



BÖLÜM 6

BOYUTSAL KALİBRASYON

ANAHTAR KELİMELELER

- KALİBRASYON - Karşılaştırma
- METROLOJİ - Ölçüm Bilimi
- İZLENEBİLİRLİK - Kesilmeyen Karşılaştırmalar Zinciri
- BELİRSİZLİK - Ölçümde Hata
- AKREDİTASYON - Üçüncü Şahıs Kontrol
- KALİBRASYON ARALIĞI - Ekipman Güvenilir Kalıyor

METROLOJİ

Metrolojinin, Üç Ana Görevi vardır:

- Uluslararası kabul görmüş ölçü birimlerinin tanımlanması
 - Ölçü birimlerinin bilimsel yöntemle gerçekleştirilmesi
 - Bir ölçümün doğruluğunu, belgelenerek, izlenebilirlik zincirinin kurulması
-
- “Bilimsel araştırmada metroloji esastır”

Kalibrasyon nedir?



Kalibrasyon, bir ölçüm ekipmanı göstergesinin, 'doğru' kabul edilmiş değerden sapmasının belirlenerek dokümente edilmesidir.

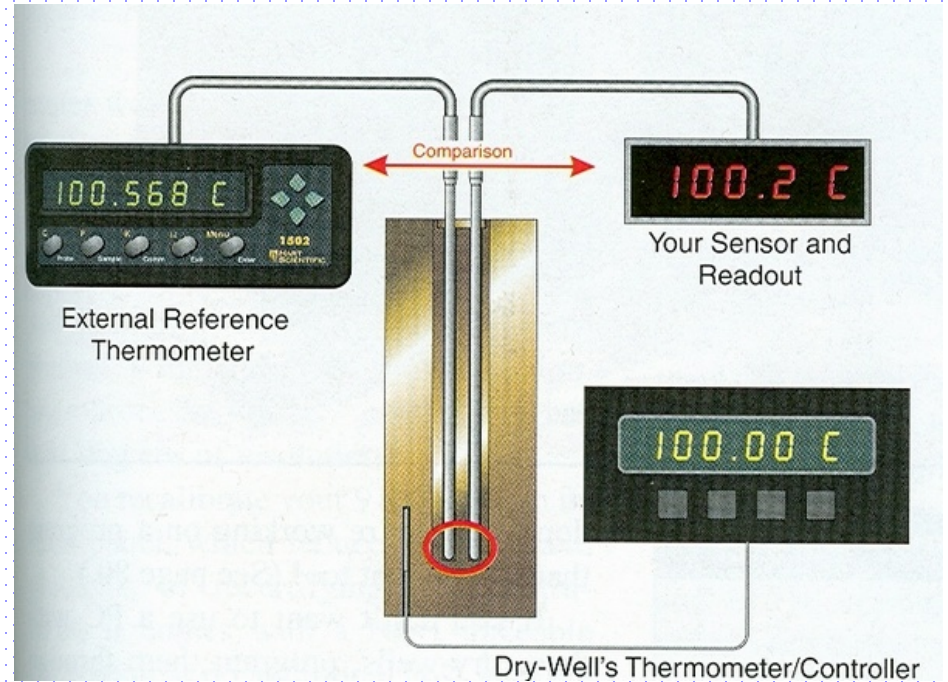
Kalibrasyon, bilinmeyen bir ölçüm cihazının belirtilen koşullar altında eşit veya daha iyi olarak bilinen bir standartla karşılaştırılmasına denir.

Doğruluğu bilinen bir standart/ölçü sistemi kullanılarak diğer bir standart, test/ölçü aleti veya sistemin doğruluğunun ölçülmesi, sapmaların belirlenmesi, mümkün ise ayarlanması veya raporlanmasıdır.

Alet kalibrasyonu, alet doğruluğunu korumak için kullanılan birincil işlemlerden biridir. Kalibrasyon, bir cihazın kabul edilebilir bir aralıkta bir sonuç vermesini sağlamak için bir enstrüman yapılandırma işlemidir. Hatalı ölçümlere neden olan faktörleri ortadan kaldırmak veya en aza indirmek, enstrümantasyon tasarımının temel bir yönüdür.

«Belirli koşullar altında, ilk adımda, ölçüm standartları tarafından sağlanan ölçüm belirsizlikleri ile birlikte ölçüm değerleri ile ilgili ölçüm belirsizlikleri ile birlikte ilgili ölçüm değerleri arasında bir ilişki kuran ve ikinci adımda, bu bilgiyi bir göstergeden bir ölçüm sonucu elde etmek üzere bir ilişki kurmak için kullanan operasyona kalibrasyon denir.»

(JCGM 200:2012 – International Vocabulary of Metrology)



Kalibrasyon

- ✓ Cihazın kalibrasyonu **doğruluğunu** bulmak için yapılır. Bir ölçüm cihazında, özellikle de yeni bir cihazı kullanmadan önce, cihazın doğruluğunu, kesinliğini veya belirsizliğini bulmak için kalibre edilmesi gerekir.
- ✓ Bu aşağıdakilerle cihazın performansı karşılaştırarak yapılabilir

- (a) Birincil standart enstrümanı,
- (b) yüksek doğruluğa sahip ikincil standart enstrümanı ve
- (c) bilinen bir giriş inputu.

“Güvenilir test sonuçları elde etmek için laboratuvar ekipmanlarının belirli peryotlarla kalibrasyonu önemlidir”

Hatalar

Ölçüm sisteminde ölçüm hataları çeşitli kaynaklardan gelebilir. Bunlar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

1. **Büyük hatalar:** bu hatalar enstrüman okuma ve ölçüm sonucunu kaydetme yada hesaplama yapılan insan hatalarından meydana gelir.
2. **Sistemik hatalar:** sistemik hatalar denemenin tekrarı ile tutarlı bir şekilde değiştirilir ve doğrusallık olmadığı bilinen duyarlılık kayması gibi bir etkiden kaynaklanır.
 - i) Enstrümantal hatalar
 - ii) Çevresel hatalar
 - iii) Gözlem hataları
3. **Rastgele hatalar:** rastgele, rastlantısal, küçük ve bağımsız hatalar.

Ölçümde hatalar

Ölçümde hata, ölçülen değer ile ölçülen boyutun gerçek değeri arasındaki farktır.

Ölçümdeki hatalar = ölçülen değer - gerçek değer

Ölçümdeki hata, mutlak bir hata veya göreceli bir hata olarak ifade edilebilir.

1) **Mutlak hata:** Ölçülen değer ile ölçülen miktarın gerçek değeri arasındaki cebirsel farktır.

Ayrıca;

i) Gerçek mutlak hata

ii) Belirgin mutlak hatalar

2) **Göreceli hata:** Mutlak hatanın ve bu mutlak hatanın hesaplanmasında kullanılan karşılaştırmanın değeridir.

Ölçümde hatalar

Bu hataların en yaygın nedenleri:

- 1) Cihaz hareketindeki sürtünme
- 2) Hareketli parçalar arasında boşluk
- 3) İbre ve skala arasındaki paralaks hataları
- 4) Elastik elemanda histeresiz.
- 5) Mekanik titreşim

HATALARIN KAYNAKLARI

Doğada bulunan hataların kaynağı fiziksel ve mekanik olabilir ve zorunlu olarak ölçüm sisteminin hatalı kalibrasyonundan kaynaklanan hatalar vardır.

Hatalar aşağıdaki kaynaklardan da kaynaklanmaktadır:

1. **Gürültü:** Yararlı bilgi iletmeyen herhangi bir sinyal olarak tanımlanır.
2. **Tepki süresi:** Bir adım girişinde bir okumada% 63.2 değişiklik göstermesi için cihaz tarafından harcanan süre olarak tanımlanır.
3. **Tasarım sınırlaması:** Cihazın tasarımında sürtünme ve çözülme gibi bazı kaçınılmaz faktörler ölçümlerde belirsizliğe yol açar.

HATALARIN KAYNAKLARI

4. İletim: birincil algılama elemanından göstergeye bilgilerin iletimi sırasında.

Sinyalde, herhangi bir nedenden ötürü zayıflama olabilir:

- i) Sızıntı/kaçak nedeniyle zarar görebilir.
- ii) İletişim kanalında emilerek tüketilebilir.
- iii) Rezonans ile bozulabilir.

5. Ölçüm sisteminin bozulması: Ölçüm sisteminde meydana gelen ve ölçümde hataların kaynağı olarak ortaya çıkan bir tür bozulma örneği:

- 1) Gevşeme yoluyla devre elemanının direncindeki değişiklik.
- 2) Kalıcı bir mıknatısın zayıflaması.
- 3) Termokupl değişikliği.

6. Ölçüm sistemleri üzerindeki ortam etkisi.

7. Gözlem ve yorum hatası

Ölçüm Belirsizliği

“Kullanılan bilgilere dayanarak bir ölçüme atfedilen ölçüm sonucu değerlerinin dağılımını karakterize eden negatif olmayan parametre”

Ölçüm sistemindeki kusurlar nedeniyle ortaya çıkar.

Hiçbir ölçüm sistemi mükemmel değildir !!!!!

Belirsizlik

✓ Ölçümdeki olası hatanın bir tahmini

A tipi değerlendirme

Ölçüm sonucunun standart sapmasını belirlemek için bir dizi tekrarlanan gözlemden elde edilir.

B tipi değerlendirme

Değerlendirme, kalibrasyon raporlarında, sertifikalarda, spesifikasyonlar vb. bulunan mevcut bilgiler kullanılarak yapılır.

Ölçüm belirsizliği neden önemlidir?

Kaliteli ölçüm yapmak ve sonuçları anlamak istediğiniz zaman ölçüm belirsizliği ile ilgilenebilirsiniz. Ancak, ölçüm belirsizliğinin önemli olabileceği başka özel nedenler de vardır. Ölçümleri aşağıdakilerin bir parçası olarak yapıyor olabilirsiniz:

- **Kalibrasyon** - ölçüm belirsizliğinin bir sertifikada bildirilmesi gereken yerlerde
- **Test** - Geçer ve geçmez veya karşılıyor kararının verilmesi için ölçüm belirsizliğinin gerekli olduğu yerlerde
- **Tolerans** – toleransların karşılanıp karşılanmadığına karar vermeden önce belirsizliği bilmeniz gerekir.

... veya bir test veya ölçüm yapmak için bir kalibrasyon sertifikası veya yazılı bir şartname okumanız ve anlamanız gerekebilir.

Metrolojik İzlenebilirlik

Metrolojik İzlenebilirlik, belgelenmiş, kesintisiz ve her birinin ölçüm belirsizliğine katkıda bulunduğu kalibrasyonlar zinciri aracılığıyla bir referansa bağlanmış bir ölçüm sonucunun bir özelliğidir ”

veya

“AYNI MİKTARA AİT İKİ ÖLÇÜMÜN AYNİ OLACAĞINDAN NASIL EMİN OLACAĞIM”

İzlenebilirlik, bir ölçüm cihazı göstergesinin, bir veya daha fazla basamakta yürütülen işlemlerle, bir ulusal standart ile karşılaştırılması sürecidir.

Kalibrasyonun Amacı?

- Kullanılan test/ölçü aletlerinin doğruluğundan emin olmak,
- Alınan ölçü sonuçlarını standartlaştırmak,
- Ulusal ve Uluslararası ölçüm birliğini sağlamak,
- Üretim ve hizmet kalitesini yükseltmek.

Üç kere ölç, bir kere kes

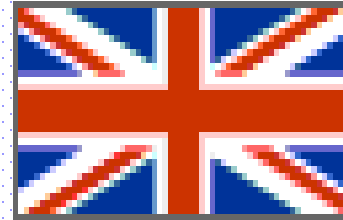
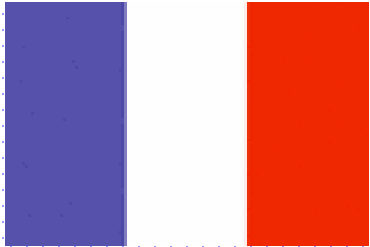


‘Measure thrice, cut once’.

Kalibrasyonun Tarihçesi



1875



Kalibrasyonun Tarihçesi

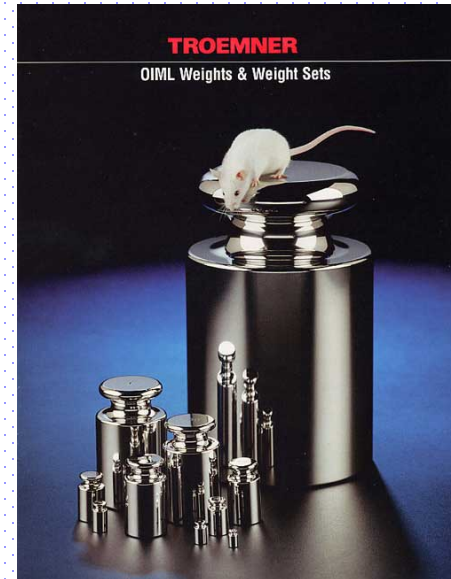
- ❑ Cumhuriyet öncesi bazı bölgelerde **uzunluk birimi** olarak: **enzade** (65 cm), çarşı **arşını** (68 cm), bina ve arazi ile ilgili konularda **mimar arşını** (75,8 cm) gibi farklı ölçüler kullanılıyordu,
- ❑ **Hacim ölçüm** birimi olarak kullanılan **kile**, İstanbul'da (37), Anadolu'da ise (101) litreye tekabül ediyordu. Askatları olarak ise İstanbul'da **şinik, kutu, zarf** şeklinde kullanılan ölçüler, Anadolu'da **hak, ölçek, gödük ve ruplağı** olarak biliniyordu.
- ❑ **Kütle** ölçümlerinde ise **okka ve kıyye** (1,283 kg) esas birim olarak kabul edilmekle beraber, bunun katları olan **ratıl**, bazı yerlerde **9 okka**, bazı yerlerde **2,5 okka**, **batman** ise yer yer **4,6 veya 12 okka** karşılığında kullanılıyordu.
- ❑ Osmanlı döneminde “**Metre Sözleşmesi**”ni imzaladığımız 1875 tarihinden 58 yıl sonra 26.3.1931 tarihinde kabul edilmiş olan 1782 sayılı “**Ölçüler Kanunu**” yürürlüğe girmiştir. Daha sonra günümüze kadar değişik tarihlerde çıkarılan kanunlarla güncellenmiştir.

Standartlar

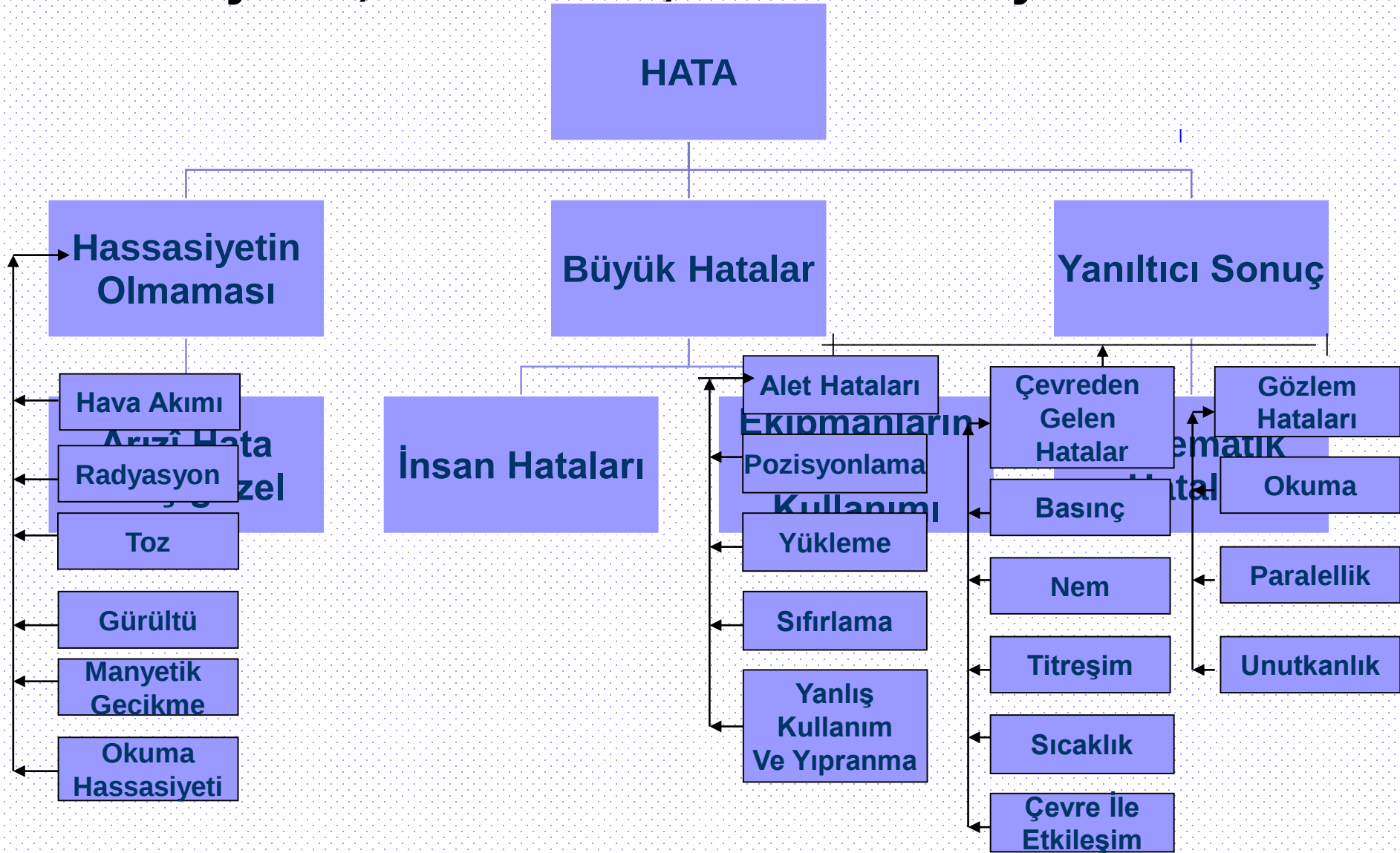
- ❑ **Standart:** Standart, bir temel veya türetilmiş büyüklüğün ölçüm birimini tanımlayan veya yeniden üreten bir maddi ölçüt veya fiziksel özelliktir. Primer seviyede 65 çeşit standart vardır.
- ❑ Bunlardan uzunluk birimi olan 1 metre; vakum ortamında ışığın 1/ 299 792 458 saniyede aldığı yoldur.



- Ağırlık birimi; platin+iridyum karışımı madeni silindirin 39 mm çap ve 39 mm yüksekliğindeki kütlesi 1 kg olarak kabul edilmiştir.
- 1875'te 7 adet üretilmiş ve 1 tanesi de Osmanlı İmparatorluğu'nda İş Bankası kasasında saklanmış, son olarak da UME'ye verilmiştir.



Kalibrasyonu, Test ve Ölçümleri Etkileyen Faktörler



Akreditasyon,

Akreditasyon kavramının literatür tanımı “Yetkili bir kurum tarafından bir kuruluş veya kişinin spesifik uygulamaları yapabilmek konusunda yetkin olduğunun tanımlanmasına yönelik prosedür” şeklinde ifade edilmektedir.



Laboratuvar Akreditasyonu

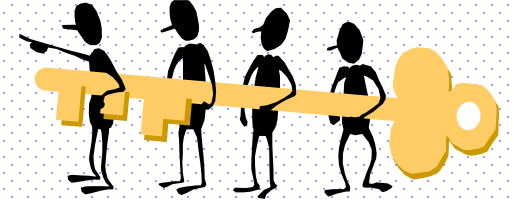
Laboratuvar akreditasyonu, spesifik parametrelerin analizinde laboratuvarın yetkinlik ve yeterliliğinin belirlenmesi ve belgelenmesidir.



Akreditasyonun Yararları

Akredite edilen bir Laboratuvar, uluslar arası düzeyde önemli bir güvenilirlik ve kabul edilebilirlik sağlamaktadır. Yüksek kalite standartlarına ulaşma konusundaki kararlılık kanıtlanmaktadır.

Genel Tanımlar

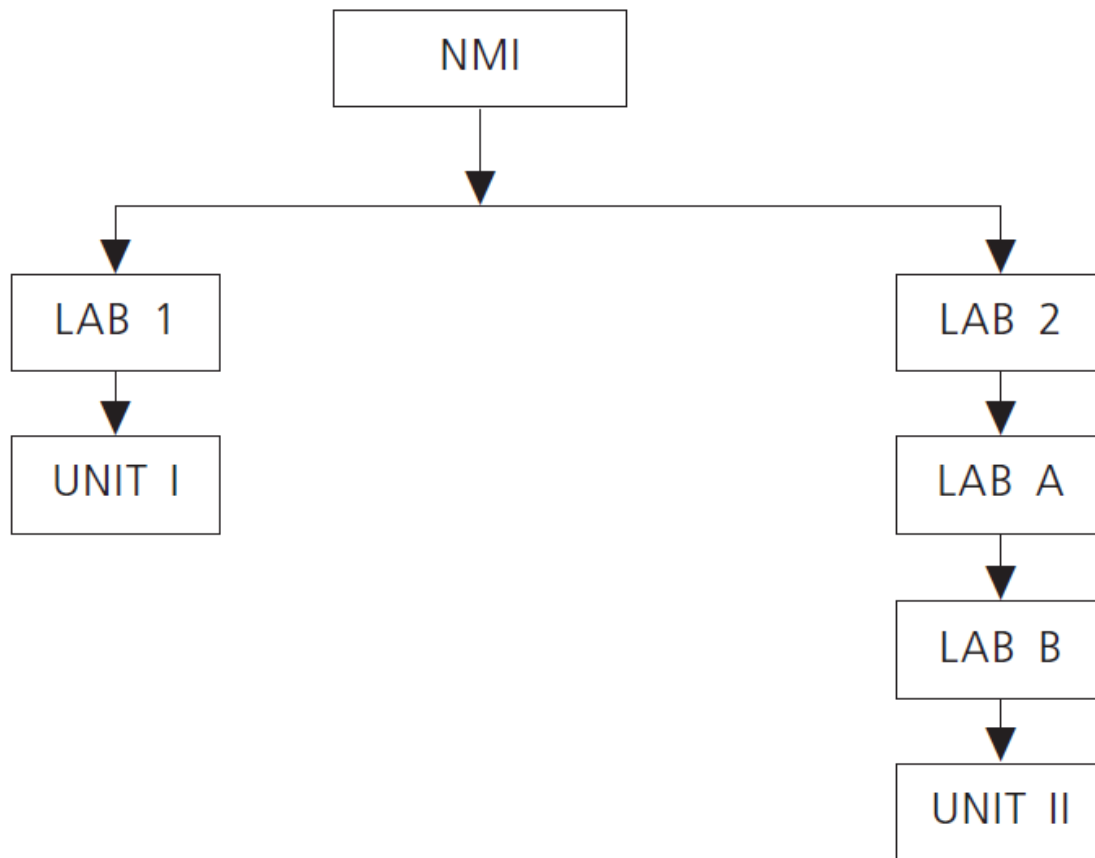


Esas Olan İzlenebilirliği Sağlamaktır...

İzlenebilirlik gösterilemediği sürece, kullanılan cihaz/ekipmanın marka/modeli ne olursa olsun,

ölçüm sonuçlarının güvenilirliğinden kuşku duyulur.

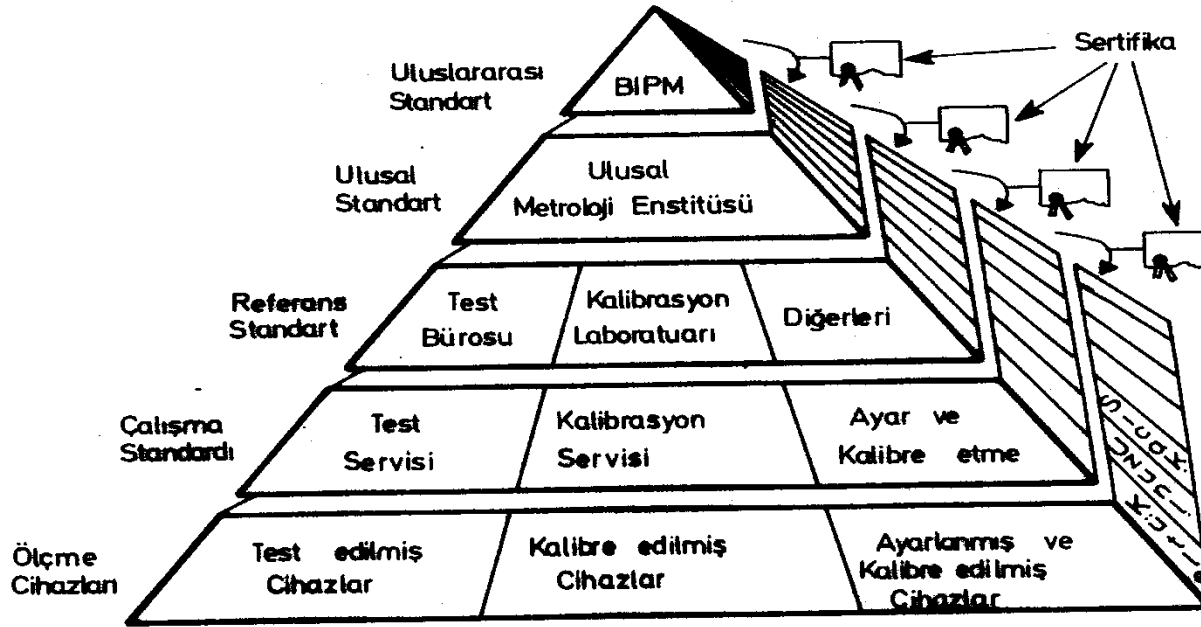
İzlenebilirlik: bir ölçüm standardının veya cihazının daha iyi standartlarla adım adım karşılaştırma yaparak kabul edilmiş bir ulusal veya uluslararası standarda kadar geçerli kalibrasyonun zincirini oluşturma kavramı.



Genel Tanımlar

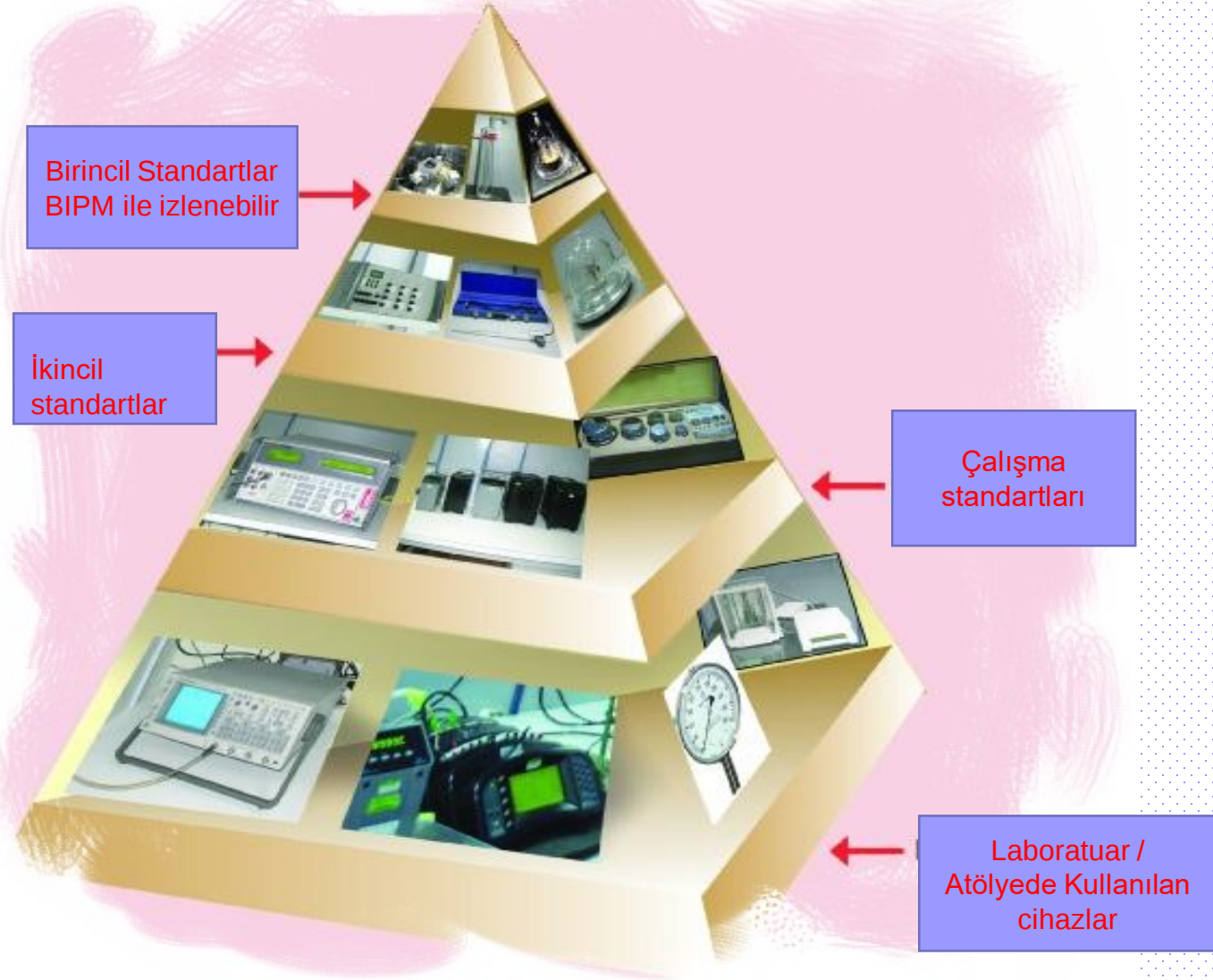
-İzlenebilirlik

Yapılan her bir ölçümün sonuçlarını, ulusal standartlara veya ulusallığı kabul edilmiş ölçüm sistemlerine, kesintisiz bir karşılaştırmalar zinciri üzerinden bağlayabilme yeteneği.



İzlenebilirlik Zinciri Şematik Gösterimi

HIERARCHY OF MEASUREMENTS



Genel Tanımlar



-Ölçme

Bilinmeyen bir büyüklüğün değerini öğrenmek için, büyüklüğü bilinen bir standart ile karşılaştırma ve bir değer belirleme işlemi.

- Her sürecin bir 'ürün'ü vardır
- Her ürünün nitelikleri (kalite) vardır
- Tüm nitelikler ölçülebilir

Genel Tanımlar



- Kalibrasyon

Bir ölçüm ekipmanının aynı veya bir üst seviye ekipman ile uygun bir ortamda karşılaştırılması ve sonuçların dokümente edilmesi işlemi. Ölçü aletleri, ölçüm prensip ve teknolojileri ile kullanım şartlarına bağlı olarak zamanla yaşlanırlar, bu nedenle belirli periyodlarla kalibrasyonun tekrarlanması gerekir.

- Doğrulama

Bir ölçüm ekipmanının belirli bir amaca uygunluğunun, tanımlanmış bir yöntem kullanılarak ortaya konması.

- Belirsizlik

Ölçüm sonucu ile beraber yer alan ve ölçülen büyüklüğe makul bir şekilde karşılık gelebilecek değerlerin dağılımını karakterize eden parametredir.



ÖLÇME:

Birim adı verilen, bilinen bir değer ile kendi cinsinden bilinmeyen bir değeri kıyaslamaya **ölçme**, bu işlem sırasında kullandığımız alete de **ölçme aleti** denir.

Ölçme kuralları:

Ölçülecek parçaların belirlenmiş ölçü sınırları içerisinde olup olmadığının doğru bir biçimde anlaşılması için aşağıda verilen kurallara uymak gerekir.

- Ölçme işleminde istenilen ölçü tablolarına uygun ölçü aleti kullanılmalıdır.
- Ölçme esnasında ölçme aletine dik olarak bakılmalıdır.
- Ölçme işleminden önce ölçü aletinin ve ölçülecek parçanın yüzeyleri temiz olmalıdır.

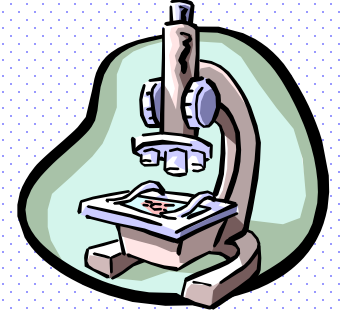


Ölçme kuralları:

- Ölçme işleminden önce ölçülecek parçada bulunan çapaklar, talaşlar temizlenmelidir.
- Parçanın ölçülmesinden önce normal sıcaklıkta olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- Ölçü aletlerinde işlem sırasında normal baskı uygulanmalıdır.(mikrometre cırcır kolu gibi)
- Ölçülecek iş parçası hareket halindeyken ölçme işlemi yapılmaz.
- Ölçü aletleri sert zemin üzerine koyulmaz.
- Ölçme işlemi,yeterli ışıktaki ve titreşimsiz yerde yapılmalıdır.



BOYUT ÖLÇÜMÜ:

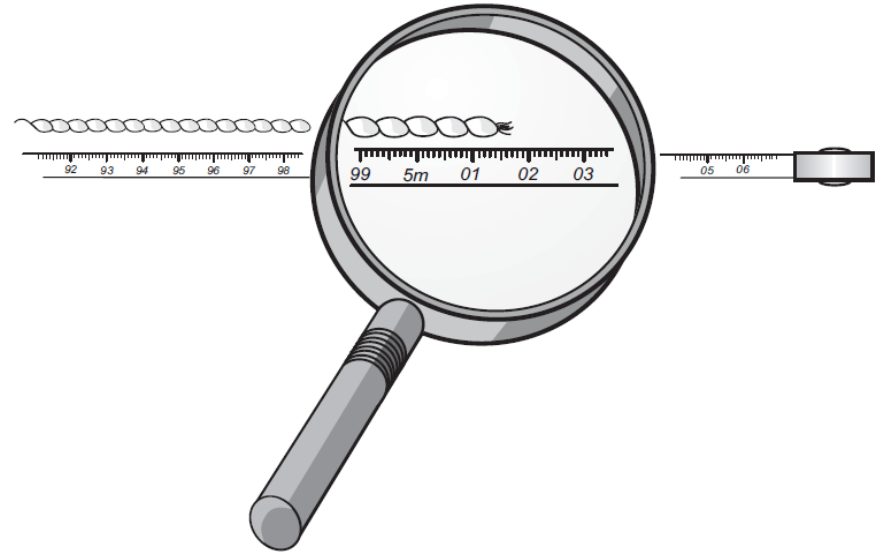


Fizikte, teknikte ve laboratuardaki ölçmelerin önemli bir bölümünde boyut ölçümlerine gerek duyulmaktadır. İki çeşit ölçüm yöntemi vardır. Direkt ölçüm ve endirekt ölçüm. Direkt ölçüm adı verilen temasla yapılan ölçmelerdir. Direkt ölçüm çeşitli cetveller, serit ve katlanabilir metreler, kumpaslar, mikrometreler, mastarlar ve komparatörler gibi aletler kullanılır. Endirekt ölçüm temassız, karşılaştırma ile yapılan ölçümdür. Örneğin pergel ile ölçüm alma.

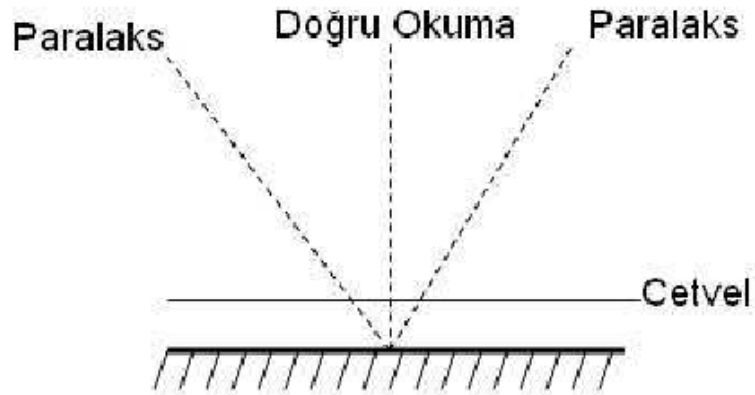
Ayrıca boyut ölçmelerinde doğrudan temasla olmayan optik yöntemlere de rastlanmaktadır.

Doğrudan ölçme esnasındaki en büyük hata kaynağı paralaks adı verilen hatadır.

Okuma açısından kaynaklanan bu hata nedenine dikkat edilmelidir.



Bir zincir parçasının uzunluğu ne kadardır?



Şekil 1 Paralaks hatası

Kalibrasyon işleminde dikkat edilecek noktalar

- Kalibrasyon laboratuvarları gibi referans ölçme cihazlarının bulunduğu yerler 20°C'de ve 50%Rh'ta tutulur.**
- Aydınlığın uygun olması,**
- Titreşimin olmaması ve toz partiküllerinin en az olduğu bir laboratuvar hazırlanmalıdır.**
- Kalibre edilecek ölçü aletinin, Uluslararası standarda veya kabul görmüş bir yöntemle göre ölçülmesi**
- Raporlandırılması**
- Ölçmenize etki eden parametrelerin belirlenip, ölçüm belirsizliğinin hesaplanması gereklidir.**

Belirsizliği deęerlendirmek için sekiz ana adım

1. lümlerinizden neleri bulmanız gerektiğine karar verin. Nihai sonucu elde etmek için hangi gerçek ölçümlerin ve hesaplamaların gerekli olduğuna karar verin.
2. Gerekli lümleri yapın.
3. Nihai sonuca giren her bir girdi miktarının belirsizliğini tahmin edin. Tüm belirsizlikleri benzer terimlerle ifade edin.
4. Giriş miktarlarındaki hataların birbirinden bağımsız olup olmadığına karar verin. Bunu düşünmüyorsanız, bazı ekstra hesaplamalar veya bilgiler gerekir.
5. lümünüzü hesaplayın (kalibrasyon sertifikasında sistematik hata gibi şeyler için bilinen düzeltmeler dahil).
6. Tüm ayrıık değişkenlerden kaynaklanan belirsizliklerden, birleştirilmiş standart belirsizliği bulun.
7. Belirsizlik aralığını belirsizlik aralığının boyutu ile birlikte kapsama faktörü açısından belirsizliği ifade edin ve bir güven düzeyi belirtin.
8. lüm sonucunu ve belirsizliği not alın ve ikisini de nasıl aldığınızı belirtin.

BLOK MASTAR KOMPARATÖRÜ



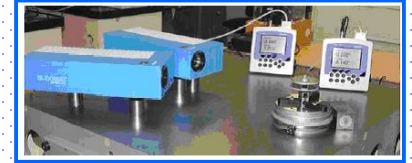
USE



Grade K set

Traceable to

Primary Standard



Laser interferometer

Karşılaştırma



Grade 1 set

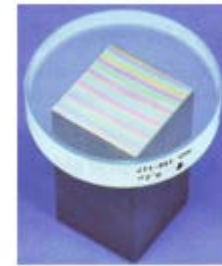
Kalibrasyon



Örnek Mikrometre Kalibrasyonu

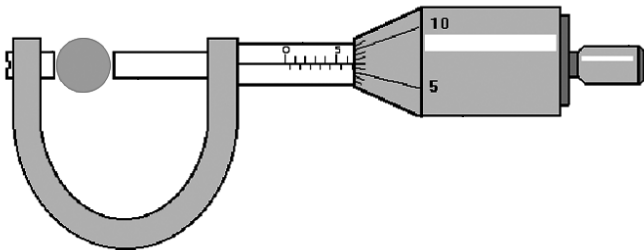
Mikrometre Kalibrasyonda Kullanılacak Teçhizatlar

- Referans Masterlar (Johnson Blok Masterlar)
- Optik Düzlemsellik Camı
- Optik Paralel Cam Seti
- Granit Pleyt



Kalibrasyon İçin Gerekli Ortam Şartları

İkinci seviye laboratuvarlarda yapılacak kumpas kalibrasyonu için tavsiye edilen ortam şartları: sıcaklık $20^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$, nem $\%50 \pm 10 \text{ RH}$.

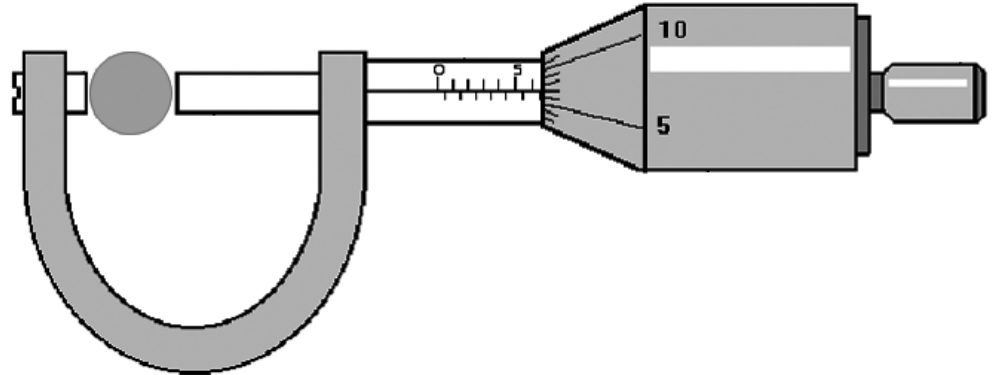


Örnek Mikrometre Kalibrasyonu

Kalibrasyonu yapılacak cihaz laboratuvara geldiğinde üzerinde toz ve yağ gibi ölçüm sonucunu etkileyecek kalıntı olmaması için mutlaka temizlenir. Temizleme işlemi bittikten sonra ortam sıcaklığına uyum sağlayabilmesi için laboratuvarda altı saat bekletilir.

Fonksiyon Kontrolü

- Mikrometrenin gövdesi üzerinde kovan, tambur ve ölçme mili üzerinde hasar, çapak, korozyon ve eğilme olmaması,
- Eğer mikrometrede mıknatıslanma var ise demagnetize cihazı ile manyetikliği giderilmesi,
- Ölçme milinin bütün ölçüm aralığı boyunca serbestçe gidip gelmesi,
- Tambur ve kovan üzerindeki ölçü skalasının ve rakamların okunaklı olması,
- Cırcır tam olarak çalışması,
- Mikrometrenin sıfır ayarının tam olması kontrol edilir.



0-25mm Ölçüm aralığında 0,01mm çözünürlükteki mikrometrenin kalibrasyon sonuçları

Skala Ölçümleri

Referans [mm]	Ölçülen [mm]			Ortalama [mm]	Sapma [mm]	Std. Sapma [mm]	Tekrarl. [mm]
	Uç	Orta	Arka				
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,1	5,100	5,104	5,100	5,101	0,001	0,002	0,001
10,3	10,302	10,304	10,300	10,302	0,002	0,002	0,001
15,0	15,002	15,000	15,000	15,001	0,001	0,001	0,001
20,2	20,202	20,200	20,200	20,201	0,001	0,001	0,001
25,0	25,002	25,000	25,000	25,001	0,001	0,001	0,001
$f_{\max}$:	0,002 mm						

Düzlemsellik Ölçümü

Düzlemsellik Sapma [μm]			Belirsizlik μm
	Hareketli	Sabit	
Girişim çizgileri (adet)	-	-	0,41
Sapma (μm)	≤ 0,3	≤ 0,3	

Paralellik Ölçümü

Paralellik Sapması [μm]
0,300

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

Mikrometre Belirsizlik Bütçesi

Sembol	Belirsizlik kaynağı	Tahmini Belirsizlik Değeri	Dağılım
U_{1-1}	Referans master belirsizliği	Ref.Blok setteki en büyük değer / 2	Normal
U_{1-2}	Ref. Master setindeki sapma	Setteki en büyük sapma / $\sqrt{3}$	Dikdörtgen
U_{1-3}	Referansın zaman içindeki drifti	$(D_{son} - D_{ilk}) / \sqrt{3}$	Dikdörtgen
U_{1e}	Ref. Blokların birleştirilmesinden doğan belirsizlik	Film kalınlığı belirsizliği her yapıştırılan yüzey için $0,018 \mu^*$(blok sayısı-1) $\sqrt{3}$	Dikdörtgen
U_2	Tekrarlanabilirlik	Ölçümlerin std sapması / $\sqrt{n}$	Normal
U_3	Çözünürlükten gelen belirsizlik	Skaladaki en küçük ölçüm değeri / $2\sqrt{3}$	Dikdörtgen
U_4	Ortam sıcaklığı belirsizliği	$\alpha_{ort} \cdot \Delta T \cdot L / \sqrt{3}$	Dikdörtgen
U_{4-2}	Uzama Katsayısı Farkı	$\alpha_{fark} \cdot \Delta T \cdot L / \sqrt{3}$	Dikdörtgen
U_5	Mekanik Etkiler	Skaladaki en küçük ölçüm değeri / $2\sqrt{3}$	Dikdörtgen
U_7	Optik Camın Düzlemsellik ölçüm belirsizliği	Optik camın düzlemsellik değeri / $\sqrt{3}$	Dikdörtgen
U_8	Optik Düz Camın ölçüm belirsizliği	Sertifika belirsizliği / 2	Normal
U_9	Girişim çizgisi okuma hatası	Bir bant değeri $0,3\mu / 4\sqrt{3}$	Dikdörtgen
U_{8-1}	Optik Camın Paralellik ölçüm belirsizliği	Optik camın paralellik değeri / $\sqrt{3}$	Dikdörtgen
U_{8-2}	Optik Paralel Camın ölçüm belirsizliği	Sertifika belirsizliği / 2	Normal

Referanstan gelen belirsizlik değerleri

Setteki En Büyük Belirsizlik	0,00011	mm
Setteki En Büyük Sapma	-0,00013	mm
Setteki drift	0,00005	mm
Birleştirilen Bk Sayısı	0	adet

Optik Cam

Düzlemsellik	0,00030	mm
Sertifika Belirsizliği	0,00020	mm
Girişim izgi Hatası	0,00030	mm

Optik Paralel Cam

Paralellik	0,00006	mm
Sertifika Belirsizliği	0,00004	mm
Girişim izgi Hatası	0,00030	mm

BELİRSİZLİK

Mikrometre Ölçüm Belirsizliği

U1-1	0,000055	mm
U1-2	-0,00008	mm
U1-3	0,00003	mm
U1-e	-0,00002	mm
U2	0,00133	mm
U3	0,00115	mm
U5	0,00115	mm
U-Toplam	0,00422	mm (k=2)
Ua	0,00430	4,30000
U _{mak}	7,750293	4,221024
U	a+b*L	
U	4,3+7,1*L	

Düzlemsellik Ölçüm Belirsizliği

U7	0,00017	mm
U8	0,0001	mm
U9	0,00004	mm
U-Toplam	0,00041	mm (k=2)

Paralellik Ölçüm Belirsizliği

U8-1	0,0000346	mm
U8-2	0,0000200	mm
U9	0,0001732	mm
U-Toplam	0,00036	mm (k=2)

$$U\text{-Toplam} = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + \dots etc.}$$

$$U = ku_c.$$

Sıcaklık farkından gelen belirsizlik

U4-1	0,0000045	4,5023E-06 L	L:mm
U4-2	0,0000042	1,2E-06 L	L:mm
U4-1+U4-2	6,18E-06	*L mm	
	6,18E-03	*L μm	*L mm
	0,0062	*L μm	k=2
U_b	0,0130	*L μm	
b	0,007059	7,10	

Hata Sınırı - Maksimum Sapma	4,0	μm
Hata Sınırı - Paralellik	2,0	μm
Hata Sınırı - Düzlemsellik	0,6	μm

Dış Çap Ölçümleri

Referans [mm]	Ölçülen [mm]	Sapma [mm]	Müsaade Edilen Sapma [µm]	Belirsizlik [µm]
0,0	0,000	0,000	4	4,3+ 7,1*L
5,1	5,101	0,001		
10,3	10,302	0,002		
15,0	15,001	0,001		
20,2	20,201	0,001		
25,0	25,001	0,001		

$f_{max} : 0,002 \text{ mm}$

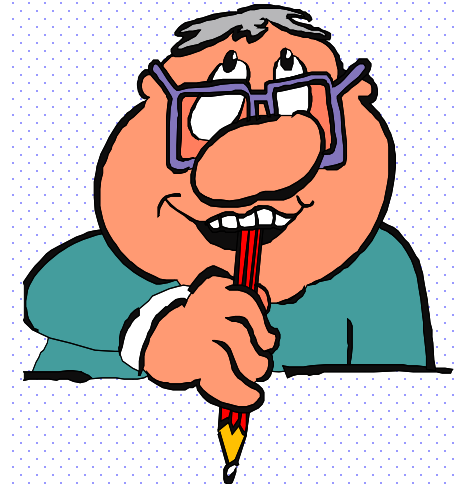
L: m

Düzlemsellik Kontrolü	Hareketli	Sabit	Müsaade Edilen Sapma [µm]	Belirsizlik [µm]
Girişim Çizgileri (adet)	-	-		
Sapma (µm)	≤ 0,3	≤ 0,3	0,60	0,41

Paralellikten Sapma [µm]	Müsaade Edilen Sapma [µm]	Belirsizlik [µm]
0,30	2,00	0,36

Mikrometre kalibrasyonunda DIN 863'e göre maksimum hata sınırları,

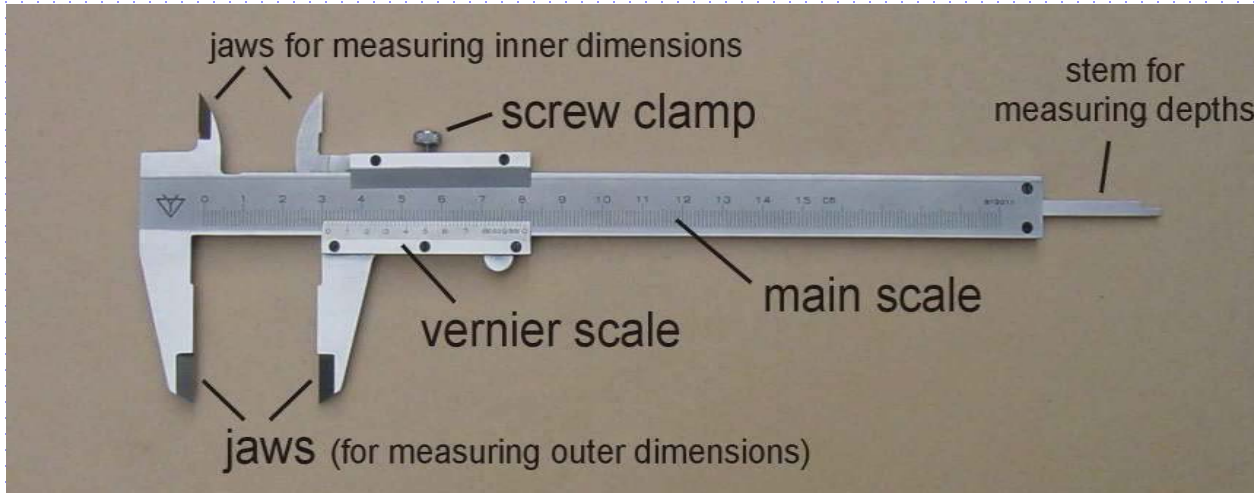
Ölçme Sahası mm	Maksimum $f_{\max}$ μm	Ölçme Yüzeylerinin İnterferometri k Çizgi Sayısı μm		Ölçme Yüzeylerini n Düzlemselli
0 – 25	4	2	6	$\leq 0,6 \mu\text{m}$
25 – 50	4	2	6	
50 – 75	5	3	10	
75 – 100	5	3	10	
100 – 125	6	3	-	$\leq 0,6 \mu\text{m}$
125 – 150	6	3	-	
150 – 175	7	4	-	
175 – 200	7	4	-	
200 – 225	8	4	-	$\leq 0,6 \mu\text{m}$
225 – 250	8	4	-	
250 – 275	9	5	-	
275 – 300	9	5	-	
300 – 325	10	5	-	$\leq 0,6 \mu\text{m}$
325 – 350	10	5	-	
350 – 375	11	6	-	
375 – 400	11	6	-	
400 – 425	12	6	-	$\leq 0,6 \mu\text{m}$
425 – 450	12	6	-	
450 – 475	13	7	-	
475 – 500	13	7	-	



ÖRNEK KUMPAS KALİBRASYONU

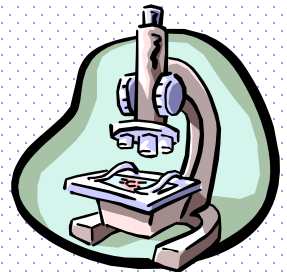


Bir kumpasın doğruluk performansı, skalanın kalitesine ve doğruluğuna sürgü yüzeyinin doğrusallığına ve ölçü ağızlarının düzlemselliğine bağlıdır. Kumpasın bu özellikleri kontrol edilerek standartlarda belirtilen özelliklerde olup olmadığı kontrol edilir. Kumpas mutlaka temizlenmelidir. Kumpas vazelinlenmiş ise çözücü bir madde (petrolyum benzin, saf alkol, aseton) ile iyice temizlenmeli üzerinde yağ kalmamasına dikkat edilmelidir. Alkol ve aseton ile skala temizlenmemelidir aksi takdirde rakamlar silinebilir. Kumpas temizlendikten sonra ortam sıcaklığına uyum sağlayabilmesi için ölçüm yapılacak ortamda bir gün bekletilmelidir.



Fonksiyon Kontrolü (El ve Göz Kontrolü)

- Kumpasın gövdesinde hasar, çapak ve korozyon, ayrıca eğilme olmaması gerekir.
- Eğer kumpasta mıknatıslanma var ise demagnetize cihazı ile manyetikliği giderilir.
- Kumpas dijital ise bu işlemden önce pilleri mutlaka çıkartılmalıdır.
- Verniyer ölçüm gövdesi üzerinde ölçme aralığı boyunca serbestçe gidip gelmelidir.
- Gövde ve verniyer skalasındaki ölçüm çizgileri ve rakamları okunaklı olmalıdır.
- Ölçüm aralığında tüm çizgiler düz, keskin hatlı ve eşit aralıklı olmalıdır.
- Dış çap, iç çap ve derinlik ölçme çubuğunun ağızlarında hasar bulunmamalıdır.
- Derinlik çubuğu düz olmalı ve üzerinde eğilme olmamalıdır.
- Kumpasın sabitleme vidası sıkıldığında verniyerde ölçü değişikliği olmamalıdır.
- Sıfır konumunda derinlik ölçüm çubuğunun konumu kontrol edilir.



Kalibrasyonda Kullanılacak Teçhizat ve Cihazlar

- Referans Masterlar (Johnson Blok Masterlar)
- Halka Referans Masterları
- Granit Pleyt

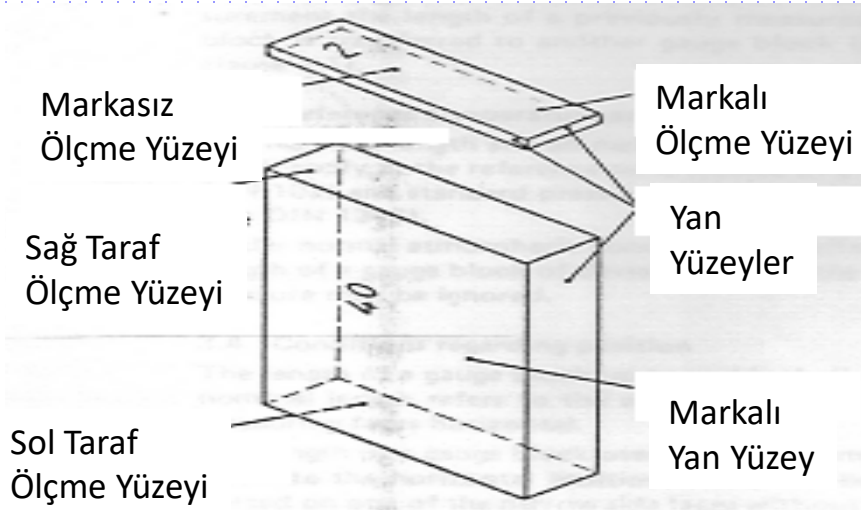


Kalibrasyon İçin Gerekli Ortam Şartları

İkinci seviye laboratuvarlarda kumpas kalibrasyonu için tavsiye edilen ortam şartları: sıcaklık $20^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$, nem $\%50 \pm 10 \text{ RH}$.

Dış Çap Ölçüm Çenelerinin ve Skalanın Kalibrasyonu

Kumpas kalibrasyonu farklı boydaki master blokların veya “check” masterını kumpas ile ölçümü yapılarak gerçekleştirilir. Ölçüm sırasında eldiven takılması kullanılacak olan referans setin korunmasını ve referans bloklarının sıcaklığının yükselmesini engelleyecektir. Ölçüm yapılırken seçilen referans standartlardan her biri için en az üç ölçüm alınmalıdır. Böylece ölçümün güvenilirliği artırılarak muhtemel tekrarlanabilirlik hatası hesaplanabilir.



İç Çap Ölçüm Çenelerinin Kalibrasyonu

Referans halka masterının çapı veya mikrometre ağızları ile elde edilen bir boyut, kumpasın iç çap çeneleri ile ölçülür. Farklı noktalardan en az üçer ölçüm alınarak bu kalibrasyon gerçekleştirilir. İç çap ölçümlerinde VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 9.1' da iç çap ölçümleri için normal ağızlı kumpaslarda 25 mm'lik halka master, ince ağızlı kumpaslar için 4mm'lik halka master tavsiye ediyor. Bu ölçüm için verilen tolerans değerleri ise dış çap dış çap ölçüm sapma değerleri üzerine 20µm ekleyerek bulunur (VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 9.1).

Derinlik Ölçme Mili Kalibrasyonu

Derinlik ölçme mili kalibrasyonu yine master blokları ile yapılır. Master bloklarından biri derinlik boyut standardı, biri de zemin olarak kullanılır. Ölçüm yapılacak blok zemin olarak kullanılacak bloğun üzerine yerleştirilir. Kumpasın arka yüzeyi ölçüm yapılacak bloğun üzerine 90° olacak şekilde yerleştirilir. Derinlik ölçme mili ise zemindeki bloğa değene kadar aşağıya indirilerek ölçüm yapılır. Yine her blok için üç ölçüm alınmalıdır. Bu ölçüm için verilen tolerans değerleri ise dış çap ölçüm sapma değerleri üzerine $20\mu\text{m}$ ekleyerek bulunur (VDI/VDE/DGQ 2618 Blatt 9.1).

Ölçümlerden sonra ölçülen değerin, referans değerden çıkartılması ile elde edilen sapmalardan en büyüğü pozitif sapma (y_o) ile en büyük negatif sapmanın (y_u) mutlak değer toplamı bize toplam sapmayı (y_e) verir. Toplam sapma eski standartlarda $f(\max)$, yeni standartlarda G “hata sınırı” olarak adlandırılmaktadır. Sapma olarak bulunan değer (y_e) standartlarda verilen değerler (G veya $f(\max)$) ile karşılaştırılarak cihaz değerlendirilir.

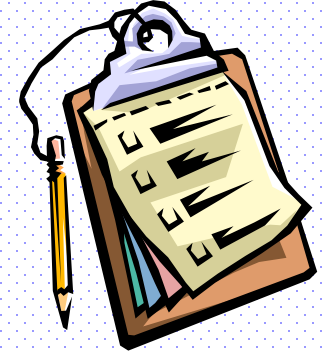


$$f(\max) = f(\max)(+) + f(\max)(-)$$
$$y_e = |y_o| + |y_u|$$

0-150 mm ölçüm aralığında 0,01 mm çözünürlükteki kumpasın kalibrasyon sonuçları

Dış Çap Ölçümleri

Referans [mm]	Ölçülen [mm]			Ortalama [mm]	Sapma [mm]	Std. Sapma [mm]	Tekrarl. [mm]
	1 seri	2 seri	3 seri				
0,0	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
25,0	24,96	24,97	24,96	24,963	-0,037	0,006	0,003
40,8	40,77	40,76	40,76	40,763	-0,037	0,006	0,003
75,0	74,90	74,91	74,93	74,913	-0,087	0,015	0,009
122,3	122,24	122,25	122,24	122,243	-0,057	0,006	0,003
150,0	149,92	149,93	149,92	149,923	-0,077	0,006	0,003
$f_{\max}$:	0,0867 mm						

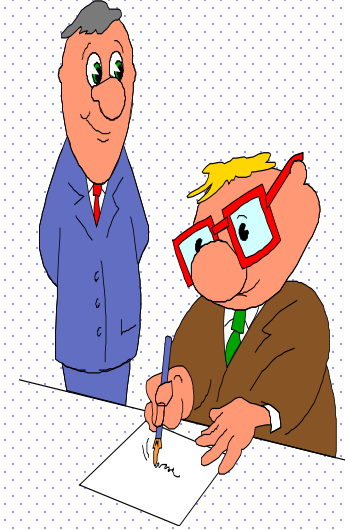


İç Çap Ölçümleri

Referans [mm]	Ölçülen [mm]			Ortalama [mm]	Sapma [mm]	Std. Sapma [mm]	Tekrarl. [mm]
	Uç	Orta	Arka				
4	3,97	3,98	3,97	3,973	-0,027	0,006	0,003
25	24,97	24,98	24,98	24,977	-0,023	0,006	0,003

Derinlik Mili Ölçümleri

Referans [mm]	Ölçülen [mm]			Ortalama [mm]	Sapma [mm]	Std. Sapma [mm]	Tekrarl. [mm]
	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm				
50,0	50,010	50,010	50,000	50,007	0,007	0,006	0,003

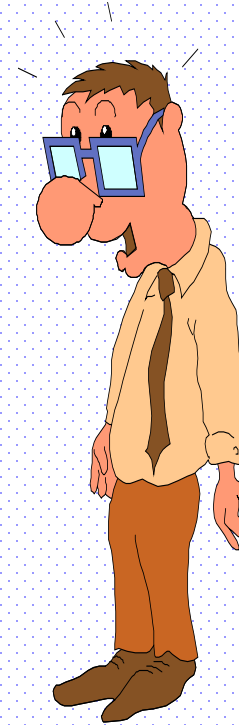


Dış Ölçüm Çenelerinin Paralelliği

Referans mm	Pozisyon	Ölçülen [mm]	Sapma [μm]
3,1	Ön	3,090	-0,010
	Orta	3,100	0,000
	Arka	3,100	0,000

Mastar Bloğu (Dış çap ölç. kullanılan)

Setteki En Büyük Belirsizlik	0,00013	mm
Setteki En Büyük Sapma	0,00027	mm
Setteki drift	-0,00021	mm
Setteki Mastar Geometrisi	0,00000	mm
Birleştirilen Blok Sayısı	5	adet



Isıl Genleşme Katsayısı

Çelik malzemenin ısı genleşme katsayısı 20°C sıcaklıkta, 0,0000115

Tungsten carbid ısı genleşme katsayısı 20°C sıcaklıkta, 0,00000423

α = Referans blok mastarın sıcaklık sabiti

Δt =Kalibrasyon başlangıç ve bitişindeki aralık

L=Metre cinsinden boy

Sıcaklık Ortalama Değeri

Referans master ile kumpasın sıcaklık ortalama değeri hesabı	$(((0,0000115+0,00000423)/2*1))/\sqrt{3}$	m
	0,0000045 m ~ 4,5	* L μm

Sıcaklık Farkı

Referans master ile kumpasın sıcaklık farkı hesabı	$((0,0000115-0,00000423)*1)/\sqrt{3}$	m
	0,0000042 m ~ 4,2	* L μm

Kumpas Belirsizlik Bütçesi

Dış Çap Ölçüm Çenesi İçin Belirsizlik Bütçesi	Dağılım Türü	Sembol	Sonuçlar	Birim	
Referans Master Settindeki en büyük belirsizlik / 2	Normal	U1	0,00065	mm	
Setteki en büyük sapma / $\sqrt{3}$	Dikdörtgen	U2	0,000156	mm	
Setteki en büyük drift / $\sqrt{3}$	Dikdörtgen	U3	0,000121	mm	
Film kalınlığı belirsizliği her yapıştırılan yüzey için 0,018 μm *(blok sayısı-1) / $\sqrt{3}$	Dikdörtgen	U4	0,0000104	mm	
Tekrarlanabilirlik / $\sqrt{3}$	Dikdörtgen	U5	0,00866	mm	
Çözünürlükten gelen / $2\sqrt{3}$	Dikdörtgen	U6	0,00289	mm	
Okuma hatası / $2\sqrt{3}$	Dikdörtgen	U7	0,00289	mm	
$U = 2 \cdot \sqrt{U1^2 + U2^2 + U3^2 + U4^2 + U5^2 + U6^2 + U7^2}$		U	0,01915	mm	
0 mm için 19,15 μm 150 mm için 19,70 μm 1000 mm için 22,80 μm		Ua	19,15	μm	(k=2)
		a+b*L	19,15+3,65*L	μm	L= m

Kumpas Sertifikası

9. SONUÇLAR

RESULTS

Dış Çap Ölçümleri

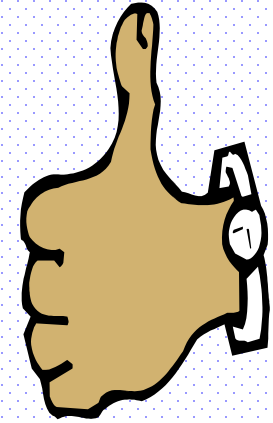
Referans [mm]	Ölçülen [mm]	Sapma [mm]	Müsaade Edilen Sapma [µm]	Belirsizlik [µm]
0,00	0,000	0,000	20,00	19,5+ 4*L
25,00	24,963	-0,037		
40,80	40,763	-0,037		
75,00	74,913	-0,087		
122,30	122,243	-0,057	30,00	
150,00	149,923	-0,077		

$f_{\max}$: 0,0867 mm

L:m

İç Çap Ölçümleri

Referans [mm]	Ölçülen [mm]	Sapma [mm]	Müsaade Edilen Sapma [µm]	Belirsizlik [µm]
4,000	3,973	-0,027	40,00	10,7+ 7*L
25,000	24,977	-0,023	40,00	



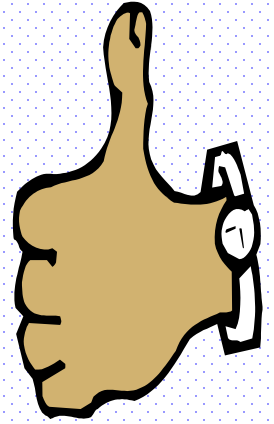
Kumpas Sertifikası

Dış Ölçme Çenelerinin Paralelliği

Referans [mm]	Pozisyon [mm]	Ölçülen [mm]	Sapma [μm]	Belirsizlik [μm]
3,1	Ön	3,09	-0,01	10,6+ 7*L
	Orta	3,10	0,00	
	Arka	3,10	0,00	

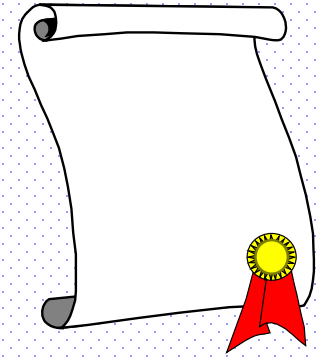
Derinlik Mili Ölçümleri

Referans [mm]	Ölçülen [mm]	Sapma [mm]	Müsaade Edilen Sapma [μm]	Belirsizlik [μm]
50,000	50,007	0,007	40,00	10,6+ 6,2*L



Kalibrasyon VDI/VDE/DGQ 2618 Bölüm 9.1'de ve DIN 862'de belirtilen yöntem ve prosedürlere uygun olarak yapılmıştır. Hata sınırları DIN 862 standartından alınmıştır.

Ölçülen Boyut (l, mm)	Hata Sınırları, G, μm		
	Analog Skala		0,01 mm.
	0,1 ve 0,05 mm.	0,02 mm.	
50	50	20	20
100			
200		30	30
300			
400	60		
500	70		
600	80		
700	90	40	40
800	100		
900	110		
1000	120		
1200	140	50	--
1400	160		
1600	180	60	
1800	200		
2000	220		



Kalibrasyon Periyodunun Belirlenmesi

**İMALAT
TOLERANSI**

**ŞÜPHENİLEN
DURUMLARDA**

**CİHAZ KULLANIM
SIKLIĞI**

**KALİBRASYON SONUÇLARINA
GÖRE**

**FİRMANIN BELİRLEMİŞ
OLDUĞU CİHAZ TAKİP
LİSTESİNDEKİ PERİYOD**

ÖNERİLEN UYGULAMALAR

- Kabul edilebilir doğruluk ve güvenilirlik sağlamak için periyodik aralıklarla (planlanan) kalibrasyon
- Önceki kalibrasyon sonuçları bunu önerdiğinde aralıkları kısaltın
- Gösterilen performans temelinde aralıkları uzatabilir
- Kalibrasyon aralıklarının atanması ve ayarlanması için dokümante edilmiş prosedür
- Tamamen belgelenmiş yeniden kalibrasyon sistemi

Kalibrasyonun Önemi

- Ölçümlerin doğruluğunun sağlanması
- Ölçümlerin uluslararası standartlara göre izlenebilmesi
- Test / kalibrasyon raporlarının uluslararası kabul edilmesi
- Hastalıkların doğru teşhisi (tıbbi raporlar)
- Tüketicinin korunması (yasal metroloji)
- ISO 9000 ve 17025 gerekliliklerini yerine getirme

YARARLANILAN DÖKUMANLAR

KOMPARATÖR KALİBRASYON STANDARTI
DIN 878/879 ve VDI/VDE/DGQ 2618 BLATT 11.1

KUMPAS KALİBRASYON TALİMATI
DIN 862 ve VDI/VDE/DGQ 2618 BLATT 9.1

MİHENGİR KALİBRASYON TALİMATI
DIN 862 ve VDI/VDE/DGQ 2618 BLATT 9.3

MİKROMETRE KALİBRASYON TALİMATI
DIN 863-1 ve VDI/VDE/DGQ 2618 BLATT 10-1.3

UME/TUBİTAK BOYUTSAL KALİBRASYON DÖKUMANI

