

UZUN MASTAR BLOKLARININ METROLOJİ VE İMALATTAKİ ÖNEMİ, TÜRKAK TARAFINDAN AKREDİTE LABORATUVARLARIN UZUN MASTAR BLOK KALİBRASYONU İÇİN DURUM ANALİZİ

Sibel Aslı AKGÖZ
Tanfer YANDAYAN

TÜBİTAK UME, Barış Mah. Dr. Zeki Acar Cad. Pk54, 41470 Gebze / Kocaeli, Türkiye
E-mail: asli.akgoz@tubitak.gov.tr; tanfer.yandayan@tubitak.gov.tr
Tel: 0262 679 5000 (İç hat: 5301, 5312)

ÖZET

Uzun master bloklar temel olarak, uzunluk birimi metrenin endüstriye aktarılmasında birinci seviye transfer standart olarak kullanılan ölçme elemanlarıdır. Bu nedenle kalibrasyonları ve kalibrasyon için verilen belirsizlik değerleri, cihazların uygunluk değerlendirilmesi aşamasında son derece önemlidir.

Bu bildiri Uzun master bloklar, uygulama alanları ve kalibrasyonları hakkında kısa bilgilendirme yapıldıktan sonra, ISO 14253 standardında açıklanan kabul kurallarına göre ölçüm sonucu ve belirsizlik değerinin, cihazlara ait tolerans değerleri için nasıl kullanılacağı anlatılacaktır. Anlatımlar sırasında, TÜRKAK tarafından uzun master blok kalibrasyonu alanında akredite edilmiş laboratuvarların beyan ettiği ölçme aralıklarına ve belirsizlik değerlerine göre yapılan analizler kullanılacaktır. Uzun master blok kalibrasyonu alanında, ülke genelinde değerlendirme yapılarak, kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda bilgilendirmelerde bulunulacaktır. TÜBİTAK UME tarafından TÜRKAK akredite laboratuvarlar için uzun master blok kalibrasyonu alanında düzenlenen karşılaştırma hakkında açıklamalar yapılarak, uzun master kalibrasyonu hizmeti alımı sırasında, kullanıcının ihtiyacı olan belirsizlik değeri ile kalibrasyon sertifikasında beyan edilen belirsizlik değerinin uygun olup olmadığını belirleyebilmesi için önerilerde bulunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Uzun master blokları, izlenebilirlik, karşılaştırmalı ölçümler, uygunluk değerlendirmesi

ABSTRACT

Long gauge blocks are considered as primary standard for dissemination of SI unit length "metre". Therefore, their calibration and associated uncertainties are very important particularly during conformity assessment of the devices. After short introduction of long gauge blocks and their use in industry, explanations will be made for use of measurement results and uncertainty values during conformity assessment process considering device specifications according to decision rules of ISO 14253. During explanations, analysis made using measurement range and uncertainty values of TÜRKAK accredited labs for calibration of long gauge blocks will be used. After evaluation of long gauge block calibration in Turkey, information will be given for the requirements. A short status report will be delivered about intercomparison measurement conducted by TUBITAK UME for TURKAK LABs on long gauge blocks and recommendations will be made for the use of uncertainty values in the calibration certificates according the requirements of the customers.

Key Words: Long gauge blocks, traceability, intercomparisons, conformity assesment

1. GİRİŞ

Boyutsal metrolojisinde yüksek hassasiyette gerçekleştirilen en önemli ve sık uygulanan kalibrasyonlardan biri master blok kalibrasyonudur.

Belirli standartlara uygun olarak üretilmiş, birbirine paralel iki düz ölçme yüzeyi arasında SI uzunluk birimi METRE' yi taşıyan 100mm- 1000mm nominal boydaki transfer ölçme elemanlarına uzun master blok denir. Uzun master bloklar için yaygın kullanılan standart, kısa master bloklarda olduğu gibi EN ISO 3650:98 "Geometrical Product Specifications – Length Standards- Gauge Blocks " uluslararası standardıdır.

Uzun master bloklar temel olarak uzunluk birimi metrenin endüstriye aktarılmasında birinci seviye transfer standart olarak kullanılır. Diğer kullanım alanları arasında üç boyutlu koordinat ölçme cihazlarının kalibrasyonları gibi, ölçme alet ve cihazlarının kontrol, ayar ve kalibrasyonlarında referans olarak kullanılmaları sayılabilir. Ayrıca üretim aşamasında nihai ürünün kontrolünde, ölçümünde, bazen de ölçme cihazları ile birlikte kullanılarak (ölçüm cihazının setlenmesi, ayarlanması vs.) izlenebilirliğin nihai ürüne direkt olarak aktarılmasını sağlamaktadırlar.

Uzun master blokların kalibrasyonlarının yapılmasında, interferometrik ve mekanik karşılaştırma yöntemi olmak üzere 2 farklı yöntem bulunmaktadır. Interferometrik yöntem birinci seviye olmasına rağmen, bazen ikinci seviye ölçüm yöntemi olan mekanik yöntemi uygulayan cihazlarla, bazı interferometrik yöntem uygulayan cihazlardan daha iyi belirsizlik değeri elde edilebilmektedir.

Kullanıcının ihtiyacına uygun olan belirsizlik değeri, uzun masterların kullanılacağı uygulamaya göre belirlenmelidir. Bu konuda kabul kurallarının açıklandığı ISO 14253 "Geometrical product specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment -- Part 1: Decision rules for proving conformity or nonconformity with specifications" [1] standardından faydalanılmaktadır.

Diğer önemli bir konuda uzun master blok kalibrasyonu hizmetinin akreditasyonudur. Akreditasyonun bir şartı olarak, laboratuvarların verdiği hizmetlerin performans kontrolleri ISO 17025 standardının gereği olan karşılaştırmalı ölçümler ile yapılır. TÜBİTAK UME bu kapsamda ülke içinde kısa master blokların mekanik karşılaştırma yöntemiyle kalibrasyonu konulu karşılaştırma düzenlenmiş, 2008 yılında raporu yayımlanmıştır [2]. Uzun master blokları alanında da ayrı bir karşılaştırma düzenlenmiş ve 2013 yılı ortasında tamamlanmıştır [3]. Bu karşılaştırma sonuçları yakında TUBİTAK UME web sayfasında açıklanacaktır [4].

Kullanıcının ihtiyacı olan belirsizlik değeri ile kalibrasyon sertifikasında beyan edilen belirsizlik değerinin uygun olup olmadığını belirleyebilmesi gerekmektedir. Bu amaçla bildiride uzun master bloklar için kalibrasyon hizmeti veren TÜRKAK tarafından akredite ikinci seviye laboratuvarların verdikleri belirsizlik ve ölçme aralıklarına göre analizleri gerçekleştirilmiş, bu verilerin CMM ve Mikrometre kalibrasyonları üzerindeki etkileri ISO14253 standardına göre incelenmiştir. Ayrıca 2012-2013 yıllarında TÜBİTAK UME tarafından düzenlenen uzun master blokları karşılaştırması hakkında kısaca bilgilendirme yapılarak, mevcut durum kısaca rapor edilmiştir.

2. UZUN MASTAR BLOKLARI, KULLANIM ALANLARI VE KALİBRASYONLARI

Belirli standartlara uygun olarak üretilmiş, birbirine paralel iki düz ölçme yüzeyi arasında SI uzunluk birimi METRE' yi taşıyan (100-1000) mm nominal boydaki transfer ölçme elemanlarına uzun master blok denir (**Şekil 1**).



Şekil 1. Dikdörtgen ve Daire Kesitli Uzun Master Bloklar



Şekil 2. Uzun Master Blok Komparatörü(UME)

Uzun master bloklar için yaygın kullanılan standart, kısa master bloklarda olduğu gibi EN ISO 3650:98 "Geometrical Product Specifications – Length Standards- Gauge Blocks" uluslararası standardıdır [5]. Bunun dışında ASME B89.1.9-2002 "Gauge Blocks" Amerikan standardı master bloklar için kullanılan diğer bir standarttır [6].

Uzun master blok kalibrasyonlarının yapılmasında, interferometrik ve mekanik karşılaştırma yöntemi olmak üzere 2 farklı yöntem kullanılmaktadır.

- 1- Interferometrik Yöntem
- 2- Mekanik karşılaştırma yöntemi

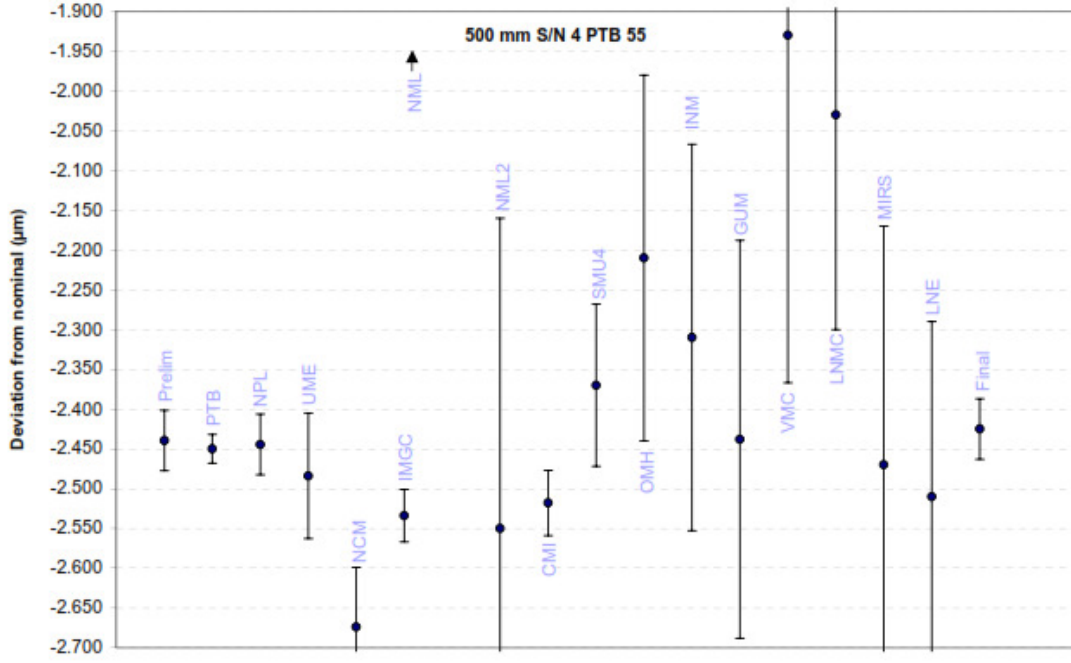
İnterferometrik yöntem; ışığın dalgaboyu referans alınarak, uzunluk birimi "metre" nin master bloğuna aktarıldığı, birinci seviye bir ölçümdür. Bunun için kullanılan cihazlar master blok interferometreleridir. Standartlarda da belirtildiği üzere kısa master bloklar dikey oryantasyonda ölçülebilmelerine karşın, uzun master blokları yatay oryantasyonda ölçülür. Eğer dikey olarak yerleştirilip ölçülecekse, yer çekiminin etkisiyle masterın ağırlığından dolayı boyunda kısalma meydana gelecektir, bu nedenle uzun master blokların dikey oryantasyonda ölçülmesi durumunda malzemesi, boyu ve yerçekimi dikkate alınarak boyda düzeltme yapılması gerekmektedir. İnterferometrik yöntem birincil seviye mutlak bir ölçüm yöntemidir ve genelde düşük bir belirsizlik ile sonuç bulunur.

Mekanik karşılaştırma yönteminde ise test masterın boyu, referans olarak kullanılan diğer bir uzun master bloğun boyuna bağlı olarak bulunur. Ölçülmek istenilen test master bloğun boyu, prob ile referansın boyu ve testin boyu arasındaki ölçülen fark gereken düzeltmeler yapıldıktan sonra eklenerek bulunur.

Bu yöntem ikinci seviye bir ölçümdür ve belirsizliği normal şartlarda (referans masterın belirsizliğine bağlı olduğu için) interferometrik yöntemden daha fazladır. Örneğin mekanik ölçümde referans olarak, interferometrik yöntemle ölçülmüş ve bu ölçümün belirsizliğini de taşıyan bir master blok kullanıldığında, gerçekleştirilen mekanik ölçümün belirsizlik değeri hesaplanırken referans master bloğun belirsizlik değeri de yeni ölçümün belirsizliğine bir katkıda bulunacaktır ve doğal olarak mekanik ölçümün belirsizlik değeri interferometrik olanıninkinden daha büyük olacaktır.

Ancak interferometrik yöntem birinci seviye olmasına rağmen, bazen ikinci seviye ölçüm yöntemi olan mekanik karşılaştırma yöntemi uygulayan cihazlarla, interferometrik yöntem uygulayan cihazların bazılarında daha iyi belirsizlik değeri elde edilebilmektedir. Normalde mekanik ölçümün belirsizliğinin, birinci seviye ölçümden daha fazla olması beklenir ama bunun tersi durumlar da söz konusu olabilir. Buna en güzel örnek, **Şekil 2**'de gösterilen UME Boyutsal Laboratuvarındaki Uzun master blok komparatörüdür. **Şekil 3**'te UME Boyutsal Laboratuvarının 2004 yılında uzun master bloklar ile ilgili katılmış olduğu EUROMET.L-K2 Uzun Master Bloğu karşılaştırmasındaki 500 mm master blok için katılımcı ülkelerin sonuçları ve belirsizlik değerleri verilmiştir. Bu karşılaştırmada UME dışındaki tüm ülkeler uzun master blokların kalibrasyonunu interferometrik olarak gerçekleştirmişti. Sadece UME

mekanik yöntem kullanmıştır. **Şekil 3**'teki grafikler incelendiğinde UME'nin belirsizlik değerinin interferometrik yöntemle ölçüm yapan çoğu ülkenin belirsizlik değerinden daha iyi olduğu, aynı zamanda UME sonuçlarının ortalamaya çok yakın olduğu da görülmektedir. UME'nin bu karşılaştırmada verdiği belirsizlik değeri gerçekte bu değerden daha da iyidir: Ölçümler sırasında sıcaklık stabilizasyonu $0,1^{\circ}\text{C}$ olmasına rağmen belirsizlik bütçesine (genel kullanımda talimatlarda $0,3^{\circ}\text{C}$ alınmasından dolayı) $0,3^{\circ}\text{C}$ olarak katılmıştır.



Şekil 3. UME'nin katıldığı Avrupa'da yapılan EUROMET.L-K2 Uzun Master Bloğu karşılaştırma sonuçları (UME'nin Mekanik karşılaştırma yöntemi ile, 500 mm master bloğu ölçümü), referans değerden sapma ve belirsizlik barları [4].

Örnekte verilen mekanik ölçüm yapan UME'nin belirsizlik değerinin interferometrik ölçüm yapan çoğu ülkenin belirsizlik değerinden çok daha düşük olmasının en önemli nedenleri:

1. Referans belirsizliğinin düşük olmasıdır: (300-1000) mm UME referanslarının kalibrasyonunu, bu alanda en düşük belirsizlikle interferometrik ölçüm yapan PTB'ye yaptırılmış olması,
2. Çok iyi ortam şartlarında bulunan, üst düzey hassasiyete sahip özel UME'nin komparatörünün yine çok iyi sıcaklık kontrolüne sahip olması ve kullanılan sıcaklık sensörlerinin de hassas ve düşük belirsizlikle kalibre edilmiş olmasıdır.

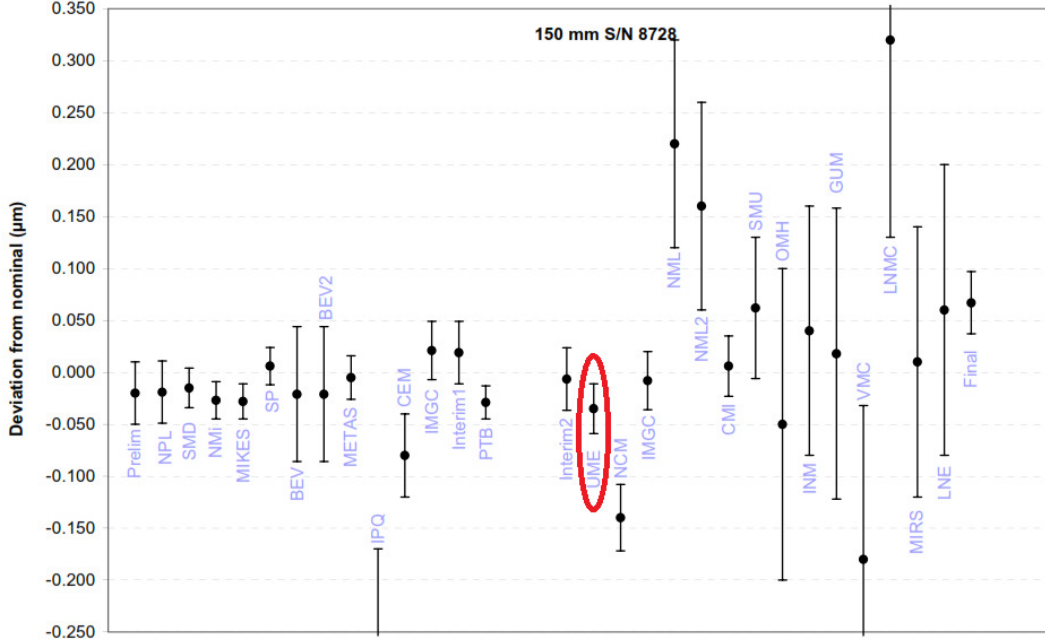
Bunların dışında ölçümü etkileyecek başka etkenler de mevcut olabilir. Bu sisteme göre değişim gösterir.

Hangi yöntem (interferometrik-mekanik) seçilirse seçilsin, önemli olan, belirsizlik değerinin belirleyici olarak kullanılmasıdır.

TÜBİTAK UME Boyutsal Laboratuvarı (100-300) mm arasındaki uzun master blokların kalibrasyonunu interferometrik yöntem kullanarak gerçekleştirmektedir. Bu konuda performansını katıldığı EUROMET.L-K2 Uzun Master Bloğu anahtar karşılaştırması ile ispatlamıştır. Karşılaştırmada Boyutsal Laboratuvarında interferometrik olarak ölçülen 150 mm uzun masterın diğer Avrupa ülkeleri ile birlikte verilen sonuçları **Şekil 4**'te görülmektedir.

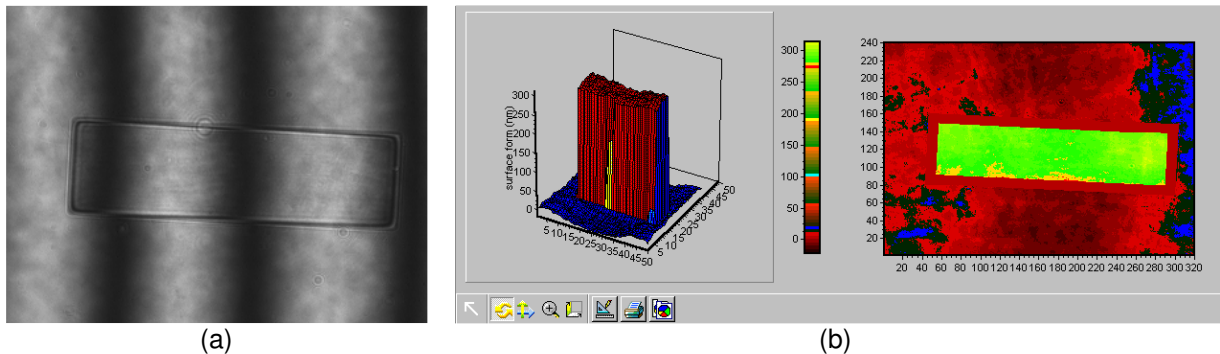
Boyutsal laboratuvarı, interferometrik master kalibrasyonu için (0-300) mm ölçüm aralığında çalışan diğer bir çok Avrupa Ulusal Metroloji Enstitüsü gibi NPL-TESA Master Blok interferometresini

kullanmaktadır. Çoğu ülkede aynı cihaz kullanılmasına rağmen, cihaz kullanımı ve uygulanan prosedür, **Şekil 4'** te görüldüğü üzere Laboratuvarların performansını önemli ölçüde etkilemektedir. **Şekil 5'**te interferometrik olarak ölçümü yapılmış bir mastarın sonuçları görülmektedir.



Şekil 4. UME'nin katıldığı Avrupa'da yapılan EUROMET.L-K2 Uzun Mastar Bloğu karşılaştırma sonuçları (UME'nin İnterferometrik mutlak ölçüm yöntemi ile 150 mm mastar bloğu ölçümü), referans değerden sapma ve belirsizlik barları [7].

Mastar blokların kullanım alanları arasında; üç boyutlu koordinat ölçme cihazlarının kalibrasyonları gibi, ölçme alet ve cihazlarının kontrol, ayar ve kalibrasyonlarında referans olarak kullanılmaları olmasının yanında, üretim aşamasında ürünün kontrol edilmesinde, ölçülmesinde, bazen ölçüm cihazının setlenmesi, ayarlanması gibi işlemlerle, ölçüm cihazının çalışma performansı boyut birimi metre ile sağlanarak, izlenebilirliğin nihai ürüne doğrudan aktarılmasında da kullanılmaktadırlar. Bunların dışında uzun mastar blokların en temel kullanım alanı uzunluk birimi metrenin endüstriye ya da kullanıcıya aktarılmasında birinci seviye transfer olarak kullanılmalarıdır.

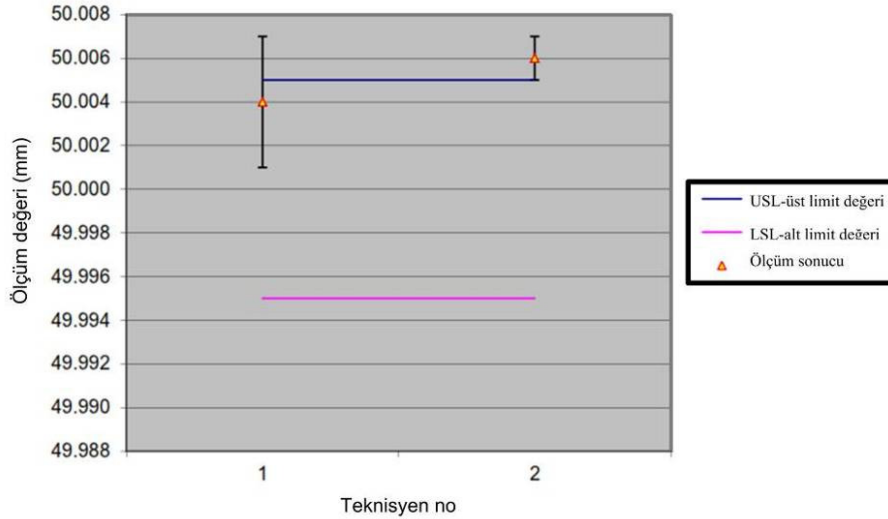


Şekil 5. Interferometrik Mastar Blok Ölçüm Sonucu; (a) Ölçüm sırasındaki girişim çizgileri görüntüleri (b) Ölçüm sonucunda mastar bloğun yüzey geometrisinin grafiksel analizi

3. ISO 14253-1: 1998 STANDARDI VE UYGUNLUK BEYANINDA BULUNMA KURALLARI

Bir ölçümün sonucu değerlendirilirken, ölçüm sonucunun tolerans içinde çıkması tek başına yeterli değildir. Uygulamalı bir örnek ile açıklanacak olursa;

Örneğin, tasarımcı tarafından 50 mm çapındaki bir delik için tolerans değerleri $50 \text{ mm} \pm 0,005$ olsun. Bu delik 1 nolu teknisyen tarafından basit bir mikrometre ile 50,004 mm olarak ölçülsün. **Şekil 6** 'da görüldüğü gibi, sadece ölçüm sonucuna bakıldığında bu ölçüm sonucunun tolerans içinde olduğu görülür. Ancak teknisyenin üst amiri kullanılan mikrometrenin belirsizliğini 0,003 mm olarak hesaplıyor ve bu belirsizlik değeri dikkate alındığında, ölçüm sonucunun 50,001 – 50,007 aralığında olacağını buluyor. Bunun üzerine, daha hassas bir cihaz olan delik komparatörünü kullanan 2 nolu teknisyene aynı deliği ölçtürüyor. Delik komparatörünün ölçüm sonucu 50,006 mm ve ölçüm belirsizliği 0,001 mm olarak tespit ediliyor. Ölçüm sonucuna ve belirsizlik değerine göre delik tolerans dışı olarak bulunuyor. **Şekil 6** ' da çok net açıklanan durumları engellemek için endüstride pratik olarak 1'e 10 kuralı uygulanır. Yani Ölçüm cihazı olarak, belirsizliği tolerans değerinden 10 kez daha küçük cihazlar seçilir. Fakat, günümüzde üretimi yapılan parçaların hassasiyetinin artması sebebiyle, 1'e 10 kuralının uygulamakta güçlük çekilmektedir: Tolerans değerlerinden 10 kez daha iyi olan ölçüm cihazlarının bulunmasında zorluklar yaşanmaktadır.



Şekil 6. Aynı ürüne ait iki adet ölçüm sonucu, belirsizlikleri ve limit değerlerine göre kabul için etkileri [8]

Şekil 6'da gösterildiği gibi 1 nolu teknisyenin ölçümü belirsizlik değeri ile birlikte düşünüldüğünde bu sonuç için uygunluk beyanında bulunmak mümkün değildir. Bu konu ISO 14253 [1] standardında detaylı olarak ele alınmış ve özetle aşağıdaki gibidir:

Tasarım aşamasında "tolerans içinde" veya "tolerans dışında" durumu, üst ve alt limit (kabul) sınırları dikkate alınarak (LSL-Lower Specification Limit ve USL-Upper Specification Limit) belirlenir. Bu durum **Şekil 7** ' de "C" çizgisinde gösterilmektedir.

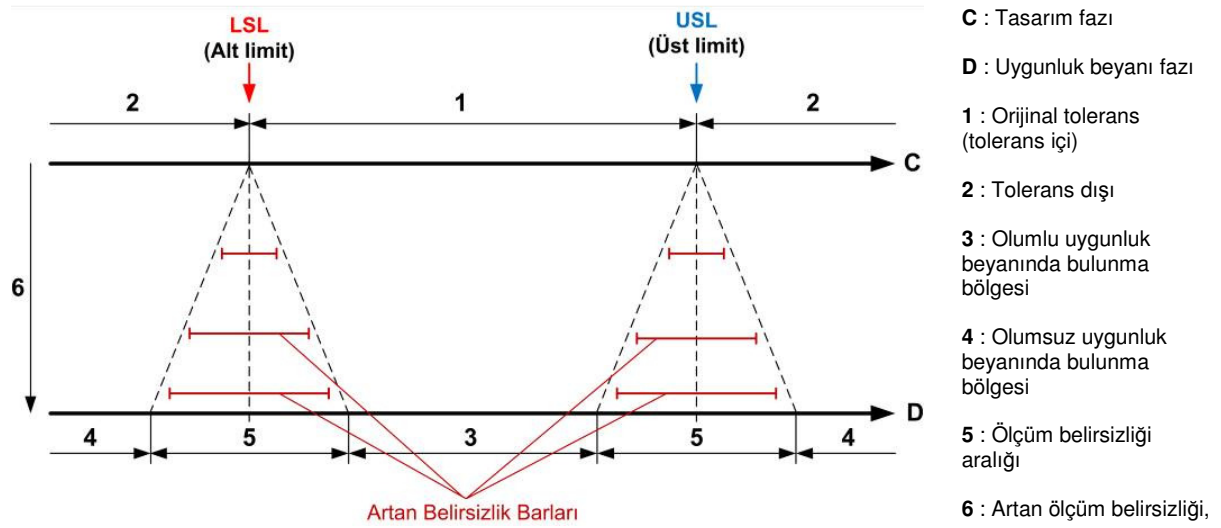
Üretim veya ölçme aşamasında, bulunan sonucun alt limit (LSL) ve üst limit (USL) değerleri aralığında olup olmadığının belirlenebilmesi için belirsizlik değerleri dikkate alınmak durumundadır. Diğer bir deyişle, tolerans bölgesi (orijinal tolerans) belirsizlik değeri kadar daraltılır. **Şekil 7** ' de görüldüğü gibi, belirsizlik artıça tolerans bölgesi daralmaktadır. Bu sebeple, ölçümü yapılacak boyutsal parametrelerin toleransları, ölçüm belirsizliği ile birlikte dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

Şekil 8'de ise belirsizlik ve ölçüm sonucuna göre uygunluk beyanında bulunmanın açıklanması örnek ile gösterilmektedir.

ISO 10360 serisi standartlara göre kabul testleri yapılan CMM cihazlarının, bu testler sonucunda, üretici firma veya kullanıcı firma tarafından belirlenen performans değerlerine uyup uymadığı kontrol edilir. ISO10360-2, 2001 yılındaki versiyonundan itibaren (2009 yılında son çıkan versiyonu da dahil) yapılan ISO 10360'da anlatılan işlemlerin belirsizlik değerinin hesaplanarak, kabul kriterinde dikkate alınma şartı vardır. Kabul işlemi, ISO 14253-1: 1998 standardında belirtildiği gibi belirsizlik değeri dikkate alınarak yapılmak durumundadır.

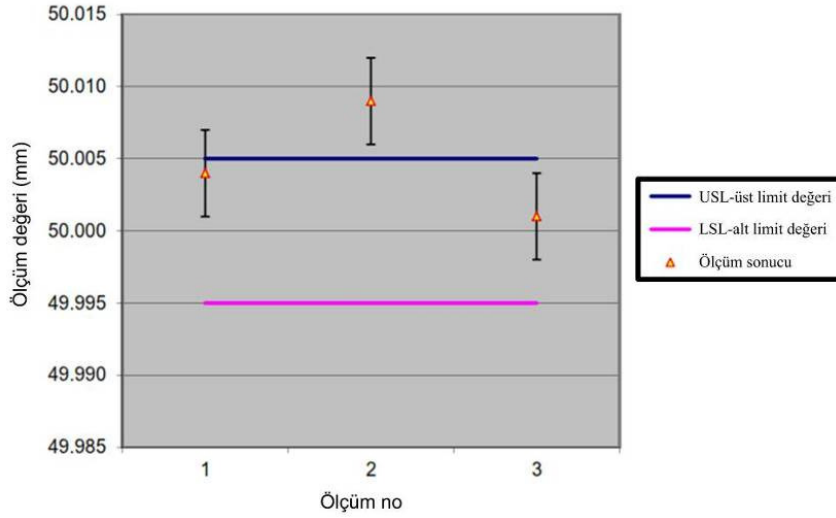
Özetle, CMM için belirlenen kabul kriterinden, belirsizlik değeri çıkarılıp, yeni bulunan kabul değerine göre test sonucu kontrol edilmelidir.

İşte bu durum, kabul kriteri kadar işlem sırasında hesaplanan belirsizlik değerinin de son derece önemli olduğunu anlatır. Özellikle testlerde kullanılan referansların düşük belirsizlik ile sertifikalandırılmış olması son derece önemlidir.



Şekil 7. ISO 14253 standardında ölçüm sonucu toleransı için uygunluk beyanında bulunurken ölçüm belirsizliğinin dikkate alınması: Belirsizlik değeri, tolerans içi ve dışı bölgesini daraltır.

CMM testlerinde çok yaygın olarak kullanılan uzun master blokları, TÜBİTAK UME tarafından, tüm dünyada geçerli olan en düşük belirsizliklerden biri ile kalibre edilebilmektedir. **Şekil 3** ve **Şekil 4**' te TÜBİTAK UME tarafından katılım sağlanan uzun master blokları alanında karşılaştırma sonuçlarının diğer ulusal metroloji enstitüleri ile karşılaştırılması görülmektedir [7]. TÜBİTAK UME'de (0,5-1000) mm arasındaki master blokların kalibrasyonu mekanik karşılaştırma yöntemi kullanıldığında 0,05µm-0,4µm arasında belirsizlik değeri ile yapılabilmektedir. **Şekil 9'** da ise, bu belirsizlik değerinin kabul kriteri için etkisi gösterilmektedir. Belirsizlik değeri sadece referans standarda bağlı olmayıp, sıcaklık, ortam şartları, cihazın tekrarlanabilirliği vb. durumların katılımını da gerektirir. Bu örnekte TÜBİTAK UME tarafından kalibrasyonu yapılmış master blokları kullanıldığında, kabul sınırı UME belirsizlik değeri kadar daralacaktır ve yeni kabul sınırı referans olarak kullanılan UME belirsizlik değerine göre belirlenecektir.

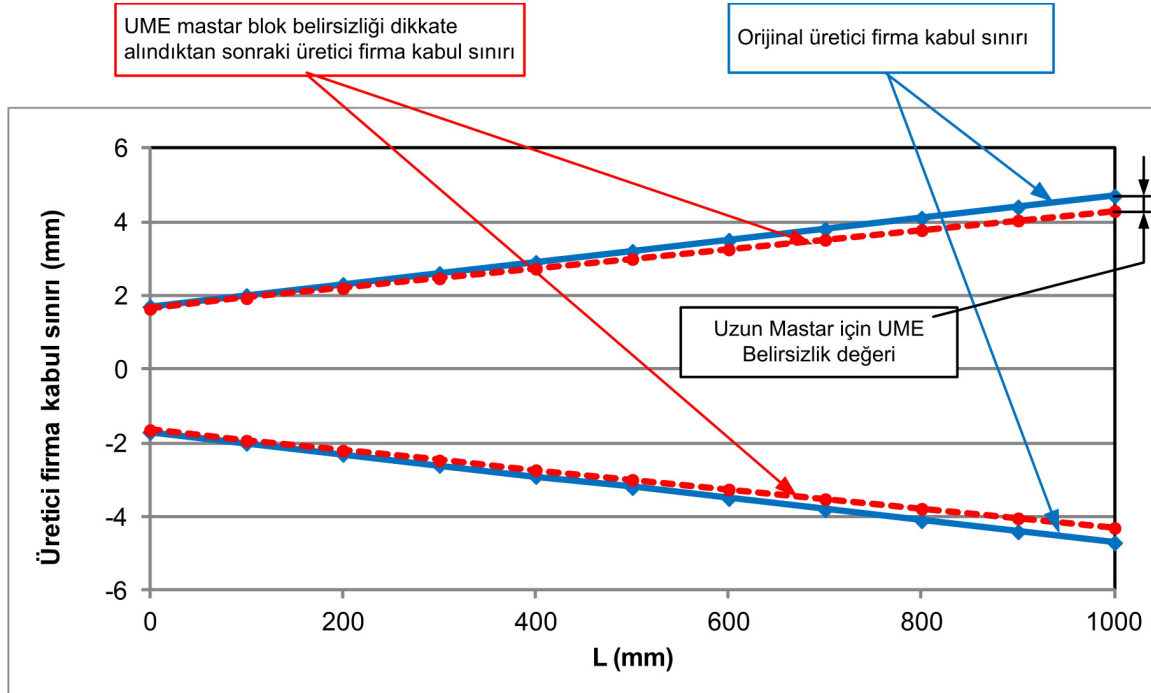


Ölçüm 1: Tolerans içi ve dışı diye bir beyanda bulunmak mümkün değildir.

Ölçüm 2: Tolerans dışı diye bir beyanda bulunmak mümkündür.

Ölçüm 3: Tolerans içi diye bir beyanda bulunmak mümkündür

Şekil 8. Belirsizlik ve ölçüm sonucuna göre uygunluk beyanında bulunmanın açıklanması

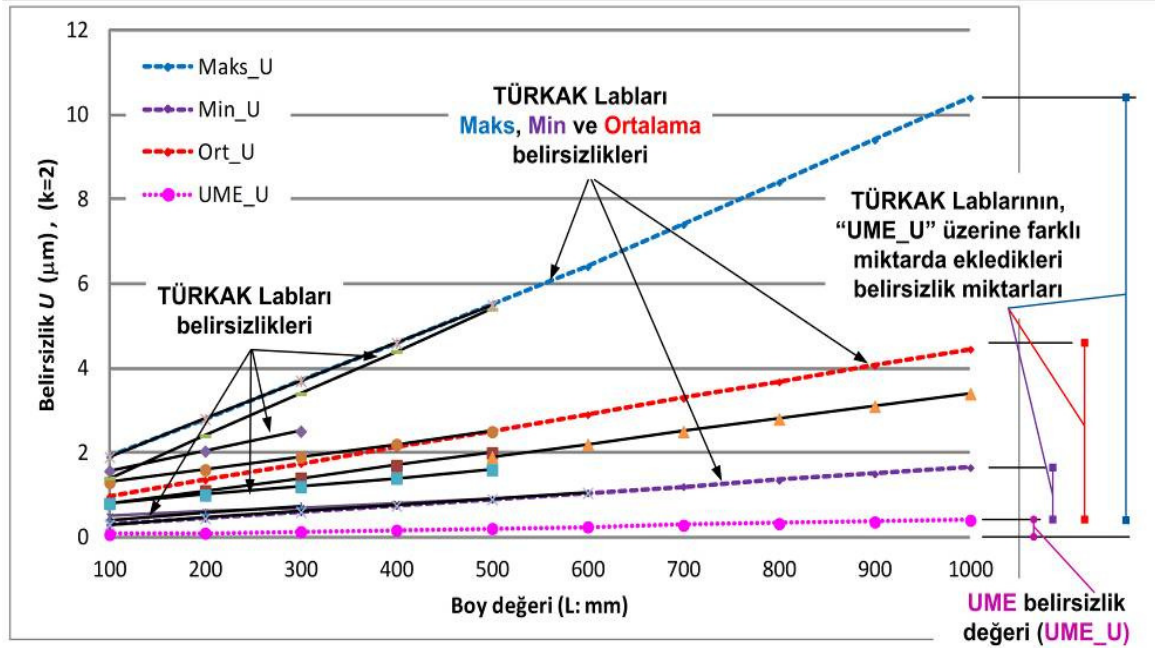


Şekil 9. CMM üretici firma kabul kriteri ve UME tarafından uzun master blokları için verilen belirsizlik değerinin çıkarılması ile oluşan yeni kabul kriteri

4. TÜRKAK TARAFINDAN AKREDİTE LABORATUVARLARIN UZUN MASTAR BLOK KALİBRASYONU İÇİN DURUM ANALİZİ

Ülkemizde uzun master blokları için izlenebilirlik TÜBİTAK UME tarafından sağlanmaktadır. Bu işlem laboratuvarların referans uzun master bloklarının kalibrasyonunun TÜBİTAK UME'de gerçekleştirilmesi ile olur. Bunun haricinde bazı laboratuvarlar, referanslarını satın alırken, kalibrasyon sertifikası ile aldığı anda, izlenebilirlik yurtdışından da sağlanabilmektedir.

Farklı ölçme sistemlerine sahip TÜRKAK'tan akredite lablar tarafından bu referans uzun master blokları kullanılarak diğer müşterilerin uzun master blokları kalibre edilir. Her bir laboratuvar kendi ortam şartlarına ve ölçüm sistemine göre farklı belirsizlikler vermektedir. **Şekil 10** ve **Tablo 1'** de TÜRKAK tarafından akredite edilmiş laboratuvarların verdiği belirsizlik değerleri ve ölçme aralıkları gösterilmektedir. Bu değerler kullanılarak, akredite laboratuvarların belirsizlik aralıklarını bulmak için maksimum, minimum ve ortalama belirsizlik değerleri tespit edilmiş ve eğri uydurma yöntemi ile bu değerlerin belirsizlik formülleri bulunmuştur (**Şekil 10**). Kısaca **Şekil 10**'da ülkemizde hizmet veren ikinci seviye laboratuvarların uzun master blokları alanındaki durumu, TÜBİTAK UME belirsizliği, bu belirsizliğe eklenen farklı miktarlar gösterilmektedir.

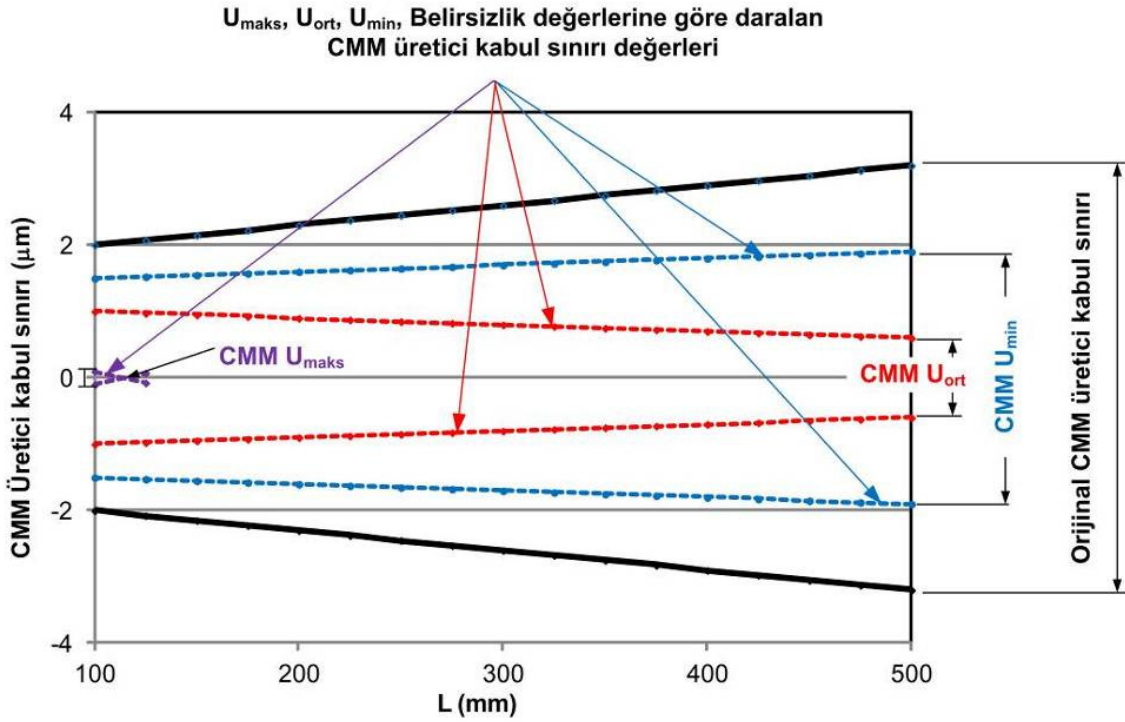


Şekil 10. TÜRKAK tarafından akredite edilmiş laboratuvarların uzun master blok kalibrasyonu için verdiği ölçüm aralıkları ve belirsizlik değerleri [9]; Bu değerlere göre tespit edilen maksimum, minimum ve ortalama belirsizlik değerleri ve TÜBİTAK UME belirsizlik değerine eklenen miktarlar

Bölüm 3'te açıklanan uygunluk beyanında bulunmak için kabul şartları (ISO 14253-1: 1998 standardında belirtildiği şekilde) TÜRKAK laboratuvarları tarafından kalibrasyonları yapılan uzun master blokları için uygulanabilir. Bu uygulama ISO 10360 serisi standartlara göre kabul testleri yapılan CMM cihazları için incelenmiştir. **Şekil 11**'de CMM üretici firma kabul kriteri ve TÜRKAK laboratuvarları tarafından uzun master blokları için verilen belirsizlik değerlerinin çıkarılması ile oluşan yeni kabul sınırları gösterilmektedir. **Şekil 11**'de görüldüğü gibi yüksek belirsizlik ile (CMM U_{maks}). kalibre edilmiş bir uzun master bloğunu, CMM cihazı için kullanmak neredeyse imkansızdır. En iyi belirsizlik (CMM U_{min}) değerine göre, CMM cihazı hakkında kabul beyanı verebilmek için, orijinal sapma değeri 3 mikrometre olan L uzunluğunda, sapma değerinin en azından 2 mikrometre altında çıkması gerekmektedir. Bu sebeple CMM temsilcilerinin master bloğu kalibrasyon hizmeti alacakları laboratuvarı seçerken, tüm bu analizleri yapmaları gerekmektedir.

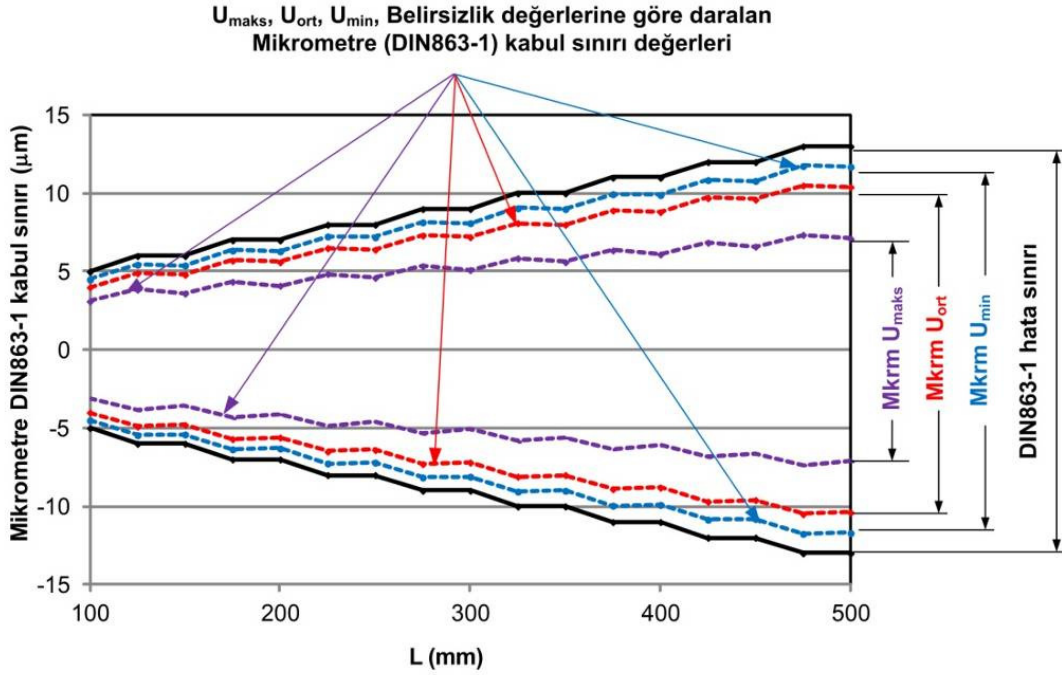
Tablo 1. Eğri uydurma yöntemi ile bulunmuş TÜRKAK Labları Maksimum, minimum, ortalama belirsizlik değerleri ve TÜBİTAK UME belirsizlik değeri

TÜRKAK Laboratuvarları ($U : \mu\text{m} , L : \text{mm}$)	TÜBİTAK UME ($U : \mu\text{m} , L : \text{mm}$)
<p><u>Maksimum Belirsizlik</u> $U = (0,9 + 0,010 \times L)$</p> <p><u>Minimum Belirsizlik</u> $U = (0,3 + 0,002 \times L)$</p> <p><u>Ortalama Belirsizlik</u> $U = (0,5 + 0,004 \times L)$</p>	<p><u>UME belirsizliği</u> $U = \sqrt{0,056^2 + (0,0004) \times L^2}$</p>



Şekil 11. CMM üretici firma kabul kriteri ve TÜRKAK labları tarafından uzun master blokları için verilen belirsizlik değerlerinin çıkarılması ile oluşan yeni kabul sınırları.

Benzer durum tüm ölçme cihazları için geçerlidir. Örneğin DIN863-1 standardına göre maksimum hata sınırları belirlenen mikrometrelerin kalibrasyonu sırasında kullanılacak uzun master bloklarının belirsizliklerine göre hata sınırlarının daralması durumu söz konusudur. **Şekil 12**'de bu durum açıklanmaktadır. Mikrometre kalibrasyonu yapan TÜRKAK laboratuvarlarının, referanslarının kalibrasyonu için seçimlerini bu analizleri dikkate alarak yapmaları gerekmektedir.



Şekil 12. DIN863-1 standardına göre Mikrometre hata sınırları ve TÜRKAK laboratuvarları tarafından uzun master blokları için verilen belirsizlik değerlerinin çıkarılması ile oluşan yeni hata sınırları

5. UZUN MASTAR BLOKLARIN MEKANİK KARŞILAŞTIRMA YÖNTEMİYLE KALİBRASYONU ALANINDA ULUSAL KARŞILAŞTIRMA

Metrolojinin gerekliliği olan izlenebilirlik kalibrasyonlarla, kalibrasyonların güvenilirlik ve geçerliliği de akreditasyonun gerekliliği olan karşılaştırmalarla sağlanır. Ülkemizde uzun master bloklarının SI birimi metreye bağlanmasının sağlayıcısı TÜBİTAK UME'dir. Verilen hizmetlerin dünyada geçerli olabilmesi için, TÜBİTAK UME, Avrupa Metroloji Birliği (EURAMET) ve Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Komitesi (CIPM) bünyesinde düzenlenen karşılaştırmalara katılmaktadır.

Laboratuvarların verdiği hizmetlerin performans kontrolleri ISO 17025 standardının gereği olan karşılaştırmalı ölçümler ile yapılır. Bu karşılaştırmalara katılmayan ülkelerin ulusal metroloji enstitülerinin ve ülkemizde bulunan ikinci seviye laboratuvarların verdikleri hizmetlerin güvence altına alınması amacıyla da TÜBİTAK UME karşılaştırmalar düzenlemektedir. TÜBİTAK UME bu kapsamda ülke içinde öncelikli ihtiyacı dikkate alarak önce kısa master blokları karşılaştırmaları düzenlemiş, 2008 yılında raporu yayımlanmıştır [2]. Daha sonra Uzun master blok kalibrasyonu alanında hizmet veren laboratuvarların sayısının artması üzerine, uzun master blokları alanında da ayrı bir karşılaştırma düzenlenmiş ve 2013 ortasında tamamlanmıştır [3]. Bu karşılaştırma sonuçları yakında TÜBİTAK UME web sayfasında açıklanacaktır [4].

Mekanik karşılaştırma yöntemiyle uzun master blokların kalibrasyonu karşılaştırmasına bu alanda TÜRKAK tarafından akredite olmuş 9 laboratuvar katılmıştır. Katılımcı laboratuvarların 2 tanesi 300 mm'ye kadar, 4 tanesi 500 mm'ye kadar, 2 tanesi 600 mm'ye kadar ve 1 tanesi de 1000 mm'ye kadar ölçme kapasitesine sahiptir. Kullanılan cihazlar; universal ölçme cihazları, özel yapım cihazlar olarak çeşitlilik göstermektedir. Ölçümler bir laboratuvarın dikey oryantasyonda uzun masterları ölçmesi dışında diğer lablar ölçümleri yatay oryantasyonda gerçekleştirilmiştir.

Ölçümlerin gerçekleştirilmesi için her bir laboratuvara 2 hafta süre verilmiş ve pilot laboratuvar UME, karşılaştırmanın başında, ortasında ve sonunda olmak üzere 3 defa ölçüm yapmıştır. Böylece referansların durumu ve ölçüm sonucu kontrol edilmiştir.

Sonuç raporunda açıklanan laboratuvarlar sonuçlarına bakılarak laboratuvarların performansı hakkında bilgi edinmek mümkün olacaktır. Laboratuvar isimleri yerine raporda laboratuvar kodları olacağından, bilgi edinmek isteyen müşteri, hizmet alacakları yerlerden karşılaştırma raporundaki lab kodu açıklamasını isteyebilirler.

Karşılaştırma sonuçları herkese açık ve UME web sitesinden ulaşılabilir olacaktır. Müşteriler de alacakları hizmet ile ilgili olarak karşılaştırma raporundan, ölçüm aralığı, belirsizlik değeri gibi kendi ihtiyaçlarına uygun laboratuvarı belirlemek için yararlanabilirler. Hizmet almayı düşündükleri laboratuvara karşılaştırmadaki LAB kodunu sorarak rapordan gerekli bilgileri edinebilir ve kendileri için en doğru kararı verebilirler. Örneğin; uzun master blok kalibrasyonu yapılırken referans olarak kullanılacak bir master bloğun kalibrasyonu için, düşük belirsizlik değeri ile hizmet veren bir laboratuvar tercih edilirken, kumpas kalibrasyonunda referans olarak kullanılacak master bloğun kalibrasyonu için daha yüksek belirsizlik değeri ile hizmet veren bir laboratuvar tercih edilebilir.

Bu karşılaştırmaların raporu yayımlandıktan sonra katılımcı laboratuvarlar sonuçlarını değerlendirerek eğer ihtiyaçları varsa gerekli düzeltici önleyici faaliyet çalışmalarını kalite sisteminin bir gereği olarak yapabileceklerdir. Bu durumun kontrolü de laboratuvarın denetimi sırasında denetçi tarafından gerçekleştirilecektir.

Diğer önemli bir konuda çok yüksek belirsizlik veren laboratuvarların mevcut durumlarını **Şekil 10'da** anlatılan analizleri inceleyerek düzeltme durumuna sahip olacaklardır.

SONUÇ

Uzunluk birimi metrenin endüstriye aktarılmasında birinci seviye transfer standart olarak kullanılan uzun master blokları, kullanım alanları ve kalibrasyonları hakkında bilgilendirme yapıldı. Kalibrasyon sırasında verilen belirsizlik değerlerinin cihazların uygunluk değerlendirilmesi aşamasında neden önemli olduğu ISO 14253 standardında açıklanan kabul kurallarına göre açıklandı. TÜRKAK'tan akredite laboratuvarların uzun master blok kalibrasyonu alanında verdiği kalibrasyon belirsizliklerinin CMM ve mikrometre kalibrasyonu için kullanım durumlarının analizi yapıldı. Verilen yüksek belirsizlik değerleri ile kalibre edilen uzun master bloklarının CMM verifikasyonu sırasında kullanımının mümkün olmadığı, çoğu zaman kalibrasyonu yapılan cihaz hakkında uygunluk değerlendirme yapılmasını zorlaştırdığı örnekler ile açıklandı. TÜBİTAK UME tarafından TÜRKAK akredite laboratuvarlar için uzun master blok kalibrasyonu alanında düzenlenen karşılaştırma hakkında açıklamalar yapıldı, uzun master kalibrasyonu hizmeti alımı sırasında, kullanıcının ihtiyacı olan belirsizlik değeri ile kalibrasyon sertifikasında beyan edilen belirsizlik değerinin uygun olup olmadığını belirleyebilmesi için önerilerde bulunuldu. Özellikle CMM temsilci firmaların ve ara kontrol yapmak isteyen CMM kullanıcılarının ikinci seviye laboratuvarların sonuçlarını belirsizlikleri ile değerlendirip hizmet almaları tavsiye edildi.

KAYNAKLAR

- [1] ISO 14253 Geometrical product specifications (GPS) -- Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment -- Part 1: Decision rules for proving conformity or nonconformity with specifications
- [2] Akgöz S. Aslı, Yandayan T. "UME-G2BM-TR-K002 Karşılaştırmalı Ölçümleri, 0,5-100 mm Master Blokların mekanik Karşılaştırma yöntemi ile kalibrasyonu konulu karşılaştırma raporu"
http://www.ume.tubitak.gov.tr/duyurular/boyutsal_lab/RAPOR-FINAL-UME-G2BM-TR-K002.pdf
- [3] Akgöz S. Aslı, Yandayan T. "UME-G2BM-TR-K003 Karşılaştırmalı Ölçümleri, Uzun Master Blokların mekanik Karşılaştırma yöntemi ile kalibrasyonu talimatı ve teknik protokolü"
http://www.ume.tubitak.gov.tr/lak/boyutsal/UME-G2BF-TR-K006_protokol.pdf
- [4] TÜBİTAK UME web sayfası, <http://www.ume.tubitak.gov.tr/>

- [5] ISO 3650:1998; Geometrical Product Specifications (GPS) -- Length standards -- Gauge blocks; http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=1241
- [6] ASME B89 1 9-2002, Gauge Blocks; <http://www.standardfile.org/5715-ANS-ASME-B89-1-9-2002-R2012-pdf.html>
- [7] http://kcdb.bipm.org/appendixB/KCDB_ApB_info.asp?cmp_idy=215&cmp_cod=EUROMET.L-K2&page=
- [8] NPL website, <http://iso10360.wordpress.com/2011/01/01/npl-good-practise-cmm-verification-guide/>
- [9] TÜRKAK WEB SAYFASI, www.turkak.org.tr

ÖZGEÇMİŞ

Aslı AKGÖZ

Sibel Aslı AKGÖZ, İstanbul Teknik Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü'nden 1996 yılında mezun olmuştur.

1997 yılında TÜBİTAK UME Boyutsal Laboratuvarı'nda araştırmacı ünvanıyla işe başlamıştır. Uzmanlık alanları Açık metrolojisi ve Master Bloklar konularındadır. UME'de interferometrik yöntemle master blokların birinci seviyede ölçümlerine başlanması, rutin hale getirilmesinde aktif olarak görev almış, bu alanda çalışmalara başlanmasını ve hizmet verilmesini sağlamıştır. Açık metrolojisi ile ilgili laboratuvarın kurulması ve geliştirilmesinde aktif olarak çalışmalarıyla görev almıştır. Tanfer Yandayan ile birlikte, UME tekniği olarak bilinen, tam bölünemeyen indeks tablaların kalibrasyonu için yeni yöntem geliştirmiştir. Uluslararası izlenebilirliğini sağlamak için düzenlenen çok sayıda uluslararası anahtar karşılaştırmalara TÜBİTAK UME adına katkıda bulunmuş ve/veya katılmıştır. Ayrıca iki adet ulusal karşılaştırmaların yürütücülüğünü pilot laboratuvar olarak gerçekleştirmiştir. Bunların yanında TÜRKAK adına denetçilik yapmaktadır.

Doç. Dr. Tanfer YANDAYAN

1996 yılında Manchester Üniversitesi, Makine Mühendisliği bölümünde, 'CNC takım tezgahlarında iş parçalarının, lazer ile işlem sırasında temassız ölçümü' konulu projesiyle doktorasını tamamladıktan sonra, 1997 yılında mecburi hizmetini yapmak üzere TÜBİTAK UME'de çalışmaya başlamıştır. 15 yıl boyunca, TÜBİTAK UME Boyutsal Laboratuvarı sorumluluğu yürütmüştür. Uzunluk, boyutsal ve açı ölçümleri için uluslar arası alanda ülkemizi temsil etmiş, boyutsal laboratuvarının yurt dışında ilk karşılaştırma ölçümlerine katılmasında ve kalibrasyon kabiliyetlerinin uluslar arası alanda kabul görmesinde ve listelenmesinde, TÜRKAK tarafından laboratuvarın akreditasyonunda, ve ara denetimlerinde boyutsal laboratuvarının yöneticiliğini yapmıştır. Dünya Bankası ve Alman hükümeti projelerinin kullanılarak, boyutsal laboratuvarının genişletilmesini, laboratuvar elemanlarının yetiştirilmesini, hizmet sayısının 5 ten 100 lü rakamlara çıkarılmasını, bunların karşılaştırmalar ile desteklenmesini sağlamıştır. Boyutsal ölçümler alanında, ülkemizdeki ilk karşılaştırmalı ölçümleri düzenlemiş, TÜRKAK'ın oluşumu sırasındaki çalışmalarda yer almış, TÜRKAK adına ilk laboratuvar akreditasyonlarına katılmıştır. Avrupa Bölgesel Metroloji Organizasyonu EURAMET adına, ülkelerin ulusal metroloji enstitülerinin denetimlerine katılan Tanfer YANDAYAN, 2006 yılında, Makine Mühendisliği alanında üniversite doçenti olmuş, 2012 Mayıs itibari ile laboratuvar yöneticiliği görevinden ayrılarak, Avrupa Metroloji Araştırma Programı çalışmalarına daha fazla yönelmiştir. 2012 yılında, 12 farklı ülkeden oluşan 16 proje ortağını bir araya getirip hazırladığı Açık Metrolojisi projesi ile TÜBİTAK UME'ye proje koordinatörlüğü kazandırmıştır. Açık projesinin koordinatörlüğü haricinde, Güney Asya Ülkelerinin metroloji faaliyetlerini Avrupa Komisyonu için inceleyen birinci Fp7 projesini tamamlamış, 2012-2016 yılları için uyumlaştırma projesine başlamıştır. Boyutsal ölçümlerin tüm konularını kapsayan, bilimsel araştırmalarda daha ziyade açı, master blokları, skala ölçümleri, interferometrik ölçümler, çap ve form ölçümleri konularında çalışmaktadır.