TEMEL ÖLÇÜM BİLİM VE KALİBRASYON

- ***Giriş/Bazı Tanımlar***
- ***Metroloji, Akreditasyon, Standardizasyon***
- ***Kalibrasyon/Doğrulama ve İzlenebilirlik***
- ***Standartlar Sıradüzeni***
- ***Ölçme ve Ölçme Sistemlerinin Analizi***
- ***Belirsizlik***
- ***Boyutsal Ölçüm Cihazları (Mastar Bloklar, Kumpas, Mikrometre)***
- ***Boyutsal Kalibrasyon Yapacak Laboratuarlarda Aranan Koşullar***
- ***Kalibrasyon ve İzlenebilirlik Sistemi Değerlendirme***

Bazı Tanımlar

- ***Metroloji:*** *Genel olarak ölçme etkinliği ve bu etkinlikte kullanılan cihaz, ekipman ve birimlerle uğraşan bilim alanı (ölçümbilim).*
- ***Ölçme:*** *Bilinmeyen bir büyüklüğün değerini öğrenmek için, bu büyüklüğü bilinen bir büyüklük (standart) ile karşılaştırma ve bir değer belirleme işlemi.*
- ***İzlenebilirlik:*** *Yapılan her bir ölçümün sonuçlarını, ulusal standartlara veya ulusallığı kabul edilmiş ölçüm sistemlerine, kesintisiz bir karşılaştırmalar zinciri üzerinden bağlayabilme yeteneği.*
- ***Kalibrasyon:*** *Bir ölçüm ekipmanının aynı veya bir üst seviye ekipman ile uygun bir ortamda karşılaştırılması ve sonuçların dokümante edilmesi işlemi.*
- ***Doğrulama:*** *Bir ölçüm ekipmanının belirli bir amaca uygunluğunun, tanımlanmış bir yöntem kullanılarak ortaya konması.*

TS EN ISO 9001:2000
Madde 7.6 İzleme ve Ölçme Cihazlarının Kontrolü

Kuruluş, taahhüt edilen izleme ve ölçmeyi ve ürünün belirlenen şartlara uygunluğunu kanıtlamak için gereken izleme ve ölçme cihazlarını belirlemelidir (Madde 7.2.1).
Kuruluş, izleme ve ölçmelerin yapılabilmesini ve bunların izleme ve ölçme şartları ile tutarlı olmasını sağlayacak prosesleri oluşturmalıdır.
Gerekli olduğunda, geçerli sonuçların sağlanması için ölçme teçhizatı:

a) Belirlenmiş aralıklarla veya kullanımdan önce uluslar arası veya ulusal ölçme standartlarına kesintisiz bir zincirle izlenebilir ölçme standartları ile kalibre edilmeli veya doğrulanmalıdır. Bu tipte sandartların bulunmadığı yerlerde kalibrasyon ve doğrulamada esas alınan hususlar kaydedilmelidir.
b) Ayarlanmalı veya gerekli olduğunda tekrar ayarlanmalıdır.
c) Kalibrasyon durumunu tespit etmeye imkan verecek şekilde tanımlanmış olmalıdır.
d) Ölçme sonuçlarını geçersiz kılacak biçimde ayarlanmamalı ve bundan kaçınılmalıdır.
e) Taşıma, bakım ve depolanma sırasında hasar ve bozulmalara karşı korunmalıdır.

Ek olarak, kuruluş, teçhizatın şartlara uygunluğu bulunmadığında, daha önceden yapılmış ölçme sonuçlarının geçerliliğini değerlendirmeli ve bu sonuçların geçerliliğini kaydetmelidir. Kuruluş, bu durumdan etkilenen teçhizat ve ürün hakkında uygun tedbiri almalıdır. Kalibrasyon ve doğrulama sonuçlarının kayıtları muhafaza edilmelidir (Madde 4.2.4).

Belirlenmiş şartların izlenmesinde ve ölçülmesinde kullanıldığında bilgisayar yazılımının, amaçlanan uygulamayı yerine getirme yeteneği teyit edilmelidir. Bu işlem, ilk kullanımdan önce yapılmalı ve gerektiğinde yeniden teyit edilmelidir.

Not: Kılavuzluk için ISO 10012-1 ve ISO 10012-2 standartlarına bakınız.

ISO/TS 16949:1999
Madde 4.11 Muayene, Ölçme ve Deney Ekipmanının Kontrolu

• ***Madde 4.11.1.1. Genel***

• *Tedarikçi, ürünün belirlenen şartlara uygunluğunu göstermek amacıyla, kullandığı ölçme, muayene ve deney teçhizatının (deney yazılımları da dahil) kontrolü, kalibrasyonu ve bakımı için dokümante edilmiş prosedürleri oluşturmalı ve sürekliliğini sağlamalıdır. Muayene, ölçme ve deney teçhizatı, ölçüm belirsizliğinin bilindiğinden ve bu belirsizliğin istenilen ölçüm yeteneği ile tutarlılığından emin olunacak şekilde kullanılmalıdır.*

• *Deney yazılımları ve deney donanımları gibi kıyaslama referansları, muayenenin uygun şekli olarak kullanıldığında, bunların üretim, tesis ve servis sırasında ürünün kullanımından önce kabul edilebilirliğini doğrulayabilecek yeterlilikte olduğunu sağlamak için kontrol edilmeli ve bu kontrol belirli aralıklarla tekrarlanmalıdır. Tedarikçi, bu kontrolların kapsam ve sıklığını belirlemeli ve kontrolların yapıldığını gösteren kayıtları delil olarak muhafaza etmelidir (Madde 4.16).*

• *Muayene, ölçme ve deney cihazlarına ait teknik verilerin hazır bulundurulması belirtilmiş bir şart ise, müşteri veya temsilcisi tarafından istendiğinde bu veriler, cihazların fonksiyonel yeterliliğinin doğrulanması için hazır bulundurulmalıdır.*

• *NOT 1 Bu standardın amacı bakımından "ölçme ekipmanı" terimi ölçme cihazlarını da kapsar.*

ISO/TS 16949:1999
Madde 4.11 Muayene, Ölçme ve Deney Ekipmanının Kontrolu

Madde 4.11.1.2. Ölçüm Sistemleri Analizi

Her tip ölçüm ve deney ekipman sistemlerinin sonuçlarında var olan <u>değişkenliğin analiz edilmesi amacıyla uygun istatistiksel çalışmalar yürütülecektir</u>. Bu şart kontrol planında referans verilen tüm ölçüm sistemlerine uygulanacaktır (bakınız 4.2.4.10). Bu çalışmalarda kullanılan analitik teknikler ve kabul kriterleri, ***sapma****,* ***doğrusallık****,* ***kararlılık****,* ***tekrarlanabilirlik*** *ve* ***yeniden üretilebilirlik*** *çalışmalarını da içerecek şekilde mümkün olduğu kadar ölçüm sistemleri analizine dair müşteri referans kılavuzlarına uygun olacaktır. Şayet müşteri tarafından onaylanmış ise, diğer analitik teknikler ve kabul kriterleri kullanılabilir.*

NOT: Kullanılacak spesifik yöntemin seçimi, ölçüm sisteminin tekniğine, yöntemin içinde çalışacağı koşullara ve üretilen verinin kullanım amacına dayandırılmalıdır.

Madde 4.11.2. Kontrol Prosedürü

Tedarikçi:

Yapılacak ölçümleri ve istenilen doğruluğu tanımlamalı ve <u>gereken doğruluk ve hassasiyeti sağlayacak uygun muayene, ölçme ve deney teçhizatını seçmeli,</u>

Ürün kalitesini etkileyebilecek tüm muayene, ölçme ve deney cihazlarını tanımlamalı ve bunları belirlenmiş zaman aralıklarında veya kullanımdan önce kabul edilen uluslar arası veya ulusal standartlar ile bağlantılı olduğu bilinen, sertifikalı teçhizatı esas alarak kalibre etmeli, ayarlamalı ve bu standartların yokluğunda kalibrasyonda esas alınan hususları doküman haline getirmeli,

ISO/TS 16949:1999
Madde 4.11 Muayene, Ölçme ve Deney Ekipmanının Kontrolu

Madde 4.11.2. Kontrol Prosedürü (devam)

Teçhizat tipinin detaylarını, tanıtım numarasını, konumunu, kontrol sıklıklarını, kontrol yöntemini, kabul kriterlerini ve sonuçların yetersizliği durumunda alınacak önlemleri de kapsayan muayene, ölçme ve deney teçhizatının kalibrasyonları için kullanılacak yöntemleri belirlemeli,

Muayene, ölçme ve deney teçhizatını, kalibrasyon durumunu gösterecek şekilde uygun bir işaret veya onaylanmış bir tanıtım kaydı ile tanımlanmalı,

Muayene, ölçme ve deney teçhizatına ait kalibrasyon kayıtlarını muhafaza etmeli (Madde 4.16),

Muayene, ölçme ve deney teçhizatının kalibrasyonunun sağlanamadığının tespit edilmesi durumunda daha önce yapılmış olan muayene ve deney sonuçlarının geçerliliğini değerlendirmeli ve dokümante etmeli,

Kalibrasyon, muayene, ölçme ve deneylerin yerine getirilebilmesi için uygun çevre şartlarını sağlamalı,

Muayene, ölçme ve deney teçhizatının, taşınma, muhafaza ve depolanmasının kullanım için doğruluğunu ve uygunluğunu sağlamalı,

Deney donanımları ve deney yazılımlarını da kapsayan muayene, ölçme ve deney olanaklarını, kalibrasyonu geçersiz kılacak ayar işlemlerinden korumalıdır.

NOT: ISO 10012'de verilen Ölçüm Teçhizatı İçin Kalite Güvence Şartları-Kısım 1: Ölçüm Ekipmanları için Metrolojik Onay Sistemi kılavuz olarak kullanılabilir.

Temel Ölçümbilim ve Kalibrasyon Eğitimi Programı

Giriş/Bazı Tanımlar

Metroloji, Akreditasyon, Standardizasyon

Kalibrasyon/Doğrulama ve İzlenebilirlik

Standartlar Sıradüzeni

Ölçme ve Ölçme Sistemlerinin Analizi

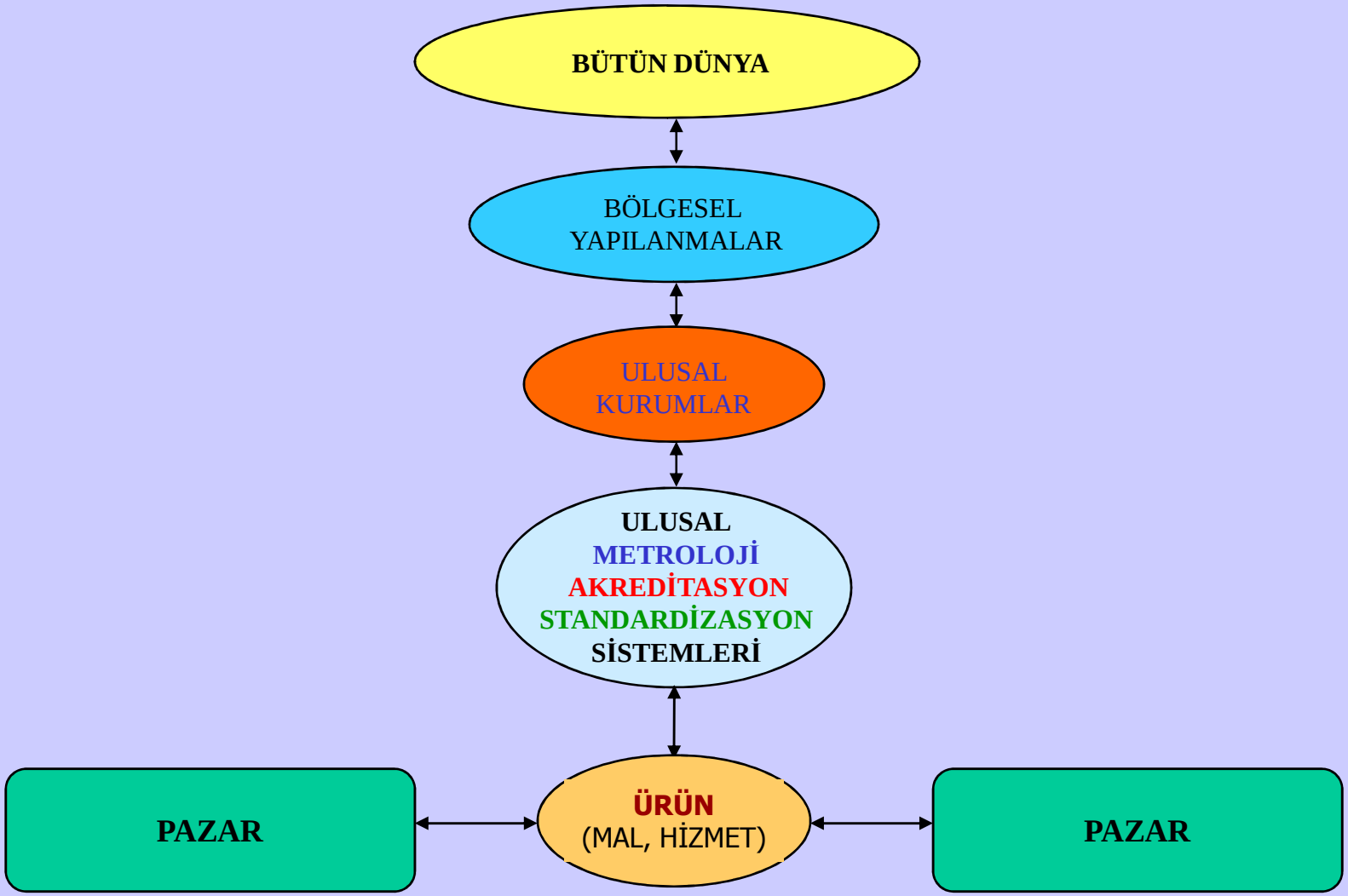
Belirsizlik

Boyutsal Ölçüm Cihazları (Mastar Bloklar, Kumpas, Mikrometre)

Boyutsal Kalibrasyon Yapacak Laboratuarlarda Aranan Koşullar

Kalibrasyon ve İzlenebilirlik Sistemi Değerlendirme

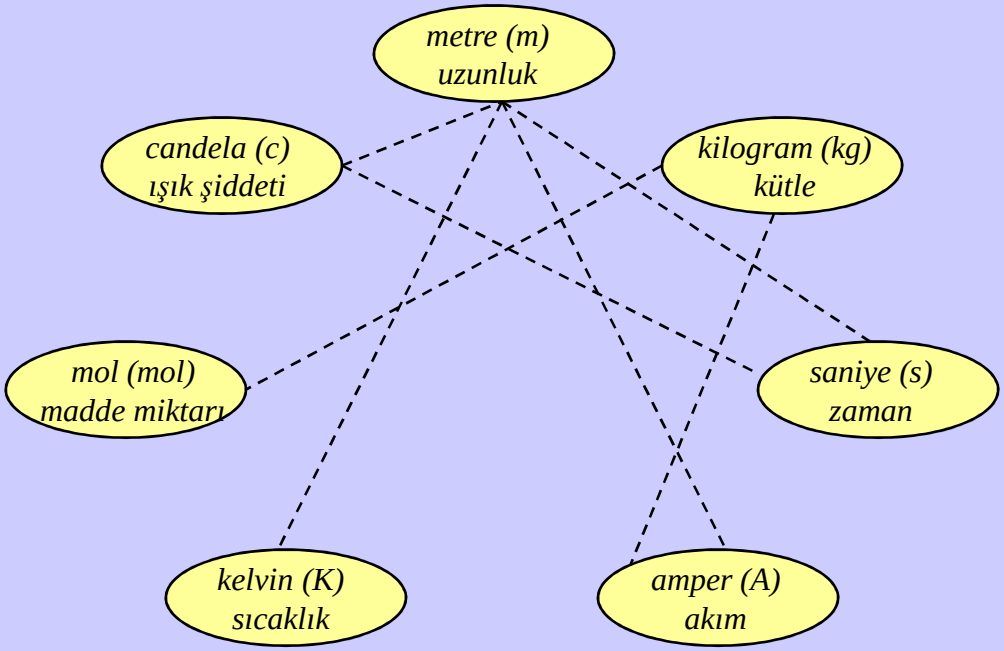
Uygunluk Değerlendirmesinde Küresel Yaklaşım
(Metroloji, Akreditasyon, Standardizasyon)



Metroloji ve SI Temel Birimleri

Uluslar arası birimler sistemine (SI) göre tüm büyüklüklerin ölçümünde yedi temel birim ve bu temel birimlerden türetilen birimler kullanılır. Metrik Sistem olarak da anılan bu sistemin birimleri ve birimler arası ilişkiler aşağıda gösterilmektedir:

SI TEMEL BİRİMLERİ



SI Temel Birimleri

METRE

- Metre (m), uzunluğa ait temel ölçü birimidir.
- Bir metre, ışığın boşlukta saniyenin 1/299,792,458'i kadar sürede aldığı yolun uzunluğudur.
- UME ve bir çok metroloji enstitüsünde metre standardını oluşturmak için he-ne lazer kullanılır.

KİLOGRAM

- Kilogram (kg), kütleye ait temel ölçü birimidir.
- Bir kilogram, uluslararası kilogram prototipinin kütlesidir. Kilogram prototipi Paris'te bulunan Ölçü ve Ağırlıklar Bürosu'nda (BIPM) muhafaza edilmektedir.
- Türkiye'ye ait kilogram prototipinin numarası 54'dür ve UME'de muhafaza edilmektedir.
- 1990-1993 arasında yapılan ölçümlerde bu prototipin ağırlığı 1.000 000 234 kg bulunmuştur. (Belirsizlik: 0.000 000 024 kg)

SANİYE

- Saniye (s), zamana ait temel ölçü birimidir.
- Bir saniye, sezyum 133 cs atomunun, temel enerji durumunda iki süper ince düzeyi arasındaki geçişe karşılık gelen ışımanın 9.192.631.770 periyodluk süresidir.

SI Temel Birimleri

AMPER

- Amper (A), elektriksel akım şiddetine ait temel ölçüm birimidir
- Bir amper, boşlukta birbirlerinden bir metre uzaklıkta bulunan, kesitleri ihmal edilebilecek kadar küçük silindirik iki paralel iletkenden geçirildiğinde, bu iletkenler arasında metre başına 2×10 e-7 newton'luk bir kuvvet oluşturan, zamana bağlı olarak değişmeyen elektrik akım şiddetidir.

KELVİN

- Kelvin (°K), termodinamik sıcaklığa ait temel ölçü birimidir.
- Bir kelvin, suyun üçlü noktasının termodinamik sıcaklığının 273.16'da biridir.

KANDELA

- Kandela (cd) , ışık şiddetine ait temel ölçü birimidir.
- Bir kandela 540 x 10 e 12 hertz'lik bir titreşime sahip monokromatik bir ışık kaynağının 1 steradyanlık katı açıda sağladığı aydınlatma şiddetinin 1/683'üdür

MOL

- Mol madde miktarına ait temel birimdir.
- Bir mol, 0.012 gram karbon-12 içerisindeki atom sayısıdır.

Başlıca SI Türetilmiş Büyüklükleri ve Birimleri

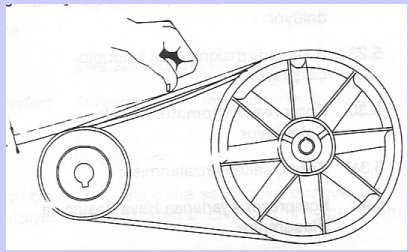
BÜYÜKLÜK	SI BİRİM ADI	SEMBOL
ALAN	METREKARE	M^2
HACİM	METREKÜP	M^3
HIZ	METRE/SANİYE	M/S
İVME	METRE/SANİYE KARE	M/S^2
YOĞUNLUK	KİLOGRAM/$METRE^3$	KG/M^3
AKIM YOĞUNLUĞU	AMPER/$METRE^2$	A/M^2
AYDINLATMA	KANDELA/$METRE^2$	CD/M^2
FREKANS	HERTZ	HZ
KUVVET	NEWTON	N
BASINÇ GERİLME	PASCAL	PA
ENERJİ İŞ	JOULE	J
GÜÇ	WATT	W
ELEKTRİK YÜKÜ	COULOMB	Q
POTANS FARKI	VOLT	V
ELEKTRİK DİRENCİ	OHM	Ω
KAPASİTANS	FARAD	F
MAGNETİK AKI	WEBER	WB
MAG.AKI YOĞ.	TESLA	T
İNDÜKTANS	HENRY	H
IŞIK AKISI	LÜMEN	LM
DIN. VISKOSITE	PASCAL.SANİYE	PA.s
MOMENT	NEWTON.METRE	N.m
ISIL İLETKENLIK	WATT/M^0K	W/(m K)
PERMİTİVE	FARAD/IMETRE	F/m

Metroloji sisteminin yapılanması

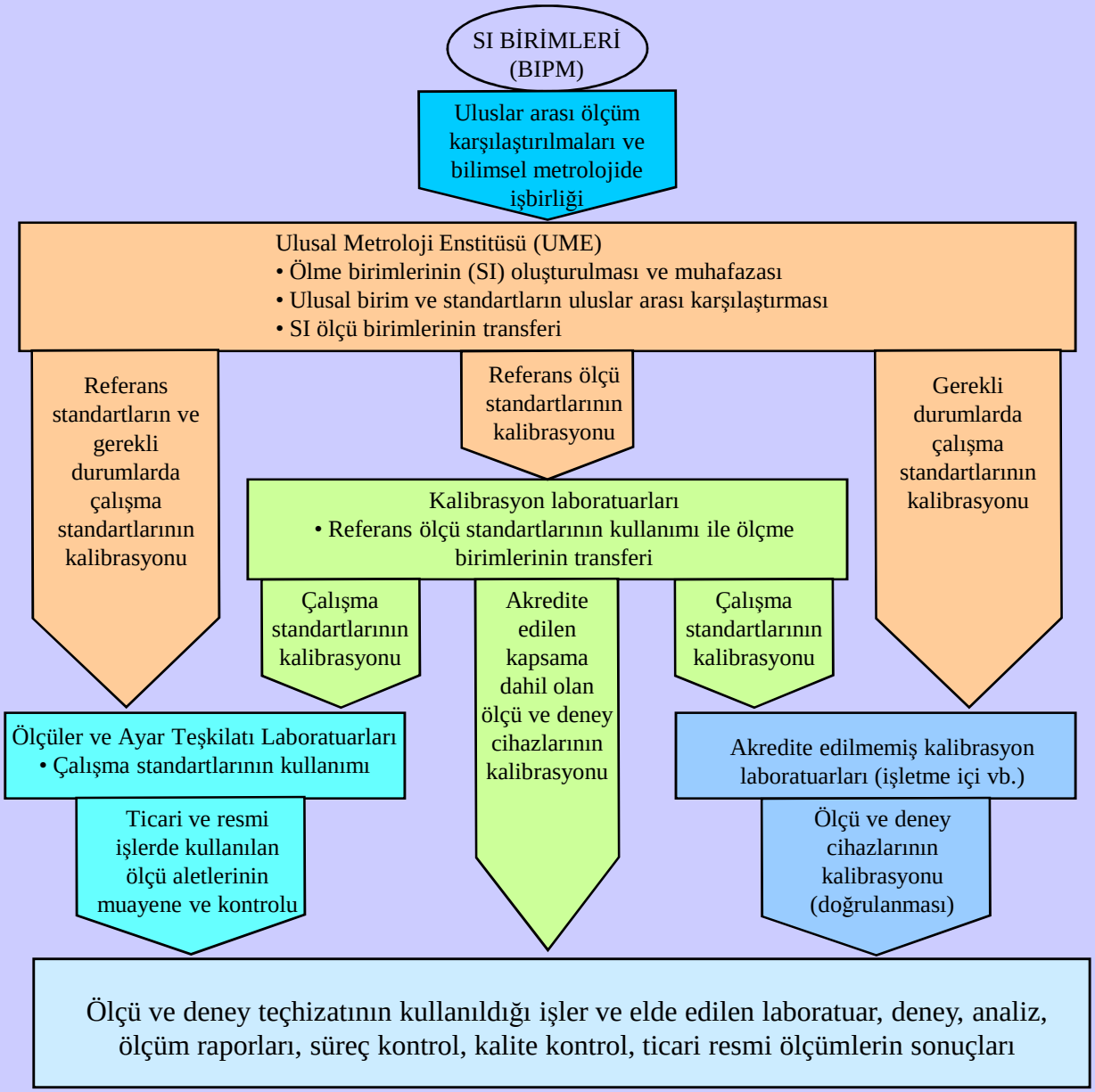
Ülkelerde ve bizim ülkemizde metroloji sisteminin altyapısı genellikle aşağıdaki şemada olduğu gibidir:

Metroloji Alanı

- *Bilimsel Metroloji*
- *Endüstriyel Metroloji*
- *Yasal Metroloji*



Metroloji ve Ulusal Metroloji Sistemi



ZORUNLU !..

- Uluslar arası karşılaştırmalar
- UME Faaliyetleri
- Kalibrasyon Lab. Faaliyetleri
- Resmi Lab. Faaliyetleri
- İşletme İçi Lab. Faaliyetleri
- Üretim Faaliyetleri

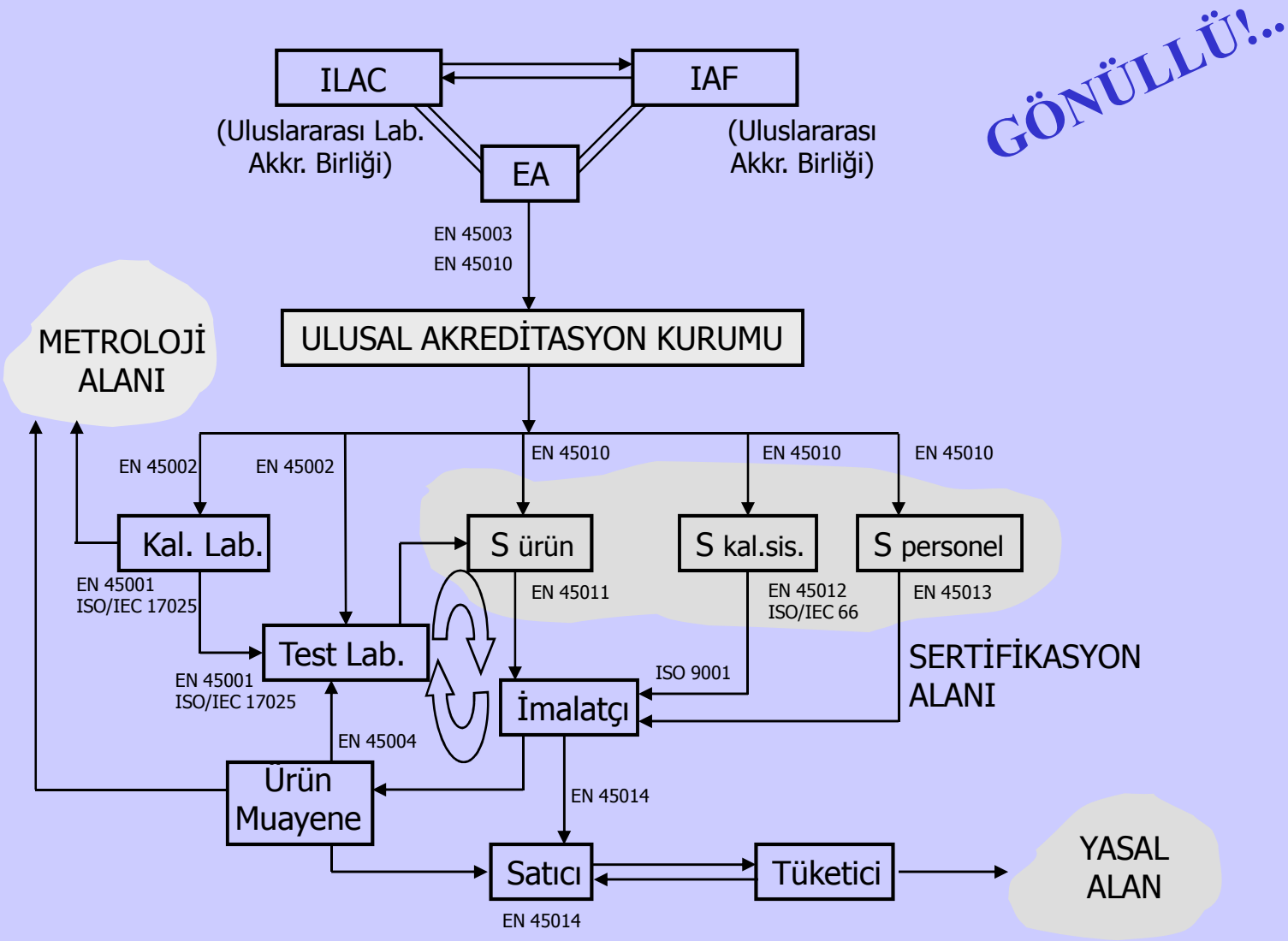
Akreditasyon

Akreditasyon, laboratuarların, muayene ve belgelendirme kuruluşlarının ulusal ve uluslar arası kabul görmüş teknik kriterlere göre değerlendirilmesi, yeterliliğinin onaylanması ve düzenli aralıklarla denetlenmesini ifade eden bir kavramdır.

Akredite laboratuar olmanın sağlayacağı avantaj:
Laboratuar akreditasyonu, teknik yeterliliğin güvenilir bir göstergesi olarak hem ulusal hem de uluslar arası yüksek saygınlığı ifade eder. Laboratuar akreditasyonu, laboratuarların yeterliliğinin resmi olarak tanınmasını sağlayarak müşterilere güvenilir deney, analiz ve kalibrasyon hizmetlerini belirleme ve seçmede kolay bir yöntem sunar.
Laboratuarların akredite edilmesi için yapılan işlemler uluslar arası kriterlere göre düzenlenmiş ve standartlaştırılmıştır. Akreditasyon için kullanılan ortak yaklaşım sayesinde, akredite laboratuarlar tarafından düzenlenen rapor ve sertifikalar uluslar arası kabul görmektedir. Böylece, ülkeler arasındaki mal ticaretinde o ürünle ilgili deney ve analiz tekrarları önlenerek masraflar azaltılmaktadır.

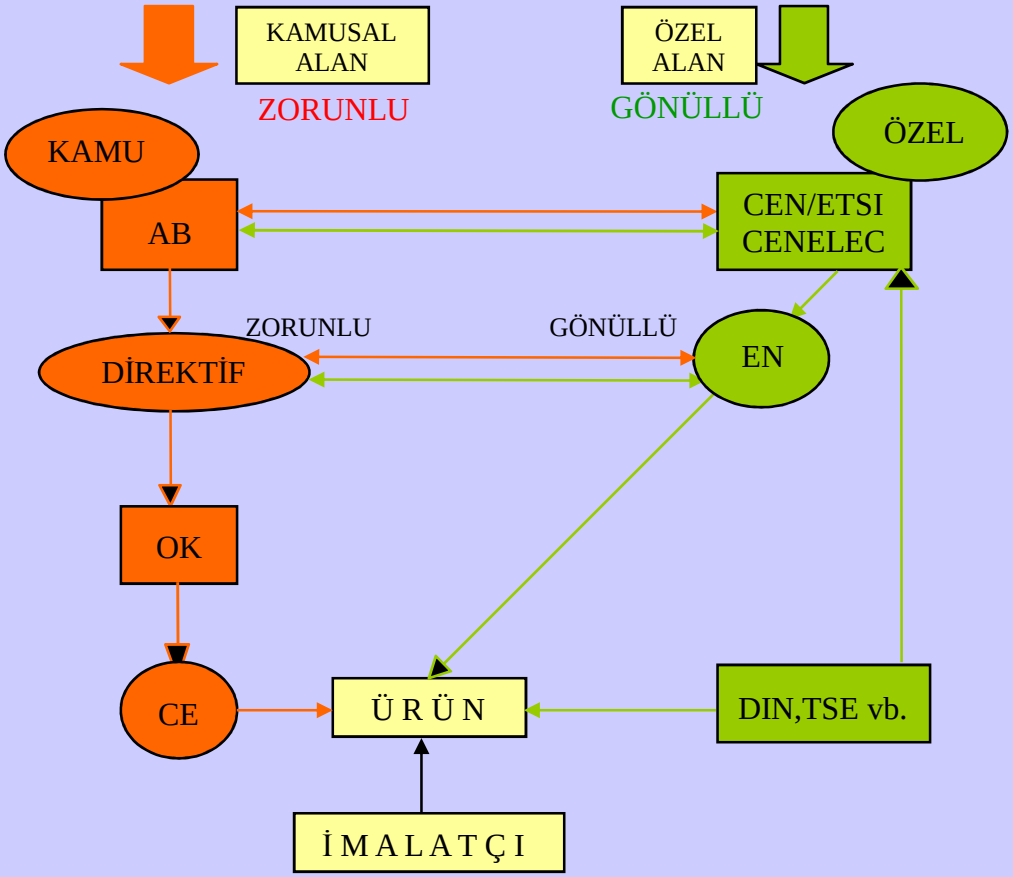
Hizmet alınacak bir laboratuarın seçiminde önemli olan faktörler:
- Çalışan personelin vasıfları, eğitim durumu, deneyimi,
- Deney/ölçüm donanımının teknolojik durumu ve kalibrasyonu,
- Numune alma metodlarının uygunluğu,
- İstenen sonucu veren nitelikte deney metodlarının kullanılabilirliği,
- Ulusal/uluslar arası ölçüm standartlarına göre izlenebilirlik,
- Etkin kayıt ve rapor sunma sistemi,
- Deney/ölçüm tesislerinin niteliği

Akreditasyon sisteminin yapılanması (Avrupa)



GÖNÜLLÜ!..

Standart ve standardizasyon sistemi (avrupa)



AB/ABD BENZERLİKLER :

• Standart çalışmaları komiteler aracılığı ile ve uzlaşmayla gerçekleştirilir,

• Teknik uzmanlar ve diğer katılımcılar gönüllü olarak ve baskı altında tutulmadan çalışırlar,

• standart çalışmalarının yönetsel, idari ve lojistik desteği ile, standartların yazılması, basılması, yayımlanması, satılması ve dağıtılması işleri, standart kurumları tarafından yapılır.

AB/ABD FARKLILIKLAR :

• Avrupa'da ulusal ve bölgesel standart kurumlarının merkezi bir yapısı vardır. Buna karşılık ABD'de çok sayıda standart geliştiren taraf vardır,

• AB'de ulusal kurumlar tarafından yürütülen standart faaliyetleri, ABD'de sektörler tarafından yerine getirilir,

• Avrupa'daki bir ulusal standart kurumuna üyelik için, Avrupalı olmak veya Avrupa'da iş yapıyor olmak gerekir. (Yalnızca ETSI için bu koşul aranmaz) ABD'de sektöre ve konu üzerindeki küresel ilgiye bağlı olarak, teknik komitelere başka uluslardan üyelik olabilir.

Temel Ölçümbilim ve Kalibrasyon Eğitimi Programı

Giriş/Bazı Tanımlar

Metroloji, Akreditasyon, Standardizasyon

Kalibrasyon/Doğrulama ve İzlenebilirlik

Standartlar Sıradüzeni

Ölçme ve Ölçme Sistemlerinin Analizi

Belirsizlik

Boyutsal Ölçüm Cihazları (Mastar Bloklar, Kumpas, Mikrometre)

Boyutsal Kalibrasyon Yapacak Laboratuarlarda Aranan Koşullar

Kalibrasyon ve İzlenebilirlik Sistemi Değerlendirme

Kalibrasyon/doğrulama

Kalibrasyon, *bir ölçüm ekipmanının aynı veya bir üst seviye ekipman ile uygun bir ortamda karşılaştırılması ve sonuçların dokümante edilmesi işlemidir.*

Kalibrasyon işleminde bütün ölçümler en üst seviyedeki standarda zincirleme bağlanır. Buna izlenebilirlik (traceability) denir.

İzlenebilirlik sayesinde herhangi bir yer ve zamanda yapılan ölçümlerin, başka bir yer ve zamanda yapılan ölçümler ile uyumluluğu sağlanır.

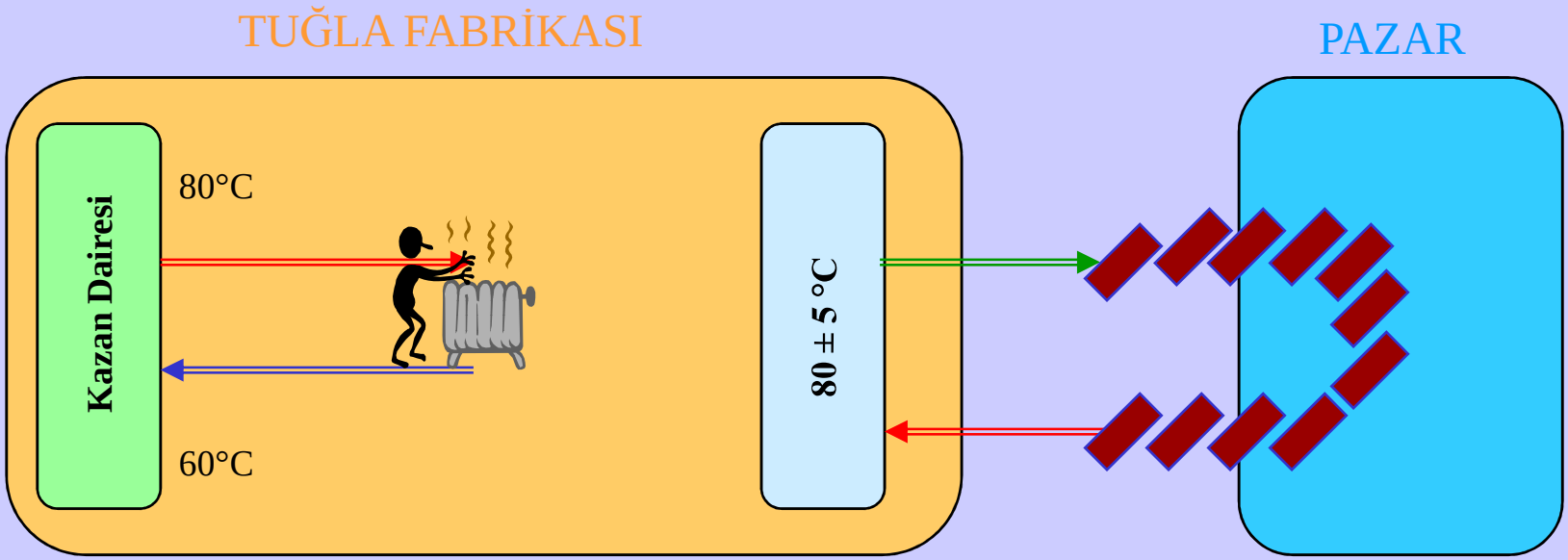
Endüstri devriminin ilk başlarında birbirleriyle bütünlenen parçalar aynı yer ve aynı zamanda yapılıyordu. Bu nedenle farklı yer ve zamanlarda yapılan ölçümlerin uyumu sorunu yoktu.

1850'lerde Amerika'da Eli Whitney silah parçalarının farklı yerlerde üretimini gündeme getirince ölçümlerin uyumu gerekli hale geldi.

İngiltere'de Joseph Whitworth vida ve somunların birbirleriyle değiştirilerek kullanımına öncülük etti.

Zamanımızda, parçaların farklı yer ve zamanlarda üretilerek başka yer ve zamanlarda bütünlenmesinin gerekliliği kalibrasyonun önemini artırmıştır.

Kalibrasyona ne zaman ihtiyaç var?



Kalibrasyona ne zaman ihtiyaç var?

Radara Yakalandınız ...
Arabanızın hız göstergesi 85-90 km/saat gösterirken, 90 km/saat hız sınırını aştığınız iddia ediliyor ve ceza alıyorsunuz.

Peçeteler Eksik Çıktı ...
Lokantanız var ve çok miktarda kağıt peçete kullanıyorsunuz. Kağıt peçete paketlerinin üzerinde 100±2 adet yazıyor. Bir gün merak edip bir paketi saydınız ve 96 adet peçete olduğunu gördünüz.

Köprü Alçakmış ...
Bir iş makinası kamyon üzerinde naklediliyor. Azami yükseklik 445 cm. olarak ölçülmüş. ‘Gabari Yüksekliği’ 4.5 metre olan bir köprünün altından geçilirken yük takılıyor.

Kalibrasyon Hiyerarşisi

Uluslararası seviye
Uluslararası seviyede, Uluslararası Birimler Sistemi (SI) ve birincil standartların elde edilmesine ilişkin kararlar, Ölçüler ve Ağırlıklar Genel Konferansı (CGPM) tarafından alınır. Ölçüler ve Ağırlıklar Bürosu (BIPM) ise birincil standartların geliştirilmesi ve muhafaza edilmesi çalışmalarının eşgüdümünü sağlar, bu standartların karşılaştırmalarını organize eder.

Ulusal Metroloji Enstitüleri
Tüm ülkelerde, Ulusal Metroloji Enstitüleri, metroloji alanındaki en üst otoritelerdir. Bu enstitülerin temel görevi, ülke içerisinde izlenebilirliğin sağlanması için, ülkenin 'ulusal standardı'nı fiziksel olarak oluşturmaktır. Eğer ulusal metroloji enstitüsünün ilgili SI birimini gerçekleştirme kabiliyeti varsa, ulusal standart bu birimin (birincil standart) kendisi veya bu birim tarafından izlenebilir olan standarttır. Eğer enstitünün bu kabiliyeti yoksa, enstitü ölçümlerin başka bir ülkede oluşturulmuş birincil standarda göre izlenebilirliğini sağlamalıdır. Ulusal Metroloji Enstitüsü, birincil standartların uluslararası karşılaştırmalara girmesini sağlamalıdır. Bu özellikleriyle Ulusal Metroloji Enstitüleri, bir ülkede kalibrasyon hiyerarşisinin en tepesinde olan kurumlardır. Batı Avrupa Ulusal Metroloji Enstitüleri bir araya gelerek EUROMET olarak örgütlenmişlerdir.

Akredite Kalibrasyon Laboratuarları
Kalibrasyon Laboratuarları Akreditasyon Kuruluşları, endüstride ve diğer alanlarda yer alan kalibrasyon laboratuarlarını oluşturulmuş kriterlere göre akredite ederler. Avrupa'da bu kriterler EN 45001 (daha sonra ISO/IEC 17025) standardı ile tanımlanmıştır. Laboratuarlar genellikle belirli cihazların kalibrasyonu için akredite edilirler.
Akredite edilmiş laboratuarlar işletme kalibrasyon hiyerarşisinin en üstünde yer alırlar. Laboratuarlar, işletmelerin **çalışma standartlarını (işletme standardı)** belirli aralıklarla, Ulusal Metroloji Enstitüsü veya bir akredite laboratuar tarafından kalibre edilmiş referans standartlar ile karşılaştırırlar.
Akredite laboratuarlar istek üzerine, kalibrasyon ve ölçme kabiliyeti olmayan kurumlar, ürün sertifikasyonu yapan özel test laboratuarları gibi üçüncü taraflara kalibrasyon hizmeti verirler.
Not: Eğer akredite bir laboratuar belirli bir kalibrasyon işlemini yürütecekse, hizmeti alan taraf, tespit edilen ölçüm belirsizliğinin kalibre edilen ölçüm cihazının öngörülen kullanımına uygun olduğundan emin olmalıdır.

Kalibrasyon laboratuarları sonuçları **kalibrasyon sertifikası** ile dokümante ederler.

Avrupa Kalibrasyon Laboratuarları Akreditasyon Kuruluşları, Avrupa Akreditasyon Laboratuarları İşbirliği (EAL) olarak örgütlenmişlerdir. EAL'nin en önemli amaçlarından biri, bir ülkedeki akredite laboratuar tarafından yayımlanmış kalibrasyon sertifikalarının diğer ülkeler tarafından kabul edilmesini sağlamaktır. Bunun sağlanabilmesi için, laboratuarlar ve akreditasyon kuruluşlarının uyum içerisinde çalışması gerekir. EAL Çok Taraflı Anlaşması ile, bu anlaşmayı imzalayan taraflardan birince akredite edilmiş bir laboratuarın yayımladığı sertifikanın, diğer imza sahiplerince akredite edilmiş laboratuarlar tarafından yayımlanan sertifikalarla eş değerde olduğu kabul edilir.

İşletme İçi Kalibrasyon (Fabrika Kalibrasyonu)

İşletme içi kalibrasyon sistemi ile, bir işletmede kullanılmakta olan tüm ölçüm ve test ekipmanının işletmenin kendi referans standartlarıyla düzenli olarak kalibre edilmesi sağlanır. İşletme referans standartları ise bir akredite laboratuarda veya Ulusal Metroloji Enstitüsü'nde kalibre ettirilerek *ölçümlerin izlenebilirliği* sağlanır. İşletme içi kalibrasyon, fabrika kalibrasyon sertifikası, kalibrasyon etiketi veya başka uygun bir yöntem ile gösterilir. Kalibrasyon bilgilerinin belirlenmiş süre boyunca saklanması gerekir.

İşletme içi kalibrasyonun metrolojik kontrolunun nitelik ve amacı ilgili işletme tarafından belirlenir. Ölçüm ve test ekipmanı ile ilgili elde edilen sonuçların yeterli hassaslık ve güvenilirlikte olması için, yapılan çalışmalar belirli uygulamalardan referans almalıdır. EN ISO 9000 serisi standartların gereklerinin karşılanması için işletme içi kalibrasyon yapan birimlerin akreditasyonu gerekmemektedir. Ancak, bir işletme içi kalibrasyon sertifikasının, bir dış kuruluş tarafından izlenebilirlik kanıtı olarak kullanılması durumunda, sertifikayı yayımlayan taraf konu ile ilgili uzmanlığını gösterebilmelidir.

İzlenebilirlik, Esas Olan İzlenebilirliği Sağlamaktır...

• Kullandığınız arabanın markası ve modeli nedir? Aslında arabanızın ne olmasını isterdiniz?

• Kullandığınız araba çok yüksek model bir Mercedes olabileceği gibi, 1985 model bir Lada da olabilir, 1990 model bir Tofaş da. Kullandığınız arabanın bunlardan biri olmasını engelleyen bir yasa yoktur. Ancak arabanız ne olursa olsun yasal olarak karşılanması gereken zorunluluklar vardır: Plaka, eksoz emisyonu muayenesi, trafik sigortası, emniyet kemeri vb.

• *Yasal gerekliliklerin* sağlanması koşuluyla, *satın alabildiğiniz* her marka/model arabayı kullanabilirsiniz.

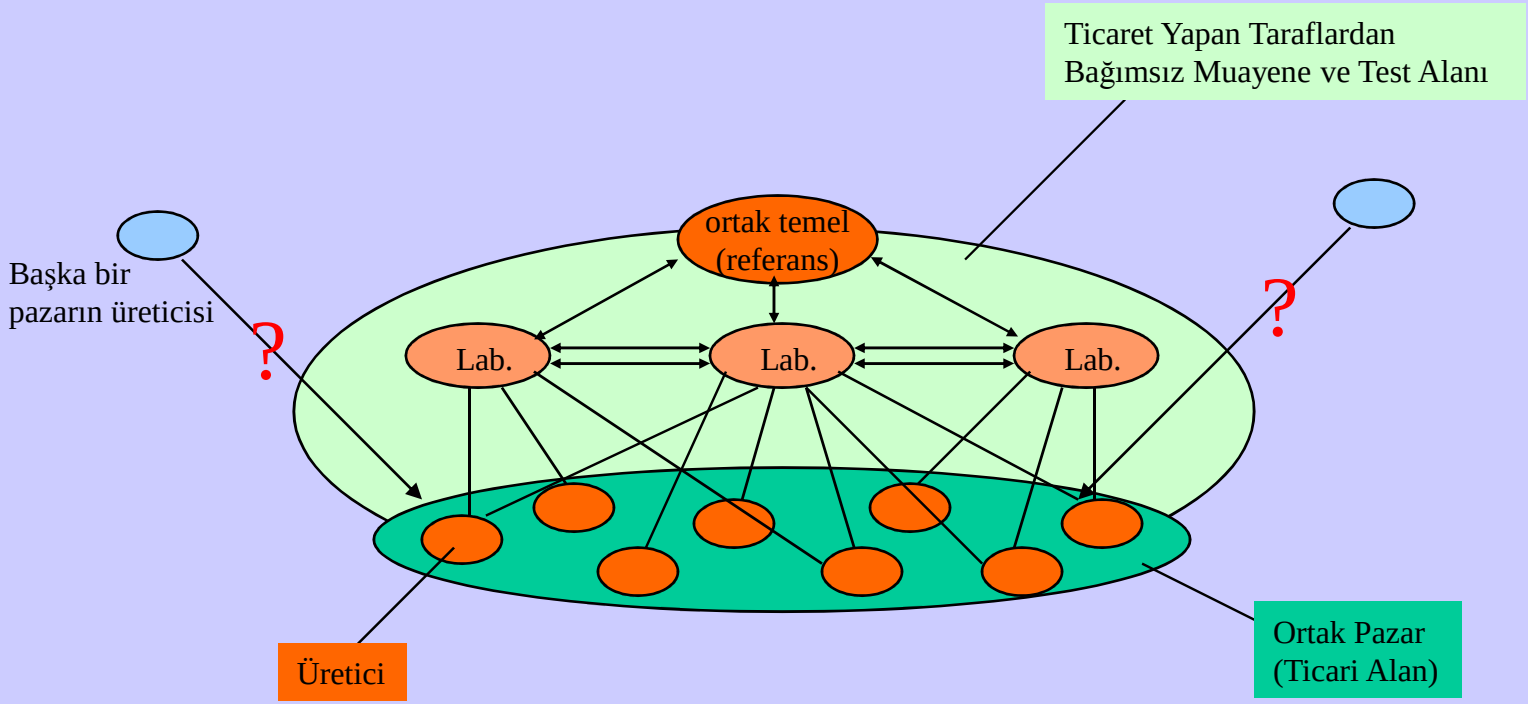
• Herkes her zaman, *daha iyi* bir araba almak ister. Daha iyi araba nedir:
- Daha güvenilir,
- Modeli daha yüksek,
- Daha dayanıklı,
- Daha hızlı,
- Daha emniyetli,
- Daha konforlu,
- ...

Bir arabaya sahip olmanızın temel koşulu, arabanıza ait *kayıtların* olmasıdır. Kayıtlar arabanızın *izlenebilir* olmasını sağlar. *İzlenebilirlik yasal gerekliliktir, zorunludur.*

Yasal gerekleri yerine getirdikten sonra, artık *gönüllü alandasınız*. Amaçlarınız ve önceliklerniz doğrultusunda, parasını ödeyerek dilediğiniz arabayı kullanabilirsiziniz.

Bu durum ölçmek amaçlı kullanılan cihaz/ekipman için de geçerlidir. Yaptığınız ölçümlerin güvenilir olduğunu göstermenin temel koşulu, kullandığınız cihaz/ekipmanın kayıtlı, dolayısıyla da *izlenebilir* olmasıdır. İzlenebilirlik gösterilemediği sürece, kullanılan cihaz/ekipmanın *marka/modeli* ne olursa olsun, ölçüm sonuçlarının güvenilirliğinden kuşku duyulur.

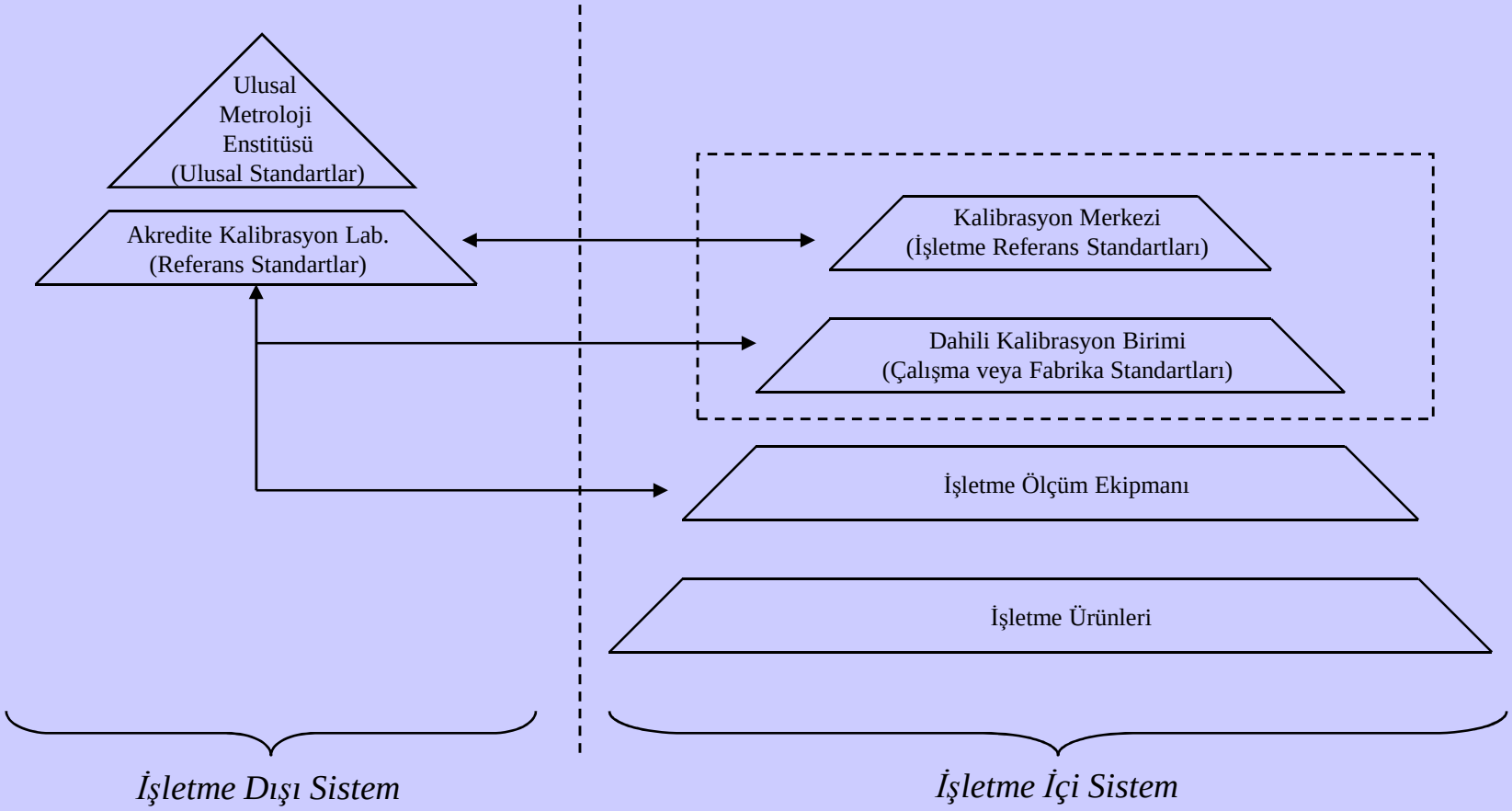
Ölçüm sonuçlarımızı, tercihen dünya ölçeğinde kabul edilmiş, ortak bir temelden izlenebilir duruma getirmemiz gerekir...



Kalibrasyon, İzlenebilirlik

Kalibrasyon, bir ölçüm ekipmanı göstergesinin, ‘doğru’ kabul edilmiş değerden sapmasının belirlenerek dokümante edilmesidir.

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



Kalibrasyon/doğrulama Sistemi Dokümantasyonu

Kalibrasyon/doğrulama sisteminin işler olduğunu kanıtlamanın kaçınılmaz yolu, sistem ile ilgili dokümantasyonun var olmasıdır. Bilindiği üzere başta ISO 9000 serisi standartlar olmak üzere, kalite yönetimi ile ilgili evrensel standartların hepsinde yazılı dokümanlar ve kayıtların yeri oldukça önemlidir. Var olduğu söylenen bir sistemin gerçekten var olduğu, işlemekte olduğu ve sürekli yenilenmekte olduğu müşterilere ve üçüncü taraflara yalnızca dokümanlar ve kayıtlarla gösterilebilir. İyi işleyen bir kalibrasyon/doğrulama sistemi için, başlıcaları aşağıda belirtilen dokümanların hazırlanması ve işler duruma getirilmesi gerekir:

- *Kayıtlar*
- *Geri Çağırma Sistemine İlişkin Dokümantasyon*
- *Sisteme İlişkin Prosedürler*
- *Cihazlara İlişkin Talimatlar*
- *Diğer Etiket ve Formlar*

Kayıtlar

Kalibrasyonu yapılan her bir ölçüm ekipmanı için kayıt tutulmalıdır. Kayıtlar elle yazılabildiği gibi bilgisayar, mikrofilm gibi elektronik veya manyetik ortamlarda da oluşturulup saklanabilir. Tutulan kayıtlar, yeniden başvurulmalarına gerek kalmayacak bir zamana kadar saklanmalıdır. Kayıtlarda ilgili cihaz ile aşağıdaki bilgiler yer almalıdır:

- Ölçüm ekipmanının tanımı,
- Kalibrasyon/doğrulama aralığı,
- Her bir kalibrasyon/doğrulama işleminin tarihi ve tekrar tarihi,
- Kalibrasyon/doğrulama sonucu (Kontrol edilen değerler ve sonuçları kaydedilebilir. Bazı durumlarda yalnızca ölçüm ekipmanının uygun olup olmadığını belirtmek yeterlidir.)
- Kullanılan kalibrasyon/doğrulama prosedürü, talimatı
- Ölçüm ekipmanının tolerans değerleri,
- Kalibrasyon/doğrulamada kullanılan standartlar (İzlenebilirliği sağlamak için önemlidir),
- Ortam koşulları ve var ise çevre koşulları nedeniyle yapılan düzeltmeler,
- Kalibrasyon/doğrulama sırasında yapılmış onarım, ayar gibi işlemler,
- Sınırlamalar,
- Kalibrasyonu/doğrulamayı yapan kişi ya da kuruluş,
- Kayıtlardaki bilgilerin doğruluğunu onaylayan kişi.

Cihaz Ana Listesi

Bir işletmede bulunan tüm ölçüm cihaz ve ekipmanının bulunduğu 'ana liste'.

1. S. No (1, 2, 3, ...)

2. Kod No (Cihaza işletme tarafından, kodlandırma talimatı uyarınca verilen kod numarası)

3. Cihaz Tanımı (Kumpas, manometre, termometre, kütle vb.)

4. Marka/Model (Cihazın üreticisi tarafından tanımlanmış olan marka/model)

5. Seri No (Varsa cihaz üreticisi tarafından verilmiş olan seri numarası)

6. Kapasite (Cihazın kullanılabildiği aralık, 0-150 mm. vb.)

7. Çözünürlük (0.05 mm., 0.1 bar vb. cihazın gösterebildiği en küçük birim)

8. Cihazın Bulunduğu Birim (Cihaz işletmede hangi birimde bulunuyor?)

9. Kullanım Amacı (Hammadde kontrolu, makinanın izlenmesi, mamul kontrolu, kalibrasyon/doğrulama vb.)

10. Sınıf (Ölçüm cihazı, transfer standardı, referans standart vb.)

Geri Çağırma Sistemi

Cihazlar kalibrasyon/doğrulama geçerlilik süresi dolmadan ya da bu süre tamamlandığında yeniden kalibrasyona/doğrulamaya tabi tutulmalıdır. Bu nedenle, kalibrasyon/doğrulama sürelerinin izlenmesi ve süreler dolduğu anda yeniden kalibrasyon/doğrulama yapılabilmesi için bir geri çağırma sistemi kurulmalıdır. Geri çağırma sistemi, kalibrasyon sisteminin bir parçasıdır.

Örnek (Geri Çağırma Formu)

Aşağıda listesi bulunan ölçüm ekipmanlarının en geç kalibrasyon tarihinden üç gün önce kalibrasyon/doğrulama laboratuvarına iletilmesi rica olunur.

NO	TANIMI	KALİBRASYON TARİHİ
KMB-058	KUMPAS	17.06.99
KMS-062	TERMOMETRE	19.06.99
KMP-002	BASINÇ MANOMETRESİ	26.06.99

KALİBRASYON LAB. SORUMLUSU:
KULLANICI: TARİH: 01.06.99

Prosedür ve Talimatlar

İşletmelerde kalibrasyon/doğrulama sürecinin işleyişi, bu süreçte yer alanların yetki ve sorumlulukları uygun prosedürler ile yazılı hale getirilmelidir. Tüm diğer prosedürler gibi gerektiğinde uygun değişiklikler yapılarak prosedürlerin sürekli işlerliği sağlanmalıdır. Bu arada cihazlar için yazılacak talimatlar ile de, kalibrasyon/doğrulamanın nasıl yapılacağı dokümante edilmelidir.

Etiketler

Ölçüm ekipmanları, ekipmanın statüsü ve kalibrasyon/doğrulama sonucuna göre çeşitli biçimlerde etiketlenirler. Etiket mümkünse cihazın üzerine, değilse, kutusunun, ambalajının veya bulunduğu rafın üzerine konabilir. Bu etiketlerden bazıları:

- *Kalibrasyon Etiketi*
- *Kullanmayın Etiketi*
- *Sınırlamalar Etiketi*
- *Kalibrasyon Gerekmez Etiketi*
- *Laboratuar Standardı Etiketi*

KALİBRASYON STATÜSÜ

TANIM NO : KMB-058
KALİBR. TARİHİ : 17.06.1999
TEK. KALİB. TARİHİ : 17.12.1999
KALİBRAS. YAPAN : HÜSEYİN

SINIRLAMALAR

TANIM NO: KMB-058 TARİH: 17.06.1999

İÇ ÇAP ÖLÇÜMÜNDE KULLANMAYIN

KULLANMAYIN

TANIM NO: KMB-058

☐ KALİBRASYONA TABİ

☐ TOLERANS DIŞI

☐ HURDA TARİH:17.06.1999

KALİBRASYON GEREKTİRMEZ

LAB. STANDARDI

TANIM NO: LS-009

Önemli tipik uygunsuzluklar

Kalibrasyon/doğrulama faaliyetlerinde en sık rastlanan ve tipik sayılabilecek uygunsuzluk durumları:

- Deney cihazının kalibrasyon/doğrulama sisteminde yer almıyor olması,
- Kalibrasyon/doğrulama tarihi geçmiş teçhizatın kullanılması,
- Kalibrasyon/doğrulama talimatlarının olmaması/yetersiz kalması,
- Kullanımdaki cihazların kalibrasyonlarının/doğrulamalarının yapılmamış olması,
- Kullanımdaki cihazların envanterde kayıtlı olmaması,
- Teçhizatın ürün parametrelerini ölçmede yetersiz kalması,

Ölçü cihazlarının mühürlenmesi

Kimi durumlarda, cihazların ayarlarını yetkisiz kişilerin müdahalesinden korumak için belli fiziksel engellemeler kullanılabilir. Yapılan bu işlem genellikle 'mühürleme' olarak anılmakta ve çoğunlukla aşağıdaki kurallar uygulanmaktadır:

- Bir cihazın doğruluğu, içindeki elemanların ayarı ile değişebiliyorsa cihazın ayar kısımları yetkisiz kişilerin erişimini engelleyecek biçimde mühürlenmelidir
- Mühürleme, kağıt etiket, kurşun, lehim, boya vb. kullanılarak yapılabilir.
- Mühürü kırılmış veya sökülmüş cihazlar derhal kullanımdan çekilmeli ve kalibrasyonu/doğrulaması yapılmalıdır.

Kalibrasyon/doğrulama alanında çalışacaklarda aranan genel nitelikler

Kalibrasyon/doğrulama çalışmalarında yer alacak çalışanların belirli nitelikleri taşımalarında yarar vardır. Sistemin sağlıklı yürümesi gerekli olan bu niteliklerin başlıcaları:

• İşini dikkatli ve uyum içerisinde yapabilmesi için sorumluluk ve kabullenme duygusu,
• Laboratuar pratiğini sürekli artırmak için istek ve yetenek,
• İlerleyerek daha üst deneyde kalibrasyon yapabilmek için deneyim kazanabilme yeteneği,
• İşe uygun kişisel nitelikler,
• Kalibrasyon/doğrulamada kullanılan cihazlara yönelik tam bir saygı-ilgi duyma özelliği ile onları uygun koruma davranışı,
• İlgili diğer kişilerle, onlara tam, kusursuz ve sürekli hizmet verebilecek biçimde ilişki ve davranışta bulunabilme.

Kalibrasyon sertifikasında yer alması gerekli bilgiler

TS EN ISO/IEC 17025 Standardı Madde 5.10.2'e göre, Deney Raporları ve Kalibrasyon Sertifikalarında, aksini yapmak için istisnai bir neden olmadıkça, aşağıdaki bilgiler yer almalıdır:

- Başlık ('Deney Raporu' veya 'Kalibrasyon Sertifikası' vb.),
- Laboratuarın adı, adresi, deney ve/veya kalibrasyon laboratuarın adresinden farklı bir yerde yapılmış ise, yeri,
- Deney raporu veya kalibrasyon sertifikasının özgün tanımlaması (örneğin seri no) ve sayfaların deney raporu veya kalibrasyon sertifikasının ekleri veya bölümleri olduğunu gösteren tanımlama işaretleri,
- Müşterinin adı ve adresi,
- Kullanılan metodun tanıtımı,
- Deneyi ve kalibrasyonu yapılan numunelerin tarifi, durumu ve kesin bir tanımlaması,
- Deney sonuçlarının geçerliliği ve uygulanması ile ilgili olmaları durumunda, deneyi veya kalibrasyonu yapılan numunelerin laboratuara kabul edilme tarihi ve deneyin veya kalibrasyonun yapıldığı tarihler,
- Deney sonuçlarının geçerliliği ve uygulanması ile ilgili olmaları durumunda, laboratuar veya diğer kuruluşlar tarafından kullanılan numune alma prosedürlerine yapılan atıf,
- Uygun durumlarda, ölçü birimleriyle birlikte deney veya kalibrasyon sonuçları,
- Deney raporunu veya kalibrasyon sertifikasını imzalayan elemanların adları, görevleri ve imzaları veya eşdeğer tanımları,
- Uygun durumlarda, sonuçların sadece deneyi ve kalibrasyonu yapılan numunelerle ilgili olduğunu belirten beyan.

NOT: deney raporlarının ve kalibrasyon sertifikalarının basılı kopyalarında, sayfa numarası ve toplam sayfa sayısı yer almalıdır.

Kalibrasyon/doğrulama dışı kalma şartları

Bir cihaz veya cihaza ait bir eleman aşağıdaki şartları taşıması durumunda, kalibrasyon/doğrulama dışı sayılır ve gerekli önlemler (tamir, kullanım dışı, sınırlı kullanım vb.) alınır:

- Ekipmanın tolerans dışı bulunması,
- Ekipman ile yapılan ölçümlerin doğruluğundan şüphe edilmesi,
- Ekipmanının hasara uğramış olması,
- Ekipmanın fonksiyonlarında bir bozukluk görülmesi,
- Ekipmanının kalibrasyon geçerlilik süresinin dolmuş olması,
- Ekipmanın mühürünün sökülmüş veya tahrip edilmiş olması.

Temel Ölçümbilim ve Kalibrasyon Eğitimi Programı

Giriş/Bazı Tanımlar

Metroloji, Akreditasyon, Standardizasyon

Kalibrasyon/Doğrulama ve İzlenebilirlik

Standartlar Sıradüzeni

Ölçme ve Ölçme Sistemlerinin Analizi

Belirsizlik

Boyutsal Ölçüm Cihazları (Mastar Bloklar, Kumpas, Mikrometre)

Boyutsal Kalibrasyon Yapacak Laboratuarlarda Aranan Koşullar

Kalibrasyon ve İzlenebilirlik Sistemi Değerlendirme

Standart (ölçüm ekipmanı)	***Sorumlu***	***Görev***	***Kalibrasyon veya ölçüm için dayanak***	***Kalibrasyon veya ölçümün dokümantasyonu***
Ulusal Standart	Ulusal Metroloji Enstitüsü	Ulusal standartların oluşturulup, muhafaza edilmesi	Uluslar arası karşılaştırmaları sağlanmış SI birimleri	Referans standartlar için kalibrasyon sertifikası
Referans Standart	Akredite Kalibrasyon Laboratuarı	Ülkenin metroloji altyapısının sürdürülebilirliğinin sağlanması	Ulusal Metroloji Enstitüsü veya bir başka akredite laboratuardan kalibrasyon sertifikası	Çalışma veya işletme standartları için kalibrasyon sertifikası
Çalışma Standardı Fabrika Standardı	İşletme İçi Kalibrasyon/ Doğrulama Birimi	İşletme içerisinde kullanılan test ekipmanının gözetim ve kontrolu	Ulusal Metroloji Enstitüsü veya bir akredite laboratuardan kalibrasyon sertifikası	İşletme kalibrasyon sertifikası, test ekipmanı için kalibrasyon işareti veya benzeri
Ölçme Ekipmanı	İşletmenin Tüm Birimleri	Kaliteyi sağlamak için test ve ölçümlerin yapılması	İşletme kalibrasyon sertifikası, kalibrasyon işareti veya benzeri	Test işareti veya benzeri

Standartlar Hiyerarşisi Terminolojisi

Birincil Standart (Primary Standard):
En yüksek metrolojik niteliklere sahip olduğu belirlenen veya kabul gören ve <u>değerinin başka standartlarla karşılaştırılmaksızın aynı kaldığı</u> kabul edilen standart.

Uluslararası Standart (International Standard):
Uluslararası bir anlaşma ile kabul edilen, diğer standartların değerlerini uluslar arası düzeyde belirleme amacıyla kullanılan standart.

Ulusal Standart (National Standard):
Bir ülke içerisinde, ulusal düzeyde bir kararla tanınan, aynı alandaki diğer standartların değerlerinin belirlenmesinde kullanılan standart.

Referans Standart (Reference Standard):
Belirli bir yerde veya bir işletmede, elde edilebilecek en yüksek metrolojik niteliğe sahip olan ve bulunduğu yerde yapılan ölçümlerin türetilmesinde kullanılan standart.

Transfer Standardı (Transfer Standard):
Standartların birbirleriyle karşılaştırılması amacıyla kullanılan ara standart.

Gezici Standart (Travelling Standard):
Zaman zaman özel olarak imal edilen, değişik yerler arasında dolaşacak olan standart.

Çalışma Standardı (Working Standard):
Genellikle bir referans standart ile kalibre edilen ve referans malzemelerin, ölçüm cihazlarının düzenli kalibrasyon ve muayenelerinde kullanılan standart.
Çalışma standartları aynı zamanda referans standart olarak da kabul edilebilir. Eğer çalışma standardı, doğrudan ulusal metroloji enstitüsü standartlarıyla kalibre edilmiş ise, bu durum geçerlidir.

Standartlar Sıradüzeni Terminolojisi

Sertifikalı Referans Malzeme, SRM (Certified Reference Material CRM):
Bir veya daha fazla özelliğinin değerleri sertifikalandırılmış olan ve sertifikası yanında bulunan malzeme. Bu malzemelerin belirli bir prosedüre göre sertifikalandırılmış olması ve sertifikalandırılan değerler için belirlenmiş emniyet düzeyindeki belirsizliğin de tanımlanmış olması gerekir.

Notlar:
1. SRM'ler genellikle kafile halinde hazırlanırlar. Kafilenin özelliklerinin değerleri, ifade edilmiş belirsizlik sınırlarında, kafileyi temsil eden numuneler üzerinde yapılan ölçümlerle belirlenir.
2. SRM'lerin sertifikalandırılmış özellikleri bazen malzemenin özel olarak imal edilmiş bir cihazda kullanılmasıyla emniyetli ve güvenilir şekilde belirlenir. Örneğin, düzgün tanecik büyüklüğü olan kürelerin mikroskop lamına yerleştirilmesi gibi.
3. Bütün SRM'ler 'ölçüm standardı' veya 'etalon' olarak kabul edilir.

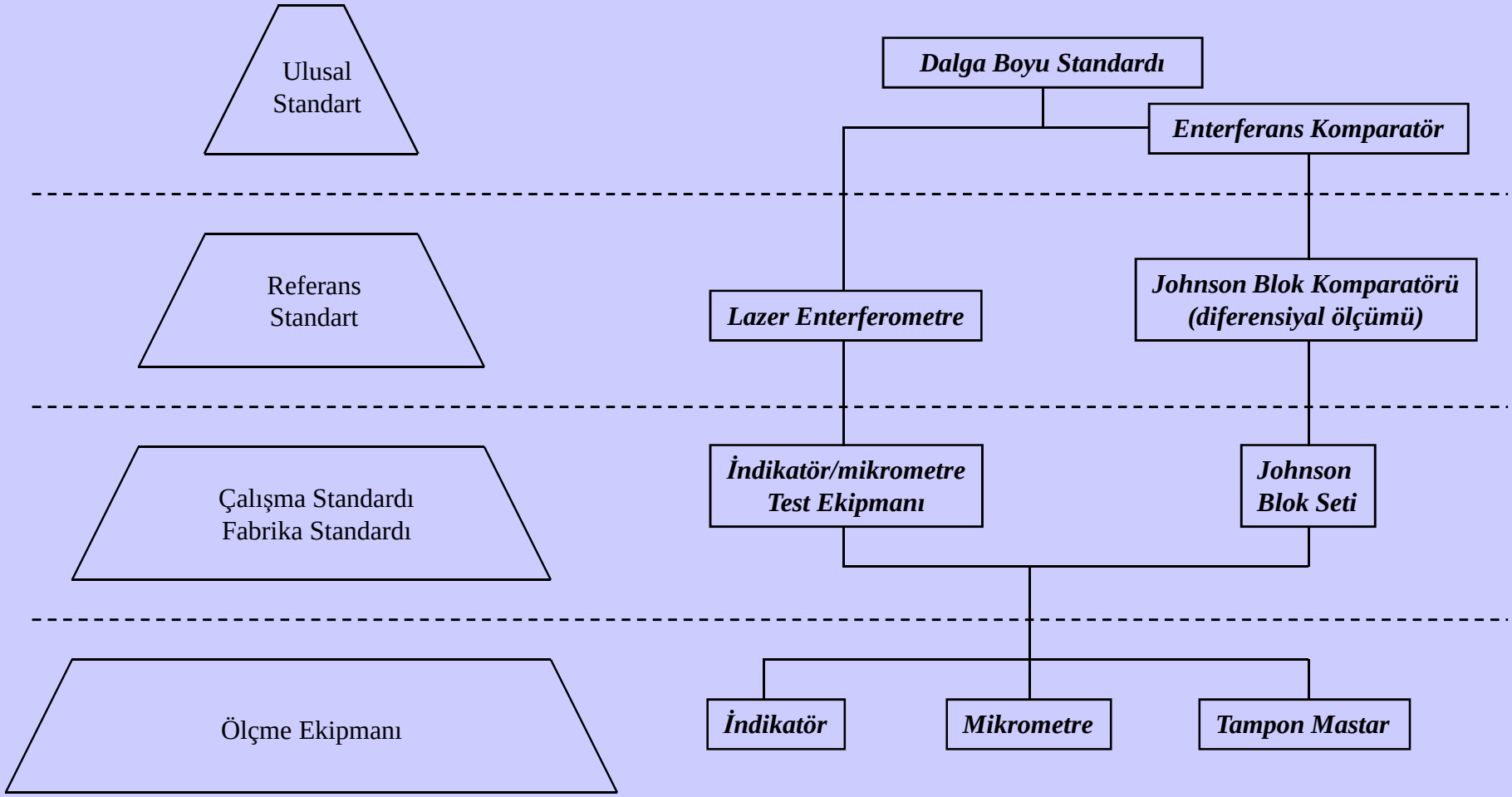
Referans Malzeme, RM (Reference Material, RM):
Bir veya daha fazla özelliğinin değerleri yeterli ölçüde homojen olan ve bir cihazın kalibrasyonu, bir ölçüm yönteminin değerlendirilmesi veya malzemelerin değerlerinin belirlenmesi amaçlarıyla kullanılabilecek malzeme veya madde.

Not:
Bir RM saf veya karışım gaz, sıvı veya katı olabilir. Örneğin suyun viskometrelerde, safirin ısı-kapasitesi kalibrantı olarak kalorimetrelerde ve eriyiklerin kalibrasyon amacıyla kimyasal analizlerde kullanılması gibi.

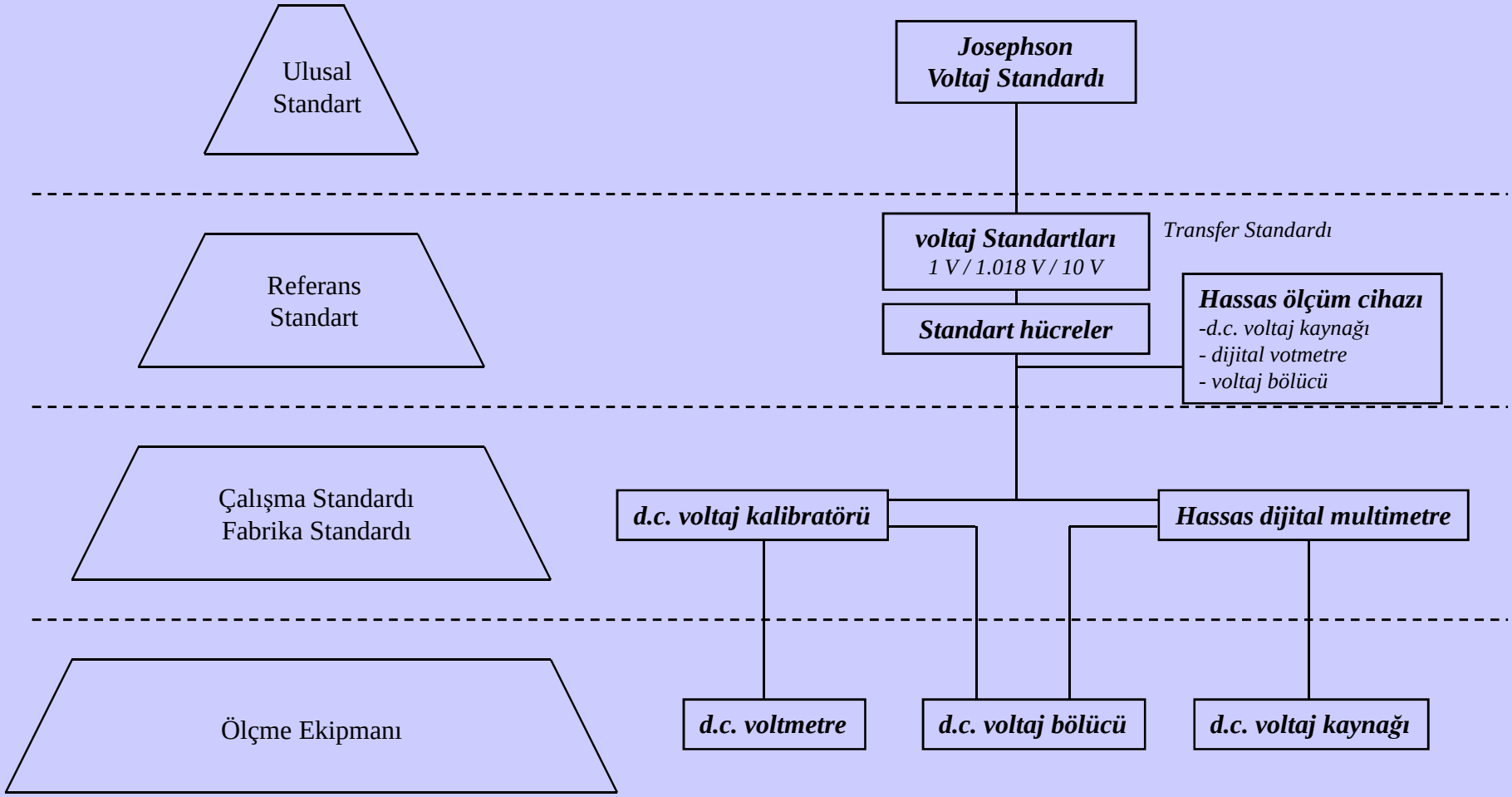
Genel Notlar:
Her standardın değeri bir belirsizlik içerir. Kalibrasyon hiyerarşisinde, en üst seviyedeki standart en küçük belirsizliğe sahiptir. En üst seviyeden aşağı doğru indikçe, belirsizlik değeri de artar.

Bazı SRM ve RM'ler, oluşturulmuş bir kimyasal yapı ile ilişkilendirilemediği için veya başka nedenlerle, tam tanımlanmış fiziksel veya kimyasal ölçüm yöntemleriyle belirlenemeyen özelliklere sahiptirler. Bu malzemeler aşı gibi, belirli biyolojik malzemeler içerirler. Bu malzemeler için Dünya Sağlık Teşkilatı tarafından uluslar arası birimler belirlenmiştir.

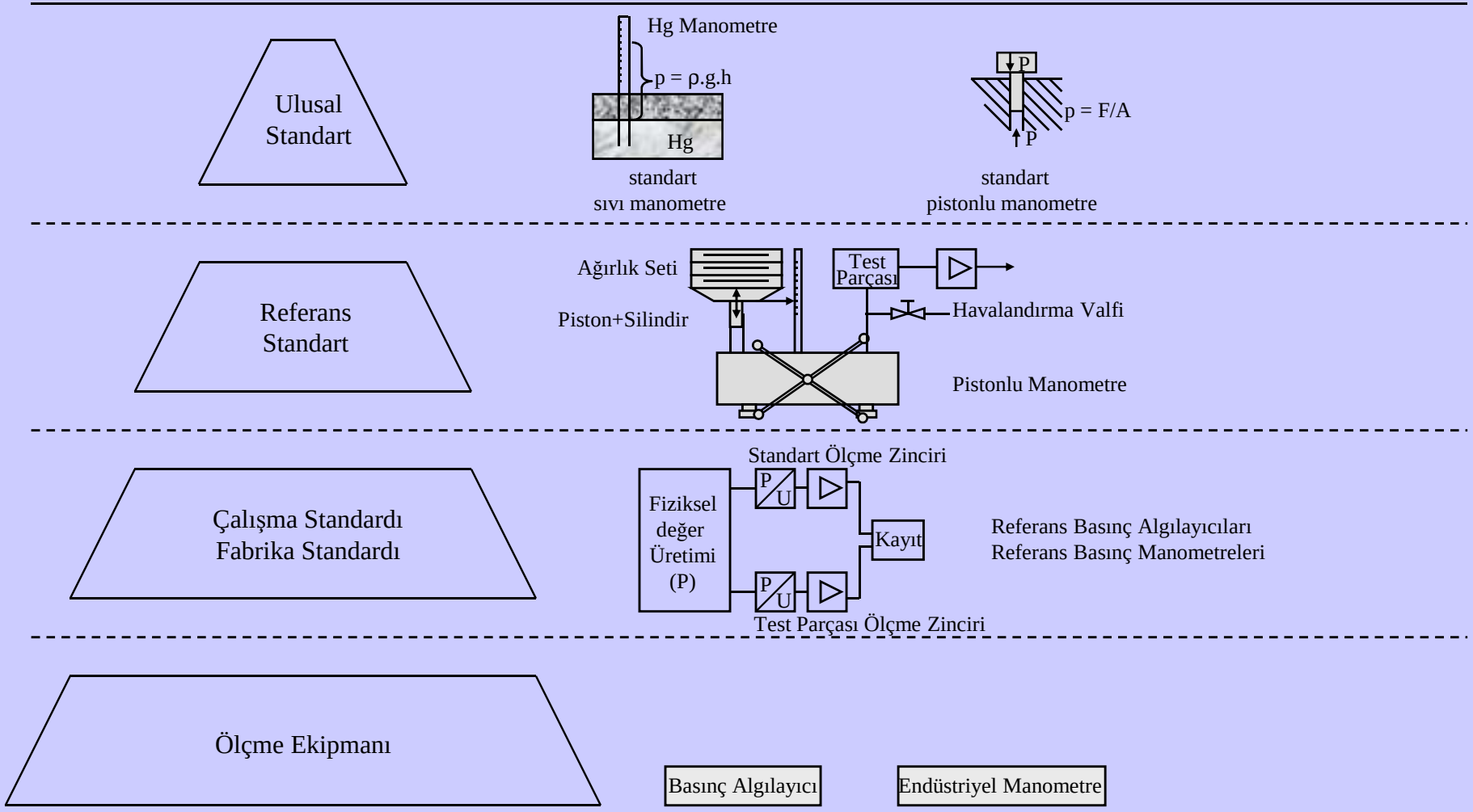
Standartlar Sıradüzeni, boyutsal



Standartlar Sıradüzeni, elektriksel



Standartlar Sıradüzeni, basınç



Temel Ölçümbilim ve Kalibrasyon Eğitimi Programı

Giriş/Bazı Tanımlar

Metroloji, Akreditasyon, Standardizasyon

Kalibrasyon/Doğrulama ve İzlenebilirlik

Standartlar Sıradüzeni

Ölçme ve Ölçme Sistemlerinin Analizi

Belirsizlik

Boyutsal Ölçüm Cihazları (Mastar Bloklar, Kumpas, Mikrometre)

Boyutsal Kalibrasyon Yapacak Laboratuarlarda Aranan Koşullar

Kalibrasyon ve İzlenebilirlik Sistemi Değerlendirme

Ölçüm ve Ölçme Süreci

Fiziksel varlıklara, belirli özellikleri arasındaki ilişkileri göstermek amacıyla rakam atanması (C. Eisenhart, 1963)

- Her sürecin bir ‘ürün’ü vardır
- Her ürünün nitelikleri (kalite) vardır
- Tüm nitelikler ölçülebilir,
- Toplam varyasyon = Ürünün varyasyonu + Ölçüm sisteminin varyasyonu
- Bazı varyasyonlar sistemin içerinde, onun doğal parçası olarak vardır (doğal varyasyon)
- Bazı varyasyonlar ise sistemin doğru çalıştırılmamasından kaynaklanır (sistematik varyasyon)

Ölçüm Hatası

$$\gamma = \chi + \varepsilon$$

Ölçülen Değer (γ) = Gerçek Değer (χ) + Ölçüm Hatası (ε)

(ölçümden elde edilen ürün)

Deming derki,
'gerçek' değer diye bir şey yoktur...

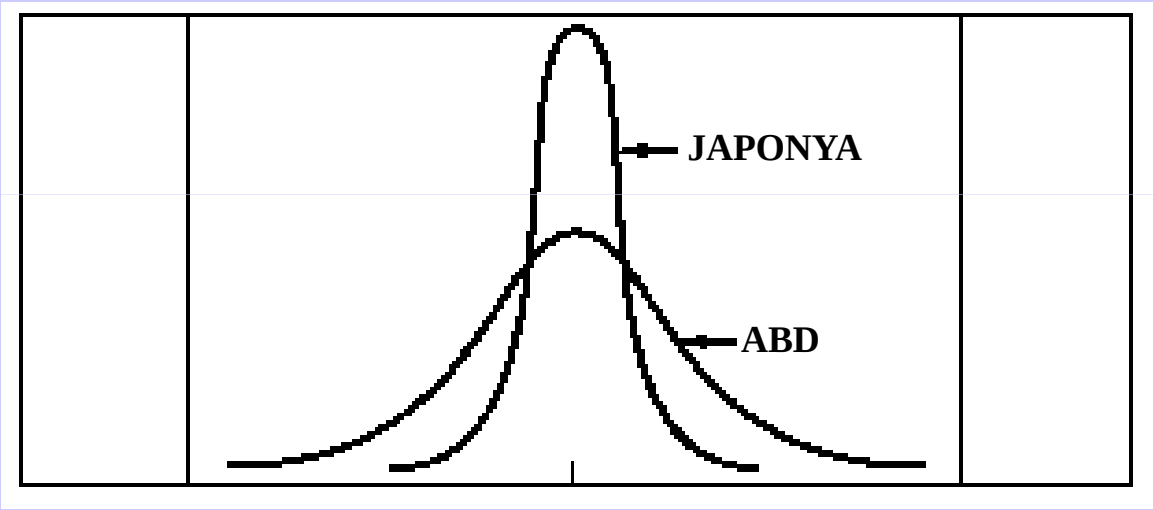
Belirsizlik

Ölçüm Sistemlerinin Analizi

Ölçüm sistemleri tarafından üretilen sonuçları etkileyecek varyasyon kaynaklarının analiz edilmesi.

Bir ölçüm sisteminin kalitesinin ölçüsü genellikle, yalnızca sistemin ürettiği verilerin istatistiksel özellikleridir.

Temel İstatistik ve Normal Dağılım



ŞAS **Hedef** **ŞÜS**

Aktarma organlarında kritik boyutların dağılımı

Süreç Varyasyonu

- Bir sürece ait faktörler hiç değişmez olsa idi, sürecin tüm ürünleri birbirlerinin aynı olurdu. Ancak bu durum, süreçlerdeki doğal varyasyon nedeni ile hiçbir zaman gerçekleşmez.

- Süreçlerdeki varyasyon ikiye ayrılır:
  - Rastlantısal varyasyon

    Veriler ortalama bir değerin etrafında yer alır.

    Rastlantısal varyasyon kontrol edilemez!

    İstatistiğin araçları rastlantısal varyasyonu belirlemede kullanılmaz!

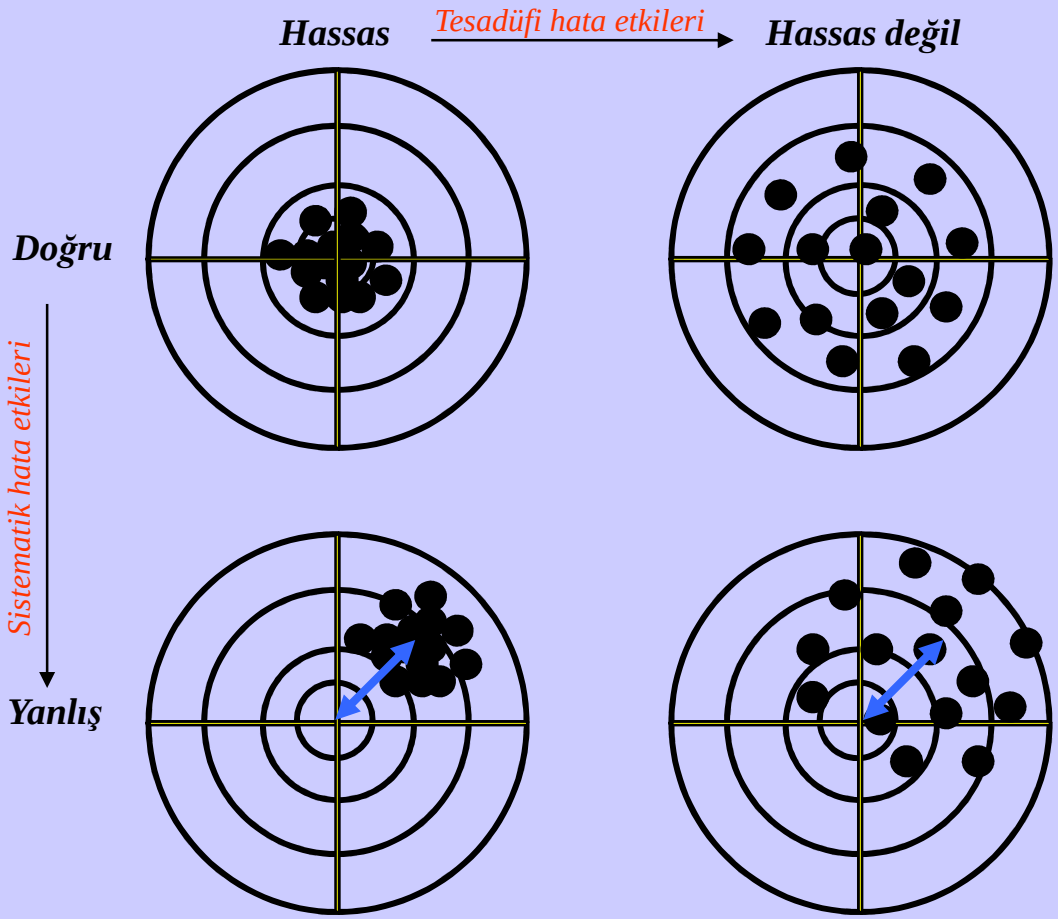
  - Rastlantısal olmayan varyasyon

    sistemden kaynaklanan, belirlenebilir özel nedenlere bağlıdır.

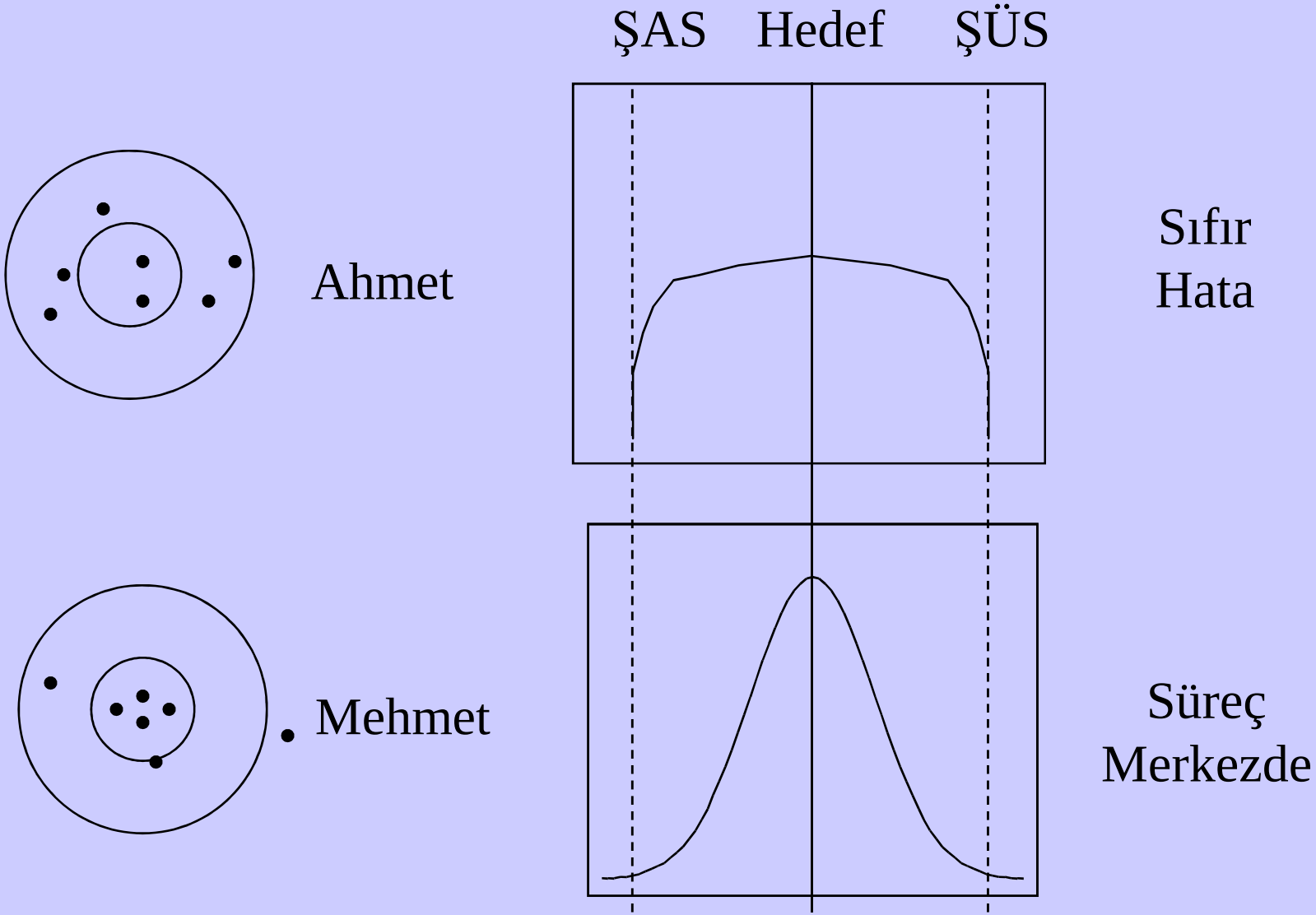
    Makina
    Çalışan
    Malzeme
    Çevre
    ...

    } Süreçlerdeki sapmaların, beklenmeyen bazı olumsuzlukların (rastlantısal olmayan) varyasyonların temel kaynakları...

Süreç Varyasyonunda Tesadüfi ve Sistematik Hataların Etkisi

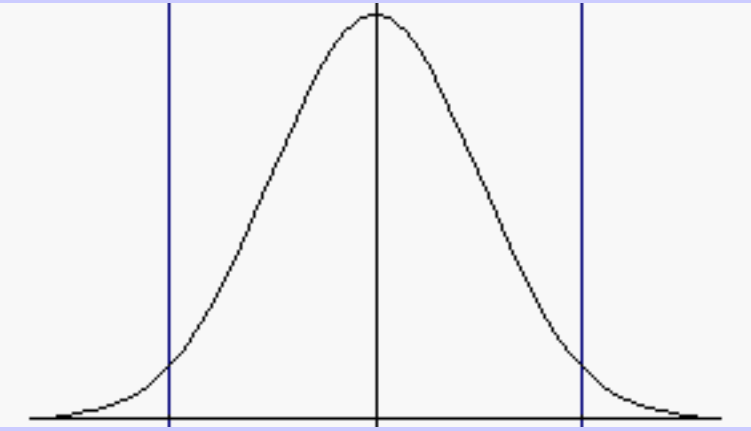


Süreç Durumları, Örnek: *Kimin atışı daha iyi?*

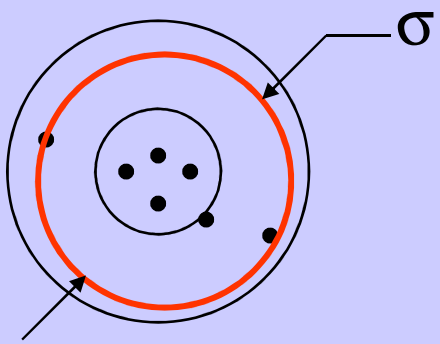


Süreç Durumları, Örnek:Kimin atışı daha iyi?

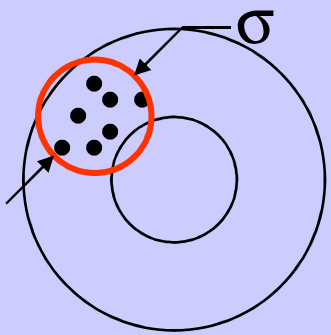
ŞAS Hedef ŞÜS



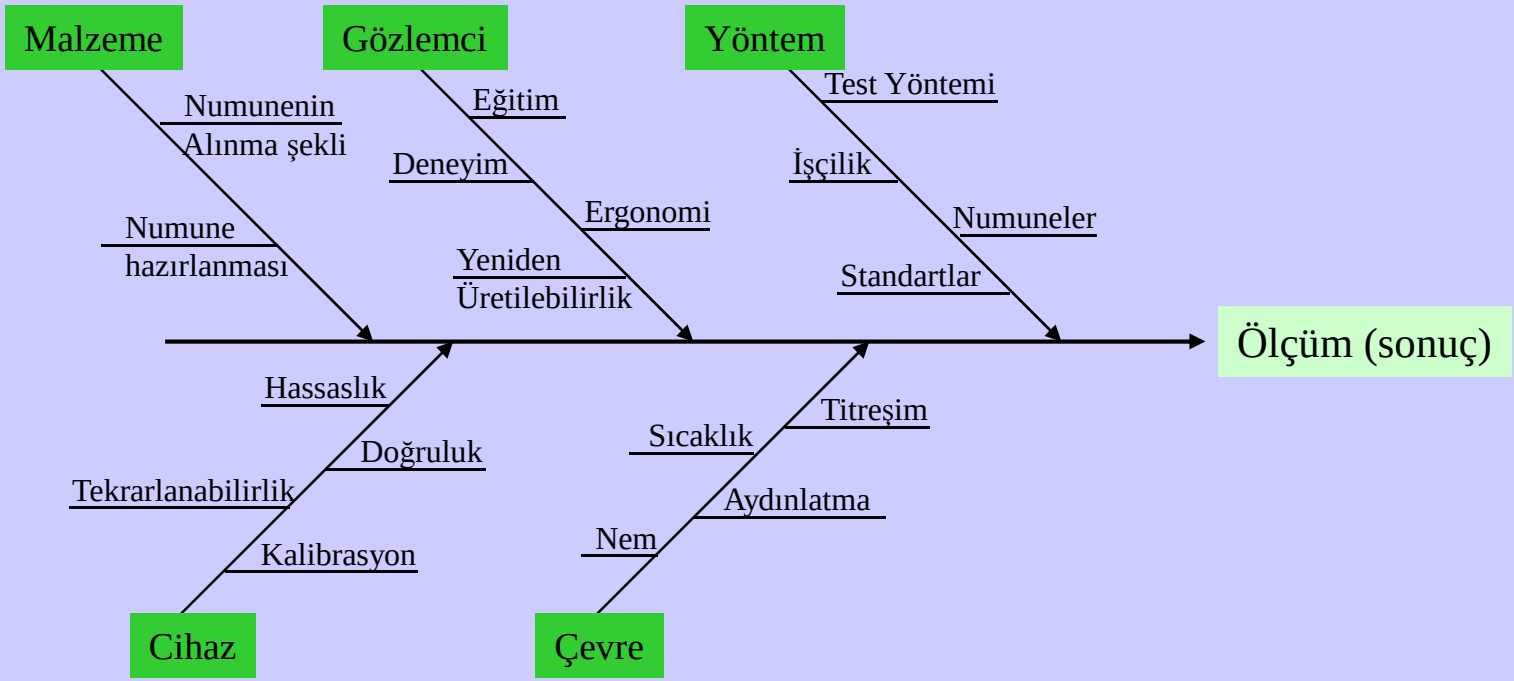
Ali



Veli



Ölçme Sistemleri ve Temel Değişkenleri



Uygulanan ölçüm sistemlerinin her birinin istatistiksel özellikleri birbirinden farklı olabilir. Ancak her ölçüm sisteminin aşağıda belirtilen temel özellikleri taşımaları gereklidir
(Measurement System Analysis – Reference Document, February 1995)

1. Ölçüm sistemi istatistiksel olarak kontrol altında olmalıdır. Yani, ölçüm sisteminin varyasyonu yalnızca doğal nedenlere bağlı olmalı, özel nedenler ortadan kaldırılmış olmalıdır.

2. Ölçüm sisteminin varyasyonu, imalat prosesinin varyasyonu ile karşılaştırıldığında, küçük olmalıdır.

3. Ölçüm sisteminin varyasyonu, şartname sınırları ile karşılaştırıldığında, küçük olmalıdır.

4. Proses değişkenliği veya şartname değeri aralıklarından hangisi daha küçük ise, ölçümün adımları ondan da küçük olmalıdır. (Genel kural: Ölçüm adımları, proses değişkenliği veya şartname değeri aralıklarından hangisi daha küçük ise, küçük olanın onda birinden büyük olmamalıdır.)

5. Ölçülmekte olan parçalar değiştikçe, ölçüm siteminin istatistiksel özellikleri de değişebilir. Eğer böyle ise, ölçüm sisteminin en büyük (en kötü) varyasyon değeri, proses değişkenliği veya şartname değeri aralıklarından hangisi daha küçük ise, ondan da küçük olmalıdır.

Tüm süreçleri olduğu gibi, ölçüm süreçlerinde de varyasyonu (dağılımı) belirleyen etkenler vardır.

Ölçüm süreçlerinde de ölçüm siteminin varyasyonunu belirleyen temel etkenler aşağıda belirtilenlerdir:

0. Çözünürlük *(Discrimination)*

1. Konum
   - Kararlılık *(Stability)*
   - Doğruluk *(Bias)*
   - Tutarlılık *(Linearitry)*

2. Genişlik veya dağılım
   - Tekrarlanabilirlik (*Repeatability*)
   - Yeniden Üretilebilirlik (*Reproducibilty*)

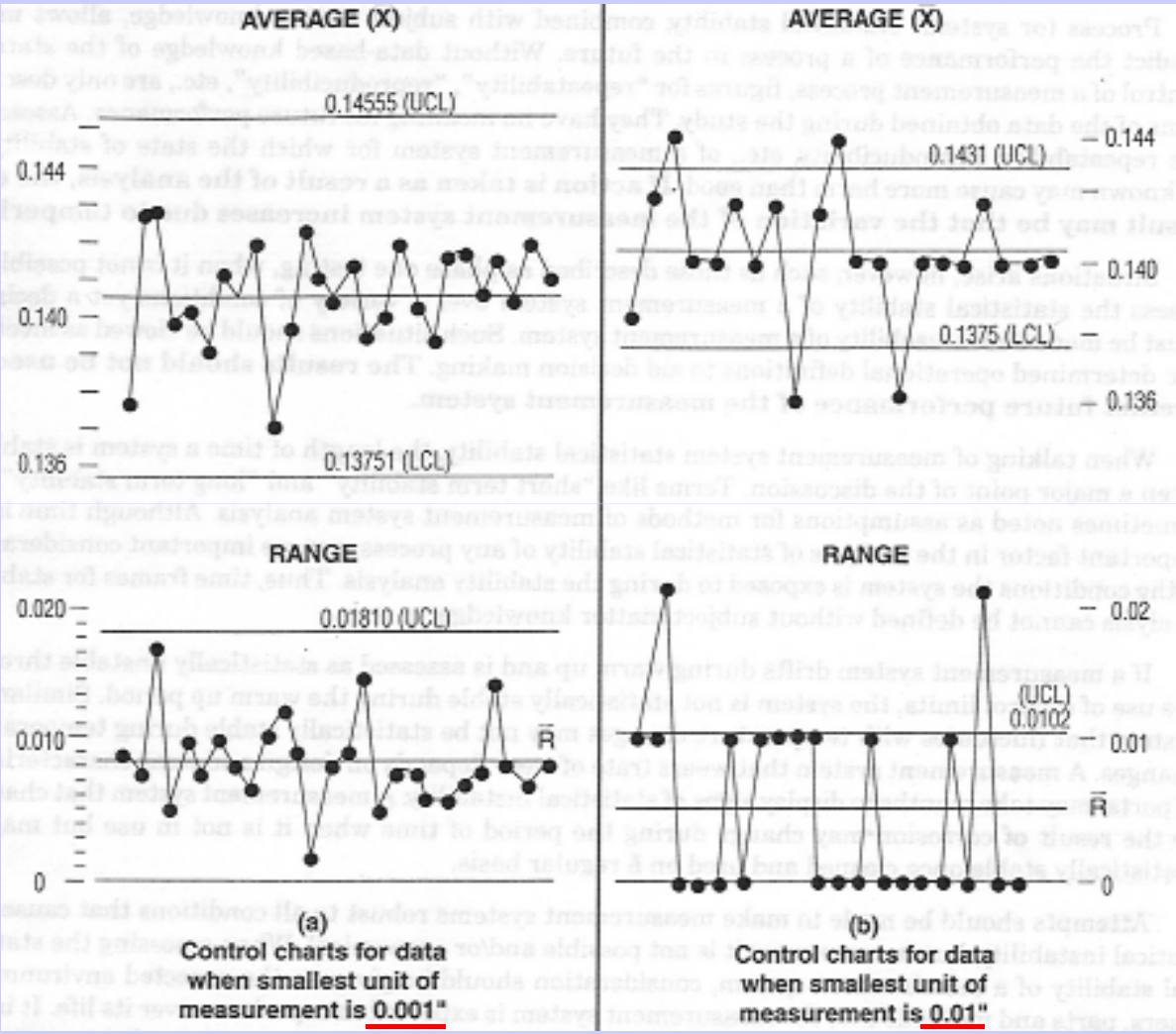
Çözünürlük (Discrimination)

- Sıkala üzerinde okunabilen (farkedilebilen) en küçük bölme (*1 mm., 0.1 mm., 0.0002 mm. vb.*)

- En küçük bölmenin değeri proses sınırları ile karşılaştırıldığında, çok büyük (kaba) ise, prosesin varyasyonu yuvarlamalar arasında kaybolur (farkedilmez).

- ‘On Kuralı’: Proses sınırlarının 10’a bölünmesi (*10 değer*) idealdir.
  (*Ø 30 ± 0.2 bir özelliği ölçmek için kullanılacak cihazın en küçük bölmesi 0.4/10 = 0.04 mm. olmalı*)
  5 değer: Marjinal olarak uygun
  4 veya daha az değer: Yetersiz çözünürlük

Çözünürlüğün Sonuç Üzerindeki Etkisi



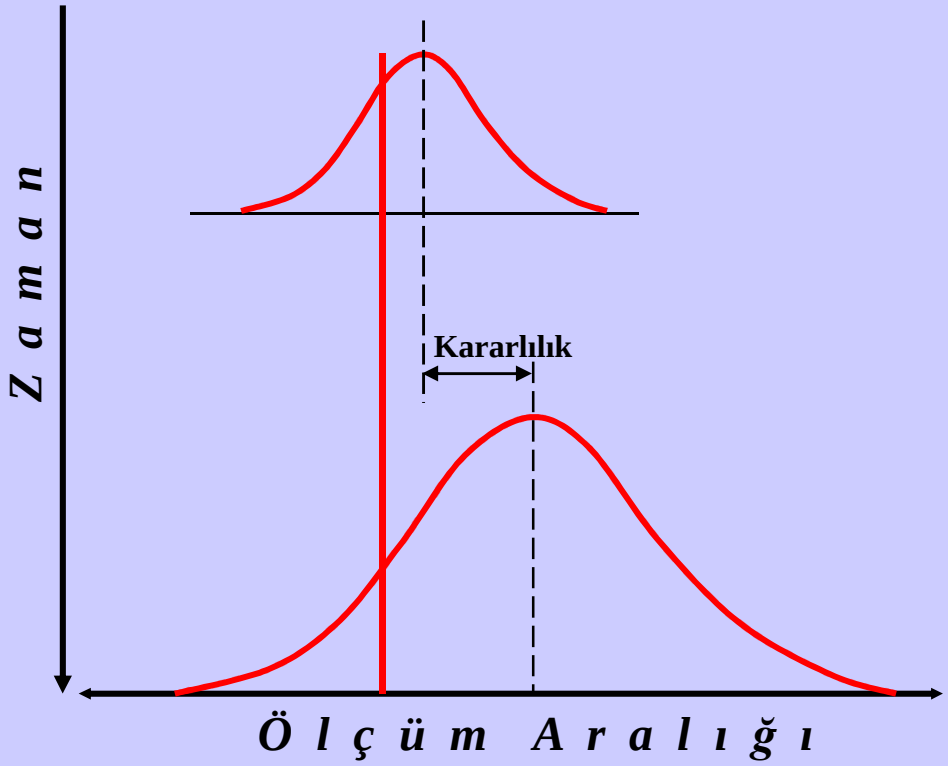
(a) Control charts for data when smallest unit of measurement is 0.001"

(b) Control charts for data when smallest unit of measurement is 0.01"

Kararlılık (Stability – drift)

Kararlılık,

aynı ölçüm sistemi ile, **aynı mastar veya parçalar** üzerindeki **bir karakteristik, zaman içerisinde** yeniden ölçüldüğünde, ölçümlerin toplam **varyasyonu**dur.



- **Tek bir karakteristik**
- **Aynı mastar,**
- **Uzun bir süre**
- **Aynı ölçüm sistemi**

Kararlılık *(Örnek)*

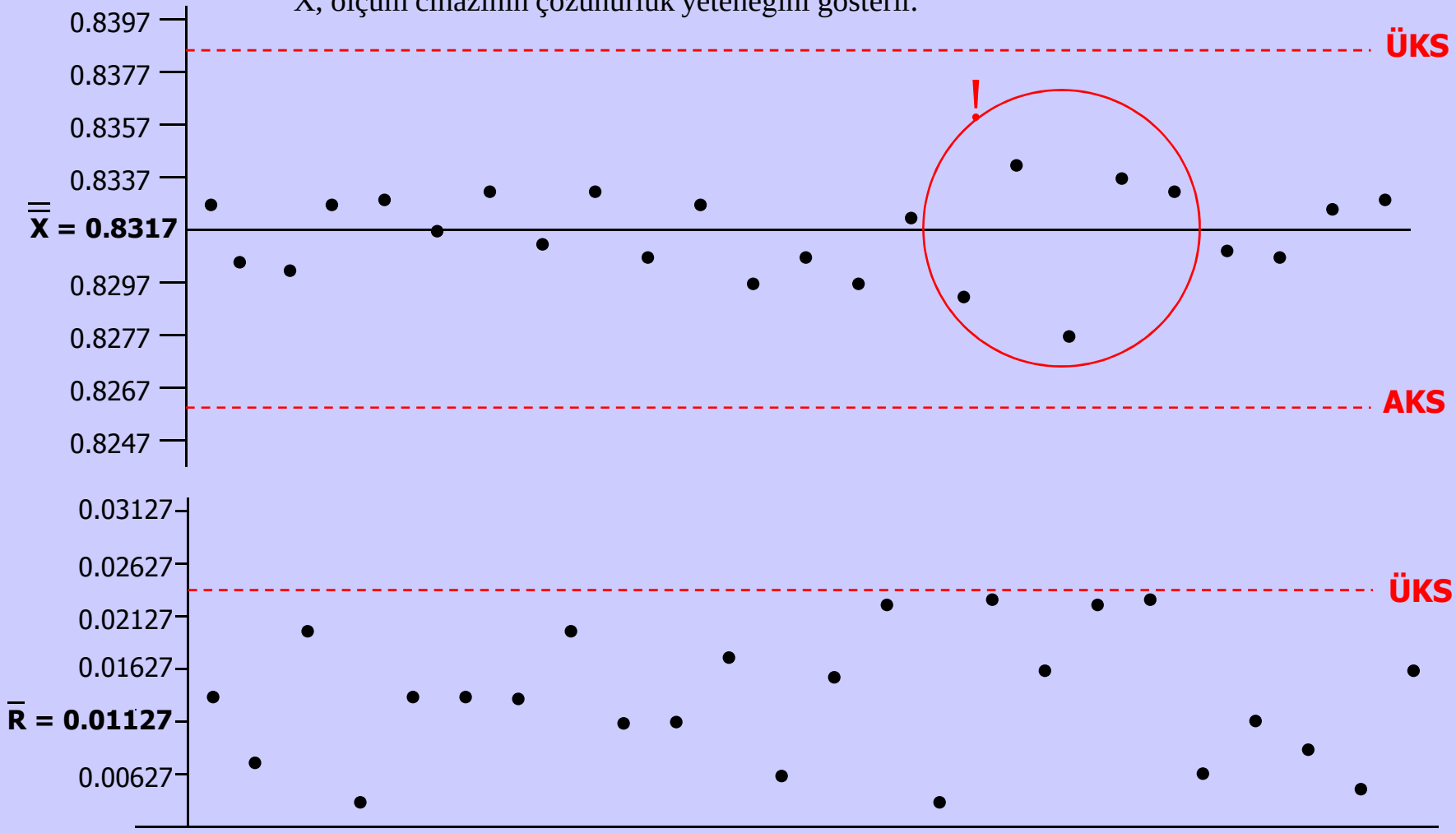
Bir sac işleme prosesinde işlenen sacların kalınlıkları (0.830 ± 0.050 mm.) oldukça kritiktir. Sac kalınlıklarının ölçümü prosesinin kararlılığı ölçülmek istenmektedir. Bunun için mastar olarak kullanılmak üzere bir örnek oluşturulur ve kalınlık ölçümü yapan operatörden mastarı her hafta belirlenmiş beş farklı noktadan, aynı ölçüm cihazı ile ölçmesi istenir. Kaydedilen ölçüm sonuçları aşağıda tablo haline getirilmiştir.

1. Hafta	**2. Hafta**	**3. Hafta**	**4. Hafta**	**5. Hafta**	**6. Hafta**	**7. Hafta**	**8. Hafta**	**9. Hafta**	**10. Hafta**	**11. Hafta**	**12. Hafta**
0.831	0.834	0.836	0.833	0.830	0.829	0.835	0.818	0.841	0.832	0.831	0.831
0.829	0.826	0.826	0.831	0.831	0.828	0.833	0.838	0.831	0.828	0.838	0.826
0.836	0.831	0.831	0.835	0.831	0.828	0.829	0.835	0.831	0.836	0.844	0.828
0.840	0.831	0.822	0.831	0.833	0.832	0.830	0.834	0.833	0.832	0.827	0.832
0.826	0.831	0.816	0.833	0.820	0.841	0.841	0.830	0.832	0.825	0.826	0.827
$\overline{X}$=0.8324	$\overline{X}$=0.8306	$\overline{X}$=0.8262	$\overline{X}$=0.8326	$\overline{X}$=0.8290	$\overline{X}$=0.8316	$\overline{X}$=0.8336	$\overline{X}$=0.8310	$\overline{X}$=0.8336	$\overline{X}$=0.8306	$\overline{X}$=0.8332	$\overline{X}$=0.8288
R= 0.014	R= 0.008	R= 0.020	R= 0.004	R= 0.013	R= 0.013	R= 0.012	R= 0.020	R= 0.010	R= 0.011	R= 0.018	R= 0.006

13. Hafta	**14. Hafta**	**15. Hafta**	**16. Hafta**	**17. Hafta**	**18. Hafta**	**19. Hafta**	**20. Hafta**	**21. Hafta**	**22. Hafta**	**23. Hafta**	**24. Hafta**
0.838	0.815	0.831	0.830	0.826	0.813	0.832	0.831	0.823	0.835	0.833	0.826
0.822	0.832	0.833	0.819	0.839	0.833	0.831	0.838	0.830	0.829	0.836	0.835
0.835	0.831	0.831	0.819	0.842	0.819	0.825	0.833	0.832	0.834	0.831	0.842
0.830	0.831	0.834	0.844	0.835	0.834	0.831	0.831	0.835	0.826	0.832	0.832
0.830	0.838	0.832	0.832	0.830	0.836	0.850	0.833	0.835	0.828	0.832	0.831
$\overline{X}$=0.8310	$\overline{X}$=0.8294	$\overline{X}$=0.8322	$\overline{X}$=0.8288	$\overline{X}$=0.8344	$\overline{X}$=0.8270	$\overline{X}$=0.8338	$\overline{X}$=0.8332	$\overline{X}$=0.8310	$\overline{X}$=0.8304	$\overline{X}$=0.8328	$\overline{X}$=0.8332
R= 0.016	R= 0.023	R= 0.003	R= 0.025	R= 0.016	R= 0.023	R= 0.025	R= 0.007	R= 0.012	R= 0.009	R= 0.005	R= 0.016

$\overline{\overline{X}}$ **= 0.8317** $\overline{R}$ **= 0.01127**

$\overline{X}$, ölçüm cihazının çözünürlük yeteneğini gösterir.

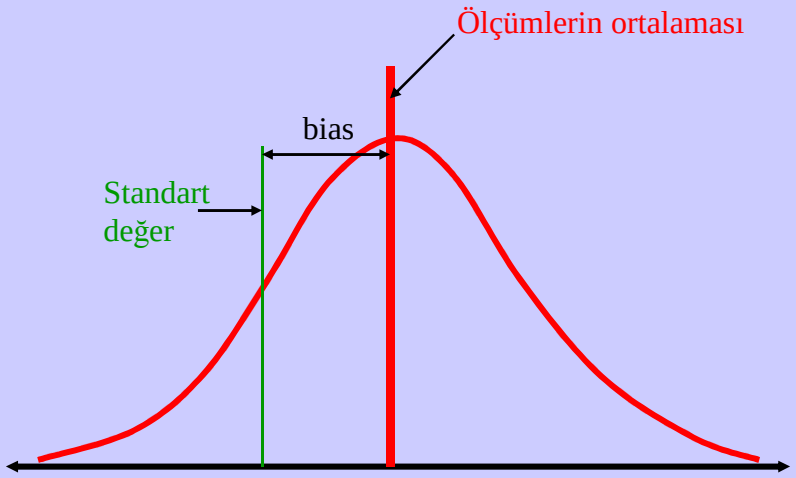


R, ölçümdeki hatayı gösterir.

Doğruluk (Bias)

Bias: Ölçümlerin ortalaması ile, aynı parçanın daha hassas ölçümlerle elde edilen değeri arasındaki fark.

- '*Bias*' doğruluk olarak da tarif edilir,
- Daha üst bir standart olmadan *bias* belirlenemez,
- Tüm ölçümlerde, bir *bias* faktörü vardır,
- *Bias* tüm ölçümleri aynı şekilde (*yönde*) etkiler.



(*Bias*, esasında '0' değerinden '*off set*' anlamına gelir.)

Bias Nedenleri:

- Sıfırlama mastarı hatası,
- Aşınmış parçalar,
- Hatalı kalibrasyon,
- Hasar görmüş cihaz,
- Hatalı kullanım,
- Yanlış okuma,
- Yanlış ayar (hatalı datum)

Bir QS 9000 (ISO 16949) denetçisi, işletmede biasın tam olarak anlaşılmış olduğunu görmek isteyebilir !

Bias, Örnek

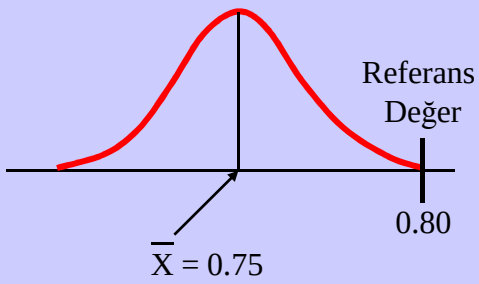
- Ölçülmekte olan parçalardan birini, mastar odasında, çözünürlüğü yüksek bir Çalışma Standardı ile ölçün.
- Aynı parça, bir gözlemci tarafından, normal ölçümlerde kullanılan bir ölçüm cihazı kullanılarak en az 10 kez ölçülsün.
- Normal ölçüm cihazı ile yapılan ölçümlerin ortalaması ile Çalışma Standardı ile yapılan ölçüm arasındaki fark BIAS'dır.

Laboratuar Standardı ile ölçülen bir parçanın kalınlık değeri 0.80 mm. olarak belirlenmiştir (Referans Değer).

Aynı parça, bir gözlemci tarafından üretim koşullarında peş peşe 10 kez ölçüldüğünde aşağıdaki değerler bulunmuştur:

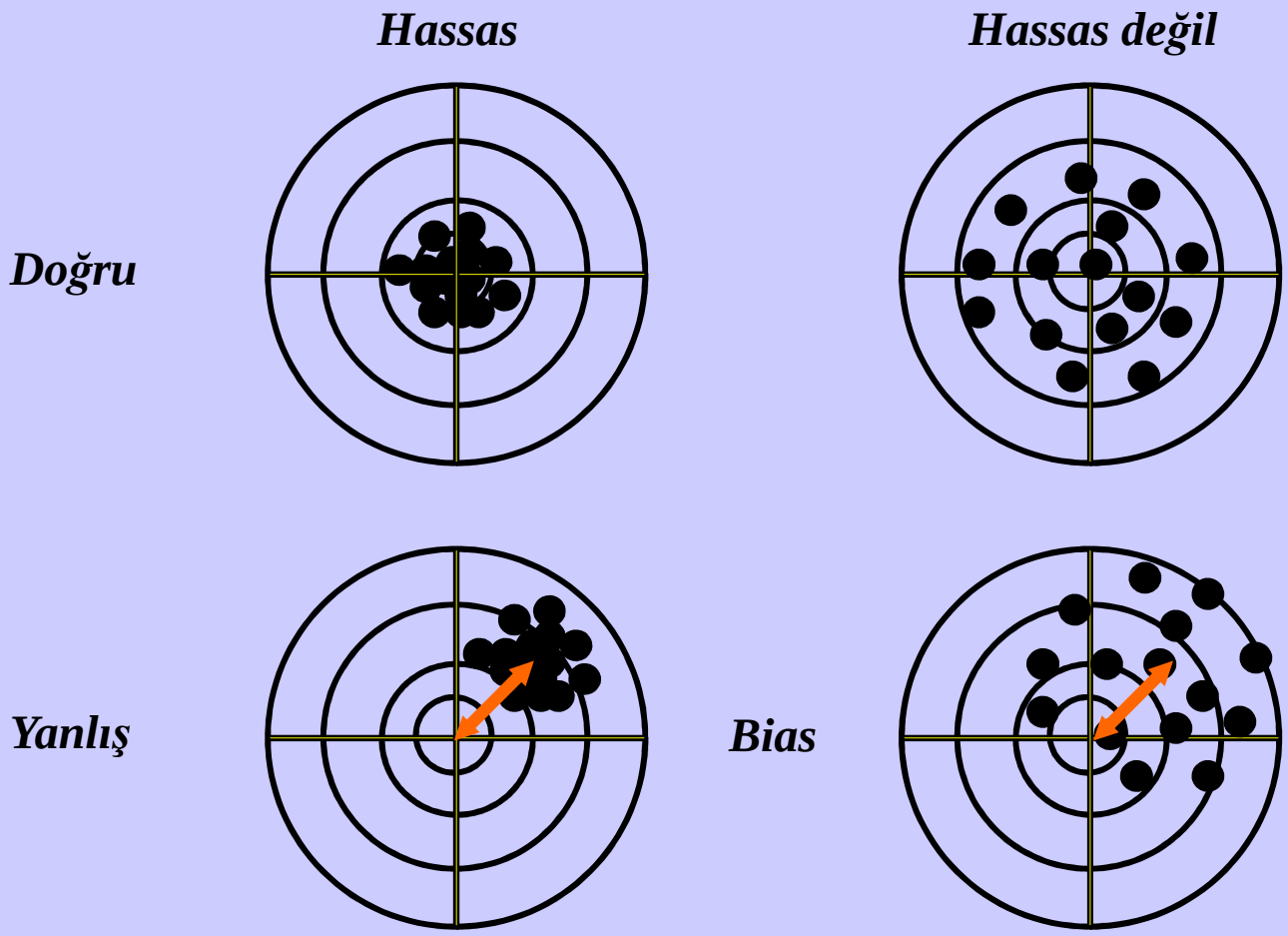
X_1=0.75, X_2=0.75, X_3=0.80, X_4=0.80, X_5=0.65, X_6 =0.80, X_7 =0.75, X_8 =0.75, X_9 =0.75, X10 =0.70

Yapılan 10 adet ölçümün ortalaması, 7.5/10 = 0.75 mm.'dir.



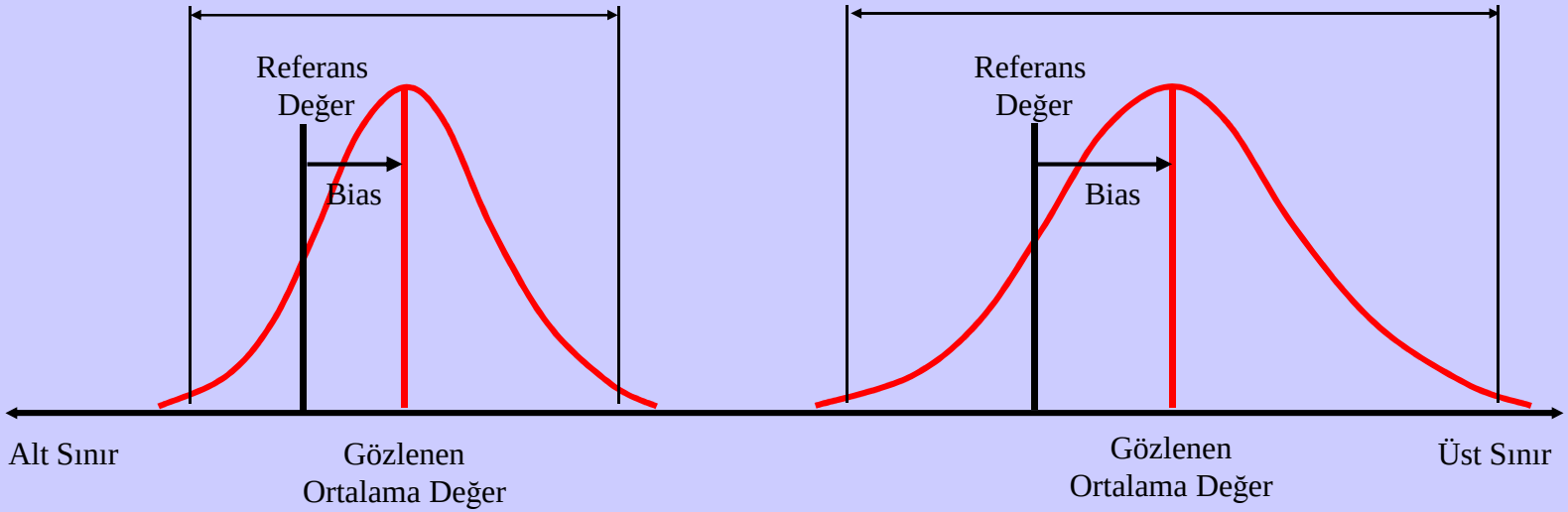
Bias = 0.75 – 0.80 = - 0.05

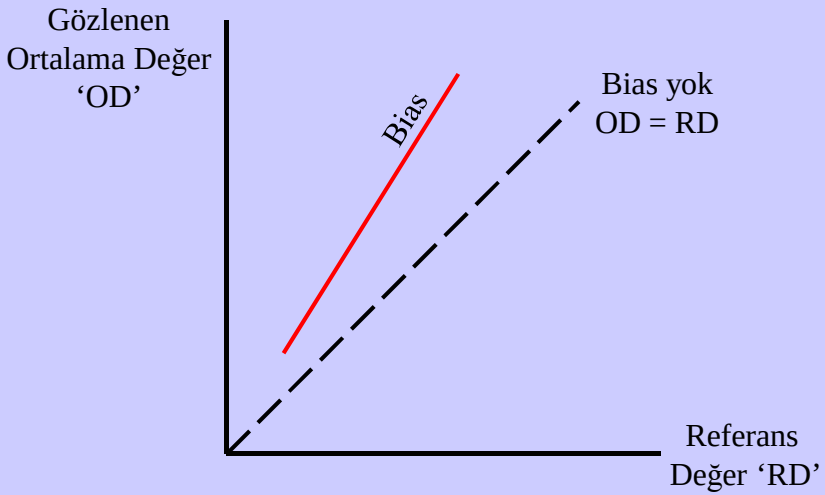
Bias ve Tekrarlanabilirlik



Bias için düzeltme yapılabilir,
Ancak hassas olmayan durumlar için düzeltme yapılamaz

Tutarlılık *(bir ölçüm cihazının beklenen **çalışma aralığı** içerisindeki **bias** değerleri arasındaki fark)*





Tutarlılık, bias'ın değişimidir.

Tutarlılık *(Örnek)*

İşletmede bir ölçüm sisteminin tutarlılığı ile ilgili bir çalışma yapılmak istenmektedir. Ölçüm sisteminin kapasitesi içerisinde yer alan beş parça seçilir. Her parça önce ölçüm laboratuarında ölçülerek referans değerleri belirlenir. Daha sonra her bir parça, bir operatör tarafından 12 kez ölçülür. Sonuçlar aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

	PARÇA	1	2	3	4	5
	REF. DEĞER	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
ÖLÇÜMLER	1	2.70	5.10	5.80	7.60	9.10
	2	2.50	3.90	5.70	7.70	9.30
	3	2.40	4.20	5.90	7.80	9.50
	4	2.50	5.00	5.90	7.70	9.30
	5	2.70	3.80	6.00	7.80	9.40
	6	2.30	3.90	6.10	7.80	9.50
	7	2.50	3.90	6.00	7.80	9.50
	8	2.50	3.90	6.10	7.70	9.50
	9	2.40	3.90	6.40	7.80	9.60
	10	2.40	4.00	6.30	7.50	9.30
	11	2.60	4.10	6.00	7.60	9.30
	12	2.40	3.80	6.10	7.70	9.40
	Parça Ort.	2.49	4.13	6.03	7.71	9.38
	Ref. Değer	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
	Bias	+0.49	+0.13	+0.03	-0.29	-0.62
	Aralık	0.4	1.3	0.7	0.3	0.5

Zayıf Tutarlılığın Nedenleri

- Cihazın hem alt hem de üst sınır bölgelerinde hatalı kalibrasyon,

- Alt veya üst sınır mastarının hatalı olması,

- Aşınmış Cihaz,

- Cihazın Tasarım Özellikleri

Tekrarlanabilirlik

Tekrarlanabilirlik,

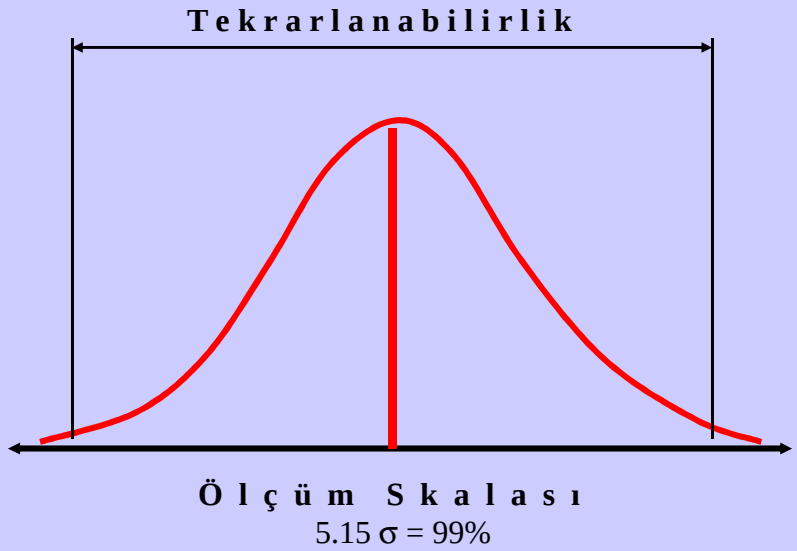
bir ölçüm cihazı kullanılarak, **aynı parça** üzerinde

aynı değişkenin **aynı gözlemci** tarafından bir çok

kez ölçülmesi sonucunda elde edilen sonuçların

varyasyonudur.

- Tekrar eden ölçümler arasındaki fark,
- Hassaslık olarak da bilinir,
- Standart gerekmez,
- Bir ölçüm sonucuna eklenebilir veya çıkarılabilir,
- Ölçümleri rastlantısal olarak (*randomly*) etkiler.



Bias ve Tekrarlanabilirliğin Belirlenmesi

- Aynı gözlemci, aynı parça, aynı ölçüm cihazı,
- En az 10 (20 – 40 arası daha iyidir) ölçüm,
- Analiz:
  - (Ortalama) – (Standart Değer) = Bias
  - 5.15 Standart Sapma = Tekrarlanabilirlik
  - veya ± 2.575 σ (99 % güvenilirlikle tekrarlanabilirlik)
  - veya ± 2 σ (95 % güvenilirlikle tekrarlanabilirlik)

Tekrarlanabilirlik *(Örnek)*

Bir üretim sürecinden 5 adet örnek rastgele seçilir. Sürecin normal işleyişi sırasında ölçüm yapan iki operatör tarafından, her bir parça üçer kez ölçülerek sonuçlar kaydedilir.

	Operatör 1						**Operatör 2**					
Parça	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	
Deneme												
1	217	220	217	214	216		216	216	216	214	220	
2	216	216	216	212	219		219	216	215	212	220	
3	216	218	216	212	220	$\overline{\overline{X}}$	220	220	216	212	220	$\overline{\overline{X}}$
Ort.	216.3	218.0	216.3	212.7	218.3	216.3	218.3	217.3	215.7	213.3	220.0	216.9
Aralık	1.0	4.0	1.0	2.0	4.0		4.0	4.0	1.0	4.0	0.0	

R (aralık) kontrol şemaları, bir ölçüm sisteminin tekrarlanabilirliğini gösterir. Bu nedenle, R şeması için hesaplamalar yapılmıştır:

$\overline{R} = 25/10 = 2.5$

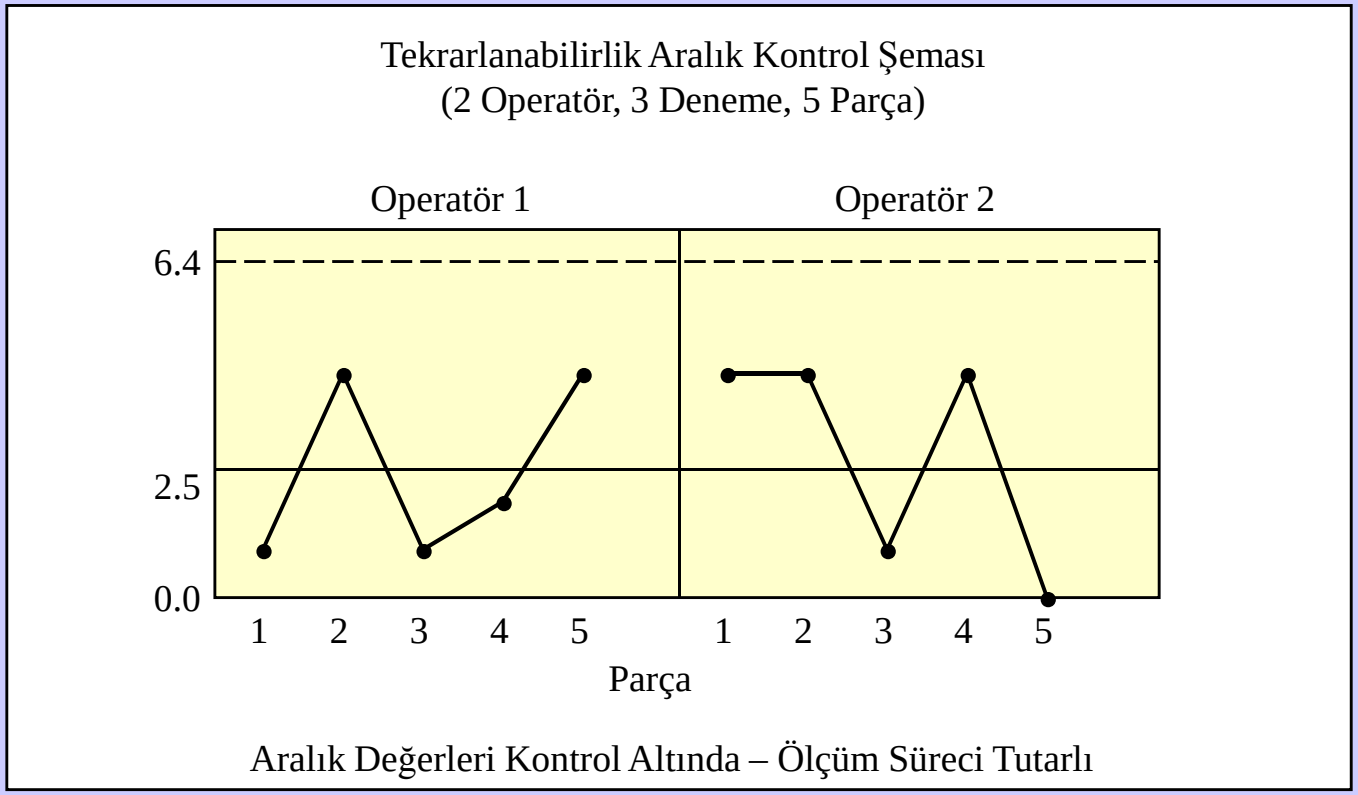
$D_3 = 0.000$

$D_4 = 2.575$ (Tablodan)

$UCL_R = \overline{R} \times D_4$
$= 2.5 \times 2.575$
$= 6.4$

$LCL_R = \overline{R} \times D_3$
$= 0.0$

Tekrarlanabilirlik *(Örnek - devam)*

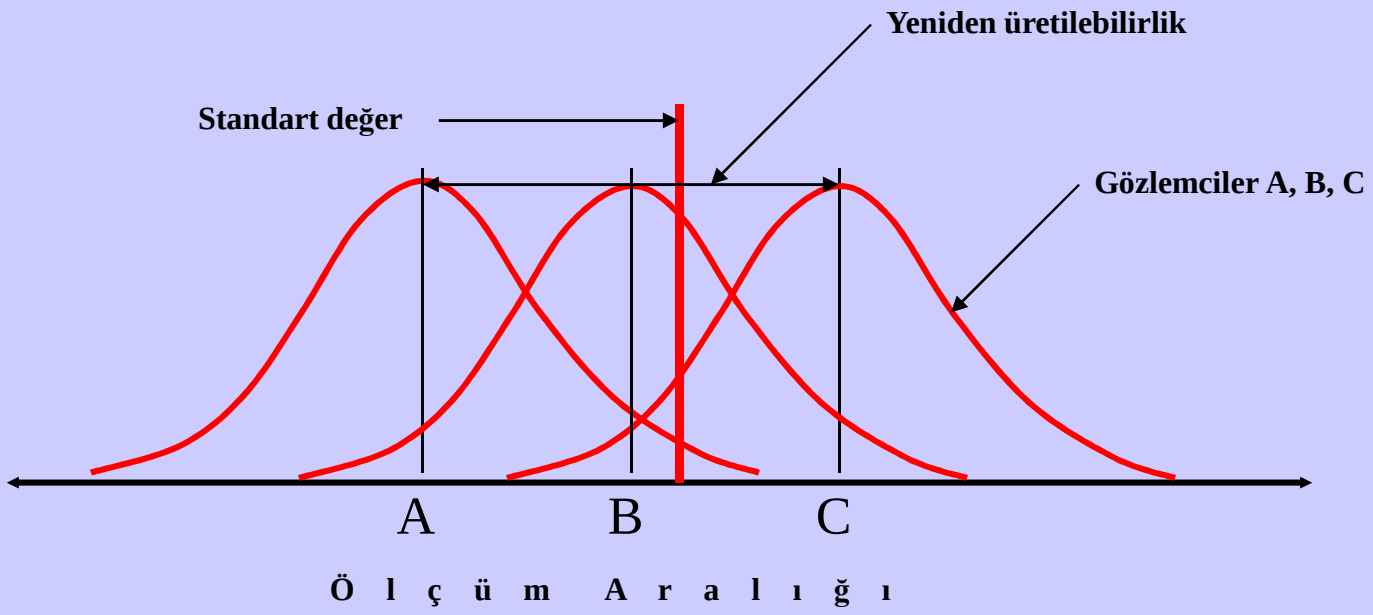


Burada olduğu gibi, tüm aralık değerleri kontrol altında ise, operatörlerin hepsi ‘aynı’ demektir. Eğer operatörlerden birinde kontrol dışı değer olsa idi, bu onun yönteminin diğerlerinden farklı olduğunu gösterirdi. Operatörlerin hepsinde kontrol dışı değer olursa, bu ölçüm sisteminin operatör tekniğine duyarlı olduğunu ve geliştirme ihtiyacını gösterir.

Yeniden Üretilebilirlik

Yeniden Üretilebilirlik,

farklı gözlemciler tarafından, **aynı ölçüm cihazı** kullanılarak, **aynı parça** üzerinde **aynı değişken**in ölçümlerinin ortalamalarının **varyasyonu**dur.



Yeniden Üretilebilirlik *(Örnek)*

Bir üretim sürecinden 5 adet örnek rastgele seçilir. Sürecin normal işleyişi sırasında ölçüm yapan iki operatör tarafından, her bir parça üçer kez ölçülerek sonuçlar kaydedilir.

	Operatör 1						**Operatör 2**					
Parça	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	
Deneme												
1	217	220	217	214	216		216	216	216	214	220	
2	216	216	216	212	219		219	216	215	212	220	
3	216	218	216	212	220	$\bar{\bar{X}}$	220	220	216	212	220	$\bar{\bar{X}}$
Ort.	216.3	218.0	216.3	212.7	218.3	216.3	218.3	217.3	215.7	213.3	220.0	216.9
Aralık	1.0	4.0	1.0	2.0	4.0		4.0	4.0	1.0	4.0	0.0	

Tablodaki verilerden, her bir operatörün ortalamaları hesaplanır. Daha sonra operatör ortalamalarının aralığı, (R_0) en büyük ortalamadan en küçük ortalama çıkarılarak hesaplanır.

$R_0 = 216.9 – 216.3 = 0.6$

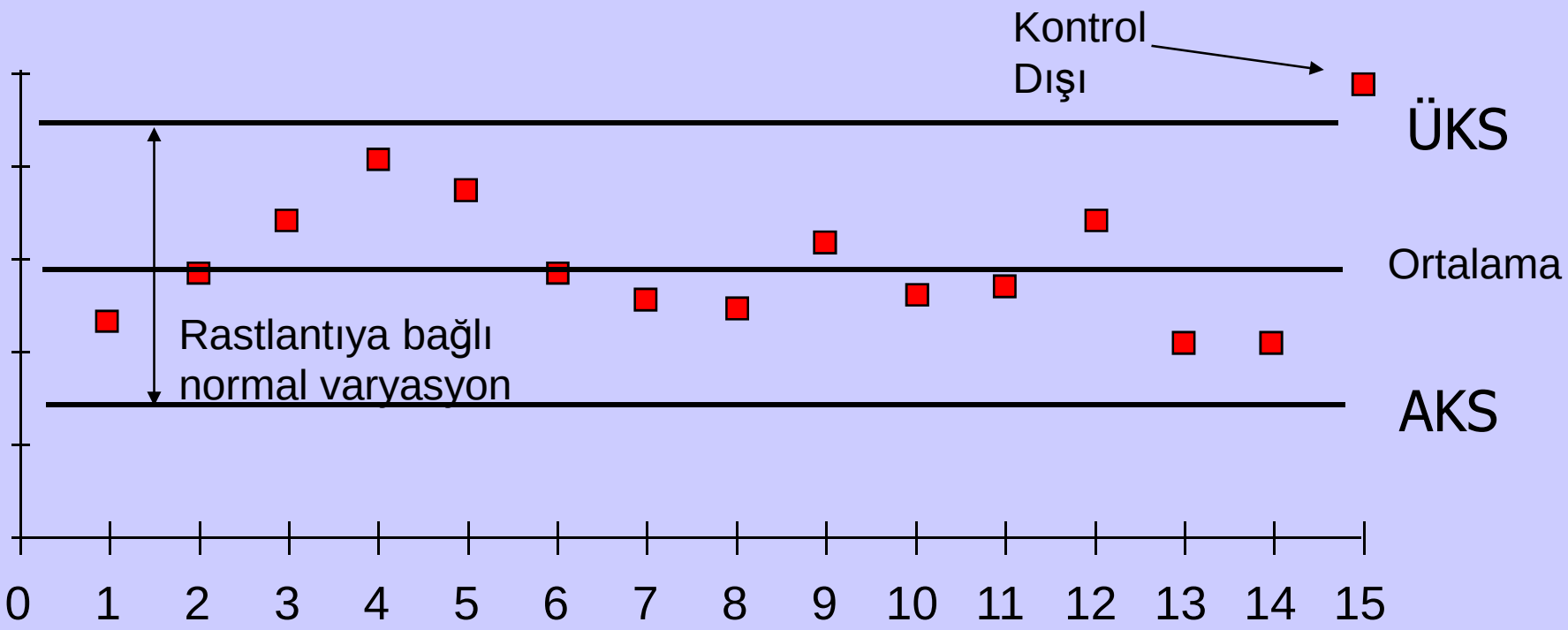
Tahmini operatör standart sapması, (σ_e) hesaplanır.

$\sigma_e = R_0/d_2$ (d_2 değeri tablodan, m=2 (iki operatör) ve g = 1 (yalnızca 1 aralık değeri) için, 1.41 olarak bulunur.)

$= 0.6 / 1.41 = 0.4$

Yeniden üretilebilirlik = 5.15 (R_0/d_2) = 2.2 olarak bulunur.

Kontrol Şeması Neyi Gösterir?



- ***R Şeması tekrarlanabilirliği gösterir.***
- ***$\overline{X}$ Şeması sınırları cihazın çözünürlük yeteneğini gösterir.***
- ***$\overline{\overline{X}}$ değeri biası gösterir (bilinen bir standart varsa)***
- ***Ortalama Şeması kararlılığı gösterir (alt gruplar zaman değişkenine bağlı ise)***
- ***Ortalama Şeması yeniden üretilebilirliği gösterir (alt gruplar teknisyen/cihaz değişkenine bağlı ise***

Temel Ölçümbilim ve Kalibrasyon Eğitimi Programı

Giriş/Bazı Tanımlar

Metroloji, Akreditasyon, Standardizasyon

Kalibrasyon/Doğrulama ve İzlenebilirlik

Standartlar Sıradüzeni

Ölçme ve Ölçme Sistemlerinin Analizi

Belirsizlik

Boyutsal Ölçüm Cihazları (Mastar Bloklar, Kumpas, Mikrometre)

Boyutsal Kalibrasyon Yapacak Laboratuarlarda Aranan Koşullar

Kalibrasyon ve İzlenebilirlik Sistemi Değerlendirme

Ölçüm Belirsizliği

"Tüm ölçüm sonuçlarının tek önemli karakteristiği vardır... sonucun içerisindeki belirsizliğin yeterli açıklaması." *ACS 1983*

"Laboratuarların ölçüm belirsizliklerini tahmin etmek için prosedürleri olmalıdır." *ISO Standardı 17025*

"Ölçümler her zaman için ölçülen büyüklüğün tahminidir ve bir miktar belirsizlik içerir." *Taylor, Kimyasal Ölçümlerin Kalite Güvencesi*

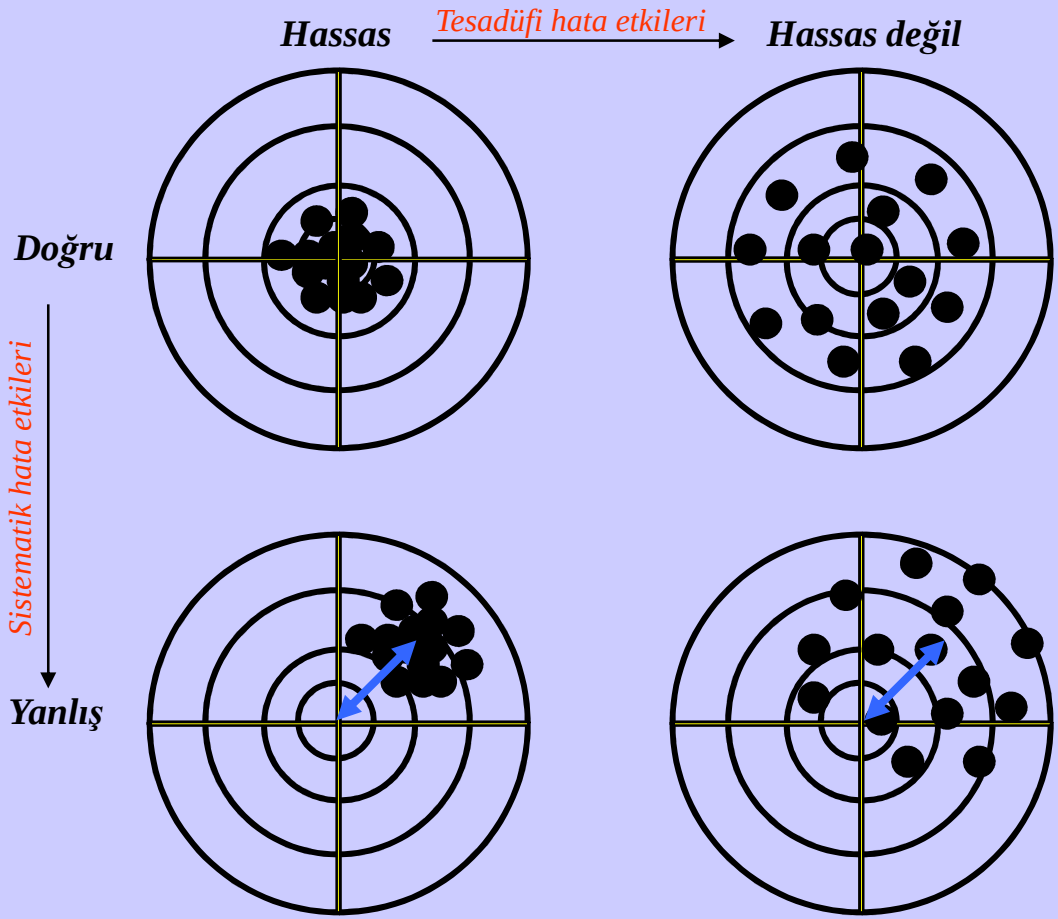
Ölçüm sürecinin çıktı ve girdileri:
Her ölçümün genellikle tek bir çıktısı (sonuç) vardır (Y).
Çıktı, genellikle birden fazla girdiye (X_i) bağlıdır.
Dolayısıyla, her ölçüm Y ve X'in fonksiyonu olarak matematikleştirilebilir.

$$Y = f\,(\underbrace{X_1, X_2, X_3, X_4 \ldots\ldots X_n}_{\text{Belirsizlik Kaynakları}})$$

Tüm kaynaklardan gelen belirsizlikler hesaplanır ve/veya tahmin edilir.
Belirsizlik Bütçesi hazırlanır.
Genişletilmiş Belirsizlik değeri hesaplanır.
Sonuç raporlandırılır.

Hata durumları ve ölçüm sonucuna etkileri

Kullanılan ölçme sistemi yeteri kadar hassas ise, aynı ölçünün peş peşe yapılan ölçümlerinde, ortada görünen hiç bir neden yokken, sonuçların rasgele (tasadüfen) değişmekte oldukları görülür. Bu tür, tesadüfen ortaya çıkan etkilerin kaynaklık ettiği hatalara tesadüfi hata denilmekte. Bu tür hataları içeren sonuçlar, tümünün ortalaması olan merkezdeki bir değerin etrafında kümelenir.
Ancak ölçümlerin ortalaması olan değer gerçek (nominal) değerden, genellikle sabit bazı hatalar nedeniyle uzak düşmüş (bias) olabilir. Bu uzaklaşmaya neden olan etkilerin kaynaklık ettiği hatalara ise sistematik hatalar denilmekte.
Tesadüfi hataların nedenleri tahmin edilemez, büyüklükleri belirlenemez. Buna karşılık sistematik hataların nedenleri belirlenebilir, büyüklükleri ölçülebilir.
Her ölçüm sonucunda, en az bir tesadüfü hata ile en az bir sistematik hata bileşeni mevcuttur.



Tesadüfi Hatalar

Tesadüfi hataların pek çok nedeni vardır ve bu nedenler, ölçüm cihazının, ölçümü yapılan özelliğin, muayene prosedürünün ve ölçüm yapılan ortam ile çevresinin içerisinde doğal olarak vardır.
Tesadüfi hatalar, *yeterli düzeyde kontrol edilemeyen* çok sayıdaki farklı parametreden kaynaklanır. Bunlardan bazıları,
- Hava akımları,
- Dış hava sıcaklığındaki dalgalanmalar,
- Nem oranındaki dalgalanmalar,
- Güç kaynağı iniş çıkışları,
- Küçük piezoelektrik etkiler yaratan mekanik titreşimlere tabi mikrofonik elemanlar ve kablolar,
- Elektromanyetik girişim,
- Bir skaladaki bölmeler arasında gösterge yerinin belirlenmesi zorluğu,
- Cihazın mekanik titreşimleri,
- Yürümekte olan kişi ve etraftan geçen araç trafiğinin cihazlar ve ölçülen parça üzerindeki etkisi olarak sayılabilir.

Çoğu kez, tesadüfi bir bileşen anında farkedilebilir. Çünkü bu bileşen ortaya çıktığında, gösterge değerinin kaydedilmesinde belirgin bir zorluğa neden olur. Örneğin bir dijital göstergenin son rakamı aynı ölçünün tekrar ölçümlerinde değişiyor ve farklı değerler gösteriyor olabilir. Analog bir cihazın göstergesindeki iniş çıkışlar tesadüfi bir hatanın göstergesi olabilir.
Eğer tekrarlanan ölçümler dikkatli bir şekilde gözlemlenip incelendiğinde, tesadüfi hatalar farkedilemiyorsa, ölçüm sisteminin tesadüfi hataları belirleyecek kadar hassas olmadığı söylenebilir. Ancak bu durum ölçüm sisteminin öngörülen amaca uygun olmadığını anlamına gelmez.

Tesadüfi bileşenlerin tahmini bir *tip A analiz* ile yapılabilir. Bu durumda aynı ölçümü birkaç kez yapmak gerekir. Tesadüfi belirsizliklerde önemli bir azalma isteniyorsa, ölçüm sayısının beşten az olmaması gerekir. Elde edilen verinin ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanır. Standart sapma sonuçların dağılımı ile ilgili bir ölçüdür ve birimi ortalamanın birimi ile aynıdır. Modern cihazlarda yirmi veya daha fazla sayıda ölçüm zor değildir ve iyi sonuçlar verebilir.
Bir cihaz ile aynı ölçümün birden fazla tekrarlanamadığı durumda, cihaz kararsızlıkları için bir belirsizlik bileşeni tahmini yapılmalıdır. Bu bileşenin tahmininde, ilgili cihazın kararsızlığı ile ilgili önceki deneyimler veya benzer cihazlarla yaşanan deneyimler göz önüne alınabilir. Bu yöntem bir *tip B analizidir.*

Bir ölçme sürecinde karşılaşılan büyük tesadüfi varyasyonlar iyi araştırılmalıdır. Çünkü büyük bir varyasyon, ölçüm sürecinin kontrol altında olmadığını gösterir. Bunun nedenleri de, yetersiz süzme, zayıf bağlantı, cihazdaki bir arıza, yüksek düzeyde elektriksel etkilenme, cihazın yetersiz temizliği, numune bulaşması veya diğer dış etkilere karşı yetersiz yalıtım olabilir.

Sistematik Hatalar

Sistematik hatalar, gerçek büyüklükleri ve yönleri tam olarak bilinmediği için *uygulanmayan düzeltmeler* (yönü belli olmadığı için sonuca katılamaz) olarak kabul edilebilir. Sabit koşullar altında yapılan tekrar ölçümlerdeki sistematik hatalar ne azaltılabilir ne de büyüklükleri tahmin edilebilir. Bu durum bir sistematik hatanın temel özelliğidir.

Sistematik hataların pek çoğu aşağıdaki yolların kullanılmasıyla azaltılabilir veya yok edilebilir:

- Ölçüm metodunun seçiminde dikkat gösterilmesi,
- Hatanın yön ve büyüklüğünü belirleyecek bir kalibrasyon süreci geliştirilmesi,
- Etki miktarı belli bir değere getirildikten sonra tekrarlanan ölçümler yapılması. (Örneğin, kalibrasyon sıcaklığının altındaki ve üzerindeki değişik sıcaklıklarda tekrar ölçümler yapıldıktan sonra, sonuçların kalibrasyon sıcaklığına göre hesaplanması, cihazın kalibre edilmiş olduğu sıcaklığın dışındaki sıcaklıklarda yapılan ölçümlerin etkisini en aza indirir.)

Sistematik hataların önemli kaynaklarından biri de, ölçüm cihazı ile ölçülen özellik arasındaki etkileşimdir. Örneğin, temas probu kullanan bir boyut ölçme cihazında, prob ölçülen yüzeye bastırılır. Bu da ölçümü yapılan özelliğin uzunluğunu azaltır.

Bir başka örnek, aynı uzunluğun, yüksek çözünürlüğü olan bir temas probu ile ölçüldüğündeki değeri, ışık kaynağı kullanan bir cihaz ile ölçüldüğündeki değerinden farklıdır. Aradaki farkın nedeni, ışığın yansıyıp döndüğü yüzey ile, probun bastırıldığı yüzeyin farklı olmasıdır. Her iki ölçüm de doğrudur, ancak ölçümü yapılan özellikler farklıdır.

Bugün bir çok ölçüm cihazı elektronik *amplifier* ve elektro-optik göstergeler veya bilgisayar bağlantıları kullanır. Bu cihazlar, ana güç kaynağından gelen indüktif akımlardan, elektronik devrelerdeki düzensizliklerden, cihazın kalibrasyon sıcaklığı ile ölçümün yapıldığı sıcaklık arasındaki farklardan, skala hatalarından, ısınmalardan etkilenebilir.

Mekanik sistemlerde ise, dişlilerde boşluklar, sivri uçlarda (knife-edge) hatalar, basınç ve sıcaklığa bağlı genleşmeler olabilir.

Genellikle, kalibrasyon sertifikalarına kalibrasyon laboratuarları tarafından yazılmış olan belirsizliklerin dışında kalan sistematik belirsizlik bileşenleri, yapılan ölçümlere, cihaz imalatçısının spesifikasyonlarına ve mühendislik, fizik ve kimya yasalarına dayalı hesaplamalara göre tahmin edilir.

Operatör hataları genellikle sistematik hatalardır ancak tesadüfi operatör hataları da olabilir. Algılama yeteneği, ayar yeteneği, gösterge bölüntülerini görme yeteneği, temel bazı operatör etkileridir.

Sistematik hatalar, daha yakından bakılması ve üzerine gidilmesi gereken hatalardır. Aynı ölçünün, çözünürlükleri yakın olan iki farklı sistem ile ölçülmesi, sistematik hataların belirlenmesinde yardımcı olabilir. Diğer bazı güçlü araçlar ise, yeterlilik testleri ile laboratuarlar arası karşılaştırmalardır.

Okuma hataları (göstergenin gösterdiği değerden farklı bir değerin kaydedilmesi), yazım hataları, hesaplama hataları, yanlış katsayıların kullanılması hataları vb. bir çok başka hata ‘sehven’ yapılmış hatalardır. Bunlara tam olarak sistematik hatalar denilemez. Bu hatalar *daha iyi laboratuar* uygulaması ve dikkatli çapraz kontrollar ile giderilmelidir. Bir gösterge değeri kaydedildikten sonra, kaydedilen değerle göstergenin yeniden karşılaştırılması, tüm kayıt ve hesapların başka biri tarafından kontrol edilmesi tavsiye edilen yöntemlerdir.

Bir Kalibrasyon Laboratuarı İçin Belirsizlik Hesabı Örneği (*)

NOMİNAL DEĞERİ 50 mm. OLAN BİR MASTAR BLOKUN KALİBRASYONU

1. Blokun kalibrasyonu, bir komparatör ve aynı nominal değere sahip kalibre edilmiş bir mastar blok (referans standart) kullanılarak yapılmaktadır.

İki mastar ve aralarındaki ilişki ile ilgili olarak aşağıdaki tanımlar yapılmıştır:

l_x (Kalibrasyonu yapılacak olan mastar blokun, kalibrasyonun yapıldığı koşullarda, gerçek değeri)
l_s (Referans standardın, kalibrasyonun yapıldığı koşullarda, gerçek değeri)

$l_x = l_s + \delta l$ (δl, her iki mastarın boyutları arasındaki farktır)

2. $l_x = (l_s + \delta l_D + \delta l + \delta l_C) - L (\propto x\ \delta t + \delta\propto x\ \Delta t) - \delta l_V$

l_s = Referans standardın, t_0 = 20°C sıcaklıktaki değeri (kalibrasyon sertifikasından)
δl_D = Referans standardın değerinde, son kalibrasyondan bu yana kararsızlık (drift) nedeniyle değişim miktarı.
δl = Kalibrasyonu yapılacak blok ile, referans standart arasında gözlemlenen fark.
δl_C = Komparatörün, tutarlılık (linearity) ve offset için düzeltme faktörü.

L = Mastar blokların, aşağıdakiler dikkate alınarak nominal değerleri:
$\propto = (\propto_x + \propto_s)/2$ (İki mastar blokunun ısıl genleşme katsayıları ortalaması)
$\delta t = (t_x - t_s)$ (İki mastar blokun sıcaklıkları arasındaki fark)
$\delta\propto = (\propto_x - \propto_s)$ (İki mastar blokunun ısıl genleşme katsayıları arasındaki fark)
$\Delta t = (t_x + t_s)/2 - t_0$ (İki mastar blokun sıcaklıkları ortalaması ile referans sıcaklık arasındaki fark)
δl_V = Kalibrasyonu yapılan mastar blok yüzeylerinin düzlemsellik hatası nedeniyle düzeltme faktörü

(*) Expression of the Uncertainity of Measurement in Calibration, EA-European Co-operation for Accreditation, EA-4/02

Bir Kalibrasyon Laboratuarı İçin Belirsizlik Hesabı Örneği *(devam)*

3. Değerlerin hesaplanması ve/veya tahmini

l_S = 50,00002 mm. ± 30 nm (kapsama faktörü, k = 2 - kalibrasyon sertifikasından -)
δl_D = 0 ± 30 nm. (geçmiş kalibrasyonlardan tahmin edilen değer. Deneyimler bu değerin 0 olabileceğini göstermektedir.)
δl_C = İki mastar bloku arasında boyut farkının ± 1µm olduğu göz önüne alındığında, tutarlılık ve offset için ± 32 nm kabul edilir.

Benzer metodlarla, tahmin ve/veya hesaba bağlı olarak diğer değişkenler de belirlenir.

4. Ölçüm işlemi

Komparatör her defasında referans standarda göre sıfırlanarak, iki blok beş kez karşılaştırılır. Sonuçlar aşağıdadır:

Gözlem No	Gözlenen Değer
1	- 100 nm
2	- 90 nm
3	- 80 nm
4	- 90 nm
5	- 100 nm

Sonuçların aritmetik ortalaması (δl)= - 94 nm
Deneysel Standart Sapma (pooled) S_p (δl) = 12 nm (Bu değer, bu ölçüm sistemi için yapılan deneysel çalışmalar ile belirlenmiştir.)
Standart belirsizlik, u (δl) = 12 nm /5 ½ = 5.37 (5 kez ölçüm yapıldığı için)

Bir Kalibrasyon Laboratuarı İçin Belirsizlik Hesabı Örneği *(devam)*

5. Belirsizlik Bütçesi

Miktar X_i	Tahmin X_i	Standart Belirsizlik $u(x_i)$	Dağılım	Duyarlılık Katsayısı, c_1	Belirsizlik Katsayısı $u_i(y)$
l_s	50,000020 mm	30 nm	Normal	1,0	30 nm
δl_D	0 mm	17,3 nm	Üçgen	1,0	17,3 nm
δl	- 0,000094 mm	5,37 nm	Normal	1,0	5,37 nm
δl_C	0 mm	18,5 nm	Kare	1,0	18,5 nm
δt	0°C	0,0289°C	Kare	- 575 nm°C^{-1}	- 16,6 nm
$\delta\alpha \times \Delta t$	0	0,236 x 10-6	Özel	50 mm	- 11,8 nm
δl_V	0 mm	3,87 nm	Kare	- 1,0	- 3,87 nm
l_x	49,999926 mm	-----	-----	-----	38,9 nm

6. Genişletilmiş Belirsizlik

$U = k \times u(l_x) = 2 \times 38{,}9 = 78$ nm

7. Sonucun Raporlanması

Nominal değeri 50 mm olan mastar blokunun ölçülen değeri 49,999926 mm ± 78 nm'dir. Raporlanan genişletilmiş belirsizlik değeri, standart ölçüm belirsizliği k=2 kapsama faktörü ile çarpılarak elde edilmiş olup, bu değer yaklaşık % 95 olasılıklı kapsamaya karşılık gelir.

Belirsizlik Hesapları ve Örnekler

ISO'nun 1993 yılında yayımladığı bir kılavuz dokümanda TOPLAM BELİRSİZLİK aşağıda olduğu gibi tanımlanır:

$$\text{TOPLAM BELİRSİZLİK } (U_T) = \pm\sqrt{U_0^2 + U_{ref}^2 + U_R^2}$$

U_0 = Cihaz sıkalasından kaynaklanan belirsizlik

U_{ref} = Kalibrasyon veya doğrulamada kullanılan referanstan kaynaklanan belirsizlik

U_R = Cihaz, gözlemci ve yönteme bağlı tekrarlanabilirlikten kaynaklanan belirsizlik

Örnek:

Bir şerit metre 300 mm. uzunluğundaki bir standart ile karşılaştırılarak doğrulama çalışması yapılmaktadır. Kullanılan standardın (referans) belirsizliğinin 0.02 mm. olduğu belirtilmiştir. Doğrulamayı yapan kişi referansı peş peşe dokuz kez ölçerek aşağıdaki değerleri bulmuştur:

1. 300 mm. 2. 300 mm. 3. 299 mm. 4. 300 mm. 5. 300 mm. 6. 300 mm. 7. 299 mm. 8. 301 mm. 9. 300 mm.

U_0 *değerinin hesaplanması*:

Bu değerin hesaplanmasında cihazın sıkalası dikkate alınır. Sıkalaya bağlı olarak yapılan bazı pratik öneriler vardır. Bu öneriler içerisinde en fazla kullanılan uygulamaya göre mekanik sıkalalarda belirsizlik aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$U_0 = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ x (en küçük sıkala değeri)}$$

Dijital sıkalalar için belirsizlik değeri ise aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$U_0 = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ x (son basamağın değeri/2)}$$

Bu durumda örnekteki şerit metrenin en küçük sıkala değerinin 1 mm. olduğu varsayılacak olursa:

$$U_0 = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ x (en küçük sıkala değeri)}$$

$$U_0 = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ x } 1 = (1/1.732) \text{ x } 1 \cong 0.6$$

Belirsizlik Hesapları ve Örnekler (devam)

$U_{referans}$ *değerinin hesaplanması*:

Doğrulama ya da kalibrasyonda kullanılan referansın belirsizliği de doğrulaması veya kalibrasyonu yapılan cihazın belirsizliği üzerindeki etkenlerden biridir. Bu nedenle, doğrulamada kullanılan referans standardın belirsizlik değerinin bilinmesi gereklidir. Doğrulama yapan işletmeler, daha önce de belirtildiği gibi, doğrulamada kullandıkları en üst işletme standardının kalibrasyonunu yaptırmak ve izlenebilirliğini sağlamak durumundadırlar.
Kalibrasyon laboratuarlarının belirsizlik hesaplamasının nasıl yapıldığına ilişkin verilerinin olması ve kalibrasyonunu yaptıkları cihaz ve ekipman ile ilgili raporlamayı yaparken belirsizlik değerini de belirtmeleri gerekir.
Buradaki örnekte, şerit metrenin doğrulamasını yapmak için kullanılan 300 mm. boyut standardının bir kalibrasyon laboratuarı tarafından izlenmekte olduğu ve kalibrasyonu sonucunda 0.02 mm. belirsizliğin tespit edildiği öngörülmüştür.

Bu durumda,

$U_{referans}$ = 0.02'dir

U_R *değerinin hesaplanması*:

Bir ölçüm cihazı ile peş peşe yapılan ölçümlerin tümünde de aynı değere ulaşılamayabilir. Cihazın kendisine, cihazı kullanan gözlemciye ve ölçüm için kullanılan yönteme bağlı olarak, kaydedilen değerler arasında farklılıkların görülmesi doğaldır. Bu farklılıkların boyutunun ne ölçüde olduğunu bilmek ve belirsizlik üzerindeki etkisini görmek, belirsizlik hesaplamaları açısından önemlidir.
Tekrarlanabilirliğe bağlı belirsizliğin hesaplanmasında genellikle istatistiksel yöntemler kullanılır. Tek bir değer için yapılan birden fazla ölçümün sonucunda elde edilen değerlerin standart sapması tekrarlanabilirlikten gelen belirsizliği verir. Uluslar arası kabullere göre bir ölçüm cihazının uygunluğuna karar verilebilmesi için peş peşe yapılan ölçümlerin tümünün ±2σ arasında olması gerekir. Normal dağılımlarda ±2σ aralığı %95 güvenilirlik sağlar.
Standart sapma (σ) hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılır:

$$\textit{Standart sapma, } \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2/(n-1)}$$

n : Veri (ölçüm) sayısı
x : Verilerin ortalaması
x_1 : Birinci veri vb.

Cihazın doğrulanması sırasında kaydedilen 9 değerin standart sapması yukarıdaki formül kullanılarak hesaplandığında, **σ = 0.54** bulunur.

Elde edilmiş olan U_0, U_{ref} ve U_R değerleri kullanılarak yapılan hesaplamalarla toplam belirsizlik değeri bulunur:

$$\text{Toplam belirsizlik } (U_T) = \pm \sqrt{(0.6)^2 + (0.02)^2 + (0.54)^2} = \mathbf{0.8\ mm.}$$

SONUÇ: Bu şerit metre ile yapılan ölçümlerin 1.6 mm. belirsizliği (k=2 olarak, genişletilmiş belirsizlik) vardır. Örneğin bu metre ile yapılan bir ölçümde sonuç 196 mm. okunuyorsa, bu değer **%95 güvenilirlik** ile: 195.2 ile 196.8 değerleri arasındadır.

NOT: Tekrarlanabilirlikten gelen belirsizliğin (UR) çoğu durumda 0 olduğu düşünülerek bu örnek için belirsizlik hesaplaması yeniden yapıldığında, toplam belirsizliğin 0.6 olduğu görülmelidir.

Belirsizlik Hesapları ve Örnekler (devam)

Belirsizlik için Kumpas Örneği:

Ölçme kapasitesi 150 mm., en küçük sıkala değeri 0.05 mm. olan bir kumpasın doğrulanması için referans standart olarak belirsizliği 0.001 mm. olan 25.45 mm. nominal değerli bir johnson bloğu kullanılmıştır. Referans standardın dokuz kez ölçümünden elde edilen sonuçlar aşağıdadır:

1. 25.45 mm. **2**. 25.45 mm. **3**. 25.50 mm. **4**. 25.40 mm. **5**. 25.45 mm. **6**. 25.45 mm. **7**. 25.45 mm. **8**. 25.45 mm. **9**. 25.40 mm.

- Sonuçların standart sapmasının 0.03 olması nedeniyle, tekrarlanabilirlikten kaynaklanan belirsizlik, U_R = 0.03 mm.
- Referanstan kaynaklanan belirsizlik, Uref = 0.001 mm.
- Cihazdan kaynaklanan belirsizlik, $U_0 = \frac{1}{\sqrt{3}} \times (0.05) = 0.029$

Toplam belirsizlik (U_T) = $\sqrt{(0.03)^2 + (0.001)^2 + (0.029)^2}$ = **0.04 mm.**

NOT

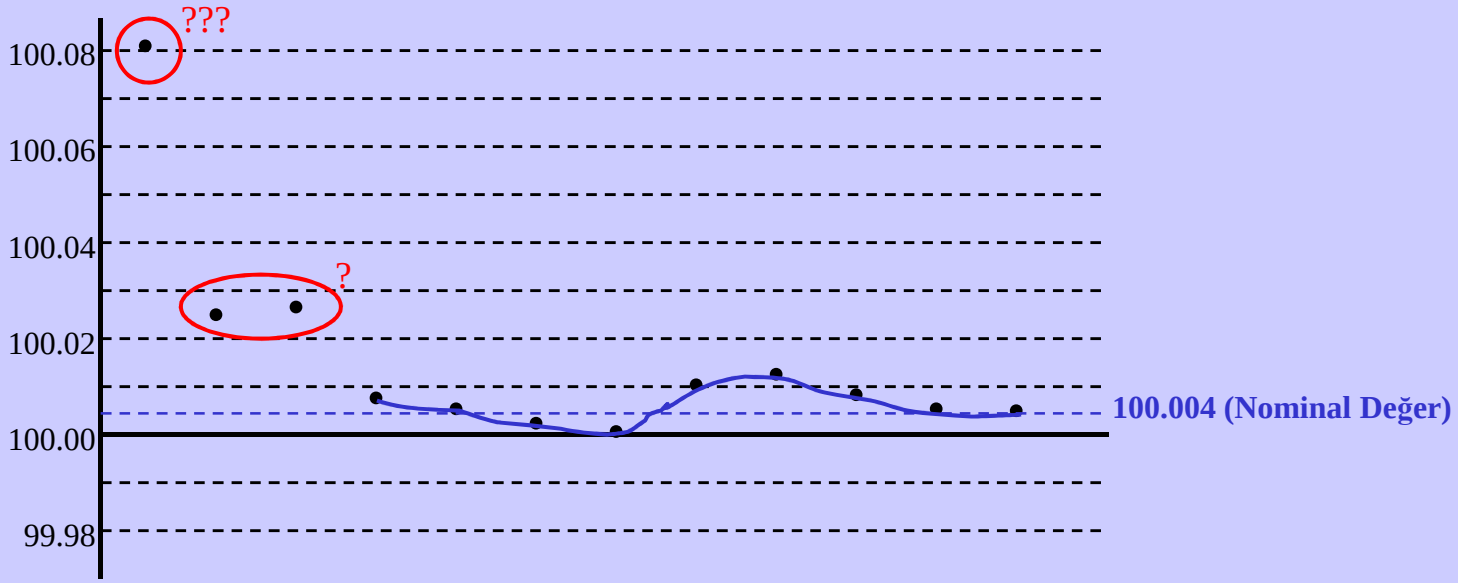
- Kalibrasyon laboratuarları raporlarında belirsizlik tahminini belirtmek zorundadırlar.

- Test ve deney laboratuarları ise aşağıdaki durumlarda belirsizlik tahminini belirtmelidirler:
  - Müşteri istediğinde
  - Standart tarafından isteniyorsa
  - Sonuçlar sınır değerlere çok yakın ise

Belirsizlik Hesapları ve Örnekler (devam)

ENTİL DÖKÜM'de 12.05.2004 tarihli eğitimde yaşanan örnek

Nominal Değeri 100.004 olan bir mikrometre sıfırlama çubuğu, çözünürlüğü 0.01 mm. olan bir mikrometre ile, eğitime katılanlar tarafından birer kez ölçüldü.
Bulunan sonuçlar aşağıdadır:
100.08 mm, 100.025 mm, 100.027 mm, 100.008 mm, 100.006 mm,100.002 mm,100 mm,100.01 mm,100.012 mm,. 100.009 mm,100.006 mm,100.005 mm.



ENTİL DÖKÜM'de 12.05.2004 tarihli eğitimde yaşanan örnek – devam -

Belirsizlik Hesabı:

1. Sıkaladan kaynaklanan belirsizlik bileşeni:

$$U_0 = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ x } (0.01) = 0.0058 \text{ mm.}$$

2. Tekrarlanabilirlikten kaynaklanan belirsizlik bileşeni:
(İlk üç değer, normal dağılımın dışında bulunduğu için değerlendirme dışı bırakılmıştır.)

U_R = 0.0038 mm.

3. Referanstan kaynaklanan belirsizlik bileşeni:
(Referans ile ilgili bir belirsizlik değeri olmadığı için, referans ile ilgili belirsizlik değeri 0.002 mm. olarak tahmin edilmiştir.)

U_{Ref} = 0.002 mm.

4. Sıcaklık farkından kaynaklanan belirsizlik bileşeni:
(Çalışmanın yapıldığı ortamın sıcaklığı, yaklaşık 28°C tahmin edilmiştir. 20 °C standart değerden farklılığın sonucu olarak referansın boyunun 0.001 mm. uzamış olabileceği hesaplanmıştır.)

$U_{temp.}$ = 0.001 mm.

Tespit edilen dört belirsizlik bileşeni göz önüne alınarak yapılan hesap sonucunda, cihaz ile ilgili genişletilmiş belirsizlik değeri aşağıdadır:

U_T = (2 x 0.007) = 0.014 mm. (k = 2 alınmıştır)

Temel Ölçümbilim ve Kalibrasyon Eğitimi Programı

Giriş/Bazı Tanımlar

Metroloji, Akreditasyon, Standardizasyon

Kalibrasyon/Doğrulama ve İzlenebilirlik

Standartlar Sıradüzeni

Ölçme ve Ölçme Sistemlerinin Analizi

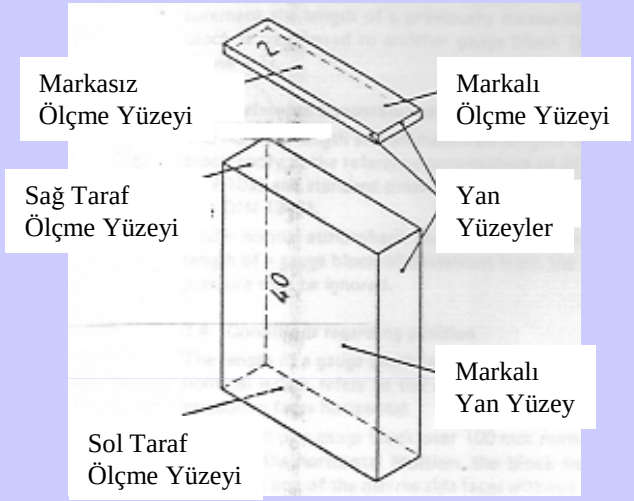
Belirsizlik

Boyutsal Ölçüm Cihazları (Örnekler)

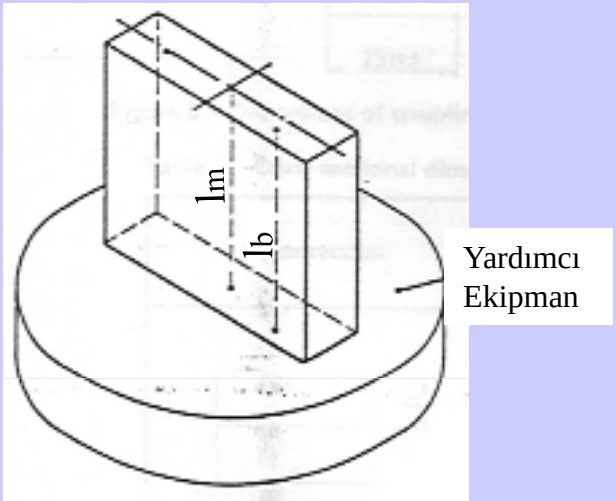
Boyutsal Kalibrasyon Yapacak Laboratuarlarda Aranan Koşullar

Kalibrasyon ve İzlenebilirlik Sistemi Değerlendirme

Mastar Blokları (DIN 861)



Mastar Bloku, Tanımlar



Mastar Bloku boyutu:

l_b : Mastar blokunun ölçme yüzeyindeki herhangi bir noktadan, yardımcı ekipman yüzeyine dik mesafe (Yardımcı ekipman blok ile aynı malzemeden üretilmiştir ve blok yardımcı ekipmana yapıştırılır).

l_m : Mastar blokunun merkezindeki boyutu.

Malzeme Özellikleri

1.1. Malzeme

Aşınmaya dayanıklı çelik malzemeden üretilirler. Malzeme, mastarların birbirine yapışmasını sağlayacak yüzey kalitesinin elde edilmesine uygun olmalıdır.

1.2. Isıl Genleşme Katsayısı

Kullanılan malzemenin ısıl genleşme katsayısı değeri, 10 °C ile 30 °C arasındaki ortam sıcaklıklarında,

$(11{,}5 \pm 1{,}0) \times 10^{-6}\ K^{-1}$ *olmalıdır.*

1.3. Sertlik

Blokların ölçme yüzeylerinin sertlik değeri 800 HV'den daha düşük olmamalıdır.

1.4. Boyutsal Kararlılık

Mastar blokların, olağandışı kullanımlara maruz kalmamaları koşulu ile, boyutlarında olabilecek yıllık değişim miktarları aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Hassasiyet Sınıfı	Yılda izin verilen sapma
00 0 K	± (0,02 + 0,0005xl)µm
1 2	± (0,05 + 0,001xl)µm
l = Nominal Değer (mm)	

Hassasiyet Gerekleri

2.1. Düzlemsellik Toleransları

Mastar bloklarının düzlemsellik toleransları aşağıda tabloda belirtildiği gibi olmalıdır:

Nominal Boy (mm)	Düzlemsellik Toleransı (µm)			
	00 ve K	0	1	2
150'ye kadar	0,05	0,10	0,15	0,25
150 - 500	0,10	0,15	0,18	0,25
500 - 1000	0,15	0,18	0,20	0,25

2.2. Diklik Toleransları

Bir kenar yüzeyi ile ölçüm yüzeyi arasındaki diklik bozukluğu değeri aşağıda tabloda belirtildiği gibi olmalıdır:

Nominal Boy (mm)	Diklik Toleransı (µm)
10 - 25	50
25 - 60	70
60 - 150	100
150 - 400	140
400 - 1000	180

Nominal Değerden İzin Verilen Sapma (µm)

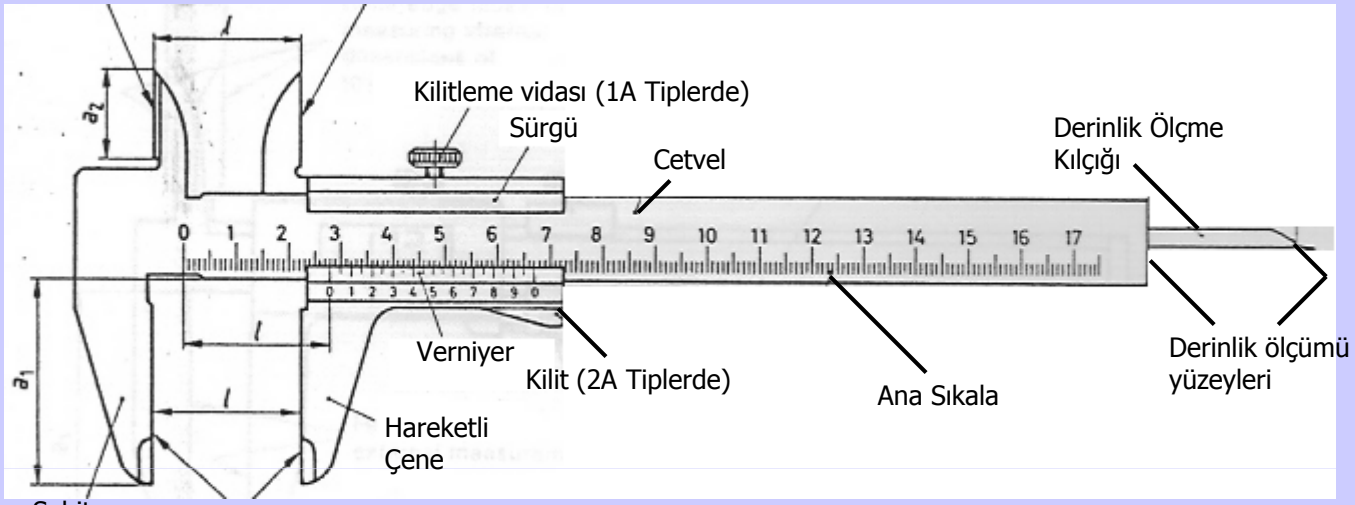
Mastar bloklarının nominal değerlerinden, herhangi bir noktada, izin verilen sapma miktarı aşağıdaki tabloda verilmiştir:

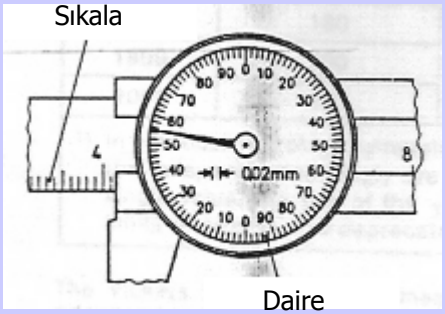
Nominal Değer (mm)		Sınıf 00		Sınıf 0		Sınıf 1		Sınıf 2		Sınıf K	
Üzeri	Kadar	Nominal değerden sapma (tn) ±	Sapma üzerindeki tolerans (ts)	Nominal değerden sapma (tn) ±	Sapma üzerindeki tolerans (ts)	Nominal değerden sapma (tn) ±	Sapma üzerindeki tolerans (ts)	Nominal değerden sapma (tn) ±	Sapma üzerindeki tolerans (ts)	Nominal değerden sapma (tn) ±	Sapma üzerindeki tolerans (ts)
-	10	0,06	0,05	0,12	0,10	0,20	0,16	0,45	0,30	0,20	0,05
10	25	0,07	0,05	0,14	0,10	0,30	0,16	0,60	0,30	0,30	0,05
25	50	0,10	0,06	0,20	0,10	0,40	0,18	0,80	0,30	0,40	0,06
50	75	0,12	0,06	0,25	0,12	0,50	0,18	1,00	0,35	0,50	0,06
75	100	0,14	0,07	0,30	0,12	0,60	0,20	1,20	0,35	0,60	0,07
100	150	0,20	0,08	0,40	0,14	0,80	0,20	1,60	0,40	0,80	0,08
150	200	0,25	0,09	0,50	0,16	1,00	0,25	2,00	0,40	1,00	0,09
200	250	0,30	0,10	0,60	0,16	1,20	0,25	2,40	0,45	1,20	0,10
250	300	0,35	0,10	0,70	0,18	1,40	0,25	2,80	0,50	1,40	0,10
300	400	0,45	0,12	0,90	0,20	1,80	0,30	3,60	0,50	1,80	0,12
400	500	0,50	0,14	1,10	0,25	2,20	0,35	4,40	0,60	2,20	0,14
500	600	0,60	0,16	1,30	0,25	2,60	0,40	5,00	0,70	2,60	0,15
600	700	0,70	0,18	1,50	0,30	3,00	0,45	6,00	0,70	3,00	0,18
700	800	0,80	0,20	1,70	0,30	3,40	0,50	6,50	0,80	3,40	0,20
800	900	0,90	0,20	1,90	0,35	3,80	0,50	7,50	0,90	3,80	0,20
900	1000	1,00	0,25	2,00	0,40	4,20	0,60	8,00	1,00	4,20	0,25

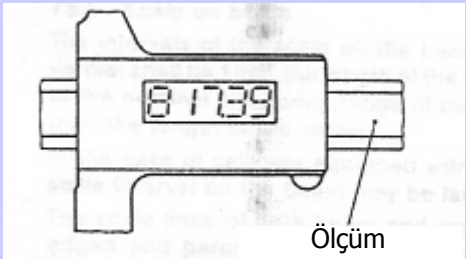
Hassasiyet Sınıfı	İzin verilen sapma
00	± (0,05 + 0,001 x l) µm
0	± (0,10 + 0,002 x l) µm
1 ve K	± (0,20 + 0,004 x l) µm
2	± (0,40 + 0,008 x l) µm

Hassasiyet Sınıfı	Sapmanın toleransı
00 ve K	± (0,05 + 0,0002 x l) µm
0	± (0,10 + 0,0003 x l) µm
1	± (0,16 + 0,00045 x l) µm
2	± (0,3 + 0,0007 x l) µm

Kumpaslar ve Kumpas Kalibrasyonu/Doğrulaması (DIN 862)







1. Temel Gerekler

1.1. Kullanılacak Ekipman: *Mastar Blokları (TS ISO 3650), Halka Mastar (DIN 2250), Termometre*

1.2. İlgili Dokümanlar: *DIN 862/Aralık 1988 Vernier Callipers – Requirements and Testing*
Firma Prosedür ve Talimatları
Eğitim Dokümanları

1.3. Yardımcı Teçhizat: *Kalibrasyon Masası, temizlik bezi, kağıt mendil, pamuklu eldiven, fırça, büyüteç, mıknatıslanma giderici cihaz, gaz taşı, saatçi tornavidası takımı*
Temizlikte kullanılmak üzere, Aseton , Etil Alkol (plastik ve boyalı yüzeyler dışında)

1.4. Çevre Koşulları: *Sıcaklık .....°C, Sıcaklık Değişimi: En fazla .....°C/saat, Bağıl Nem: En fazla % .....*

1.5. Ön Hazırlık: *Kalibrasyon Masası hazırlanır (temizlik, gerekmeyenlerin uzaklaştırılması, eksiklerin kontrolu vb.),*
Kalibrasyonu/doğrulaması yapılacak ekipmanın numaralarının kontrolu, yeni ekipmana numara verilmesi,
Hafif hasar ve eziklerin, çapakların gaz taşı ile giderilmesi, korozyonlu bölgelerin demiroksit tozu ve yağ karışımı ile ovulması,
Mıknatıslanmanın kontrol edilmesi, varsa giderilmesi (dijital kumpasta pili çıkartın)

1. Temel Gerekler (devam)

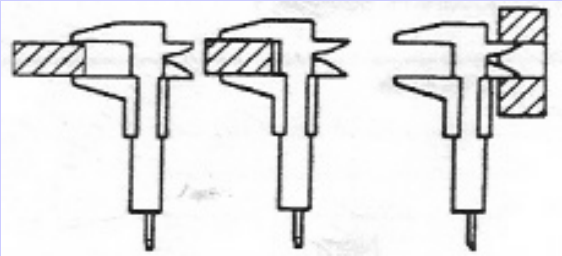
1.6. Göz Kontrolu:
- Hasar, korozyon kontrolu,
- Dijit ve taksimatlar okunabiliyor mu, taksimat çizgileri düz ve keskin kenarlı mı,
- Saatlerde ibre uç genişliği taksimat çizgi kalınlığı ile aynı mı, ibre kısa taksimat çizgilerinin 1/3'lük kısmında sonlanıyor mu, taksimat çizgilerinin yönü ibre dönme merkezine doğru mu,
- Bölüntü aralığı sıkala üzerinde gösterilmiş mi,
- Dijitallerde dijitler tam mı, her hane de 8 rakamı eksiksiz olarak görülüyor mu, pil değiştirilmesi gerekir mi, göstergede ölçü birimi var mı, tuşlar fonksiyonlarını yerine getiriyor mu?

1.7. Fonksiyon Kontrolu:
- Sürgü ölçme aralığı boyunca rahat ve boşluksuz çalışıyor mu,
- Çeneler kapalı konumda dış ve iç çap çenelerinde ışık sızması uygun mu?
- Sürgü sabitleme vidası görev yapıyor mu. (Vida sabitlendiğinde taksimatlarda farkedilen bir değişim olmamalıdır. Dijitallerde, yalnızca en son dijitin bir birim değişmesine izin verilir).
- Varsa ve kullanılıyorsa, veri çıkış teçhizatı uygun mu (kullanılmıyorsa, raporda belirtilmelidir).

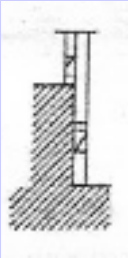
1.8. *Sıcaklık uyumu için en az 30 dakika laboratuar ortamında bekletilir.*

2. Kalibrasyon / Doğrulama

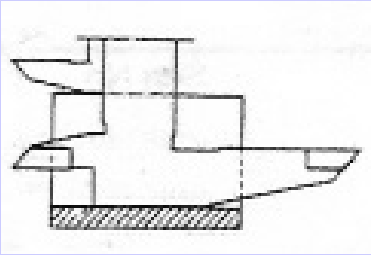
2.1. Ölçme Kontrolu



(1)



(2)



(3)

- İç ve dış çap ölçme çenelerinde ölçümler çenelerin farklı yerlerinde, çene diplerinde ve çene uçlarında ayrı yapılır **(1)**.
- Dış çap çeneleri ile ölçme aralığının ortasına yakın yerden, çene ortasında ilave bir ölçüm daha yapılır **(1)**.
- Derinlik Dili ile ölçüm, mastar blok ve düz bir yüzey kullanılarak, dikey olarak ve tek değerde ölçüm yapılır **(2)**.
- Kademe ölçümleri, mastar bloklar ve düz bir yüzey kullanılarak, yatay olarak ve tek değerde ölçüm yapılır **(3)**.

Mastar

Dış Çap Çene Dibi	
Okuma	Sapma

Dış Çap Çene Ucu	
Okuma	Sapma

Dış Çap Çene Ortası	
Okuma	Sapma

Mastar

İç Çap Çene Dibi	
Okuma	Sapma

İç Çap Çene Ucu	
Okuma	Sapma

Mastar

Derinlik Dili	
Okuma	Sapma

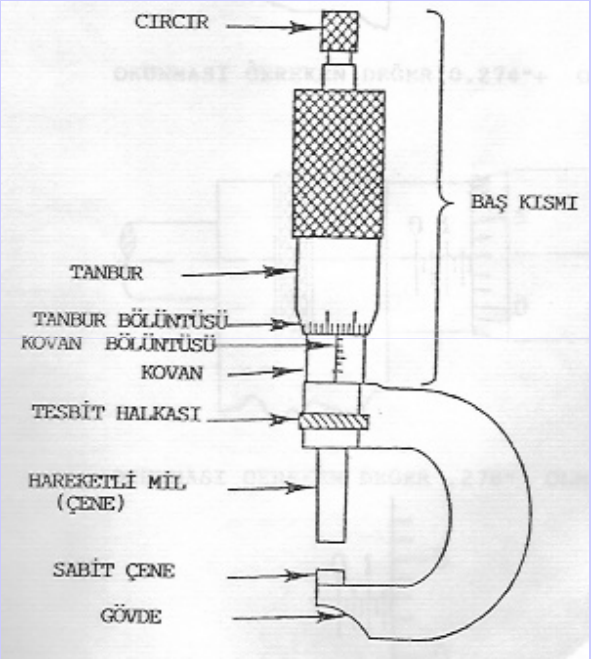
Kademe	
Okuma	Sapma

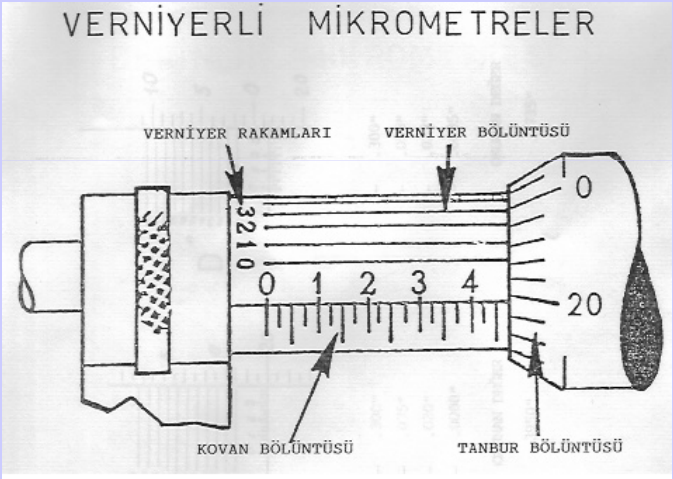
Kumpaslar ve Kumpas Kalibrasyonu/Doğrulaması

2.2. Çeşitli tiplerde kumpaslar için izin verilen hata değerleri

<table>
<tr><th rowspan="2">Ölçülen Boyut (l, mm)</th><th colspan="3">Hata Sınırları, G, μm</th></tr>
<tr><th colspan="2">Analog Skala</th><th></th></tr>
<tr><th></th><th>0,1 ve 0,05 mm.</th><th>0,02 mm.</th><th>0,01 mm.</th></tr>
<tr><td>50</td><td rowspan="4">50</td><td rowspan="2">20</td><td rowspan="2">20</td></tr>
<tr><td>100</td></tr>
<tr><td>200</td><td rowspan="6">30</td><td rowspan="6">30</td></tr>
<tr><td>300</td></tr>
<tr><td>400</td><td>60</td></tr>
<tr><td>500</td><td>70</td></tr>
<tr><td>600</td><td>80</td></tr>
<tr><td>700</td><td>90</td><td rowspan="4">40</td><td rowspan="4">40</td></tr>
<tr><td>800</td><td>100</td></tr>
<tr><td>900</td><td>110</td></tr>
<tr><td>1000</td><td>120</td></tr>
<tr><td>1200</td><td>140</td><td rowspan="2">50</td><td rowspan="5">--</td></tr>
<tr><td>1400</td><td>160</td></tr>
<tr><td>1600</td><td>180</td><td rowspan="3">60</td></tr>
<tr><td>1800</td><td>200</td></tr>
<tr><td>2000</td><td>220</td></tr>
</table>

Mikrometreler ve Mikrometre Kalibrasyonu/Doğrulaması (DIN 863)





1. Temel Gerekler

1.1. Kullanılacak Ekipman: *Mastar Blokları (TS ISO 3650), Termometre*

1.2. İlgili Dokümanlar: *DIN 863 Micrometers – Requirements and Testing*
Firma Prosedür ve Talimatları
Eğitim Dokümanları

1.3. Yardımcı Teçhizat: *Kalibrasyon Masası, temizlik bezi, kağıt mendil, pamuklu eldiven, fırça, büyüteç, mıknatıslanma giderici cihaz, gaz taşı, mikrometre özel anahtarı, saatçi tornavidası takımı*
Temizlikte kullanılmak üzere, Aseton , Etil Alkol (plastik ve boyalı yüzeyler dışında)

1.4. Çevre Koşulları: *Sıcaklık .....°C, Sıcaklık Değişimi: En fazla .....°C/saat, Bağıl Nem: En fazla % .....*

1.5. Ön Hazırlık: *Kalibrasyon Masası hazırlanır (temizlik, gerekmeyenlerin uzaklaştırılması, eksiklerin kontrolu vb.),*
Kalibrasyonu/doğrulaması yapılacak ekipmanın numaralarının kontrolu, yeni ekipmana numara verilmesi,
Hafif hasar ve eziklerin, çapakların gaz taşı ile giderilmesi, korozyonlu bölgelerin demiroksit tozu ve yağ karışımı ile ovulması,
Mıknatıslanmanın kontrol edilmesi, varsa giderilmesi (dijital mikrometrede pili çıkartın)

1. Temel Gerekler (devam)

1.6. Göz Kontrolu:
- Hasar, korozyon kontrolu,
- Sıkala çizgileri ve rakamlar okunabiliyor mu, taksimat çizgileri düz ve keskin kenarlı mı, aynı kalınlıkta mı,
- Ölçü mili boşluğu uygun mu,
- Ölçme tamburu 0.5 mm. çevrildiğinde tambur üzerindeki sıkalda da aynı değer okunuyor mu,
- Dijitallerde dijitler tam mı, her hane de 8 rakamı eksiksiz olarak görülüyor mu, pil değiştirilmesi gerekir mi, göstergede ölçü birimi var mı, tuşlar fonksiyonlarını yerine getiriyor mu?

1.7. Fonksiyon Kontrolu:
- Tambur ölçme aralığı boyunca rahat ve boşluksuz çalışıyor mu,
- Çeneler kapalı konumda iken ışık sızması var mı? Çenelerin düzlemselliği uygun mu?
- Sabitleme mandalı görev yapıyor mu?
- Cırcır rahat çalışıyor mu?
- Varsa ve kullanılıyorsa, veri çıkış teçhizatı uygun mu (kullanılmıyorsa, raporda belirtilmelidir).

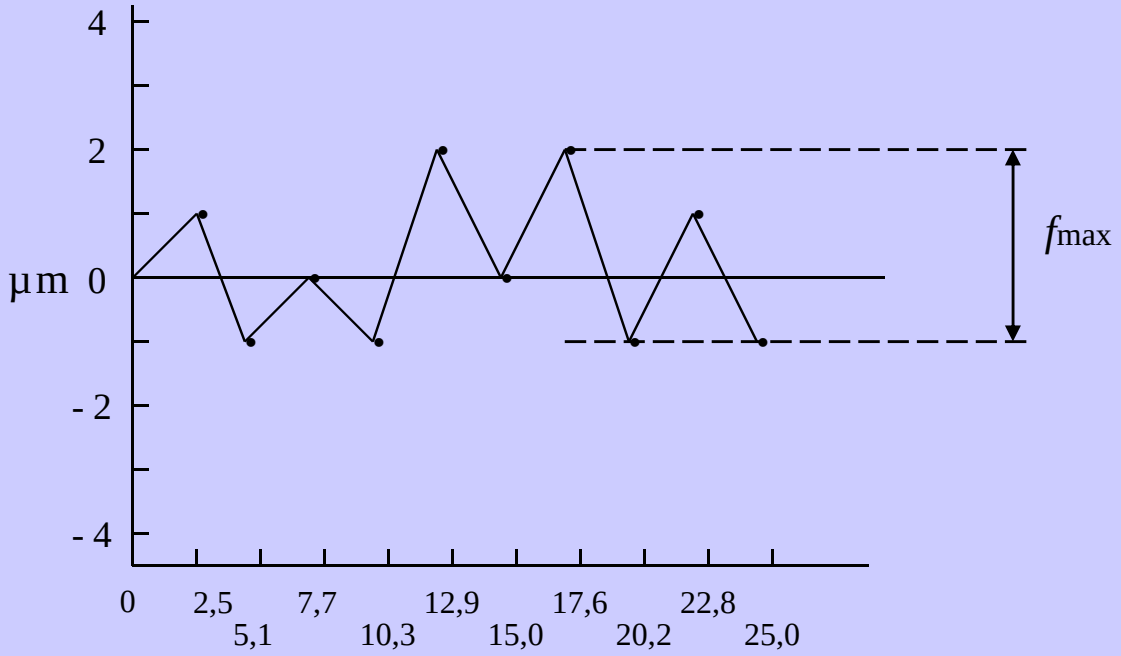
1.8. *Sıcaklık uyumu için en az 60 dakika laboratuar ortamında bekletilir.*

2. Kalibrasyon / Doğrulama

2.1. Ölçme Kontrolu

- Mikrometre ölçme sahası içerisinde çeşitli noktalardan mastar blokların ölçümleri yapılır.

Örnek: Ölçme sahası 0-25 mm. olan mikrometreler için,
2,5 – 5,1 – 7,7 – 10,3 – 12,9 – 15,0 – 17,6 – 20,2 – 22,8 – 25 mm. uzunluklarında maksimum sapma aralığı (f_{max}) tespit edilir.



Mikrometre Ölçme Aralığı	*f* max. Değeri
0 – 25	4
25 – 50	4
50 – 75	5
75 - 100	5

UYGUN ÖLÇÜM CİHAZI SEÇİMİ

Cihaz	Ölçme Aralığı (mm)	Tipik Skala Bölümlemesi (mm)	En Küçük Ölçüm Belirsizliği (mm)
Gönyeler	Uygulanmaz	Uygulanmaz	0.03
Sentiller	1.0 – 0.03	Uygulanmaz	0.02
Çelik Metreler	2000'e kadar	0.5	0.5 – 1.0
Şerit Metreler	1000 üzeri	1.0	1 mm/m
Kumpaslar	1000'e kadar	0.02 – 0.05	0.1 – 0.2
Mikrometreler	300'e kadar	0.001 – 0.01	0.01 – 0.1
Komparatörler	50'ye kadar	0.01	0.03 – 0.1

Not: "En Küçük Ölçüm Belirsizliği" ile "en üstün ölçme yeterliliği" aynı anlama gelir. Bu değer, ideal koşullarda beklenebilecek olan en küçük ölçüm belirsizliğidir. Yukarıdaki tabloda en küçük ölçüm belirsizliği genel olarak skala bölümlemesinin 10 katı olarak tahmin edilmiştir.

ÖLÇÜM CİHAZININ KORUNMASI

Cihaz	Sık Rastlanan Problemler	Önlem (Kullanım Öncesi Gözle Muayene)
Gönyeler	Korumasız bırakıldığı taktirde, aşınma, çentik ve hasar	Kullanılmadığı zaman hafif yağlayın ve kullanım öncesinde temizleyin
Sentiller	Kırılma, bükülme ve yırtılma	Kullanılmadığı zaman hafif yağlayın ve kullanım öncesinde temizleyin, koruyucu muhafazada tutun.
Çelik Metreler	Genellikle sıfır noktası olan uçta aşınma ve hasar. Doğrusallık ve düzlemsellik hatası, kalıcı bükülmeler. Bölme çizgilerinin aşınma ve korozyona bağlı kaybı.	Koruyucu kılıf içerisinde tutun.
Şerit Metreler	Kırılma veya baskılı skalanın aşınması.	Emniyetli muhafazaya alın ve kullanırken dikkat edin.
Kumpaslar	Çapak ve aşınma. Gövdede doğrusallık, çenelerin gövdeye diklik hatası. Çakışma hatası ve kayar ünitelerin uygunsuzluğu.	Uygun ambalajda tutun, periyodik aralıklarla kontrol edin (doğrulama).
Mikrometreler	Çenelerde çapak, gövdenin çarpılması, boşluk.	Uygun ambalajda tutun, periyodik aralıklarla kontrol edin (doğrulama).
Komparatörler	Harekette tutukluk veya hassasiyet kaybı. Mil, yatak ve dişlilerde hasar. Uçlarda eğilme veya kırılma.	Her zaman temiz tutun. Burçları yağlamayın, periyodik aralıklarla kontrol edin (doğrulama).

Ek I
Boyutsal (uzunluk, açı ve form) Kalibrasyon Yapacak Laboratuarlarda Aranan Şartlar

(UKAS – United Kingdom Accreditation Service, Yayın Ref. No: LAB 36)

1. Laboratuarın Konumu

1.1. Mekanik titreşim ve şok kaynaklarından uzak olmalı (tren yolu, ağır makinaların çalıştığı fabrika vb.)

1.2. Elektriksel ve elektromanyetik etki kaynaklarından uzak olmalı (yüksek gerilim hatları vb.)

1.3. Akustik gürültü düzeyi, sakin bir çalışma bürosu düzeyinde olmalı

1.4. Düşük seviyede titreşim ve ısı yalıtımı kolaylığı için, toprak bir zemin tercih edilmeli

2. Laboratuarın Yapısı

2.1. Dış duvarlar ve tavanda, normal bir yapıya göre daha fazla yalıtım olmalı (en az 25 mm. cam yünü vb.). Dışarıya bakan duvarlar üzerindeki pencereler çift camlı olmalı

2.2. Laboratuar içi, doğrudan güneş ışığı veya radyant ısınmaya maruz olmamalı. Özellikle güneş ışığı, standartların, cihazların ve ölçümü yapılan ekipmanın üzerine gelmemeli. Eğer dış camlarda perde kullanılıyorsa, içeride toz tutulmaması için perdeler dışarıdan olmalı.

2.3. Laboratuar girişi çift kapılı olmalı, kapılardan biri açılırken diğeri kapalı kalmalı (*air lock*). İki kapının arasında '*yapışkanlı*' veya elektrostatik paspas olmalı. Duvarlar, zemin ve tavan yüzeyleri toz üretmeyecek özellikte olmalı (*örneğin, yüzeyi işlenmemiş beton zeminler uygun değildir ve tehlikeli olabilir*).

2.4. Teknik Müdür bürosundan laboratuara kolayca ulaşabilmelidir. Sekreterlik ve kayıt işlemleri laboratuara yakın bir yerde yapılabilmeli. Laboratuar içerisinde standartların, kalibrasyon ekipmanının, aksesuar ve takımların konabilmesi için yeterli dolap, raf vb. alanı olmalı.

3. Laboratuarda Alınan Hizmetler

3.1. Laboratuarın aydınlatması uygun olmalıdır. Çalışma yerleri ve bürolar için 700 – 1000 lux değerinde aydınlatma önerilir. Floresan aydınlatması genellikle yeterlidir ancak yakın incelemeler için tungsten aydınlatması gerekir. Özellikle optik ölçümlerde, masa üzeri aydınlatmasından kaynaklanacak lokal ısınmanın hatalara neden olmamasına dikkat edilmeli.

3.2. Özellikle otokollimatorlerin, fotoelektrik elemanlı cihazların ve bazı indüktiv ve elektronik cihazların kullanıldığı durumlarda, voltaj düzgün olmalıdır. Gerekiyorsa, lokal voltaj düzenleyiciler kullanılmalıdır.

3.3. Basınçlı hava kullanılması durumunda hava regulatörü ile havadaki nem, kir ve yağı tutacak filtreler kullanılmalıdır.

4. Çevre: Sıcaklık

4.1. Laboratuar çalışma hacminde hava akımlarının olmaması önemlidir. Sıcaklık, olabildiğince sabit ve homojen dağılımlı, yatay veya dikey sıcaklık farkları mümkün olduğunca küçük olmalıdır. Standart sıcaklık olan 20ºC'de bu koşulları sağlayabilmek için iyi bir ısı yalıtımı, otomatik termostatlı klima kullanılmalıdır.

4.2. Gerekli olan sıcaklık kontrolu bir ölçüde, kalibrasyonu yapılacak cihazlara ve istenilen ölçüm belirsizliğine bağlıdır. Genel olarak, çalışma hacimleri 20±2ºC sıcaklık aralığında tutulmalıdır. Herhangi bir noktadaki sıcaklık değişimi günde 2ºC, saatte 1ºC değerini aşmamalıdır. UKAS akreditasyonu için bunlar minimum değerlerdir.

4.3. Daha yüksek hassaslık ve daha düşük belirsizlik değeri gerektiren kalibrasyonlarda, örneğin johnsson bloklarının kalibrasyonunda, çalışma hacmi 20±1ºC sıcaklık aralığında tutulmalıdır. Bu durumda, herhangi bir noktadaki sıcaklık değişimi günde 1ºC, saatte 0.5ºC değerini aşmamalıdır.

4.4. Johnson bloklarının enterferometrik olarak kalibrasyonu durumunda, kullanılan enterferometrenin iç sıcaklığı 20±0.5ºC aralığında tutulmalıdır. Herhangi bir noktadaki sıcaklık değişimi saatte 0.1ºC değerini aşmamalıdır.

4.5. Otomatik sıcaklık kontrolu için aç/kapa (*on/off*) yöntemler kullanılabilir. Ancak daha düşük sıcaklık değişimleri için oransal kontrol önerilir.

4.6. Hava akımlarının ve sıcaklık değişiminin azaltılması için klimadan gelen havanın düzgün dağılımı önemlidir. Bunun için klima üzerinde bazı düzenlemeler yapmak gerekebilir. Havanın çıktığı noktaların zeminden uzaklığı 2.3 m.'den daha az, çalışma hacminde dolaşmakta olan havanın hızı ise15 cm./sn.'den fazla olmamalıdır.

4.7. Laboratuarda kontrollu sıcaklık koşulları geceleri ve hafta sonlarında da sağlanmalıdır. Eğer laboratuar tüm diğer binaların ısıtılmasında kullanılan sistem tarafından ısıtılıyorsa, yalıtım daha önemlidir. Laboratuarın 2 günden daha fazla kapalı kalması durumunda koşullar biraz gevşetilebilir. Ancak, bir ölçüm cihazının kalibrasyonunun uygun koşullarda yapılabilmesi için, kalibrasyondan 24 saat önce laboratuarda sıcaklık koşulları sağlanmış olmalıdır.

4.8. Bazı kalibrasyonlarda, örneğin metrelerin standartlarla karşılaştırılmasında, eğer istenen belirsizlik değerinin boya oranı çok küçük veya elemanların uzama katsayıları farklı ise, daha sıkı bir sıcaklık kontrolu gerekebilir. Laboratuarın sıcaklığının uygun termometrelerle, çeşitli bölgelerde kontrol edilmesi durumda, sıcaklık açısından daha uygun bölgeler belirlenerek bazı kalibrasyonlar buralarda yapılabilir. Ayrıca alternatif olarak, bazı kalibrasyonlar bir cihaz kutusu veya özel bir kabinde de yapılabilir.

4.9. Sıcaklıkların izlenmesi ve kaydedilmesi ISO 17025'de belirtildiği gibi yürütülmelidir. Bunun için kaydedicili termometreler tercih edilmelidir, ancak BS 593'e uygun cıvalı cam termometreler de yeterlidir. Kalibrasyon sırasında, ölçme ekipmanının ve kalibrasyon cihazının sıcaklığının ölçülmesi için, en az 0.1ºC değerini okuyabilen, kalibreli termometreler kullanılmalıdır. Bu durum 20ºC standart sıcaklıkta, cihazın değerinin daha hassas belirlenmesini, sıcaklık ve bazı durumlarda uzama katsayısı farklarının dikkate alınmasını sağlayacaktır.

4.10. Laboratuar içerisinde, kalibre edilecek ekipmanın bekletileceği ve laboratuarın sıcaklık koşullarına sahip olacakları yerler bulunmalıdır. Ayrıca, kalibrasyona başlanmadan hemen önce, kalibre edilecek ekipman ile kalibrasyon cihazının temas etmesi ve bir müddet bu durumda beklenmesi tavsiye edilir. Standartlar, johnsson blokları ve benzer elemanlar, karşılaştırma yapılmadan önce, metal bir plaka üzerine yan yana yatırılmış olarak en az 30 dakika süre ile bekletilmelidirler. Daha büyük elemanlar bir gece bekletilmeliler. Amaç, ekipman, standart ve ölçülecek eleman arasındaki sıcaklık farklarını en az seviyeye indirmektir.

4.11. 100 mm. boyundaki bir çelik mastar bloku ile, bu blokun karşılaştırıldığı çelik standart arasındaki 0.1ºC sıcaklık farkı, 0.12 µm. civarında bir kalibrasyon hatasına neden olur. Mastar bloku ile standardın sıcaklıklarının aynı, ancak 20ºC'den farklı olmaları durumunda da, uzama katsayıları arasındaki bilinmeyen bazı küçük farklılıklar nedeniyle, kalibrasyon hataları olabilir. Bu durum 100 mm. boyundaki bir mastar için, standart sıcaklık değerinden sapılan her ºC başına, 0.09 µm. farka neden olabilir.

5. Çevre: Nem

5.1. Genel olarak, laboratuar ortamında görece nemin %55 RH değerini geçmemesi yeterlidir. Ancak bazı özel uygulamalarda farklı değerler de gerekebilir.

5.2. Laboratuar sıcaklığının yoğuşma noktasının (*dew point*) üzerinde tutulması gereklidir. Bu nedenle de, örneğin hafta sonlarında veya tatillerde ısıtmanın kapatılarak laboratuarın soğutulması akıllıca değildir. Nem değerinin yükselmesi durumunda, paslanmaya karşı gerekli önlemler alınmalıdır.

Ek II
Ölçme ve Test Ekipmanı Kalibrasyon ve İzlenebilirlik Sistemi Değerlendirmesi

(EAL-G12)

A0. Genel

A0.1 Ölçme ekipmanını değerlendiren kişi metroloji ve kalibrasyon alanında yeterli bilgiye sahip olmalıdır.

A0.2 Değerlendirme, laboratuarın akreditasyonu kapsamında yer almış olan test aktiviteleri ile sınırlıdır. Değerlendirme, başka bir akreditasyon kuruluşu tarafından akredite edilmiş kalibrasyon laboratuarlarına uygulanmaz.

A1. Ölçüm Ekipmanının Uygun Kalibrasyonu

A1.1 Tüm ölçüm cihazları için:

(a) Ölçüm ekipmanının ölçme belirsizliği ile tutarlı,

(b) Ölçülen miktarın test sonucu üzerindeki etkisi ile tutarlı,

bir kalibrasyon tanımlanmış mı?

A1.2 Doğal sabitlere (tanımlanmış dalga boyu vb.) dayalı ölçüm ekipmanı için uygun bir fonksiyonel test belirlenmiş mi?

A2. Ölçüm Ekipmanı Kalibrasyonu Yapan Taraflar

A2.1 Kalibrasyon, genel olarak kalibrasyondan sorumlu veya akredite olmuş ya da başka türlü bu amaç için kabul edilmiş bir dış kuruluş tarafından yapılıyor mu?

(a) Bir Ulusal Metroloji Enstitüsü tarafından,

(b) Akredite olmuş bir kalibrasyon laboratuarı tarafından

A2.2 Yukarıdaki A2.1(a) veya A2.1(b) kategorilerinde yer almayan bir laboratuar tarafından iç veya dış kalibrasyon:

(a) Test laboratuarını işleten kuruluşa ait uzman bir birim tarafından mı,

(b) Test laboratuarındaki uzman bir çalışan grubu veya tek bir kişi tarafından mı,

(c) Ölçüm cihazını kullanan kişinin kendisi tarafından mı,

(d) Uzmanlığı bir tetkik sonucu belirlenmiş olan bir dış kuruluş tarafından mı,

yapılmakta?

A3. Kalibrasyon Kabiliyetleri

(A3, eğer A2.2'de sorulmuş sorulardan birine **'evet'** denmiş ise uygulanır)

A3.1 Bütün ölçüm ve test cihazları ve ölçüm ve sonuçları ile ilişkili ölçülen miktarlar için dahili referans standartlar ve uygun olduğunda, çalışma standartları var mı?

A3.2 Referans standartlar, doğrudan veya dolaylı olarak, sertifikalarla dokümante edilen kesintisiz bir zincir ile, ulusal standartlara bağlanmış ve uygun biçimde etiketlenmiş mi?

A3.3 Tüm kalibrasyon ekipman cihazları uygun biçimde tanımlanmış mı?
A3.4 Her kalibrasyon *iş akışı* vb. bir prosedür ile tanımlanmış mı?
A3.5 Kalibrasyon prosedürü adım adım tanımlanmış mı?
A3.6 Kalibrasyon sırasında tanımlanmış çevre koşulları sağlanmakta mı?
A3.7 Kalibrasyon sırasında çevre koşulları kaydedilmekte mi?
A3.8 Kalibrasyon ekipmanı ölçüm belirsizliğinin hesaplanması için prosedürler var mı, bunlar takip ediliyor mu?
A3.9 Yeniden kalibrasyon aralıkları, öngörülen kullanım ve cihazın özellikleri göz önüne alınarak belirlenmiş mi, düzenli kalibrasyonlar için programlar var mı?

A4. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Dokümantasyonu
A4.1 Kalibrasyon sonuçları ve ilgili belirsizlikler dokümante edilmiş mi?
A4.2 Belirlenmiş yeniden kalibrasyon aralıkları ile ilgili gözlemler yapılmış mı?
A4.3 Her ölçümden önce kalibrasyonun gerekli olduğu durumlar açık olarak tanımlanmış mı? Ölçüm cihazları bu duruma uygun olarak etiketlenmiş mi?
A4.4 Kalibrasyon sonuçları (uygun durumda, çevre koşullarını da içeren) dokümante edilip dosyalanmış mı? Ölçüm ekipmanı kullanıcıları bu dokümanlara ulaşabiliyor mu?
A4.5 Ölçüm ekipmanı için onay sisteminin var olduğunu gösteren, görünebilir bir kalibrasyon etiketi var mı?
A4.6 Kalibrasyon etiketi bir kalibrasyon sertifikası ile destekleniyor mu ve sertifikanın numarası bu etikette belirtiliyor mu?
A4.7 Kullanıcı tarafından ayarlanmasına izin verilmeyen kalibrasyon ve ayar kontrolları mühürlenmiş mi?

A5. Tanımlanmış Kalibrasyon Prosedürleri
A5.1 Ölçüm ekipmanı ‘kendinden kalibrasyonlu’ tipte mi?
(a) Dahili referans kalibre edilmiş mi?
(b) ‘Kendinden kalibrasyon’ prosesi kontrol ediliyor mu?
A5.2 Ölçüm ekipmanı, bir dahili referansın kullanımıyla, daha az kararlı bir komponentin dahili kalibrasyonunu içeriyor mu?
(a) Dahili referans kalibre edilmiş mi?
(b) Dahili kalibrasyon prosedürü kontrol ediliyor mu?
(c) Dahili kalibrasyon düzenli olarak, örneğin ölçüm ekipmanının her kullanımından önce, yapılıyor mu?
A5.3 Komple ölçüm sistemleri top yekun kalibre ediliyor mu?
(Üzerinde birden fazla komparatör, sıkala vb. olan ölçüm ekipmanı/mastar gibi -a.çınar notu-)
(a) Ölçüm sisteminin tek elemanları, özellikle sıfır konumlarına göre, ayarlanıyor mu?
(b) Komple ölçüm sistemleri için etiketleme nasıl yapılıyor.

A5.4 Ölçüm sisteminin tek elemanları kalibre ediliyor mu?
(a) Komple ölçüm sistemi için kalibrasyon parametreleri tek elemanların değerleri kullanılarak mı belirleniyor?
A5.5 Tek tek kalibre edilemeyen tek kullanımlık ölçüm cihazları *(strain gauge transducers vb.)* için ne yapılıyor?
(a) Numuneler kalibre ediliyor mu? Sürekli numune testi uygulanıyor mu?
(b) Numune muayenesi hangi kuruluş tarafından yürütülüyor?
(c) A5.5(b)'ye uygun kuruluş EN 45001 veya ISO/IEC Guide 25 (ISO 17025) koşullarını karşılıyor mu?
(d) Kuruluş EN 45001 veya ISO/IEC Guide 25 (ISO 17025)'e göre akredite edilmiş mi?
A5.6 Kalibrasyon için referans malzemeler kullanılıyor mu?
(a) Referans malzemeler sertifikalı mı?
A5.7 Kalibrasyonlar bilgisayar destekli mi?
(a) Yazılım doğrulanmış mı?
(b) Hangi metod ile?

A6. Ölçüm Ekipmanı Kalibrasyonunda İdari İşlemler ve Sorumluluklar

A6.1 Öçüm ekipmanının tüm kullanıcıları kullandığı ekipmanının kalibrasyon durumunun izlenmesinden sorumlu olduğunun farkında mı?
A6.2 Yeni her ölçüm ekipmanı ilk kullanımdan önce kalibre ediliyor mu?
A6.3 kalibrasyon süresi dolan ekipmanın yeniden kalibre edilmesini sağlayan bir sistem var mı?
A6.4 Çalışma standartları, dahili referans standartlar ve bunların izlenebilir kalibrasyonları için sorumluluklar açık olarak tanımlanmış mı?
A6.5 Kalibrasyon yazılımının güvenilirliğinin sağlanması için sorumluluk açık olarak tanımlanmış mı?