettavan kalibroinnin varmistamiseksi. Toisin kuin referenssimittanormaaleilla, kalibrointilaitteiden kalibrointi voidaan suorittaa myös itse kalibrointiohjelman ja -ohjeistuksen mukaisesti referenssinormaaleihin, mikäli kalibrointi voidaan luotettavasti ja jäljitettävästi toteuttaa.

3.2.3 Varsinaiset mittalaitteet

Varsinaisten mittalaitteiden kalibrointi ja tarkastus suoritetaan mittausohjelman ja ohjeistuksen mukaisesti. Yleinen kalibrointiväli mittavälineillä on 12 kuukautta. Mittalaitteiden kalibrointi suositellaan tehtäväksi itse. Oman kalibroinnin etuina on laitteiden toiminnan tuntemus ja jatkuva kunnon seuranta. Mittalaitteet kalibroidaan käyttäen kalibrointilaitteita, jolloin mittavälineiden jäljitettävyyttä akreditoituu mittalaboratorioon säilyä. Varsinaisia mittalaitteita ovat esim. työntömitat, kaari-, ja pituusmikrometrit sekä tulkit.

3.3 Kalibrointi

Mittavälineen kalibrointi tarkoittaa sitä, että mittalaite täyttää sille annetut hyväksymisrajat, ja mittalaitteella voidaan siten luotettavasti suorittaa ne mittaukset mihin se on tarkoitettu. Mittaaminen ja kalibrointi sisältää aina jonkinlaista virhettä joko mittauksen tai mittausepävarmuuden mukaan. Olosuhteet ja muut tekijät vaikuttavat siten että täysin absoluuttista mittaustulosta ei saavuteta koskaan. Mikäli hyväksymisrajat ylitetään, tulee mittalaite poistaa käytöstä, mikäli korjaaminen ei ole mahdollista. Käytöstä poistetut mittalaitteet on tuhottava ja varmistettava, etteivät ne palaa uudelleen mittauskäyttöön. TKKP:lla kalibroinnista vastaa mittavälineistä vastaava toimihenkilö laatupäällikön alaisuudessa. Kalibroinnista vastaavan toimenkuvaan kuuluu mittalaitteiden aikataulun mukainen kalibrointi sekä jäljitettävyyden seuranta. Myös mittavälineiden hankinnat kuuluvat toimenkuvaan. Mittavälineiden jäljitettävyyshetju on varmistettu kansainvälisen käytännön mukaan SI-järjestelmään. Kuviossa 4 esitetty esimerkki kalibrointien jäljitettävyyshetjusta.



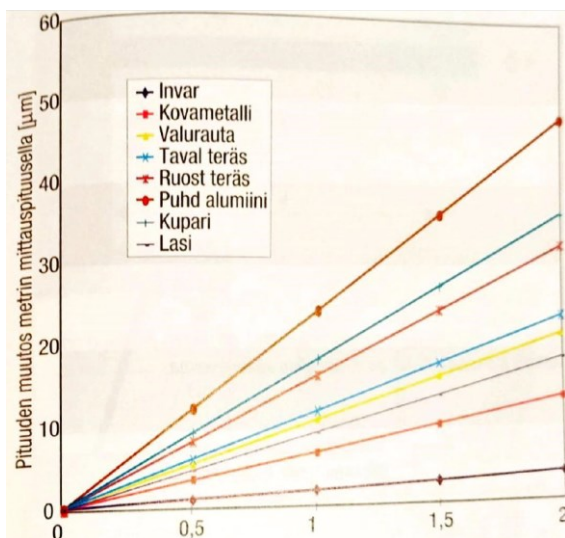
Kuvio 4. Esimerkki jäljitettävyyshetjusta (Esala ym. 2003, 42, mukailtu).

3.3.1 Kalibrointi ja mittausvirheet

Kalibrointiin ja siten mittaustuloksiin vaikuttavia yleisimpiä virheitä ovat

- Lämpötila
- Voima
- Asento- sekä suuntavirheet

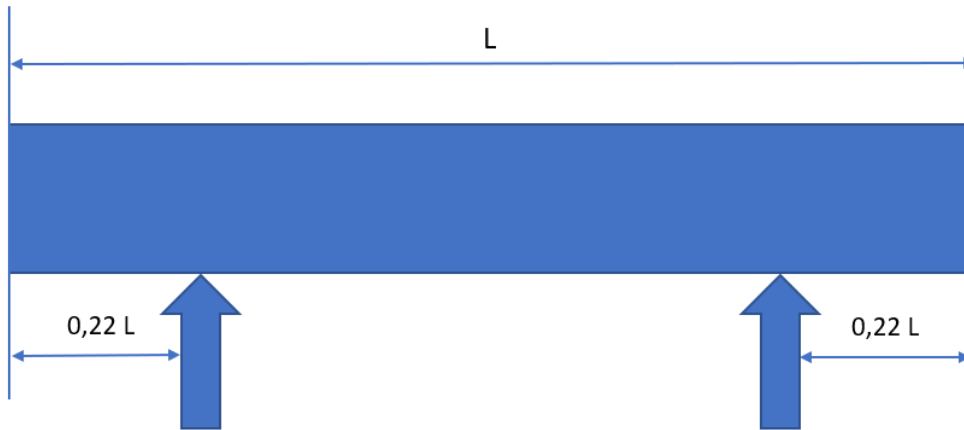
Mittausten ja kalibrointien lämpötilan perusoletus on 20 °C, joten jos mittaukset ja kalibroinnit tehdään tuossa lämpötilassa, ei tarvitse ottaa huomioon materiaalien lämpöpiteneumiskerrointa. Kuviossa 5 esitetty erilaisten materiaalien lämpötilan vaikutus pituuden mittauksessa. Yleisin lämpötiloihin liittyvä virhe on mittakappaleen, mitan sekä mittanormalin välinen lämpötilaero. Mittauksissa jo mittaajan käsistä välittyvä mittaa pidettäessä lämpöä mittavälineeseen, joka aiheuttaa virhettä. Lämpötilasta johtuvat mittavirheet ovat pienissä mitoissa niin pieniä ettei niillä ole lopputulokseen vaikutusta, ellei lämpötilan muutos ole erityisen suuri. Pituuden kasvaessa virheen vaikutus kasvaa, ja jo parin asteen muutos näkyy muuttuneena mittaustuloksena. Myös erilaiset materiaalit ja niiden erilaiset lämpölaajenemiskertoimet vaikuttavat mittauksiin.



Kuvio 5. Lämpötilan vaikutus pituuden mittauksessa (Esala ym. 2003, 57).

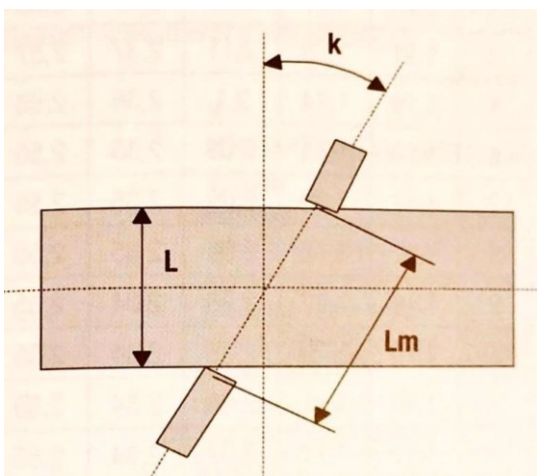
Voimien aiheuttamia virheitä mittauksessa on enimmäkseen massasta johtuvat virheet. Joko itse mitattava kappale, tai mittalaite muuttaa muotoaan mittaustilanteessa, jolloin mittauksen epävarmuus kasvaa ja tulos on väärä. Kuviossa 6 esitetty palkin oikea tuenta ns. Besselin pisteistä siten että palkin taipuma on mahdollisimman pieni. Tämän tyyppinen palkin tuenta tulee konepaja ympäristössä vastaan esim. pitkien kaarimikron mittasauvojen tarkistuksen yhteydessä, kun mittasauvan oma massa vaikuttaa tulokseen. TKKP:lla pisimmät kaarimikron mittasauvat ovat 2000 mm pitkiä, joten mittauksen luotettavuuden takia mittasauva on tuettava tarkistettaessa oikein. Myös liian suuri mittausvoima voi aiheuttaa virheen mitassa. Erilaisten mittaukseen vaikuttavien voimien

takia mitat ja mitattavat kappaleet on tarvittaessa tuettava siten että muodonmuutokset ovat mahdollisimman pieniä. Mitan tukeminen tarkistettaessa ja mittausta suoritettaessa on suoritettava samoista pisteistä. Suurten, yli 1000 mm kaarimikrojen oma massa saattaa vaikuttaa mittauksen lopputulokseen jopa 0,1 mm riippuen siitä, miten mitan tuenta on toteutettu.



Kuvio 6. Palkin tuenta Besselin pisteistä (Esala ym. 2003, 58, mukailtu).

Asentovirheet aiheuttavat yleisimmin virheen mittatuloksen tulkinnassa. Mitta asettuu huonosti mitattavaan kohtaan tai mitta on väärässä asennossa. Tällaisia virheitä on esim. kosinivirhe (kuvio 7), joka aiheuttaa väärän mittatuloksen mitan virheellisen asennon takia. (Esala ym. 2003, 56–59.)



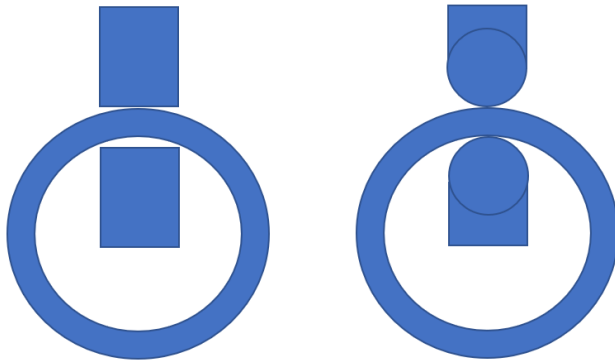
Kuvio 7. Kosinivirhe $L=Lm/\cos(k)$ (Esala ym. 2003, 59).

Kosinivirheen merkitys ei ole suuri, jos mitataan suoria lieriöpintoja koska esim. normaalin kaarimikron tasaiset mittauspinnat asettuvat pintaa vasten varsin tarkasti suoraan ja virhe on pieni tai merkityksetön. Mittoja on kuitenkin erilaisia ja erilaisilla kärjillä varustettuna. Kuviossa kahdeksan on pallomaisilla mittauskärjillä varustettu kaarimikro. Pallokärjellisellä mitalla mitatessa kosinivirheen riski kasvaa merkittävästi koska pallomaista muotoa on huomattavasti vaikeampi saada asettumaan kohtisuoraan mitattavaan kohteeseen. Tämän tyyppisillä mitoilla mitattaessa mittaajan kokemus mitasta ja mittauksen kohteesta on ehdottoman tärkeä elementti mittauksen onnistumisen varmistamiseksi.



Kuvio 8. Pallomaisilla mittakärjillä varustettu kaarimikro E-54.

Pallomaisilla mittauskärjillä varustetulla kaarimikrolla mitataan esim. seinämän vahvuuksia pyöreistä muodoista, kun halutaan välttää tasaisen mittauskärjen aiheuttama mittavirhe (kuvio 9). Tasapäisen mittalaitteen mittauskärki ei asetu pyöreän seinämän pintaan mitattavan kappaleen sisäpuolella, vaan jää kantamaan reunoilta, jolloin mittauksen tulos on virheellinen.



Kuvio 9. Havainnekuva tasakärkisen ja pallokärkisen kaarimikron asettumisesta seinämän paksuutta mittattaessa.

3.3.2 Kalibrointijaksot

Kalibroinnin lähtökohta on, että jokainen mittalaite kalibroidaan säännöllisesti. Säännöllisen kalibrointi on myös helppo organisoida ja siten kalibroinnin tilaa saadaan valvottua jatkuvasti. Riippuen käytöstä, voidaan kalibroinnit jakaa tyypillisesti 4–48 kuukauden jaksoille, siten että vähemmän käytettävät mittalaitteet kalibroidaan harvemmin ja usein käytettävät ja herkät laitteet useammin. Kuitenkin keskimääräisenä kalibrointijaksona voidaan pitää 12 kuukautta. Esalan, Lehdon ja Tikan (2003, 54) mukaan 12 kuukauden jaksoa pidentäviä tekijöitä ovat mm. mittalaitteen useat peräkkäiset kalibrointitulokset, joissa laitteessa ei olla havaittu muutoksia, mittalaitteen mittausepävarmuus on selvästi parempi kuin mittauksessa tarvittava tarkkuus sekä jos mittalaitteen materiaali ja rakenne on sellainen, että mittalaitteen voidaan olettaa olevan erityisen stabiili. Vastaavasti jaksoa lyhentäviä tekijöitä on mm. suuret vaihtelut kalibrointituloksissa, mittalaitteen mittausepävarmuus on kriittinen kustannusten tai turvallisuuden kannalta tai mittausolosuhteet vaativat lyhyempää kalibrointijaksoa. Koska jokaisella yrityksellä on erilaiset tarpeet ja välineet, on myös viisasta, että jokainen luo itselleen sopivan aikataulun kalibrointijaksoille. Mittalaitteille, joiden käyttö on harvinaista, voidaan määrätä kalibrointi suoritettavaksi aina käytön yhteydessä. (Esala ym. 2003, 54–55.)

Yleisesti käytetty tapa merkitä kalibrointijaksot mittavälineisiin on merkitä ne väritarralla (kuvio 10). Värillä kerrotaan vuosi, ja numero tarkoittaa kuukautta, jonka loppuun mennessä kalibrointi on uudelleen suoritettava. Esimerkkejä tyypillisestä kalibrointijaksosta ovat mm. työntömitta 12 kuukautta, kaarimikro 12 kuukautta, mittapalat 48 kuukautta ja kaarimikrometrin mittasauva 48

kuukautta. Kuviossa 8 olleessa mikrometrissä on sininen tarra ja numero 2 mikä tarkoittaa, että ko. mitta pitää kalibroida seuraavan kerran helmikuussa 2024.

Kalibroitava ennen käyttöä	0 0 0 0 0 0 0
2001	3 3 3 3 3 3 3
2002	1 1 1 1 1 1 1
2003	4 4 4 4 4 4 4
2004	5 5 5 5 5 5 5
2005	9 9 9 9 9 9 9
2006	8 8 8 8 8 8 8

Kuvio 10. Kalibrintijaksojen värikoodit (Esala ym. 2003, 56).

3.3.3 Mittausepävarmuus

Mittaamisessa on aina mukana epävarmuustekijöitä. Laadukkaan valmistuksen varmistamiseksi, on selvitettävä miten paljon mittausepävarmuus vaikuttaa mittaustuloksiin. On tärkeä ymmärtää mittaamisen perusteet ja miten erilaiset mittaus olosuhteet vaikuttavat tuloksiin. Yleinen virhe on hyväksyä valmistettu kappale, jos mitattu tulos on kuvassa pyydetyllä toleranssialueella. Todellinen mittaustulos ottaa huomioon myös mittausepävarmuuden ja siksi mittaustuloksen on mahdollista toleranssi alueelle myös mittausepävarmuus huomioon ottaen.

Mittausepävarmuus on jaettu kahteen eri tyyppiin.

- Tyypin A epävarmuusarvio:
 - Mittausepävarmuus analysoidaan tilastollisin menetelmin useista mittaustuloksista
 - Kalibroinnissa voidaan soveltaa, jos mittaukset on suoritettu samoissa olosuhteissa
 - Standardiepävarmuuden estimaattina käytetään mittaustuloksen keskiarvon keskihajontaa
- Tyypin B epävarmuusarvio:
 - Analysoidaan tilastollisten menetelmien avulla, joita ovat mm.
 - Aikaisemmat mittaustulokset
 - Kokemus ja yleinen asiantuntemus tuotteen tai laitteen ominaisuuksista
 - Valmistajan spesifikaatiot

- Kalibrointitodistukset
- Erilaiset taulukkoarvot ja niiden epävarmuudet

Mittausepävarmuutta laskettaessa voidaan laskea pelkästään yhden tekijän vaikutus, tai usean erillisen muuttujan yhteisvaikutus. Esalan, Tikan ja Lehdon (2003, 56) kirjassa mittausepävarmuuteen vaikuttavina tekijöinä mainitaan mm.:

- Mittalaitteet
- Mittauskohde
- Mittaaja
- Olosuhteet
- Menetelmä

Koska jokaisessa tuotantolaitoksessa on erilaiset vaatimukset mittaukselle, ja siksi jokaiseen epävarmuuden laskemiseen on sovellettava erilaisia siihen vaikuttavia tekijöitä. Koska myös kalibroinnin merkitys mittausepävarmuuteen on laskettavissa, on myös mittavälinekannalla merkitystä. Tilanteissa missä pitää mittausepävarmuus laskea, on tarvittavan tiedon löytymisellä ja ajantasaisella tietokannalla suuri vaikutus laskujen oikeellisuuteen. Mikäli voidaan osoittaa riittävän tarkasti kalibroinnin mittaushistoria, sen tuloksia voidaan käyttää tuloksia parantavasti mittausepävarmuutta laskettaessa.

Kalibroinnin epävarmuuden laskemisessa tyypin A epävarmuusarvion käyttäminen on perusteltavissa silloin kun on olemassa riittävän monta mittauskertaa. Kaavalla 1 lasketaan mitattujen arvojen (q) kokeellinen keskihajonta.

$$s^2(q) = \frac{1}{(n-1)} \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2 \quad (1)$$

Kun keskihajonta on laskettu, voidaan laskea keskiarvon kokeellinen keskihajonta $s(\bar{q})$ kaavassa 2.

$$s(\bar{q}) = s(q)/\sqrt{n} \quad (2)$$

Kaavalla 2 saadaan myös mittatulosten keskiarvoon \bar{q} liittyvä standardiepävarmuus $u(q)$ ($s(\bar{q})=u(q)$). Kalibrointitodistuksissa ja mittauspöytäkirjoissa mittatulokselle ilmoitetaan laajennettu mittausepävarmuus U , joka saadaan kertomalla standardiepävarmuus $u(q)$ kattavuuskertoimella k (kaava 3). Suosituksen EA-4/02 mukaisesti kattavuuskeroimelle tulee käyttää arvoa $k=2$ joka normaalijakautuneelle mittaussuurelle tarkoittaa 95 % vaihteluväliä (EA-4/02 Evaluation of the Uncertainty of Measurement in calibration 2022, 12).

$$U = k u(q) \quad (3)$$

Esimerkkilaskuna mittasauva, jonka pituus on 55 mm. Kymmenenvuoden aikana se on kalibroitu vuosittain ja sauvalle on mitattu pituudet välillä 55,000–55,002, ja mittausten keskiarvo oli 55,0013 mm. Mittauksen laajennetuksi epävarmuudeksi saatiin 0,00043 mm. Mittausepävarmuuden määrittämisessä merkitsevät numerot pyöristetään aina ylöspäin, joten lopullinen epävarmuus on $\pm 0,5\mu$ (Esala ym. 2003, 68). Laskenta esitetty tarkemmin liitteessä 3.

$$s^2(q) = \frac{1}{(n-1)} \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2 \quad 0,0007 \text{ mm}$$

$$s(\bar{q}) = s(q)/\sqrt{n} \quad 0,00021 \text{ mm}$$

$$U = k u(q) \quad 0,0004 \text{ mm}$$

Kun kalibroinnista on riittävästi tietoa kalibroinnin mittausepävarmuuden määrittämiseksi, tietoa voidaan käyttää muissa konepajan mittauksissa mittausepävarmuuden laskemiseen.

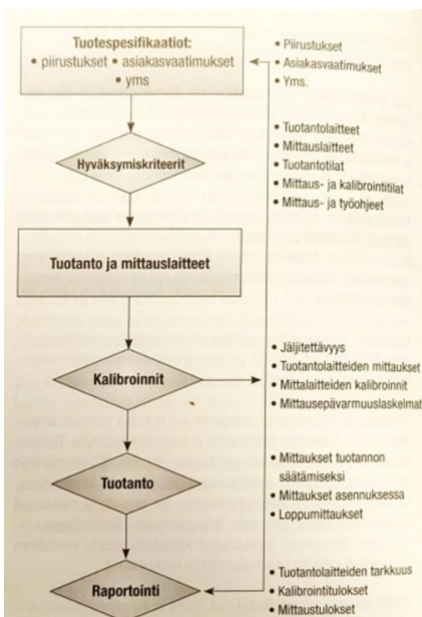
Kaikkien mittaukseen vaikuttavien muuttujien hallinta ja määrittäminen voi joskus olla haastavaa ja siksi on olemassa myös yksinkertaistettu tapa laskea mittausepävarmuus. Silloin oletetaan, että kaikki virheet ovat todennäköisyydeltään saman arvoisia, noudattavat normaalijakaumaa ja eivät ole toisistaan riippuvaisia. Eri muuttujat lasketaan neliöllisesti yhteen ja otetaan summasta neliöjuuri (Esala ym. 2003, 69).

$$\text{Mittausepävarmuus} = \sqrt{(x^2 + y^2 + z^2 \dots)} \quad (\text{Yksinkertaistettu laskentakaava})$$

3.4 Käytännön mittaaminen

TKKP:lla käytännön mittaukset ovat pääsääntöisesti pituuden mittaamista. Kappaleista mitataan eri työvaiheissa yleensä erilaisia etäisyyksiä tai halkaisijoita. Muita mittauksia on geometrisiin muotoihin liittyvät mittaukset, kuten esim. ympyrämäisyys, tasomaisuus ja kohtisuoruus, sekä pinnan karheuteen liittyvät mittaukset. Näiden mittauksiin käytetään tarvittaessa ulkopuolisia palveluntarjoajia, joilla on erilaisia geometrisiin mittauksiin soveltuvia laitteita kuten koordinaattimittakoneita. Jokaiselle TKKP:lla olevalle mittalaitteelle löytyy mittanormaali, mihin mitta pitää käytön yhteydessä tarkistaa. Käyttöönotto tarkastuksen tekee mitan käyttäjä ennen mittauksen suorittamista. Mittanormaalit tarkastetaan joko mittalaboratoriossa tai Konepaja Häkkisen kalibrointihuoneessa VTT Mikes:ssa kalibroidulla laser-mittalaitteella. Pääosan mittalaitteista muodostavat erilaiset mikrometrit. Niitä on pituuden mittaamiseen tarkoitettuja tikkumikrometrejä, joiden mittaustasteikko on välillä 50–4100 mm sekä erilaiset kaarimikrometrit asteikolla 0–2000 mm. Muita pituuden mittaamiseen käytettäviä laitteita on mm. työntömitat.

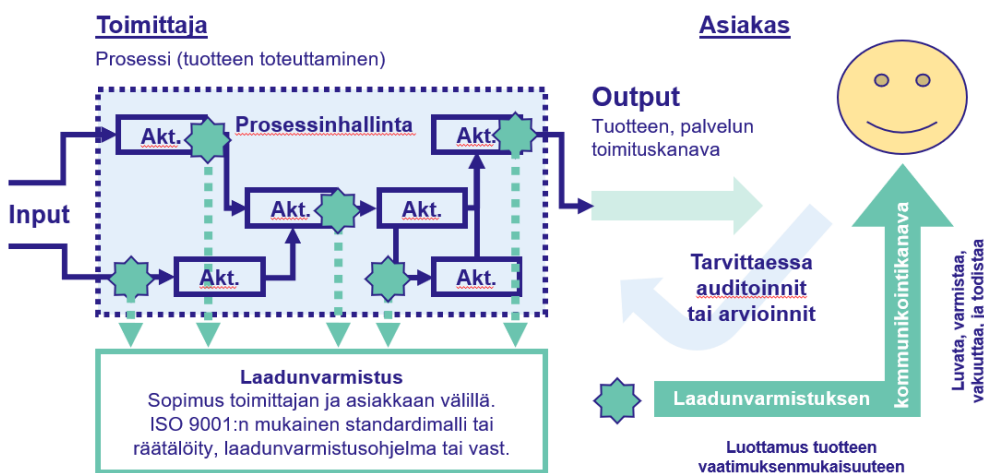
Valmistusprosessissa kaikki mittaustoiminta linkittyy toisiinsa vahvana ketjuna (kuvio 11).



Kuvio 11. Mittaus- ja kalibrointitoiminnan toimintakaavio (Esala ym. 2003, 14).

4 ISO 9000 laadunhallintajärjestelmä

Päivittäisen toiminnan mahdollistamiseksi, tekemisen laatu on varmistettava siten että asiakkaiden yrityksen toiminnalle asettamat tavoitteet täyttyvät tai ylittyvät. Yrityksen laatujohtajajärjestelmän tarkoitus on, että sillä yhdistetään sisäiset prosessit sekä resurssit siten, että toiminnalle asetetut laatuavoitteet voidaan saavuttaa. Kun yritys pystyy tuottamaan asiakkaille jatkuvasti tasalaatuisia ja tavoitteet täyttäviä tuotteita tai palveluita, saavutetaan asiakkaan luottamus mikä taas auttaa luomaan jatkuvia ja pysyviä asiakassuhteita. Koska TKKP:n strategiana on toimia alihankinta konepajana useille eri asiakkaille, ei ole järkevää suunnitella jokaiselle asiakkaalle erillistä laatujohtajajärjestelmää tai toimintatapaa. Siksi yrityksen on järkevää luoda laatujohtajajärjestelmä yleisesti hyväksytyjen standardien pohjalta luodun järjestelmän, kuten ISO 9000 periaatteita hyväksikäyttäen. Kommunikointi asiakkaiden välillä on helpompaa, kun voidaan osoittaa yrityksen noudattavan näitä standardeja ja että niitä myös valvotaan säännöllisesti erilaisten auditointien kautta. Jokaisen yrityksen tarpeet ovat erilaisia ja siksi yksikään laatujohtajajärjestelmä ei voi olla ns. valmis paketti. Järjestelmä on muokattava vastaamaan niitä tarpeita, jotka ovat kyseisen yrityksen toiminnan kannalta merkittäviä, eikä järjestelmä siten ole kopioitavissa edes toiseen samalla alalla toimivaan yritykseen (kuvio 12). Myös jatkuvan parantamisen periaate näkyy vahvana erilaisten laatujohtajajärjestelmien taustalla. (Pitko 2020, Johdanto laadunhallinnan ISO 9000-standardeihin.)



Kuvio 12. Laadunhallinnan prosessikaavio (Pitko 2020, 68).

Yksikään laatujärjestelmä ei voi toimia, ellei yrityksen henkilöstöllä ole riittävää ymmärrystä ja tarvittavia työkaluja tavoitteiden saavuttamiseksi. Yleisesti kun organisaatiossa toimivilla ihmisillä on sekä pätevyys että mahdollisuus vaikuttaa omaan tekemiseen, se sitouttaa työntekijät yrityksen laatutavoitteisiin ja siten koko organisaation kyky toimia laadukkaasti paranee.

5 Mittavälinekanta

Käytössä olleen mittavälinekannan puutteet ovat käytössä tulleet esiin vuosien varrella useilla tavoilla. Kanta oli itse tehty ja rakennettu Microsoft Access tietokantatyökalua hyväksikäyttäen ja oli noin 20 vuotta vanha. Itse tehdyn kannan ongelma voi tulla eteen, mikäli kannan tekijä poistuu yrityksen palveluksesta. Tietokannan korjaaminen voi kestää pitkään, kun tietotaito on poistunut eikä itsetehdylle kannalle välttämättä löydy tuotetukea. Mittavälineiden kalibrointipöytäkirjat täytettiin käsin ja arkistoiitiin kansioihin. Kantaan merkittiin vain tarkastuspäivämäärä ja seuraavan kalibroinnin ajankohta. Kannan puutteet ovat tulleet esiin käytön kankeutena sekä erilaisten auditointien yhteydessä tehdyissä tarkastuksissa. Tiedon löytäminen on koettu hankalaksi ja aikaa vieväksi. Auditointeja suorittaneiden tahojen kanssa keskustellessa on käsitelty heidän tekemiä havaintoja muiden vastaavien konepajojen käyttämistä mittavälineiden kalibrointijärjestelmistä. Esiin nousi nykyaikaisuus ja datapohjaiset järjestelmät mitkä tallentavat tiedot joko pilveen tai muuhun kohteeseen ilman käsin kirjoitettavia arkistoja.

5.1 Kartoitus

Kun mittavälinekannan uudistaminen aloitettiin selvittämällä valmiiden ohjelmistojen saatavuus. Ensimmäinen merkityksellinen ominaisuus uudessa ohjelmistossa oli tuen löytyminen sekä valmius yhdistää se tarvittaessa olemassa oleviin tuotannonohjausjärjestelmiin. Työkaluvalmistajilla ja mittavälinevalmistajilla oli useita vaihtoehtoja mutta myös pelkästään kalibrointiin keskittyneitä ohjelmistoja oli sekä avoimesti että kaupallisesti saatavana. Avoimesti saatavat ja ilmaiset erilliset mittaväline-/kalibrointiohjelmistot koettiin ongelmalliseksi puutteellisen tuotetuen tai tietoturvan takia. Myös erilaiset kaupallisen toimijat tarjoavat mittavälineiden kalibrointipalveluja, mutta mittavälineiden määrän takia niihin ei sen paremmin perehdytty. Niiden palveluita kuitenkin käytetään satunnaisesti erikoismittalaitteissa.

TKKP:lla on käytössä CGI:n Control 9000 tuotannonohjausjärjestelmä. Sen yhteyteen on saatavana selainpohjainen kalibrointiohjelmisto, C9000 Kalibrointi, joka on käytössä myös konsernin Raision toimipisteessä. Sen etuina oli yhteinen toimittaja toiminnanohjausjärjestelmän kanssa ja kotimainen tuotetuki. Ohjelmasta kerättiin tietoa haastatteleamalla Raision toimipisteen kalibroinnista vastaavia ohjelman ominaisuuksista ja käytettävyydestä. Koska tässä ohjelmistossa oli vaaditut ominaisuudet olemassa, ja se oli myös jo käytössä konsernin toisessa toimipisteessä, lähdettiin tämän ohjelman ominaisuuksiin perehtymään tarkemmin jo varhaisessa vaiheessa prosessia.

Kartoituksen edetessä tuli selkeäksi, että kannattaa panostaa yhtenäisiin järjestelmiin konsernin sisällä. Muita vaihtoehtoja tutkittiin sen jälkeen lähinnä tutustumismielessä ja selvitettiin, millaisia ominaisuuksia ohjelmissa oli. CGI:n kalibrointiohjelmiston ominaisuudet todettiin riittäväksi TKKP:n tarpeisiin. Selvitysten ja keskusteluiden perusteella päädyttiin hankkimaan C9000 Kalibrointi ohjelmisto TKKP:n käyttöön.

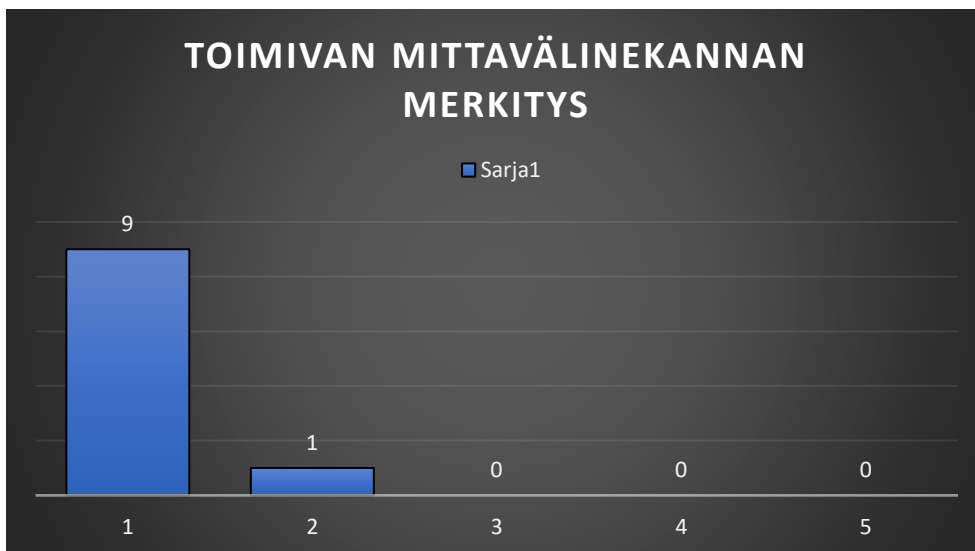
5.2 Kysely

Yksi tutkimusmenetelmistä oli teemahaastattelu, jolla selvitettiin työntekijöiden mielipiteitä mittavälinekannan merkityksestä TKKP:n laadunvalvonnalle. Haastattelussa esitettiin sarja väittämiä, joihin vastattiin asteikolla tärkeä->merkityksetön (liite 1). Haastattelulla pyrittiin kartoittamaan sitä, miten merkitykselliseksi työntekijät kokevat toimivan mittavälinekannan osana omaa työtään ja kuinka usein, sekä millaisissa tilanteissa he sitä käyttävät. Haastatteluun otti osaa 10 työpaikan työntekijää joista 2 oli toimihenkilöä. Loput 8 valittiin mahdollisimman erityyppisiltä koneilta, että saatiin kattavasti huomioitua erilaiset mittavälineiden käyttötavat. Haastattelu tehtiin nimettömänä. Yksi osa vastauskaavaketta oli varattu vapaalle sanalle, missä pyydettiin mielipiteitä yleisesti mittavälineissä tai kalibroinnissa havaittuihin puutteisiin joihin toivottiin parannusta. Yleisenä huomiona voi todeta, että kaikkien työntekijöiden mielestä mittavälineiden kalibroinnilla, sekä toimivalla mittavälinekannalla on suuri merkitys niin oman työn kuin asiakkaiden vaatiman laadunvalvonnan välineenä. Vaikka mittavälineitä käytetään päivittäin, on mittavälinekannan käytössä eroja sen mukaan, oliko kyseessä koneen käyttäjä vai toimihenkilö. Teemahaastattelun tukena käytiin myös kahdenkeskisiä keskusteluita missä selvitettiin yleisesti tietoutta ja mielipiteitä työn aiheesta.

5.2.1 Toimivan mittavälinekannan merkitys TKKP:n laadunvalvonnassa

Tämän kysymyksen vastaukset olivat lähes yksimielisiä (taulukko 1). Kaikki haastatteluun vastanneet pitivät toimivaa mittavälinekantaa erittäin tärkeänä osana laadunvalvontaa. Kahdenkeskisissä keskusteluissa tuli myös esiin selkeä ymmärrys siitä miten suuri merkitys sillä on luotettavien asiakkasruhteiden luomisessa pitkällä tähtäimellä. Erilaisten pöytäkirjojen jatkuva lisääntyminen on tuonut mukanaan myös mittauksissa käytettyjen välineiden seurannan, joten tiedon löytyminen helposti on tärkeää.

Taulukko 1. Toimivan mittavälinekannan merkitys TKKP:n laadunvalvonnassa.



5.2.2 Mittavälineiden kalibroinnin merkitys laadunvalvonnassa

Myös tässä kysymyksessä vastaajat kokivat merkityksen tärkeäksi (taulukko 2). Toimiva kalibrointi on osa laatua ja se luo luottamusta omaan tekemiseen. Tarkistetut ja toimivat mittavälineet helpottavat työntekemistä ja mittatulokset ovat samoja riippumatta käytetystä mittavälineestä.

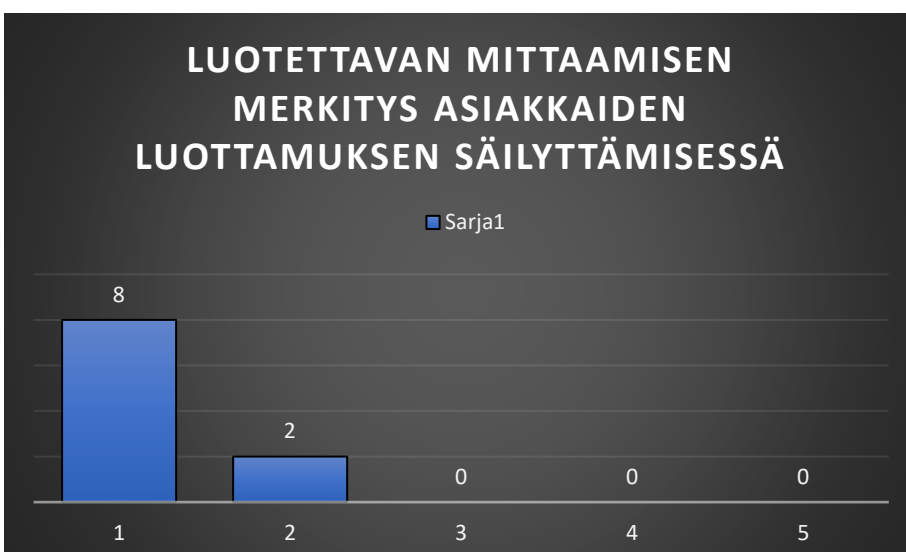
Taulukko 2. Mittavälineiden kalibroinnin merkitys laadunvalvonnassa.



5.2.3 Luotettavan mittaamisen merkitys asiakkaiden luottamuksen säilyttämisessä

Mittaamisen merkitys ja luotettavat mittaustulokset olivat myös tärkeä ja kaikille selkeä kysymys (taulukko 3). Asiakkaiden luottamus on vaikea saavuttaa, mutta helppo tuhota. Luottamus omaan tekemiseen parantaa varmuutta laadusta ja siten voi olla vakuuttunut siitä, että tehty työ täyttää myös asiakkaiden laatuvaatimukset.

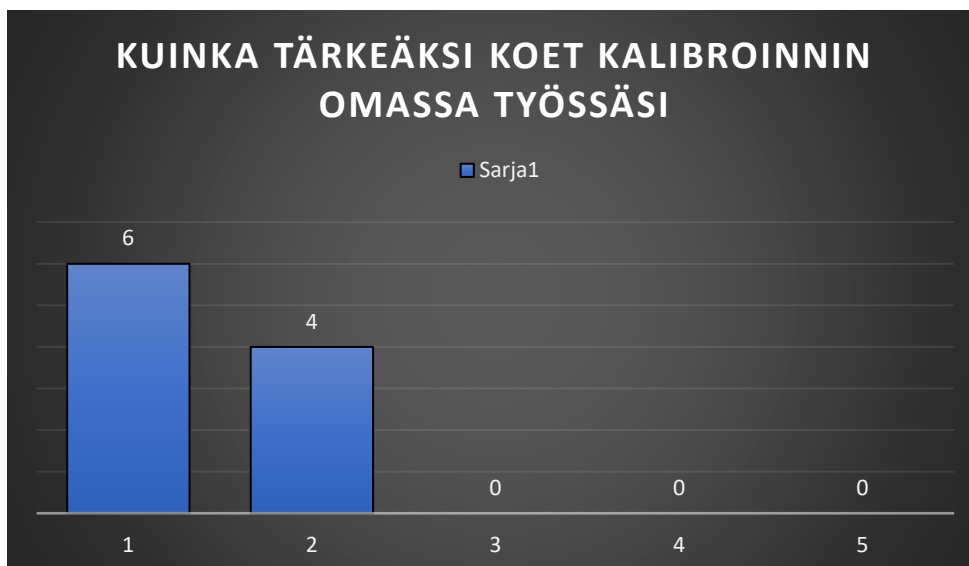
Taulukko 3. Luotettavan mittaamisen merkitys asiakassuhteiden säilyttämisessä?



5.2.4 Kuinka tärkeäksi koet kalibroinnin omassa työssäsi?

Kalibrointi toimii silloin parhaiten, kun sitä ei koneistaja edes huomaa omassa työssään. Mittavälineet käyvät kalibrointiprosessin käyttäjän huomaamatta ja mitta on käytössä ja käyttökunnossa kun se varastosta käyttöön otetaan. Mutta vaikka mitta olisikin juuri kalibroitu, on käyttäjän vastuulla edelleen mitan käyttökuntoon asettaminen ja tarkastaminen. Kalibrointi on vain yksi osa luotettavaa mittausta. Mitan käyttäjän rooli on edelleen suuri. Iso osa mitoista on sellaisia, että ne pitää kasata käyttöä varten, kuten esim. pitkät tikkumikrot. Myös kaarimikrometriensä jatkopalat on asetettava ja tarkastettava joka kerta kun ne asetetaan mittausta varten kohdalleen. Isojen kaarimikrojen kohdalla on vielä huomioitava mitan oman massan vaikutus tukipisteiden kautta mittaustapahtumaan. Tukipisteiden pitää olla samalla tavalla mitan tarkastuksessa ja varsinaisessa mittauksessa. Väärin asetetut tukipisteet antavat väärän tuloksen mitan kalibroinnista huolimatta, joten mittauksen oikeanlainen suorittaminen korostuu. Mittojen kalibrointi koetaan tärkeäksi osaksi työn tekemistä ja eritoten luottamuksen kautta. Kun kalibroinnit on suoritettu ja mittojen toiminta tarkastettu säännöllisesti, voidaan olla varmoja mittojen oikeasta toiminnasta. Siten mitan käyttäjän vastuulle jää vain oikein suoritettu mittaustapahtuma (taulukko 4).

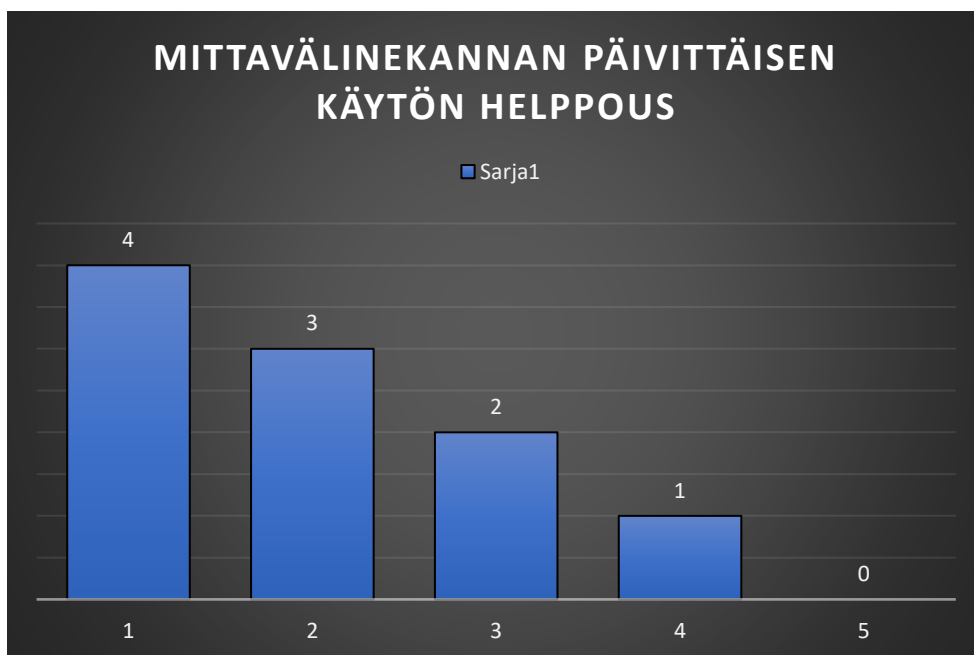
Taulukko 4. Kuinka tärkeäksi koet kalibroinnin omassa työssäsi?



5.2.5 Mittavälinekannan päivittäisen käytön helppous omassa työssäsi?

Mittavälinekannan käyttö riippuu vahvasti työnkuvasta. Toimihenkilöillä kantaa tarvitaan useammin verrattuna koneistajiin ja se näkyi vastauksissa (taulukko 5). Toimihenkilöiden tarve tulee esiin työsuunnittelussa ja töiden kuormituksessa, kun etsitään tietokannasta työlle tarvittavia mittavälineitä. Koneistajat käyttävät mittaväline-tietokantaa harvemmin ja osa ei tarvitse sitä juurikaan. Keskusteluissa työntekijöiden kanssa havaittiin, että vanha tietokanta koettiin käytössä kankeaksi. Tiedot kyllä sieltä löytyvät mutta harvoin käytettäessä löytämiseen kului aikaa. Erilaisia hakutoimintoja vanhassa tietokannassa ei juurikaan ollut ja sellaisia toivottiin uuteen tietokantaan. Niitä haluttiin helpottamaan tietojen etsimistä.

Taulukko 5. Mittavälinekannan käytön helppous omassa työssäsi?



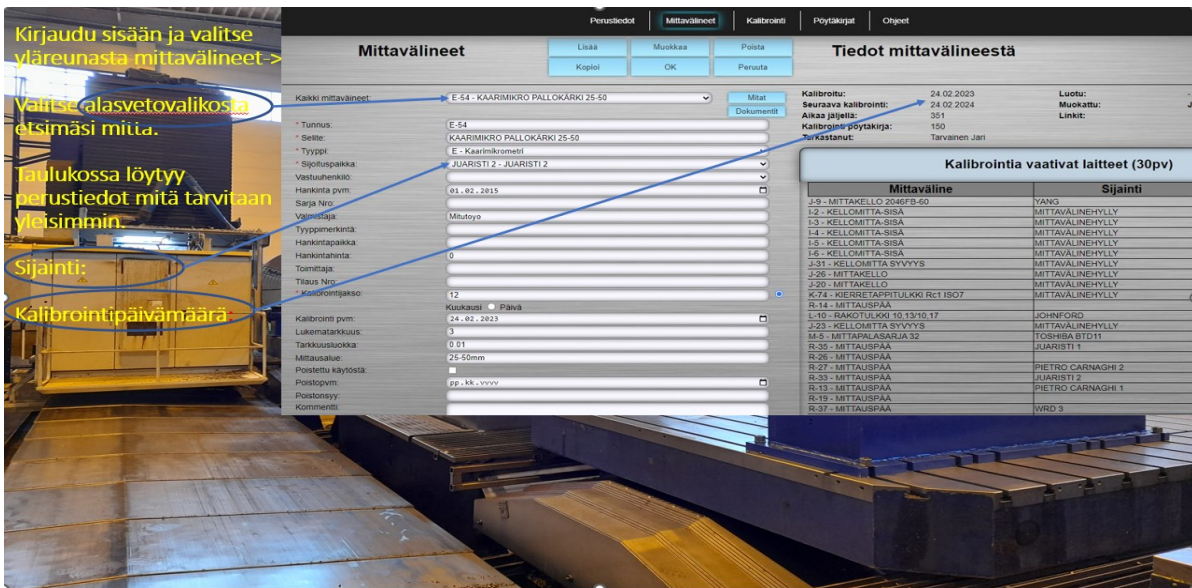
5.2.6 Vapaa sana.

Kyselyn viimeisessä kohdassa kerättiin tietoa tulevista kehityskohteista, ja toiveista liittyen yleisesti mittavälineisiin. Kysymyksen asetelulla ei haluttu rajata sitä koskemaan pelkästään mittaväline-tietokantaa, että saataisiin mahdollisimman hyvin selville ne kohteet, jotka kaipaavat parannusta tulevaisuudessa. Tässä kohtaa selkeimmin esille nousi mittavälineiden etsimiseen käytetty aika ja toiveet jonkinlaisesta seuranta järjestelmästä millä mittojen sijaintia voitaisiin reaaliajassa

seurata tuotantolaitoksen sisällä. Mittojen etsimiseen kuluva aika on suoraan pois koneistettavasta ajasta, joten säästö näkyy suoraan tuloksessa. Ongelma ei ole kaikilla mittavälineillä, vaan lähinnä pienillä yksittäisillä laitteilla, kuten joillain kierretappitulkeilla. Halli on iso ja samaa tulkkaa saatetaan tarvita jossain työssä pitkiäkin aikoja, joten ne eivät ole välttämättä varastossa omalla paikallaan pitkiin aikoihin. Erilaiset järjestelmät paikannusta varten kuitenkin jätettiin tämän työn ulkopuolelle ja merkittiin ylös mahdollista seuraavaa parannuskohdetta varten.

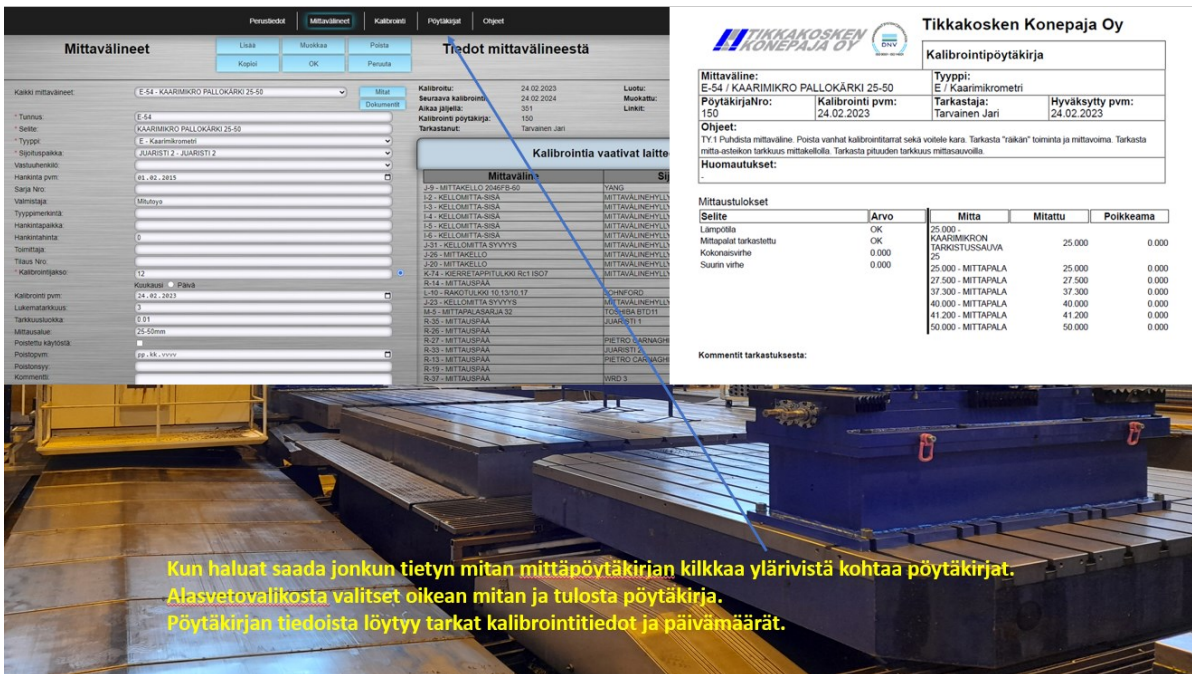
6 Käyttöohjeet

Tuotteiden ja palveluiden käyttöohje on lähtökohtaisesti myyjän toimitettava asiakirja, joka on oltava sekä suomen että ruotsin kielellä. Virallisen käyttöohjeen periaatteet ja vaatimukset on määriteltä esim. standardissa Tuotteiden käyttöohjeen laatimisesta, SFS EN IEC/IEEE 82079-1:2020 (SFS Online). Virallisen käyttöohjeen tarkoitus on, että tuotetta ja palvelua voidaan käyttää oikein ja turvallisesti. Kalibrointitietokannan mukana tuli tuotteelle kattavat käyttöohjeistukset, mutta päivittäisen käytön helpottamiseksi päätettiin tehdä selkeät ja helpot ohjeet millä tarvittava tieto löytyy nopeasti. Tietokannan käyttö on erilaista riippuen työtehtävästä. Koneistajan tarvitsema tieto on vähäisempää ja rajatumpaa kuin esim. kalibrointeja suorittavan työntekijän. Koneistaja lähtökohtaisesti tarvitsee tietokantaa tietyn mitan, ja sen kalibrointitiedon etsimiseen. Usein havaittu tilanne on esim. tarkastaa, että onko jotain tietyn kokoista kierretappitulkkaa talossa vai pitääkö sellainen hankkia tiettyä työtä varten. Kalibrointitietoja tarvitaan usein mittapöytäkirjan täyttämässä, kun pöytäkirjaan pitää etsiä tieto kalibroinnin voimassa olosta. Käyttöohjeet luotiin vain TKKP:n sisäiseen käyttöön eikä tietoja ole tarkoitettu ulkopuoliseen käyttöön. Käyttöohjeeseen laitettiin yksityiskohtaiset ohjeet mitä tietoa löytyy ja miten sitä etsitään (kuvio 13). Ohjeistuksen tavoite oli yksinkertaisuus. Pyrittiin välttämään turhan tiedon hakemista tietokannasta ja keskittymään olennaisen ja työn kannalta merkityksellisen tiedon löytämiseen.




Kuvio 13. Käyttöohje.

Käyttöohjeessa on myös ohjeet, miten mittapöytäkirjat saadaan tulostettua mittapöytäkirjojen mukaan tarvittaessa (kuvio 14).



Kuvio 14. Tulostusohjeet käyttöohjeessa.

Kalibrointia varten mittavälinekannassa voidaan jokaisen mitan mittavälinekorttiin määrittää mitalle tehtävät toimenpiteet kalibroinnin yhteydessä. Tällaisia ohjeita on mm. toiminnan tarkastaminen sekä puhdistukset. Mitalle tehtävät toimenpiteet tulostuvat myös kalibrointipöytäkirjaan (kuvio 15).

TIKKAKOSKEN KONEPAJA OY		Tikkakosken Konepaja Oy		
		Kalibrointipöytäkirja		
Mittaväline: E-54 / KAARIMIKRO PALLOKÄRKI 25-50		Tyyppi: E / Kaarimikrometri		
PöytäkirjaNro: 150	Kalibrointi pvm: 24.02.2023	Tarkastaja: Tarvainen Jari	Hyväksytty pvm: 24.02.2023	
Ohjeet: TY.1 Puhdista mittaväline. Poista vanhat kalibrointitarrat sekä voitele kara. Tarkasta "räikän" toiminta ja mittavoima. Tarkasta mitta-asteikon tarkkuus mittakellolla. Tarkasta pituuden tarkkuus mittasauvoilla.				
Huomautukset: -				
Mittaustulokset				
Selite	Arvo	Mitta	Mitattu	Poikkeama
Lämpötila	OK	25.000 -		
Mittapalat tarkastettu	OK	KAARIMIKRON		
Kokonaisvirhe	0.000	TARKISTUSSAUVA	25.000	0.000
Suurin virhe	0.000	25		
		25.000 - MITTAPALA	25.000	0.000
		27.500 - MITTAPALA	27.500	0.000
		37.300 - MITTAPALA	37.300	0.000
		40.000 - MITTAPALA	40.000	0.000
		41.200 - MITTAPALA	41.200	0.000
		50.000 - MITTAPALA	50.000	0.000
Kommentit tarkastuksesta:				

Kuvio 15. Mitan E-54 kalibrointipöytäkirja ja kalibrointiohjeet.

Kalibrointiohjeiden tarkoitus on varmistaa, että kalibroinnit tehdään toistettavasti ja samalla tavalla joka kerta. Siten voidaan varmistua kalibroinnin tasalaatuisuudesta ja mittojen vertailtavuudesta. Kun kalibroinnit on tehty aina samalla tavalla ja samoissa olosuhteissa, voidaan kalibroinnin tuloksia käyttää mittaasepävarmuuden määrittämiseen.

7 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli päivittää ja uudistaa mittavälineiden kalibrointitietokanta Tikka-kosken Konepaja Oy:lle. Työn suunnitteluvaiheessa perehdyttiin vanhaan tietokantaan ja sen perustella luotiin tutkimuskysymykset, joihin pyrittiin löytämään vastaukset työn edetessä. Tutkimuskysymykset olivat:

- Miten nykyistä kalibrointiohjelmistoa voidaan parantaa?
- Miten kalibrointiohjelmistojen käytettävyys parantaa yrityksen laadun valvontaa?
- Miten kalibrointiohjelmistojen avulla voidaan parantaa mittausten luotettavuutta?

TKKP:n vanha kalibrointiohjelmisto oli edelleen periaatteessa toimiva, mutta tiettyjen tietojen löytäminen oli hankalaa ja aikaa vievää. Tähän haluttiin muutosta. Kalibroinnin tila löytyi tietokannasta mutta kalibroinnin tarkastuspöytäkirjat olivat edelleen käsin kirjoitettuja, ja ne säilytettiin erillisessä arkistokaapissa. Siten tietyn mitan kalibrointipöytäkirjan etsiminen oli satunnaiselle käyttäjälle haastavaa. Tiedon nopea löytyminen on tullut suurempaan rooliin asiakkaiden ja esim. erilaisten luokituslaitosten auditointien vaatimusten takia. Yhä enemmän asiakkaiden mittauspöytäkirjoihin pitää liittää mukaan mittaukseen käytettyjen mittavälineiden mittauspöytäkirjat tai vähintään tieto siitä, milloin mitat on kalibroitu. Tiedon nopea löytyminen helpottaa myös mittajaan työtä. Kun mitan käyttäjä saa nopeasti ja helposti tiedon mitan kunnosta ja kalibroinnin tilasta, se parantaa mittajaan luottamusta mittojen toimintaan ja siten vähentää mittausepävarmuutta. Myös mahdolliset ulkopuoliset tarkastajat voivat tarkastaa mittavälineiden kalibroinnin tilan ja varmistua jäljitettävyydestä. Uudella mittavälinekannalla saatiin parannettua tiedon löytämistä ja nyt kaikki tarvittava tieto löytyy yhdestä paikasta.

Työntekijöille tehdyn kyselyn perusteella henkilöstön ymmärrys mittavälineiden kalibroinnin merkityksestä laadunvalvonnassa on hyvällä tasolla. Hyvälaatuisilla ja säännöllisesti tarkastetuilla mittavälineillä on helppo ja luotettava tehdä työtä. Vastauksista saatiin myös hyviä ideoita seuraaville kehityskohteille.

Käyttöohjeiden avulla saadaan myös parannettua uuden ohjelmiston käytettävyyttä. Harvoin käytettynä asiat unohtuvat ja käyttöohjeistuksesta saa nopeasti tarkastettua tarvittavan tiedon. Käyttöohjeistukseen lisätään myös tietoa mahdollisten uusien kalibrointeja suorittavien henkilöiden

perehdyttämistä varten. Ohjelman käyttäminen riippuen käyttötarkoituksesta on erilaista ja kalibroija tarvitsee syvempää perehdytystä ohjelmiston käyttöön verrattuna yksittäisen mittaajan tiedonhakuun.

Työn teoriapohjaan tutustuessa alkoi hahmottua kalibroinnin merkitys mittausepävarmuuden määrittämiseen. Koska kaikessa mittaamisessa on virhettä, on mittaamisen epävarmuuden määrittelyllä tärkeä rooli mittaustapahtumassa. Selvittämällä ja tutkimalla mittaukseen vaikuttavat tekijät ja poistamalla virheiden aiheuttajat voidaan mittausepävarmuutta pienentää ja parantaa mittauksen laatua. Yksittäisen mittaustapahtuman epävarmuuden laskemisen lisäksi on tärkeä tuntee koko kalibroinnin mittausepävarmuus. Mittausepävarmuuden laskemiseen kalibrintitietokannasta saatavat tiedot ovat tärkeitä ja niiden kannan käytettävyys parantaa tiedon etsimistä. Aiemmin esitetty mittausepävarmuuden laskenta osoittaa kalibrintikannassa olevan tiedon merkityksen epävarmuuden määrittämisessä. Kun yksittäinen mittavälineen kalibrointi voidaan yhdistää tietokannan avulla ketjuksi toisteisia, samalla tavalla suoritettuja kalibrointeja, voidaan niiden avulla määrittää kalibroinnin epävarmuus. Siten saadaan myös yksittäisen tuotteen mittaamisen epävarmuutta vähennettyä käyttämällä hyväksi kalibrintikannan tietoja yksittäisen mittauksen epävarmuuden määrittämisessä. Yleisesti käytössä oleva tapa on arvioida epävarmuus ja käyttää yksinkertaistettua laskentaa missä arvioidaan eri tekijöiden epävarmuudet ja lasketaan tulos arviointujen arvojen perusteella. Tarkasti lasketulla kalibroinnin mittausepävarmuudella päästään merkittävästi tarkempiin tuloksiin ja mittausepävarmuuden määrittäminen on siten kokonaisuutena tarkempaa. Kannasta löytyvillä tiedoilla on helppo seurata kalibrintien toisteisuutta koko mittavälineen historian ajalta ja saadaan kattava kuva mitan kunnosta ja todellisesta mitasta. Kun myös historiatieto saadaan yhdistettyä uuteen kantaan, paranee tiedon saatavuus ja ennen kaikkea kalibrintien luotettavuus, mikä oli eräs tämän työn alkuperäisistä tavoitteista. Mittavälineiden kalibroinnilla on iso merkitys valmistavassa teollisuudessa varmistamaan tuotteiden yhteensopivuuden toleranssien kautta ja siksi toimivan mittavälinekannan rooli yksittäisen tuotantolaitoksen laadunvalvonnan välineenä on merkittävä, eikä kalibrintitietokannasta saatavan mittaushistorian ja mittaustulosten merkitystä mittausepävarmuuden määrittämisessä voi liikaa korostaa.

Opinnäytetyön tekemisessä perehdyttiin mittaamisen ja kalibroinnin teoriaan varsin kattavasti. Vaikka työn tekijällä oli jo työtä aloittaessa kokemusta kalibroinnista, oli työn suorittaminen an-

toisa ja avartava kokemus. Pitkään samaa työtä tehdessä tapahtuu urautumista opittuihin työkentelytapoihin. Työn tekeminen herätti ajattelemaan sekä kalibrointia että koko laatuprosessia laajemmin ja siten paransi kokonaisuuden hahmottamista, mikä auttoi työn tavoitteiden saavuttamisessa. Yksittäisten, erillisiltä vaikuttavien yksityiskohtien merkitys korostui, kun yhtymäkohdat löytyivät erilaisten tietolähteiden kautta. Työ alkoi yksinkertaiselta kuulostavalta tietokannan päivittämisprojektillä, mutta avarsi lopulta ymmärrystä koko mittausprosessin vaikutuksesta mittausepävarmuuden vähentämiseen ja siten jatkuvaan parantamisen periaatteen mukaiseen laadunparantamiseen. Työn tekeminen auttoi myös löytämään uusia kehityskohteita niin itse kalibrointi tapahtumasta, kuin koko prosessista.

Lähteet

Asetus mittanormaalijärjestelmästä 972/1994. Viitattu 09.02.2023.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940972>.

EA-4/02 Evaluation of the Uncertainty of Measurement in calibration. Päivitetty 2022. European Accreditation. Viitattu 11.03.2023.

<https://www.enac.es/documents/7020/635abf3f-262a-4b3b-952f-10336cdfae9e>.

Esala, V-P., Lehto, H. ja Tikka, H. 2003. Konepajatekniset mittaukset ja kalibroinnit. Helsinki: Teknologiainfo Teknova.

General Conference on Weights and Measures CGPM. N.d. Viitattu 11.03.2023.

<https://www.bipm.org/en/committees/cg/cgpm>.

Hiltunen, E., Linko, L., Hemminki, S., Hägg, M., Järvenpää, E., Saarinen, P., Simonen, S. ja Kärhä, P. 2011. Laadukkaan mittaamisen perusteet. Helsinki: MIKES ja TEM. Viitattu 25.09.2022.

<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/MIKES/2011-J4.pdf>.

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä - kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännönopas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Laki mittayksiköistä ja mittanormaalijärjestelmästä 1156/1993. Viitattu 09.02.2023.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1993/19931156>.

Metrologia. N.d. Helsinki: VTT MIKES. Viitattu 25.09.2022.

<https://www.vttresearch.com/fi/tutkimusosaaminen/metrologia-vtt-mikes>.

Pitko, M. 2011. Päivitetty 23.10.2020. Johdanto laadunhallinnan ISO 9000-standardeihin. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS Ry. Viitattu 31.01.2023.

<https://materiaalit.sfs.fi/catalog/SFS/r/6129/viewmode=previewview>.


SFS-EN IEC/IEEE 82079-1:2020. Tuotteiden käyttöohjeiden laatiminen. Osa 1: Periaatteet ja yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Vahvistettu 17.04.2020. Viitattu 12.03.2023. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

SI-mittayksiköt Suomessa, pituus. N.d. Helsinki: VTT Mikes. Viitattu 07.03.2023.

<https://www.vttresearch.com/fi/si-mittayksikot-suomessa-pituus>.

Liitteet

Liite 1. Kalibrointitodistus.

		Kalibreringsintyg <i>Calibration certificate</i>	
Mitutoyo Scandinavia AB		Intygsnummer / Certificate No. 20220223	Kalibreringsdatum / Date of calibration 2022-04-01
Slänsvägen 6, 194 61 Upplands Väsby Tel. 08/594 109 50		Sida/Page 1 of 5	

Customer:

Teräskonttori Oy
 Muuntotie 3
 01511 Vantaa

Calibration item:

1 pc. of a gage block set of steel, 87 pcs., serial number 2106654, model number 516-947-10, grade 1 ISO(JIS/DIN). Manufactured by Mitutoyo. The gage block set was in normal condition at arrival. Date of arrival 2022-03-10.

Method of measurement and environment of measurement:

Mechanical comparison against calibrated normal gage block according to calibration instruction KI PB 0-100. The flatness is visually controlled, only during hesitation optical flat glass have been used. Measuring points will be clear by enclosure. Temperature + 20°C ±0,5°C.

Tolerance according to:

ISO(JIS/DIN) grade 1.
 By classification of grade have no considers of uncertainty of measurement been taken.

Uncertainty of measurement:

Uncertainty of measurement depends on the length of gage block.

Nominal length (mm)		Uncertainty of measurement (µm)
over	until	
0	25	±0,07
25	50	±0,08
50	75	±0,09
75	100	±0,10

The expanded uncertainty of measurement is result from the standard uncertainty of measurement with the factor k=2 for an overlap probability of 95 %. The uncertainty of measurement has been calculated in accordance with EA's publication EA-4/02

Detta Kalibreringsintyg får endast kopieras fullständigt, och utan ändringar. Utdrag och ändringar får endast göras med tillåtelse från Mitutoyo Scandinavia AB. Kalibreringsintyget är inte giltigt utan signatur.
 Mitutoyo Scandinavia AB garanterar att denna kalibrering är utförd enligt kraven avseende mätionskalibrering.

*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory. Calibration certificates without signature are not valid.
 Mitutoyo Scandinavia AB guarantee that this calibration is performed according to requirement concerning calibration.*

Result:

Calibration results: see page: 3-5.
Measuring results are average results. Parallelism is calculated on not rounded average results.
The result concern only the item who are specified in this document.

Traceability and equipment/gages:

The gage block comparator, PBK 02, is calibrated by Mitutoyo Scandinavia AB.
The reference standard, PBL-M 02, is calibrated by Mitutoyo Scandinavia AB.
The optical flat, PGL 04, is calibrated by RMP 01 RISE in Borås.
The measurements are traceable to the meter definition by regular calibration of equipment.

Upplands Väsby 2022-04-01
Mitutoyo Scandinavia AB
Calibration laboratory

Ulf Nilsson
Responsible for the calibration

Detta Kalibreringsintyg får endast kopieras fullständigt, och utan ändringar. Utdrag och ändringar får endast göras med tillåtelse från Mitutoyo Scandinavia AB. Kalibreringsintyget är inte giltigt utan signatur.
Mitutoyo Scandinavia AB garanterar att denna kalibrering är utförd enligt kraven avseende mätorskalibrering.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory. Calibration certificates without signature are not valid.
Mitutoyo Scandinavia AB guarantees that this calibration is performed according to requirement concerning calibration.

Liite 2. Kysely työntekijöille.

Toimihenkilö

Työntekijä

- | | |
|---|-------------------|
| 1 | Erittäin tärkeä |
| 2 | Tärkeä |
| 3 | En osaa sanoa |
| 4 | Vähäinen merkitys |
| 5 | Ei merkitystä |

1 Toimiva mittavälinekannan merkitys TKKP:n laadunvalvonnassa

1 2 3 4 5

2 Mittavälineiden kalibroinnin merkitys tuotteiden laadunvarmituksessa.

1 2 3 4 5

3 Luotettavan mittaamisen merkitys asiakkaiden luottamuksen säilyttämisessä.

1 2 3 4 5

4 Kuinka tärkeäksi koet kalibroinnin omassa työssäsi

1 2 3 4 5

5 Mittavälinekannan päivittäisen käytön helppous omassa työssäsi.

1 2 3 4 5

Kerro omin sanoin mikä olisi mittavälineiden osalta parannettava asia?
