



T.C.
Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

**ÇEŞİTLİ CİHAZLAR İÇİN STANDART
OLMAYAN KALİBRASYON METOTLARI
VE VALİDASYON ÇALIŞMALARININ
STANDART METOTLARLA
KARŞILAŞTIRILMASI**

İsmail Fırat KILIÇ

Yüksek Lisans Tezi



**ÇEŞİTLİ CİHAZLAR İÇİN
STANDART OLMAYAN
KALİBRASYON METOTLARI VE
VALİDASYON ÇALIŞMALARININ
STANDART METOTLARLA
KARŞILAŞTIRILMASI**

İsmail Fırat KILIÇ



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇEŞİTLİ CİHAZLAR İÇİN STANDART OLMAYAN KALİBRASYON
METOTLARI VE VALİDASYON ÇALIŞMALARININ STANDART
METOTLARLA KARŞILAŞTIRILMASI**

İsmail Fırat KILIÇ

Doç. Dr Nurettin YAMANKARADENİZ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

TEZ ONAYI

İsmail Fırat KILIÇ tarafından hazırlanan “Çeşitli cihazlar için standart olmayan kalibrasyon metotları ve validasyon çalışmalarının standart metotlarla karşılaştırılması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr, Nurettin YAMANKARADENİZ

Başkan : Doç. Dr. Erhan PULAT
Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü

İmza

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Celalettin YÜCE
Bursa Teknik Üniversitesi Mühendislik ve
Doğa Bilimleri Fakültesi
Mekatronik Mühendisliği Bölümü

İmza

Üye : Doç. Dr. Nurettin YAMANKARADENİZ
Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü
..01..10..2019

Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

25/06/2019

**İmza
İsmail Fırat KILIÇ**

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇEŞİTLİ CİHAZLAR İÇİN STANDART OLMAYAN KALİBRASYON METOTLARI VE VALİDASYON ÇALIŞMALARININ STANDART METOTLARLA KARŞILAŞTIRILMASI

İsmail Fırat KILIÇ

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Nurettin YAMANKARADENİZ

Bu tezde, sanayi kuruluşları ve imalat atelyelerinde sıklıkla kullanılan ölçme cihazlarının kalibrasyonlarının yapıldığı referans ölçme cihazlarının, kullanıla gelinen referanslar yerine daha hassas ölçüm sonuçları ve daha düşük ölçüm belirsizlikleri elde edileceği düşünülen, farklı referans cihazla kalibrasyonlarının yapılması ve daha doğru sonuçlar elde edip, daha düşük ölçüm belirsizlikleri ile kalibrasyonların raporlanması amaçlanmıştır.

Çalışmada temel olarak Boyutsal ölçümler için sanayi kuruluşlarınca kullanılan, temel ölçme cihazlarının kalibrasyon işlemlerinde kullanılan referanslardan başlıcaları için yeni kalibrasyon metotları geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu referans cihazlar ; Kameralı Ölçüm Cihazı, Universal Uzunluk Ölçüm Cihazı ve Ölçme Saati Kalibratörü olarak değerlendirilmiştir. Boyutsal kalibrasyon alanında kullanılan bu referans cihazlar için bilinen ve kullanılan kalibrasyon metotları dışında referans olarak Lazer İnterferometre yöntemi kullanılmış ve daha az sapma içeren kalibrasyon sonuçları ve daha düşük ölçüm belirsizlikleri elde edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ölçüm Belirsizliği, Boyutsal Kalibrasyon Metotları, İzlenebilirlik
2019, viii + 122 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

COMPARISON OF NON STANDARD CALIBRATION METHODS AND
VALIDATION STUDIES FOR STANDARD METHODS FOR VARIOUS DEVICE

İsmail Fırat KILIÇ

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Nurettin YAMANKARADENİZ

In this thesis, it is assumed that the reference measuring devices in which the calibrations of the measuring devices which are frequently used in industrial establishments and manufacturing workshops are made with different reference calibrations which are thought to obtain more accurate measurement results and lower measurement uncertainties instead of the references that are used, Uncertainties and calibrations.

New calibration methods have been tried to be developed for reference to the references used in the calibration processes of basic measuring devices, which are used mainly by industrial organizations for dimensional measurements. These reference devices; It was evaluated as a Camerical Measuring Device, a Universal Length Measuring Device and a Measuring Time Calibrator. For these reference devices used in the field of dimensional calibration, other than the known and used calibration methods, the Laser Interferometer method was used as a reference and the calibration results with less deviation and lower measurement uncertainties were tried to be obtained.

Key words: Uncertainty of Measurement, Length Calibration Methods,
Traceability

2019, viii + 122 pages.

TEŞEKKÜR

Bu tezin oluŐması s¼recinde benden desteklerini esirgemeyen ve y¼nlendirmeleri ile bana ışık tutan hocam sayın Doç. Dr. Nurettin YAMANKARADENİZ'e (Uludağ Üniversitesi Makine M¼hendisliđi Anabilim Dalı), her t¼rl¼ laboratuvar imkanından faydalandığım T¼rk Standartları Enstit¼s¼ Bursa Kalibrasyon M¼d¼rl¼đ¼ personeline, kalibrasyon ¼lç¼mlerinde ve tezin her aşamasında bana destek olan T¼rk Standartları Enstit¼s¼ Bursa Kalibrasyon M¼d¼rl¼đ¼ personeli Makine Teknikeri arkadaŐım sayın Recep ZENGİN' e, ve çalıŐmalarım s¼resince g¼sterdiđi sabır ve fedakarlık nedeniyle eŐime en derin duygularla teŐekk¼r ederim.

İsmail Fırat KILIÇ
25/06/2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1 Tanımlar	3
2.2 Belirsizlik hesaplarında istatiksel kavramlar	20
2.2.1 Rasgele hatalar	21
2.2.2 Sistematik hatalar	21
2.3 İstatiksel İlişkiler	23
2.3.1 Verilen noktada gerçek değer.....	23
2.3.2 Güvenilirlik aralığı	25
2.3.3 Çok sayıda yapılmış ölçüm serileri	25
2.3.4 Tek serili az sayıda yapılmış ölçüm	28
2.3.5 Student's istatistiği	28
2.4 Ölçülen Büyüklüğün Toplam Belirsizliği.....	32
2.5 Standart Belirsizliğin Hesaplanması.....	34
2.5.1 Ölçümün modellenmesi	34
2.5.2 Standart belirsizliğin a-tipi hesaplanması	36
2.5.3 Standart belirsizliğin b-tipi hesaplanması.....	38
2.6 Bileşik Belirsizliğin Hesaplanması	42
2.6.1 Birbirlerinden bağımsız girdi büyüklükleri	42
2.6.2 Birbirlerine bağımlı girdi büyüklükleri	46
2.7 Genişletilmiş Belirsizliğin Belirlenmesi.....	48
2.8 Sonuçların Raporlanması.....	49
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	51

3.1 Boyutsal Ölçümlerin Önemi	51
3.2 Materyal.....	57
3.2.1 Kalibrasyona tabi tutulan cihazlar	57
3.2.2 Kalibrasyon işlemlerinde kullanılan referanslar	62
3.3 Yöntem	68
3.3.1 Kameralı ölçüm cihazının kalibrasyonu	68
3.3.2 Universal uzunluk ölçüm cihazının kalibrasyonu	76
3.3.3 Ölçme saati test cihazının kalibrasyonu.....	86
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	94
5. SONUÇ.....	96
KAYNAKLAR	97
EKLER	98
EK 1 Kameralı ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası.....	98
EK 2 Universal uzunluk ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası.....	98
EK 3 Ölçme saati test cihazı kalibrasyon sertifikası.....	98

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
CI	Güvenilirlik aralığı
c_i	Duyarlılık katsayısı
cov	Kovaryans
k	Genişletme faktörü
n	Rasat adeti
N	Ölçüm adeti
S	Tecrübi standart sapma
U	Standart belirsizlik
u_c	Birleşik belirsizlik
x_i	Değişken
X_i	Bağımsız Gözlem
\bar{X}'	Gerçek değer
\bar{x}	Aritmetik ortalama
V	Varyans
V_{eff}	Serbestlik derecesinin etkin değeri
V_i	Serbestlik derecesi
y	Ölçüm sonucu
μ	Beklenti
δ	Ölçüm hatası
ε	Rastgele hata
β	Sistemik hata

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Doğruluk ile kesinlik arasındaki ilişki	13
Şekil 2.2. Çeşitli istatistik terimler arasındaki geometrik ilişkiler	22
Şekil 2.3. Isıl çift kalibrasyonunda sistematik ve rasgele hataların gösterimi	22
Şekil 2.4. Kesinlik ve doğruluk arasındaki fark.....	24
Şekil 2.5. X'in normal dağılımı	27
Şekil 2.6. Student's t istatistiği	29
Şekil 2.7. z ve t istatistiklerinin karşılaştırılması	32
Şekil 2.8. Belirsizliğin kapsadığı aralık.....	34
Şekil 2.9. Dikdörtgen dağılım.....	40
Şekil 2.10. Üçgen dağılım	41
Şekil 3.1. Kameralı ölçüm cihazı	58
Şekil 3.2. Universal uzunluk ölçüm cihazı	59
Şekil 3.3. Ölçme saati test cihazı	61
Şekil 3.4. Referans lazer interferometre	63
Şekil 3.5. Referans cam cetvel.....	64
Şekil 3.6. Referans paralel blok master	66
Şekil 3.7. Referans ölçme probu	67
Şekil 3.8. Kameralı ölçüm cihazı referans cam cetvel ile kalibrasyonu.....	68
Şekil 3.9. Kameralı ölçüm cihazı referans lazer interferometre ile kalibrasyonu .	69
Şekil 3.10. Universal uzunluk ölçüm cihazı referans P.B.M seti ile kalibrasyonu	76
Şekil 3.11. Universal uzunluk ölçüm cihazı referans lazer interferometre ile kalibrasyonu.....	77
Şekil 3.12. Ölçme saati test cihazı referans ölçme probu ile kalibrasyonu	86
Şekil 3.13. Ölçme saati test cihazı referans lazer interferometre ile kalibrasyonu	87

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Normal dağılım için student's istatistiği	30
Çizelge 2.2. Normal sapmanın değerleri	32
Çizelge 3.1. Ölçüm belirsizliği bütçesi (referans cam cetvel ile)	72
Çizelge 3.2. Ölçüm belirsizliği bütçesi (referans lazer interferometre ile)	75
Çizelge 3.3. Ölçüm belirsizliği bütçesi referans paralel blok master ile	82
Çizelge 3.4. Ölçüm belirsizliği bütçesi referans lazer interferometre ile	85
Çizelge 3.5. Ölçüm belirsizliği bütçesi referans ölçme probu ile	90
Çizelge 3.6. Ölçüm belirsizliği bütçesi referans lazer interferometre ile	93
Çizelge 4.1. Ölçüm belirsizlikleri karşılaştırma tablosu	95

1. GİRİŞ

Bilimsel araştırmada hedef sonuçtur. Bu cümleden hareketle, sonuçların güvenilirliğini sağlamak için, ölçüm sonuçlarının doğru analiz edilmesi elzendir. Ölçümler, her zaman aynı sonucu vermezler. Ölçülen her denemenin sonucunu, kati olarak görmemeli, kuşkulu yaklaşmalıdır. Dolayısı ile çıkan sonuç ifade edilirken, ölçülmüş veya hesap edilmiş değerin muğlaklığı sürekli vurgulanmalıdır. Öte yandan, ölçülen büyüklüğün gerçek değerinin, belli bir ihtimalle bulunduğu aralık belirtilmelidir.

Üretimde bulunan cihazların doğru biçimde çalıştırılabilmesi, alet standardının korunabilmesi, aletlerin denetimi için ölçümlerin tatbik edilmesi elzendir. Efektif bir imalatta cihazların doğru biçimde çalıştırılması ve bakımı ön şarttır. Ölçümler olmaksızın seri üretim sağlanamaz.

Elde edilen sonuçların doküman olarak değerlendirilebilmesi için, kaliteyi gösteren sayısal göstergeler olmalıdır. Çünkü elde edilen sonucu kullanacak olan kişiler rakamlarla güvenilirliği tespit edebilsinler. Bu nedenle bir ölçümün kalitesini karakterize eden, hemen uygulanabilir, kolayca anlaşılabilir ve genel olarak kabul gören bir işlemin olması çok önemlidir (Murphy 1961). Bu da ölçüm sonucunda elde edilen değerin belirsizliğini hesaplamak ve ifade etmektir.

Ölçümlerdeki sapmalar ve sapmaların değerlendirilmesi ölçüm bilimi veya metrolojide sonuçların analiz edilmesinde uzun süreden beridir kullanılmaktadır. Bununla birlikte ölçüm neticelerinin dağılımının belirlenmesi için belirsizlik hesapları izafi olarak yeni bir olgudur. Günümüzde, hatanın kati olarak bilinen ve tüm kuşkulanılan bileşenleri hesap edilip ve gerekli tüm düzeltmeler yapıldıktan sonra bile, yine de verilen neticenin doğruluğu hakkında belirsizliğin bulunduğu çoğunlukla kabul edilebilir. Bu belirsizlik verilen neticenin ölçülen niceliği ne oranda temsil ettiği hakkındaki kuşkudur.

SI ünitelerinin uygulanmasının bilim ve teknolojiye sağladığı destekler gibi, ölçümlerdeki belirsizliğin ne şekilde belirtileceği hakkındaki dünyada elde edilen kanaat birliği ile bilimde, mühendislikte, iktisatta ve sanayide uygulanan ölçüm ve tedbirlerin anında kavranmasına ve doğru analiz edilmesine destek olacaktır. Gün geçtikçe globalleşen dünyamızda belirsizliğin hesap edilmesi ve belirtilmesinde kullanılan metodun tüm dünyada aynı olmasının, değişik ülkelerde yapılan ölçümlerin anında kıyaslanabilmesi bakımından önemi göz ardı edilemez.

Bir ölçüm neticesinin belirsizliğinin hesap edilmesi ve belirtilmesi için ideal bir metod şu özelliklere sahip olmalıdır ;

Evrensellik

Metod her tür ölçüme ve her ölçüm için kullanılan her tür dataya tatbik edilebilir olmalıdır.

Belirsizliğin belirtilmesinde kullanılan gerçek nicelik de aşağıdaki kriterleri ihtiva etmelidir.

Kendi içinde tutarlılık

Belirsizliğe katkı yapan unsurlardan, unsurların tasnif ediliş biçimi veya alt tasniflerine bölünmüş olmalarına bağımlı olmaksızın, “ Ölçüm Belirsizliği “ elde edilebilmelidir.

Taşınabilirlik

İkincil ölçümde, birincil ölçümün neticesini kullanmamız gerektiğinde, aynı ölçüm belirsizliği doğrudan ikincil ölçümde kriterdir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Tanımlar

Ölçüm birimi

Farklı ölçekli iki birimin sayısal açıdan mukayese imkanı veren ölçütleri reel olarak tespit edilebilir ve genel kabul gören kalitatif (nicelik) içeren değerlerdir.

Uluslar arası birimler sistemi (SI)

Ölçüler ve ağırlıklar Genel Konferansı'nda (CGPM) tasdik olan, ana ünitelerin adları, rumuzları, bu ad ve rumuzların ön ekleri ile bunların uygulama kıstaslarını içeren Uluslar arası Büyüklükler Sistemine dayalı birimler sistemi.

Ölçüm

Bir büyüklüğe atanabilecek bir veya daha fazla büyüklük değerinin deneysel olarak elde edilme sürecidir. Nominal özelliklerin ölçümü yapılamaz. Ölçüm, büyüklüklerin karşılaştırılması anlamına gelirken , öğelerin sayılmasını da içerir. Ölçüm, ölçüm sonucunun kullanımına uygun bir büyüklüğün, bir ölçüm prosedürünün ve belirli bir ölçüm prosedürüne uygun olarak çalışan kalibreli bir ölçüm sisteminin ölçüm şartları ile birlikte tanımlanmış olmasını gerektirir (Anonim 2008).

Metroloji

Metroloji (Ölçüm Bilimi), kullanım alanını ve ölçüm belirsizliği kriterinden bağımsız olarak, ölçüm bakımından tüm kitabi ve kullanım hususlarını içerir.

Ölçülen

Ölçülen değer tespit edilirken, ölçülenin kimyasal muhtevası, tüm değişkenler, aynı büyüklüğe sahip değer, değer çeşidine dair bilgi ve malzemenin durumu belirlenmelidir.

Ölçüm prensibi

Ölçümün temeli olarak düşünülen olgu. Olgunun doğası, fiziksel, kimyasal veya biyolojik olabilir.

Ölçüm yöntemi

Ölçümde tatbik edilen işlemlerin kavramsal sisteminin umumi anlatımı. Ölçüm yöntemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir ;

- Yerine ikame ölçüm yöntemi
- Fark ölçüm yöntemi
- Sıfırlama ölçüm yöntemi
- Doğrudan ölçüm yöntemi
- Dolaylı ölçüm yöntemi

Ölçüm prosedürü

Ölçüm modeli esasına bağlı ve ölçüm neticesini temin etmek için gerekli bütün hesaplamaları ihtiva eden bir ölçümün, bir ya da daha çok ölçüm ilkesine ve verilen ölçüm yöntemine göre ayrıntılı anlatımı. Ölçüm prosedürü, uygulayıcının ölçümü yapmasına imkan verecek derecede detaylı bir yazılı belge olmalıdır. Ölçüm prosedürü içinde, amaçlanan ölçüm belirsizliğine dair bir ifade yer alabilir.

Ölçüm sonucu

Güncel datalarla beraber, ölçülen değer için elde edilen büyüklükler kümesi. Ölçüm neticesi çoğunlukla, bir tek ölçüm değeri ve ölçüm belirsizliği ile belirtilir. Ölçüm belirsizliği birtakım sebeplerle göz ardı edilebilirse, ölçüm neticesi tek ölçülen değer olarak belirtilebilir. Ölçüm neticesi genellikle böyle belirtilir.

Ölçüm sonuçlarının tekrarlanabilirliği

Aşağıdaki şartların bütününe uygun olarak, aynı ölçülen değerlere ait ardışık ölçüm neticeleri arasındaki benzeşme mertebesidir. Tekrarlanabilirlik, neticelerin dağılımı cinsinden nicel olarak ifade edilebilir.

- aynı ölçüm yöntemi,
- aynı izleyici,
- aynı ölçme aleti,
- aynı pozisyon,
- aynı uygulama şartları,
- az vakit arasında tekrar.

Ölçüm sonuçlarının tekrar gerçekleştirilebilirliği

Her bir ölçümün, aşağıdaki değişken şartlarda yapıldığı zaman, aynı ölçülen değere ait ölçüm neticeleri arasındaki benzeşme mertebesidir. Tekrar gerçekleştirilebilirlik teriminin geçerli olabilmesi için değişen şartların belirtilmesi gerekir. Tekrar elde edilebilirlik, neticelerin dağılımı türünden nicel olarak belirtilebilir.

- ölçüm yöntemi,
- gözlemci,
- ölçme aleti,
- pozisyon,
- kullanım şartları,
- süre.

Deneysel standart sapma

Aynı ölçülen değere ait n adet ölçümden oluşmuş bir küme için, aşağıdaki formülle belirtilen s değişkeni deneysel standart sapmadır ve neticelerin dağılımını tanımlar ;

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.1)$$

x_i : i. ölçüm neticesi

\bar{x} : Analiz edilen n adet neticenin aritmetik ortalamasıdır.

Ölçülen büyüklük değeri

Bir büyüklüğün ölçülen değeri. Ölçüm neticesini karakterize eden büyüklük değeri. Yinelenen sonuç değerlerini ihtiva eden bir ölçümde, her sonuç birer ölçülen değeri anlatmakta kullanılabilir. Bu ölçülen değerler kümesinin ortalaması veya ortancası hesaplanarak, çoğunlukla daha küçük bir ölçüm belirsizliğine haiz bir ölçüm büyüklüğü miktarı bulunabilir. Ölçüleni simgelediği kabul edilen genel büyüklük değerleri skalasının, ölçüm belirsizliğine oranla az olması durumunda, ölçülen büyüklük değeri, esasta tek bir reel büyüklük miktarının varsayımı olarak alınabilir. Çoğunlukla, bu ölçülen büyüklük değeri, yinelenen ölçümler ile bulunan ölçülen büyüklük değerlerinin, ortalaması ya da ortancasıdır.

Gerçek büyüklük değeri

Bir büyüklüğün tanımı ile uyumlu büyüklük değeri. Hata analizinde ölçümü ifade ederken, reel büyüklük değerinin tek bir değer olduğu ve reelde tanımlanamadığı varsayılmaktadır. Belirsizlik analizinde, büyüklüğü ifade etmek için gerekli ayrıntıların eksik olması sebebi ile, tek bir reel büyüklük miktarı yerine, tanımla uyumlu bir gerçek büyüklük değerler serisi hesaplanamamaktadır. Bunun dışındaki analizler, reel büyüklük değeri esasını tamamı ile göz ardı edip, ölçüm neticelerinin validasyonunun analiz edilmesinde, ölçüm neticelerinin metrolojik yeknesaklığı esasına atıf yapmaktadırlar.

Ana bir değişmezin olduğu spesifik bir halde, büyüklüğün tek bir reel büyüklük değerine haiz olduğu varsayılabilir. Ölçüm belirsizliğinin diğer etkenlerine oranla ölçülen ile bağlantılı kavramsal belirsizliğin göz ardı edilebilir varsayıldığı halde, ölçülenin “ tek “ bir reel büyüklük değeri olduğu kabul edilebilir. Varsayılan büyüklük değeri, kimi zaman reel büyüklük değerinin tahminidir.

Ölçüm doğruluğu

Ölçülen büyüklük değeri ile ölçülenin reel büyüklük miktarı arasındaki benzeşmenin mertebesi. Ölçüm doğruluğu terimi bir büyüklük değildir ve bir nümerik büyüklük değeri ile ifade edilemez. Ölçüm hatası azaldıkça, ölçümün daha doğru olduğu ifade edilir.

Ölçüm gerçekliği

Sonsuz adette yinelenen ölçülen büyüklük değerlerinin ortalaması ile referans büyüklük değeri arasındaki benzeşmenin mertebesi. Ölçüm gerçekliği sistemsel olarak ölçüm hatası ile ters orantılıdır. Ancak rasgele ölçüm hatası ile bağlantılı değildir. Ölçüm doğruluğu ile ölçüm gerçekliği birbirlerinin yerine ikame edilemez.

Ölçüm kesinliği

Belirlenmiş şartlar için, aynı veya yakın objeler üzerinde yinelenen ölçümler ile sağlanan göstergeler veya ölçün büyüklük değerleri arasındaki benzeşmenin mertebesi. Çoğunlukla ölçüm kesinliği, belirlenmiş şartlar altında sapma, varyans ve çeşitlilik katsayısı gibi tutarsızlık kriterleri ile nümerik olarak belirlenebilir. Belirlenmiş şartlar altında ölçümün yinelenebilirlik şartları, ölçümün ara kesinlik şartları yahut tekrar gerçekleştirilebilirliği şartları misal olarak ifade edilebilir.

Ölçüm hatası

Ölçülen büyüklük değeri ile referans büyüklük değeri arasındaki fark.

Sistematik ölçüm hatası

Ölçüm hatasının yinelenen ölçümlerde değişmeyerek kalan yahut hesaplanabilir şekilde değişen etkeni. Sistemsel ölçüm hatası ve nedenleri bilinebilir veya bilinmeyebilir. Bilinen bir sistemsel ölçüm hatasını tolere etmek için, bir düzeltme kullanılabilir. Sistemsel ölçüm hatası, ölçüm hatası ile rasgele ölçüm hatası arasındaki farka eşittir.

Rastgele ölçüm hatası

Yinelenen ölçümlerde, önceden belirlenemez bir şekilde farklılaşan ölçüm hatası faktörü. Rasgele ölçüm hatası için gerçek büyüklük değeri, aynı ölçülen için sonsuz defa yinelenen ölçümlerin ortalamasıdır. Yinelenen ölçümlerden oluşmuş bir kümenin rasgele ölçüm hataları, çoğunlukla sıfır olduğu kabul edilen bir değer ve bu değer variansı ile tanımlanabilen bir dağılım meydana getirir. Rasgele ölçüm hatası, ölçüm hatası ile sistemsel ölçüm hatası arasındaki farka eşittir.

Ölçüm belirsizliği

Edinilmiş dataya bağlı olarak, ölçülene atıf yapılan büyüklük değerlerinin dağılımını tanımlayan, pozitif nümerik değişken. Ölçüm belirsizliği, düzeltmeler ve ölçüm standardına atıf yapılmış büyüklük değerleri gibi sistemsel etkenlerden doğan bileşenler ile kavramsal belirsizlik bileşenini ihtiva eder. Kimi zaman, tahmin edilen sistemsel etkenlerin düzeltilmesi yerine ilgili ölçüm belirsizliği bileşenleri katılır. Ölçüm belirsizliği, çoğunlukla birçok etkeni ihtiva eder. Bu bileşenlerden kimisi, ölçüm kümelerinden sağlanan büyüklük değerlerinin istatistiki dağılımını uygulanan A Tipi ölçüm belirsizliği hesabı metodu ile tanımlanır ve standart sapma ile betimlenir. B Tipi ölçüm belirsizliği hesaplama metodu ile tanımlanan harici etkenlerde, elde edinilmiş bilgi ve diğer bilgilere bağlı ihtimal yoğunluğu işlemlerinden sağlanan standart sapma ile tanımlandırılır. Çoğunlukla, elde edinilmiş verilere göre, ölçüm belirsizliğinin, ölçülene hitaben sabit bir büyüklük değeri ile alakalı olduğu fark edilmektedir. Bu büyüklük değerindeki bir farklılık, belirsizlik miktarında da farklılığa sebep verir.

A tipi ölçüm belirsizliği hesabı

Sabit ölçüm şartları altında sağlanan, ölçülen büyüklük miktarlarının istatistiki incelemesi ile ölçüm belirsizliği etkeninin hesap edilmesi.

B tipi ölçüm belirsizliği hesabı

A Tipi ölçüm belirsizliği hesabı haricinde metotlar ile ölçüm belirsizliği etkenlerinin hesap edilmesi. Örnek olarak ; yetkili organlar aracılığı ile ilan edilmiş büyüklük değerleri ile alakalı, sertifikalandırılmış referans malzemenin büyüklük değerleri ile alakalı, kalibrasyon sertifikasından sağlanmış, şahsi tecrübeler ile tanımlanmış sınır değerlerden sağlanan data'lara bağlı hesaplama şeklinde temsiller verilebilir.

Standart ölçüm belirsizliği

Standart sapma şeklinde belirtilen ölçüm belirsizliği.

Bileşik standart ölçüm belirsizliği

Bir ölçüm sisteminin input büyüklükleri ile alakalı tüm standart ölçüm belirsizliklerinin uygulanması ile oluşturulan standart ölçüm belirsizliği.

Bağıl standart ölçüm belirsizliği

Oransal olarak, standart ölçüm belirsizliği değerinin ölçüm büyüklük değerine oranı.

Belirsizlik bütçesi

Ölçüm belirsizliğini, etkenlerini, bu terimlerin hesap edilmesini ve varyanslarını ihtiva eden ifade. Bir belirsizlik bütçesi, ölçüm sistemini, bu sistemdeki büyüklükler ile alakalı ölçüm belirsizliklerini ve öngörülen değerlerini, kovaryanslarını, tatbik edilen ihtimal yoğunluk işlemlerinin çeşidini, serbestlik mertebelerini, ölçüm belirsizliği hesabının çeşidini ve kapsam etkenlerini ihtiva etmelidir.

Genişletilmiş ölçüm belirsizliği

Bileşik standart ölçüm belirsizliğinin birden daha fazla bir etkenle çarpılması. Etken, bir ölçüm sisteminin output büyüklüklerinin ihtimal dağılımlarının çeşidine ve tercih edilen kapsam ihtimaline bağlantılıdır. Bu betimlemedeki etken kavramı, kapsam faktörünü anlatır.

Kapsam faktörü

Genişletilmiş ölçüm belirsizliğinin bulunması için, bileşik standart ölçüm belirsizliği ile katlanan birden fazla bir rakam. Kapsam faktörü, çoğunlukla k terimi ile tanımlanır.

Olasılık

Değeri 0 ile 1 arası değişen, olayın gerçekleşmesiyle ilgili bir sayı.

Rasgele değişken

Özel seri değerlerinden rasgele birini alabilen ve olasılık dağılımı ile ilişkin bir değişken.

İhtimal dağılımı

Rasgele değişkenin herhangi bir değeri almasını ve değerlerin verilen düzeye ait olduğunun olasılığını ifade eden fonksiyon (Anonim 1995).

Dağılım fonksiyonu

Rasgele değişken X 'in belli bir x 'den küçük veya eşit olması olasılığını ifade eden fonksiyon.

$$F(x) = Pr (X \leq x) \quad (2.2)$$

Olasılık yoğunluk fonksiyonu)

Dağılım fonksiyonunun türevi olarak tanımlanır.

$$f (x) = dF (x) / dx \quad (2.3)$$

Olasılık ağırlık fonksiyonu

Kesikli rasgele değişken X 'in herhangi bir x_i değerine eşit olduğunu P_i olasılığı olarak belirten bir fonksiyon.

$$P_i = Pr (X = x_i) \quad (2.4)$$

Parametre

Rasgele değişkenin olasılık dağılımını ifade etmek için kullanılan bir nicelik.

Korelasyon

Birden çok rasgele elemanı içeren grup muhtevastındaki iki veya daha çok rasgele değişken arasındaki bağlantı.

Varyans

(Rasgele değişkenin veya olasılık dağılımının varyansı) Merkezi raslantı değişkeninin karesinin beklentisi.

$$\sigma^2 = V (X) = E [(X - E (X))^2] \quad (2.5)$$

olarak verilir.

Aynı zamanda sapmanın ölçümü olarak da kabul edilir. Her bir ölçümün ortalamasından sapmasının karesinin rasat adedinin bir azına bölünmesi ile bulunur.

n adet gözlem x_1, x_2, \dots, x_n için

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i \quad (2.6)$$

Varyans ise ;

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2 \quad (2.7)$$

Standart sapma

(Rasgele değişkenin veya olasılık dağılımının standart sapması) Varyansın pozitif kare kökü ;

$$\sigma = \sqrt{V(x)} \quad (2.8)$$

Normal dağılım

Sürekli rasgele değişken x için

$-\infty < x < +\infty$ aralığında

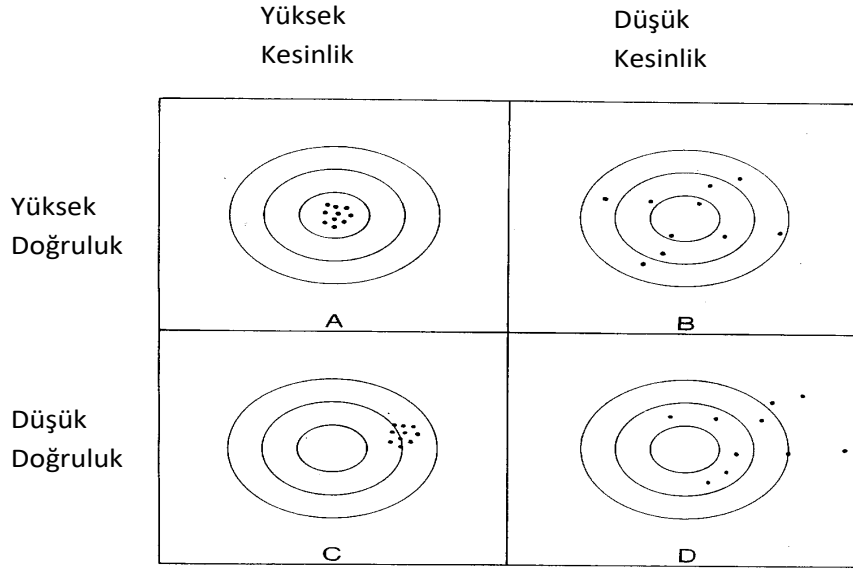
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (2.9)$$

Doğruluk

Okunan değerlerin kalibre edilmiş değerden veya gerçek değerden sapmasıdır. Eğer bir voltmetrenin doğruluğu voltmetrenin o skalasında tam hatasının % 2 si olarak veriliyorsa, bu voltmetrede o skalada gözlenen tüm değerler için reel değer \pm % 2 farklıdır. Tabii ki voltmetrenin tüm aralığında doğrusal olduğu düşünülürse.

Kesinlik

Ard arda okunan değerlerin tekrar edilebilirliğidir. Ard arda yapılan okumalar için farkın ne kadar küçük olduğudur. Eğer fark, doğasında gelişigüze ard arda alınan değerlerin farkı küçük olacaktır. Doğruluk ve kesinlik aynı anlama gelmez. Doğruluk, gerçek değere belli bir kesinlik ile ne derece yakın olduğunu gösterir. Örneğin $\pi = 2,14159$ demek kesinlik açısından kesindir, fakat daha doğru değer 3,14'dür. Dakik okuyan cihaz, eğer kalibre edilmemişse hala dakik okur fakat okuduğu değer doğru değildir. Bu durum Şekil 2.1'de özetlenmeye çalışılmıştır. Yanlışıklık ise deney şartlarının iyi kontrol edilememesinden kaynaklanır. Deneyin kurulduğu masadaki titreşim veya laboratuvarın sıcaklığının gerekenden az veya çok olması buna iyi bir örnektir. Böyle bir durum fark edilince derhal düzeltilmelidir.



Şekil 2.1. Doğruluk ile kesinlik arasındaki ilişki

Kalibrasyon

Belirlenmiş şartlarda, birinci adımda ölçüm etalonları aracılığı ile elde edilen büyüklük değerleri ve ölçüm belirsizlikleri ile bunlara atfedilen değerler ve alakalı ölçüm belirsizlikleri arasında bir münasebetin meydana geldiği, ikinci adımda ise bu datanın ölçüm neticesinin göstergeden sağlanması uygulandığı işlemler dizisi. Bir kalibrasyonu anlatmak için ; kalibrasyon işlemi, kalibrasyon şeması, kalibrasyon grafiği veya kalibrasyon bütçesi ifade edilebilir. Bazen, kalibrasyon, göstergelerin toplam ya da çarpım düzeltmesi ve alakalı ölçüm belirsizliğinden menkul olabilir. Kalibrasyon, kimi zaman yanlış olarak iç kalibrasyon olarak ifade edilen ölçüm modelinin set edilmesi yahut kalibrasyon doğrulanması kavramları ile ayrı tutulmalıdır.

Kalibrasyon hiyerarşisi

Tüm kalibrasyon neticelerinin, daha evvel ki kalibrasyonun neticesine bağlı olduğu ve bir gerçek değerden en son ölçüm modeline dek dayanan kalibrasyonlar serisi. Ölçüm belirsizliği kalibrasyon serisi süresince kesinlikle yükselir.

Metrolojik izlenebilirlik

Bir ölçüm neticesinin, her biri ölçüm belirsizliğine destekte bulunan kalibrasyonlardan oluşan, dökümante edilmiş, aralıksız bir bağlantı vasıtası ile belirlenmiş bir referansa atfedilebilme özelliği. Metrolojik izlenebilirlik, belirlenmiş bir kalibrasyon hiyerarşisine ihtiyaç duyar. Bir referansa dair hususlar ifade edilirken, kalibrasyon hiyerarşisinin meydana getirilmesinde bu referansın uygulandığı tarih ve kalibrasyon hiyerarşisi dahilinde ilk kalibrasyonun hangi zaman aralığında uygulandığı gibi referans ile alakalı diğer metrolojik data lar belirtilmelidir. Bir ölçüm neticesinin, metrolojik bakımdan izlenebilir olması, amaçlanan hedefler için kafi ölçüm belirsizliğine haiz olduğu veya ölçümde herhangi bir sapmanın olmadığı manasına gelmez.

ILAC'ın ifadesi ile metrolojik izlenebilirliğin onayının temin edilmesi için ihtiyaç duyulan hususlar şunlardır ; Ulusal yahut uluslararası ölçüm standartlarına dayanan aralıksız bir metrolojik izlenebilirlik zinciri, dökümante edilmiş ölçüm belirsizliği, dökümante ölçüm prosedürü, akredite olunmuş teknik kabiliyet, SI ünitelerine metrolojik izlenebilirlik ve kalibrasyonlar arası zaman.

İzlenebilirlik kavramı, metrolojik izlenebilirlik manasında uygulandığı gibi bazen örneklem izlenebilirliği, belge izlenebilirliği yahut cihaz izlenebilirliği gibi başka terimler ikamesinde de kullanılır. Bu kısımda izleme terimi bir objenin geçmişine atıfta bulunur. Bu sebeple, karmaşaya yol açmamak adına tüm olarak metrolojik izlenebilirlik teriminin uygulanması tercih edilir.

Metrolojik izlenebilirlik zinciri

Bir ölçüm sonucunu bir referansa ilişkilendirmede kullanılan, ölçüm standartları ve kalibrasyonların sıralaması. Metrolojik izlenebilirlik zinciri kalibrasyon hiyerarşisi aracılığı ile tanımlanır. Metrolojik izlenebilirlik zinciri, bir ölçüm sonucunun metrolojik izlenebilirliğinin oluşturulmasında kullanılır (Anonim 2008).

Doğrulama

Bir ögenin tanımlanan koşulları gerçekleştirdiğini gösteren, sarih delillerin elde edilmesi. Örnek olarak ; Bir ölçüm modelinin gerçekleştirme özelliklerini yahut kanuni şartları sağladığının onayı, amaçlanan bir ölçüm belirsizliğine ulaşabilirliğinin onayı verilebilir. Doğrulama, kalibrasyon yerine kullanılmamalıdır. Her doğrulama validasyon değildir.

Geçerli kılma

Tanımlanan koşulların, hedeflenen uygulama için uygunluğunun doğrulanması. Örnek olarak ; suda azotun kütle derişiminin ölçümü için meydana getirilen ölçüm prosedürü, serumdaki ölçümlerde uygulanmak üzere geçerli kılınabilir.

Ölçüm modeli

Bir ölçümün, bünyesinde olduğu bilinen, tüm büyüklükler arasındaki matematiksel bağ. Bir ölçüm modelinin, umumi ifadesi $h (Y, X_1, \dots, X_n) = 0$ olup, burada Y , ölçüm modelindeki çıktı büyüklüğü olan, ölçüleni ifade etmektedir. Ölçülenin büyüklük değeri, ölçüm modelindeki X_1, \dots, X_n girdi büyüklüklerine dair bilgiler vasıtası ile sağlanır. İki veya daha fazla çıktı büyüklüğü barındıran karışık hallerde, ölçüm modeli birden çok denklemden meydana gelir.

Model fonksiyon

Değeri, bir ölçüm modelinin girdi büyüklüklerinin bilinen büyüklük değerleri vasıtası ile hesap edildiğinde, ölçüm modelinin çıktı büyüklüğünün, ölçülen büyüklük değeri olan büyüklüklerin fonksiyonu. Ölçüm modelinin çıktı büyüklüğü Y olup, $h (Y, X_1, \dots, X_n) = 0$ olarak belirtilen bir ölçüm modeli $Y = f (X_1, \dots, X_n)$ şeklinde açıklıkla ifade edilebildiği hallerde, f bir model fonksiyondur. Yaygın şekli ile f fonksiyonu , x_1, \dots, x_n girdi büyüklük değerlerine denk tek bir $y = f (x_1, \dots, x_n)$ çıktı büyüklük değerini ifade eden bir algoritmayı simgeler. Model fonksiyonu, Y ölçülen büyüklük değeri ile bağlantılı ölçüm belirsizliğini hesaplamak için de uygulanır.

Ölçüm modelinin girdi büyüklüğü

Bir ölçülenin büyüklük değerini bulmak için, ölçülmesi gerekli yahut değeri diğer metotlarla bulunabilen büyüklük. Örnek vermek gerekirse; Belli bir sıcaklıktaki bir çelik çubuğun boyutunun ölçülen olması durumunda, reel sıcaklık, mevcut sıcaklıktaki uzunluk ve çubuğun sıcaklıktaki lineer uzama katsayısı ölçüm sisteminin girdi büyüklükleridir.

Ölçüm modelinin çıktı büyüklüğü

Bir ölçüm sisteminin girdi büyüklüklerinin değerleri uygulanarak ölçülen değerinin bulunduğu büyüklük.

Etki büyüklüğü

Direkt ölçümde, reelde ölçülen büyüklüğe tesiri olmayan, fakat ölçüm neticesi ile gösterge değeri arasındaki bağlantıyı etkileyen büyüklük.

Düzeltilme

Tahmini bir sistematik hatanın telafisi.

Ölçüm cihazı

Ölçüm yapmak için tek başına veya tek ya da daha çok yardımcı cihaz ile beraber kullanılan cihaz.

Ölçüm sistemi

Belli çeşitlerdeki büyüklüklerin, belirlenmiş mesafeler dahilinde ölçülen büyüklük miktarlarının bulunmasında tatbik edilen dataları elde etmek için toplanmış ve adapte edilmiş, lüzumlu materyaller ile beraber, bir yahut daha çok ölçüm aygıtından oluşmuş yapı. Bu yapı yalnızca tek ölçüm cihazından oluşabilir.

Maddi ölçüt

Uygulamada kaldığı zaman dilimi süresince, her bir adedine belirlenmiş bir büyüklük değeri atfedilmiş, bir yahut daha çok çeşitteki büyüklüğü aralıksız şekilde temin eden veya sağlayan ölçüm cihazı. Örnek olarak ; etalon ağırlık, hacim ölçütü (bir yahut birden çok büyüklük değeri sağlayan, büyüklük değer ölçekli veya ölçek olmadan), standart elektriksel direnç, çizgi skalası (cetvel), mastar bloğu, standart sinyal kaynağı, sertifikalı referans malzeme. Maddi bir ölçütün göstergesi kendisine atfedilmiş büyüklük değeridir.

Nominal büyüklük değeri

Nominal değer, doğru uygulamaya destek olması için, bir ölçüm cihazını yahut ölçüm sistemini tanımlayan büyüklüğün yuvarlatılmış ya da yaklaşık değeri. Örnek olarak bir standart direnç üzerine tanımlanmış 100 Ω nominal büyüklük değeri.

Çözünürlük

Ölçülen büyüklüğe göre gösterge değerinde hissedilebilir farka sebep olan ölçülen büyüklükteki en az değişim.

Ayrımsama eşiği

Ölçülen büyüklüğe göre gösterge değerinde hissedilebilir farka sebep olmayan ölçülen büyüklükteki en çok değişim.

Ölçüm cihazının kararlılığı

Ölçüm cihazının metrolojik vasıflarının zaman boyunca değişmez olması özelliği.

Cihazın sapması

Yinelenen gösterge değerlerinin ortalaması ile referans büyüklük değeri arasındaki fark.

Cihazın kayması

Gösterge değerlerinin, ölçüm cihazının metrolojik vasıflarındaki değişmeler yüzünden, çalışma ömrü boyunca daimi yahut adım adım değişimi.

Cihazın ölçüm belirsizliği

Kullanımda olan ölçüm cihazı yahut ölçüm sisteminden kaynaklı ölçüm belirsizliği etkeni. Bir cihazın ölçüm belirsizliği, ölçüm cihazının yahut ölçüm sisteminin kalibrasyonu sonucu elde edilir. Fakat primer ölçüm standartları için değişik metotlar uygulanır. Cihazın ölçüm belirsizliği, B tipi ölçüm belirsizliği hesabı dahilindedir. Cihazın vasıflarını muhafaza eden dökümanlarda, o cihazın ölçüm belirsizliğine dair datalar bulunabilir.

Doğruluk sınıfı

Belirlenmiş kullanım şartları dahilinde, ölçüm hatalarını yahut cihazın belirsizliklerini belirlenmiş hudutlar dahilide muhafaza eden metrolojik koşulları sağlayan ölçüm cihazlarının ya da ölçüm sistemlerinin sınıfı, umumi kabul ile belirli bir sembol yada sayı ile ifade edilir. Doğruluk sınıfı maddi ölçütler için geçerlidir.

Kabul edilebilir maksimum ölçüm hatası

Kabul edilebilir en fazla hata (hata sınırı), belirlenmiş bir ölçüm, ölçüm cihazı ya da ölçüm sistemi için teknik vasıflar ya da şartlar ile izin verilen ölçüm hatasının, değeri belli bir referans büyüklüğe kıyasla uç değeri. Kabul edilebilir en fazla hatalar, ya da hata sınırları kavramları, çoğunlukla iki uç değer olduğu vakit uygulanır. Tolerans kavramı kabul edilebilir en fazla hata yerine kullanılmamalıdır.

Ölçüm standardı

Ölçüm standardı (etalon) belirlenmiş bir büyüklük değeri ve bağlantılı ölçüm belirsizliği ile bir büyüklüğün referans şeklinde uygulanmak için tanımlanması. Örnek olarak 3 µg standart ölçüm belirsizliğine haiz 1 kg kütle ölçüm standardı.

Uluslararası ölçüm standardı

Uluslararası bir anlaşma ile karara bağlanmış, genel olarak uygulanması hedeflenen ölçüm standardı.

Ulusal ölçüm standardı

Ulusal standart, bir devlete ya da ekonomiye katkı sağlamak amacı ile ulusal otoritelerce onaylanmış, büyüklük değerlerinin bağlantılı büyüklük tipine dair, harici ölçüm standartlarına atanmasında esas teşkil eden ölçüm standardı.

Birincil seviye ölçüm standardı

Birincil seviye standart, bir primer seviye referans ölçüm prosedürü uygulanarak veya hususi olarak imal edilen bir nesnenin vasıflarına bağlı, genel onay ile belirli ölçüm standardı.

İkincil seviye ölçüm standardı

İkincil seviye standart aynı tipteki bir büyüklük için birincil seviye ölçüm standardı ile kalibrasyona tabi tutularak belirli olan ölçüm standardı. Primer veya sekonder seviye ölçüm standardı uygulanarak kalibrasyon işlemi gerçekleştirilebilir veya primer seviye ölçüm standardı ile kalibrasyona tabi tutulmuş ara ölçüm sistemi uygulanarak bulunan ölçüm neticesinin sekonder seviye ölçüm standardına atfedilmesi ile sağlanabilir.

Referans ölçüm standardı

Referans standart, tespit edilmiş bir kuruluş veya mahalde kullanılan belirlenmiş tip büyüklüklerle bağlantılı diğer ölçüm standartlarının kalibrasyonu amacı ile imal edilmiş ölçüm standardı.

Çalışma ölçüm standardı

Çalışma standardı, Ölçüm cihazları ya da ölçüm sistemlerinin kalibrasyonu veya ara kontrollerinde standart olarak uygulanan ölçüm etalonu. Çalışma ölçüm standardı, çoğunlukla referans ölçüm standardı ile kalibrasyona tabi tutulur.

Taşınabilir ölçüm standardı

Farklı mahaller arası taşınabilecek şekilde imal edilmiş, bazen spesifik olarak tasarlanan ölçüm standardı. Örnek olarak batarya ile aktifleşen, nakledilebilir Sezyum-133 frekans ölçüm standardı.

Transfer ölçüm standardı

Ölçüm etalonlarının kıyaslanmasında vasıta olarak kullanılan cihaz. Bazı durumlarda ölçüm standartları transfer cihazı olarak uygulanırlar.

2.2 Belirsizlik hesaplarında istatistiksel kavramlar

Bir çok deneyin neticesi ölçümdür. Ölçümlerin güvenilirliği, o deneyin denetlenebilen verilerinin yanında, pek çok kontrol dışı hatta farkında bile olunmayan etmenlere bağlıdır. Bu etmenlerden bir kısmı, deneyi ifa eden personel, deneyde kullanılan ekipman, deneyin uygulandığı çevre şartlarıdır. Bu biçimde test edilen cihazdan ve ölçülen niceliğin aynı olamayışından kaynaklanan hataların yanı sıra, yukarıda bahsedilen hatalar da ölçüm sonuçlarına etki eder.

Deneyleri yapan personelden ve yardımcı cihazlar nedeni ile oluşan hatalar, değişik personel ve değişik cihazlar kullanılarak azaltılabilir veya rasgele zamanlarda bu ölçümler yapılarak bu hatalar daha da azaltılabilir. Buna “randomization” adı verilir. Diğer önemli hataları değerlendirebilmek için, denetimli bir biçimde aynı girdiler için bağımsız gözlemler yapmak gerekir. Bu olay “replication” olarak adlandırılır ve istatistiğin esasını teşkil eder.

Yukarıda bahsedilen esasları istatistiksel bir ifade ile belirtmek için her ölçülen X için δ hatasının olduğunu farz edelim. Bunu ;

$$X \pm \delta \quad (2.10)$$

Olarak belirtirsek $X \pm \delta$ terimi reel (gerçek) değer, \bar{X}' ' i ifade eder. Az önce bahsedildiği gibi, ölçüm hatası δ genel olarak iki etmenden oluşur. Rasgele hata ϵ ve sistematik hata β , yani ;

$$\delta = \epsilon + \beta \quad (2.11)$$

2.2.1 Rasgele hatalar

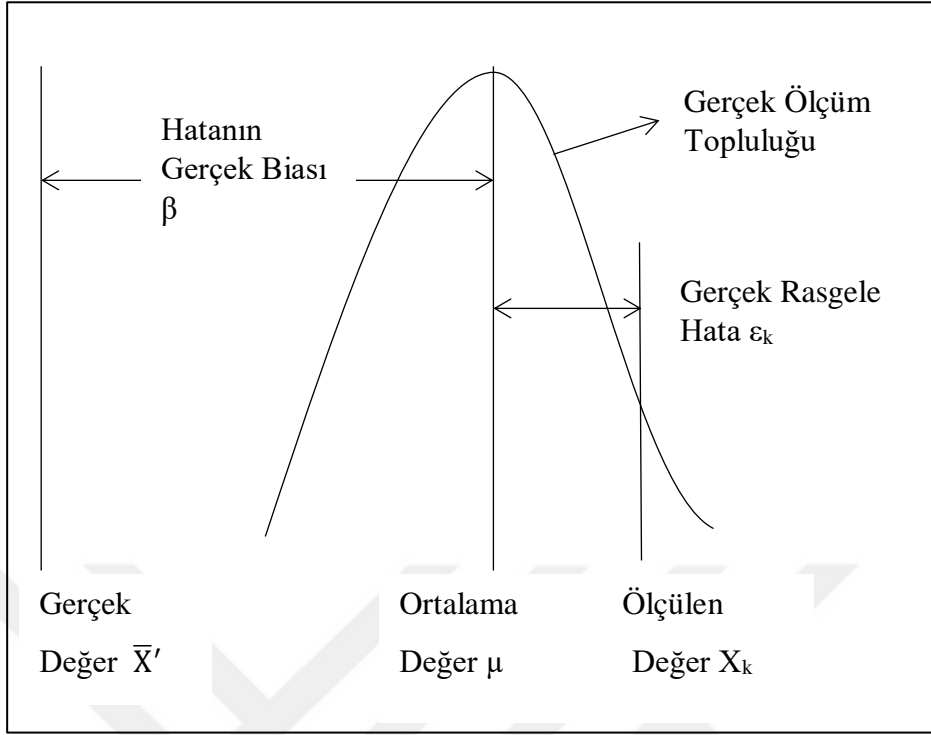
Ölçümler yeniden yeniden tekrarlanırsa rasgele hata ϵ , bu ölçümlerin ortalama etrafında sapmasını ifade eder. Hata, ölçüm gerçekleştiren cihazların özelliklerinden ve/veya ölçümü gerçekleştirilen niceliğin değişmeden kalmamasından kaynaklanır. Ölçüm cihazları, belirli bir sınıflandırma yaptıkları için rasgele hatalar mevcut olacaktır. Kesinlik (precision) terimi, rasgele hataları belirtmek için kullanılır. Kesinlik, tüm ölçümlerin reel standart sapması ya da daha fazla mevcut donelerin kesinlik indeksi s (tahmin edici) şeklinde belirtilir. s büyükse doneler geniş bir dağılım ifade eder, s küçük ise doneler daha kesindir (Anonim 1995).

2.2.2 Sistematik hatalar

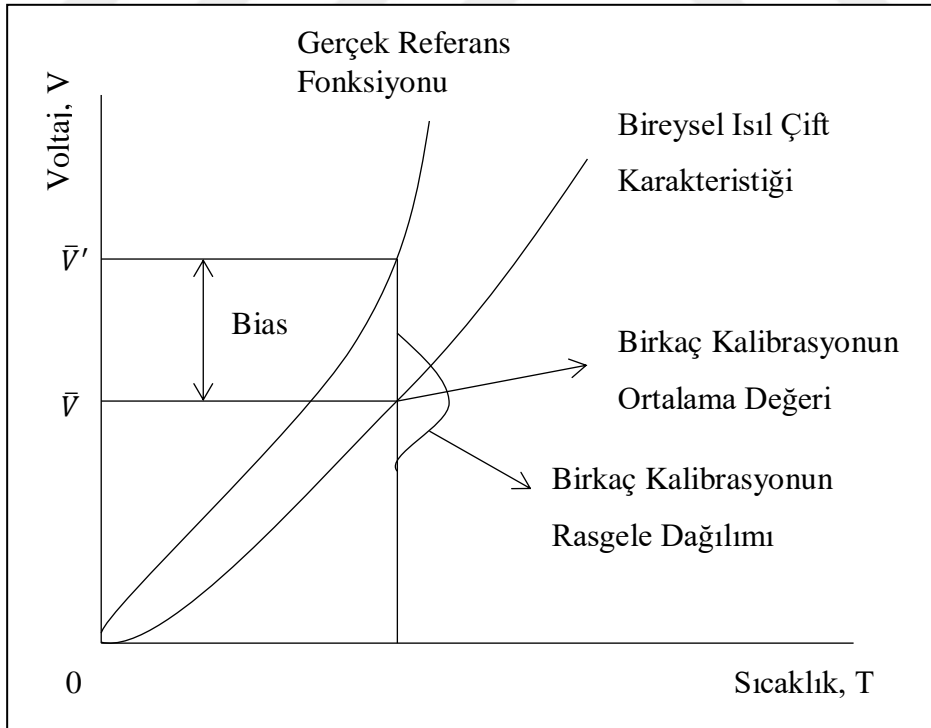
Bütün ölçümlerde rasgele hataların haricinde daima beklenen gerçek değerden küçük veya daha çok bir değer bulunur. Bu hatalar ; sabit hatalar ya da sistematik hatalar şeklinde isimlendirilir ve kavramsal olarak bias (eğilim) diye ifade edilir.

Sistematik hata sayısal olarak reel bias β veya biasın varsayımsal sınırı B ile ifade edilir. Bu şekilde nicelik olarak elde edildiğinde bu değer bütün ölçülen büyüklüklere ilave edilen bir düzeltme faktörü şeklinde uygulanabilir. Sıfır Bias reel değer \bar{X}' ile ölçülen büyüklüklerin gerçek ortalama değeri μ arasında hiçbir fark yok anlamına gelir. Uygulamada sıfır Biaslı ölçümler nadirdir ve rutin ölçümlerin tümünde sistematik hataların hesap edilmesine yönelik bir yaklaşım gözlemlenir. Burada vurgulanmak istenen geometrik olarak Şekil 2.2'de gösterilmiştir (Anonim 1995).

Sistematik hatalar farklı metotlarla düşürülebilir, örnek olarak ölçüm cihazının kalibrasyona tabi tutulması ile mümkün olabilir (Şekil 2.3). Yaygın bir şekilde kalibrasyon karşılaştırma metodu ile (test ile referans arasında) sağlanır. Kalibrasyonların kusursuz olmaması sebebi ile total bias tespitinde başarı sağlamak güçtür. Başka bir ifade ile bias rasgele bileşene haiz olabilir, fakat bu bileşen sabit ve kesinlik hatası şeklinde rasgele olmayan bir bileşendir.



Şekil 2.2. Çeşitli istatistik terimler arasındaki geometrik ilişkiler



Şekil 2.3. Isıl çift kalibrasyonunda sistematik ve rasgele hataların gösterimi

2.3 İstatiksel İlişkiler

Mühendislikte eğilim (bias) ortadan kaldırılabilsse diğer hataların rasgele hatalar olduğu kabul edilir. Böylece hatalar istatiksel olarak ele alınabilir. Bu bölümde değişmeyen hatalar (eğilimden gelen) ihmal edilerek sadece rasgele hatalar (kesinlik) ele alınacaktır.

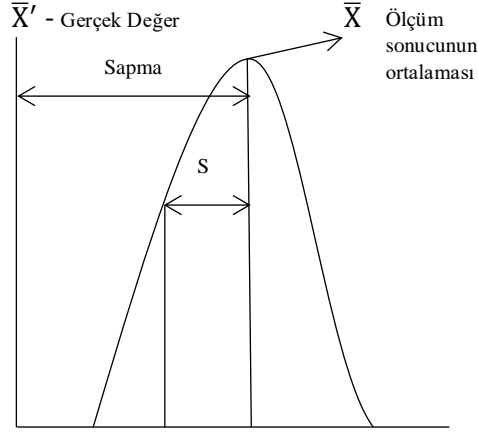
Çok açıktır ki sabit hata olmadığı zaman bile, ölçümün doğası gereği bir değişkenin gerçek değerini elde etmek mümkün değildir. Bu şekilde deneysel verilerden, iki çok önemli bilgiyi çıkarmak deney yapan kişinin görevidir. Bunlardan birincisi değişkenin gerçek değerinin (gerçek değer bundan sonra \bar{X} olarak işaretlenecektir) bulunmasıdır. Bu değere çok yakından bağlı olan diğer bir değer ise, \bar{X} üzerinde merkezlenmiş belli ve gerçek değeri kapsayan bir aralığın tahmin edilmesidir. Bu değeri de \bar{X} ile ilişkili belirsizlik sınırı olarak kabul edelim.

2.3.1 Verilen noktada gerçek değer

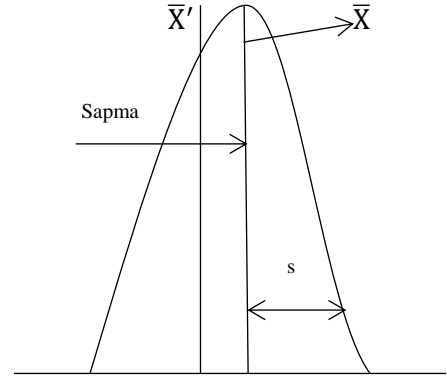
Eğer bir deney sonucu X birkaç kez ölçülmüş ise, X 'in ortalama değeri ;

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_k \quad (2.12)$$

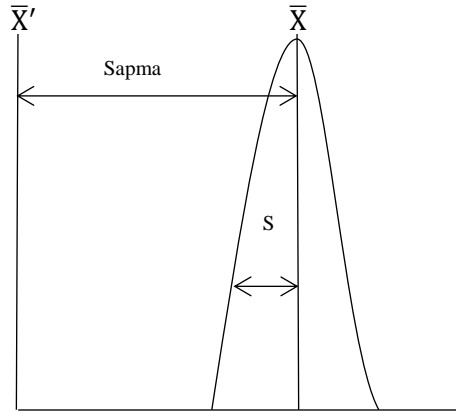
Ölçümde elde edilen değerlerin aritmetik ortalamasıdır. Burada X_k k. ölçümde elde edilen değerdir. N ise toplam ölçüm sayısıdır. X_k değerlerinin \bar{X} olarak en iyi bir şekilde gösterilmesi matematiksel bir gerçektir.



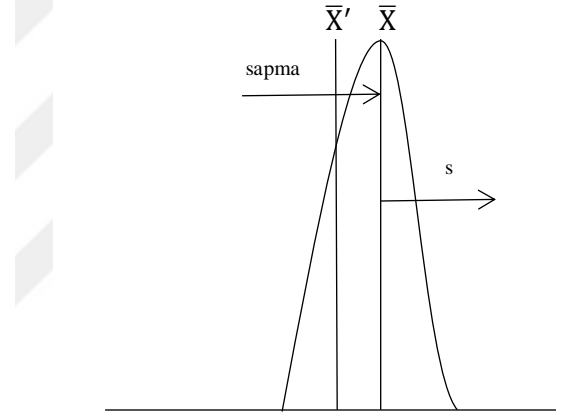
Düşük Kesinlik – Düşük Doğruluk



Düşük Kesinlik – Yüksek Doğruluk



Yüksek Kesinlik – Düşük Doğruluk



Yüksek Kesinlik – Yüksek Doğruluk

Şekil 2.4. Kesinlik ve doğruluk arasındaki fark

Bu şekilde her bir X_k değerinin \bar{X}' den farkının karelerinin toplamı minimumdur (En küçük kareler prensibi). \bar{X}' 'in gerçek değer olması yolunda hiçbir garanti yoktur. Diğer bir deyişle, gerçek ölçümlerde her zaman eğilim dikkate alınmalıdır. Buna rağmen topluluğun ortalaması μ 'un en iyi tahmini, verilen koşullarda elde edilen sonuçların ortalaması \bar{X}' 'dir (Şekil 2.4).

2.3.2 Güvenilirlik aralığı

X'in en uygun değerini bulduktan sonra ikinci olarak bulunması gereken bu uygun değer X'in gerçek değerini ne kadar temsil ettiğidir. Bu her ölçümün sonuna \pm olarak eklediğimiz niceliktir ve güvenilirlik aralığı (CI) olarak adlandırılır. Böylece gerçek değer, güvenilirlik aralığı $CI(p)$ dikkate alınarak $\bar{X} \pm CI(p)$ şeklinde verilir. Burada p ifadenin olasılığıdır (Anonim 1995).

Bu güvenilirlik aralıklarını bulmak için aynı değişkenin yeniden ve yeniden ölçümüne ihtiyaç vardır ve bu aralıklar dataların büyüklüklerine göre ve sayılarına göre farklılık ifade ederler.

2.3.3 Çok sayıda yapılmış ölçüm serileri

Fazla miktarda ölçüm istatistiksel ifade ile ölçüm sayısı N büyük ($N > 10$) kabul edilir. Yinelenen gözlemler neticesinde değişik X değerlerinin kaç defa gözlemlendiği Gauss – Laplace normal dağılımı ile çok yakın bir yöntem ile belirtilebilir (Anonim 1967).

$$f(x) = \frac{1}{\delta \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left[\frac{x-\mu}{\delta} \right]^2 \right] \quad (2.13)$$

$\frac{1}{\delta \sqrt{2\pi}}$ f (x) bütün X'ler için integrali alındığında 1'e eşit olabilmesi için gereken normalizasyon faktörüdür ve δ , X'in gerçek standart sapmasını gösterir. δ çok yakın bir şekilde ;

$$\delta = \left[\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (X_k - \mu)^2 \right]^{1/2} \quad (2.14)$$

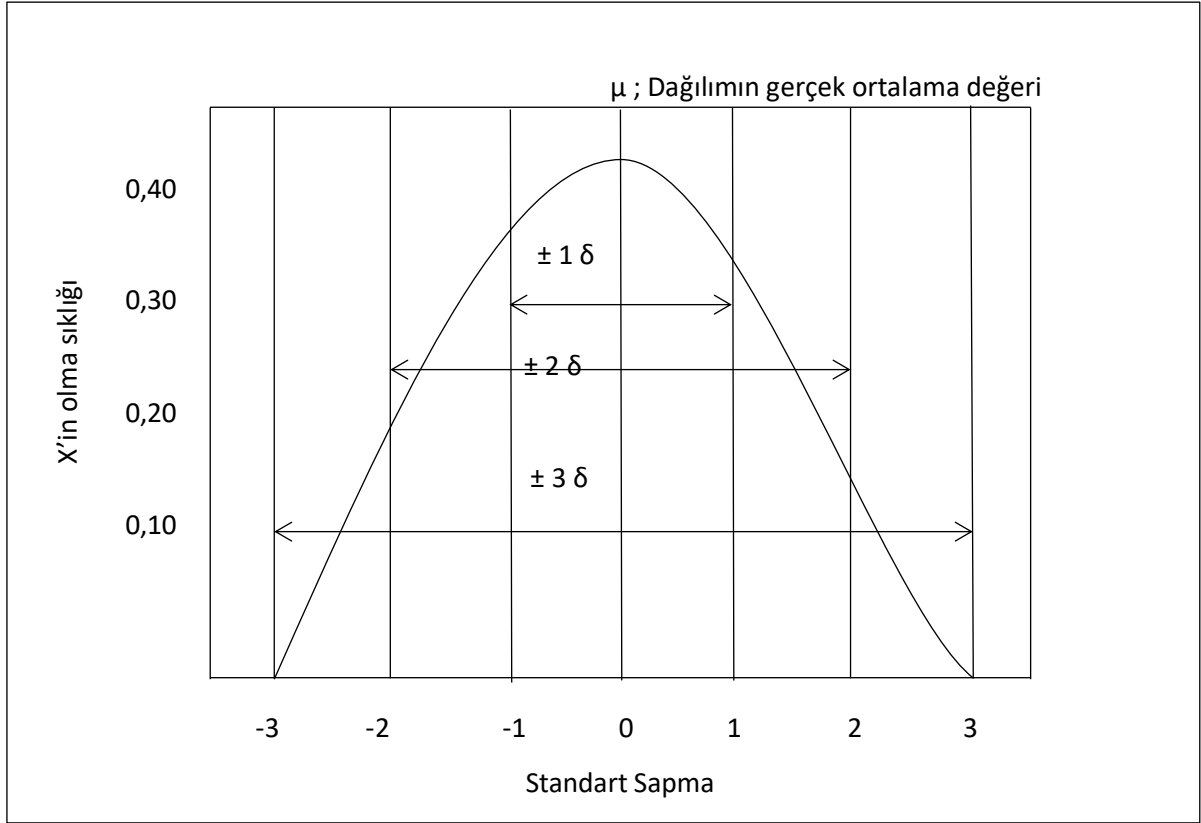
Eşitliği kullanılarak elde edilir.

X 'in normal dağılımın standart sapması şu özellikleri taşır ;

- 1- δ belli bir X değerinin ne ölçüde dağıldığının ifadesidir. Başka bir ifade ile kesinlik hatası ε 'nin kriteridir.
- 2- δ ve X aynı birimle belirtilir.
- 3- δ gözlemlenen tüm olabilecek değerlerin, reel ortalama değer μ 'dan sapmalarının karelerinin toplamının kareköküdür.

(2.13) ve (2.14)'de gösterildiği gibi dağılımının merkez noktası topluluğun ortalamasıdır. Daha önce söylendiği gibi verilen şartlarda ortalama değer reel değer \bar{X} 'in en iyi tahmini olduğundan $f(x)$ dağılımını ve sapma δ 'yi belirten ifadelerde de μ uygulanmıştır. μ sonsuz sayıda belirtilen gözlemlerin ortalamasıdır.

Normal dağılımda, merkez μ olmak üzere ihtimali değerlerin % 68,26' sının $\pm 1 \delta$ aralığında olduğu manasına gelir (Kline and McClintock 1953). Ancak bir çok tatbik için bu aralık kafi değildir. O sebepten daha çok güvenilirliğe sahip daha geniş aralıklar uygulanır. Değerlerin % 95,46'sının $\pm 2\delta$ aralığı içinde yer aldığı veya değerlerin % 99,73'nün $\pm 3\delta$ aralığı içinde yer aldığı Şekil 2.5'de belirtilmiştir.



Şekil 2.5. X'in normal dağılımı

Bu noktada, \bar{X} 'in μ 'nun çok iyi bir tahmini olduğuna ikna olduysak da tek bir ölçüm noktası olan X 'in ne derece tipik bir değer olduğunu sorabiliriz. Bu sorunun bir cevabı

$$X \pm 3\delta \text{ (\% 99,73'lük güvenilirlikle)} \quad (2.15)$$

olabilir.

Bu ifade ölçüm sonuçlarının % 99,73'de μ 'nün $X \pm 3\delta$ tarafından kapsandığı anlamına gelir. Buradan bir ölçüm sonucunda beyan edilecek ifadenin üç parçadan oluştuğu görülür ;

- 1- Ölçümün büyüklüğü (X)
- 2- Güvenilirlik aralığı (Bu hatanın ne olduğu konusunda bizim tahminimizdir $\pm 3\delta$)
- 3- Olasılık ifadesi (Seçilen güvenilirlik aralığında ne derece emin olduğumuzun ifadesi yukarıdaki ifade de % 99,73)

2.3.4 Tek serili az sayıda yapılmış ölçüm

Uygulamada bir değişken için uygulanan ölçümlerin adedi bellidir. Çoğunlukla X 'in tüm ihtimali değerleri arasında hayli küçük bir miktarı ölçülür. Bu reel aritmetik ortalama μ 'nün bulunamaması bu şekilde doğru standart sapmanın (δ) bulunmaması demektir. Bu halde bulunamayacak sapma ($X_k - \mu$) yerine yalnızca ($X_k - \bar{X}$) farkı bulunabilir. Bir veri örneğinin kesinlik indeksi ;

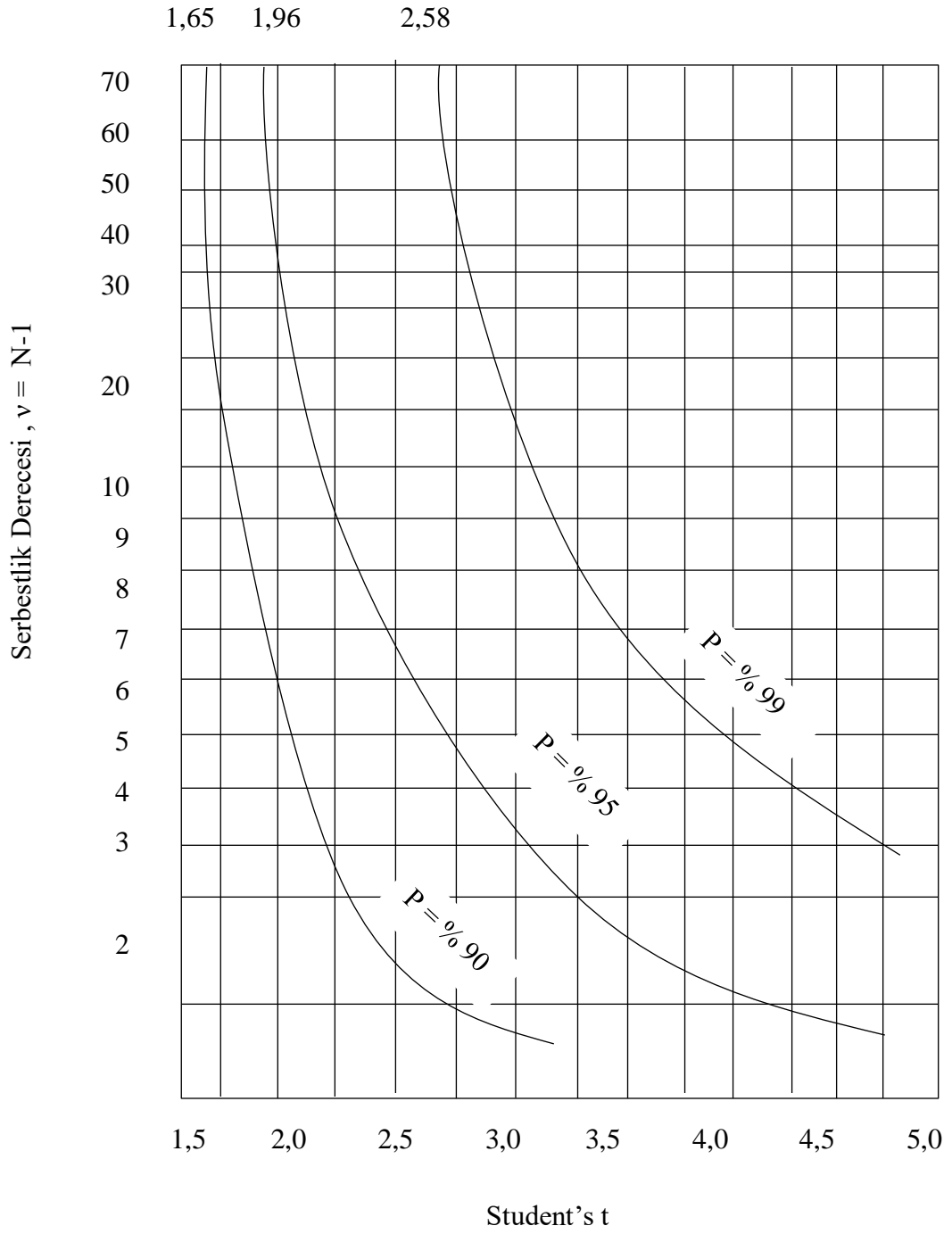
$$s = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (X_k - \bar{X})^2 \right]^{1/2} \quad (2.16)$$

olarak belirtilir. Burada μ yerine \bar{X} uygulandığı için oluşabilecek negatif yönelimin etkisini yok edebilmek için farklar meydana gelirken N yerine $(N-1)$ kullanılmıştır. Ancak yine de az miktarda değerler için standart sapma elde edilebilen s istenilen σ 'ya eşit değildir.

2.3.5 Student's istatistiği

Bir önceki bölümdeki problemi giderebilmek için W. S. GOSSET tarafından meydana getirilen tablo uygulanır. Bu tabloda güvenilirlik aralıkları tek bir grup, az sayıdaki değerlerin kesinlik indeksine dayanarak elde edilebilir. Students istatistik şeklinde ifade edilen bu istatistikte değerler serbestlik (ν) ve arzu edilen güvenilirlik (p) derecelerine göre verilmiştir (Çizelge 2.1 ve Şekil 2.6).

Çizelge 1'deki değerlerin yakinen irdelenmesi bizlere şunu ifade eder ki, ölçümlerdeki reel standart sapma σ tam belirlenemediğinden ve bunun yerine az miktarda uygulanmış ölçümler için t – istatistiği uygulandığında güvenilirlik aralığı genişlemektedir (Şekil 2.7). Serbestlik derecesi gözlemler sonunda elde edilen değerlerin sayısı eksi bu verilerden hesaplanan sabitler olarak bulunur. Eşitlik (2.12)'e göre \bar{X} ; N serbestlik derecesine sahipken , eşitlik (2.16)'e göre s ; $N-1$ serbestlik derecesine sahiptir, çünkü s 'i hesaplayabilmek için sadece \bar{X} kullanılmıştır.



Şekil 2.6. Student's t istatistiği

Çizelge 2.1. Normal dağılım için student's istatistiği

$v = N-1$	$t_{90\%}$	$t_{95\%}$	$t_{99\%}$
1	6.314	12.706	63.657
2	2.920	4.303	9.925
3	2.353	3.182	5.841
4	2.132	2.776	4.604
5	2.015	2.571	4.032
6	1.943	2.447	3.707
7	1.895	2.365	3.499
8	1.860	2.306	3.355
9	1.833	2.262	3.250
10	1.812	2.228	3.169
11	1.796	2.201	3.106
12	1.782	2.179	3.055
13	1.771	2.160	3.012
14	1.761	2.145	2.977
15	1.753	2.131	2.947
16	1.746	2.120	2.921
17	1.740	2.110	2.898
18	1.734	2.101	2.878
19	1.729	2.093	2.861
20	1.725	2.086	2.845
21	1.721	2.080	2.831
22	1.717	2.074	2.819
23	1.714	2.069	2.807
24	1.711	2.064	2.797
25	1.708	2.060	2.787
26	1.706	2.056	2.779
27	1.703	2.052	2.771
28	1.701	2.048	2.763
29	1.699	2.045	2.756
30	1.697	2.042	2.750
40	1.684	2.021	2.704
60	1.671	2.000	2.660
120	1.658	1.980	2.617
∞	1.645	1.960	2.576

Yine tek bir değer X 'in ne derece tipik bir değer olduğunu söyleyebilmek için, s ve t kullanarak

$$X \pm t_{v,p} s \text{ (verilen } p \text{ olasılığı ile)} \quad (2.17)$$

şeklinde yazabiliriz.

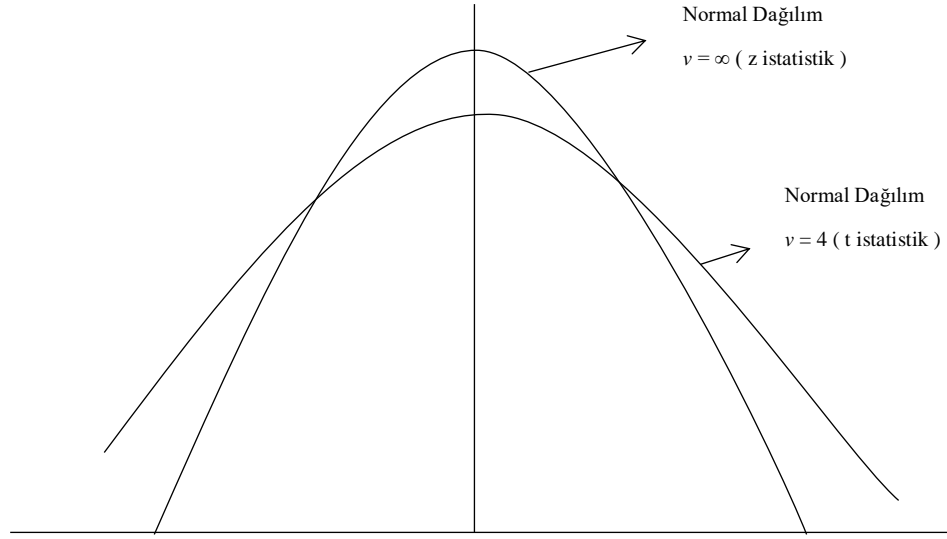
v , s için serbestlik derecesini gösterir ve yukarıdaki ifade μ 'nün p olasılığı ile $X \pm ts$ ile tanımlanan aralıkta olduğunu söyler.

İfade (8) σ cinsinden diğer bir şekilde, daha önce (6)'da verilmiştir. Bu ifade genelleştirilmiş halde

$$X \pm z_p \sigma \text{ (verilen } p \text{ olasılığıyla)} \quad (2.18)$$

olarak yazılabilir.

İfade (2.17) ve (2.18)'da gösterilen artı ve eksi kısımlar, yani $\pm ts$ ve $\pm z\sigma$ güvenilirlik aralığıdır. Normal sapma z 'nin yaklaşık değerleri Çizelge 2.2'de verilmiştir. z ve t istatistikleri Şekil 2.7'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.7. z ve t istatistiklerinin karşılaştırılması

Çizelge 2.2. Normal sapmanın değerleri

Olasılık p (%)	80	90	95	98	99	99.8
Normal Sapma z	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090

2.4 Ölçülen Büyüklüğün Toplam Belirsizliği

Ölçüm sırasında rastlanan her iki tip hatadan (sistemik ve rasgele) önceki bölümlerde bahsedilmiştir. Aynı şekilde rasgele hataların istatistik yöntemlerle güvenilirlik aralığının hesaplanması açıklanmıştır. Rasgele hatalar istatistiksel, sistemik hatalar ise istatistiksel olmayan yöntemlerle hesaplandığından, bu iki hata tipi birbirine basitçe eklenemez. Bu nedenle belirsizliklerin belirlenmesinde bir yöntem, bu hataların ayrı ayrı hesaplayarak ve böylece beyan etmektir (Anonim 1995).

Ancak ölçümlerin genelinde belirsizliği tespit eden tek bir sayıya gereksinim bulunmaktadır. Bu sebepten yeniden ve yeniden uygulanan rasgele bir büyüklüğün (örneğin ; sıcaklık veya basınç) ölçümlerinde rastlanan rasgele ve sistemsel hatalar belli bir metotla birlikte belirsizliği ifade eden tek bir sayı oluşturulur. Hatanın yönelimi B ve hatanın kesinliği $t_{95} s\bar{x}$ bileşiminden oluşan bu rakama (U) denir.

Bilimsel çevrelerde, toplam belirsizliğin belirlenmesi için belli bir kıstas olmadığından, bu işlem keyfî bir olaydır. Bu yüzden belirsizlik için her iki tanımın aynı derecede kullanılması şartıcı olmamalıdır. Metrolojide izlenebilirliğin oluşturulabilmesi için belli bir yöntemin seçilmesinin gerektiği bu noktada bir daha ortaya çıkmaktadır.

Bir çok modelde belirsizlik

$$U_{ADD} = B + t_{95} s\bar{x} \text{ (% 99 güvenilirlik ile)} \quad (2.19)$$

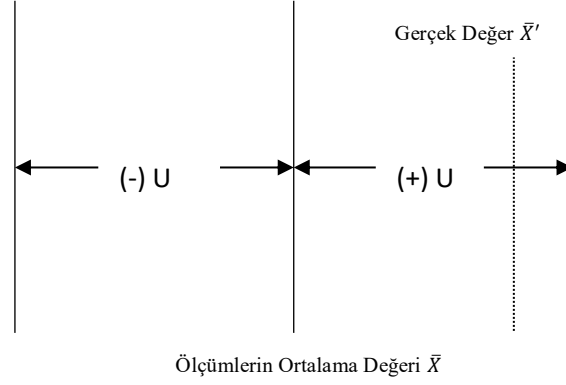
şeklinde ifade edilir. Burada alt indeks ADD hata bileşenlerinin basit toplamı olarak oluşturulmuş, ve modelde beklenen uygun değerin güvenilirlik düzeyinin % 99 olduğu belirtilir.

Belirsizliğin daha gerçek bir şekilde belirlenmesi için hataların bazı faydalı kısaltmalarının yer alabileceği düşünülür, diğer bir deyişle, tüm hataların aynı yönlerde bulunamayacağı tahmin edilir.

$$U_{RSS} = [B^2 + (t_{95} s\bar{x})^2]^{1/2} \text{ (% 95 güvenilirlik ile)} \quad (2.20)$$

Yukarıdaki denklem ile tanımlanan model karelerin toplamının kare kökü olarak belirlenir. Buradaki RSS alt indeksi karelerin toplamının kare kökü (Root Sum Square) olarak meydana geldiğini sergilemektedir, ve bu model için güvenilirlik düzeyinin % 95 olduğu parantez içerisindeki sayı ifade eder.

Modellerin her biri ölçülen parametrenin verilen kapsamı için tahmin edilen hata sınırını belirtir, yani belirsizlik (2)'deki toplam hata δ 'nın en iyi değeridir. Kapsam değeri ölçülen değişkenin reel değerinin \bar{X} ' en müsait değer \bar{X} artı veya eksi belirsizlik değeri $\pm U$ ile belirlenen aralıkta bulunmasının tahmin edilen ihtimalini belirtmektedir. Belirsizlik skalası Şekil 2.8'de ifade edilmektedir.



Şekil 2.8. Belirsizliğin kapsadığı aralık

Pratikte, (2.20) ile tanımlanan RSS modeli daha sık kullanılarak, rasgele ve sistematik hataların birleştirilmesi için bir yöntem olarak tavsiye edilir. Bazen U_{ADD} modeli azami belirsizlik, U_{RSS} modeli olası belirsizlik olarak adlandırılır.

2.5 Standart Belirsizliğin Hesaplanması

2.5.1 Ölçümün modellenmesi

Daha önce de ifade edildiği gibi bir çok halde ölçülen nicelik Y doğrudan ölçülmez fakat N tane X_1, X_2, \dots, X_N gibi başka nicelikten f fonksiyonu ile verilen bağıntıyla elde edilir.

$$Y = f (X_1, X_2, \dots, X_N) \quad (2.21)$$

Örnek 1 : Belirlenmiş bir t_0 sıcaklığında direnci R_0 olan ve direnç değeri sıcaklığa göre α katsayısı ile lineer değişen direncin iki ucuna potansiyel farkı V tatbik edildiğinde, t sıcaklığında direnç üzerindeki P gücü V, R_0, α ve t değerleri uygulanarak şu şekilde belirtilir:

$$P = f (V, R_0, \alpha, t) = V^2 / R_0 [1 + \alpha (t - t_0)] \quad (2.22)$$

Eğer P farklı bir yöntemler ölçülürse farklı bir eşitlikle modellenmesi gerekir.

Girdi nicelikler X_1, X_2, \dots, X_N tanımlanmış nicelik olabilir veya başka nicelikler ve sistematik etkenler için düzeltmeler ve düzeltme faktörleri içerebilir. Bu nedenle fonksiyonel ilişki çok karmaşık bir hale gelip, böyle bir f fonksiyonu yazmak bile olanaksızlaşabilir.

Girdi nicelikler seti X_1, X_2, \dots, X_N şu şekilde sınıflandırılabilir :

Uygulanan ölçümde, değerleri ve belirsizlikleri direkt tespit edilebilen nicelikler:

Bu değerler ve belirsizlikler, tek bir gözlem neticesi, yinelenen gözlemlerin neticesi, veya belirli bir tecrübe sonucunda karara bağlanarak elde edilebilir. Bu neticeler cihazlardan okunan değerlere ve ortam sıcaklığı, basınç, nem gibi sonucu yönlendiren değişkenlere bağlı olarak düzeltmeler ihtiva edebilir.

Değerleri ve belirsizlikleri dış kaynaklardan alınan nicelikler:

Kalibrasyona tabi tutulmuş ölçüm standartları, sertifikalandırılmış referans malzemeler veya el kitapçıklarından alınmış referans datalar gibidir.

Ölçülen nicelik Y için tahmin edilen y değerleri, X_1, X_2, \dots, X_N için tahmin edilen girdi değerleri x_1, x_2, \dots, x_N kullanılarak bulunur.

$$y = (x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (2.23)$$

Bazı durumlarda y ,

$$y = \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n f(X_{1,k}, X_{2,k}, \dots, X_{N,k}) \quad (2.24)$$

eşitliğinden elde edilir.

Böylece y , n tane bağımsız Y_k gözleminin sonunda aritmetik ortalama olarak bulunur. Her bir Y_k aynı belirsizliğe sahip ve aynı zamanda elde edilen N tane X_i gözlemin sonunda bulunmuştur.

$\bar{X}_i = (\sum_{k=1}^n X_{i,k})/n$ olduğu $y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$ yerine bu şekilde aritmetik ortalama almak, f fonksiyonu girdi değerleri $X_{i,k}$ 'in lineer olmayan fonksiyonuysa tercih edilir, fakat ikinci yaklaşımda lineer fonksiyondur.

Ölçüm sonucunda elde edilen ve y ile gösterilen değer, $u_c(y)$ olarak ifade edilen ve bileşik standart belirsizlik olarak isimlendirilen değeri, her bir x_i değerine ait standart belirsizlik $u(x_i)$ değerlerinin birleşmesinden bulunur. x_i ve $u(x_i)$ değerleri X_i niceliklerinin ihtimal dağılımından sağlanır.

Bu olası dağılım, X_i niceliğinin $X_{i,k}$ olarak ortaya çıkan seri gözlemleri sonucu (sıklığa bağlı) oluşan veya daha önce oluşmuş bir dağılım olabilir. Standart belirsizliğin bileşenlerinin A-tipi hesaplanması sıklık dağılımlarında yapılırken, B-tipi hesaplanması daha önce bir şekilde oluşmuş dağılımlar için yapılır. Unutulmamalıdır ki her iki durum da bizim bu konudaki bilgi derecemiz kadar oluşturabildiğimiz modellerdir.

2.5.2 Standart belirsizliğin a-tipi hesaplanması

Bir çok defa rasgele bileşen q için n tane ayrı gözleme neticesinde aynı gözlem şartlarında bulunan en iyi tahmin, n tane gözlemin aritmetik ortalamasıdır (Anonim – 1999).

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k \quad (2.25)$$

Bu şekilde girdi nicelik X_i için, $X_{i,k}$ gibi n tane bağımsız gözlem uygulandığında X_i için sağlanan ortalama $x_i = \bar{X}_i$ ölçüm sonucu y 'i bulmak için girdi değeri olarak uygulanır.

Her bir gözlem q_k , ortam şartlarındaki rasgele değişimlerden ve etki faktörlerinin rasgele değişimlerinden kaynaklı değişiklikler gösterir. Burada dikkatle vurguladığımız konu şudur : Metrolojide kesinlik indeksi, hata kesinliği gibi kavramlar bütünü ile teredilmiş, varyans ve sapma belirsizlik hesaplarında uygulanan terimler olmuştur. Örneğin, girdi büyüklüğündeki rasgele hatalardan doğan belirsizliğin tamamlanması için deneysel standart sapma uygulanır (Anonim 1995).

Gözlemlerin deneysel varyansının değeri, bu aynı anda q için ihtimal dağılımının varyansı σ^2 ' dir, aşağıdaki denklemlerle tespit edilir.

$$s^2(q_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2 \quad (2.26)$$

Varyansın bu tahmini ve deneysel standart sapma olarak isimlendirilen onun pozitif kare kökü, gözlemlenen değerlerin varyansını ifade eder ya da daha yaygın şekilde onların ortalamadan sapmalarını belirtir. Başka bir ifade ile deneysel varyans bütün gözlem neticelerinin dağılımına ait bir değerdir.

Gözlemler ortalamasının varyansının en iyi tahmini ise,

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s^2(q_k)}{n} \quad (2.27)$$

Denklemlerle verilir. Ortalamanın deneysel varyansı $s^2(\bar{q})$ ve onun pozitif kare köküne eşit olan ortalamanın deneysel standart sapması $s(\bar{q})$, \bar{q} değerinin tahmin edilen değer μ_q 'u ne mertebede temsil ettiğinin ifadesidir ve her ikisi de q 'nun içerdiği belirsizliği ölçmek için uygulanır.

Bu şekilde n kere yinelenen bağımsız X_{ik} gözlemler neticesinde bulunan, girdi değeri X_i için tahmin edilen değer, $x_i = \bar{X}_i$ için standart belirsizlik $u(x_i) = s(\bar{X}_i)$, $u^2(x_i) = s^2(\bar{X}_i)$ olarak verilir.

İfade sadeliği açısından, A-tipi varyans veya A-tipi standart belirsizlik olarak isimlendirilir. Fakat böyle kavramların kullanılmasından sakınılmalıdır. Belirsizliğin ve onun hesap edilmesi için uygulanan varyansların A-tipi veya B-tipi değil, sadece varyansların belirlenmesi için uygulanan belirsizlik hesaplama metotlarının A-tipi (yinelenen ölçüm neticelerine bağlı istatistik metot) veya B-tipi (istatistik olmayan metot) olduğunu ifade edebiliriz.

Notlar :

1. n tane gözlemin neticenin güvenilir bir tahmininin \bar{q} olabilmesi için gözlem adedinin mümkün olduğunca büyük olması şarttır. Eğer q normal dağılıma haiz değilse bu fark t-dağılımı olarak değerlendirilir.

2. σ^2 ölçüm adedinin sonsuz olduğu durumda normal dağılıma sahip bir parametrenin standart sapmasıdır. Bu yüzden deneysel standart sapma ile standart sapma arasındaki fark hayli küçük olması için ölçüm sayısı büyük olmalıdır. Örneğin, ölçüm sayısı 10'dan küçük ise bulunan deneysel standart sapma t-faktör isimlendirilen değeri ile çarpılmalıdır. Bu işlemler $s^2(\bar{q})$ ile $\sigma^2(\bar{q})$ arasındaki farkın tespit edilmesi, güvenilirlik aralığı ifade edilmesinde çok önemlidir. $s^2(\bar{q})$ daha esas bir değer olmasına nazaran basit olduğu için $s(\bar{q})$ uygulanır. Bilhassa $s(\bar{q})$ 'nin girdi büyüklükleri ile aynı birim tipinden belirtilmesi bakımından.

2.5.3 Standart belirsizliğin b-tipi hesaplanması

Girdi değeri X_i için tahmin edilen değer olan x_i yinelenmiş ölçümler neticesinde bulunamamışsa, tahmin edilmiş varyans $u^2(x_i)$ veya standart belirsizlik $u(x_i)$, X_i 'nin olabilecek bütün farklı değerleri göz önünde bulundurularak bütün elde olan datalar uygulanarak bilimsel bir şekilde yargıya varılır.

Eldeki veriler ;

- Önceden yapılan bir ölçümde bulunan veriler
- Bağlantılı malzemeler ve kullanılan cihazlar konusundaki tecrübe ve daha önce edinilmiş bilgiler
- Üreticinin beyan ettiği özellikler
- Kalibrasyon ve diğer sertifikalarda belirtilen veriler
- El kitapçıklarından bulunan referans verilere ilişkin belirsizliklerdir.

Bu yolla hesap edilen $u^2(x_i)$ ve $u(x_i)$ kimi zaman sadelik bakımından B-tipi varyans ve B-tipi standart belirsizlik şeklinde isimlendirilir.

Eğer tahmin x_i değişik bir kaynaktan elde edilmişse ve bu kaynaktan belirsizlik standart sapmanın belirli bir çarpanı olarak ifade ediliyor ise, standart belirsizlik $u(x_i)$ kolayca; belirtilen değer bu çarpana bölümü, tahmini varyans $u^2(x_i)$ ise bölme işlemi neticesinde elde edilen değer karesidir.

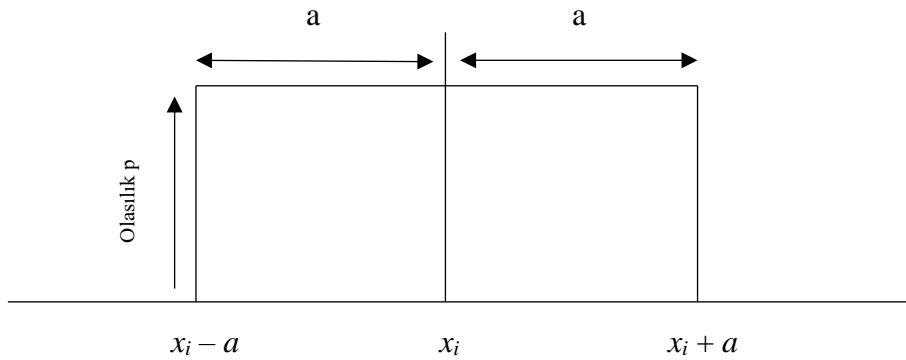
Örnek 2 : Eğer kalibrasyon sertifikasında bir kütle $m_s = 1000,000325$ g olarak ve belirsizlik de üç standart sapma seviyesinde $240 \mu\text{g}$ olarak veriliyorsa, bu kütlenin standart belirsizliği $u(m_s) = 240/3 = 80 \mu\text{g}$ 'dır. Göreceli standart belirsizlik ise $u(m_s)/m_s = 80 \times 10^{-9}$ 'dur ve aynı zamanda varyans $u^2(m_s) = (80\mu\text{g})^2 = 6.4 \times 10^{-9} \text{g}^2$ 'dir.

Herhangi bir kaynaktan belirtilen belirsizlik x_i yüzde 90, 95, 99 güvenilirlik seviyesinde verilebilir. Farklı bir şekilde belirtilmemişse bu durumda normal dağılım kabul edilerek, % 90 , 95 ve 99 güvenilirlik seviyesine karşılık gelen faktörler 1.64 ; 1.96 ; 2.58'dir. x_i için standart belirsizlik verilen güvenilirlik seviyesine uygun faktöre bölünerek elde edilir.

Bazı durumlarda ise yüzde 50 yüzde 50 şansla girdi değeri X_i a_- ve a_+ aralığında olduğu söylenebilir. Eğer X_i değerlerinin dağılımının normal dağılım olduğu kabul edilirse, en iyi kestirim x_i bu iki noktanın ortasında olduğu kabul edilir. $a = (a_- + a_+) / 2$ ve $u(x_i) = 1.48a$ 'dır çünkü % 50 güvenilirlik seviyesinde faktör 1.48'dir.

Bir önceki örnekte şans % 50 - % 50 değil de üçte iki olsaydı, $u(x_i) = a$ alabilirdik çünkü beklenen değeri μ ve standart sapması σ olan normal dağılımda $\mu \pm \sigma$ normal dağılımın 68.3'ünü kapsar.

Sistematik hatalarla bağlantılı kimi zaman rasgele bir dış kaynaktan dolayı yalnızca X_i için en alt ve en üst değerler ifade edilir. Bu durumda bu limitler dahilinde ihtimalin bir, haricinde ise sıfır olduğunu varsayabiliriz (dikdörtgen dağılım – Şekil 2.9 (Anonim 2012)).



Şekil 2.9. Dikdörtgen dağılım

Bu halde x_i için en müsait değer ;

$$x_i = \frac{1}{2}(a_- + a_+) \quad (2.28)$$

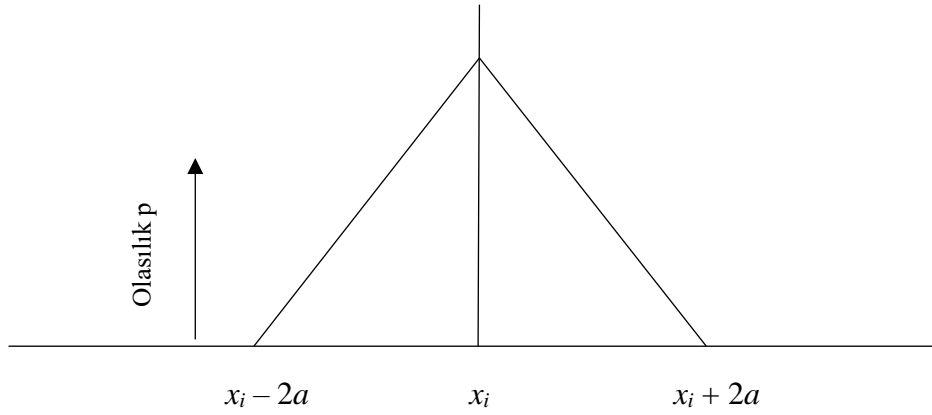
olarak ve bu değere ait varyans da ;

$$u^2(x_i) = \frac{1}{12}(a_+ - a_-)^2 \quad (2.29)$$

olarak verilir.

Belirtilen sınırlar dahilinde girdi değerlerinin simetrik olmadığı hallerde değişik dağılımlar değişik neticeler doğurur. Eğer müsait bir dağılım tercih etmek için kafi bilgi mevcut değilse, bir önceki gibi $u^2(x_i) = (a_+ - a_-) / 12$ alınabilir.

Pratikte dikdörtgen dağılım bulunmaz bunun yerine, orta kısımlarda fazlalaşıp, kenarlarda azalan bir dağılım daha makul bir tanım olur. Bu bakımdan iki tarafta aynı eğime sahip taban genişliği $(a_+ - a_-) = 2a$ ve tepe genişliği $2a\beta$ olan $(0 \leq \beta \leq 1)$ trapezoidal dağılım alınırsa, X_i 'nin kestirilen değeri $x_i = (a_+ + a_-) / 2$ ve varyans $u^2(x_i) = a^2 (1 + \beta^2) / 6$ olarak verilir. Üçgen dağılım için, $u^2(x_i) = a^2 / 6$ 'dır (Şekil 2.10 (Anonim 2012)).



Şekil 2.10. Üçgen dağılım

Belirsizlik bileşenlerini iki kere ele almaktan da sakınmak çok önemlidir. Eğer belli bir etkenden gelen belirsizlik B-tipi olarak ele alınmışsa, toplam belirsizliğe bağımsız bir terim olarak katılmalıdır.

2.6 Bileşik Belirsizliğin Hesaplanması

2.6.1 Birbirlerinden bağımsız girdi büyüklükleri

Ölçüm sonucu y 'nin standart belirsizliği, y ölçülebilir büyüklük Y 'nin kestirilen değeri iken girdi büyüklükleri tahmin edilen değerlerini $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ standart belirsizliklerinin müsait bir varyasyonu halinde bulunmaktadır. Bu metotla tespit edilen belirsizlik bileşik standart belirsizlik olarak isimlendirilir ve $u_c(y)$ olarak işaretlenir.

Bileşik standart belirsizlik aşağıdaki ifade ile hesaplanan bileşik standart varyansın pozitif karekökü şeklinde belirtilir.

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) \quad (2.30)$$

Buradaki f fonksiyonu daha önce ölçüm modelini tanımlayan işlemdir. $u(x_i)$ değerlerinin her biri A-Tipi veya B-Tipi yöntemlerden biri ile hesaplanır. $u_c(y)$ bileşik standart belirsizlik olarak tanımlanır ve ölçülen büyüklük Y ile ilintili kestirilen y değerlerinin dağılımını belirtir.

Yukarıdaki ifade ve birbirlerine bağımlı büyüklükler için $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ fonksiyonun Taylor serisi açılımına dayanır ve genellikle belirsizliğin yayılması kanunu olarak adlandırılır.

Bazı durumlarda, f fonksiyonu non-lineer olduğunda, $u_c^2(y)$ 'nin belirlenmesi için, Taylor serisi açılımının daha yüksek dereceli bileşenleri dikkate alınmalıdır.

Birinci dereceli bileşenler f lineer fonksiyon olduğu halde $u_c^2(y)$ 'nin bileşenlerini ideal olarak tanımlar. Örneğin her bir X_i kendi ortalama değeri etrafında simetrik ise, yukarıdaki denklemde dikkate alınacak daha yüksek bir bileşen ;

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j} \right)^2 + \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial^3 f}{\partial x_i \partial x_j^2} \right] \cdot u^2(x_i) u^2(x_j) \quad (2.31)$$

kabul edilir.

$\frac{\partial f}{\partial x_i}$ kısmi türevler $X_i = x_i$ değerinde hesaplanan $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ türevlere eşittir. Bu türevler çoğunlukla hassasiyet katsayıları şeklinde isimlendirilir ve $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$ değerlerinin değişiminin tahmin edilen değer y 'yi nasıl etkilediğini ifade eder. Matematikte bu türevler duyarlılık faktörleri olarak adlandırılır. Uygulamada, girdi büyüklüklerinin küçük farkı Δx_i ile y 'nin değerinde meydana gelen değişim aşağıdaki ifade ile verilir;

$$(\Delta y)_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i \quad (2.32)$$

Eğer bu farkın sebebi x_i 'lerin standart belirsizlikleri ise buna müsait y 'deki değişim $(\partial f / \partial x_i) u(x_i)$ olacaktır. Bu şekilde bileşik varyans $u_c^2(y)$ her bir girdi büyüklüğün varyansını ihtiva eden toplamı olarak kabul edilir (Anonim 1999).

Bu durumda,

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N [c_i u(x_i)]^2 \equiv \sum_{i=1}^N u_i^2(y) \quad (2.33)$$

Bu ifadede

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}, \quad u_i(y) \equiv |c_i| u(x_i) \quad (2.34), (2.35)$$

Notlar :

- Genellikle $\partial f / \partial x_i = \partial f / \partial X_i$ kısmi türevleri X_i 'nin beklenen değeri için hesaplanmalıdır. Ancak pratikte kısmi türevler ;

$$\frac{\partial f}{\partial x_i} = \frac{\partial f}{\partial X_i} |_{x_1, x_2, \dots, x_N} \quad (2.36)$$

İfadesi ile hesaplanır.

- Bileşik standart belirsizlik $u_c(y)$ yukarıdaki denklemde $c_i u(x_i)$ yerine ;

$$Z_i = \frac{1}{2} [f(x_1, \dots, x_i + u(x_i), \dots, x_N) - f(x_1, \dots, x_i - u(x_i), \dots, x_N)] \quad (2.37)$$

kullanılırken de sayısal olarak elde edilir. Diğer bir deyişle, $u_i(y)$, y 'nin x_i 'deki $+u(x_i)$ ve $-u(x_i)$ kadar değişiminden meydana gelen değişimdir. $u_i(y)$ 'nin değeri bu durumda $|Z_i|$ olarak verilebilir ve buna uygun duyarlılık katsayısı $c_i = Z_i / u(x_i)$ 'dir.

Örnek 3 : Örnek 1 için hassasiyet katsayılarını ve bileşik standart belirsizliği hesap edelim.

Ölçümlerde uygulanan işlem

$$P = F(V, R_0, \alpha, t) = \frac{V^2}{R_0[1 + \alpha(t - t_0)]}$$

yukarıdaki ifadeye göre

$$C_1 \equiv \frac{\partial P}{\partial V} = \frac{2V}{R_0[1 + \alpha(t - t_0)]} = \frac{2V}{V} \frac{V^2}{R_0[1 + \alpha(t - t_0)]} = \frac{2P}{V}$$

$$C_2 \equiv \frac{\partial P}{\partial R_0} = -\frac{V^2}{R_0^2[1 + \alpha(t - t_0)]} = -\frac{1}{R_0} \frac{V^2}{R_0[1 + \alpha(t - t_0)]} = -\frac{P}{R_0}$$

$$C_3 \equiv \frac{\partial P}{\partial \alpha} = -\frac{V^2(t-t_0)}{R_0[1+\alpha(t-t_0)]^2} = -\frac{t-t_0}{1+\alpha(t-t_0)} \frac{V^2}{R_0[1+\alpha(t-t_0)]} = -\frac{P(t-t_0)}{1+\alpha(t-t_0)}$$

$$C_4 \equiv \frac{\partial P}{\partial t} = -\frac{\alpha V^2}{R_0[1+\alpha(t-t_0)]^2} = -\frac{\alpha}{1+\alpha(t-t_0)} \frac{V^2}{R_0[1+\alpha(t-t_0)]} = -\frac{\alpha P}{1+\alpha(t-t_0)}$$

Elde edilen duyarlılık katsayılarını kullanarak

$$\begin{aligned} u_2(P) &= \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)^2 u^2(V) + \left(\frac{\partial P}{\partial R_0}\right)^2 u^2(R_0) + \left(\frac{\partial P}{\partial \alpha}\right)^2 u^2(\alpha) + \left(\frac{\partial P}{\partial t}\right)^2 u^2(t) = \\ &= [c_1 u(V)]^2 + [c_2 u(R_0)]^2 + [c_3 u(\alpha)]^2 + [c_4 u(t)]^2 = \\ &= u_1^2(P) + u_2^2(P) + u_3^2(P) + u_4^2(P) \end{aligned}$$

Bazen hassasiyet katsayıları $\partial f/\partial x_i$ girdi büyüklükleri ve ölçülecek büyüklük arasındaki f fonksiyonunu kullanmadan deneysel olarak belirlenebilir.

Bu yöntem kullanıldığında X_i 'nin değerini değiştirerek Y 'deki değişim kaydedilir. Bu arada diğer X 'ler ise sabit tutulur. Böylece bulunan hassasiyet katsayısının Taylor seri açılımının birinci dereceli bileşenlerine eşit olacağı açıktır.

2.6.2 Birbirlerine bağımlı girdi büyüklükleri

Bileşik belirsizlik hesapları için kullanılan yukarıdaki ifadeler sadece girdi parametreleri X_i arasında herhangi bir ilişki yoksa geçerlidir. Girdi büyüklüklerinin birbirlerinden bağımsız ele alınamadığı durumlarda, bileşik belirsizlik $u_c(y)$ 'nin hesaplama yöntemi farklıdır.

X_i ve X_j girdi büyüklükleri arasında fonksiyon şeklinde bir ilişki varsa, ölçüm sonuçlarının bileşik varyansı $u_c^2(y)$ 'nin hesapları için uygun ifade aşağıdaki gibidir:

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j) \quad (2.38)$$

Bu ifadede x_i ve x_j girdi büyüklükleri X_i ve X_j 'lerin kestirilen değerleridir, $u(x_i, x_j) = u(x_j, x_i)$ x_i ve x_j 'lerin kestirilen kovaryanslarıdır. x_i ve x_j arasındaki ilişki (korelasyon) derecesi korelasyon katsayısı ile belirlenir.

$$r(x_i, x_j) = \frac{u(x_i, x_j)}{u(x_i)u(x_j)} \quad (2.39)$$

Burada $r(x_i, x_j) = r(x_j, x_i)$ ve genel olarak $-1 \leq r(x_i, x_j) \leq 1$ 'dir. Eğer x_i ve x_j aralarında hiçbir ilişki yoksa $r(x_i, x_j) = 0$.

Korelasyon katsayısı $r(x_i, x_j)$ 'i dikkate alınırsa yukarıdaki eşitlikte kovaryanslı kısmı şöyle yazılabilir:

$$2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i)u(x_j)r(x_i, x_j) \quad (2.40)$$

Bu halde bileşik belirsizlik hesapları için son ifade ;

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N c_i^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_i c_j u(x_i) u(x_j) r(x_i, x_j) \quad (2.41)$$

olarak yazılabilir.

Tüm girdi büyüklükleri arasında korelasyon katsayısı $r(x_j, x_i) = +1$ ile bir fonksiyonel ilişki varsa, yukarıdaki eşitlik çok basit bir şekile indirgenmiş olacaktır;

$$u_c^2(y) = [\sum_{i=1}^N c_i u(x_i)]^2 = \left[\sum_{i=1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i) \right]^2 \quad (2.42)$$

Yukarıdaki ifadeden görüldüğü gibi, böyle durumlarda bileşik belirsizlik her bir girdi büyüklüğün kestirilen değeri x_i 'lerin belirsizliklerinden meydana gelen y 'deki değişimlerin toplamının karesidir.

Pratikte, birçok ölçümlerdeki girdi büyüklükleri arasında ilişki vardır. Bunun nedenleri olarak aynı ölçüm standartlarının, referans verilerin kullanılması gösterilebilir.

İlk girdi büyüklükleri X_1 ve X_2 'nin kestirilen değerleri x_1 ve x_2 'lerin bağımsız Q_1, Q_2, \dots, Q_L parametreleri ile ;

$$X_1 = F(Q_1, Q_2, \dots, Q_L) \quad (2.43)$$

$$X_2 = G(Q_1, Q_2, \dots, Q_L) \quad (2.44)$$

şeklinde bir ilişki olduğunu farz edelim. $u^2(q_1)$ Q_L 'lerin kestirilen değeri q_1 'in varyansların olduğunu kabul edersek, yukarıdaki eşitliğe göre ;

$$u^2(x_1) = \sum_{i=1}^L \left[\frac{\partial F}{\partial q_1} \right]^2 u^2(q_1) \quad (2.45)$$

$$u^2(x_2) = \sum_{i=1}^L \left[\frac{\partial G}{\partial q_1} \right]^2 u^2(q_1) \quad (2.46)$$

olarak yazabiliriz. x_1 ve x_2 'ye ait olan tahmini kovaryans ise aşağıdaki ifadeyle belirlenir:

$$u(x_1, x_2) = \sum_{i=1}^L \frac{\partial F}{\partial q_1} \frac{\partial G}{\partial q_1} \quad (2.47)$$

Belli bir I için $\frac{\partial F}{\partial q_1} \neq 0$ ve $\frac{\partial G}{\partial q_1} \neq 0$ ise, bu terimler yukarıdaki denklemdaki $u(x_1, x_2)$ 'ye katkıda bulunacaktır. Yukarıdaki denklemler kullanılarak korelasyon katsayısı da hesaplanabilir.

2.7 Genişletilmiş Belirsizliğin Belirlenmesi

Bileşik belirsizlik $u_c(y)$ global olarak ölçümlerdeki belirsizliği belirtmesine rağmen, bu değer ölçülen büyüklüğün dağılımını gösterdiğinde güvenilirlik düzeyi sadece % 68.27'dir. Başka bir ifade ile, aynı büyüklük hangi şartlar altında ölçülürse ölçülsün sonuç % 68.27'lik ihtimalle $u_c(y)$ ile tanımlanan aralıkta olacaktır. Uygulamada ise, endüstriyel kullanımlarda daha yüksek güvenilirlik düzeylerine ihtiyaç vardır. Bu hallerde ölçümlerdeki belirsizliği tanımlamak için genişletilmiş belirsizlik olarak isimlendirilen diğer bir terim uygulanır. Genişletilmiş belirsizlik U bileşik standart belirsizlik $u_c(y)$ ile kapsam faktörü k ile çarpımı neticesinde bulunur. (Anonim - 1999)

$$U = k u_c(y) \quad (2.48)$$

Bu halde ölçüm neticesi $Y = y \pm U$ olarak verilebilir ve ölçülen değer Y 'nin en müsait değerinin daha fazla bir güvenilirlik düzeyi ile $y-U$ ile $y+U$ aralığında elde edildiği ifade edilebilir. Kimi zaman bu aralık ;

$$y - U \leq Y \leq y + U \quad (2.49)$$

olarak da verilir.

Güvenilirlik aralığı ve güvenilirlik seviyesi istatistik kavramları olup belirli şartlar temin edildiğinde ve bileşik belirsizliği oluşturan tüm bileşenleri A-yöntemi ile hesap edildiğinde uygulanabilir. Bu uygulamada, CIPM önerilerine denk olarak çok daha özel bir mana taşıyarak U ölçüm sonuçlarının dağılımının p kısmını kapsayan aralığı belirlemektedir. Buna göre kimi zaman p kapsam ihtimali olarak isimlendirilir.

Yukarıdaki denklemde kapsam faktörünün değeri genel olarak 2 ile 3 arasında tercih edilir. Ancak metroloji dünyasında kapsam faktörü 2 alınarak genişletilmiş belirsizlik hesap edilir ve bu halde, güvenilirlik seviyesi % 95'tir. Kapsam faktörü 3 olarak bulunduğu genişletilmiş belirsizlik U 'nun güvenilirlik düzeyi % 99'dur.

2.8 Sonuçların Raporlanması

Belirsizlik hesaplarının sonucunda elde edilen değer iyi bir şekilde raporlanmalıdır. Bunun için en basit yöntem aşağıdaki gibidir ;

En düşük seviyeli güvenilirlik aralığı % 95 için genişletilmiş belirsizlik hesaplandıktan sonra, ölçülmüş değer ve genişletilmiş belirsizlik $y \pm U$ şeklinde verilerek, aşağıdaki şekilde bir ifade kullanılarak belirtilmelidir ;

Raporda verilen belirsizlik bileşik standart belirsizlik kapsam faktörü $k=2$ çarpılarak elde edilmiş olup, yaklaşık olarak % 95 güvenilirlik seviyesindedir.

Belirsizlikler \pm şeklinde her iki yöne doğru ya ölçülen değer biriminde, ya da ölçülen değer belli bir yüzdesi olarak veya belli bir değer olarak ifade edilirler.

Raporlanan belirsizlik değerindeki rakamların sayısı her zaman pratik ölçüm kapasitesini yansıtmalıdır. Ölçüm işlemleri göz önüne alınacak olursa, çoğunlukla iki anlamlı rakamdan daha fazla vermek doğru değildir. Belirsizlikler uygun rakama yuvarlanarak verilmelidir.

Belirsizlik hesaplarının neticesinde ortaya çıkan rapor ;

- Ölçüm sonuçlarının ve bunların belirsizliklerini deney datalarından ve girdi büyüklüklerinden hesaplama metodunu ifade etmelidir.
- Tüm belirsizlik etkenlerini ve bu etkenlerin hesaplama metodunu ifade etmelidir.
- Verilerin hesaplama metotlarını öyle bir biçimde ifade etmelidir ki, bu hesaplamalar yinelendiğinde ifade edilen aynı belirsizlik değerine varılabilsin.
- Hesaplamalarda uygulanan tüm düzeltme değerleri ve sabitler açıklanmalıdır.

Ölçüm sonucunda elde edilen değerle birlikte belirsizlik değeri olarak hem bileşik standart belirsizliğin, hem de genişletilmiş belirsizliğin değeri verilebilir. Ancak değerlerden hangisinin verildiği mutlaka açıklanmalıdır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Boyutsal Ölçümlerin Önemi

Uygarlığın başlangıcından günümüze kadar insanoğlu ölçme ihtiyacı duymuş ve halen de kullanılmakta olan bazı ilkel ölçme metotlarını geliştirmiştir. Zaman içerisinde uzunluk birimi olan “metre” nin tanımlamalarında da değişimler olmuştur.

İnsanlar bedenlerinin belli bölümlerini (inç, el, karış, ayak, kubit, yarda ve kulaç gibi) ya da nesnelere ölçme cihazları olarak kullanarak ilk standart birimler türetmişlerdir.

Uzunluk ölçümlerinde 1878 yılında imzalanan Ağırlık ve Ölçme Antlaşmasında ifade edildiği gibi temel uzunluk birimi olarak Yard ve Metre kullanılmaktadır.

Yard ; MS 1101 yılında İngiliz Kralı 1. Henry'nin burun ucundan baş parmağının tırnak ucuna kadar olan aralık 1 Yard olarak ifade edilmiştir. Ayak, inç ve inç'in alt birimleri Yard'ın alt birimleridir. Bu pratik ölçüm daha sonra geliştirilerek, koşulları belirli olan bir odada daha hassas olarak tanımlanmıştır. Yard'ın prototipi Washington'daki Standartlar Bürosunda muhafaza edilmektedir. Daha hassas ölçme yöntemlerinin gelişmesi ile bu sistem artık geçerliliğini yitirmiş ve Uluslararası “inç”, ışığın dalga boyu olarak ifade edilmiştir.

1790 Fransız ihtilali akabinde, Paris Akademisinde görevli bazı Profesörler Dünya ekseninden yola çıkarak yeni bir uzunluk biriminin üretilebileceğini sunup, bununla ilgili ilk çalışmalara başlamışlardır. Uzunluk sistemi olarak, ekvator veya meridyenin bir çeyreğinin hesap edilerek, bunun belli oranını standard birim olarak kullanmayı önermişler ancak ekvatorun ölçümünün güç olacağı anlaşılınca yeni uzunluk biriminin Dünkirche ve Barselona arasında, Paris'ten de geçen meridyen uzunluğunun 10 milyonda biri olmasında görüş birliğine varılmıştır.

Bu yeni birim, Fransız Charles de Borda'nın teklifi ile Yunanca "Boyut" manasına gelen "Metron" kelimesinden türetilerek "METRE" olarak isimlendirilmiştir ve bu şekilde yedi SI ölçü biriminden biri olan "Metre" ortaya çıkmıştır.

1793 yılında yapımına karar verilen (25 mm x 40,5 mm) ölçülerindeki saf platinyum çubuktan ön metre prototipi imal edilmiştir. Yapılan bu yeni metre prototipi 22 Haziran 1799 yılında metrik sistemin standardı olarak Fransız otoritelere (Cops Legislatif) sunulmuştur ve aynı yıl Fransız Ulusal Arşivine kaldırılarak "Arşiv Metre" olarak isimlendirilmiştir. Değişen teknolojik ölçümlerle bu ilk metre prototipinin 0,2 mm daha kısa olduğu belirlenmiştir.

Fransa'da 1837 yılında kabul edilen Ölçü ve Ağırlıklar Kanunu ile, uzunluk ölçüleri için metrenin tek geçerli birim olduğu açıklanmıştır.

1960'lı yıllarda Uluslararası Ölçü ve Ağırlıklar Komitesi (CIPM) metreyi yeniden tanımlamış ve yeni metre ; Kripton-86 izotopunun ışık dalga boyunun boşlukta 1650763,73 katına eşit olarak kabul edilmiştir.

1983 yılında Uluslararası Ölçü ve Ağırlıklar Komitesi (CIPM-Comite International de Poids et Meures) tarafından yapılan konferans sonucunda Metre ; "Vakum içerisindeki monokromatik ışığın 1/299792458 saniyede kat ettiği yolun uzunluğu" olarak tarif edilmiştir.

Uzunluk ölçümleri

Düzgünlüğü bilinen bir düzlem üzerinde yapılan ölçümlere uzunluk ölçümleri denilmektedir. Uzunluk ölçme aletlerini; işin tabiatına, ebatlarına ve istenen hassaslık derecesine göre değişik şekillerde bulabilmekteyiz. Örnek olarak ; Paralel Blok Mastar (Johnson Mastar), Kumpas, Mikrometre, Ölçme Saati, Hassas Gösterge, Kalınlık Komparatörü, Mihengir, Tampon Mastar, Tampon Vida Mastar, Halka Mastar, Halka Vida Mastar, Şerit Metre, Çelik Cetvel, Açık Ölçer, Gönye, Radyus Mastar, Pleyt, Sentil Çakısı, Su Terazisi, Salgı Komparatörü, Optik Cam, V Blok vb..

Uzunluk ölçümlerini Ölçme ve Mastarlama olarak inceleyebiliriz ;

- Bir büyüklüğün değerini tespit etmek için yapılan işlemlere ölçme,
- İş parçasını standart bir referans le mukayese ederek, iş parçasının istenilen uzunlukta, açıda ve belirlenen sınırlar içerisinde olduğunun tespit edilmesi işlemine mastarlama denir.

Abbe prensibi

Hataların düşürülmesi için gerekli koşul; ölçme sistemi ile ölçülecek elemanın aynı ekseninde olmasıdır. Bu ilke aynı zamanda “Komparatör Prensibi” olarak da bilinir.

Koordinat ölçme teknolojisi

Koordinat ölçme teknolojisinin temel prensibi, Koordinatlar yardımı ile ölçümün gerçekleştirilmesidir. Bu ölçme sistemi ile çalışan cihaza Koordinat Ölçme Makinası (CMM) denir.

Bir CMM cihazında ; cihazın sebep olmadığı nedenlerden ve cihazlardan kaynaklanan hata kaynakları olabilir. Bu hatalar üç eksenin hareketinde pozisyon hatalarını etkilemektedir. Bu etkiye prob ve prob sistemi de dahildir. CMM’i bütün parçaları ile birlikte bir bütün olarak düşünecek olursak, oluşabilecek hataları şu şekilde özetleyebiliriz;

- Üç eksenel hareket ve üç dönme açısı hareketi
- Pozisyon hatası
- Doğrusallık hatası
- Dönme açısı
- Hatve
- Yalpalama
- Yuvarlanma Açısı

Bunlar her eksen için 6 pozisyon ve 1 diklik olmak üzere CMM için toplam 21 hata meydana gelir.

Sonuç olarak, CMM'ler çok hassas cihazlar olduğundan ve çeşitli tiplerde bulunmasından dolayı ülkemizde çok geniş bir uygulama ve kullanım alanı bulunmaktadır. Yatırım olarak pahalı cihazlar olmalarından dolayı, cihaz alımından önce iyi bir etüd ile ; çalışma şartları, toleranslar ve cihazdan beklentilere göre cihaz seçimi yapılmalıdır.

Alımına karar verilen CMM cihazının kurulması için, kontrollü ve titreşimi önleyici bir zemine sahip oda hazırlanması, satıcı firma tarafından cihazın kurulma aşamasında bağımsız bir kuruluş tarafından kalibre ettirilmesi de cihazın sağlıklı bir şekilde kurulmasını temin edecektir. Diğer safhalarda cihazın düzenli bir şekilde bakım, kontrol ve kalibrasyonları yapılmalıdır.

Pleytler

Uzunluk ölçümlerinde genel olarak ölçülen uzunluk, hassas bir referans yüzeye bağımlıdır. Pleytler iş parçasının kontrolünde ve işlenecek iş parçasının planlanmasında kullanılırlar. Pleyt yüzeylerinin yüksek derecede düzlemselliğinden dolayı mastarlama için ideal bir temel oluştururlar.

Ölçülerde düzlemsel zemin olarak kullanılan pleytler değişik boyutlarda Granitten ya da Dökme Demirden imal edilebilirler. Pleytler 00 – 0 – 1 – 2 – 3 olmak üzere 5 doğruluk sınıfına ayrılırlar.

Pleytlerin kalibrasyonlarında kontrol edilmesi gereken özellik, yüzeydeki düzlemsellik sapmalarıdır. Standartlar Pleytlerin kalibrasyon işlemleri için ; Lazer İnterferometre Sistemini, Autokollimatör ile ölçme sistemini ve Elektronik Pandül ile eğim ölçen özel bir düzlemsellik ölçme sistemini uygun kabul etmektedir.

Paralel blok masterlar

Endüstride kullanılan değişik hassas ölçümler için Paralel Blok Masterlar (PBM) standart uzunluk değerleri olarak alınır.

Doğruluk sınıflarına göre K – 0 – 1 – 2 derecelerine ayrılırlar. K sınıfı Paralel Blok Master kalibrasyon mastarı olup, diğer sınıflardaki masterlar için referans master olarak kullanılır.

Endüstri kuruluşları doğruluk sınıflarına göre uygun olan master gruplarını seçmelidir. Masterların fiyatlandırılmasındaki en önemli faktör sahip olduğu doğruluk sınıfı olduğu için, ihtiyacın üzerindeki doğruluk derecesine sahip master seçilmesi gereksiz ve fazla maliyete sebep olacaktır.

Master Bloklarının malzemesi çoğunlukla, en az uzama değişimini temin etmek için stabilize işlemine tabi tutulmuş ve sertleştirilmiş çeliktir. Master bloklarının çoğunlukla çelik malzemelerden yapılmasının en önemli sebeplerinden birisi de, endüstride üretimi yapılan parçaların çoğunun çelik malzemeli olmasıdır. Üretilen bu parçaların ölçümleri yapılırken, aynı uzama katsayısına sahip elemanların kullanılması ile sıcaklığın etkisi azalacağından, üretim sırasında yapılan kontrol ve ölçümlerde herhangi bir düzeltme yapılmasına gerek kalmayacaktır. Ayrıca Master Bloklarının yüzeyleri yapışmaya uygun ve boyut kararlılığı belirli toleranslar içerisinde olmalıdır. Master Blokları dikdörtgen yüzeylere sahip olup, bu yüzeyler çok hassas leblenmiştir.

Günümüzde Master Blokları çoğunlukla Krom Karbit (Croblox), Tungsten Karbit (Sert Metal), Sermaik veya aşınmaya dayanıklı sertleştirilebilen alaşımlı çelikten imal edilmektedir. Master Bloklarının nominal uzunlukları 0,5 mm'den 1000 mm'ye kadar değişmekte olup, üretici firma ürettiği Master Bloğun uzama katsayısını da ayrıca belirtmek zorundadır.

Paralel blok masterların kullanımı ve bakımı

Paralel Blok Masterlar sıcaklık ve nemden oldukça etkilenirler. Bu sebepten master bloklarının ölçme yüzeylerine vazelin sürüldükten sonra, varsa mutlaka koruyuculu muhafaza kutusu içerisinde konulup, kondüsyonlanmış bir ortamda muhafaza edilmelidir.

Tekrar kullanılacağı zaman, yumuşak bir bez ya da pamuğun üzerine saf alkol (petroleum ether) dökülerek ölçme yüzeylerindeki vazelin giderilir.

Paralel Blok Masterlar, kullanılması esnasında çıplak elle tutulmamalıdır. Sentetik eldiven yada bir tutaç ile tutulmalıdır.

Paralel blok masterların kalibrasyonu

Master Bloklarının kalibrasyonu mutlak (İnterferometrik) ve karşılaştırma (komparatör kullanarak) olmak üzere iki şekilde yapılabilir. Master Bloklarının sınıflarına ve kullanım amaçlarına göre bu iki yöntemden biriyle kalibrasyonları yapılır.

Master Bloğunun interferometrik ölçümlerinde kullanılan cihazlara master bloğu interferometresi denir. Bu cihazların temel ölçüm prensibi, master bloğunun üst yüzeyi ve referans pleyt üzerine gönderilen ışık ile girişim (interferens) çizgilerinin elde edilmesi ve bunlar arasındaki bağıntıya göre dalga boyu cinsinden iki yüzey arasındaki mesafenin hesaplanmasıdır.

Master Bloklarının büyük çoğunluğu karşılaştırma (komparatör kullanarak) yöntemi ile ölçülür. Bu yöntemle, aynı nominal boya sahip referans master bloğu ile test master bloğu iki indüktif prob kullanan mekanik komparatör yardımı ile karşılaştırılır. Bu şekilde aralarındaki boy farkı bulunarak test masterının boyu hesaplanır.

3.2 Materyal

VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 1.2 2003 Inspection of measuring and test equipment - Instructions for the inspection of measuring and test equipment for geometrical quantities - Uncertainty of measurement standartına göre ölçüm belirsizlikleri hesaplanmıştır.

3.2.1 Kalibrasyona tabi tutulan cihazlar

Kameralı ölçüm cihazı genel bilgi ve teknik özellikler

Marka : QVI

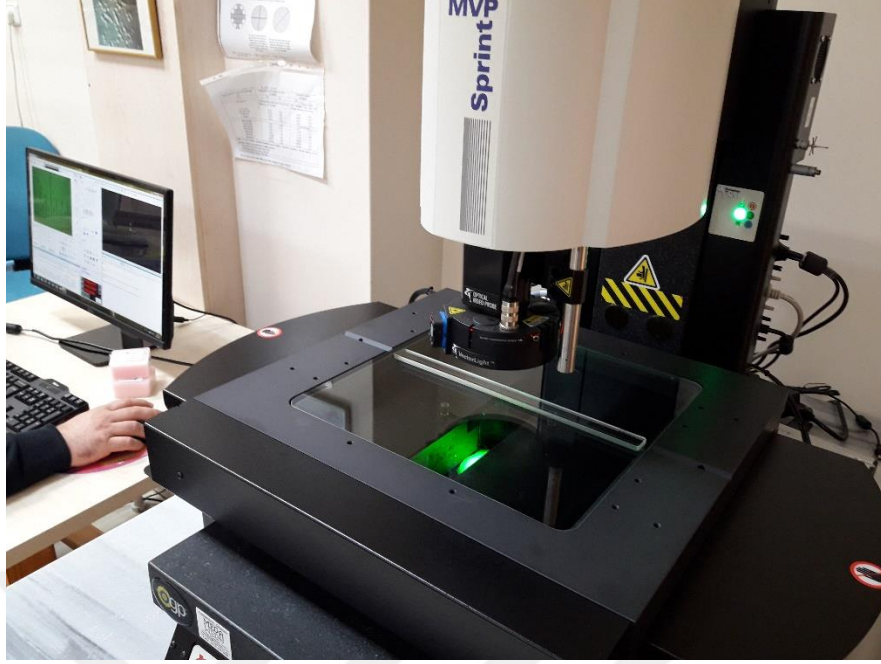
Model : Sprint MVP 300

Seri No : MVQ3003747

SPRINT MVP, yüksek performanslı, ancak uygun fiyatlı bir boyutsal ölçüm sistemidir. SPRINT MVP, ölçüm ihtiyaçlarınıza göre üç modelden birini sunar.

Sprint Mvp sistemleri motorlu hassas xyz kademeleri, motorlu zoom optikleri ve yüksek çözünürlüklü dijital renkli kameralar ile tam otomatiktir. measure-x metrology yazılımı, basit yürüme ölçümü veya tamamen otomatikleştirilmiş rutinelere eşit derecede uygundur (<http://www.technicalavenue.com> 2019).

Kameralı Ölçüm Cihazı ile Elekler, Radyus Masterlar, her türlü üç boyutlu ölçüm imkanı mevcuttur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kameralı ölçüm cihazı

Universal uzunluk ölçüm cihazı genel bilgi ve teknik özellikler

Marka : SIP

Model : 550 M

Seri No : 1208

Universal Uzunluk Ölçme Cihazı (Şekil 3.2), üretilen parçaların ölçümünde güvenilir bir referans sağlamak maksadı ile, mümkün olan en düşük ölçme belirsizliği ile ölçümleri gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Universal Uzunluk Ölçme Cihazları ile tampon masterlar, tampon vida masterlar, halka masterlar, halka vida masterlar, kumpaslar, mikrometreler, ölçme saatleri, kalınlık folyoları vb birçok ölçü aletinin kalibrasyon işlemlerinde referans cihaz olarak kullanılırlar. SIP 550 M (Universal Uzunluk Ölçme Cihazı) referans cihazının çözünürlüğü ; 0,01 μm 'dur.



Şekil 3.2. Universal uzunluk ölçüm cihazı

Ölçme saati test cihazı genel bilgi ve teknik özellikler

Marka : MİTUTOYO

Model : İ-Checker / 170-311D

Seri No : 106901208

Ölçme Saati Kalibratörleri (Şekil 3.3), Ölçme Saatlerinin (Komparatör Saatlerinin), Hassas Yoklayıcıların, Salgı Komparatörlerinin vb. 100 mm'ye (4") kadar kalibre etmek için özel olarak tasarlanan referans cihazlardır.

- 100 mm'ye (4") ölçüm aralığı ile göstergiyi doğrudan inceler. Arama test göstergesi, çapa göstergesi ve kol tipi endüktif kafa opsiyonel aksesuarlar ile kontrol edilebilir.

- Yarı otomatik ölçüm ve tam otomatik ölçüm fonksiyonları sayesinde ölçüm pozisyonunun ayarlanması çok kolay bir şekilde gerçekleştirilir.
- Basit kalibrasyon raporunu oluşturur ve yazdırır.
- Denetim sonucunu, her türlü yazılım ile tekrar kullanılabilir inceleme sonucu için CSV dosyası olarak kaydeder.
- Ölçüm Aralığı: 100 mm / 4 "
- Çözünürlük: 0.02 μm / 0.8 μin
- Doğruluk: Dikey konumda $\pm (0,2 + L / 100)$ μm L = ölçüm uzunluğu (mm)
- (20 ° C'de) yanal konumda $\pm (0,3 + 2L / 100)$ μm L = ölçüm uzunluğu (mm)
- Ölçüm yöntemi: Yarı otomatik / Tam otomatik
- Boyutlar: 184 x 225 x 532mm (G x D x Y)
- Çalışma sıcaklığı aralığı: 20 °C \pm 3 °C
- Güç kaynağı: 100 VAC – 240 VAC \pm % 10, 50 / 60Hz
- Kütlesi: 20 kg / 44.11 bs



Şekil 3.3. Ölçme saati test cihazı

3.2.2 Kalibrasyon işlemlerinde kullanılan referanslar

Referans lazer interferometre cihazı genel bilgi ve teknik özellikler

Marka : HP

Model : 5519 A

Seri No : 3216 A 00254

Dinamik kalibratör sistemlerinin bir parçası olan HP 5519 A lazer kafası, 6 mm (0,24 inç) giriş çapına sahip bir helyum-neon lazer içerir. ± 0.1 ppm (MIL-STD 45662'ye kalibre edilmişse ± 0.02 ppm) bir dalga boyu hassaslığına sahiptir. HP 5519A iki frekanslı lazer tekniğini kullanır; bu teknik, ışın yoğunluğu değişikliklerine bağlı olarak ortaya çıkan diğer lazer tasarımlarında sık karşılaşılan sorunları ortadan kaldırır. Lazer kafası, uzun ömürlü bir lazer tüpü ile çalışır. HP 5519A, bireysel uygulamaların fiziki düzenini ve ölçüm gereksinimlerini karşılayan bir lazer kalibrasyon sistemi oluşturmak için uygun optik ve sistem elektronikleriyle yapılandırılmıştır. Lazer hassasiyeti makine kalibrasyon uygulamaları için idealdir (Şekil 3.4).

- Lineer Optikli Maksimum Hız: 700 mm / s
- Çözünürlük ; 1 nm
- Referans frekansı: 2,4 ila 3,0 MHz
- Ağırlık: 5.5 kg
- Kablo bağlantıları için gereken açıklık: ünitenin arkasında 10.16 cm
Lazer ışını ;
- Çap: 6 mm (0,25 inç)
- Minimum Çıkış Gücü: 180 W Elektrik gücü

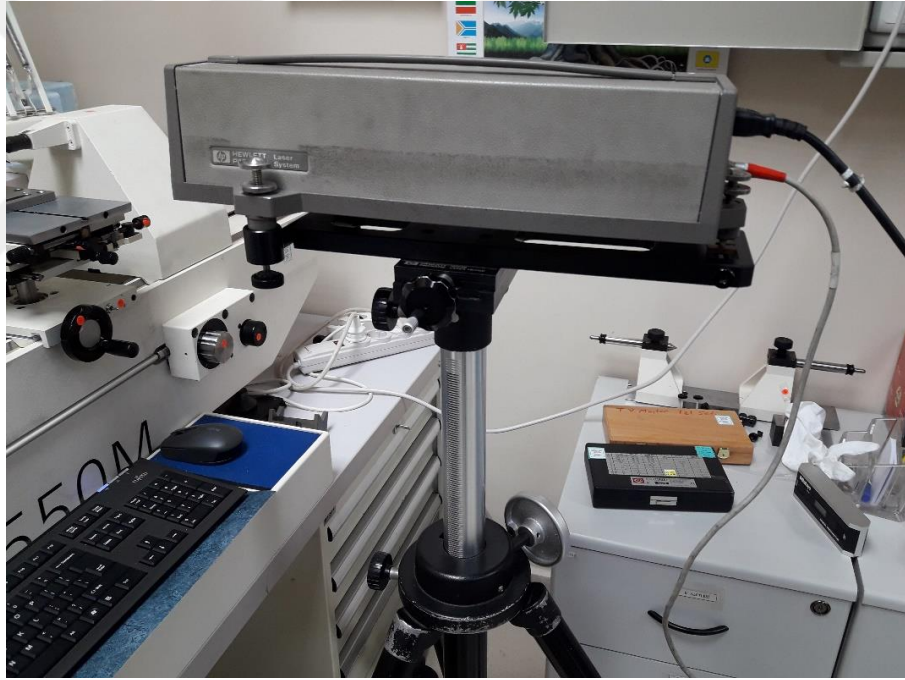
- 110 ila 120 Vac, 48 ila 66 Hz veya 400 Hz
- 220 ila 240 Vac, 48 ila 66 Hz

• Isınma Dağılımı: 50 W

• İşletme Dağılımı: 33 W

Güvenilirlik

- Arızalar Arası Ortalama Süre 50.000 saatin üzerinde çalışma, en güvenilir lazerler (<https://www.artisanng.com> 2019).



Şekil 3.4. Referans lazer interferometre

Referans cam cetvel genel bilgi ve teknik özellikler

Marka : Mitutoyo

Model : Skalalı

Seri No : 84667

Düşük genleşmeli, yüksek hassasiyetli cam cetvel kalibrasyon standardı olarak kullanılabilir (Şekil 3.5).

Hassasiyet (20°C) ; $(0,5+L/1000) \mu\text{m}$

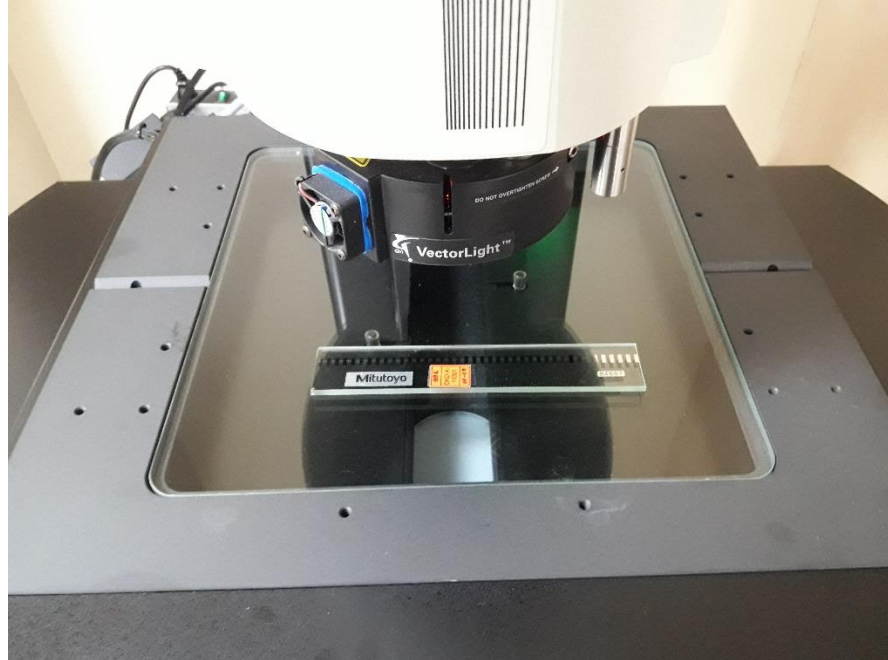
(L = Ölçülen uzunluk (mm))

Okuma hassasiyeti ; 1 mm

Çizgi kalınlığı hassasiyeti ; 4 μm

Malzeme ; Hafif genişen cam

Termal genişleme katsayısı ; $(0 \pm 0,02) \times 10^{-6}/\text{K}$



Şekil 3.5. Referans cam cetvel

Referans paralel blok master seti genel bilgi ve teknik özellikler

Marka : ULTRA PRAEZISION

Model : K Sınıfı

Seri No : LS0219

Mevcut standartlara göre, paralel ve düz iki ölçme yüzeyi arasında, uzunluk birimini muhafaza eden uzunluk standartlarına Master Blok denir (Şekil 3.6). Dikdörtgen, Kare ve Dairedel kesitli master blokları mevcuttur. Master bloklarının üretimlerinden sonra yapılan kalibrasyon işlemleri sonucunda elde edilen yüzey kaliteleri ve nominal boylarından sapma değerlerine göre sınıflara ayrılırlar. Bu sınıflandırma işlemi ilgili standartdaki tolerans değerleri ile karşılaştırılarak yapılır. bizim bu çalışmada referans olarak kullandığımız K sınıfı masterlar ; İnterfero metrik ölçümlere uygundur. Yüzey kalitesi yapışma özelliğine sahip ve yüzey düzgünlüğü çok iyidir. K sınıfı masterlar sayesinde uzunluk birimi, master bloklarına ve böylece uygulama alanına aktarılır. Hassas ölçüm cihazlarının kalibrasyonunda ve set edilmesinde kullanılır. Yüksek doğruluklu kalibrasyon işlemlerinde kullanılır. Master bloklarının nominal uzunlukları 0,5 mm'den 1000 mm'ye kadar değişmekte olup, üretici firma ürettiği master bloğun uzama katsayısını da ayrıca belirtmek zorundadır.

Nem : % 45 ± (10-15) % Rh

Sıcaklık : 20°C ± (0,1 - 2) °C

Koruma : Master yağı , asitsiz vazelin , muhafaza kutusu

Temizlik : Petroleum ether, pamuk tüy bırakmayan bez/güderi , tüy bırakmayan sentetik eldiven , pompa / yumuşak kıl fırça

Kullanım : Çıplak elle tutulmamalıdır. Master ölçme yüzeyleri çarpmaya karşı korunmalıdır. Ölçme yüzeylerine aşırı kuvvet uygulanmamalıdır. Uzun masterlar açılı pozisyonlarda kullanılmamalıdır (Form bozulmasına karşı). Çalışma alanı yumuşak bir malzeme ile kaplanmalı. Manyetiklik giderilmelidir.



Şekil 3.6. Referans paralel blok master

Referans ölçme probu genel bilgi ve teknik özellikler

Marka : SOLARTRON METROLOGY AMATEK

Model : DP/2/S/T/C

Seri No : 359AF40-01

Ölçme Problemleri , her türlü tarama faaliyetinde, Referans cihazların kalibrasyon işlemlerinde kullanılan bir cihazdır (Şekil 3.7).

Çözünürlük mm Aşağı 0.01 μm

Güç ihtiyacı +24 VDC $\pm\%$ 10

Harici G / Ç

Seri RS232 seri bağlantı noktası (yazıcı veya PC için)

Ayrık Çıktı 2 x 3 izole

Analog Çıkış 2 kanal DC veya 4-20mA

Çalışma Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) 0 - +50

Mekanik

Boyutlar G x YY çerçeve olmadan 134 mm x 65 mm x 160 mm

Çerçeve ile 144 mm x 74 mm x 175 mm

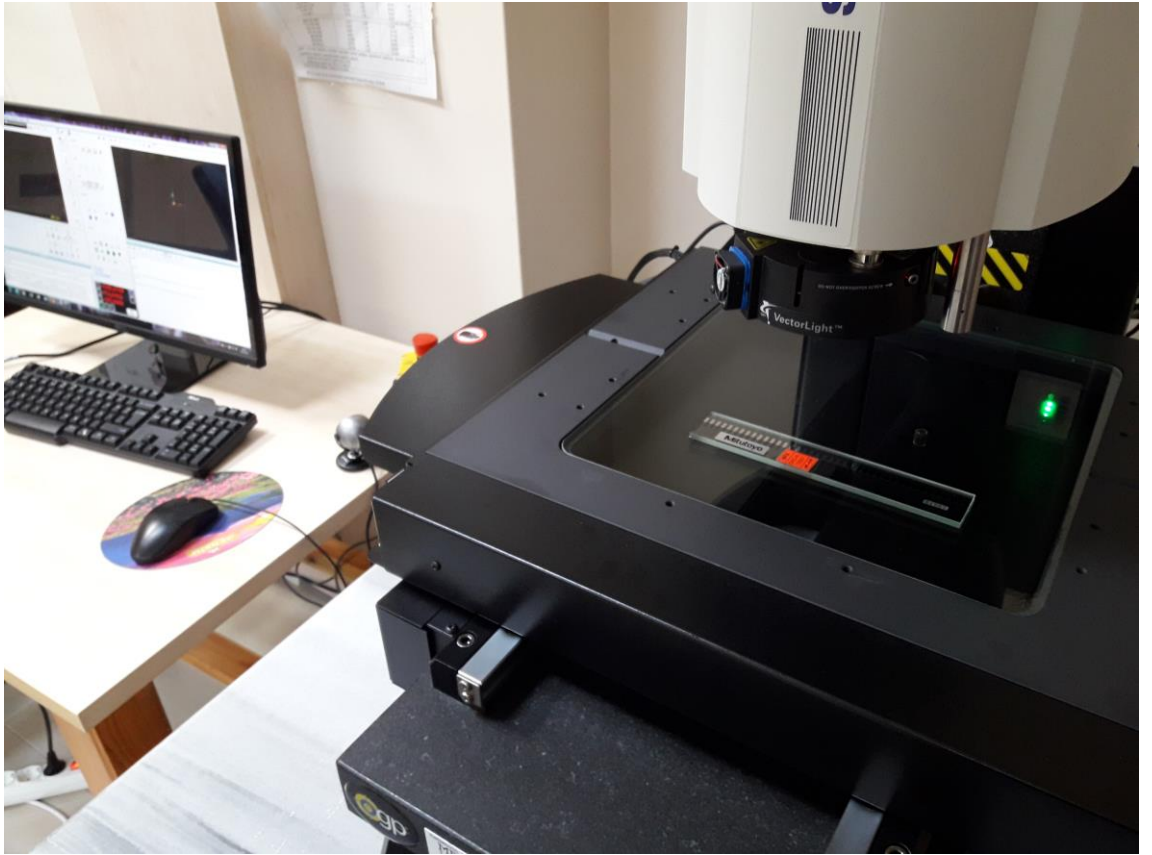


Şekil 3.7. Referans ölçme probu

3.3 Yöntem

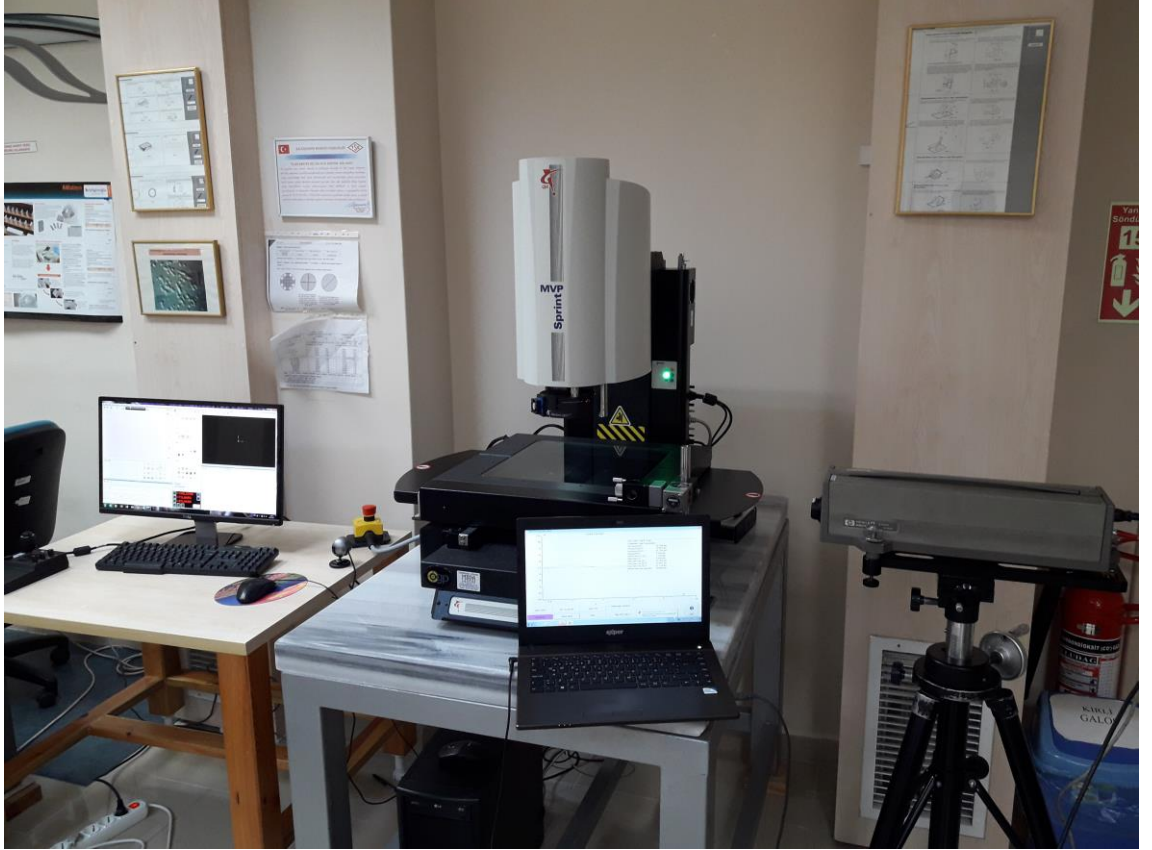
3.3.1 Kameralı ölçüm cihazının kalibrasyonu

Standart metot cam cetvel ile Kalibrasyon işlemi Referans Cam cetvelin her iki ekseninde (X ve Y) ayrı ayrı gidiş-dönüş olarak ölçülmesi ile gerçekleştirilir. Burada ölçülen parametre referans cam cetvelin üzerindeki mesafelerdir. Kameralı Ölçüm Cihazı X ve Y eksenlerinde herbir ölçüm noktasında 5 adet ölçüm alınmış ve ölçüm sonuçları kısmında ortalamaları verilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Kameralı ölçüm cihazı referans cam cetvel ile kalibrasyonu

Standart olmayan metot lazer interferometre ile Kalibrasyon işlemi Referans lazer interferometrenin her üç ekseninde de ayrı ayrı gidiş-dönüş olarak ölçülmesi ile gerçekleştirilir. Kameralı Ölçüm Cihazının X, Y ve Z eksenlerinde herbir ölçüm noktasında 5 adet ölçüm alınmış ve ölçüm sonuçları kısmında ortalamaları verilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Kameralı ölçüm cihazı referans lazer inteferometre ile kalibrasyonu

Ölçüm belirsizlikleri

Standart metot cam cetvel ile Ölçüm Belirsizliği sonucu belirsizlik bütçesi şeklinde verilmiştir (Çizelge 3.1).

Model Fonksiyonu

$$L_x = L_N + S\ell_1 + S\ell_2 + S\ell_3 + S\ell_4 + S\ell_5$$

L_x : Kameralı Ölçüm Cihazının ekranında okunan değer

L_N : Referans Cam Cetvelin değeri:

$S\ell_1$: Referans Cam cetvelin kalibrasyon sertifikasından gelen belirsizlik değeri

$S\ell_2$: Referans Cam Cetvelin drift değerinden gelen belirsizlik değeri

$S\ell_3$: Referans Cam Cetvelin çizgi kalınlığı hassasiyetinden gelen belirsizlik değeri

$S\ell_4$: Profil Projektörün Çözünürlüğünden gelen belirsizlik değeri

$S\ell_5$: Kalibrasyon esnasındaki anlık sıcaklık dalgalanmalarının profil projektöre ve referans cam cetvele olan belirsizlik etkisi

1. Referans cam cetvelin kalibrasyon sertifikasından gelen belirsizlik değeri :

$$S\ell_1 = 0,65 \quad (k=2 ; \%95)$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta 11} = 0,65 / 2 = 0,3250 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta 11} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S\ell_1) = 0,325 \times 1 = 0,3250 \mu\text{m}$$

2. Referans cam cetvelin drift değerinden gelen belirsizlik değeri :

$$S\ell_2 = (0,5 + L/1000) \mu\text{m}$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta 12} = (0,5 + 200 / 1000) / \sqrt{3} = 0,4041 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta 12} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S\ell_2) = 0,404 \times 1 = 0,4041 \mu\text{m}$$

3.Referans cam cetvelin çizgi kalınlığı hassasiyetinden gelen belirsizlik değeri :

$S_{\ell_3} \cong 4 \mu\text{m} / 2 = 2 \mu\text{m}$ çizgi kalınlığı hassasiyetinin yarısı alınır.

Standart Ölçüm Belirsizliği : $U_{\delta_{13}} = 2 / \sqrt{3} = 1,1547 \mu\text{m}$

Hassasiyet Katsayısı : $C_{\delta_{13}} = 1$

Belirsizlik Payı : $U(S_{\ell_3}) = 1,154 \times 1 = 1,1547 \mu\text{m}$

4.Kameralı ölçüm cihazının çözünürlüğünden gelen belirsizlik değeri :

$S_{\ell_4} \cong \text{Çözünürlük} \times 0,5 = 0,01 \times 0,5 = 0,005 \mu\text{m}$

Standart Ölçüm Belirsizliği : $U_{\delta_{14}} = 0,005 / \sqrt{3} = 0,0028 \mu\text{m}$

Hassasiyet Katsayısı : $C_{\delta_{14}} = 1$

Belirsizlik Payı : $U(S_{\ell_4}) = 0,0028 \times 1 = 0,0028 \mu\text{m}$

5.Kalibrasyon esnasındaki anlık sıcaklık değişimlerinin kameralı ölçüm cihazına ve

referans cam cetvele olan belirsizlik etkisi: $\Delta L = L_0 \times \alpha \times \Delta T = L_0 \times \alpha \times (T_2 - T_1)$

malzemelerin sıcaklıkla genleşme formülünden Kameralı Ölçüm Cihazı ve Cam Cetvel

arasındaki malzeme farklarından dolayı uzunluk farkları oluşabilir. Laboratuvarın

sıcaklık şartlarının $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğu göz önüne alınırsa yani laboratuvar ortam

şartları $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ 'lik farkın dışına çıktığında kalibrasyon işlemine devam edilmediği

düşünülürse ;

$\Delta T = S_{\ell_5} = 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ve olarak alınabilir.

çeliğin ısıl genleşme katsayısı $\approx 11,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

camın ısıl genleşme katsayısı $\approx 8,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Standart Ölçüm Belirsizliği : $U_{\delta_{15}} = 1 / \sqrt{3} = 0,5773 \mu\text{m}$

Hassasiyet Katsayısı : $C_{\delta_{15}} = (11,5 - 8,5) \times 10^{-6} \times 200 \times 10^3 = 0,6 \mu\text{m}$

Belirsizlik Payı : $U(S_{\ell_5}) = 0,5773 \times 0,6 = 0,3464 \mu\text{m}$

Çizelge 3.1. Ölçüm belirsizliği bütçesi (referans cam cetvel ile)

Etki Büyükükleri	Dağılım Türleri	Standart Ölçüm Belirsizliği μm	Hassasiyet Katsayısı	Belirsizlik payları l_N, l_x μm	Varyans μm^2
$X(i)$	n_i	$u(xi)$	c_i	$u_i(y)$	$u^2_i(y)$
$S\ell_1$	Normal	0,3250	1	0,3250	0,11
$S\ell_2$	Dikdörtgen	0,4041	1	0,4041	0,1633
$S\ell_3$	Dikdörtgen	1,1547	1	1,1547	1,3333
$S\ell_4$	Dikdörtgen	0,0028	1	0,0028	$8,33 \times 10^{-6}$
$S\ell_5$	Dikdörtgen	0,5773	0,6	0,3464	0,12
				$\Sigma u^2_i(y)=$	1,72 μm
				$\sqrt{\Sigma u^2_i(y)}=$	1,3123 μm
				$\sqrt{\Sigma u^2_i(y)} \times 2=$	2,6247 μm

$U \approx 2,62 \mu\text{m}$ (k=2 ; %95 güven aralığı)

Standart olmayan metot lazer interferometre ile Ölçüm Belirsizliği sonucu belirsizlik bütçesi şeklinde verilmiştir (Çizelge 3.2).

Model Fonksiyonu

$$L_x = L_N + S\ell_1 + S\ell_2 + S\ell_3 + S\ell_4 + S\ell_5$$

L_x : Kameralı Ölçüm Cihazının ekranında okunan değer

L_N : Referans Lazer İnterferometrenin değeri

$S\ell_1$: Referans Lazer İnterferometrenin sınır sapma değerinin (linearitesinin) belirsizlik değeri

$S\ell_2$: Referans Lazer İnterferometrenin çözünürlüğünden gelen belirsizlik değeri

$S\ell_3$: Kameralı Ölçüm Cihazı Çözünürlüğünden gelen belirsizlik değeri

$S\ell_4$: Doğrusal eksen kaçıklığından doğan belirsizlik etkisi

1.Referans lazer interferometrenin sınır sapma değerinin (linearitesinin) belirsizlik değeri :

$$S\ell_1 = 0,025 + (1,1 \times 200 \times 10^{-3}) = 0,2450 \mu\text{m}$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta 11} = 0,2450 \mu\text{m} / \sqrt{3} = 0,1415 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta 11} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S\ell_1) = 0,1415 \times 1 = 0,1415 \mu\text{m}$$

2.Referans lazer interferometrenin çözünürlüğünden gelen belirsizlik değeri :

$$S\ell_2 \cong 0,001/2 = 0,0005 \mu\text{m} \text{ (çözünürlüğün yarısı alınır).}$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta 12} = 0,0005 \mu\text{m} / \sqrt{3} = 0,00028 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta 12} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S\ell_2) = 0,00028 \times 1 = 0,00028 \mu\text{m}$$

3.Kameralı ölçüm cihazının çözünürlüğünden gelen belirsizlik değeri :

$$S_{\ell_3} \cong 0,01 \mu\text{m} \times 0,5 = 0,005 \mu\text{m} \text{ (çözünürlüğün yarısı alınır)}$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta_{l3}} = 0,005 / \sqrt{3} = 0,0028$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta_{l3}} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S_{\ell_3}) = 0,0028 \times 1 = 0,0028 \mu\text{m}$$

4.Doğrusal eksen kaçıklığından gelen belirsizlik değeri :

$$S_{\ell_4} \cong 0,2 \mu\text{m}$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta_{l4}} = 0,2 / \sqrt{3} = 0,1155 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta_{l4}} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S_{\ell_4}) = 0,1155 \times 1 = 0,1155 \mu\text{m}$$

Çizelge 3.2. Ölçüm belirsizliği bütçesi (referans lazer interferometre ile)

Etki Büyükükleri	Dağılım	Standart Ölçüm Belirsizliği μm	Hassasiyet Katsayısı	Belirsizlik payları l_N, l_x μm	Varyans μm^2
$X(i)$	n_i	$u(xi)$	c_i	$u_i(y)$	$u^2_i(y)$
$S\ell_1$	Dikdörtgen	0,1415	1	0,1415	0,0200
$S\ell_2$	Dikdörtgen	0,00028	1	0,00028	$8,33 \times 10^{-8}$
$S\ell_3$	Dikdörtgen	0,0028	1	0,0028	$8,33 \times 10^{-6}$
$S\ell_4$	Dikdörtgen	0,1155	1	0,1155	0,0133
				$\Sigma u^2_i(y)=$	0,0334 μm^2
				$\sqrt{\Sigma u^2_i(y)}=$	0,1826 μm
				$\sqrt{\Sigma u^2_i(y)} \times 2=$	0,3652 μm

$U \approx 0,37 \mu\text{m}$ (k=2 ; %95 güven aralığı)

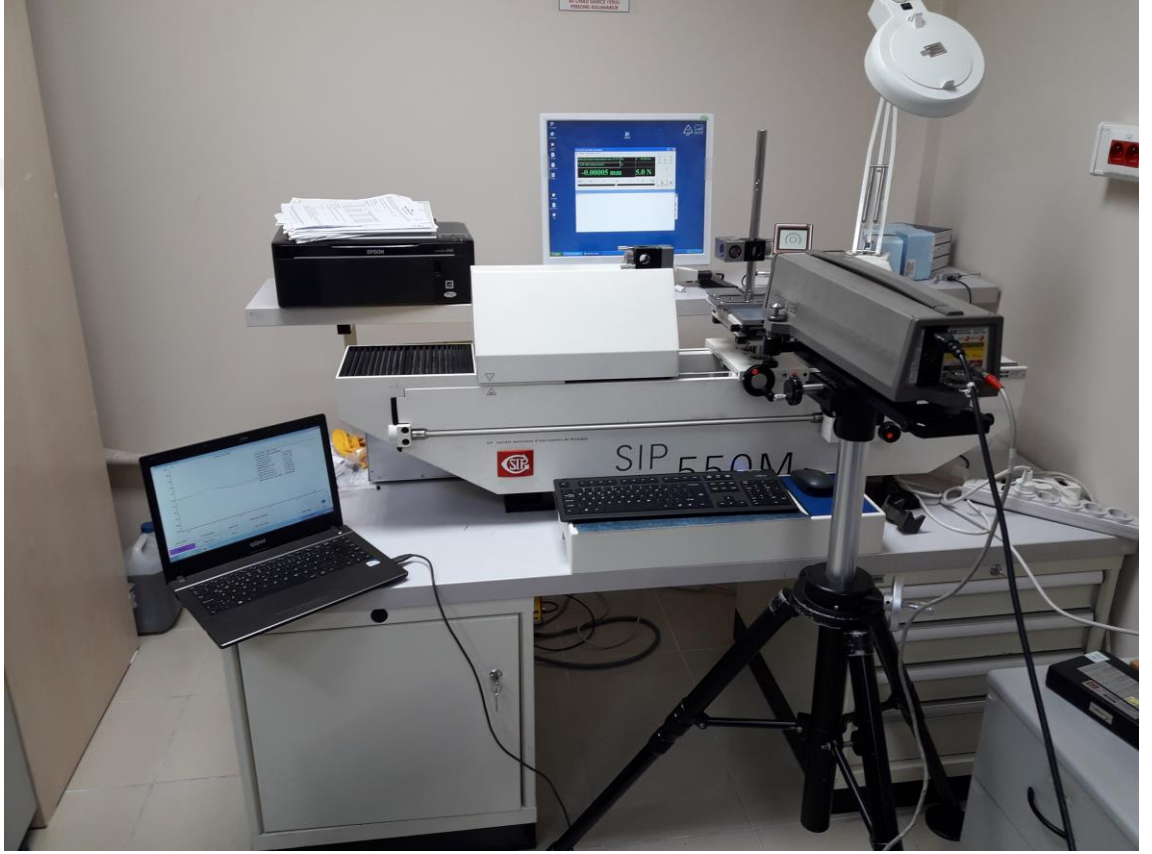
3.3.2 Universal uzunluk ölçüm cihazının kalibrasyonu

Standart metot paralel blok master ile Universal Uzunluk Ölçüm Cihazının ölçüm aralığı master blokları ile kontrol edilmiştir. 11 , 21 , 50 , 100 ve 200 mm master blokları, küresel dış yüzey ölçme uçları kullanarak ölçülmüştür. Ölçüm sırasında cihaz 10 mm master bloğu ile ayarlanmış (set edilmiş) ve daha sonra ölçme işlemine geçilmiştir. Ölçüm sonucu her biri 5 ölçümden oluşan 3 set ölçümün ortalamasıdır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Universal uzunluk ölçüm cihazı referans P.B.M seti ile kalibrasyonu

Standart olmayan metot lazer interferometre ile Üiversal ölçme cihazının pozisyon hatalarının tespiti (skalasının lineerliği) lazer interferometresi ve mesafe ölçme optikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (0 mm - 300 mm olan ölçme aralığı 25 mm aralıklar ile taranmıştır. 3 gidiş yönünde (0 mm – 300 mm) ve 3 dönüş yönünde (0 mm - 300 mm) ölçümler alınarak cihazın lineerliği tespit edilmiştir (Şekil 3.11). Ölçüm sonuçlarının ortalaması 0 mm - 300 mm ölçme aralığı için ölçüm sonuçları kısmında verilmiştir.



Şekil 3.11. Universal uzunluk ölçüm cihazı referans lazer interferometre ile kalibrasyonu

Ölçüm belirsizlikleri

Standart metot paralel blok master ile Ölçme aralığı 0 mm - 300 mm ve 0,01 µm çözünürlük için bir boyutlu universal ölçüm cihazına ait Paralel Blok Master (200 mm) referansı kullanılarak yapılan kalibrasyon işlemi örnek ölçüm belirsizliğinin hesaplanması

Ölçüm Belirsizliği sonucu belirsizlik bütçesi şeklinde verilmiştir (Çizelge 3.3).

Model Fonksiyonu

$$L_x = L_N + S_{l_1} + S_{l_2} + S_{l_3} + S_{l_4} + S_{l_5} + S_{l_6} + S_{l_7}$$

L_x : Universal ölçme cihazının ekranında okunan değeri

L_N : Referans Paralel Blok Masterın değeri

S_{l_1} : Universal uzunluk ölçme cihazının ayarlanmasında(set edilmesinde) kullanılan $L_N=10$ mm paralel blok masterın (TSE-079) kalibrasyon sertifikasından gelen belirsizlik katkısı

S_{l_2} : Referans paralel blok masterın (TSE-078) kalibrasyon sertifikasından gelen belirsizlik katkısı

S_{l_3} : Referans paralel blok masterın yıllık müsaade edilen boy değişiminden gelen belirsizlik katkısı (3 yıllık)

S_{l_4} : Referans paralel blok masterın pozisyonlanmasından gelen belirsizlik katkısı

S_{l_5} : Bir Boyutlu ölçüm cihazının çözünürlüğünden gelen belirsizlik katkısı

S_{l_6} : Referans paralel blok masterın ölçme yüzeylerindeki kaba çiziklerden kaynaklanan belirsizlik katkısı

S_{l_7} : Referans paralel blok master ile bir boyutlu ölçüm cihazı ölçülmesi esnasında ortamdaki anlık sıcaklık dalgalanmalarının etkisi

1.Universal uzunluk ölçme cihazının ayarlanmasında (set edilmesinde) kullanılan Ln=10 mm paralel blok mastarın (TSE-079) kalibrasyon sertifikasından gelen belirsizlik katkısı:

$$S_{\ell_1} = (0,05 + 0,5 \times 10^{-6} \times L) \mu\text{m} \quad L = (\text{mm}) \quad (k=2 ; \%95 \text{ güven aralığı})$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta 11} = ((0,05) + (0,5 \times 10^{-6} \times 10)) / 2 = 0,0250 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta 11} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S_{\ell_1}) = 0,0250 \times 1 = 0,0250 \mu\text{m}$$

2.Referans paralel blok mastarın(TSE-078) kalibrasyon sertifikasından gelen belirsizlik katkısı:

$$S_{\ell_2} = Q(56 ; 0,4 \times L) \text{ nm} \quad (k=2 ; \%95 \text{ güven aralığı}) ; L (\text{mm})$$

$$S_{\ell_2} = \text{KAREKÖK} ((56)^2 + (0,4 \times L)^2) \text{ nm} \quad (k=2 ; \%95 \text{ güven aralığı}) ; L (\text{mm})$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği: } U_{\delta 11} = \text{KAREKÖK} ((56)^2 + (0,4 \times 200)^2) / 2 = 0,0488 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta 12} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S_{\ell_2}) = 0,0488 \times 1 = 0,0488 \mu\text{m}$$

3.Referans paralel blok mastarın yıllık müsaade edilen boy değişiminden gelen belirsizlik Katkısı (3 yıllık) :

$$S_{\ell_3} = ((0,02) + (0,25 \times L)) \times 3 \mu\text{m} ; L (\text{m}) \quad (3 \text{ yıllık})$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta 13} = (((0,02) + (0,25 \times 0,2)) \times 3) / \sqrt{3} = 0,1212 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta 13} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S_{\ell_3}) = 0,1212 \times 1 = 0,1212 \mu\text{m}$$

4.Referans paralel blok mastarın pozisyonlanmasından gelen belirsizlik katkısı:

$$S\ell_4 = 1 \text{ } \mu\text{m (tahmini değer)}$$

$$\text{Standart } \ddot{\text{O}}\text{l} \ddot{\text{C}}\ddot{\text{u}}\text{m Belirsizliği} : U_{\delta l_4} = 1 / \sqrt{3} = 0,5773 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta l_4} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S\ell_4) = 0,5773 \times 1 = 0,5773 \text{ } \mu\text{m}$$

5.Bir Boyutlu ol}um cihazının }ozunurluğunden gelen belirsizlik katkısı:

$$S\ell_5 = 0,01 / 2 = 0,005 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\text{Standart } \ddot{\text{O}}\text{l} \ddot{\text{C}}\ddot{\text{u}}\text{m Belirsizliği} : U_{\delta l_5} = 0,005 / \sqrt{3} = 0,0028 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta l_5} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S\ell_5) = 0,0028 \times 1 = 0,0028 \text{ } \mu\text{m}$$

6.Referans paralel blok mastarın ol}eme yuzyelerindeki kaba }iziklerden kaynaklanan belirsizlik katkısı:

$$S\ell_6 = 1 \text{ } \mu\text{m (tahmini değer)}$$

$$\text{Standart } \ddot{\text{O}}\text{l} \ddot{\text{C}}\ddot{\text{u}}\text{m Belirsizliği} : U_{\delta l_6} = 1 / \sqrt{3} = 0,5773 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta l_6} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S\ell_6) = 0,5773 \times 1 = 0,5773 \text{ } \mu\text{m}$$

7.Referans paralel blok master ile bir boyutlu ölçüm cihazı ölçülmesi esnasında ortamdaki anlık sıcaklık dalgalanmalarının etkisi :

$\Delta L = L_0 \times \alpha \times \Delta T = L_0 \times \alpha \times (T_2 - T_1)$ malzemelerin sıcaklıkla genişleme formülünden Universal Uzunluk Ölçme Cihazı ve Paralel Blok Master arasındaki malzeme farklarından dolayı uzunluk farkları oluşabilir.

Laboratuvarın sıcaklık şartlarının $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğu göz önüne alınırsa yani laboratuvar ortam şartları $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ 'lik farkın dışına çıktığında kalibrasyon işlemine devam edilmediği düşünülürse ;

$\Delta T = S_{\ell_7} = 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ve olarak alınabilir.

Çeliğin ısı genleşme katsayısı $\approx 11,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Camın ısı genleşme katsayısı $\approx 8,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Standart Ölçüm Belirsizliği : $U_{\delta l_7} = 1 / \sqrt{3} = 0,5773 \text{ } \mu\text{m}$

Hassasiyet Katsayısı : $C_{\delta l_7} = (11,5 - 8,5) \times 10^{-6} \times 200 \times 10^3 = 0,6 \text{ } \mu\text{m}$

Belirsizlik Payı : $U(S_{\ell_7}) = 0,5773 \times 0,6 = 0,3464 \text{ } \mu\text{m}$

Çizelge 3.3. Ölçüm belirsizliği bütçesi referans paralel blok master ile

Etki Büyüklükleri	Dağılım Türleri	Standart Ölçüm Belirsizliği μm	Hassasiyet Katsayısı	Belirsizlik payları l_N, l_x μm	Varyans μm^2
$X(i)$	n_i	$u(xi)$	c_i	$u_i(y)$	$u^2_i(y)$
S_{l_1}	Normal	0,0250	1	0,0250	0,0006
S_{l_2}	Normal	0,0488	1	0,0488	0,0023
S_{l_3}	Dikdörtgen	0,1212	1	0,1212	0,0147
S_{l_4}	Dikdörtgen	0,5773	1	0,5773	0,3333
S_{l_5}	Dikdörtgen	0,0028	1	0,0028	0,000008
S_{l_6}	Dikdörtgen	0,5773	1	0,5773	0,3333
S_{l_7}	Dikdörtgen	0,5773	0,6	0,3464	0,1200
				$\sum u^2_i(y)=$	0,8038
				$\sqrt{\sum u^2_i(y)}=$	0,8965
				$\sqrt{\sum u^2_i(y)} \times 2=$	1,7930

$U \approx 1,79 \mu\text{m}$ (k=2 ; %95 güven aralığı)

Standart olmayan metot lazer interferometre ile Ölçme aralığı 0-300 mm ve 0,01 µm çözünürlük için bir boyutlu üniversal ölçüm cihazına ait lazer interferometre referansı kullanılarak yapılan kalibrasyon işlemi örnek ölçüm belirsizliğinin hesaplanması

Ölçüm Belirsizliği sonucu belirsizlik bütçesi şeklinde verilmiştir (Çizelge 3.4).

Model Fonksiyonu

$$L_x = L_N + S_{\ell_1} + S_{\ell_2} + S_{\ell_3} + S_{\ell_4} + S_{\ell_5}$$

L_x : Üniversal ölçüm cihazının ekranında okunan değer

L_N : Referans Lazer İnterferometrenin değeri

S_{ℓ_1} : Referans Lazer İnterferometrenin sınır sapma değerinin (linearitesinin) belirsizlik değeri

S_{ℓ_2} : Referans Lazer İnterferometrenin çözünürlüğünden gelen belirsizlik değeri

S_{ℓ_3} : Üniversal Uzunluk Ölçme Cihazının Çözünürlüğünden gelen belirsizlik değeri

S_{ℓ_4} : Doğrusal eksen kaçıklığından doğan belirsizlik etkisi

1.Referans lazer interferometrenin sınır sapma değerinin (linearitesinin) belirsizlik değeri :

$$S_{\ell_1} = 0,025 + (1,1 \times 200 \times 10^{-3}) = 0,2450 \mu\text{m}$$

Standart Ölçüm Belirsizliği : $U_{\delta_{II}} = 0,2450 \mu\text{m} / \sqrt{3} = 0,1415 \mu\text{m}$

Hassasiyet Katsayısı : $C_{\delta_{II}} = 1$

Belirsizlik Payı : $U(S_{\ell_1}) = 0,1415 \times 1 = 0,1415 \mu\text{m}$

2.Referans lazer interferometrenin çözünürlüğünden gelen belirsizlik değeri :
 $S_{\ell_2} \cong 0,001/2 = 0,0005 \mu\text{m}$ (çözünürlüğün yarısı alınır)

Standart Ölçüm Belirsizliği : $U_{\delta_{l2}} = 0,0005 \mu\text{m} / \sqrt{3} = 0,00028 \mu\text{m}$

Hassasiyet Katsayısı : $C_{\delta_{l2}} = 1$

Belirsizlik Payı : $U(S_{\ell_2}) = 0,00028 \times 1 = 0,00028 \mu\text{m}$

3.Universal uzunluk ölçme cihazının çözünürlüğünden gelen belirsizlik değeri :
 $S_{\ell_3} \cong 0,01 \mu\text{m} \times 0,5 = 0,005 \mu\text{m}$ (çözünürlüğün yarısı alınır)

Standart Ölçüm Belirsizliği : $U_{\delta_{l3}} = 0,005 / \sqrt{3} = 0,0028$

Hassasiyet Katsayısı : $C_{\delta_{l3}} = 1$

Belirsizlik Payı : $U(S_{\ell_3}) = 0,0028 \times 1 = 0,0028 \mu\text{m}$

4.Doğrusal eksen kaçıklığından gelen belirsizlik değeri :

$S_{\ell_4} \cong 0,2 \mu\text{m}$

Standart Ölçüm Belirsizliği : $U_{\delta_{l4}} = 0,2 / \sqrt{3} = 0,1155 \mu\text{m}$

Hassasiyet Katsayısı : $C_{\delta_{l4}} = 1$

Belirsizlik Payı : $U(S_{\ell_4}) = 0,1155 \times 1 = 0,1155 \mu\text{m}$

Çizelge 3.4. Ölçüm belirsizliği bütçesi referans lazer interferometre ile

Etki Büyüklükleri	Dağılım	Standart Ölçüm Belirsizliği μm	Hassasiyet Katsayısı	Belirsizlik payları l_N, l_x μm	Varyans μm^2
$X(i)$	n_i	$u(xi)$	c_i	$u_i(y)$	$u^2_i(y)$
$S\ell_1$	Dikdörtgen	0,1415	1	0,1415	0,0200
$S\ell_2$	Dikdörtgen	0,00028	1	0,00028	$8,33 \times 10^{-8}$
$S\ell_3$	Dikdörtgen	0,0028	1	0,0028	$8,33 \times 10^{-6}$
$S\ell_4$	Dikdörtgen	0,1155	1	0,1155	0,0133
				$\Sigma u^2_i(y)=$	0,0334 μm^2
				$\sqrt{\Sigma u^2_i(y)}=$	0,1826 μm
				$\sqrt{\Sigma u^2_i(y)} \times 2=$	0,3652 μm

$U \approx 0,37 \mu\text{m}$ (k=2 ; %95 güven aralığı)

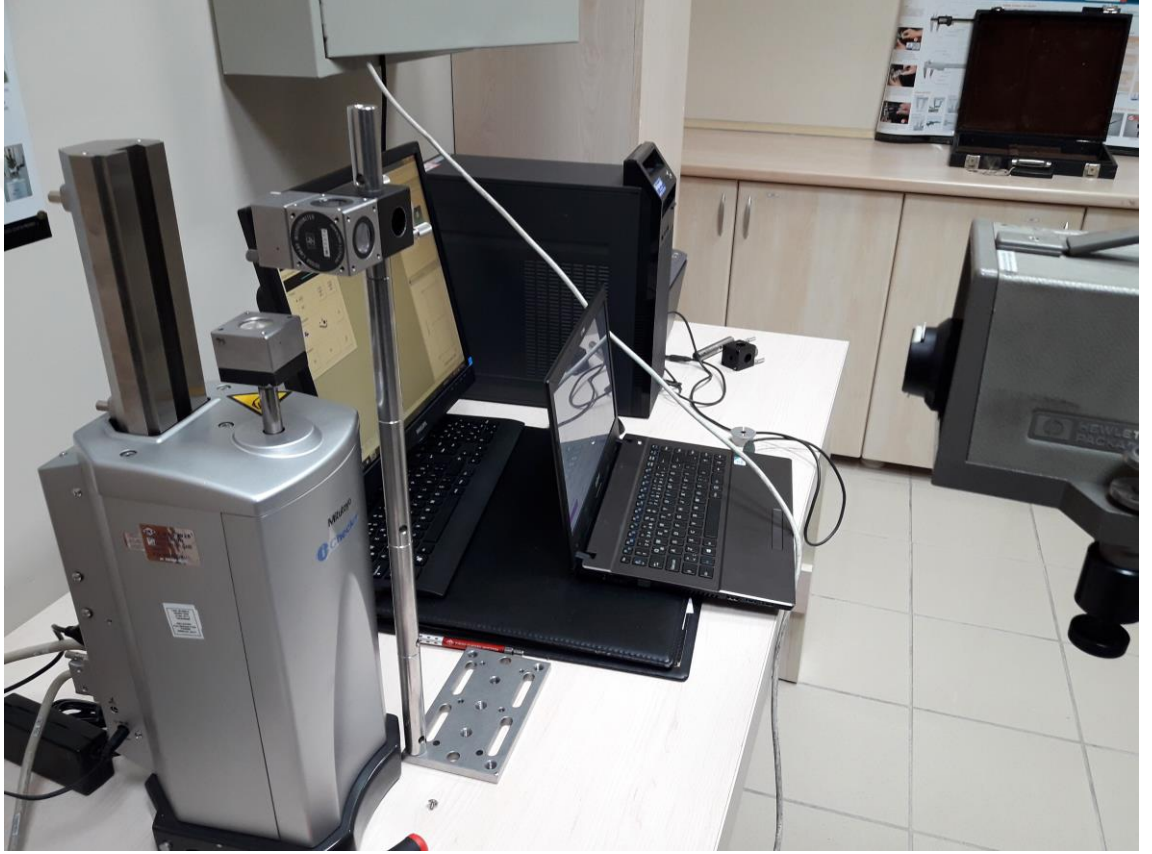
3.3.3 Ölçme saati test cihazının kalibrasyonu

Standart metot ölçme probu ile Ölçme Saati Kalibratörünün pozisyon hatalarının tespiti (skalasının lineerliği) Ölçme Probu kullanılarak gerçekleştirilir (0 mm -30 mm) olan ölçme aralığı 1 mm aralıklar ile taranır. 3 gidiş yönünde (0 mm -30 mm) ve 3 dönüş yönünde (0 mm – 30 mm) ölçümler alınarak cihazın lineerliği tespit edilir (Şekil 3.12). Ölçüm sonuçlarının ortalaması 0 mm - 30 mm ölçme aralığı için ölçüm sonuçları kısmında verilmiştir.



Şekil 3.12. Ölçme saati test cihazı referans ölçme probu ile kalibrasyonu

Standart olmayan metot lazer interferometre ile Ölçme Saati Kalibratörünün pozisyon hatalarının tespiti (skalasının lineerliği) lazer interferometresi ve mesafe ölçme optikleri kullanılarak gerçekleştirilir. (0 mm - 100 mm olan ölçme aralığı 1 mm aralıklar ile taranır. 3 gidiş yönünde (0 mm – 100 mm) ve 3 dönüş yönünde (0 mm – 100 mm) ölçümler alınarak cihazın lineerliği tespit edilir(Şekil 3.13). Ölçüm sonuçlarının ortalaması 0 mm - 100 mm ölçme aralığı için ölçüm sonuçları kısmında verilmiştir.



Şekil 3.13. Ölçme saati test cihazı referans lazer interferometre ile kalibrasyonu

Ölçüm belirsizlikleri

Standart metot ölçme probu ile Ölçme aralığı 0 mm - 100 mm ve 0,02 µm çözünürlük için Ölme Saati Test Cihazına ait Ölçme Probu

(0 mm - 30 mm) referansı kullanılarak yapılan kalibrasyon işlemi örnek ölçüm belirsizliğinin hesaplanması

Ölçüm Belirsizliği sonucu belirsizlik bütçesi şeklinde verilmiştir (Çizelge 3.5).

Model Fonksiyonu

$$L_x = L_N + S_{\ell_1} + S_{\ell_2} + S_{\ell_3} + S_{\ell_4} + S_{\ell_5} + S_{\ell_6}$$

L_x : Ölçme Saati Test Cihazı ekranında okunan değer

L_N : Referans Ölçme Probu değeri

S_{ℓ_1} : Referans ölçme probunun kalibrasyon sertifikasından gelen belirsizlik katkısı

S_{ℓ_2} : Referans ölçme probunun çözünürlüğünden gelen belirsizlik katkısı

S_{ℓ_3} : Ölçme saati test cihazının çözünürlüğünden gelen belirsizlik katkısı

S_{ℓ_4} : Mekanik etkilerden kaynaklanan belirsizlik katkısı

S_{ℓ_5} : Kalibrasyon esnasındaki anlık sıcaklık dalgalanmalarının ölçme saati test cihazına ve referans Ölçme Probuna olan belirsizlik etkisi

1.Referans ölçme probunun kalibrasyon sertifikasından gelen belirsizlik katkısı :

$$S_{\ell_1} = Q(0,2 ; 1,3 \times L) \mu\text{m} (k=2 ; \%95 \text{ güven aralığı}) ; L (m)$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği: } U_{\delta 11} = (\text{KAREKÖK } ((0,2)^2 + (1,3 \times 0,03)^2)) / 2 = 0,1018 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta 11} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S_{\ell_1}) = 0,1018 \times 1 = 0,1018 \mu\text{m}$$

2.Referans ölçme probunun çözünürlüğünden gelen belirsizlik katkısı :

$$S_{\ell_2} = 0,1 / 2 = 0,05 \mu\text{m}$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta_{l2}} = 0,05 / \sqrt{3} = 0,0288 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta_{l2}} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S_{\ell_2}) = 0,0288 \times 1 = 0,0288 \mu\text{m}$$

3.Ölçme saati test cihazının çözünürlüğünden gelen belirsizlik katkısı :

$$S_{\ell_3} = 0,02 / 2 = 0,01 \mu\text{m}$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta_{l3}} = 0,01 / \sqrt{3} = 0,0057 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta_{l3}} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S_{\ell_3}) = 0,0057 \times 1 = 0,0057 \mu\text{m}$$

4.Mekanik etkilerden kaynaklanan belirsizlik katkısı :

$$S_{\ell_4} = 1 \mu\text{m} \text{ (tahmini değer)}$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta_{l4}} = 1 / \sqrt{3} = 0,5773 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta_{l4}} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S_{\ell_4}) = 0,5773 \times 1 = 0,5773 \mu\text{m}$$

5.Kalibrasyon esnasındaki anlık sıcaklık dalgalanmalarının ölçme saati test cihazına ve referans ölçme probuna olan belirsizlik etkisi :

$\Delta L = L_0 \times \alpha \times \Delta T = L_0 \times \alpha \times (T_2 - T_1)$ malzemelerin sıcaklıkla genleşme formülünden ölçme saati test cihazı ve referans Ölçme Probu arasındaki malzeme farklarından dolayı uzunluk farkları oluşabilir.

Laboratuvarın sıcaklık şartlarının $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğu göz önüne alınırsa yani laboratuvar ortam şartları $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ 'lik farkın dışına çıktığında kalibrasyon işlemine devam edilmediği düşünülürse ;

$\Delta T = S\ell_5 = 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ve olarak alınabilir.

çeliğin ısı genleşme katsayısı $\approx 11,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

camın ısı genleşme katsayısı $\approx 8,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Standart Ölçüm Belirsizliği : $U_{\delta l_5} = 1 / \sqrt{3} = 0,5773 \text{ } \mu\text{m}$

Hassasiyet Katsayısı : $C_{\delta l_5} = (11,5 - 8,5) \times 10^{-6} \times 30 \times 10^3 = 0,09 \text{ } \mu\text{m}$

Belirsizlik Payı : $U(S\ell_5) = 0,5773 \times 0,09 = 0,0519 \text{ } \mu\text{m}$

Çizelge 3.5. Ölçüm belirsizliği bütçesi referans ölçme probu ile

Etki Büyüklükleri	Dağılım Türleri	Standart Ölçüm Belirsizliği μm	Hassasiyet Katsayısı	Belirsizlik payları $l_N, l_x \text{ } \mu\text{m}$	Varyans μm^2
$X(i)$	n_i	$u(xi)$	c_i	$u_i(y)$	$u^2_i(y)$
$S\ell_1$	Normal	0,1018	1	0,1018	0,0103
$S\ell_2$	Normal	0,0288	1	0,0288	0,0008
$S\ell_3$	Dikdörtgen	0,0057	1	0,0057	$3,33 \times 10^{-5}$
$S\ell_4$	Dikdörtgen	0,5773	1	0,5773	0,3333
$S\ell_5$	Dikdörtgen	0,5773	0,09	0,0519	0,0027
				$\Sigma u^2_i(y) =$	0,35
				$\sqrt{\Sigma u^2_i(y)} =$	0,5893
				$\sqrt{\Sigma u^2_i(y) \times 2} =$	1,1786

$U \approx 1,18 \text{ } \mu\text{m}$ (k=2 ; %95 güven aralığı)

Standart olmayan metot lazer interferometre ile Ölçme aralığı 0-100 mm ve 0,02 µm çözünürlük için Ölçme saati Test Cihazına ait lazer interferometre referansı kullanılarak yapılan kalibrasyon işlemi örnek ölçüm belirsizliğinin hesaplanması

Ölçüm Belirsizliği sonucu belirsizlik bütçesi şeklinde verilmiştir(Çizelge 3.6).

Model Fonksiyonu

$$L_x = L_N + S_{l_1} + S_{l_2} + S_{l_3} + S_{l_4} + S_{l_5}$$

L_x : Ölçme saati Test Cihazı ekranında okunan değer

L_N : Referans Lazer İnterferometrenin değeri

S_{l_1} : Referans Lazer İnterferometrenin sınır sapma değerinin (linearitesinin) belirsizlik değeri

S_{l_2} : Referans Lazer İnterferometrenin çözünürlüğünden gelen belirsizlik değeri

S_{l_3} : Ölçme saati Test Cihazı Çözünürlüğünden gelen belirsizlik değeri

S_{l_4} : Doğrusal eksen kaçıklığından doğan belirsizlik etkisi

1.Referans lazer interferometrenin sınır sapma değerinin (linearitesinin) belirsizlik değeri :

$$S_{l_1} = 0,025 + (1,1 \times 30 \times 10^{-3}) = 0,058 \mu\text{m}$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta l_1} = 0,058 \mu\text{m} / \sqrt{3} = 0,0335 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta l_1} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S_{l_1}) = 0,0335 \times 1 = 0,0335 \mu\text{m}$$

2.Referans lazer interferometrenin çözünürlüğünden gelen belirsizlik değeri :

$$S_{\ell_2} \cong 0,001/2 = 0,0005 \mu\text{m} \text{ (çözünürlüğün yarısı alınır)}$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta_{l2}} = 0,0005 \mu\text{m} / \sqrt{3} = 0,0002 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta_{l2}} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S_{\ell_2}) = 0,0002 \times 1 = 0,0002 \mu\text{m}$$

3.Ölçme saati test cihazı çözünürlüğünden gelen belirsizlik değeri :

$$S_{\ell_3} \cong 0,02 \mu\text{m} \times 0,5 = 0,01 \mu\text{m} \text{ (çözünürlüğün yarısı alınır)}$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta_{l3}} = 0,01 / \sqrt{3} = 0,0057$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta_{l3}} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S_{\ell_3}) = 0,0057 \times 1 = 0,0057 \mu\text{m}$$

4.Doğrusal eksen kaçıklığından gelen belirsizlik değeri :

$$S_{\ell_4} \cong 0,2 \mu\text{m}$$

$$\text{Standart Ölçüm Belirsizliği} : U_{\delta_{l4}} = 0,2 / \sqrt{3} = 0,1154 \mu\text{m}$$

$$\text{Hassasiyet Katsayısı} : C_{\delta_{l4}} = 1$$

$$\text{Belirsizlik Payı} : U(S_{\ell_4}) = 0,1154 \times 1 = 0,1154 \mu\text{m}$$

Çizelge 3.6. Ölçüm belirsizliği bütçesi referans lazer interferometre ile

Etki Büyükükleri	Dağılım	Standart Ölçüm Belirsizliği μm	Hassasiyet Katsayısı	Belirsizlik payları $l_N, l_x \mu\text{m}$	Varyans μm^2
$X(i)$	n_i	$u(xi)$	c_i	$u_i(y)$	$u^2_i(y)$
$S\ell_1$	Dikdörtgen	0,0335	1	0,0335	0,0011
$S\ell_2$	Dikdörtgen	0,0002	1	0,0002	$8,33 \times 10^{-8}$
$S\ell_3$	Dikdörtgen	0,0057	1	0,0057	$3,33 \times 10^{-5}$
$S\ell_4$	Dikdörtgen	0,1154	1	0,1154	0,0133
				$\Sigma u^2_i(y)=$	0,01 μm
				$\sqrt{\Sigma u^2_i(y)}=$	0,1203 μm
				$\sqrt{\Sigma u^2_i(y)} \times 2=$	0,2407 μm

$U \approx 0,24 \mu\text{m}$ (k=2 ; %95 güven aralığı)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tezde, sanayide ve metroloji laboratuvarlarında sıklıkla kullanılan ve referans özellikleri olan Kameralı Ölçüm Cihazı, Universal Uzunluk Ölçüm Cihazı ve Ölçme Saati Test Cihazı için farklı ölçüm metotları kullanılagelen ölçüm metotları ile kıyaslanarak avantajlı ve dezavantajlı yönleri ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Yapılan karşılaştırma kalibrasyon ölçümleri sonucunda ;

1. Kameralı Ölçüm Cihazının kalibrasyonunda ;

- Referans olarak Lazer İnterferometreyi kullanmamız durumunda, Cam Cetvel metodunda ölçülemeyen z eksenini de ölçülmüş ve değerlendirilmiştir.
- Referans olarak Lazer interferometreyi kullanmamız durumunda, Cam Cetvel metoduna göre ölçüm belirsizliği değeri 2,62 μm değerinden 0,37 μm değerine düşürülmüştür.
- Referans olarak Lazer interferometreyi kullanmamız durumunda, Cam Cetvel metoduna göre daha düşük sapma değerleri yakalanmıştır.

2. Universal Uzunluk Ölçme Cihazının kalibrasyonunda ;

- Referans olarak Lazer İnterferometreyi kullanmamız durumunda, Paralel Blok Master metoduna göre daha fazla noktada ölçümler alınabilmiştir.
- Referans olarak Lazer interferometreyi kullanmamız durumunda, Paralel Blok Master metoduna göre ölçüm belirsizliği değeri 1,79 μm değerinden 0,37 μm değerine düşürülmüştür.
- Referans olarak Lazer interferometreyi kullanmamız durumunda, Paralel Blok Master metodunda ölçülemeyen 200 mm üstü kısım 300 mm'ye kadar taranmıştır.

3. Ölçme Saati Test Cihazı kalibrasyonunda ;

- Referans olarak Lazer İnterferometreyi kullanmamız durumunda, Ölçme Probu metoduna göre daha fazla noktada ölçümler alınabilmiştir. Ölçme Probu ile 30 mm'ye kadar ölçüm alınıyorken, Lazer İnterferometrede bu aralık 100 mm'ye çıkmıştır.

- Referans olarak Lazer interferometriyi kullanmamız durumunda, Ölçme Probu metoduna göre ölçüm belirsizliği değeri 1,18 μm değerinden 0,24 μm değerine düşürülmüştür.

- Referans olarak Lazer interferometriyi kullanmamız durumunda, çözünürlüğünün Ölçme Probuna göre düşük olmasından dolayı daha hassas ölçüm şansı ve dolayısı ile daha düşük belirsizlik değerleri elde edilmiştir.

Tüm bu ölçüm belirsizliklerine ait bulgular, aşağıda verilen çizelgede (Çizelge 3.7) toplu olarak sunulmaya çalışılmıştır.

Çizelge 4.1. Ölçüm belirsizlikleri karşılaştırma tablosu

Cihaz Adı	Standart Metot Ölçüm Belirsizliği	Standart Olmayan Metot Ölçüm Belirsizliği
Kameralı Ölçüm Cihazı	2,62 μm	0,37 μm
Universal Uzunluk Ölçme Cihazı	1,79 μm	0,37 μm
Ölçme Saati Test Cihazı	1,18 μm	0,24 μm

Kameralı ölçüm cihazı, Universal uzunluk ölçüm cihazı ve Ölçme saati test cihazlarına ait kalibrasyon ölçüm sonuçları ve sertifikaları ekler kısmında verilmiştir.

5. SONUÇ

Uluslararası ticarete rekabetin hızlandığı günümüz koşullarında, kaliteli ürün imal etmenin önemi bir kat daha artmıştır. Bu durumda, standardizasyon çalışmalarının önemini artırmıştır. Standardizasyon çalışmalarının alt kollarından olan, kalibrasyon ve ölçüm yöntemlerinde daha hassas ölçüm yapabilme kabiliyetinin, ülkemizi daha kaliteli ürün imaline sevk edeceği, dolayısı ile izlenebilirlik zinciri sayesinde imalattaki son ürünün de uluslararası ticaret rekabetinde ülkemizi bir adım öne geçireceği şüphesizdir. Bu nedenle kalibrasyon ölçüm belirsizliklerinin düşürülebilmesi ve daha hassas ölçümler yapabilmek büyük önem taşımaktadır.

Tüm bu bilgiler ışığında sonuç olarak, önceki kısımlarda yapılan hesaplamalardan da görüldüğü üzere, bu üç referans cihaz için (Kamerallı ölçüm cihazı , Universal uzunluk ölçüm cihazı , Ölçme saati test cihazı) kalibrasyon aşamasında referans olarak lazer interferometre kullanılması ile çok daha düşük belirsizlik değerleri elde edilebildiği, özellikle hassas ölçümler gerektiği ve düşük belirsizlik değerlerine ihtiyaç duyulduğu vakit devreye alınabileceği görülmüştür.

Referans olarak lazer interferometre kullanılması ile diğer metotlarla ölçülemeyen bölgelerinde (Kamerallı ölçüm cihazı, Universal uzunluk ölçüm cihazı ve Ölçme saati kalibratöründe) kalibrasyona dahil edilebildiği görüldü. Bunlarla birlikte referans olarak lazer interferometre cihazı kullanılması durumunda daha düşük sapma değerlerinin elde edildiği görüldü.

Ancak, referans olarak lazer interferometre kullanılması durumunda kalibrasyon süresinin bir miktar arttığı ve ışık ayarlamasından kaynaklı diğer metotlara (cam cetvel, paralel blok mastar ve ölçme probu) göre süre açısından daha dezavantajlı olduğu görüldü.

Bu bağlamda, hassas ölçümler, düşük sapma ve belirsizlik değerleri elde edilmesi gereken durumlarda referans lazer interferometre metodunun iyi bir alternatif olabileceği ancak kalibrasyon süresi yönünden dezavantajlı olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1967.** Presentation of Data and Limits of Accuracy of an Observed Average, ASTM STP-15-C.
- Anonim, 1995.** Ölçüm Belirsizliği, UME 95-014.
- Anonim, 1999.** Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration. EA-4/02 – European Co-Operation for Accreditation.
- VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 1.2 2003.** Inspection of measuring and test equipment - Instructions for the inspection of measuring and test equipment for geometrical quantities - Uncertainty of measurement
- Anonim. 2008.** Uluslararası Metroloji Sözlüğü – Temel ve Genel Kavramlar, İlgili Terimler, TÜBİTAK UME-JCGM-BIPM.
- Anonim, 2012.** The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement, M3003, UKAS – United Kingdom Accreditation Service.
- Anonim, 2019.** Guidance notes. The Features of Laser Head and Receiver.
https://www.artisanng.com/TestMeasurement/70823/Keysight_Agilent_5519A_5519B_Laser_Head_and_Receiver. (Erişim Tarihi: 02.01.2019)
- Anonim, 2019.** Guidance notes. The Features of Sprintmvp.
http://www.technicalavenue.com/Portals/0/datasheet/RAM/ram_sprintmvp%20200-300.pdf. (Erişim Tarihi: 02.01.2019)
- Altın, M. 2010.** Hassas Sıcaklık Ölçümünde Ölçüm Belirsizliği İçin Farklı Modellemeler ve Deneysel Karşılaştırmalar. *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Kline, S.J. and McClintock, 1953.** Describing Uncertainties in Single Sample Experiments, Mech. Eng. , 75. P.3.
- Murphy, R.B. 1961.** Quality of Observations, Material Research and Standards, p.357-264.

EKLER

EK 1 Kameralı ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası

EK 2 Universal uzunluk ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası

EK 3 Ölçme saati test cihazı kalibrasyon sertifikası



EK 1 Kameralı ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası



TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K

16U04418

12-16

Sayfa (Page) 2 / 8

Makine / Cihaz (Object)

Cihazın Adı : KAMERALI ÖLÇÜM CİHAZI
Marka : OGP
Model : SmartScope MVP 300
Seri no : TSE-067-MVQ3003747

Ölçüm Aralığı: 300*200*200 mm
Çözünürlük 0,0001 mm

Cihazın Laboratuvara Kabul Tarihi

Yerinde kalibre edilmiştir.

Prosedür (Procedures)

Kameralı Ölçüm Cihazının kalibrasyonu, LAB-K-BOY-TL- 041 "OPTİK PROFİL PROJeksiYON ve ÖLÇME MİKROSKOBU CİHAZI KALİBRASYON TALİMATI" ndan faydalanarak yapılmıştır. Kameralı ölçüm cihazı ; X , Y ve Z eksenleri mesafe ölçümleri, çap ölçümleri ve açı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen tüm ölçüm çeşitlerinde cihaz üzerindeki 2,5X ölçüm lensi kullanılmıştır. Ölçümler için belirlenen adımlar , kalibrasyon sonuçları kısımdaki tablolarda verilmiştir. X, Y ve Z eksenleri mesafe ölçümleri ile çap ölçümleri esnasında her bir ölçüm noktasında 5 adet ölçüm alınmış ve kalibrasyon sonuçları kısmında ortalamaları verilmiştir. Açı ölçümleri esnasında her bir ölçüm noktasında 3 adet ölçüm alınmış ve kalibrasyon sonuçları kısmında ortalamaları verilmiştir. İlgili standart/Direktif: VDI 2617

Ölçüm Şartları (Measurement Conditions)

Ölçüm yapmadan önce en az beş (5) saat laboratuvar şartlarında kondisyonlanması için bekletilmiştir.

Çevre Şartları (Environmental Conditions)

Ortam Sıcaklığı / Ambient temperature
Nem / Relative humidity

Bulunduğu ortamın şartları
Bulunduğu ortamın şartları

Ölçüm Sonuçları (Measurement Results)

Arka sayfada verilmiştir. / Given in the next page.

Ölçüm Belirsizliği

Referans Cam Cetvel ile Yapılan Ölçümler
Lazer İnterferometre ile
Açı Master Seti ile Yapılan Ölçümler

$$U = \pm (2 + 1 L) \mu m \quad L: m$$
$$U = \pm (0,08 + 1 L) \mu m \quad L: m$$
$$U = \pm (0,56)' \quad (\text{dakika açı})$$

Beyan edilen genişletilmiş ölçüm belirsizliği, standard belirsizliğin , k=2 olarak alınan genişletme katsayısı ile çarpımı sonucunda bulunan değerdir ve %95 oranında güvenilirlik sağlamaktadır.

The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by coverage factor k=2, which for a normal distribution corresponds to coverage probability of approximately 95 %.

Kalibrasyonda Kullanılan Teçhizat (Calibration Equipment)

Referans Cam Cetvel	TSE-056	TUBİTAK UME
Çubuk Master	TSE-031	TSE
Halka Master	TSE-060	BURSA TSE
Açı Master	TSE-016	TUBİTAK UME
Lazer İnterferometre	TSE-010	TUBİTAK UME

Gerektiğinde Yorum



16.R.510/Rev.01/30.07.2012

EK 1 Kameralı ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı



TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
16U04418
12-16

Sayfa (Page) 3 / 8

X Eksenli Ölçüm Sonuçları				
Nominal Değer	Ölçülen Değer			
Referans Cetvel (mm)	Kameralı Ölçüm Cihazı			
	Gidiş Değerleri (mm)	Dönüş Değerleri (mm)	Gidiş Sapma Değerleri (µm)	Dönüş Sapma Değerleri (µm)
0	0,00000	0,00000	0,00	0,00
10	10,00004	10,00001	0,04	0,01
20	20,00001	19,99998	0,01	-0,02
30	29,99997	29,99995	-0,03	-0,05
40	39,99992	39,99989	-0,08	-0,11
50	49,99987	49,99985	-0,13	-0,15
60	59,99981	59,99979	-0,19	-0,21
70	69,99976	69,99973	-0,24	-0,27
80	79,99971	79,99969	-0,29	-0,31
90	89,99965	89,99963	-0,35	-0,37
100	99,99957	99,99955	-0,43	-0,45
110	109,99954	109,99952	-0,46	-0,48
120	119,99951	119,99949	-0,49	-0,51
130	129,99949	129,99947	-0,51	-0,53
140	139,99947	139,99945	-0,53	-0,55
150	149,99943	149,99942	-0,57	-0,58
160	159,99941	159,99940	-0,59	-0,60
170	169,99939	169,99938	-0,61	-0,62
180	179,99936	179,99936	-0,63	-0,64
190	189,99935	189,99933	-0,65	-0,67
200	199,99932	199,99930	-0,68	-0,70
210	209,99929	209,99928	-0,71	-0,72
220	219,99927	219,99925	-0,73	-0,75
230	229,99924	229,99923	-0,76	-0,77
240	239,99921	239,99920	-0,79	-0,80
250	249,99919	249,99918	-0,81	-0,82
260	259,99917	259,99915	-0,83	-0,85
270	269,99916	269,99913	-0,84	-0,87
280	279,99914	279,99910	-0,86	-0,90
290	289,99911	289,99908	-0,89	-0,92
300	299,99903	289,99901	-0,97	-0,99

Tablo-1 : X Eksenli Referans Cam Cetvel İle Mesafe Ölçüm Sonuçları



16.R.510/Rev.01/30.07.2012

EK 1 Kameralı ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı



TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
16U04418
12-16

Sayfa (Page) 4 / 8

Nominal Değer Referans Cetvel (mm)	Y Eksenli Ölçüm Sonuçları			
	Ölçülen Değer			
	Kameralı Ölçüm Cihazı			
	Gidiş Değerleri	Dönüş Değerleri	Gidiş Sapma	Dönüş Sapma
0	0,00000	0,00000	0,00	0,00
10	10,00007	10,00005	0,07	0,05
20	20,00009	20,00003	0,09	0,03
30	29,99991	29,99989	-0,09	-0,11
40	39,99985	39,99982	-0,15	-0,18
50	49,99981	49,99979	-0,19	-0,21
60	59,99978	59,99977	-0,22	-0,23
70	69,99975	69,99973	-0,25	-0,27
80	79,99971	79,99968	-0,29	-0,32
90	89,99969	89,99966	-0,31	-0,34
100	99,99965	99,99963	-0,35	-0,37
110	109,99961	109,99959	-0,39	-0,41
120	119,99957	119,99953	-0,43	-0,47
130	129,99954	129,99952	-0,46	-0,48
140	139,99951	139,99949	-0,49	-0,51
150	149,99947	149,99945	-0,53	-0,55
160	159,99943	159,99941	-0,57	-0,59
170	169,99940	169,99937	-0,60	-0,63
180	179,99935	179,99927	-0,65	-0,73
190	189,99922	189,99915	-0,78	-0,85
200	199,99911	199,99907	-0,89	-0,93

Tablo-2 : Y Eksenli Referans Cam Cetvel İle Mesafe Ölçüm Sonuçları



16.R.510/Rev.01/30.07.2012

EK 1 Kameralı ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı

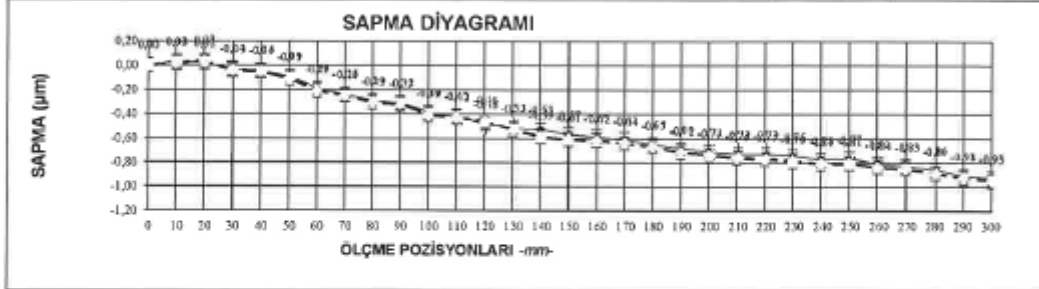


TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
16U04418
12-16

Sayfa (Page) 5 / 8

Şekil-1: X Ekseni Referans Lazer İnterferometre ile Mesafe Ölçümü Grafiği



Nominal Hedef (mm)	Gidiş Değerleri (µm)	Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş-Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş Tekrarlanabilirlik (µm)	Dönüş Tekrarlanabilirlik (µm)
0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03
10	0,03	0,02	0,01	0,03	0,05
20	0,02	0,03	-0,01	0,04	0,06
30	-0,03	-0,04	0,01	0,05	0,05
40	-0,04	-0,05	0,01	0,50	0,04
50	-0,09	-0,11	0,02	0,09	0,08
60	-0,19	-0,21	0,02	0,08	0,09
70	-0,24	-0,25	0,01	0,07	0,08
80	-0,29	-0,31	0,02	0,06	0,08
90	-0,31	-0,32	0,01	0,07	0,09
100	-0,39	-0,41	0,02	0,07	0,09
110	-0,42	-0,43	0,01	0,09	0,06
120	-0,48	-0,46	-0,02	0,08	0,07
130	-0,51	-0,53	0,02	0,06	0,08
140	-0,53	-0,59	0,06	0,07	0,06
150	-0,57	-0,61	0,04	0,08	0,07
160	-0,59	-0,62	0,03	0,09	0,08
170	-0,61	-0,64	0,03	0,09	0,07
180	-0,65	-0,67	0,02	0,08	0,09
190	-0,69	-0,72	0,03	0,07	0,06
200	-0,71	-0,74	0,03	0,08	0,08
210	-0,73	-0,76	0,03	0,09	0,08
220	-0,73	-0,77	0,04	0,09	0,09
230	-0,75	-0,79	0,04	0,07	0,09
240	-0,78	-0,81	0,03	0,08	0,07
250	-0,77	-0,81	0,04	0,08	0,07
260	-0,81	-0,84	0,03	0,09	0,08
270	-0,83	-0,85	0,02	0,09	0,09
280	-0,86	-0,89	0,03	0,09	0,09
290	-0,91	-0,93	0,02	0,09	0,08
300	-0,93	-0,95	0,02	0,08	0,09
Pozitif Yönde MAX Sapma		0,03			
Negatif Yönde MAX Sapma		-0,95			
Toplam MAX Sapama		0,98			

Tablo-3 : X Ekseni Referans Lazer İnterferometre ile Mesafe Ölçümü Tablosu



16.R.510/Rev.01/30.07.2012

EK 1 Kameralı ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı

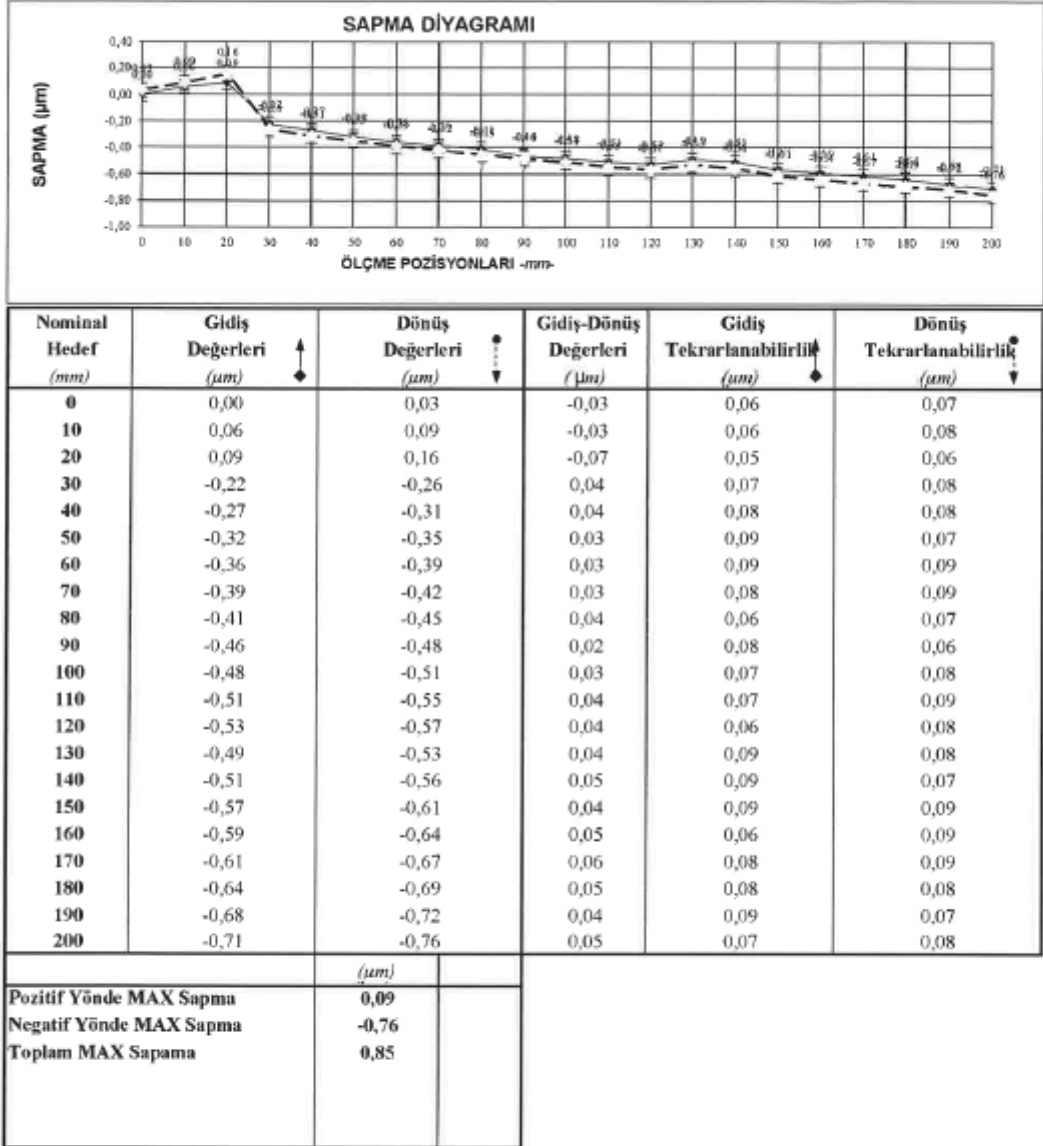


TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
16U04418
12-16

Sayfa (Page) 6 / 8

Şekil-2: Y Eksenli Referans Lazer İnterferometre ile Mesafe Ölçümü Grafiği



Tablo-4 : Y Eksenli Referans Lazer İnterferometre ile Mesafe Ölçümü Tablosu



16.R.510/Rev.01/30.07.2012

EK 1 Kameralı ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı



TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI

KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI

BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

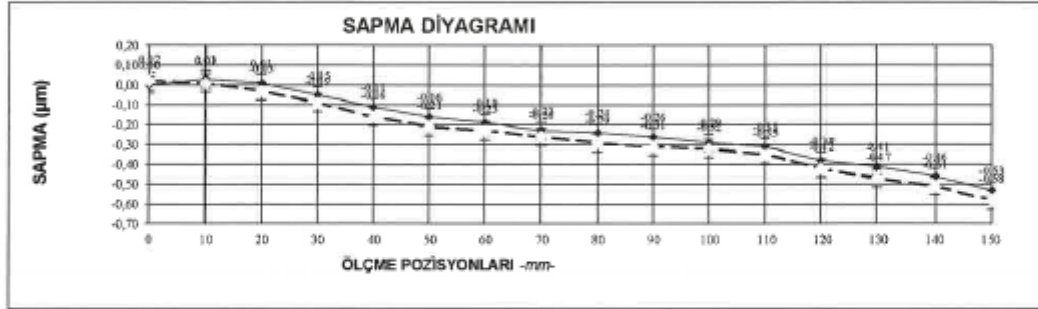
AB-0002-K

16U04418

12-16

Sayfa (Page) 7 / 8

Şekil-3: Z Eksenli Referans Lazer İnterferometre ile Mesafe Ölçümü Grafiği



Nominal Hedef (mm)	Gidiş Değerleri (µm)	Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş-Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş Tekrarlanabilirlik (µm)	Dönüş Tekrarlanabilirlik (µm)
0	0,00	0,02	-0,02	0,03	0,04
10	0,03	0,01	0,02	0,05	0,06
20	0,01	-0,03	0,04	0,05	0,07
30	-0,05	-0,09	0,04	0,08	0,08
40	-0,11	-0,16	0,05	0,08	0,06
50	-0,16	-0,21	0,05	0,07	0,06
60	-0,19	-0,23	0,04	0,09	0,08
70	-0,23	-0,26	0,03	0,09	0,09
80	-0,24	-0,29	0,05	0,09	0,09
90	-0,26	-0,31	0,05	0,08	0,07
100	-0,29	-0,32	0,03	0,07	0,08
110	-0,31	-0,35	0,04	0,09	0,09
120	-0,38	-0,42	0,04	0,06	0,09
130	-0,41	-0,47	0,06	0,08	0,08
140	-0,46	-0,51	0,05	0,09	0,09
150	-0,53	-0,58	0,05	0,09	0,09
		(µm)			
	Pozitif Yönde MAX Sapma	0,03			
	Negatif Yönde MAX Sapma	-0,58			
	Toplam MAX Sapma	0,61			

Tablo-5 : Z Eksenli Referans Lazer İnterferometre ile Mesafe Ölçümü Tablosu



16.R.510/Rev.01/30.07.2012

EK 1 Kameralı ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı



Sayfa (Page) 8 / 8

TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
16U04418
12-16

Çap Ölçüm Sonuçları	
Nominal Değer	Ölçülen Değer
Referans Master (mm)	Kameralı Ölçüm Cihazı (mm)
3,50019	3,49912
5,50024	5,49924
9,90039	9,89902

Tablo-6 : Çap Ölçümü Sonuçları

Açı Ölçüm Sonuçları	
Nominal Değer	Ölçülen Değer
Açı Master (derece)	Kameralı Ölçüm Cihazı (derece)
30	29,9997
60	59,9992
90	89,9992

Tablo-7 : Açı Ölçümü Sonuçları



16.R.510/Rev.01/30.07.2012

EK 2 Universal uzunluk ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası



TÜRKAK
TÜRK AKREDİTASYON KURUMU
TURKISH ACCREDITATION AGENCY
tarafından akredite edilmiş

TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ

DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
Bursa Kalibrasyon Müdürlüğü
Bursa Organize Sanayi Bölgesi Kırmızı Cd. No:6 BURSA

Kalibrasyon Sertifikası
Calibration Certificate



AB-0002-K
17U05337
03.17

Cihazın Sahibi/Adresi <i>Customer/Address</i>	TSE BURSA KALİB. LAB. MÜD. Organize San.Bölg.Kırmızı Cd.No:6 Niüfer/ BURSA
İstek Numarası <i>Order No.</i>	406/1
Makine/Cihaz <i>Instrument/Device</i>	Universal Ölçme Cihazı
İmalatçı <i>Manufacturer</i>	SİP
Tip <i>Type</i>	550 M
Seri Numarası <i>Serial Number</i>	TSE-028
Kalibrasyon Tarihi <i>Date of Calibration</i>	12.03.2017
Sertifikanın Sayfa Sayısı <i>Number of pages of the Certificate</i>	7

Kontrolü tarafından yapılmıştır.
16.03.2017
İsmail Fırat KILIÇ

Bu Kalibrasyon Sertifikası, Uluslararası Birimler Sisteminde (SI) tanımlanan birimleri realize eden ulusal ölçüm standartlarına izlenebilirliği belgeler.
This calibration certificate documents the traceability to national standards which realize the unit of measurement according to the International System of Units (SI).

Kalibrasyon sertifikalarının tamamen konusunda Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) ile Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) arasında kongresel anlaşma imzalanmıştır.
Turkish Accreditation Agency (TURKAK) is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for the Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation (ILAC) for the Mutual recognition of calibration certificates.

Bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri ve kalibrasyon metodları takip eden sayfalarda verilmiştir.
Measurement results, expanded measurement uncertainties and calibration methods which are the complementary parts of this certificate, are given in the following pages.



Tarih
Date
06.02.2018

Kalibrasyonu Yapan
Calibrated by

Recep ZENGİN
e-izmalı
e-signed

Laboratuvar Müdürü
Head of the Calibration Laboratory

Alp Kerem KÜLERİ
e-izmalı
e-signed

[p://kalibrasyon.tse.org.tr/sf/Kalibrasyon/UserControls/Pages/ImzaDogrulama.aspx?IstId=363583](http://kalibrasyon.tse.org.tr/sf/Kalibrasyon/UserControls/Pages/ImzaDogrulama.aspx?IstId=363583)

u sertifika, laboratuvarın yazılı izni olmaksızın kısmen veya tamamen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mühüresiz sertifikalar geçerlidir.

Its certificate shall not be reproduced partially or fully without the permission of the laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

ANKARA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ
100. Yıl Bulvarı Çayır Otlukları Cad. No: 1
06100 Beştepe/Ankara - TÜRKİYE

BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ
Organize Sanayi Bölgesi Kırmızı Cd. No: 6
16060 Bursa - TÜRKİYE

GEZİTİ KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ
Çayır Otlukları Bulvarı Çayır Otlukları
06100 Beştepe/Ankara - TÜRKİYE

EK 2 Universal uzunluk ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı



TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
17U05337
03-17

Sayfa (Page) 2 / 7

Makine / Cihaz (Object)

Cihazın Adı	: Ünlversal Ölçme Cihazı	Ölçüm Aralığı	0-300	mm
Marka	: SIP	Çözünürlük	0,00001	mm
Model	: 550M			
Seri no	: TSE-028			

Cihazın Laboratuvara Kabul Tarihi

Yerinde kalibre edilmiştir.

Prosedür (Procedures)

Ünlversal Ölçüm cihazı, LAB-K-BOY-TL- 065 no'lu "BİR BOYUTLU ÜNİVERSAL ÖLÇME CİHAZLARI KALİBRASYONU TALİMATI" uygulanarak yapılmıştır.

Ünlversal ölçme cihazının pozisyon hatalarının tespiti(skalasının lineerliği) lazer interferometresi ve mesafe ölçme optikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. (0-300 mm olan ölçme aralığı 25 mm aralıklar ile taranır. 3 gidiş yönünde (0-300) mm ve 3 dönüş yönünde (0-300) mm ölçümler alınarak cihazın lineerliği tespit edilir. Ölçüm sonuçlarının ortalaması 0-300 mm ölçme aralığı için kalibrasyon sonuçları kısmında verilir.

Ölçme skalasının başlangıç ,orta ve sona yakın mesafe değerlerinde seçilecek olan ölçme aralıkları 1mm'lik adımlar ile taranarak, 3 gidiş ve 3 dönüş yönünde alınan sonuçlarının ortalaması kalibrasyon sonuçları kısmında verilmiştir.

Ünlversal ölçme cihazının ölçüm aralığı seçilen belirli master blokları kullanılarak ölçüm alınmıştır. Ölçüm sırasında cihaz master bloğu ile set edildikten sonra ölçme işlemine geçilmiştir. Ölçüm sonucu her biri 5 ölçümden oluşan 3 set ölçümün ortalaması alınmıştır.

Ünlversal ölçme cihazının ölçme ağızlarının düzlemsellik değerleri optik cam yardımı ile tespit edilmiştir.

Ünlversal ölçüm cihazının ölçüm sırasında uyguladığı kuvvetler kuvvet ölçme cihazı ile çekme ve basma yönünde 5 adet ölçüm alınarak tespit edilmiştir. Ölçme kuvveti, bu 5 adet ölçümün ortalaması olarak kalibrasyon sonuçları kısmında verilmiştir.

Ölçüm Şartları (Measurement Conditions)

Ölçüm yapmadan önce en az beş (5) saat laboratuvar şartlarında kondisyonlanması için bekletilmiştir.

Çevre Şartları (Environmental Conditions)

Ortam Sıcaklığı / Ambient temperature	(20 ± 1) °C
Nem / Relative humidity	(50 ± 15) % RH

Ölçüm Sonuçları (Measurement Results)

Arka sayfada verilmiştir. / Given in the next page.

Ölçüm Belirsizliği (Measurement Uncertainty)

Lazer İnterferometre İle Ölçümler $U = \pm (0,2 + 0,8 L) \mu\text{m}$ $L= m$

K Sınıfı Paralel Blok Master İle Ölçümler $U = \pm (0,2 + 1,3 L) \mu\text{m}$ $L= m$

Beyan edilen genişletilmiş ölçüm belirsizliği, standard belirsizliğin , k=2 olarak alınan genişletme katsayısı ile çarpımı sonucunda bulunan değerdir ve %95 oranında güvenirlilik sağlamaktadır.

The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty multiplied by coverage factor k=2, which for a normal distribution corresponds to coverage probability of approximately 95 %.

Kalibrasyonda Kullanılan Teçhizat (Calibration Equipment)

	Seri No / Ident number	İzlenebilirlik / Traceability
Paralel Blok Master /gauge blocks	TSE-013	TSE BURSA
Paralel Blok Master /gauge blocks(UZUN)	TSE-078	TUBITAK UME
Sıcaklık ve Nem Kaydedici	TSE-071	TSE GEBZE
Lazer İnterferometre	TSE-010	TUBITAK UME
Optik Cam Seti	TSE-074	TUBITAK UME
Kuvvet Ölçer	TSE-083	TSE GEBZE

Gerektiğinde Yorum

LAB-K-FR-042/17.01.2017/01

EK 2 Universal uzunluk ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı



TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
17U05337
03-17

Sayfa (Page) 3 / 7

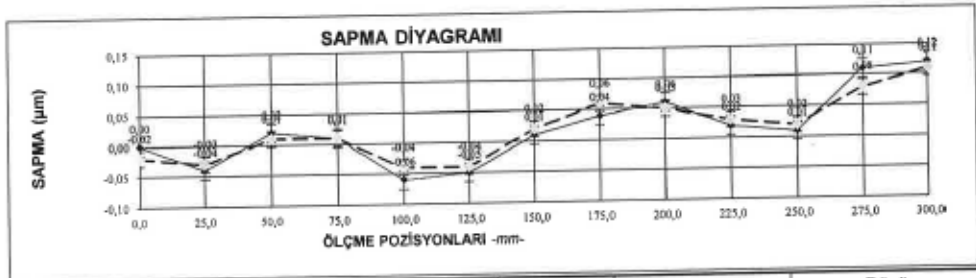
Fonksiyon Testleri : (Function test)

Ölçme Yüzeyleri : Uygun
Skala / Dijital Gösterge : Uygun
Ölçme Mili : Uygun
Ölçme İbresi : Uygun

Ölçüm Sonuçları (Measurement Results)

Kalibrasyon sonuçları aşağıdaki Tablo ve Grafiklerde verilmiştir. Nominal hedef değerleri için "mm", diğer değerler için " μm " dir.

(0-300) mm Gidiş - Dönüş



Nominal Hedef (mm)	Gidiş Değerleri (μm)	Dönüş Değerleri (μm)	Gidiş-Dönüş Değerler (μm)	Gidiş Tekrarlanabilirlik (μm)	Dönüş Tekrarlanabilirlik (μm)
0,0	0,00	-0,02	0,02	0,03	0,04
25,0	-0,04	-0,03	-0,01	0,03	0,05
50,0	0,02	0,01	0,01	0,04	0,03
75,0	0,01	0,01	0,00	0,05	0,04
100,0	-0,06	-0,04	-0,02	0,03	0,04
125,0	-0,05	-0,04	-0,01	0,04	0,05
150,0	0,01	0,02	-0,01	0,04	0,03
175,0	0,04	0,06	-0,02	0,03	0,04
200,0	0,06	0,05	0,01	0,04	0,05
225,0	0,02	0,03	-0,01	0,05	0,03
250,0	0,01	0,02	-0,01	0,04	0,03
275,0	0,11	0,08	0,03	0,03	0,04
300,0	0,12	0,11	0,01	0,03	0,04
		(μm)			
Pozitif Yönde MAX Sapma		0,12			
Negatif Yönde MAX Sapama		-0,06			
Toplam MAX Sapma		0,18			

Tablo-1 : Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Tablosu (Ölçme Aralığı : 0-300 mm)

LAB-K-FR-042/17.01.2017/01

EK 2 Universal uzunluk ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı

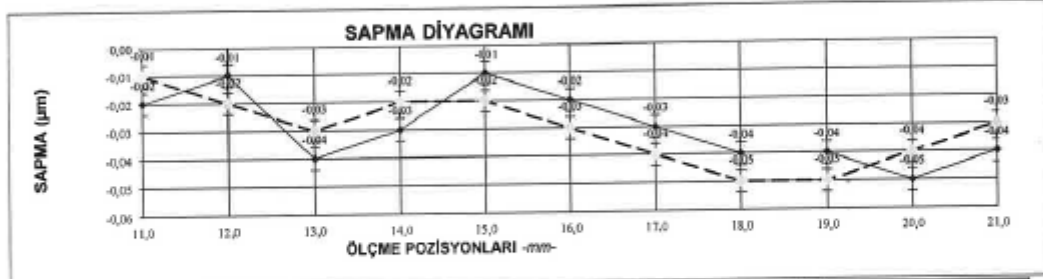


TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
17U05337
03-17

Sayfa (Page) 4 / 7

Şekil-2: Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Grafiği
(11-21) mm Gidiş - Dönüş



Nominal Hedef (mm)	Gidiş Değerleri (µm) ↑	Dönüş Değerleri (µm) ↓	Gidiş-Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş Tekrarlanabilirlik (µm) ↓	Dönüş Tekrarlanabilirlik (µm) ↓
11,0	-0,02	-0,01	-0,01	0,02	0,03
12,0	-0,01	-0,02	0,01	0,03	0,02
13,0	-0,04	-0,03	-0,01	0,03	0,02
14,0	-0,03	-0,02	-0,01	0,03	0,02
15,0	-0,01	-0,02	0,01	0,02	0,03
16,0	-0,02	-0,03	0,01	0,02	0,03
17,0	-0,03	-0,04	0,01	0,03	0,02
18,0	-0,04	-0,05	0,01	0,03	0,02
19,0	-0,04	-0,05	0,01	0,02	0,03
20,0	-0,05	-0,04	-0,01	0,02	0,03
21,0	-0,04	-0,03	-0,01	0,02	0,03
		(µm)			
Pozitif Yönde MAX Sapma		0,00			
Negatif Yönde MAX Sapma		-0,05			
Toplam MAX Sapama		0,05			

Tablo-2: Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Tablosu (Ölçme Aralığı: 11-21 mm)

LAB-K-FR-042/17.01.2017/01

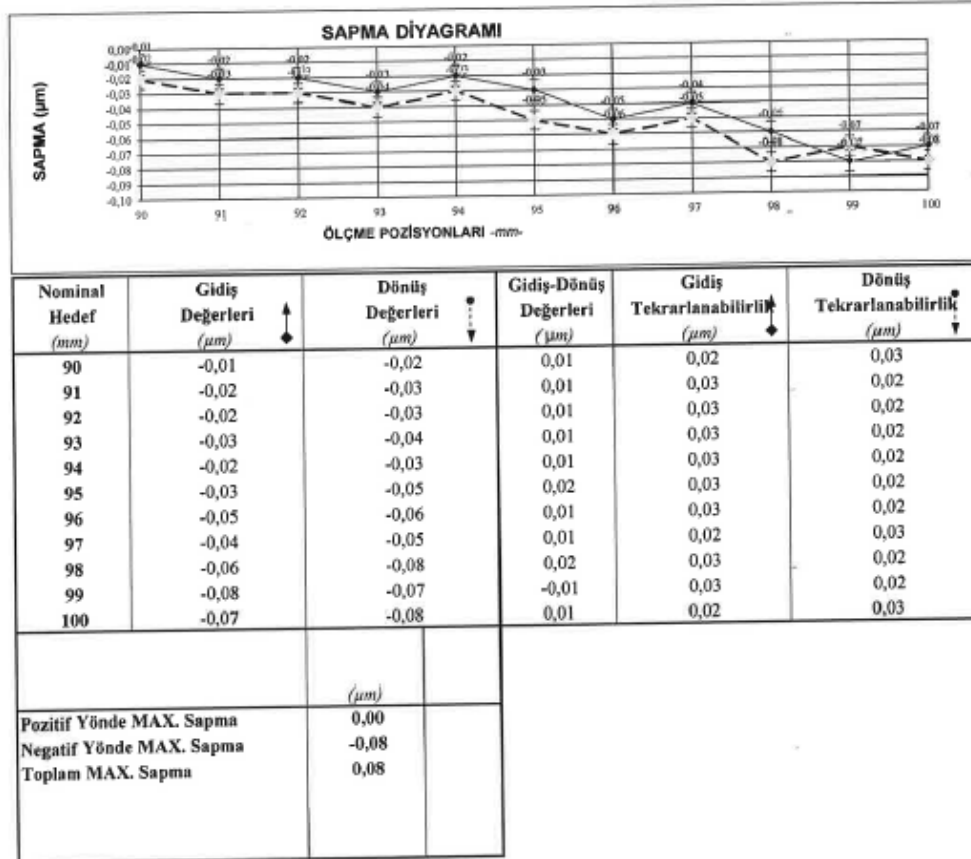


TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
17U05337
03-17

Sayfa (Page) 5 / 7

Şekil-3: Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Grafiği
(90-100) mm Gidiş - Dönüş



Tablo-3: Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Tablosu (Ölçme Aralığı : 90-100 mm)

EK 2 Universal uzunluk ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı



TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

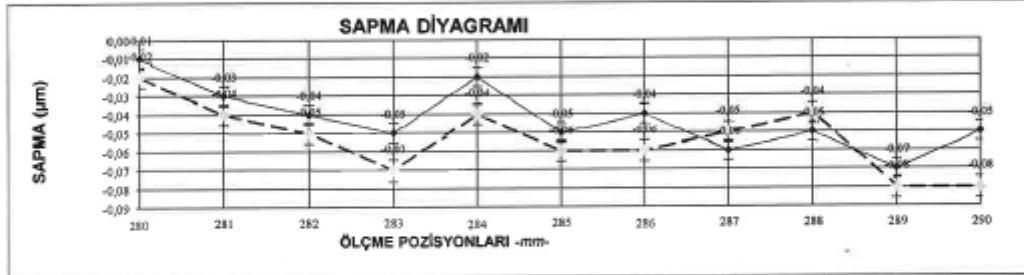
AB-0002-K

17U05337

03-17

Sayfa (Page) 6 / 7

Şekil-4: Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Grafiği
(280-290) mm Gidiş - Dönüş



Nominal Hedef (mm)	Gidiş Değerleri (µm)	Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş-Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş Tekrarlanabilirliği (µm)	Dönüş Tekrarlanabilirliği (µm)
280	-0,01	-0,02	0,01	0,03	0,04
281	-0,03	-0,04	0,01	0,04	0,03
282	-0,04	-0,05	0,01	0,03	0,04
283	-0,05	-0,07	0,02	0,03	0,02
284	-0,02	-0,04	0,02	0,04	0,03
285	-0,05	-0,06	0,01	0,04	0,03
286	-0,04	-0,06	0,02	0,03	0,04
287	-0,06	-0,05	-0,01	0,03	0,04
288	-0,05	-0,04	-0,01	0,04	0,03
289	-0,07	-0,08	0,01	0,04	0,03
290	-0,05	-0,08	0,03	0,03	0,04
		(µm)			
Pozitif Yönde MAX. Sapma		0,00			
Negatif Yönde MAX. Sapma		-0,08			
Toplam MAX. Sapma		0,08			

Tablo-4: Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Tablosu (Ölçme Aralığı : 280-290 mm)

LAB-K-FR-042/17.01.2017/01

EK 2 Universal uzunluk ölçüm cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı



TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
17U05337
03-17

Sayfa (Page) 7 / 7

Tablo-5: Mastar Blokları Ölçüm Sonuçları

Referans Olarak Kullanılan Mastar Blokları				Üniversal Ölçüm Cihazı Sonuçları	
Mastar Bloğu Seri No	Nominal Değer (mm)	Nominal Değerden Sapma (µm)	Mastar Gerçek Değeri (mm)	Ölçülen Değer (mm)	Sapma Değeri (µm)
11099	200	0,046	200,000046	200,00002	-0,03
110617	100	-0,160	99,999940	99,99987	-0,07
110617	50	-0,140	49,999960	49,99991	-0,05
110630	21	-0,120	20,999980	20,99991	-0,07
110617	11	0,070	11,000070	11,00001	-0,06

Tablo-6: Ölçme Yüzeylerinin Düzlemsellik ve Paralellik Ölçüm Sonuçları

Cihaz üzerinde sabit ölçüm uçları

Düzlemsellik	Hareketli Cene	Sabit Cene
	0,25	0,25

Paralellik	0,25 µm
------------	---------

Tablo-7: Kuvvet Ölçüm Sonuçları

Dış Çap Ölçümleri İçin Ölçülen Kuvvet Değerleri (N)					
Nominal Değerler	0,20	0,30	0,50	1,00	3,00
Ölçülen Değerler	0,19	0,29	0,51	1,02	3,02

İç Çap Ölçümleri İçin Ölçülen Kuvvet Değerleri (N)					
Nominal Değerler	0,20	0,30	0,50	1,00	3,00
Ölçülen Değerler	0,21	0,30	0,50	1,00	3,01

LAB-K-FR-042/17.01.2017/01

EK 3 Ölçme saati test cihazı kalibrasyon sertifikası

	TÜRKAK TÜRK AKREDİTASYON KURUMU TURKISH ACCREDITATION AGENCY tarafından akredite edilmiş TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ	
	DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI Bursa Kalibrasyon Müdürlüğü Bursa Organize Sanayi Bölgesi Kırmızı Cd. No:6 BURSA	AB-0002-K 17U05410 03.17
	Kalibrasyon Sertifikası <i>Calibration Certificate</i>	

Cihazın Sahibi/Adresi <i>Customer/Address</i>	TSE BURSA KALİB. LAB. MÜD. Organize San. Bölğ. Kırmızı Cd.No:6 Nilüfer/ BURSA
İstek Numarası <i>Order No.</i>	406/8
Makine/Cihaz <i>Instrument/Device</i>	Ölçme Saati Kalibratörü
İmalatçı <i>Manufacturer</i>	Mitutoyo
Tip <i>Type</i>	170/311D
Seri Numarası <i>Serial Number</i>	TSE-077
Kalibrasyon Tarihi <i>Date of Calibration</i>	04.03.2017
Sertifikanın Sayfa Sayısı <i>Number of pages of the Certificate</i>	7

Kontrolü tarafından yapılmıştır.
İsmail Fırat KILIÇ
09.03.2017

Bu Kalibrasyon Sertifikası, Uluslararası Birimler Sisteminde (SI) tanımlanmış birimleri realize eden ulusal ölçüm standartlarına mensup olduğu bildirir.
This calibration certificate documents the traceability to national standards which realize the unit of measurement according to the International System of Units (SI).

Kalibrasyon sertifikalarının tanınması konusunda Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) ile Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) arasında karşılıklı tanınma anlaşmaları imzalanmıştır.
Turkish Accreditation Agency (TÜRKAK) is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for the Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation (ILAC) for the Mutual recognition of calibration certificates.

Bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri ve kalibrasyon metodları tekdüze diğer sayfalarda verilmiştir.
Measurement results, expanded measurement uncertainties and calibration methods which are the complementary parts of this certificate, are given in the following pages.

	Tarih <i>Date</i>	Kalibrasyonu Yapan <i>Calibrated by</i>	Laboratuvar Müdürü <i>Head of the Calibration Laboratory</i>
	01.02.2018	Recep ZENGİN 	Alp Kerem KÜLERİ 

<http://kalibrasyon.tse.org.tr/sf/Kalibrasyon/UserControls/Pages/ImzaDogrulama.aspx?IsId=364303>

Bu sertifika, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen veya tamamen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mühürsüz sertifikalar geçersizdir.
This certificate shall not be reproduced partially or fully without the permission of the laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

ANKARA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ
Ulusal Ölçüm Enstitüsü, Ankara
Etiler Sok. No: 1, Ankara, Türkiye
Tic. Sic. No: 272100

BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ
Ulusal Ölçüm Enstitüsü, Bursa
Etiler Sok. No: 1, Bursa, Türkiye
Tic. Sic. No: 272100

GEZİTE KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ
Ulusal Ölçüm Enstitüsü, Gaziantep
Etiler Sok. No: 1, Gaziantep, Türkiye
Tic. Sic. No: 272100

EK 3 Ölçme saati test cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı



TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
17U05410
03-17

Sayfa (Page) 2 / 8

Makine / Cihaz (Object)

Cihazın Adı	: Ölçü Saati Kalibratörü	Ölçüm Aralığı	0-100	mm
Marka	: MİTUTOYO	Çözünürlük	0,00002	mm
Model	: I-Checker			
Seri no	: TSE-077			

Cihazın Laboratuvara Kabul Tarihi

LAB'da.

Prosedür (Procedures)

Ölçü Saati Kalibratörü cihazı, LAB-K-BOY-TL-049 no'lu "ÖLÇÜ SAATİ TEST CİHAZI KALİBRASYON VE BELİRSİZLİK TALİMATI" uygulanarak yapılmıştır.

Ölçü Saati Kalibratörü cihazının pozisyon hatalarının tespiti (skalasının lineerliği) lazer interferometresi ve mesafe ölçme optikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. (0-100) mm olan ölçme aralığı 1 mm aralıklar ile taranır. 3 gidiş yönünde (0-100) mm ve 3 dönüş yönünde (0-100) mm ölçümler alınarak cihazın lineerliği tespit edilir. Ölçüm sonuçlarının ortalaması (0-100) mm ölçme aralığı için kalibrasyon sonuçları kısmında verilir.

Ölçme skalasının başlangıç, orta ve sona yakın mesafe değerlerinde seçilecek olan ölçme aralıkları 0,1 mm'lik adımlar ile taranarak, 3 gidiş ve 3 dönüş yönünde alınan sonuçlarının ortalaması kalibrasyon sonuçları kısmında verilmiştir.

Ölçü Saati Kalibratörü cihazının ölçme ağızlarının düzlemsellik değerleri optik cam yardımı ile tespit edilmiştir.

Üniversal ölçüm cihazının ölçüm sırasında uyguladığı kuvvetler kuvvet ölçme cihazı ile çekme ve basma yönünde 5 adet ölçüm alınarak tespit edilmiştir. Ölçme kuvveti, bu 5 adet ölçümün ortalaması olarak kalibrasyon sonuçları kısmında verilmiştir.

Ölçüm Şartları (Measurement Conditions)

Ölçüm yapmadan önce en az beş (5) saat laboratuvar şartlarında kondisyonlanması için bekletilmiştir.

Çevre Şartları (Environmental Conditions)

Ortam Sıcaklığı / Ambient temperature	(20 ± 1) °C
Nem / Relative humidity	(50 ± 15) % RH

Ölçüm Sonuçları (Measurement Results)

Arka sayfada verilmiştir. / Given in the next page.

Ölçüm Belirsizliği (Measurement Uncertainty)

Lazer Interferometre ile Ölçümler $U = \pm (0,2 + 1 L) \mu m$ $L = m$

Beyan edilen genişletilmiş ölçüm belirsizliği, standard belirsizliğin, k=2 olarak alınan genişletme katsayısı ile çarpımı sonucunda bulunan değerdir ve %95 oranında güvenilirlik sağlamaktadır.

The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by coverage factor k=2, which for a normal distribution corresponds to coverage probability of approximately 95 %.

Kalibrasyonda Kullanılan Teçhizat (Calibration Equipment)

	Seri No / Ident number	İzlenebilirlik / Traceability
Sıcaklık ve Nem Kaydedici	TSE-071	TSE GEBZE
Lazer Interferometre	TSE-010	TUBİTAK ÜME
Optik Cam Seti	TSE-074	TUBİTAK ÜME
Kuvvet Ölçer	TSE-083	TSE GEBZE

Gerektiğinde Yorum

LAB-K-FR-042/17.01.2017/01

EK 3 Ölçme saati test cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı



TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
17U05410
03-17

Sayfa (Page) 3 / 8

Fonksiyon Testleri : (Function test)

Ölçme Yüzeyleri : Uygun
Skala / Dijital Gösterge : Uygun
Ölçme Mili : Uygun
Ölçme İbresi : Uygun

Ölçüm Sonuçları (Measurement Results)

Kalibrasyon sonuçları aşağıdaki Tablo ve Grafiklerde verilmiştir. Nominal hedef değerleri için "mm", diğer değerler için "µm" dir.

Düzlemsellik Ölçümü	
Hareketli Çene	0,2µm

Tablo-1 : Düzlemsellik Ölçümü Sonuçları

Dış Çap Ölçümleri İçin Ölçülen Kuvvet Değerleri (N)					
Nominal Değerler			0,50		
Ölçülen Değerler			0,51		

İç Çap Ölçümleri İçin Ölçülen Kuvvet Değerleri (N)					
Nominal Değerler			0,50		
Ölçülen Değerler			0,49		

Tablo-2: Kuvvet Ölçüm Sonuçları

LAB-K-FR-042/17_01.2017/01

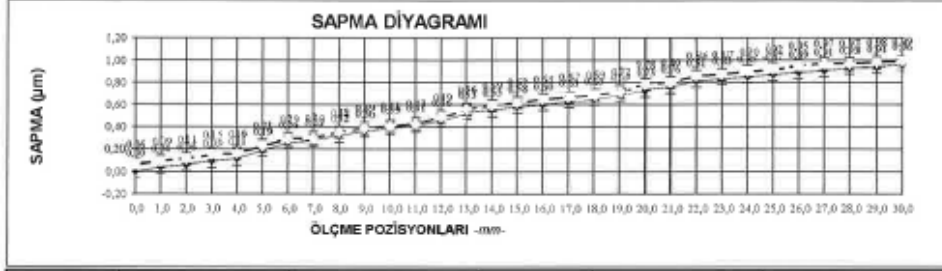
EK 3 Ölçme saati test cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı



TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
17U05410
03-17

Şekil-1: Lazer İnterferometre ile Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Grafiği



Nominal Hedef (mm)	Gidiş Değerleri (µm)	Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş-Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş Tekrarlanabilirlik (µm)	Dönüş Tekrarlanabilirlik (µm)
0,0	0,00	0,06	-0,06	0,12	0,21
1,0	0,04	0,09	-0,05	0,16	0,24
2,0	0,06	0,11	-0,05	0,21	0,26
3,0	0,09	0,15	-0,06	0,23	0,25
4,0	0,11	0,16	-0,05	0,26	0,32
5,0	0,19	0,23	-0,04	0,25	0,36
6,0	0,26	0,29	-0,03	0,35	0,34
7,0	0,28	0,30	-0,02	0,39	0,29
8,0	0,32	0,35	-0,03	0,42	0,33
9,0	0,36	0,39	-0,03	0,39	0,38
10,0	0,39	0,41	-0,02	0,49	0,34
11,0	0,41	0,43	-0,02	0,46	0,41
12,0	0,46	0,49	-0,03	0,53	0,43
13,0	0,53	0,56	-0,03	0,51	0,48
14,0	0,55	0,59	-0,04	0,49	0,46
15,0	0,58	0,62	-0,04	0,56	0,42
16,0	0,60	0,65	-0,05	0,54	0,47
17,0	0,63	0,67	-0,04	0,58	0,56
18,0	0,65	0,69	-0,04	0,55	0,52
19,0	0,69	0,72	-0,03	0,62	0,56
20,0	0,73	0,78	-0,05	0,59	0,55
21,0	0,76	0,80	-0,04	0,65	0,52
22,0	0,81	0,86	-0,05	0,62	0,59
23,0	0,83	0,87	-0,04	0,58	0,63
24,0	0,85	0,90	-0,05	0,66	0,60
25,0	0,87	0,92	-0,05	0,64	0,62
26,0	0,89	0,95	-0,06	0,68	0,54
27,0	0,91	0,97	-0,06	0,62	0,57
28,0	0,93	0,97	-0,04	0,58	0,61
29,0	0,94	0,98	-0,04	0,64	0,63
30,0	0,96	0,99	-0,03	0,66	0,59
		(µm)			
	Pozitif Yönde MAX Sapma	0,99			
	Negatif Yönde MAX Sapma	0,00			
	Toplam MAX Sapma (fges)	0,99			
	Tekrarlanabilirlik f_{rr}	0,66			

Tablo-3 : Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Tablosu (Ölçme Aralığı : 0-30 mm)

LAB-K-FR-042/17.01.2017/01

EK 3 Ölçme saati test cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı

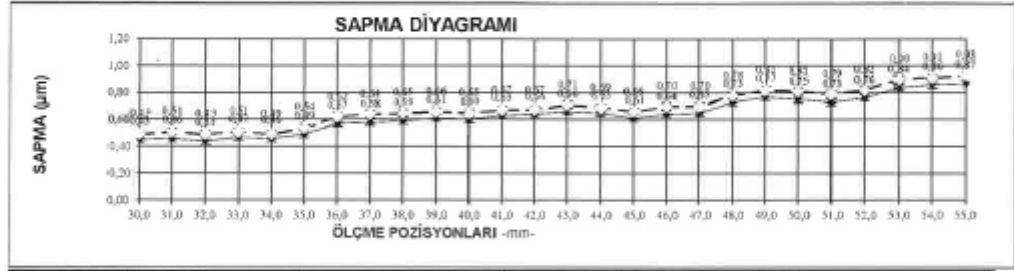


TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
17U05410
03-17

Sayfa (Page) 5 / 8

Şekil-2: Lazer İnterferometre ile Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Grafiği
(30-55) mm Gidiş - Dönüş



Nominal Hedef (mm)	Gidiş Değerleri (µm)	Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş-Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş Tekrarlanabilirlik (µm)	Dönüş Tekrarlanabilirlik (µm)
30,0	0,45	0,49	-0,04	0,25	0,36
31,0	0,46	0,51	-0,05	0,29	0,34
32,0	0,44	0,49	-0,05	0,32	0,29
33,0	0,47	0,51	-0,04	0,30	0,33
34,0	0,46	0,49	-0,03	0,34	0,38
35,0	0,49	0,54	-0,05	0,36	0,34
36,0	0,57	0,62	-0,05	0,33	0,36
37,0	0,58	0,64	-0,06	0,32	0,35
38,0	0,59	0,65	-0,06	0,35	0,39
39,0	0,61	0,66	-0,05	0,37	0,39
40,0	0,60	0,65	-0,05	0,35	0,38
41,0	0,63	0,67	-0,04	0,39	0,41
42,0	0,64	0,67	-0,03	0,39	0,41
43,0	0,66	0,71	-0,05	0,41	0,43
44,0	0,65	0,69	-0,04	0,40	0,45
45,0	0,61	0,66	-0,05	0,43	0,40
46,0	0,64	0,70	-0,06	0,41	0,46
47,0	0,65	0,70	-0,05	0,45	0,47
48,0	0,73	0,78	-0,05	0,48	0,42
49,0	0,77	0,82	-0,05	0,46	0,46
50,0	0,75	0,81	-0,06	0,44	0,51
51,0	0,73	0,79	-0,06	0,48	0,52
52,0	0,76	0,82	-0,06	0,51	0,50
53,0	0,84	0,90	-0,06	0,55	0,53
54,0	0,86	0,91	-0,05	0,53	0,49
55,0	0,87	0,93	-0,06	0,56	0,53
		(µm)			
	Pozitif Yönde MAX Sapma	0,93			
	Negatif Yönde MAX Sapma	0,00			
	Toplam MAX Sapma (İges)	0,93			

Tablo-4: Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Tablosu (Ölçme Aralığı: 30-55 mm)

LAB-K-FR-042/17.01.2017/01

EK 3 Ölçme saati test cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı



TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

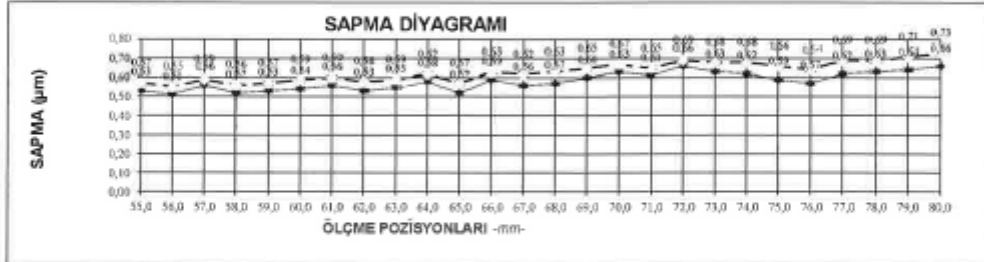
AB-0002-K

17U05410

03-17

Sayfa (Page) 6 / 8

Şekil-3: Lazer İnterferometre ile Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Grafiği
(55-80) mm Gidiş - Dönüş



Nominal Hedef (mm)	Gidiş Değerleri (µm)	Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş-Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş Tekrarlanabilirlik (µm)	Dönüş Tekrarlanabilirlik (µm)
55,0	0,53	0,57	-0,04	0,32	0,29
56,0	0,51	0,55	-0,04	0,30	0,33
57,0	0,56	0,59	-0,03	0,34	0,38
58,0	0,52	0,56	-0,04	0,36	0,34
59,0	0,53	0,57	-0,04	0,33	0,36
60,0	0,54	0,59	-0,05	0,32	0,35
61,0	0,56	0,60	-0,04	0,35	0,39
62,0	0,53	0,58	-0,05	0,37	0,39
63,0	0,55	0,59	-0,04	0,35	0,38
64,0	0,58	0,62	-0,04	0,39	0,41
65,0	0,52	0,57	-0,05	0,39	0,41
66,0	0,59	0,63	-0,04	0,41	0,43
67,0	0,56	0,62	-0,06	0,40	0,45
68,0	0,57	0,63	-0,06	0,43	0,40
69,0	0,60	0,65	-0,05	0,41	0,46
70,0	0,63	0,67	-0,04	0,45	0,47
71,0	0,61	0,65	-0,04	0,48	0,42
72,0	0,66	0,69	-0,03	0,46	0,46
73,0	0,63	0,68	-0,05	0,44	0,51
74,0	0,62	0,68	-0,06	0,48	0,52
75,0	0,59	0,66	-0,07	0,51	0,50
76,0	0,57	0,64	-0,07	0,59	0,55
77,0	0,62	0,69	-0,07	0,65	0,52
78,0	0,63	0,69	-0,06	0,62	0,59
79,0	0,64	0,71	-0,07	0,58	0,63
80,0	0,66	0,73	-0,07	0,66	0,60
		(µm)			
	Pozitif Yönde MAX. Sapma	0,73			
	Negatif Yönde MAX. Sapma	0,00			
	Toplam MAX. Sapma (fges)	0,73			

Tablo-5: Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Tablosu (Ölçme Aralığı : 55-80 mm)

LAB-K-FR-042/17.01.2017/01

EK 3 Ölçme saati test cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı

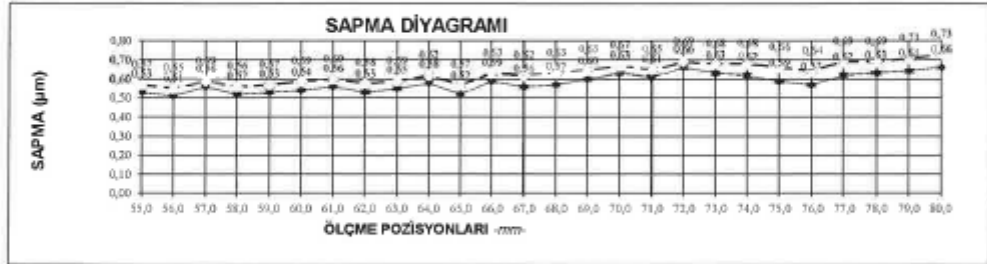


TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI
KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

AB-0002-K
17U05410
03-17

Sayfa (Page) 7 / 8

Şekil-4: Lazer İnterferometre ile Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Grafiği
(80-100) mm Gidiş - Dönüş



Nominal Hedef (mm)	Gidiş Değerleri (µm)	Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş-Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş Tekrarlanabilirlik (µm)	Dönüş Tekrarlanabilirlik (µm)
80,0	0,69	0,67	0,02	0,32	0,29
81,0	0,71	0,66	0,05	0,30	0,33
82,0	0,76	0,67	0,09	0,34	0,38
83,0	0,72	0,68	0,04	0,36	0,34
84,0	0,73	0,70	0,03	0,33	0,36
85,0	0,74	0,71	0,03	0,32	0,35
86,0	0,76	0,73	0,03	0,35	0,39
87,0	0,83	0,81	0,02	0,37	0,39
88,0	0,85	0,82	0,03	0,35	0,38
89,0	0,88	0,84	0,04	0,39	0,41
90,0	0,82	0,79	0,03	0,39	0,41
91,0	0,89	0,86	0,03	0,41	0,43
92,0	0,86	0,82	0,04	0,40	0,45
93,0	0,87	0,84	0,03	0,43	0,40
94,0	0,86	0,85	0,01	0,41	0,46
95,0	0,93	0,89	0,04	0,45	0,47
96,0	0,91	0,87	0,04	0,48	0,42
97,0	0,92	0,91	0,01	0,46	0,46
98,0	0,93	0,89	0,04	0,44	0,51
99,0	0,94	0,91	0,03	0,48	0,52
100,0	0,96	0,93	0,03	0,51	0,50
		(µm)			
	Pozitif Yönde MAX. Sapma	0,96			
	Negatif Yönde MAX. Sapma	0,00			
	Toplam MAX. Sapma (fges)	0,96			

Tablo-6: Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Tablosu (Ölçme Aralığı : 80-100 mm)

LAB-K-FR-042/17.01.2017/01

EK 3 Ölçme saati test cihazı kalibrasyon sertifikası Devamı



TSE DENEY VE KALİBRASYON MERKEZ BAŞKANLIĞI

KALİBRASYON GRUP BAŞKANLIĞI

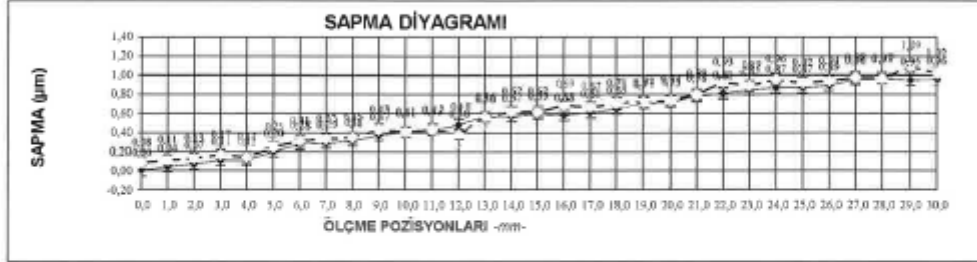
BURSA KALİBRASYON MÜDÜRLÜĞÜ

Şekil-5: Referans Ölçme Probu ile Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Grafiği

AB-0002-K

17U05410

03-17



Nominal Hedef (mm)	Gidiş Değerleri (µm)	Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş-Dönüş Değerleri (µm)	Gidiş Tekrarlanabilirlik (µm)	Dönüş Tekrarlanabilirlik (µm)
0,0	0,00	0,08	-0,08	0,04	0,02
1,0	0,04	0,11	-0,07	0,08	0,06
2,0	0,07	0,13	-0,06	0,11	0,09
3,0	0,11	0,17	-0,06	0,09	0,07
4,0	0,11	0,14	-0,03	0,12	0,09
5,0	0,20	0,25	-0,05	0,14	0,11
6,0	0,28	0,31	-0,03	0,17	0,14
7,0	0,29	0,33	-0,04	0,21	0,18
8,0	0,31	0,35	-0,04	0,19	0,17
9,0	0,37	0,43	-0,06	0,23	0,19
10,0	0,41	0,41	0,00	0,25	0,22
11,0	0,43	0,43	0,00	0,26	0,23
12,0	0,48	0,38	0,10	0,29	0,25
13,0	0,56	0,56	0,00	0,33	0,28
14,0	0,57	0,62	-0,05	0,31	0,29
15,0	0,59	0,62	-0,03	0,35	0,32
16,0	0,58	0,69	-0,11	0,37	0,35
17,0	0,61	0,67	-0,06	0,39	0,36
18,0	0,65	0,71	-0,06	0,41	0,39
19,0	0,71	0,72	-0,01	0,43	0,38
20,0	0,73	0,74	-0,01	0,42	0,41
21,0	0,78	0,80	-0,02	0,45	0,42
22,0	0,81	0,93	-0,12	0,44	0,41
23,0	0,85	0,89	-0,04	0,48	0,45
24,0	0,87	0,96	-0,09	0,49	0,47
25,0	0,87	0,92	-0,05	0,52	0,48
26,0	0,89	0,94	-0,05	0,56	0,52
27,0	0,96	0,98	-0,02	0,58	0,55
28,0	0,97	0,97	0,00	0,53	0,52
29,0	0,95	1,09	-0,14	0,55	0,53
30,0	0,96	1,02	-0,06	0,57	0,55
		(µm)			
	Pozitif Yönde MAX Sapma	1,09			
	Negatif Yönde MAX Sapama	0,00			
	Toplam MAX Sapma (fges)	1,09			
	Tekrarlanabilirlik f_v	0,58			

Tablo-7 : Pozisyon Hatalarının Ölçüm Sonuçları Tablosu (Ölçme Aralığı : 0-30 mm)

LAB-K-FR-042/17.01.2017/01

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İsmail Fırat KILIÇ
Doğum Yeri ve Tarihi : ERZURUM / 27.08.1983
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise : Bursa Erkek Lisesi
Lisans : ESOGÜ M.M.F. Makine Müh. Bölümü
Yüksek Lisans : Uludağ Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : TSE Bursa Kalibrasyon Müd/2011-Devam
İletişim (e-posta) : ifkiliç@tse.org.tr
Yayımları* :