

TMMOB Makine Mühendisleri Odası Eskişehir Şubesi
III.Ulusal Ölçümbilim Kongresi 7-8 Ekim 1999 Eskişehir-Türkiye

PASLANMAZ ÇELİKTEN İMAL EDİLEN KÜTLE STANDARTLARI İÇİN TEMİZLEME PROSEDÜRLERİ

Sevda Kaçmaz, Lenara Cholakh

TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü P.K.21, 41470 Gebze-TÜRKİYE

Tel: 262 646 63 55

E-mail: sevda@ume.tubitak.gov.tr

E-mail: lenarac@ume.tubitak.gov.tr

ÖZET

Bu çalışmada, UME Mekanik Atölye'si tarafından imal edilen nominal değeri 20 g olan dört adet silindir biçimindeki paslanmaz çelik ağırlıklara BIPM, soxhlet yoğunlaştırma ve organik solventlerle temizleme yöntemleri uygulanmış olup, bu yöntemlerin ağırlıkların görünür kütledeki değişimine ve de stabilisasyon zamanına olan etkileri incelenmiştir. Ayrıca bu üç farklı yöntem birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Anahtar sözcükler: Görünür kütle değişimi, stabilisasyon zamanı, ağırlık

1. GİRİŞ

Uluslararası birim sistemindeki yedi temel birimden biri olan kütle birimi kilogram, "Bureau International des Poids of Measures" BIPM' de muhafaza edilen %90 Platin - %10 Iridyum alaşımından imal edilmiş, 39 mm çapında ve yüksekliğindeki silindir biçiminde olan uluslararası kilogram prototipin kütlesi olarak tanımlanır [1]. Uluslararası kilogram prototipi, 10^{-9} dan daha iyi doğruluğa sahip olan kütle komparatörlerini kullanmak suretiyle BIPM'in referans standartlarının kalibrasyonunda kullanılır. Öyle ki bu referans standartları da %90 Platin - %10 Iridyum alaşımından imal edilmiş olan ulusal kilogram prototiplerin kalibrasyonunda kullanılır. Metre konvensiyonuna dahil olan her bir ülkenin sahip olduğu ulusal kilogram prototipler de paslanmaz çelikten imal edilmiş olan primer kütle standartlarının kalibrasyonunda kullanılarak, izlenebilirlik ulusal kilogram prototipi üzerinden sağlanır.

Yüksek hassasiyetli kütle belirlemelerinde, ölçümü yapılacak olan kütle standartlarına ve de teraziye etki eden çevresel tesir parametrelerinin etkisi hesaplamalara dahil edilmelidir. Öyle ki bu tesir faktörleri; ölçüm laboratuvarındaki hava basıncının, nemin ve sıcaklığın değişimi, elektrostatik yüklenmeler, manyetik alan, titreşim, ağırlığın yüzey koşulları ve temizliği. Ağırlığın yüzey temizliği ve pürüzlülüğü kütlenin uzun süreli kararlılığına ve de adsorpsiyon davranışlarına etki edebilir [2].

Biz bu çalışmamızda, yüksek hassasiyetli kütle belirlemelerinde etkili olan ağırlığın yüzey temizliğinin, ağırlığın görünür kütle değişimine ve de stabilisasyon zamanına olan etkileri incelenmiştir.

2.DENEY DÜZENEĞİ

Ölçümler için maksimum kapasitesi 50 g olan (Sartorius, C50S) tek kefeli, elektromanyetik kuvvet kompensasyonu ilkesine göre çalışan, çözünürlüğü 1 µg ve standart sapması 1 µg dan daha az olan kütle komparatörü kullanılmıştır. Ayrıca bu terazi aynı nominal değerlikli dört ağırlığı tartabilecek bir döner tabağa sahiptir. Bu deney çalışmasında, "Ulusal Metroloji Enstitü'sü" UME Mekanik Atölye'si tarafından imal edilmiş, yoğunluğu 7909 kgm⁻³ (Ağırlığın yoğunluk değeri UME Hacim-Yoğunluk Laboratuvar'ı tarafından belirlenmiştir) ve de yüzey pürüzlülüğü 0.1µm (Ağırlığın yüzey pürüzlülüğü UME Boyutsal Laboratuvar'ı tarafından belirlenmiştir) olan silindir biçimindeki, nominal değeri 20 g olan dört adet paslanmaz çelik ağırlıklar(MK1-MK4) kullanılmıştır.

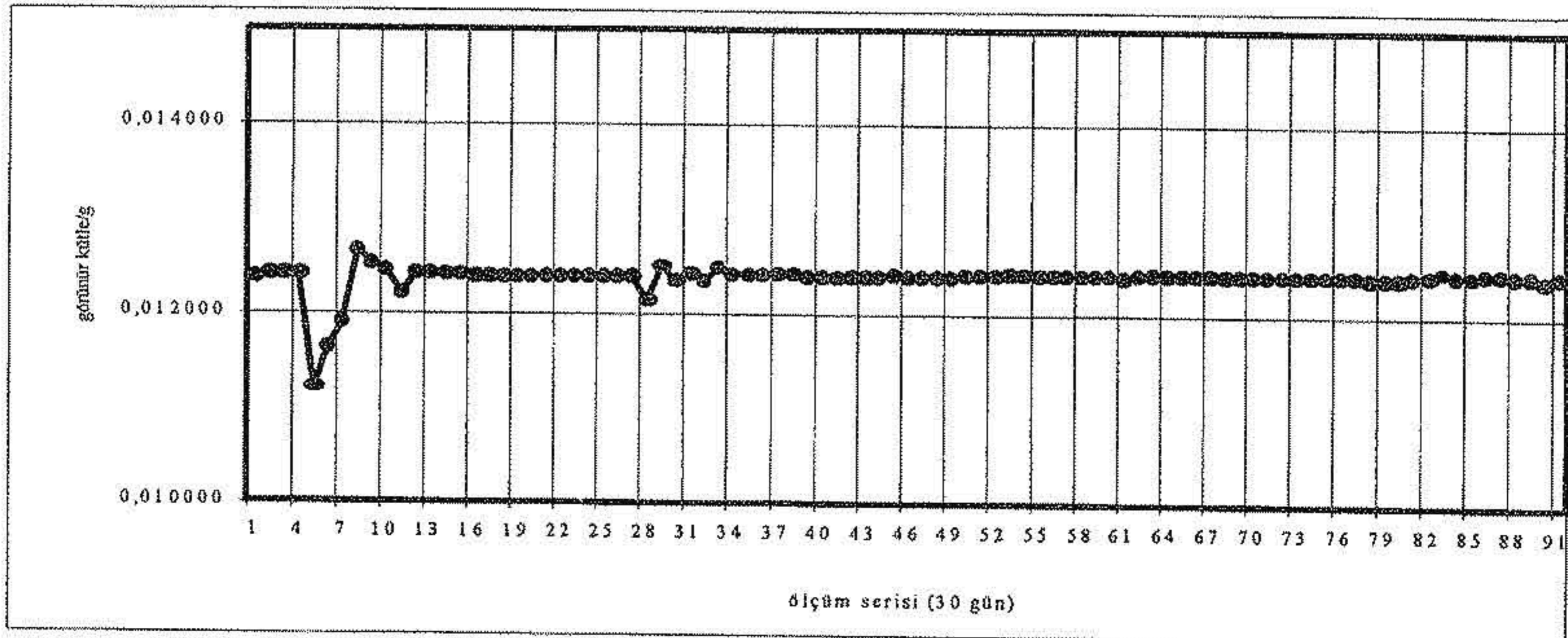
İmal edilen bu ağırlıklardan MK1, referans standardı olarak kullanılmıştır ve ölçüm süresince terazi içerisinde muhafaza edilmiştir. Diğer ağırlıklar (MK2-MK4) BIPM [3], soxhlet yoğunlaştırma [4] ve organik solventle temizleme [5] yöntemlerine göre temizlenmiştir. Ağırlıklar yerine geçirme yöntemine göre(R-T-T-R, R; referans, T; test) [6] her gün üç kez (altı çevrim) ölçülmüş olup, yaklaşık bir ay boyunca doksan ölçüm verisi alınmıştır.

Ölçümler süresince ölçüm laboratuvarındaki ortam şartları kaydedilmiştir. Ölçüm laboratuvarındaki ortalama ortam şartları; sıcaklık:20 °C ± 0.5, nem: %60 ± %5, basınç: 995 mb ± 1 mb.

3.DENEYSEL SONUÇLAR

MK2-MK4 ağırlıklarının görünür kütle değişimleri Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3 de görülmektedir.

Şekil 1. de ; BIPM yöntemine göre temizlenen MK2 ağırlığının yaklaşık otuz gün boyunca yapılan ölçümler sonucundaki görünür kütledeki değişimleri görülmektedir. Ölçümün ikinci gününde, ağırlığın görünür kütlede ani değişimler gözlenmiştir. Böyle bir değişimin nedeni ise, ölçüm laboratuvarındaki sıcaklık ve nemin anlık değişimindedir. Temizlik öncesi MK2 ağırlığın görünür kütle değeri 12,270 mg idi, temizlik sonrasında ilk on beş gün içerisinde ağırlığın temizlik öncesinde belirlenen görünür kütle değerinden sapması 0,030 mg'dır. Otuz gün süresince bu değer 0,010 mg olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. BIPM Yöntemine Göre Temizlenen MK2 Ağırlığın Zamana Bağlı Görünür Kütle Değişimi

REFERANS HALKA-TAMPON MASTAR (*SETTING RING-PLUG GAUGES*) KALIBRASYONU ve EUROMET 384 NOLU PROJE KARŞILAŞTIRMALARI, ÖLÇÜM SONUÇLARI

Tanfer Yandayan¹, İlker Meral², Okhan Ganioglu³

TÜBİTAK-ULUSAL METROLOJİ ENSTİTÜSÜ (UME)

PK.21 41470 Gebze/KOCAELİ

Tel: 262 646 63 55

¹E-Mail: tanfer@ume.tubitak.gov.tr

²E-Mail: meral@ume.tubitak.gov.tr

³E-Mail: okang@ume.tubitak.gov.tr

ÖZET

Referans halka ve tampon mastarlar, ölçme cihazlarının (Örneğin Üniversal Ölçüm Cihazı) set-up işleminde kullanılan, cihaza izlenibilirlik sağlayan uzunluk standartlarıdır. Referans olarak ölçüm cihazları vasıtasıyla, diğer ürün veya standartların boyutlarının bulunmasında kullanılırlar. Referans halka ve tampon mastarlar, uzunluk biriminin dağıtımını sağlayan önemli uzunluk standartları olduğundan dolayı, doğru bir şekilde kalibre edilmelidir. Bu tip standartların kalibrasyonunda, belirsizlik hesaplarında izlenecek yolların tespit edilmesi ve ulusal metroloji enstitülerinin bu konudaki yeteneklerinin bulunabilmesi için, 1996 yılının Ağustos ayı içinde EUROMET 384 projesi adı altında Euromet üyesi 13 Avrupa ülkesi arasında karşılaştırmalı ölçümlere gidilmiştir. Proje 1998 yılında tamamlanmış ve alınan sonuçlar, 1999 sonbaharında BIPM tarafından koordine edilen, Ulusal metroloji enstitülerinin denkliliğini göstermek amacıyla "karşılıklı tanıma anlaşması" nın bir hükmü olarak rapor edilecektir. UME bu ölçümlere katılarak başarılı sonuçlar elde etmiş ve diğer ulusal metroloji enstitüleri arasındaki yerini bilimsel olarak kanıtlamıştır. Bildiride referans halka ve tampon mastarların EAL normlarına göre kalibrasyon yöntemi, belirsizlik hesapları ve katılan ülkelerin karşılaştırma sonuçları sunulacaktır.

Anahtar Sözcükler: Çap ölçümleri, halka-tampon mastar, uluslararası karşılaştırmalar.

1. GİRİŞ

Parça boyutlarını, geometrik şekillerini ve bazen de parça yüzey kalitesini kontrol etmekte kullanılan, boyutları standart ölçülerde sabitleştirilmiş kontrol aletlerine genel olarak *mastar* denir. Bir mastar normal olarak sınır ölçülerini oluşturan ölçü ve şekilleri temsil eder.

Boyutsal ölçümlerde en yüksek seviye standart olarak kullanılan mastar blokları (Gauge Block) haricindeki mastarları, özelliklerine göre ve uygulama alanlarına göre çok çeşitli sınıflara ayırmak mümkündür. Temel olarak iki grupta toplanabilir [1].

1) Referans Mastarlar (*Setting Ring and Plug Gauges*): Bu mastarlar, standartlara göre hazırlanmış en hassas mastarlardır. İsimlerinden anlaşıldığı gibi bazı cihazların (örneğin Üniversal Ölçüm Cihazı) set-up işleminde kullanılarak uzunluk biriminin dağıtımını sağlayan mastarlardır. Geçer/Geçmez kısmı yoktur ve hiçbir zaman ürün ya da herhangi bir standardın, kontrolünde el ile alıştırma yöntemleri ile kullanılmaz. Sadece referans olarak, ölçüm

cihazları aracılığıyla diğer ürün ya da referans standartların boyutlarının bulunmasında kullanılır. Nominal çapın standart bir ölçüde olmasına gerek yoktur. Sadece düşük bir belirsizlik ile gerçek değer bilinmesi yeterlidir. Önemli olan çevre boyunca ideal yuvarlaklıktaki sapma değerinin, yani yuvarlaklık (roundness) değerinin küçük olması gerekir. Bu masterlar için tipik yuvarlaklık değerleri 0.06 - 0.3 µm arasında değişir ve sadece halka ve tampon master olarak bulunurlar.

II) Atölye Masterları: Bu masterlar, endüstride üretilen parçaların kontrolü sırasında elle alıştırma yöntemi ile kullanılan masterlardır. Atölye masterlarının ürün yelpazesi geniştir ama temel olarak üç grupta toplanırlar;

- a) İç çap masterları (Tampon masterlar)
- b) Dış çap masterları
 - 1) Halka masterlar
 - 2) Çatal (Ay) masterlar (Sabit ve Ayarlı çatal masterlar)
- c) Özel masterlar
 - 1) Profil masterları
 - 2) Radyus masterları
 - 3) Kare tampon masterları
 - 4) Derinlik masterları

Bu bildirinin amacı referans masterların kalibrasyon yöntemlerini açıklayarak, EUROMET 384 nolu proje kapsamında gerçekleştirilen karşılaştırma sonuçlarını aktarmaktır.

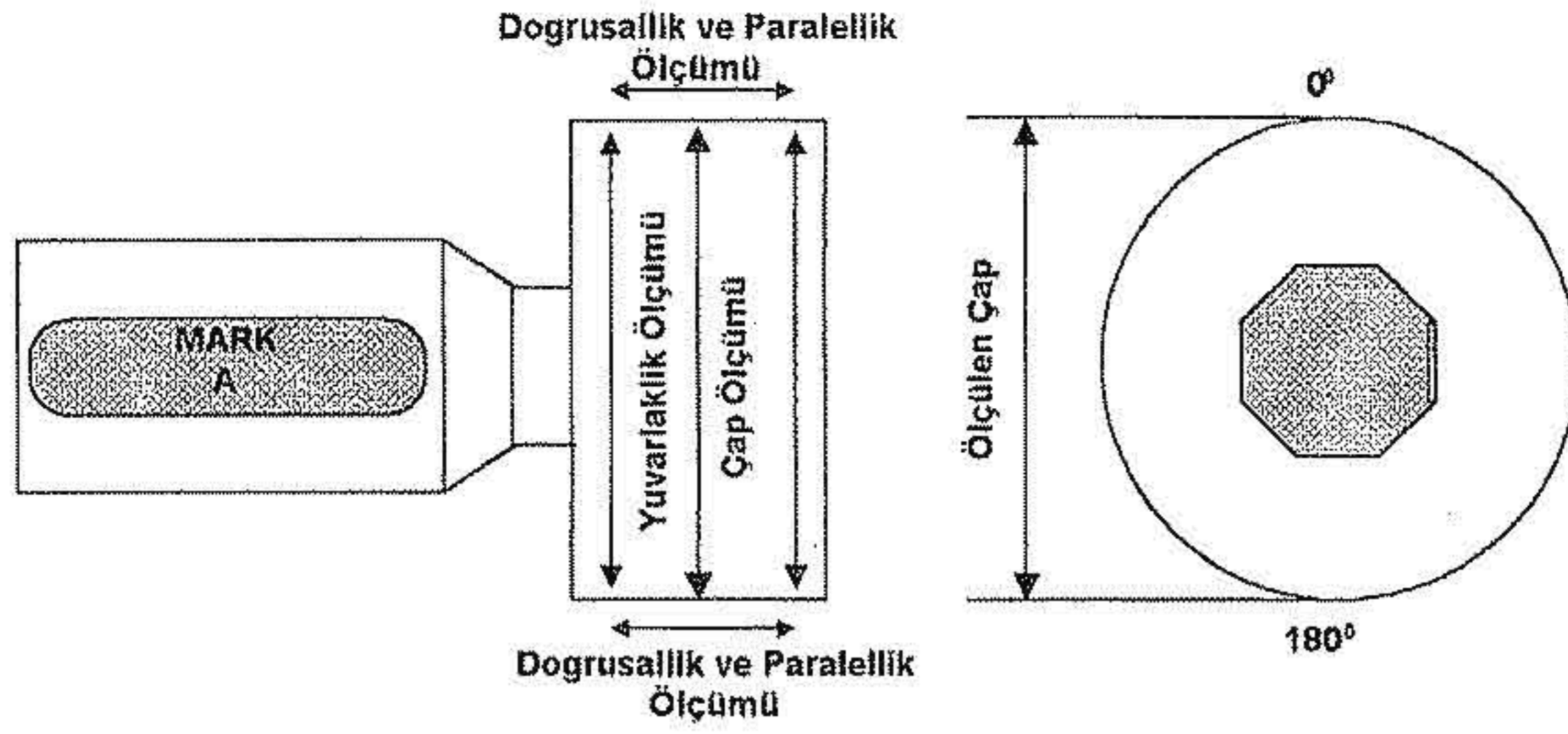
2. EAL-G29'A GÖRE HALKA-TAMPON MASTER KALİBRASYON YÖNTEMİ

Referans Halka ve Tampon Master Kalibrasyonu: Hassas ölçme cihazlarının set-up işleminde kullanılan bu masterların esas görevi, ölçümü yapılacak herhangi bir ürünün veya masterın boyutunun bulunmasında standart olarak kullanılmaktır. Bazen hassas ölçüm cihazlarının (Örneğin CMM'lerin) açılış verifikasyonlarının yapılmasında da kullanılırlar. Bu yüzden üzerindeki işaretli yerlerden çap boyutunun düşük bir belirsizlikle bilinmesi gerekir. Bu boyutun düşük bir belirsizlikle bilinebilmesi için referans masterların iyi bir forma sahip olmaları gerekir. Bu yüzden bu tip masterların kalibrasyonunda form ölçümleri yapılmalı ve değerleri hesaba katılmalıdır.

UME Boyutsal Laboratuvarı'nda yapılan çap ölçümleri, Mahr 828 CIM Universal Ölçme cihazı kullanılarak, halka master kalibrasyonunda referans halka masterlar (Ø40 mm ve Ø3 mm), tampon master kalibrasyonunda referans Johnson master blokları kullanılarak yapılmaktadır. İç çap ölçümlerinde 200 mN ile 400 mN, dış çap ölçümlerinde ise 1 N ile 2 N'luk kuvvetler uygulanmaktadır. Ölçüm sonuçları, 0 N'luk kuvvete çevrilerek verilmektedir.

2.1. Tampon Masterlarda Çap Ölçümleri

Masterın ölçümünden önce, cihaz üzerinde gerekli ayarlamalar yapılır. Cihaz, ölçülecek masterın nominal çap ölçüsüne yakın ölçüye sahip bir master bloğu ya da referans tampon masterı kullanılarak set edilir. Tampon master, işaretli yüzeyi üste kalacak şekilde cihazın ölçüm tablası üzerine yatık sabitlenir (Şekil 1). Sabitleme işlemi tampon masterlarda V-yatakları kullanarak, pimlerde ise "pin vise"lar kullanılarak yapılmaktadır. Sabitleme konumuna göre maksimum ve minimum noktalar bulunarak ölçüm yapılır.



Sekil 1. Çap ölçümü ve form ölçümlerinin (yuvarlaklık, doğrusallık ve paralellik) yapıldığı noktalar.

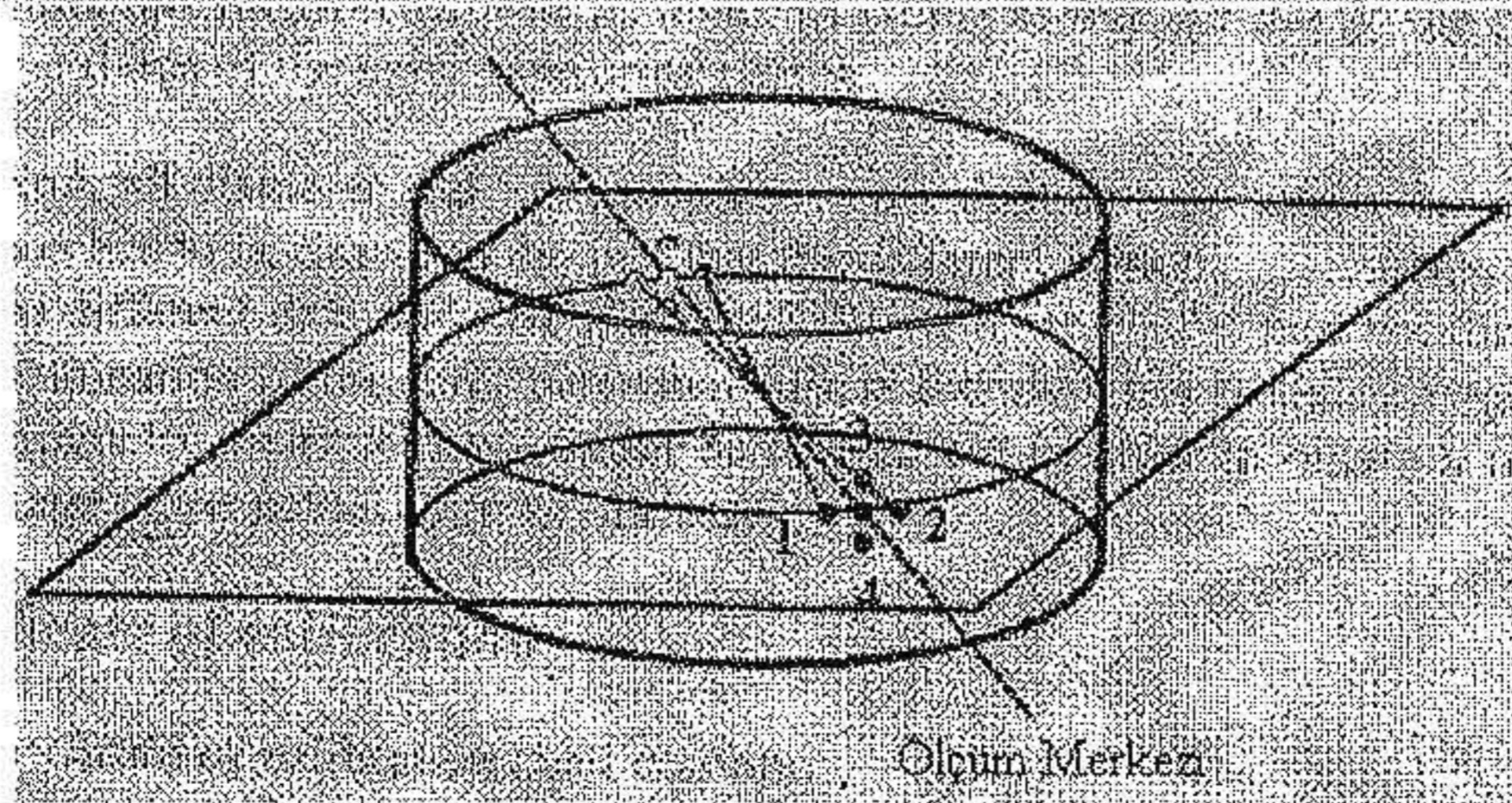
2.2. Halka Mastarlarda Çap Ölçümleri

Mastarın ölçümünden önce, cihaz üzerinde gerekli hazırlıklar yapılır ve referans standart halka mastar kullanılarak set edilir. Halka mastar, işaretli yüzeyi üstte kalacak ve yazıları operatöre bakacak şekilde cihazın ölçüm tablası üzerine yatık olarak sabitlenir. Sabitleme konumuna göre maksimum ve minimum noktaları bulunur ve ölçüm halka mastarın kenar yüksekliğinin orta noktasından yapılır.

2.3. Mastarların Form Ölçümü

Mastarların kalitelerini anlamak ve boyut ölçülerinin ne kadar kesin olduğunu saptamak için gereklidir. Elde edilen form ölçüm sonuçları, boyut ölçümünün belirsizlik hesaplamalarında kullanılır. Form ölçümleri, form ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilir. Yuvarlaklık ölçümleri, tabla üzerine yerleştirilen mastarların gerekli ayarları yapıldıktan sonra, mastarın kenar yüksekliğinin orta noktası, orta noktanın üstü ve altından mastar boyutuna göre seçilen üç noktadan yapılır (Genelde 5 mm). Paralellik ve doğrusallık ölçümleri, yuvarlaklık ölçümlerinin yapıldığı yüksekliklerin arasında, 0° - 180° ölçüm kenarlarında gerçekleştirilir.

Eğer form ölçümü çeşitli nedenlerden dolayı yapılamıyorsa (form ölçme cihazı yoksa), test edilen mastarın formu hakkında bilgi edinilemediğinden, yapılan çap ölçümünün doğruluğundan emin olmak için farklı bir ölçüm yöntemi kullanılır. Böylece form bozukluğundan gelen hata ölçüm belirsizliğine eklenir. Tablaya yerleştirilen referans mastarın ölçülecek çap kısmının orta noktasından ölçüm alınır. Mastar ölçüm eksenine göre 10° sağa ve 10° sola tabla üzerinde çevrilerek (Şekil 2, 1. ve 2. noktalar) iki ölçüm daha alınır. Orta noktanın 1 mm altından ve üstünden de (Şekil 2, 3. ve 4. noktalar) ölçüm alınarak toplam beş ölçüm yapılır [2].



Şekil 2. Ölçülen beş noktanın profili. 1.ve 2. nokta 10° 'lik sapma ile sağdan ve solda alınan ölçümler. 3. ve 4. Noktalar 1mm üst ve alt alınan ölçümler

3. EUROMET 384 NOLU PROJE

Silindiriksel çap standartlarının kalibrasyonu için en önemli karşılaştırma 1996 ve 1998 yılları arasında yapılmıştır. OFMET pilot laboratuvar olarak, toplam 12 Avrupa Ulusal Metroloji Enstitüsü (Tablo 1) bu projeye katılmıştır. Ekim 1995'te EUROMET kontak kişileri silindiriklik standartlarının kalibrasyonu için laboratuvarlar arası karşılaştırmanın (EUROMET proje no 384) yapılmasına karar vermişlerdir. Karşılaştırma, nominal çapları 2.5 mm ve 90 mm arasında olan üç halka ve iki tampon masterların laboratuvarlara sırayla gönderilerek Ağustos 1996'da başlamıştır. Karşılaştırma, pilot laboratuvarın ölçümüyle başlamış ve pilot laboratuvarın ölçümüyle son bulmuştur. Herhangi bir sonuç katılımcıya gönderilmeden önce, bu karşılaştırma "regional key comparison" (Bölgesel metroloji kurumlarının aralarında yaptığı ve daha sonra CIPM karşılaştırmaları olarak yapılacak karşılaştırmalar), EUROMET.L-K4, olarak ilan edilmesine karar verilmiştir [3].

Tablo 1. Karşılaştırmaya katılan ülke ve metroloji enstitüleri

Kod	Ülke	Laboratuvar, yer ve kontak kişiler
CMI	ÇEK CUMHURİYETİ	Czech Metrological Institute, Prague, Petr Balling
GUM	POLONYA	Central Office of Measures, Warszawa, Zbigniew Ramotowski
IMGC	İTALYA	Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Torino, Attilio Sacconi
LNE	FRANSA	Laboratoire National d'Essais BNM/LNE, Paris, Georges Vailleau
NMi	HOLLANDA	NMi Van Swinden Laboratorium, AR Delft, Gerard Kotte
NPL	İNGİLTERE	National Physical Laboratory, Teddington, David Flack
OFMET	İSVEÇ	Swiss Federal Office of Metrology, Wabern, Ruedi Thalmann
OMH	MACARİSTAN	Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest Kálmán, Tomanyiczka
PTB	ALMANYA	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Frank Lüdicke
SP	İSVİÇRE	Swedish National Testing and Research Institute, Borås, Mikael Frennberg
UME	TÜRKİYE	Ulusal Metroloji Enstitüsü, Gebze-Kocaeli, Tanfer Yandayan
VTT	FINLANDIYA	VTT Manufacturing Technology, Espoo, Heikki Lehto

3.1. Ölçümü Yapılan Standartlar

Beş silindiriksel standart ölçülmüştür (Tablo 2). Kullanılan standartların kalitesini anlamak ve ölçülen standartların belirsizliğinin hesaplanması için form ölçümleri pilot laboratuvar (OFMET) tarafından yapılmıştır. Belirtilen üç ölçme yüksekliğinde yuvarlaklık profili, ölçüm yönünde oluşturulan hat üzerinde doğrusallık profili ve iki doğrusallık profilinin paralellik ölçümü. Kullanılan standartların nominal boyutları ve form değerleri Tablo 2'de verilmiştir. [3]

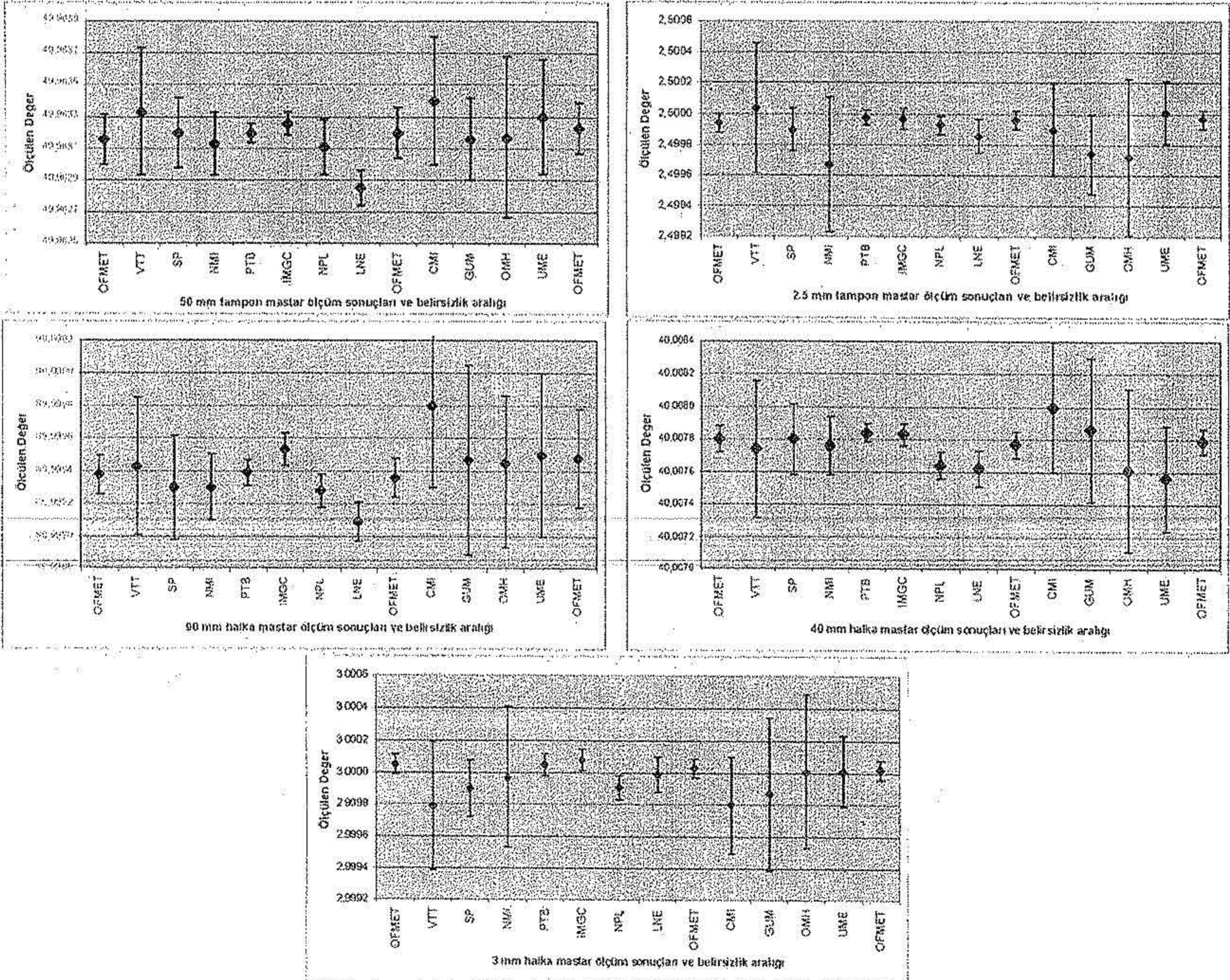
Tablo 2. Ölçümü yapılan referans masterlar

TİP	Üretici ve Seri No	Boyutlar Malzeme	Yuvarlaklık	Doğrusalık	Paralellik
HALKA (RING)	Microyol EAM00796	Ø 90 mm h 32.1 mm Çelik	5 mm ↑ 0.08 µm Orta 0.08 µm 5 mm ↓ 0.10 µm	0° 0.13 µm 180° 0.07 µm	180°/0° 0.16 µm
HALKA (RING)	SIP N° 41182	Ø 90 mm h 32 mm Çelik	5 mm ↑ 0.07 µm Orta 0.08 µm 5 mm ↓ 0.06 µm	0° 0.08 µm 180° 0.07 µm	180°/0° 0.10 µm
HALKA (RING)	Microyol 133	Ø 3 mm 4.7 mm Tungsten Karbid	1 mm ↑ 0.07 µm Orta 0.10 µm 1 mm ↓ 0.06 µm	0° 0.03 µm 180° 0.03 µm	180°/0° 0.08 µm
TAMPON (PLUG)	SIP N° 41727	Ø 50 mm h 25 mm Çelik	5 mm ↑ 0.16 µm Orta 0.15 µm 5 mm ↓ 0.23 µm	0° 0.09 µm 180° 0.07 µm	180°/0° 0.09 µm
TAMPON (PLUG)	Diamond 02796	Ø 2.5 mm h 17.5 mm Çelik	5 mm ↑ 0.09 µm Orta 0.10 µm 5 mm ↓ 0.07 µm	0° 0.04 µm 180° 0.04 µm	180°/0° 0.04 µm

Her standardın çap ölçümü, işaret çizgileri yönünde yuvarlaklık ölçümlerinin yapıldığı üç değişik yükseklikte yapılmıştır ve sadece orta yükseklikteki sonuçlar raporlanmıştır. Ölçüm sonuçları; 0 N'luk kuvvete göre, referans sıcaklık 20 °C'ye göre ve sıcaklıkla uzama katsayısı, $11.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ alınarak hesaplanmıştır.

3.2. Ölçüm Sonuçları

Standartların orta noktasında yapılan çap ölçüm sonuçları ve genişletilmiş belirsizlik ($k=2$), her referans için aşağıda verilmiştir [3].



OFMET (İSVİÇRE)
VTT (FİNLANDİYA)
SP (İSVEÇ)
NMI (HOLLANDA)
PTB (ALMANYA)
IMGC (İTALYA)

NPL (İNGİLTERE)
LNE (FRANSA)
CMI(ÇEK CUMHURİYETİ)
GUM (POLONYA)
OMH (MACARİSTAN)
UME (TÜRKİYE)

4. BELİRSİZLİK BÜTÇESİ

Ölçüm belirsizliğinin hesaplanması "ISO-Guide to expression of uncertainty in measurement" a göre yapılmıştır.

Belirsizlik hesaplanmasında aşağıdaki faktörler alınmıştır.

- Ölçüm tekrarlanabilirliği,
- Referans standart (Referans halka master ve Johnson master bloklar),
- Ölçme cihazının skala hatası,
- Kalibre edilen masterın form hatası,
- Sıcaklık,
- Kosinüs hatası: Ölçme yönüne göre skalanın ayarlanması,
- Maksimum çap arama noktası hatası,
- Cihazın dijital çözünürlüğü.

5. SONUÇ

Halka ve tampon masterların karşılaştırmaları bütün katılımcı ülkelerin denkliklerini görmeleri açısından çok faydalı olmuştur. Bu karşılaştırma, BIPM Key Comparison kuralları doğrultusunda, boyutsal metroloji alanında EUROMET dahilinde gerçekleştirilen ilk Key Comparison' dır.

EUROMET Project 384, Calibration of ring and plug gauges, adı altında karşılaştırmalı ölçümlerin sonucunda UME Türkiye'yi başarılı bir şekilde temsil etmiş ve diğer ulusal metroloji enstitüleri arasındaki yerini bilimsel olarak ispatlamıştır. UME tarafından yapılan çap ölçümlerinin güvenilirliği uluslararası alanda belgelenmiş olmaktadır. Karşılaştırma sonuçları, 1999 sonbaharında BIPM tarafından koordine edilen, Ulusal metroloji enstitülerinin denkliğini göstermek amacıyla "karşılıklı tanıma anlaşması" nın bir hükmü olarak rapor edilecektir.

6. KAYNAKLAR

1. O. Ganioglu, O. Yaman ve İ. Meral, BOY1A Eğitim Dökümanı, UME, Gebze, 1998
2. EAL-G29 Guidance Publication, Calibration of Ring and Plug Gauges, 1997
3. R. Thalman, EUROMET Project 384, Interlaboratory key comparison: Calibration of ring and plug gauges, Final Report (draft B), April 1999.