

# **Incerteza di misura: dalla GUM alla linea guida EURACHEM/CITAC**

**Antonio Menditto**  
**Istituto Superiore di Sanità**  
**Margherita Plassa**  
**Istituto di metrologia "G. Colonnetti"**

*Convegno*

**L'ACCREDITAMENTO DEI LABORATORI  
PER LA SICUREZZA ALIMENTARE**

*1<sup>a</sup> ed., 25-26 ottobre 2005, Aula Magna ISS*

*Viale Regina Elena, 299, 00161 Roma*

*organizzato da*

**SINAL**

**ISS ORL**

**SIT**

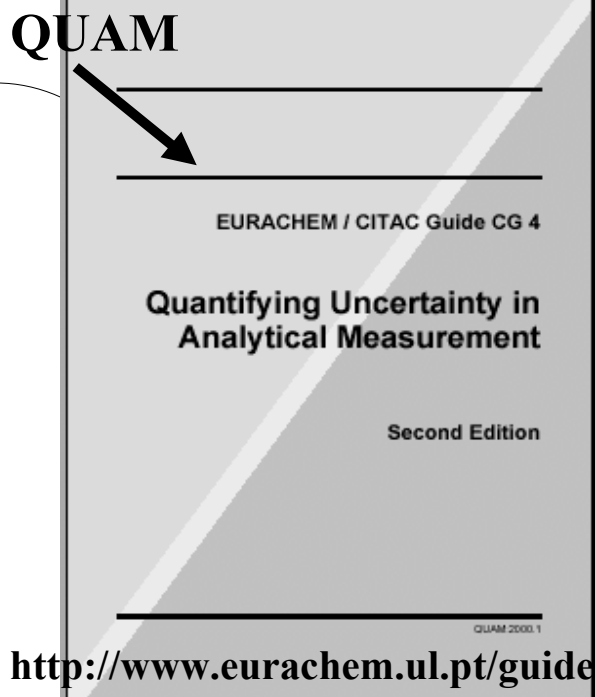
## **Documenti di riferimento**

- **ISO. 1993. Guide to the expression of uncertainty in measurement. (GUM)**
- **UNI CEI ENV 13005:2000. Guida all'espressione dell'incerteza di misura**



**EURACHEM/CITAC Guide. Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement (QUAM). 2000.**

**QUAM**



EURACHEM / CITAC Guide CG 4

Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement


Second Edition

QUAM 2000.1

<http://www.eurachem.ul.pt/guides/QUAM2000-1.pdf>

AOAC	EA
CCQM	EUROM II
CITAC	EUROLAB
ISO/REM CO	EUROMET
ILAC	FECS
IUPAC	

World-wide Europe

**CITAC** 

Co-Operation on International Traceability in Analytical Chemistry

<http://www.citac.cc/>

**QUAM**



Rapporti ISTISAN 03/03

Quantificazione dell'incertezza nelle misure analitiche

Epidemiologia e sanità pubblica

ISSN 1120-3117

Traduzione Italiana a cura di M. Patriarca, F. Chiodo, F. Corsetti, B. Rossi, A. Mendicino, M. Segre e M. Plassa

[http://www.iss.it/pub/abstract.php?id=317&tipo\\_serie=5](http://www.iss.it/pub/abstract.php?id=317&tipo_serie=5)

[http://www.imgc.chr.it/Mchimica/Eurachem/QUAM\\_italiano.pdf](http://www.imgc.chr.it/Mchimica/Eurachem/QUAM_italiano.pdf)

<http://www.iss.it>

**Collaborazione IMGC-ISS**

Riconosciuta dalla legge istitutiva (n. 273, 11/8/1991) del Sistema nazionale di taratura SCOPO

- assicurare sinergie di mezzi e competenze tra istituti che svolgono attività metrologiche
- favorire, sul territorio nazionale, il rafforzamento della struttura metrologica nel settore della sanità pubblica, in accordo agli indirizzi internazionali
- promuovere equivalenza e riferibilità delle misure nel settore sanitario e lo sviluppo di linee guida armonizzate

Sito ISS <http://www.iss.it>

Sito IMGC <http://www.imgc.chr.it>

**Prefazione alla traduzione italiana**  
**Prefazione alla seconda edizione**

## **INDICE DELLA QUAM**

- 1. Scopo e campo di applicazione**
  - 2. Incertezza**
  - 3. Misure analitiche e incertezza**
  - 4. Il procedimento per la stima dell'incertezza di misura**
  - 5. Fase 1. Specificazione del misurando**
  - 6. Fase 2. Identificazione delle fonti d'incertezza**
  - 7. Fase 3. Quantificazione dell'incertezza**
  - 8. Fase 4. Calcolo dell'incertezza composta**
  - 9. Dichiarazione dell'incertezza**
- Appendice A. Esempi (n=7, da pagina 32 a pagina 95)**  
**Appendice B. Definizioni**  
**Appendice C. Incertezza nei procedimenti analitici**  
**Appendice D. Analisi delle fonti d'incertezza**  
**Appendice E. Procedimenti statistici utili**  
**Appendice F. Incertezza di misura nell'intorno del limite di rivelabilità/limite di quantificazione**  
**Appendice G. Fonti comuni e valori dell'incertezza**  
**Appendice H. Bibliografia**

### **Appendice H. Alcuni documenti di riferimento**

- ◆ **ISO. VIM (International vocabulary of basic and general terms in metrology), 2nd Edition, 1993.**
- ◆ **ISO 5725:1994 "Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results". Part 1-6.**
- **UNI ISO 3534-1:2000. Statistica - Vocabolario e simboli. Probabilità e termini statistici generali.**
- ◆ **UNI ISO 3534-2:2000. Statistica - Vocabolario e simboli - Controllo statistico della qualità.**
- ◆ **UNI CEI ISO 31-0:1996. Grandezze ed unità di misura - Principi generali.**
- ◆ **UNI CEI ENV 13005:2000 (UNI CEI 9:1997). Guida all'espressione dell'incertezza di misura.**
- ◆ **EURACHEM. The fitness for purpose of analytical methods. ([www.eurachem.ul.pt/guides/valid.pdf](http://www.eurachem.ul.pt/guides/valid.pdf))**

## Alcune definizioni

### **Accuratezza (UNI ISO 3534-1, 3.11)**

Grado di concordanza fra un risultato di prova e il valore di riferimento accettato.

### **Esattezza (UNI ISO 3534-1, 3.12)**

Grado di concordanza fra il valore medio ottenuto a partire da un grande insieme di risultati di prova e un valore di riferimento accettato.

### **Incertezza di misura (UNI ISO 3534-1)**

Stima legata ad un risultato di prova che caratterizza l'escursione dei valori entro cui si suppone che cada il valore vero [del misurando]

## Appendice B - Definizioni relative alla precisione

### **Precisione (UNI ISO 3534-1, 3.14)**

Grado di concordanza fra risultati di prova indipendenti ottenuti nelle condizioni stabilite.

### **Ripetibilità (UNI ISO 3534-1, 3.15)**

Precisione in condizioni di ripetibilità

### **Condizioni di ripetibilità (UNI ISO 3534-1, 3.16)**

Condizioni nelle quali risultati di prova indipendenti vengono ottenuti con lo stesso metodo su materiali identici, nello stesso laboratorio, dallo stesso operatore, usando la stessa apparecchiatura e in intervalli di tempo brevi.

### **Riproducibilità (UNI ISO 3534-1, 3.20)**

Precisione in condizioni di riproducibilità.

### **Condizioni di riproducibilità (UNI ISO 3534-1, 3.21)**

Condizioni in cui i risultati delle prove sono ottenute con lo stesso metodo su entità di prova identiche, in laboratori differenti, da operatori diversi, usando apparecchiature diverse.



## Prefazione alla traduzione italiana

La stima dell'incertezza di misura da parte dei laboratori di prova fornisce un'indicazione del grado di fiducia che l'utente finale può riporre nei risultati di misurazione, cosa particolarmente importante quando su di essi si basano decisioni rilevanti per la salute di individui e di popolazioni, la protezione dell'ambiente, la conformità a leggi, specifiche tecniche o norme, la libera circolazione delle merci

Tale esigenza è stata tradotta, già da alcuni anni, nella norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025, in un requisito specifico per l'accreditamento dei laboratori di prova

## **Prefazione alla traduzione italiana**

**I principi generali per la stima dell'incertezza di misura sono descritti nella GUM.**

**Tuttavia, nonostante l'universalità dei principi descritti nella GUM, la sua applicazione diretta nei laboratori chimici/biologici risulta di difficile attuazione.**

**Infatti, mentre per la gran parte delle misure di grandezze fisiche esistono campioni primari a cui fare riferimento ed è possibile costruire delle catene di riferibilità fino ad essi, in molte misurazioni chimiche e biologiche l'applicazione di un modello matematico rigoroso presenta notevoli difficoltà, legate, in gran parte, alla variabilità delle matrici da analizzare, alla complessità dei metodi analitici e alla carenza di materiali di riferimento certificati che garantiscano la riferibilità alle unità SI.**

## **Prefazione alla seconda edizione**

**La QUAM nasce dall'esigenza di integrare i principi teorici enunciati nella GUM con esempi pratici della loro applicazione nel campo delle misurazioni chimiche, con particolare attenzione alle modalità di stima dell'incertezza applicabili nei laboratori nei quali è operativo un sistema di gestione per la qualità.**

**E' in accordo con i principi adottati nella GUM**

**E' applicabile a:**

- procedimenti analitici di qualsiasi livello di accuratezza**
- procedimenti analitici empirici e razionali, basati su qualsiasi principio**
- tutti i campi delle misurazioni analitiche: dall'analisi di routine alla ricerca di base**

## **2. Incertezza**

**2.1. Definizione d'incertezza**

**2.2. Fonti d'incertezza**

**2.3. Componenti dell'incertezza**

**2.4. Errore e incertezza**

## **3. Misure analitiche e incertezza**

**3.1. Validazione del metodo**

**3.2. Conduzione di studi sperimentali per la valutazione delle prestazioni di un metodo**

**3.3. Riferibilità**

## **3.1. Validazione del metodo**

**3.1.1. L'idoneità allo scopo dei metodi analitici utilizzati nelle analisi di routine si valuta di solito mediante studi di validazione del metodo.**

**Tali studi forniscono risultati, sulle prestazioni globali e su singoli fattori d'influenza, che possono essere utilizzati per la stima dell'incertezza associata con i risultati del metodo durante il suo uso corrente.**

## **3.1. Validazione del metodo – Studi di validazione**

**3.1.2. Si determinano i parametri indicativi delle prestazioni globali del metodo nella fase di sviluppo del metodo (studi interlaboratorio o validazione interna).**

**Singole fonti d'errore/incertezza sono studiate solo se significative rispetto alle stime della precisione globale e con lo scopo di identificare e rimuovere (piuttosto che correggere) gli effetti significativi.**

**Si giunge ad identificare la più parte dei fattori d'influenza potenzialmente significativi e ne viene verificata/dimostrata trascurabile, l'importanza rispetto alla precisione globale.**

**In queste circostanze, i dati a disposizione degli analisti sono:**

- risultati relativi alle prestazioni globali**
- documentazione della non-significatività della maggior parte degli effetti**
- misure degli effetti significativi residui.**



## 3.1. Validazione del metodo

**3.1.3.** Negli studi di validazione di metodi analitici quantitativi di solito vengono determinati uno o più dei seguenti parametri:

- **Precisione:**
- **Scostamento sistematico**
- **Linearità**
- **Limite di rivelabilità**
- **Robustezza**
- **Selettività/Specificità**

## 3.1. Validazione del metodo

### Parametri determinati in studi di validazione

#### **Precisione:**

componente essenziale dell'incertezza globale, determinata attraverso la combinazione di singole varianze o attraverso studi relativi alle operazioni dell'intero metodo

#### **Scostamento sistematico**

La sua determinazione rispetto ad appropriati valori di riferimento garantisce la riferibilità dei risultati alle unità SI o a campioni riconosciuti.

Deve essere trascurabile o essere corretto.

In ogni caso, l'incertezza associata con la sua determinazione (ed eventualmente con il fattore di correzione) è una componente essenziale dell'incertezza globale.

### **3.1. Validazione del metodo**

#### **Parametri determinati in studi di validazione**

##### **Linearità**

Generalmente, non è quantificata ma deve essere verificata mediante ispezioni visive o usando test di significatività per la non-linearità.

Una non-linearità significativa deve essere corretta (utilizzo di funzioni di taratura non-lineari) o eliminata restringendo l'intervallo di concentrazioni su cui si opera.

Per tutte le altre deviazioni dalla linearità è di solito sufficiente considerarle incluse nella stima della precisione globale effettuata su un ampio intervallo di concentrazioni, o nell'incertezza associata con la taratura.

### **3.1. Validazione del metodo**

#### **Parametri determinati in studi di validazione**

##### **Limite di rivelabilità (LoD)**

Nella validazione del metodo si determina il LoD per stabilirne il limite inferiore di applicabilità.

Sebbene le incertezze vicine al LoD meritino un trattamento specifico, il LoD non è direttamente rilevante per la stima dell'incertezza.

##### **Robustezza**

Capacità di un procedimento di misurazione di sopportare piccole variazioni dei parametri operativi senza alterazioni delle prestazioni. Nei "test di robustezza" si valuta l'effetto di variazioni deliberate di uno/più parametri operativi. Se la variazione è significativa (rispetto alla precisione), si deve:

- a) studiare l'entità dell'effetto e definire l'intervallo operativo permesso
- c) tenere conto del contributo all'incertezza globale

### 3.1. Validazione del metodo

#### Parametri determinati in studi di validazione

##### Selettività/Specificità

I due termini si riferiscono al grado di univocità con cui un metodo risponde all'analita d'interesse. In uno studio di selettività si valutano gli effetti di possibili interferenti, spesso mediante l'aggiunta del potenziale interferente al bianco e ai campioni fortificati, e osservando l'effetto sulla risposta. I risultati sono di solito utilizzati per dimostrare che in pratica gli effetti non sono significativi.

Tuttavia, poiché questi studi misurano direttamente le variazioni della risposta, è possibile utilizzarne i dati per stimare l'incertezza associata con interferenze potenziali, se è noto l'intervallo di concentrazioni dell'interferente.

#### 4. Procedimento per la stima dell'incertezza di misura



## **5. Fase 1 - Specificazione del misurando**

**5.1. Per stimare l'incertezza, la specificazione del misurando richiede:**

- **una chiara e univoca definizione di cosa si sta misurando;**
- **un'espressione quantitativa che metta in relazione il valore del misurando con i parametri dai quali esso dipende.**

**Questi parametri possono essere altri misurandi, grandezze che non sono misurate direttamente o costanti.**

**Se il campionamento è inclusa nel procedimento, deve essere considerata anche la stima dell'incertezza associata con la procedura di campionamento.**

## **6. Fase 2. Identificazione delle fonti d'incertezza**

**6.1. Compilare un elenco completo delle possibili fonti significative d'incertezza.**

**6.2. Si inizia dall'equazione di base utilizzata per calcolare il misurando. Tutti i parametri nell'equazione possono avere un'incertezza associata con il loro valore e sono quindi potenziali fonti d'incertezza. Altri parametri, pur non comparando nell'equazione, possono influenzare i risultati della misurazione (ad es. tempo di estrazione, temperatura). Anche questi parametri sono potenziali fonti d'incertezza e vanno inclusi nell'elenco.**

**6.3. Il diagramma di causa-effetto è un modo molto utile di elencare le fonti d'incertezza: esso mostra le loro reciproche relazioni e indica la loro influenza sull'incertezza del risultato. Il diagramma aiuta anche a evitare di contare alcune fonti più di una volta.**

## **6. Fase 2. Identificazione delle fonti d'incertezza**

**6.4. Compilato l'elenco, gli effetti sul risultato possono, in teoria, essere rappresentati da un modello formale della misura, nel quale ogni effetto è associato con un parametro o una variabile in un'equazione. In questo caso l'equazione costituisce un modello completo del procedimento di misurazione. La funzione potrebbe essere complicata o impossibile da scrivere in modo esplicito; tuttavia, se possibile, va formulata: la sua forma di solito determina il metodo per combinare le singole componenti dell'incertezza.**

**6.5. E' utile considerare il procedimento di misurazione come una serie di operazioni discrete, chiamate operazioni unitarie (UO), ciascuna delle quali può essere valutata separatamente per ottenere una stima dell'incertezza ad essa associata. Le incertezze distinte, stimate per ogni UO, costituiscono i contributi all'incertezza totale.**

## **6. Fase 2. Identificazione delle fonti d'incertezza**

**6.6. In pratica, nelle misurazioni analitiche è più comune considerare le incertezze associate con le caratteristiche di prestazione globale del metodo, come la precisione osservabile e lo scostamento sistematico misurato rispetto a MR idonei. Questi contributi sono generalmente quelli dominanti nella stima dell'incertezza, ed è meglio inserirli nel modello come effetti che agiscono separatamente sul risultato. È poi necessario valutare altri possibili contributi solo per verificarne l'importanza, quantificando solo quelli che sono significativi.**

## **6. Fase 2. Identificazione delle fonti d'incertezza**

### **6.7. Fonti comuni d'incertezza sono:**

- **Campionamento**
- **Condizioni di conservazione**
- **Effetti strumentali**
- **Purezza dei reagenti**
- **Stechiometria presunta**
- **Condizioni di misurazione**
- **Effetti del tipo di campione**
- **Effetti dei calcoli**
- **Correzione del bianco**
- **Effetti legati all'operatore**
- **Effetti casuali**

## **7. Fase 3. Quantificazione dell'incertezza**

**7.1.1. Dopo aver identificato le fonti d'incertezza, il passo successivo è quello di quantificare l'incertezza che scaturisce da queste fonti. Ciò può essere ottenuto:**

- **valutando le incertezze derivanti da ogni singola fonte per poi combinarle (esempi da A1 ad A3)**
- **determinando direttamente dai dati di prestazione del metodo il contributo complessivo all'incertezza sul risultato dovuto ad alcune o a tutte queste fonti (esempi da A4 ad A6)**

**In pratica, di solito è necessario e conveniente ricorrere a una combinazione di entrambi i procedimenti**

## **7. Fase 3. Quantificazione dell'incertezza**

**7.1.2. Indipendentemente dall'approccio utilizzato, è verosimile che la maggior parte delle informazioni necessarie per valutare l'incertezza sia già disponibile dai risultati di studi di validazione, da dati del Controllo della qualità, o da altro lavoro sperimentale già eseguito per verificare le prestazioni del metodo. Tuttavia è possibile che non siano disponibili dati per valutare l'incertezza derivante da tutte le fonti e può essere necessario eseguire ulteriori indagini**

## **7. Fase 3. Quantificazione dell'incertezza**

**Possono essere utilizzati i dati ottenuti con le seguenti procedure:**

- **studi collaborativi usati per validare un procedimento di misurazione da parte di un certo numero di laboratori competenti**
- **sviluppo e validazione in house di un metodo**
- **schemi di valutazione esterna di qualità usati per valutare la competenza analitica di laboratori**
- **controllo interno di qualità in un particolare laboratorio**
- **Informazioni dei produttori**

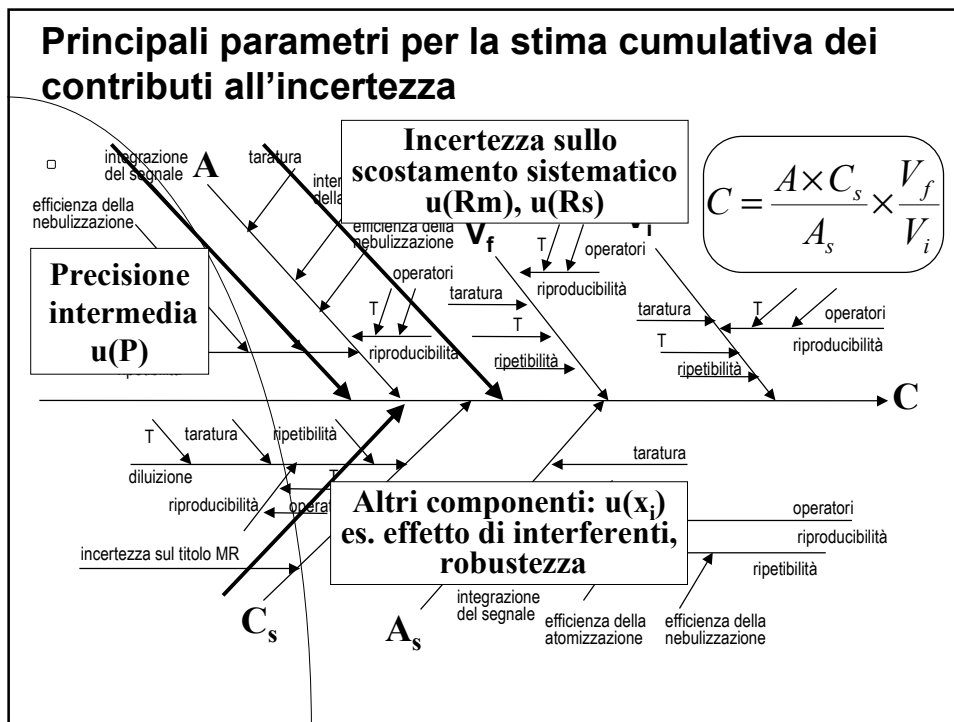
### **Procedimento per stimare l'incertezza di misura UNI CEI ENV 13005:2000**

- 1. specificare il misurando**
- 2. definire la relazione che lo lega alle grandezze misurate nel procedimento di misurazione scelto**
- 3. identificare per ogni stadio del processo i fattori che possono contribuire all'incertezza di misura**
- 4. quantificare le singole componenti dell'incertezza  $u(x_i)$ , esprimendole come varianze o scarti tipo (incertezze tipo)**
- 5. combinare i valori ottenuti secondo le regole matematiche per ottenere l'incertezza composta  $u_c(y)$**
- 6. trasformare l'incertezza ottenuta in incertezza estesa  $U(y)$  moltiplicando per il fattore di copertura**

### **Procedimento per stimare l'incertezza di misura EURACHEM/CITAC 2000**

- 1. specificare il misurando**
- 2. definire la relazione che lo lega alle grandezze misurate nel procedimento di misurazione scelto**
- 3. eseguire studi di validazione del procedimento di misurazione correttamente pianificati**
- 4. quantificare globalmente i contributi all'incertezza  $u(x_i)$ , dai dati di validazione del metodo esprimendole come varianze o scarti tipo (incertezze tipo)**
- 5. combinare i valori ottenuti secondo le regole matematiche per ottenere l'incertezza composta  $u_c(y)$**
- 6. trasformare l'incertezza ottenuta in incertezza estesa  $U(y)$  moltiplicando per il fattore di copertura**





### Incetenza globale relativa $u(C)/C$

Si ottiene dai contributi all'incetenza stimati complessivamente come:

- a) precisione intermedia relativa,  $u(P)/C$
  - b) incetENZE relative nella stima dell'esattezza, valutate in base al confronto tra:
    - b1) valori misurati e valori di MRC,  $u(R_m)$
    - b2) valori misurati e valori di altri MR,  $u(R_s)$
  - c) altri termini (se ritenuti necessari):  $u(x_n)$
- che devono essere combinati secondo la legge della propagazione delle incetENZE:

$$\frac{u(C)}{C} = \sqrt{\left(\frac{u(P)}{C}\right)^2 + \left(\frac{u(R_m)}{R_m}\right)^2 + \left(\frac{u(R_s)}{R_s}\right)^2 + \dots + \left(\frac{u(x_n)}{C}\right)^2}$$

Tutti i termini sono espressi come scarti tipo relativi (cioè incetENZE tipo relative)

<b>Stima dell'incertezza di misura dai dati di validazione</b>	
<b>Requisito preliminare</b>	<b>Strumenti operativi</b>
<b>Attuazione di misure efficaci di assicurazione e di controllo della qualità sia nella fase di validazione che durante l'applicazione routinaria del procedimento di misurazione</b>	<b>Personale qualificato</b>
	<b>Procedure Operative Standard (POS)</b>
	<b>Qualificazione della strumentazione (Equipment Qualification, EQ) e dei reagenti</b>
	<b>Materiali di riferimento certificati (MRC)</b>
	<b>Commutabilità tra campioni di controllo (MR/MRC) campioni da analizzare</b>
	<b>Controllo della qualità interno ed esterno</b>

<b>Elementi di una POS per la validazione di un procedimento di misurazione</b>	
<b>n. par.</b>	<b>TITOLO PARAGRAFO</b>
7.1	<i>SPECIFICITÀ ANALITICA</i>
7.2	<i>LIMITE DI RIVELABILITÀ E QUANTIFICAZIONE</i>
7.3	<i>INTERVALLO DI LINEARITÀ</i>
7.4	<i>SENSIBILITÀ ANALITICA</i>
7.5	<i>PRECISIONE</i>
7.5.1.	Ripetibilità
7.5.1.	Precisione intermedia
7.6	<i>ESATTEZZA</i>
7.6.1	Analisi di MRC/MR
7.6.2	Prove di recupero
7.6.3	Confronto con un metodo indipendente
7.6.4	Valutazione esterna di qualità
7.7	<i>ROBUSTEZZA</i>
7.8	<i>INCERTEZZA DI MISURA</i>
7.9	<i>INTERVALLO DI APPLICABILITÀ</i>
7.10	<i>CRITERI DI IDONEITÀ DEL METODO</i>
7.11	<i>CONCLUSIONI</i>

## Qualificazione della strumentazione

### Qualificazione dell'installazione:

verifica e documenta: la corrispondenza della consegna con quanto ordinato, la correttezza dell'installazione e l'idoneità dell'ambiente.

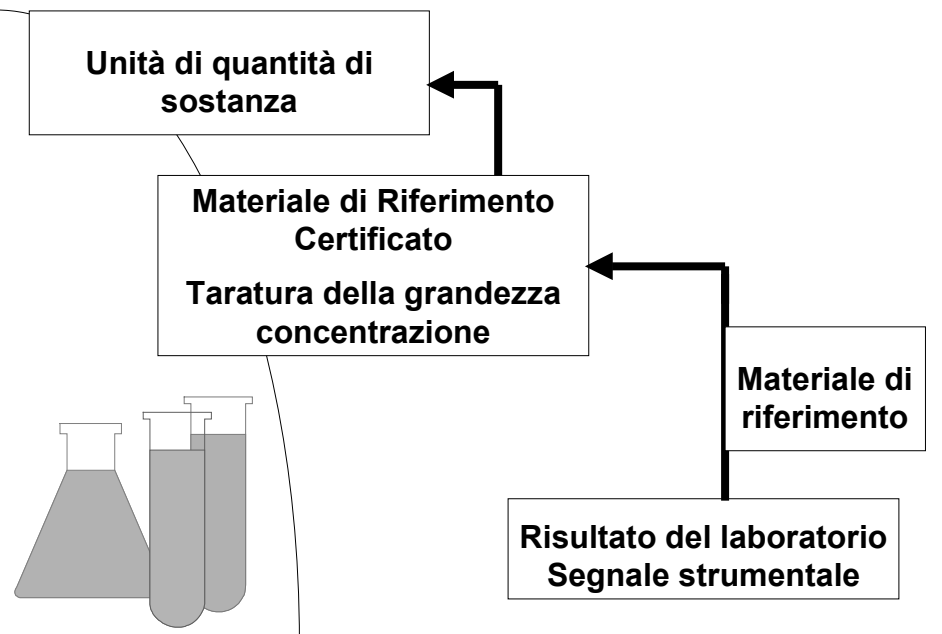
### Qualificazione dell'operatività:

verifica e documenta che lo strumento funzioni in accordo con le specifiche tecniche dichiarate dal produttore, nel luogo in cui è stato installato.

### Qualificazione delle prestazioni:

verifica e documenta che lo strumento funzioni in accordo con le specifiche relative all'uso a cui è stato destinato. Esecuzione e documentazione, secondo un piano stabilito dall'utente, di operazioni di manutenzione, taratura e verifica periodica che le prestazioni dello strumento siano in accordo con le specifiche per l'uso a cui è destinato.

## Nel caso ideale ...



## 8.Fase 4. Calcolo dell'incertezza composta

### 8.1. Incertezze tipo

### 8.2. Incertezza tipo composta

### 8.3. Incertezza estesa

### Combinare le incertezze: esempi

Funzione	$u_c(y)$	$u_c(y)/y$
$Y = A + B$	$\sqrt{u_A^2 + u_B^2}$	
$Y = A - B$	$\sqrt{u_A^2 + u_B^2}$	
$Y = A \times B$	$\sqrt{B^2 u_A^2 + A^2 u_B^2}$	$\sqrt{\dot{u}_A^2 + \dot{u}_B^2}$
$Y = \frac{A}{B}$	$\frac{1}{B} \sqrt{u_A^2 + \frac{A^2}{B^2} u_B^2}$	$\sqrt{\dot{u}_A^2 + \dot{u}_B^2}$
$Y = \frac{A \times B \times C}{D}$		$\sqrt{\dot{u}_A^2 + \dot{u}_B^2 + \dot{u}_C^2 + \dot{u}_D^2}$

## **9. Dichiarazione dell'incertezza**

- **9.1. Generalità**
- **9.2. Informazioni necessarie**
- **9.3. Dichiarazione dell'incertezza tipo**
- **9.4. Dichiarazione dell'incertezza estesa**
- **9.5. Espressione numerica dei risultati**
- **9.6. Conformità a limiti**

## **Appendice A Esempi**

- 1. Preparazione di una soluzione per taratura a titolo noto**
- 2. Titolazione di una soluzione di idrossido di sodio**
- 3. Titolazione acido/base**
- 4. Stima dell'incertezza da studi di validazione condotti in laboratorio. Determinazione di pesticidi organofosforici nel pane**
- 5. Determinazione del rilascio di cadmio da manufatti ceramici mediante spettrometria di assorbimento atomico**
- 6. Determinazione della fibra grezza in mangimi per animali**
- 7. Determinazione della quantità di piombo in acqua mediante doppia diluizione isotopica e spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente**

Modello matematico per la misura, mediante AAS, della quantità Cd estraibile da vasellame in ceramica

**Risultato della misura:**

**Q = quantità di Cd rilasciata per cm<sup>2</sup> di superficie**

$$Q = \frac{A \times C_s}{A_s} \times \frac{V_f}{V_i} \times V_{\text{vaso}} \times \frac{1}{a} \times f_{\text{temp}} \times f_{\text{acido}} \times f_{\text{durata}}$$

**A** = assorbanza misurata del campione diluito

**C<sub>s</sub>** = concentrazione della soluzione per la taratura

**A<sub>s</sub>** = assorbanza misurata per lo standard

**V<sub>f</sub>** = volume finale

**V<sub>i</sub>** = volume iniziale del campione

**V<sub>vaso</sub>** = volume del vaso di cui si misura il rilascio

**a** = area della superficie interna del vaso

**f<sub>temp</sub>** = fattore relativo all'effetto della temperatura

**f<sub>acido</sub>** = fattore relativo all'effetto della concentrazione dell'acido nella soluzione per l'estrazione

**f<sub>durata</sub>** = fattore relativo all'effetto della durata dell'estrazione

## Specificare il misurando e il modello matematico

Per metodi analitici più complessi richiede, oltre alla formula per il calcolo del risultato, una descrizione completa delle fasi del metodo analitico

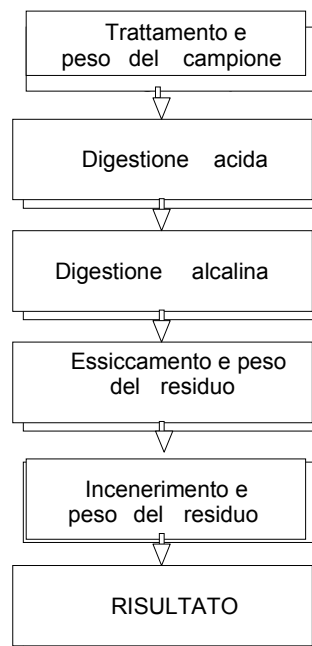
**Esempio:**  
**Determinazione del contenuto di fibra grezza non assimilabile in campioni di mangime**

$$C_{\text{fibra}} = \frac{(b - c) \times 100}{a}$$

**a** = massa del campione

**b** = perdita di massa del campione

**c** = perdita di massa del bianco



## **Appendici**

**Appendice B. Definizioni**

**Appendice C. Incertezza nei procedimenti analitici**

**Appendice D. Analisi delle fonti d'incertezza**

**D.1 Introduzione**

**D.2 Principi dell'approccio adottato**

**D.3 Analisi di causa ed effetto**

**D.4 Esempio**

**Appendice E. Procedimenti statistici utili**

**E.1 Funzioni di distribuzione**

**E.2 Metodo del foglio elettronico per il calcolo dell'incertezza**

**E.3 Incertezze derivanti dalla taratura con il metodo dei minimi quadrati**

**E.4 Documentazione dell'incertezza dipendente dal livello di analita**

## **Appendici**

■ **Appendice F. Incertezza di misura nell'intorno del limite di rivelabilità/limite di quantificazione**

■ **F.1 Introduzione**

■ **F.2 Osservazioni e stime**

■ **F.3 Interpretazione dei risultati e dichiarazioni di conformità**

■ **Appendice G. Fonti comuni e valori dell'incertezza**

■ **Appendice H. Bibliografia**