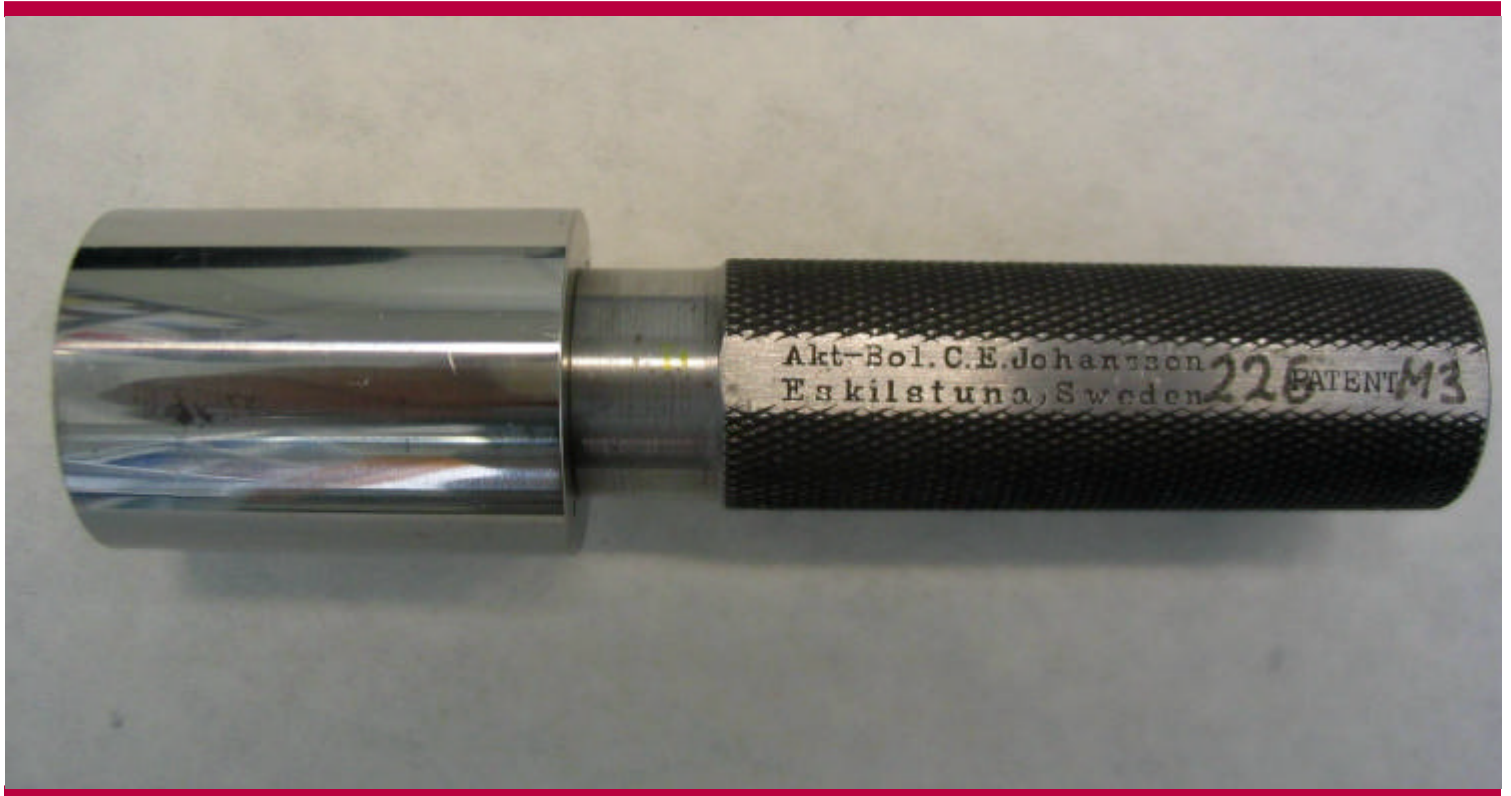


MIKES
METROLOGIA

J3/2004



Pituuden vertailumittaus D6

Loppuraportti



Veli-Pekka Esala

Helsinki 2004

MITTATEKNIKAN KESKUS

Julkaisu J3/2004

PITUUDEN VERTAILUMITTAUS D6

Loppuraportti

Veli-Pekka Esala

Helsinki 2004

SISÄLLYSLUETTELO

SUMMARY TIIVISTELMÄ

1. JOHDANTO	7
2. MITTANORMAALI	7
3. OSALLISTUJAT JA AIKATAULU	8
4. MITTAUSOHJEET	8
5. SIIRTONORMAALIEN STABIILISUUS JA VERTAILUARVO	8
6. TULOKSET.....	9
7. TULOSTEN TARKASTELU	15
8. YHTEENVETO.....	16
9. VIITTEET.....	16

SUMMARY

The interlaboratory comparison D6 for length was arranged by the Centre of Metrology and Accreditation (MIKES) between Mars 2003 and August 2003. The dimensional metrology laboratory of MIKES operated as reference laboratory of the comparison.

The measurands of the comparison were roundness deviation and diameter of a plug gauge.

Participants were four accredited laboratories and two other laboratories. Four of those six laboratories measured the diameter of plug gauge so that errors of diameter were within the uncertainty estimates (83,3 %). Same situation was with the roundness error. Four laboratories of six measured the roundness roundness deviation correctly. One laboratory had large errors for both measurands and was asked to repeat the measurements. After that correction 96,3 % of the results were acceptable according to *En* criteria.

TIIVISTELMÄ

Pituuden vertailumittaus D6 suoritettiin maaliskuun 2003 ja elokuun 2003 välillä. Osallistujina olivat neljä akkreditoitua mittauslaboratoriota sekä kaksi muuta laboratoriota. Vertailumittauksen mittanormaalina oli tappitulkki, josta mitattiin halkaisijaa ja ympyrämäisyyttä.

Vertailumittaus osoitti, että laboratorioiden mitaamat mittapalojen pituuksien poikkeamat vertailuarvosta olivat pienempiä kuin ilmoitettu mittausepävarmuus 83,3 %:ssa mittauksista, suoritettua korjauskierroksen jälkeen 96,3 %:ssa. Yksi pikainen korjauskierros oli pakko tehdä yhden laboratorion huomattavista virheistä johtuen. Kahdella muulla laboratorion oli lisäksi niin pientä ylitystä, ettei ne vaatineet korjauskierrosta.

Vertailumittauksiin osallistuminen antaa mittauspaikalle mahdollisuuden hankkia näyttöä toimintansa laadusta sekä auttaa mittauspaikkaa oman toiminnan kehittämisessä. Vertailumittauksen hyödyllisyyden osoitti yhden laboratorion suuret virheet niin halkaisijan kuin ympyrämäisyydenkin mittauksessa. Suoritettu pikainen korjaus säästi mahdollisesti suuriakin korjaustoimenpiteitä laboratorion kohdalla.

1. JOHDANTO

Mittatekniikan keskus järjestää säännöllisesti vertailumittauksia akkreditoitujen laboratorioden toiminnan tason varmistamiseksi.

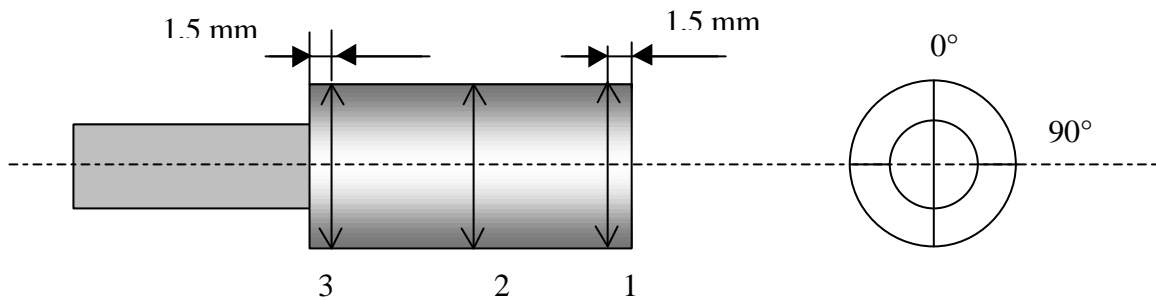
Pituuden vertailumittauksen D6 tarkoitus oli selvittää pituusmittausten tasoa ja tulosten vertailukelpoisuutta suomalaisissa akkreditoituissa kalibrointilaboratorioissa. Vertailumittauksen käytännön järjestelyistä sekä tulosten analysoinnista vastasi MIKESin Konepajametrologia.

2. MITTANORMAALI

Vertailumittauksen mittanormaalina oli $\varnothing 25$ mm tappitulkki, jonka tavallinen käytötarkoitus on reiän tulkkauk. Normaali on terästä ja sen lämpöpiteneiskerroin on $11,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Identifiointinumero 226 M3.

Mittanormaalın stabiilius todettiin riittäväksi vertailumittauksen yhteydessä.

Tappitulkkista mitattiin mahdollisuuksien mukaan halkaisijat kolmelta eri korkeudelta 1,5 mm reunoista ja keskeltä suunnissa 0° ja 90° (nollasuunta leiman 226 M3 mukaan). Mikäli ympyrämäisyyden mittauskone on laboratoriollla käytössä oli tarkoitus mitata myös ympyrämäisyydet vastaavilta kohdilta MZ -menetelmällä ja suotimella 1-150. Tappitulkki oli määrä mitata akkreditoidun mittauspaikan mittavälineille tyypillisen mittausohjeen mukaisesti.



Kuva 1. Mittauskohteiden paikat ja suunnat

3. OSALLISTUJAT JA AIKATAULU

Vertailumittauksen aikatauluksi oli alustavasti suunniteltu kevät 2003 alkaen viikosta 15 siten, että mittausajaksi tulisi aina 2 viikkoa. Jälki-ilmoittautuneiden laboratorioden takia kierrosaika venyi 4 viikkoa siten, että vertailu kesti viikot 15 - 26. Vertailumittaukseen osallistuvat dimensionaalisten suureiden akkreditoituista kalibrointilaboratorioista seuraavat:

- K003 Tampereen Teknillinen yliopisto, Tuotantotekniikan laitos
- K009 Finnair Oy, Mittalaitetarkastus
- K044 Raahen Osaamiskeskus Oy, Pohjois-Suomen Kalibrintikeskus
- K027 Rauman ammatti-instituutti, kalibrointilaboratorio

Lisäksi vertailumittaukseen osallistuvat:

- Inspecta Oy, Mittaus
- Etelä-Karjalan ammattikorkeakoulu, täydennyskoulutus ja kehityspalvelu, Kaakkois-Suomen Kalibrintikeskus

4. MITTAUSOHJEET

Osallistujille lähetetyt mittausohjeet ja raportointiohjeet sekä käsittelyohjeet on liitteissä 1 ja 2.

Mittausohjeissa todetaan, että mittaustulos ilmoitetaan mittauspaikan tavallisella kalibrointitodistuksella sekä lähetyksessä liitteenä olleella tuloslomakkeella. Mittausepävarmuus tulee ilmoittaa laajennettuna epävarmuutena 95 %:n luotettavuustasolla (normaalisti $k = 2$) kunkin mittaustuloksen yhteydessä. Lisäksi tulosten yhteydessä pitää ilmoittaa käytettyyn mittauslaitteeseen/laitteisiin liittyvät perustiedot.

Ohjeissa pyydetään ilmoittamaan Mittatekniikan keskuksen, mikäli tulkissa havaitaan vakavia vaurioita. Pienemmät naarmut pyydetään raportoimaan tulosten yhteydessä.

5. SIIRTONORMAALIEN STABIILIUUS JA VERTAILUARVO

Vertailulaboratoriona toimi Mittatekniikan keskus pituuden kansallisena mittanormaallilaboratoriona. Mittaukset suoritettiin maaliskuun 2003 ja elokuun 2003 välillä sekä yksi uusintamittaus syyskuussa. Mittatekniikan keskus suoritti vertailumittauksen sarjasta ensimmäisen ja viimeisen mittauksen sekä yhden lisämittauksen. Halkaisijamittauksessa vertailumittauksena käytettiin MIKESin mittausten keskiarvoa. Ympyrämäisyysmittauksessa jälkeinpäin todettiin ensimmäisen keväisen mittauksen mittauskohdan olleen sen verran väärä, että vertailumittana käytettiin vain elokuun tuloksia.

Siirtonormaali oli vertailumittauksessa stabiili ja sen käsittely vertailumittauksessa johti vain vähäisiin naarmuihin, jotka eivät vaikuttaneet mittausten onnistumiseen.

6. TULOKSET

Yleisen käytännön mukaisesti kullekin laboratoriolle on annettu kirjaintunnus niin, että tuloksia ei voida suoraan yhdistää tiettyyn laboratorioon. Laboratorioiden ilmoittamat tappitulkin halkaisijat eri kohdissa ja ympyrämäisyysvirheet verrattiin referenssiarvoihin. Yhteenveto halkaisija- ja ympyrämäisyysmittauksista mittaus-epävarmuuksineen (95 % luotettavuusväli) on esitetty taulukossa 1 ja kuvissa 1 - 9. Taulukossa 2 ilmoitettu normalisoitu virhe E_n on laskettu julkaisussa EA Interlaboratory Comparison, EAL-P7, EA- 2/03:1996 esitetyllä kaavalla:

$$E_n = \frac{x_{LAB} - x_{ref}}{\sqrt{U_{LAB}^2 + U_{ref}^2}}$$

jossa

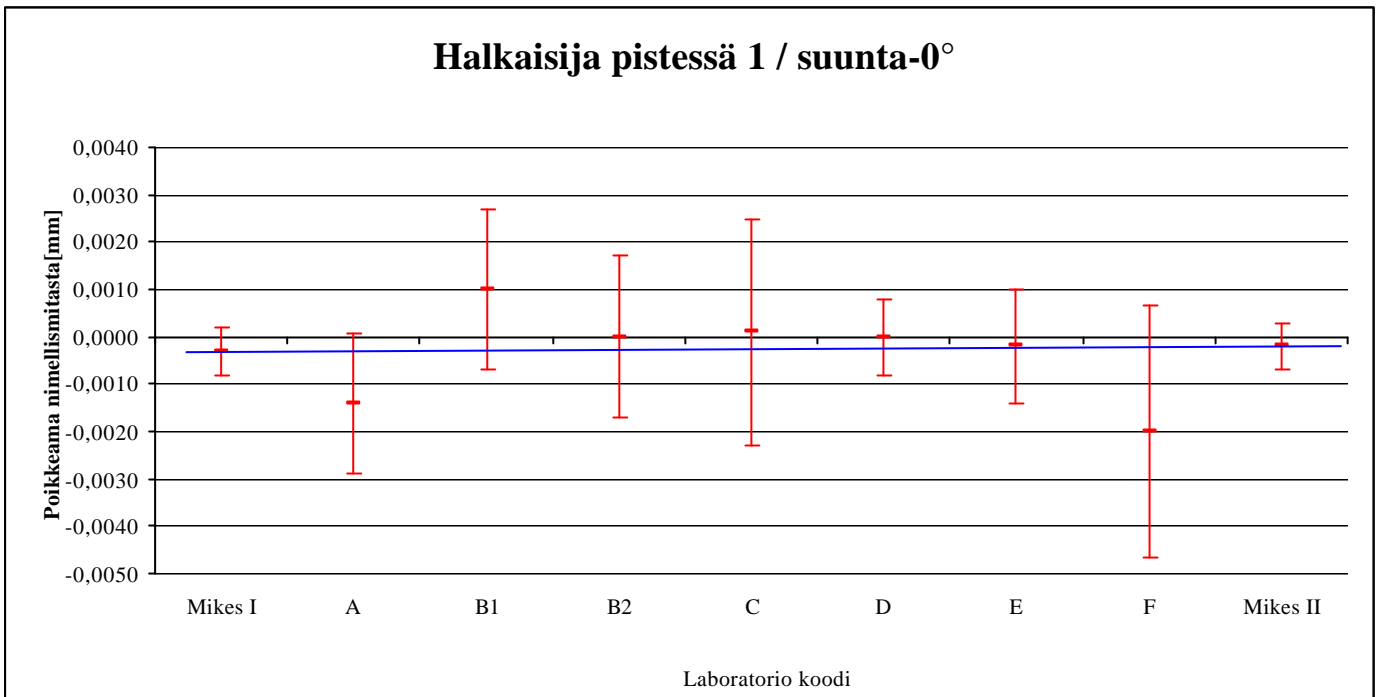
- x_{LAB} laboratorion mittaustulos
- x referenssiarvo
- U_{LAB} laboratorion ilmoittama tuloksen laajennettu epävarmuus
- U referenssiarvon laajennettuepävarmuus

Taulukko 1. Laboratorioiden kolmelta kohdalta ilmoittamat tappitulkin halkaisijamitat ja ympyrämäisyysvirheet.

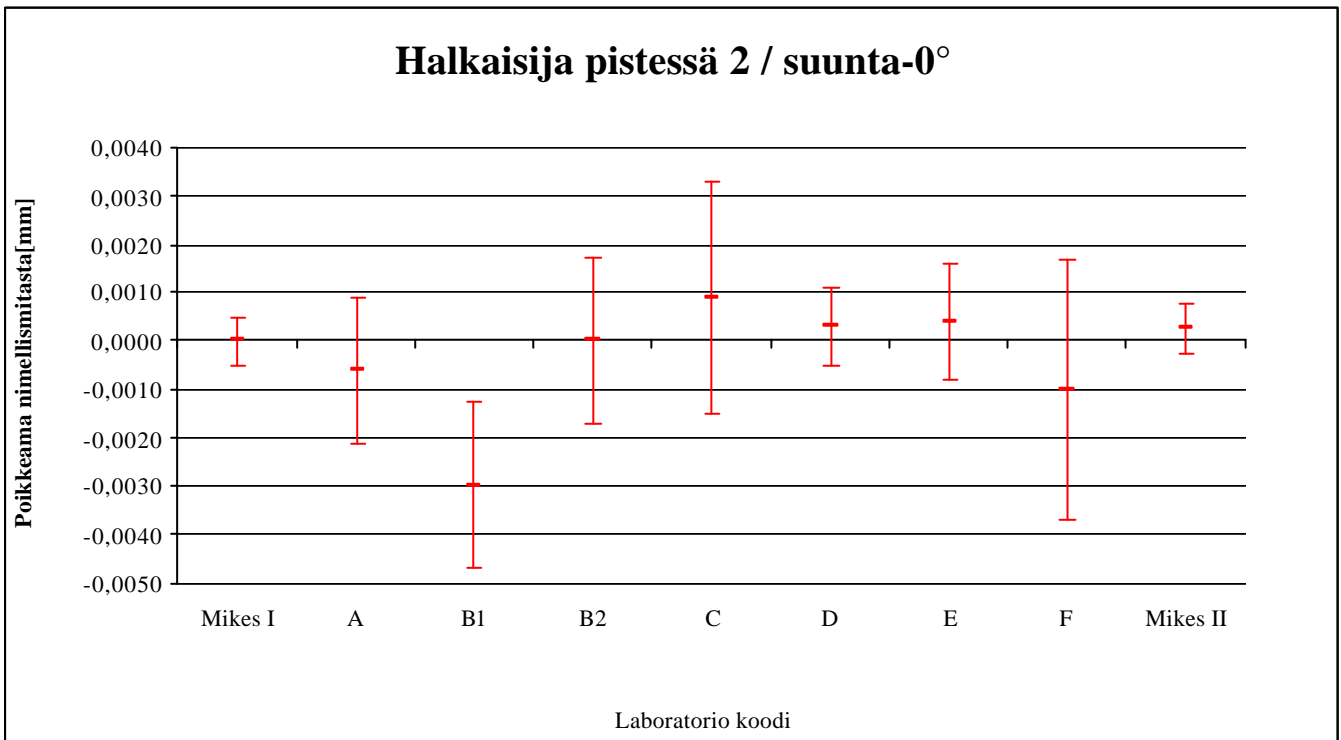
Halkaisija [mm]	25	Mikes 1	A	B1	B2	C	D	E	F	Mikes 2
Mittauskohta 1	0°	24,9997	24,9986	25,0010	25,0000	25,0001	25,0000	24,9998	24,998	24,9998
Mittauskohta 1	90°	24,9996	24,9987	25,0010	25,0000	24,9957	25,0000	24,9999	24,9980	24,9997
Mittauskohta 2	0°	25,0000	24,9994	24,9970	25,0000	25,0009	25,0003	25,0004	24,999	25,0003
Mittauskohta 2	90°	25,0000	24,9993	24,9970	25,0000	24,9981	25,0003	25,0005	24,999	25,0002
Mittauskohta 3	0°	24,9998	24,9991	24,9970	25,0000	25,0002	24,9999	24,9998	24,999	24,9997
Mittauskohta 3	90°	24,9996	24,9990	24,9970	24,9990	24,9994	25,0000	24,9999	24,998	24,9996
Epävarmuus ± [µm]		0,5	1,49	1,71	1,71	2,4	0,8	1,2	2,67	0,5
Ympyrämäisyys [mm]										
Mittauskohta 1		0,30	0,24	0,68	0,27	0,39	0,60	0,29		0,28
Mittauskohta 2		0,29	0,12	0,70	0,25	0,35	0,14	0,17		0,17
Mittauskohta 3		0,22	0,24	1,07	0,25	0,32	0,28	0,27		0,25
Epävarmuus ± [µm]		0,10	0,56	0,13	0,13	0,3	0,15	0,26		0,10

Taulukko 2. Laboratorioiden tulosten poikkeamat referenssiarvoista (xlab-xref), tulosten laajennettu epävarmuus Uc ja laskettu En arvo.

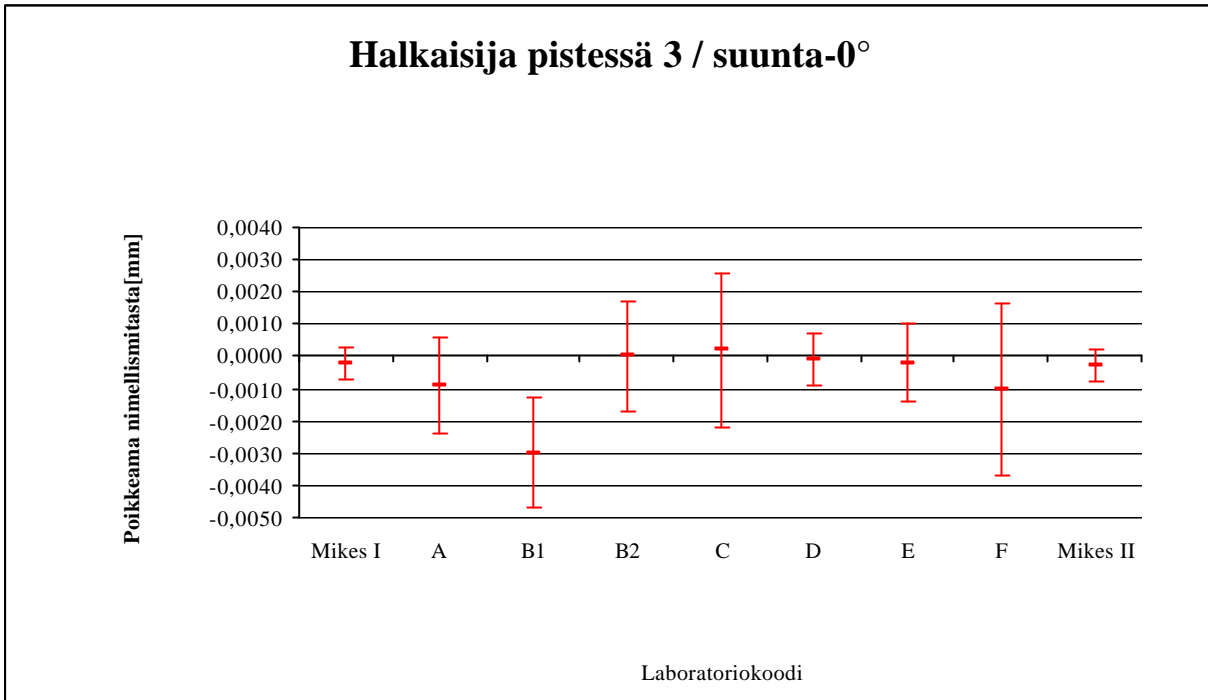
Mittauskohta		A	B1	B2	C	D	E	F	
1 / 0°	0°	xlab-xref [μm]	-1,2	1,2	0,2	0,3	0,2	0,0	-1,8
		Uc [μm]	1,49	1,71	1,71	2,40	0,80	1,20	2,67
		En	-0,74	0,69	0,13	0,14	0,25	0,03	-0,65
1 / 90°	90°	xlab-xref [μm]	-1,0	1,3	0,3	-4,0	0,3	0,2	-1,7
		Uc [μm]	1,49	1,71	1,71	2,40	0,80	1,20	2,67
		En	-0,62	0,75	0,19	-1,62	0,35	0,18	-0,61
2 / 0°	0°	xlab-xref [μm]	-0,8	-3,2	-0,2	0,7	0,1	0,2	-1,2
		Uc [μm]	1,49	1,71	1,71	2,40	0,80	1,20	2,67
		En	-0,49	-1,78	-0,09	0,30	0,14	0,18	-0,43
2 / 90°	90°	xlab-xref [μm]	-0,8	-3,1	-0,1	-2,0	0,2	0,4	-1,1
		Uc [μm]	1,49	1,71	1,71	2,40	0,80	1,20	2,67
		En	0,53	-1,76	-0,08	-0,83	0,18	0,28	-0,42
3 / 0°	0°	xlab-xref [μm]	-0,6	-2,7	0,3	0,5	0,2	0,1	-0,7
		Uc [μm]	1,49	1,71	1,71	2,40	0,80	1,20	2,67
		En	-0,40	-1,53	0,15	0,19	0,18	0,05	-0,27
3 / 90°	90°	xlab-xref [μm]	-0,6	-2,6	-0,6	-0,2	0,4	0,3	-1,6
		Uc [μm]	1,49	1,71	1,71	2,40	0,80	1,20	2,67
		En	-0,38	-1,46	-0,34	-0,08	0,42	0,23	-0,59
Ympyrämäisyys [mm]									
1		xlab-xref [μm]	-0,04	0,40	-0,01	0,11	0,32	0,01	
		Uc [μm]	0,56	0,13	0,13	0,3	0,15	0,26	
		En	-0,07	2,40	-0,06	0,35	1,77	0,04	
2		xlab-xref [μm]	-0,05	0,53	0,08	0,18	-0,03	0,0	
		Uc [μm]	0,56	0,13	0,13	0,3	0,15	0,26	
		En	-0,088	3,231	0,488	0,569	0,166	0,000	
3		xlab-xref [μm]	-0,01	0,82	0,00	0,07	0,03	0,02	
		Uc [μm]	0,56	0,13	0,13	0,3	0,15	0,26	
		En	-0,018	5,000	0,000	0,221	0,166	0,072	



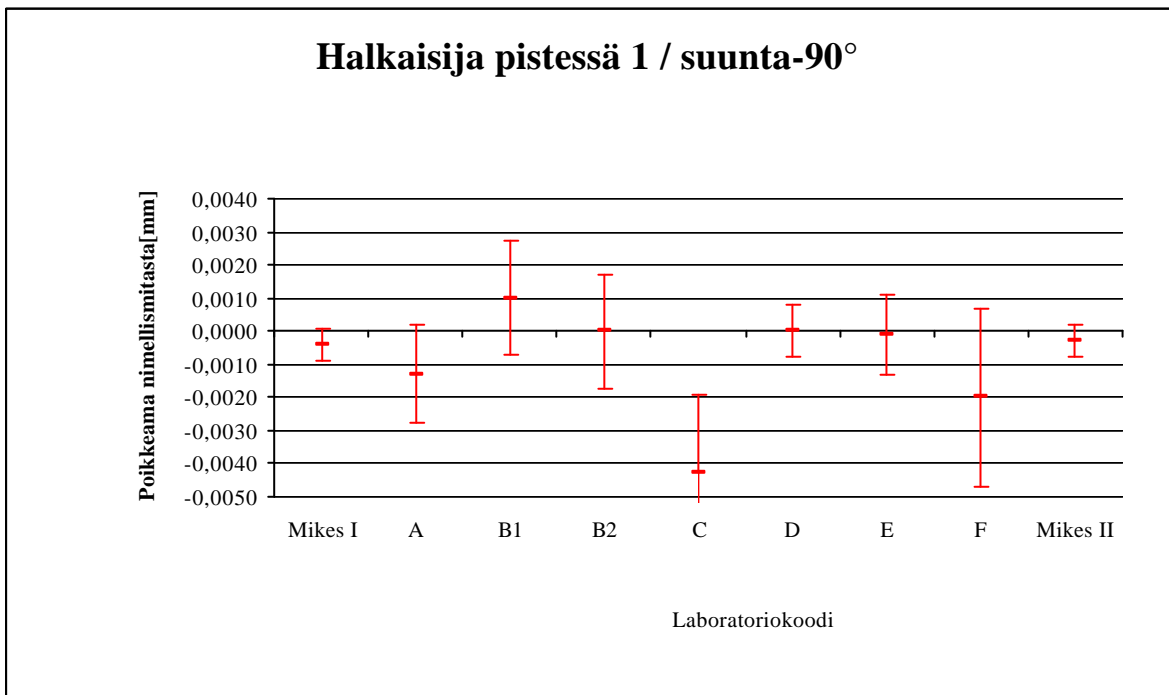
Kuva 1. Halkaisijamittaukset kohdassa 1 suunnassa 0°, laboratorioden laajennettu mittausepävarmuus osoitettu pystypalkeilla.



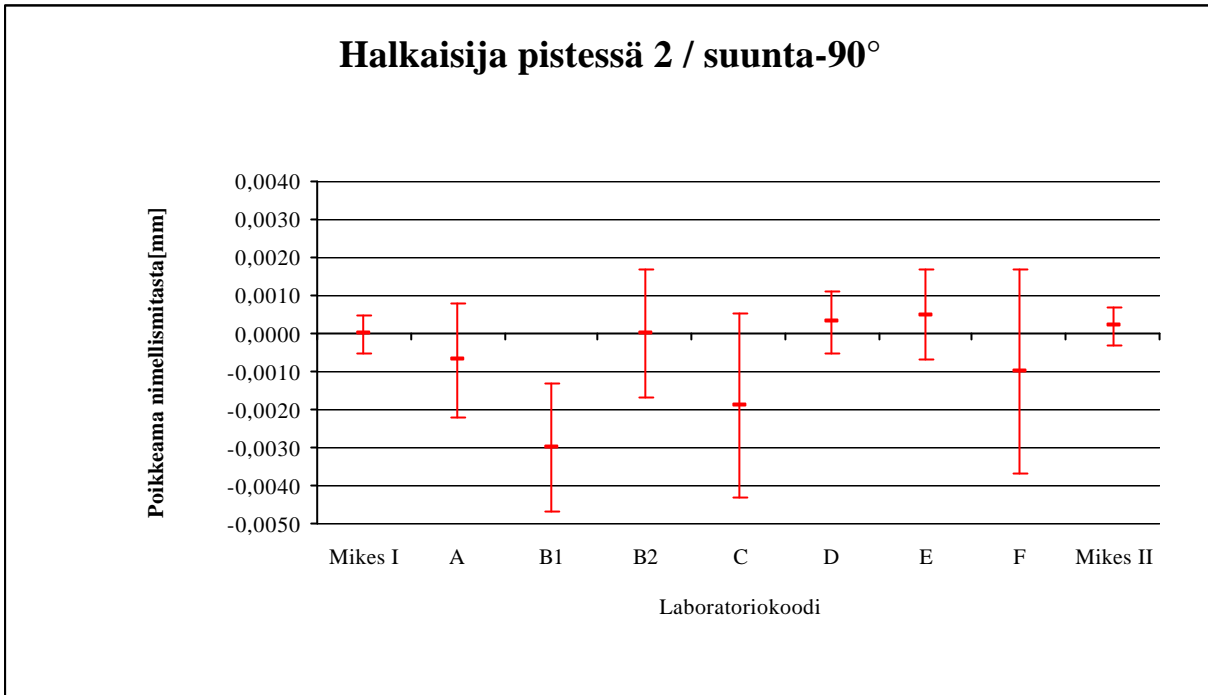
Kuva 2. Halkaisijamittaukset kohdassa 2 suunnassa 0°.



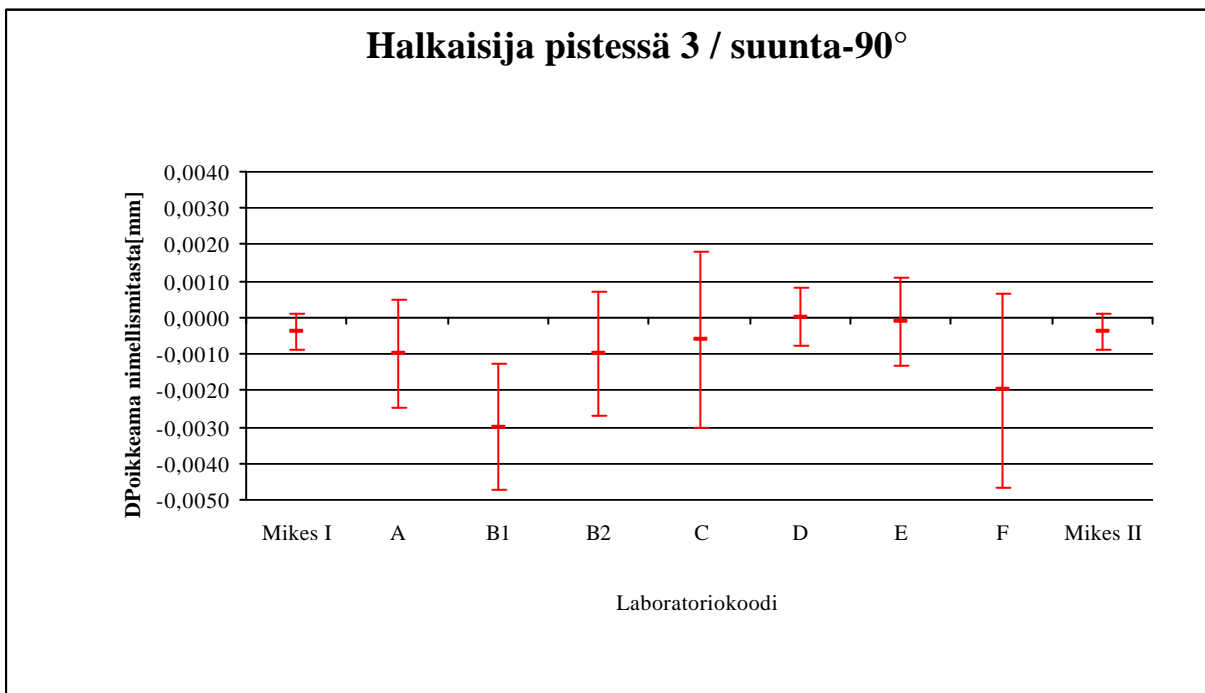
Kuva 3. Halkaisijamittaukset kohdassa 3 suunnassa 0°.



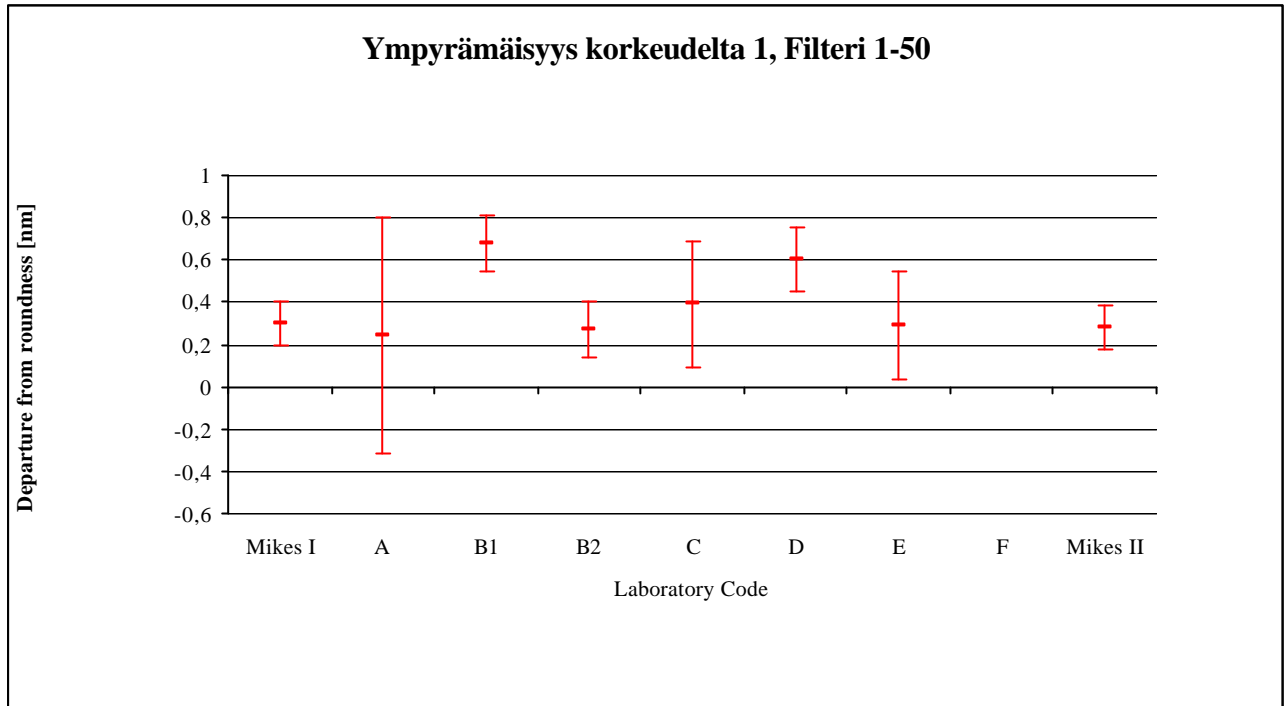
Kuva 4. Halkaisijamittaukset kohdassa 1 suunnassa 90°.



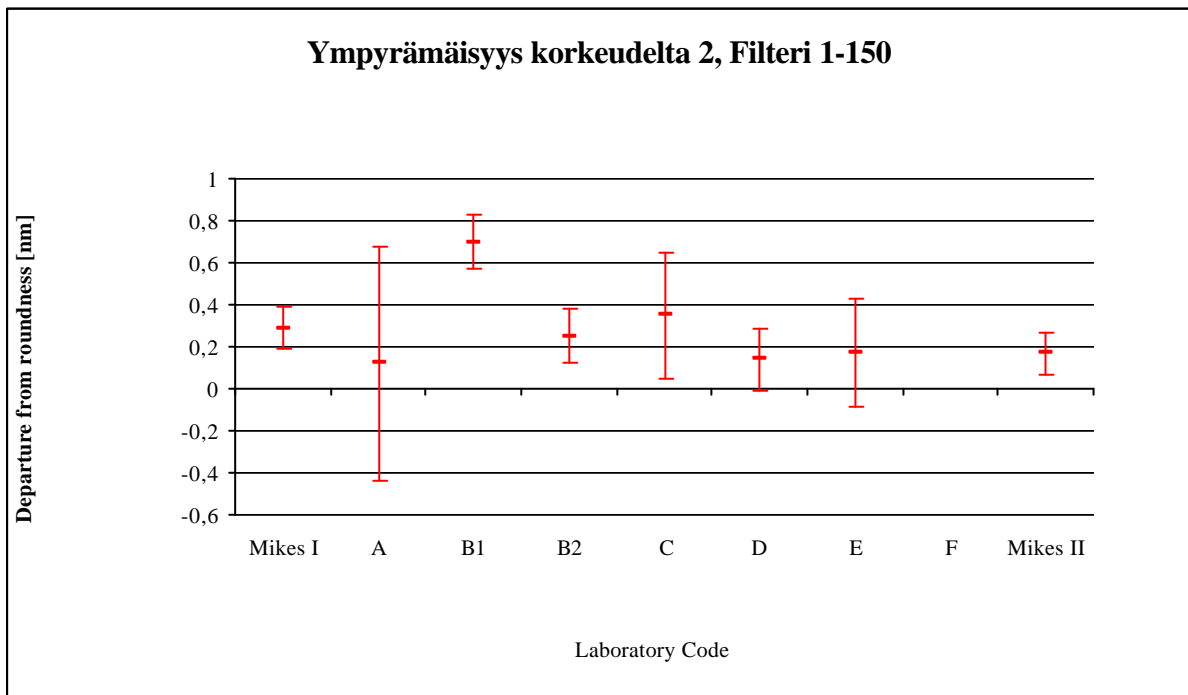
Kuva 5. Halkaisijamittaukset kohdassa 2 suunnassa 90°



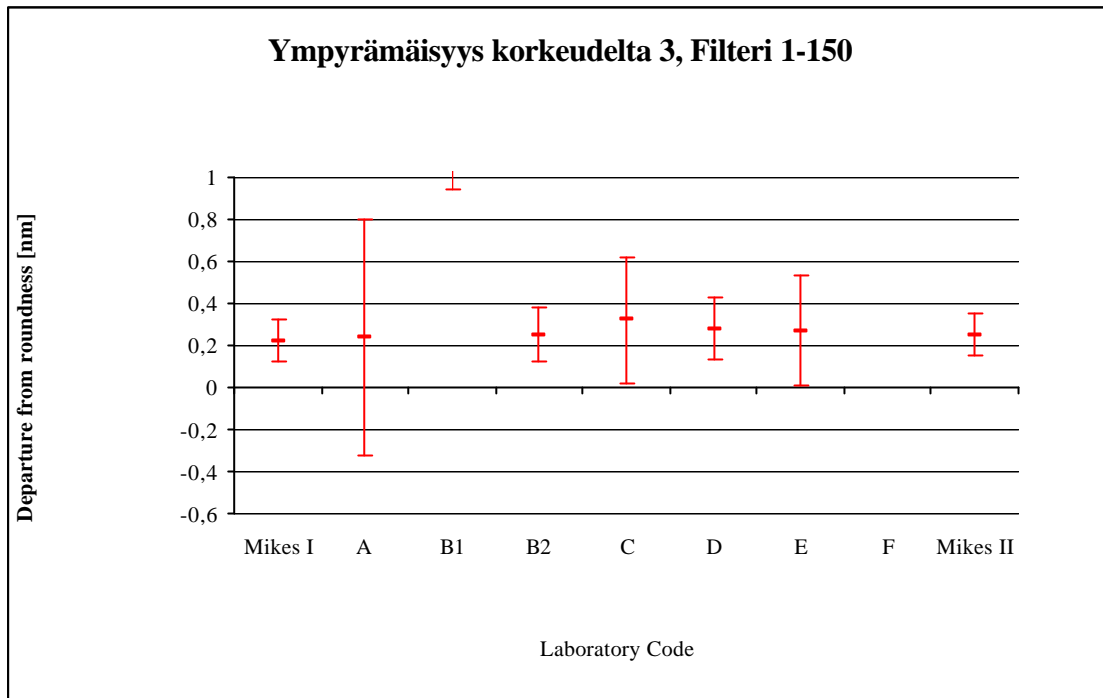
Kuva 6. Halkaisijamittaukset kohdassa 3 suunnassa 90°



Kuva 7. Ympyrämäisyysmittaukset kohdassa 1.



Kuva 8. Ympyrämäisyysmittaukset kohdassa 2.



Kuva 9. Ympyrämäisyysmittaukset kohdassa 3.

7. TULOSTEN TARKASTELU

Vertailumittauksen tulosta pidetään hyväksyttävänä, jos normalisoidun poikkeaman E_n itseisarvo on pienempi kuin 1. Taulukosta 2 ilmenee, että pääsääntöisesti laboratorioiden mitaamat halkaisijat poikkeavat vertailuarvoista poikkeaman epävarmuuden verran. Laboratoriolla B1 ylitys oli systemaattinen kaikissa mittauksissa, niin halkaisijassa kuin ympyrämäisydessäkin. Tämän laboratorion normalisoidut virheet E_n olivat huomattavan suuria (max. 6,3). Tästä syystä kyseiseen laboratorioon otettiin välittömästi yhteyttä virheiden syyn selvittämiseksi. Korjaustoimenpiteiden jälkeen laboratorio mittasi kappaleen uudestaan saaden vain hyväksyttäviä tuloksia. Vertailuarvoja ei missään vaiheessa kerrottu laboratoriolle.

Kahdella muulla laboratoriolla oli yksi normalisoidun virheen E_n arvon 1 ylitys, toisella halkaisijan mittauksessa ja toisella ympyrämäisyysmittauksessa. Eli kaiken kaikkiaan ensimmäisellä kierroksella hyväksyttäviä mittauksia oli 83,3 % (45/54 kpl). Yhden laboratorion uusintakierroksen jälkeen hyväksyttävien määrä kohosi arvoon 96,3 %:iin (52/54 kpl).

Halkaisijamittausten E_n arvojen perusteella laboratoriolla D ja F on hieman liian varovainen epävarmuusarvio mittausepävarmuus. Ympyrämäisyysmittausten E_n arvojen perusteella laboratorioilla A ja E on varsin varovainen epävarmuusarvio.

Laboratorion B on syytä kiinnittää huomiota mitaajien koulutukseen vastaavien virheiden välttämiseksi tulevaisuudessa. Järjestelmälliset sisäiset vertailumittaukset on syytä ottaa käyttöön laadunvarmistustoimena.

8. YHTEENVETO

Vertailumittaus osoitti, että niinkin yksinkertaisessa mittauksessa kuin tappitulkin kalibroinnissa on monia epäonnistumisen mahdollisuutta. Halkaisijamittauksessa kriittisiä kohtia ovat nollaus, mittaussasento (sivusta - ylhäältä), mittauskärki (pinta-ala ja mahdollinen kohtisuoruusvirhe), mittaussvoima ja lämpötila. Lisäksi ympyrämäisyysmittauksessa tehdään usein virheitä kappaleen vaatimuksessa ja keskityksessä.

Laboratorioiden mittaamat tappitulkin halkaisijoiden ja ympyrämäisyyksien poikkeamat vertailuarvoista olivat pienempiä kuin ilmoitettu mittausepävarmuus (korjausten jälkeen) 96,3 %:ssa mittauksista.

9. VIITTEET

EA Interlaboratory Comparison, EAL-P7, EA- 2/03:1996

Viimeisimmät julkaisut

- J1/2000 T. Weckström, *Intercomparison of temperature standards of Lithuania and Finland*
- J2/2000 *Finnish National Standards Laboratories FINMET, Annual Report 1999*
- J3/2000 K. Riski, *Mass comparison M3*
- J4/2000 K. Riski, *Mass and volume comparisons at MIKES*
- J5/2000 A. Lassila ja S. Nevalainen, *Nanometritason mittaukset, kartoitus*
- J6/2000 M. Rantanen, *Nordic intercomparison in gauge pressure range 0 ... 2MPa*
- J1/2001 S.I. Niemelä, *Mikrobiologian kvantitatiivisten viljelymääritysten mittausepävarmuus*
- J2/2001 J. Järvinen (Ed.), *Finnish National Standards Laboratories. Annual Report 2000*
- J3/2001 T. Weckström, *Lämpötilan vertailumittaus L 11, PT100-anturin sovitusten kehittämisen*
- J4/2001 B. Hemming, *High precision roundness. Euromet project 533. Final Report*
- J5/2001 M. Heinonen, *Kaasun kosteuden mittaaminen*
- J6/2001 M. Heinonen, S. Bell, K. Flakiewics, G. Mamontov, P.K. Birch, A. Steiner and S. Ugus, *Intercomparison of humidity standards*
- J7/2001 M. Rantanen, *Comparisons in the pressure range from 50 kPa to 350 kPa*
- J1/2002 T. Weckström, *Lämpötilan mittaus*
- J2/2002 J. Järvinen, M. Heinonen and A. Lassila (Eds.), *Annual Report 2001*
- J3/2002 S.I. Niemelä, *Uncertainty of quantitative determinations derived by cultivation of microorganisms*
- J4/2002 A. Lassila, *Calibration of gauge blocks by mechanical comparison. Final Report*
- J5/2002 V. Köning, A. Pitkälampi, M. Rantanen and S. Semenoja, *Comparison of spinning rotor vacuum gauges between MIKES, SP and Vaisala Oyj*
- J6/2002 M. Rantanen and S. Semenoja, *Calibration of a 130 Pa CDG: Comparison of the results from MIKES PTB and MKS Deutschland*
- J1/2003 J. Järvinen, M. Heinonen and A. Lassila (Eds.), *Annual Report 2002*
- J2/2003 K. Riski, *Basic formula for mass calibration*
- J3/2003 M. Rantanen, *Intercomparison in gauge pressure range 0..60MPa*
- J4/2003 S.I. Niemelä, *Uncertainty of quantitative determinations derived by cultivation of microorganism*
- J5/2003 K. Riski, *Mass comparison: 5 kg laboratory balance*
- J6/2003 M. Rantanen, *Comparison in absolute pressure range 0,02hPa ... 10hPa between MIKES and Beamex*
- J7/2003 M. Heinonen, *Comparison of dew-point temperature calibrations*
- J8/2003 J. Järvinen (Toim.), *Kansallinen mittanormaali-toiminta ja sen kehittäminen 2003 - 2007*
- J1/2004 J. Järvinen et al. (Eds.) *Annual Report 2003*
- J2/2004 S. Semenoja, M. Rantanen, J. Leskinen and A. Pitkälampi, *Comparison in the absolute pressure range 100 kPa to 2100 kPa between MIKES and Vaisala Oyj*
- J3/2004 V. Esala, *Pituuden vertailumittaus D6, loppuraportti*



- PL 239, Lönnrotinkatu 37, 00181 HELSINKI
- Puh. 09 616 761 • Fax 09 616 7467
- www.mikes.fi