



4.ULUSAL LABORATUVAR
AKREDİTASYONU VE GÜVENLİĞİ
SEMPOZYUMU VE SERGİSİ
25-27 NİSAN 2018

CİHAZ KALİBRASYONU
ANALİTİK CİHAZ VALİDASYONU
(5N+1K)

İbrahim AKDAĞ

E-Posta: ibrahim@uzmanakreditasyon.com
Web: [http:// www.uzmanakreditasyon.com](http://www.uzmanakreditasyon.com)

Konusunda 20+10+ yıllık bilgi ve deneyimini sizinle paylaşmak için !

Sunum İçeriđi

- *Laboratuvarlarda kullanılan cihazlar*
- *Cihazların kullanım amaçları (Ölçüm, Analiz, Test)*
- *Cihaz Kalibrasyonu*
- *Analitik Cihaz Validasyonu*
- *Cihaz Performans Testleri (IQ+OQ+PQ)*

5N+1K

- ✓ Nedir ?
- ✓ Neden gereklidir?
- ✓ Ne zaman yapılmalıdır?
- ✓ Nasıl yapılmalıdır ?
- ✓ Nerede ?
- ✓ Kim ?
- ✓ Nedir ?
- ✓ Planlanan faaliyetin amaca uygun olarak yapılmasını sağlayan bir yöntem.
- ✓ Neden gereklidir?
- ✓ Bu yöntem uygulanmadığında yapılan faaliyet amacına ulaşmayabilir.
Problemlere sistematik yaklaşarak doğru çözüm ve uygulama için gerekli ve zorunludur.

Test, Analiz ve Ölçüm Sonuçları

Güvenilir olmalı

- ✓ Doğru
- ✓ Tekrarlanabilir
- ✓ Belirlenen amaca uygun kalitede olmalı
- ✓ Karşılaştırılabilir olmalı
- ✓ Ulusal ve uluslararası boyutta karşılaştırılabilir olmalı

Nasıl ?

- ✓ (Metrolojik) İzlenebilirlikle
- ✓ İzlenebilir Kalibrasyonla
- ✓ İzlenebilir CRM kullanarak
- ✓ Kalite sistemi uygulayarak (Akreditasyon)

Ölçüm Parametreleri (önem sırasına göre)

- ✓ Personel eğitimi ve deneyimi (belirleyici faktör !!)
- ✓ Kullanılan analiz metodu
- ✓ Ölçüm cihazı veya sistemi
- ✓ Örnek alma ve hazırlama
- ✓ Ortam koşulları

Güvenilir Ölçüm Sonuçları Nasıl ?

- ✓ Metot ?
- ✓ Cihaz ?
- ✓ Laboratuvar?
- ✓ Personel ?
- ✓ Yetkili laboratuvar ?
- ✓ Akredite Laboratuvar ?
- ✓ Standart Metot, Validasyon ?
- ✓ Cihaz, kalibrasyon ?
- ✓ Laboratuvar nitelikleri?
- ✓ Personel eğitim, deneyim,
- ✓ Yeterli laboratuvar ?
- ✓ Yetkili laboratuvar , yetkilendirme??

Bu araçların etkin ve doğru kullanımı için:

- ✓ Test ve ölçümün **BİLİMSEL TEMELLERİ** anlaşılmalı
- ✓ Sonuçların **İSTATİKSEL** analizi ve yorumlanması konusunda yeterli bilgi ve deneyim
- ✓ **METROLOJİ** bilgisi

Laboratuvar Sınıflandırma

Üretim-İşletme Laboratuvarları

- ✓ Üretim Kontrol
- ✓ Proses Kontrol
- ✓ Kalite Kontrol
- ✓ Hammadde Kontrol
- ✓ AR-GE
- ✓ Kalibrasyon

Üniversite Laboratuvarları

- ✓ Eğitim
- ✓ AR-GE
- ✓ Endüstriyel Hizmet

Bağımsız Laboratuvarları

Kamu-Devlet Laboratuvarları

- ✓ Gıda
- ✓ Çevre,
- ✓ Veterinerlik
- ✓ Halk Sağlığı

Özel Laboratuvarlar

- ✓ Gıda
- ✓ Çevre
- ✓ Kalibrasyon

Laboratuvar Sınıflandırma (17025 e göre)

Test Laboratuvarları

- ✓ Ölçüm
- ✓ Analiz
- ✓ Test
- ✓ Kalibrasyon (Dahili kalibrasyon ??)
- ✓ AR-GE

Kalibrasyon Laboratuvarları

- ✓ Kalibrasyon

Kalibrasyon yapmak kalibrasyon laboratuvarları yetkisindedir.

Test laboratuvarları kalibrasyon yapamaz !!

Akreditasyon laboratuvarlara yeterlilik verir.

Yetki yasal otorite tarafından verilen izindir. (yeterliliğe göre ve yasal otorite şartlarına göre verilir)

İki hatalı yaklaşım . (Ne , Neden ?)

Varsayımlara dayanan karar vermek ??

Genelleme yapmak ??

Ölçme, Kalibrasyon, Test, Analiz (Metrolojik Kavramlar)

- ✓ **Ölçme:** Bir büyüklüğün değerinin bulunmasına yönelik işlemler dizisidir.
- ✓ **Analiz :** Verilen bir maddeyi veya malzemeyi oluşturan yapı taşlarını bulmak için yapılan işlemler dizisidir.(Kalitatif ve kantitatif analiz olarak iki gruba ayrılır)
- ✓ **Test :** Bir ürün , cihazın veya prosesin bir veya birden fazla özelliğini belirlemek için belli bir prosedüre göre yapılan teknik işlemlerdir. Test sonuçları ölçme ve analizle veya görsel olarak değerlendirilerek raporlanır. (Örneğin çekme testi, sıcaklığa dayanım testi, çözünme testi, stabilite testi)
- ✓ **Kalibrasyon:** Belli koşullarda bir ölçüm cihazının gösterdiği değer ile referansın gösterdiği değer arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan işlemlerdir.
- ✓ **NOT: Deney metrolojik bir tanım değildir.**
- ✓ (VIM JCGM 200:2008 (TR/EN/FR) «non-defined concepts (also called “primitives”) system, component, phenomenon, body, substance, property, reference, **experiment**, examination, magnitude, material, device, and signal

Ölçme ve Analiz Metotları

1-Ölçüm Metotları

2-Analiz Metotları

2-1 Gravimetrik Tayin Metotları

2-2 Titrasyon Analiz Metotları

2-3 Enstrümental Analiz Metotları

Spektrometrik Metotlar

UV-VİS, AAS, ICP-OES, ICP-MS, FT-IR

Kromatografik Metotları

GC , GC-MS, HPLC, LC-MS, IC

Cihazların Kullanım Amacı

Laboratuvarda Kalibrasyonu Gerekli Cihazlar

Laboratuvarda kullanılan cihazlar üç ana gruba ayrılır

1-Ölçüm Cihazları

2-Analizde kullanılan cihazlar

- ✓ *Ölçüm cihazalar*
- ✓ *Aletli Cihazlar*
- ✓ *Deneysel prosedürde sabit koşulları sağlamak amacıyla kullanılan cihazlar*

3-Test cihazları

- ✓ *Test koşullarını sağlamak için*
- ✓ *Test sonucunun ölçümü için*

Cihazların Kullanım Amacı

1-Ölçüm Cihazları

Ölçüm prosedüründe belirtilen ölçüm aralığında ve hassasiyetinde olmalı ve mutlaka izlenebilir standartlarla belirlenen periyotlarla kalibre edilmelidir.

Ayrıca ölçüm sonucuna ve belirsizliğine etki eden parametre-sıcaklık-ölçümü (kalibrasyonu) yapılır

Örnek:

✓ Tartım için: Terazî

✓ Hacim için: pipet, balon, büret , mezür

Cihazların Kullanım Amacı

1- Ölçüm Metotlarında kullanılan Cihazlar

Örnek: pH , iletkenlik, viskozite, yoğunluk ölçümü doğrudan ölçüm sonucu raporlanır.

Bu cihazların kalibrasyonu kullanım öncesi CRM ile yapılır ve kontrol edilir.

Ayrıca ölçüm sonucuna ve belirsizliğine etki eden parametre-sıcaklık-ölçümü (kalibrasyonu) yapılır.

Belirsizlik hesabına doğrudan katılanlar

Belirsizlik hesabına dolaylı olarak (hassasiyet katsayısı hesaplarak)

Belirsizlik hesabına katılmayanlar

Cihazların Kullanım Amacı

2-Analizde Kullanılan Cihazları

- ✓ *Ölçüm cihazları ; belirtilen ölçüm aralığında ve hassasiyetinde olmalı ve mutlaka izlenebilir standartlarla belirlenen periyotlarla kalibre edilmelidir.*
- ✓ *Sabit şartları sağlayan cihazlar; Prosedürde belirtilen sabit kriterine göre kalibre edilmelidir.*
- ✓ *Örnek:*
- ✓ *Gravimetrik analizde örnek tartımı için kullanılan terazi*
- ✓ *Sabit şartları sağlamak için kullanılan etüv*

Cihazların Kullanım Amacı

2- Analizlerde kullanılan cihazlar

Sonuç hesaplamada kullanılan ölçümler

✓ Kütle, Hacim

Deneyisel işlemlerde kullanılan cihazlar

✓ Etüv, Su banyosu, Santrifüj, vs.

✓ Örnek: Nem tayini, Kül tayini, Askıda Katı madde, tayini

✓ Tartım ve hacim ölçümleri sonuç hesaplamada kullanılır.

Belirsizlik hesabına doğrudan katılanlar (tartım ,hacim)

Belirsizlik hesabına dolaylı olarak (hassasiyet katsayısına ile)

Belirsizlik hesabına katılmayanlar (Sıcaklık)

Cihazların Kullanım Amacı

3-Test Cihazları

Testte sabit test koşullarını sağlamak amacıyla kullanılan cihazlar testte belirtilen şartları sağlayacak şekilde kontrol-kalibre edilmelidir.

Testte test sonucu ölçüm amacıyla kullanılıyorsa belirtilen ölçüm aralığında ve hassasiyetinde olmalı ve izlenebilir standartlarla kalibre edilmelidir.

Örnek:

- ✓ Dissolüsyon testinde banyo sıcaklığı, devir hızı*
- ✓ Mikrobiyolojik testte inkübatör sıcaklığı*
- ✓ Çekme testinde çekme mukavemeti ölçümü*

Enstrümental Analiz Metotları

Analiz İşlemleri:

- ✓ *Homojen örnek hazırlama*
- ✓ *Örnek tartım*
- ✓ *Uygun çözücüde çözme*
- ✓ *Belli hacme Tamamlama*
- ✓ *Analitik cihazda sinyal-derişim kalibrasyonu*
- ✓ *Sonuç hesaplama*



W_0



V_1

Cihazların Kullanım Amacı ve Belirsizliğe Katkısı

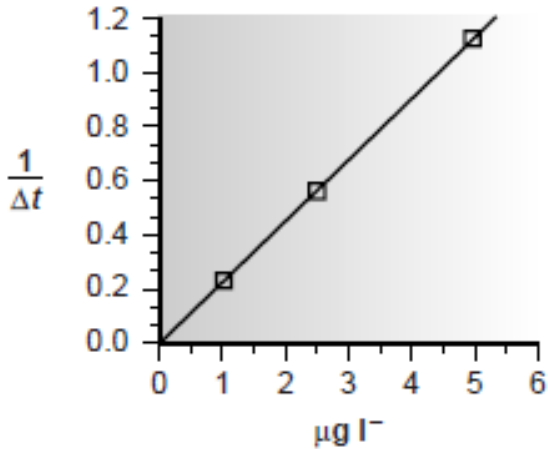
Tipik Analiz Süreci

- ✓ *Örnek homojen hale getirilir.*
- ✓ *Yaklaşık 10 g örnek 105°C sabit tartıma kadar kurutulur.*
- ✓ *2 g örnek 0.1 mg hassasiyetle tartılır.*
- ✓ *50 ml solvent ilave edilerek ekstraksiyon yapılır. (mezür)*
- ✓ *60 °C su banyosunda solvent kuruluğa kadar uçurulur.*
- ✓ *5 ml solventle alınır. (Pipet)*
- ✓ *HPLC cihazında analiz edilir.*
- ✓ *C18 kolon UV dedektör 254 nm, Akış hızı 1 ml/dak*

Enstrümental Analiz Metotları

Analiz İşlemleri:

- ✓ Homojen örnek hazırlama
- ✓ Örnek tartım (ölçüm)
- ✓ Uygun çözücüde çözme
- ✓ Belli hacme Tamamlama (ölçüm)
- ✓ Analitik cihazda sinyal-derişim kalibrasyonu (kalibrasyon)
- ✓ Sonuç hesaplama



$$y = ax + b$$

$$C(\text{mg} / \text{kg}) = \frac{C_x * V}{W}$$

Cihazların Kullanım Amacı ve Belirsizliğe Katkısı

İşlemin Amacı	Kullanılan Cihaz	Yapılan Ölçüm-İşlem	Belirsizliğe Etkisi
Örnek Homojenlik sağlama	Blender, değirmen, elek	Hpmojenlik	Dolaylı
Kurutma	Terazi	Tartım	Yok
Kurutma	Etüv	Kurutma	Yok
Sabit Tartım Kriteri			Doğrudan
2 g örnek tartım	Terazi	Tartım	Doğrudan
50 ml Solventle ekstraksiyon	Mezür	Hacim	Yok
Su banyosunda uçurma	Su banyosu	Solvent uzaklaştırma	Yok
Ekstraksiyon		Geri-Kazanım	Sistemik Hata
	Pipet	Hacim	Doğrudan
HPLC cihazında analiz			
Enjeksiyon hacmi 20 ul	Mikropipet	Hacim	Dolaylı
Dedektör dalga boyu	UV dedektör	Dalga boyu	Dolaylı
Pompa akış hızı 1 ml/dak	Pompa sabit akış hızı	akış hızı ml/dak	Dolaylı
C18 Kolon performansı			Dolaylı

Analitik Cihaz Kalibrasyonu

- ✓ **Cihaz kalibrasyonu:** Ölçüm cihazının fiziksel parametrelerinin kalibrasyonu (örneğin dalga boyu, absorbans, akış hızı gibi)
(Direct calibration-*Fiziksel kalibrasyon*)
- ✓ **Analitik kalibrasyon:** Analiz edilen kimyasal madde konsantrasyonu ile ölçüm cihazından elde edilen sinyal arasındaki bağıntıyı belirleme işlemi
(Indirect Calibration- Proses *kalibrasyonu-Kimyasal kalibrasyon*)

UV Spektrofotometre Dalga Boyu Kalibrasyonu

Cihaz	UV Spectrophotometer			
Cihaz seri No	52413			
Kalibrasyon tarihi	12.12.2001			
Sıcaklık	24			
Kalibrasyonu Yapan				
Band Geniřliđi	2 nm			
Filtre Cinsi	Holium Oksi Seri No:		4587986A	
Filtre Dalga Boyu(nm)	Ölçülen Dalga Boyu(nm)	Dalga Boyu Tolerans(nm)	fark(nm)	Sonuç
279.3	279.1	0.3	0.2	KABUL
287.4	287.2	0.3	0.2	KABUL
360.9	360.7	0.3	0.2	KABUL
418.7	418.5	0.3	0.2	KABUL
453.2	453.1	0.3	0.1	KABUL
536.2	536.1	0.3	0.1	KABUL
656.1	655.9	0.3	0.2	KABUL

Analitik Kalibrasyon ?

- ✓ *Analitik kalibrasyon:* Analiz edilen kimyasal madde konsantrasyonu ile ölçüm cihazından elde edilen sinyal arasındaki bağıntıyı belirleme işlemi

$$X = \frac{A_x}{A_c} * C$$

A_x: Örnek sinyali

A_c: Standart sinyali

C: Standart derişimi-miktarı

X: Örnek derişimi-miktarı

$$k = C/A_c$$

k: Kalibrasyon faktörü

$$X = k * A_x$$

Analitik Kalibrasyon ?

Normal Kalibrasyon

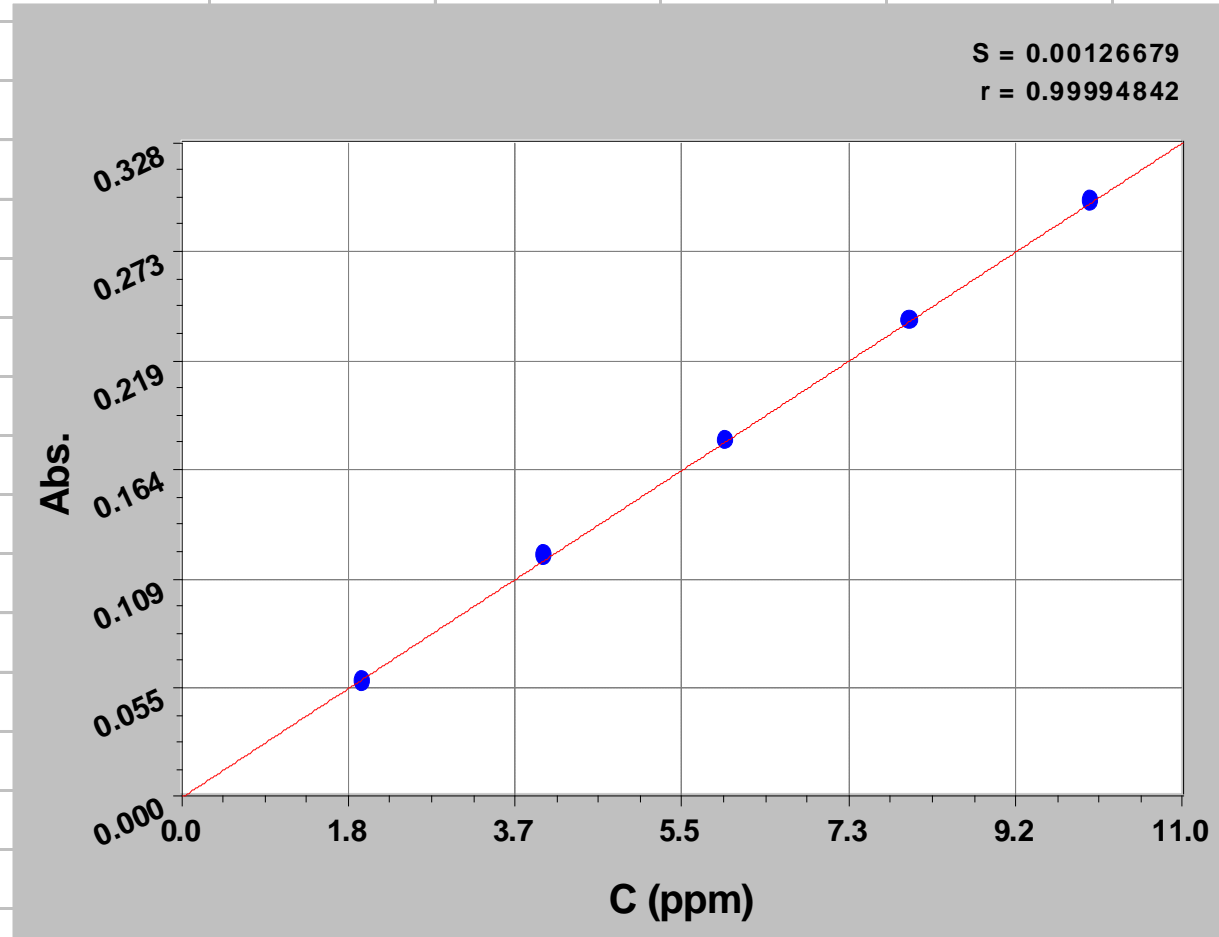
C(ppm)	Abs.
0	0.000
2	0.058
4	0.121
6	0.178
8	0.238
10	0.298

Örnek	0.162
Cör(ppm)	5.4

Linear Fit: $y=a+bx$

Coefficient Data:

a =	-0.00024
b =	0.029814



Analitik Performans –Cihaz Performansı

ANALİTİK PERFORMANS

- ✓ Tekrarlanabilirlik
- ✓ Tekrar üretilebilirlik
- ✓ Doğruluk
- ✓ LOD-LOQ

CİHAZ PERFORMANS

- ✓ Tekrarlanabilirlik
- ✓ Tekrar üretilebilirlik
- ✓ Hassasiyet
- ✓ Spesifiklik
- ✓ Lineer Ölçüm Aralığı
- ✓ Kısa ve Uzun dönem kararlılık
- ✓ Düşük gürültü seviyesi

Analitik Cihazın İşlevi

- ✓ Analiz amacıyla kullanılan cihazın analitik kalibrasyonu yapıldıktan sonra örnek için verdiği sinyalden miktar hesaplanır.
- ✓ Konsantrasyona karşılık sinyal grafiği çizilir.
- ✓ Analitik kalibrasyon analiz edilen bileşenin konsantrasyonuna karşı verdiği sinyalden belirlenir.

Analiz Sonucunun Doğruluğu ve Tekrarlanabilirliđi

Sonucun doğruluğu:

- ✓ Cihazın spesifikliğine ve hazırlanan standartların doğruluğuna bağlıdır.

Sonucun Tekrarlanabilirliđi:

- ✓ Cihazın tekrarlanabilirliğine (kısa ve uzun süreli)
- ✓ LOD ve LOQ cihazın hassasiyetine ve sinyal kararlılığına bağlıdır.
- ✓ Cihazın kararlılığı hazırlanan kalibrasyon grafiğinin kullanım süresini belirler.

Cihaz Validasyonu 5N+1K

- ✓ *Teknik Özellikler (Specification Qualification(SQ))*
- ✓ *Montaj (Installation Qualification (IQ))*
- ✓ *Çalışma –fonksiyon test (Operational Qualification (OQ))*
- ✓ *Performans Testleri (Performance Qualification (PQ))*
- ✓ *Bakım testleri (MQ)*
- ✓ *SQ—IQ---OQ---PQ---MQ---PQ..... MQ—PQ.....*

Cihaz Validasyonu-5N+1K

- ✓ Nedir ?
- ✓ Neden gereklidir?
- ✓ Ne zaman yapılmalıdır?
- ✓ Nasıl yapılmalıdır ?
- ✓ Nerede yapılmalıdır?
- ✓ Kim yapmalıdır?

Analitik Cihazlar

Performans testi yapılması gerekli cihazlar

- ✓ UV SPEKTROFOTOMETRE
- ✓ AAS
- ✓ ICP-OES
- ✓ ICP-MS
- ✓ HPLC
- ✓ GC, GC-MS
- ✓ IC

ANALİTİK CİHAZ QUALIFICATION PARAMETRELERİ

- ✓ *Dizayn Qualification (DQ)*
- ✓ *Montaj Qualification (IQ)*
- ✓ *Çalışma Qualification (OQ)*
- ✓ *Performans Qualification (PQ)*

Dizayn Qualification (DQ)

- ✓ Cihazın fonksiyonel ve performans özelliklerini belirler
- ✓ (Teknik Özellikler- Teknik Şartname)

Performans Özellikleri

- ✓ Tekralanabilirlik
- ✓ Hassasiyet
- ✓ Dinamik ölçüm aralığı
- ✓ Lineer aralık
- ✓ Kalibrasyon kararlılığı

Fonksiyonel Özellikler

- ✓ Otomasyon
- ✓ Kullanım kolaylığı
- ✓ Servis gereksinimi
- ✓ Operatör gözetimi olmadan çalışabilme

OQ-PQ

- ✓ *Çalışma Qualification- Fonksiyonel test (OQ)*
- ✓ Cihazın belirlenen fonksiyonlarının çalışıp çalışmadığını ve belirlenen spesifikasyona uyup uymadığının test edilerek dokümante edilmesidir.
- ✓ *PerformanS Qualification –Performans test (PQ)*
- ✓ Cihazın seçilen analiz için belirlenen performansta sonuç verdiğinin test edilerek dokümante edilmesidir.

OQ test sıklığı

OQ test periyodu:

- ✓ Cihazın tipine ve modeline
- ✓ Cihazın kullanım süresine
- ✓ Cihazın kararlılığına
- ✓ Belirlenen OQ koşullarına göre belirlenmelidir.
- ✓ *OQ testi periyodunu belirlerken en önemli kriter , bir sonraki OQ testi yapıldığında cihaz testi büyük olasılıkla geçmelidir.*

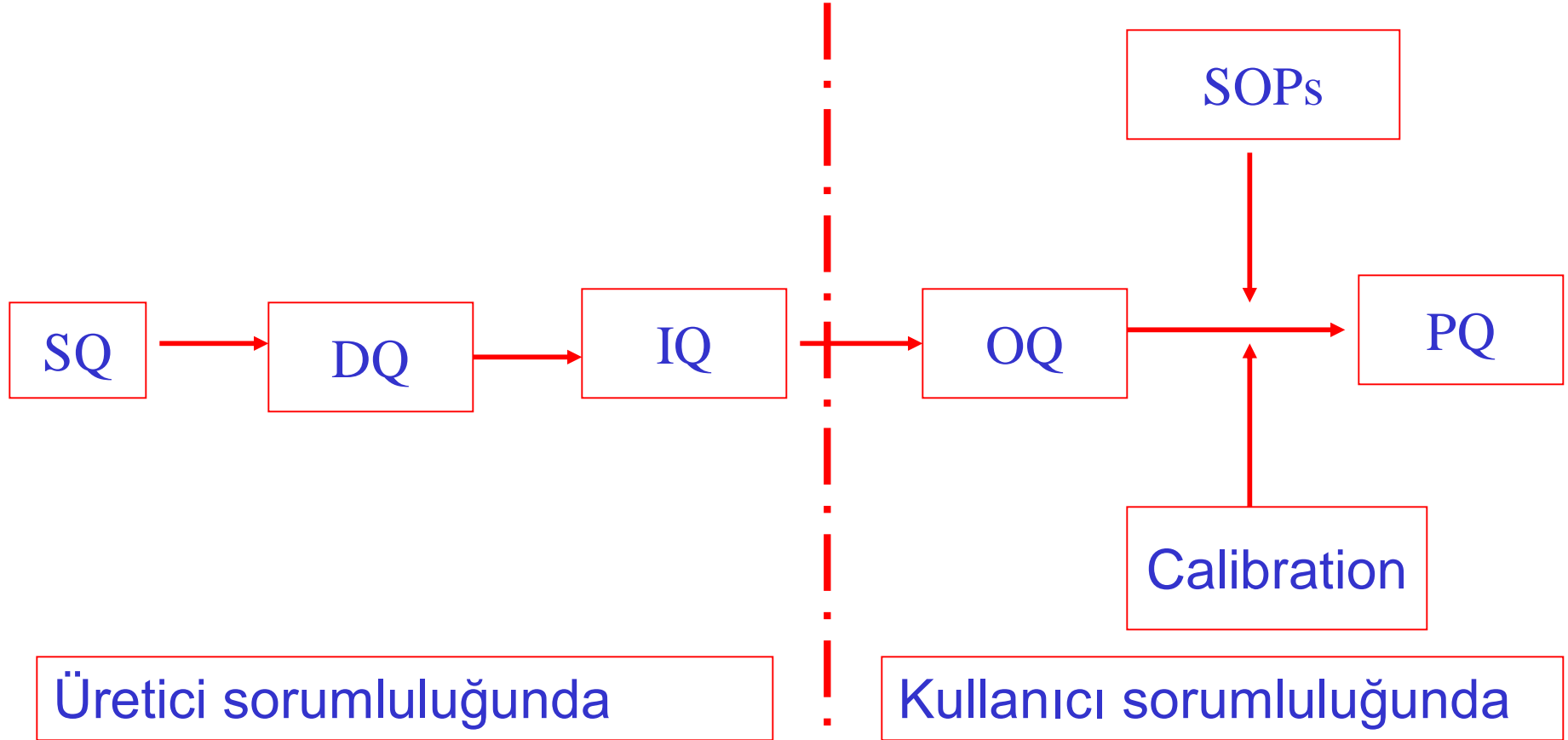
PQ-OQ Periyotları

- ✓ Normal prosedür olarak OQ ve PQ testleri planlanmış koruyucu bakımdan sonra yapılmalıdır.
- ✓ PQ test periyodu OQ periyoduna göre daha sık olarak yapılmalıdır.
- ✓ Sadece PQ testi yapmak yeterli midir ?
- ✓ OQ daha uzun periyotlarla yapılabilir.
- ✓ PQ ise uygulamaya bağlı spesifik testtir.
- ✓ Bir cihaz OQ testleri istenen performansı sağlayabilir.
- ✓ Buna rağmen spesifik bir test için PQ koşullarını sağlamayabilir.

Testleri kim yapmalı?

- ✓ Prensip olarak testler yeterli eğitim ve deneyim sahibi kullanıcı tarafından veya firma elemanı tarafından yapılabilir.
- ✓ Bir cihaz ilk defa alındığında IQ, OQ ve PQ testlerinin satıcı firma tarafından yapılması gereklidir.
- ✓ Cihaz kullanım süresince belirlenen koşullarda ve periyotlarda OQ ve PQ testleri kullanıcı tarafından yapılabilir.

Validasyon Kualifikasyon Kalibrasyon



Spektrofotometre Kalibrasyon

- ✓ Dalga boyu doğruluğu kalibrasyonu
- ✓ Absorbans doğruluğu
- ✓ Rezolüsyon (Bandwidth)
- ✓ Kaçak ışık (Stray Light)
- ✓ Gürültü (Noise)
- ✓ Kayma (Drift)

Dalga Boyu Kalibrasyonu Kaynakları

Mercury Arc Lamp

Line	Wavelength , nm	Line	Wavelength , nm
1	253.65	7	404.66
2	296.73	8	407.78
3	302.15	9	435.84
4	313.16	10	546.07
5	334.15	11	576.96
6	365.01	12	579.07

Holmium Oxide Glass

Line	Wavelength , nm	Line	Wavelength , nm
1	279.4	7	453.2
2	287.5	8	460.0
3	333.7	9	484.5
4	360.9	10	536.2
5	385.9	11	637.5
6	418.7		

**K₂Cr₂O₇ Solution(NIST SRM3
935a)Absorbans Accuracy 20,40,50,60,70 g/L**

235, 257, 313, 345, 350 nm

PQ: Performans Kualifikasyonu

- ✓ Dalga boyu kalibrasyonu (doğruluğu ve tekrarlanabilirliđi)
- ✓ Absorbans doğruluğu ve tekrarlanabilirliđi
- ✓ Absorbans lineerliđi
- ✓ Sinyal/gürültü oranı (hassasiyet MDL)
- ✓ Kullanılan küvet performansı

PQ: Performans Kualifikasyonu

- ✓ Absorbans Lineerliđi: Analiz edilen örnek için kalibrasyon eğrisinin lineer olduđu bölge tayin edilir.
- ✓ Ölçüm hassasiyeti: Ölçülen maddeye göre değişmektedir. Belirli bir absorbans veren standardın konsantrasyon olarak belirlenir.
- ✓ Sinyal/gürültü oranı: Cihazın hassasiyetini belirleyen parametredir.
- ✓ Belirli konsantrasyonda standart hazırlanarak ortalama absorbansı ölçülür.(A_s) Kör örneğın ortalama absorbansı ölçülür(A_b)

PQ: Performans Kualifikasyonu

Absorbans Lineerliđi

- ✓ Absorbans Lineerliđi: Analiz edilen örnek için kalibrasyon eğrisinin linear olduđu blge tayin edilir.

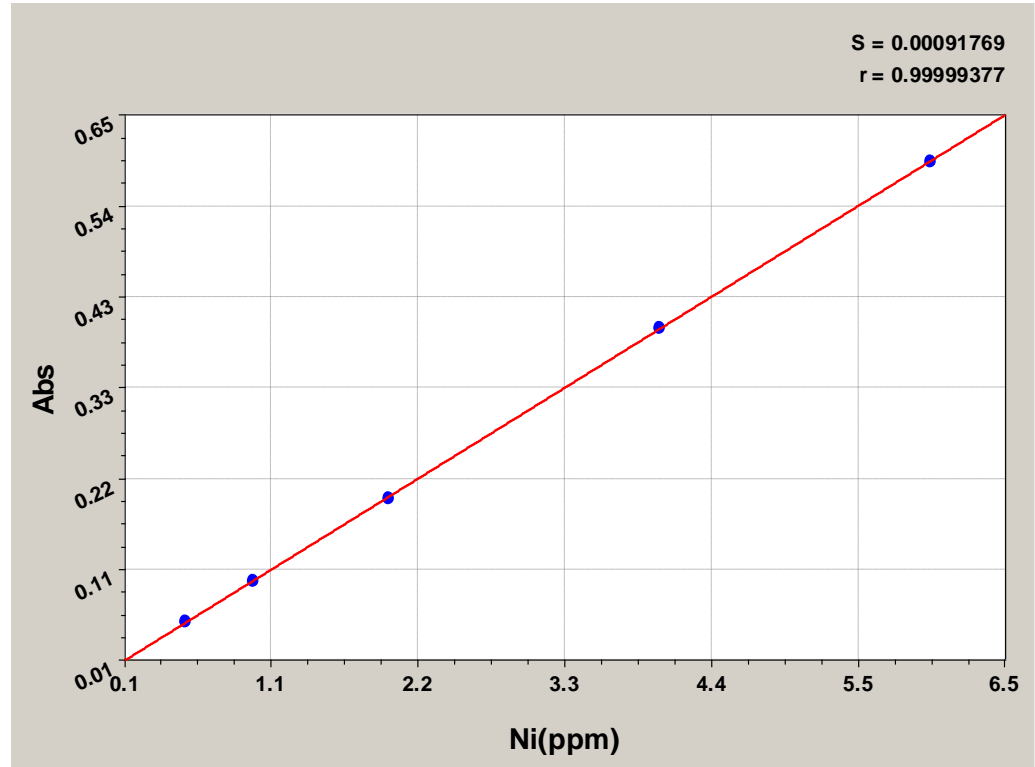
Linear Aralık	
Ni(ppm)	Abs(A)
0.50	0.050
1.00	0.098
2.00	0.196
4.00	0.395
6.00	0.592

Linear Fit: $y=a+bx$

a = -0.0003

b = 0.099

Hassasiyet	0.098 A/ppm
------------	-------------



ICP-MS Performans Parametereler

- ✓ Sensitivity
- ✓ Detection limits
- ✓ Tekrarlanabilirlik
 - ✓ Short-term precision
 - ✓ Long-term stability
- ✓ Detector linear range
- ✓ Oxide and doubly charged species
- ✓ Background signal
- ✓ Mass calibration stability

Hassasiyet(Sensitivity)

- ✓ Her element için birim konsantrasyon için elde edilen sinyal (cps) olarak tanımlanır.
- ✓ Mg, In, Ce, Ba, ve U metallerini içeren 1 veya 10 $\mu\text{g/L}$ standart okutularak ölçülür.
- ✓ Her elemen için CPS değerleri cihaz için verilen değerden daha yüksek olmalıdır.
- ✓ Örnek CPS değerleri :

cps/ppb

^{24}Mg > 5 000

^{115}In > 25 000

^{238}U > 20 000

IDL (Detection limit)

Blank çözelti ile yapılan okumaların standart sapmasının 3 katı olarak hesaplanır.

<u>Element</u>	<u>ng/L (ppt)</u>
⁹ Be	< 9
⁸⁰ Se	< 10
⁵⁹ Co	< 1.0
¹¹⁵ In	< 0.5
²³⁸ U	< 0.5

PQ: Performans Kualifikasiyon FAAS (hava -Asetilen)

- ✓ Cu elementi ile yapılır
 - ✓ Alev atomizasyon performans testi
 - ✓ Analitik hassasiyet testi
 - ✓ Analitik kesinlik testi

Spesifikasiyon: 5 ppm Cu için

-Sensitivity (Abs) >0.750

-Precision (%) <0.5 olmalıdır.

Flame atomization performance

Ölçüm	Cu(5 ppm)
1	0.760
2	0.765
3	0.758
4	0.760
5	0.758
6	0.762
7	0.765
8	0.762
9	0.763
10	0.764
Ortalama	0.762
%RSD	0.34
Spesifikasyon	
Absorbans	>0.750
%RSD	<0.50

Referanslar

- ✓ The Development and Application of Guidance on Equipment Qualification of Analytical Instruments Peter Bedson and Mike Sargent
- ✓ *Laboratory of the Government Chemist Queens Road, TEDDINGTON, Middlesex, TW11 0LY, United Kingdom*
- ✓ ASTM 131-94, Standard Terminology relating to Molecular Spectroscopy, American Society for Testing and Materials.
- ✓ Equipment Qualification in Practice L. Huber Hewlett- Packard GmbH, Waldbronn February 1998