

# INCERTEZZA DI MISURA E QUALITÀ DEL RISULTATO

OGNI MISURA È SOGGETTA A UNA VARIABILITÀ CASUALE E PRODUCE SEMPRE UN RISULTATO ASSOCIATO A UNA INCERTEZZA. INCERTEZZE DIVERSE POSSONO PORTARE A GIUDIZI DI CONFORMITÀ DIVERSI. I LABORATORI DI UNA STESSA ORGANIZZAZIONE DOVREBBERO ARMONIZZARE LE MODALITÀ DI ESPRESSIONE DEI RISULTATI.

**I**laboratori delle Agenzie ambientali sono da tempo impegnati in un grande sforzo, anche economico, per offrire ai propri clienti un prodotto di qualità, cioè dei risultati associati alla loro incertezza e metrologicamente riferibili al Sistema internazionale di misura (SI). Paradossalmente, il cliente spesso reagisce negativamente perché non sa cosa sia, a cosa serva e come si debba interpretare quel misterioso numeretto che compare a destra del risultato e che prende il nome appunto di *incertezza*.

Quando nel lontano 1999 emisi, fiero di me, i primi rapporti di prova con le incertezze associate ai risultati, ricevetti dal più importante cliente una telefonata al limite dell'insulto: dovevo vergognarmi di aver fornito dati incerti!

Tanto tempo è passato, ma la situazione non è cambiata molto. D'altra parte non possiamo incolpare i nostri clienti di questo stato di fatto, semmai dobbiamo chiederci come colmare il vuoto culturale che si è creato tra i laboratori impegnati da anni ad affinare la qualità dei dati e i clienti che li utilizzano.

Il problema non è solo italiano, basti pensare che l'*Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation* (Aplac) ha ritenuto utile recepire nel 2009 un documento europeo del 2000 pensato per informare i clienti su cos'è e come utilizzare l'incertezza di misura associata ai risultati contenuti nei rapporti di prova! [1-2]. Questo breve contributo è rivolto non solo al personale di laboratorio, ma anche al cliente del laboratorio, cioè a colui che utilizza i risultati per prendere delle decisioni.

## Cos'è l'incertezza di misura

La questione ha, se vogliamo, radici filosofiche: il punto geometrico è una astrazione mentale e come tale non esiste, pur essendo alla base dei teoremi fondamentali della geometria; per quanto

piccolo, sotto una lente opportuna diventerà un cerchio e per di più un cerchio con contorni sfumati! Allora come si risponde alla domanda "quanto distano tra loro due punti?". Se i punti sono dei cerchi, e per giunta sfumati, da dove inizio e fino a dove misuro? E con quale strumento: con un metro da sarta o con un calibro? In definitiva, ripetendo  $n$  volte la misura della distanza tra i due cosiddetti punti, si avranno  $n$  risultati diversi tra loro, anche se di poco. Dietro quest'evidenza sperimentale si nasconde un principio

universale e il concetto filosofico che al mondo non ci sono certezze, che il *valore vero* non esiste. Qualunque misurazione è sempre e inesorabilmente soggetta a una variabilità naturale e quindi darà sempre un risultato incerto.

Il concetto di incertezza è mirabilmente sintetizzato nella recente definizione del VIM3, il Vocabolario internazionale di metrologia [3]: "*Parametro non negativo che caratterizza la dispersione dei risultati di misura che sono attribuibili a un misurando, sulla base delle informazioni*



FOTO: ARCHIVIO ARPA VENEZIA

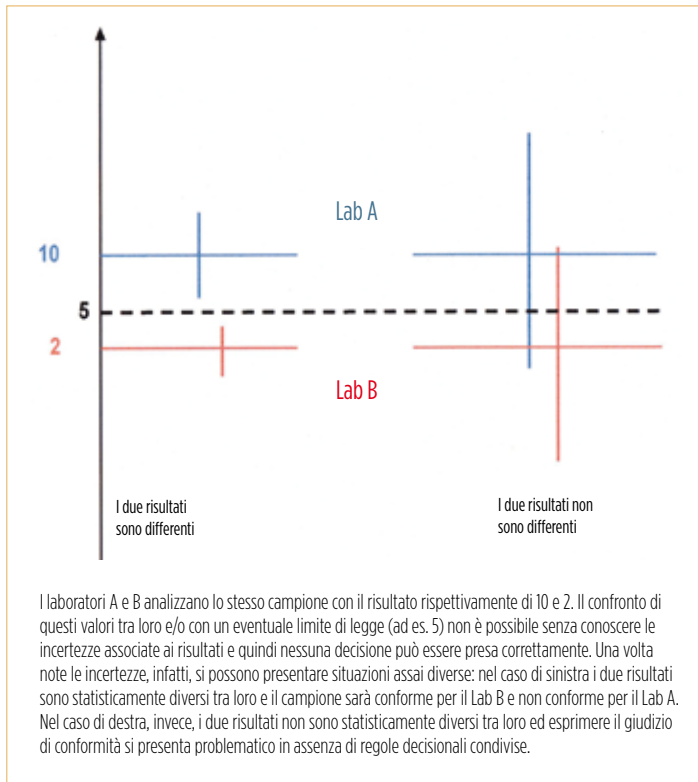


FIG. 1  
INCERTEZZA DI MISURA

L'incertezza associata al risultato di misura influenza il giudizio di conformità a fronte di un limite di legge.

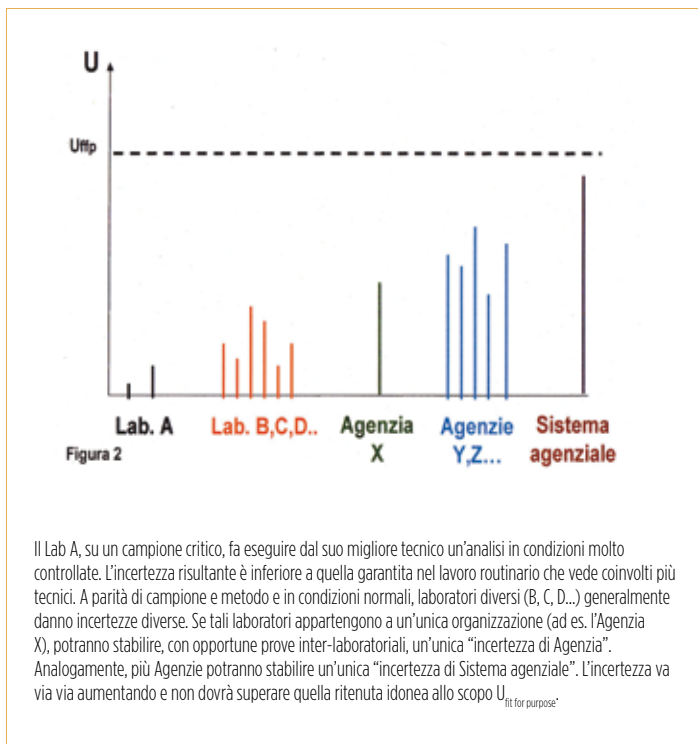


FIG. 2  
INCERTEZZA DI MISURA

L'incertezza associata al risultato di misura dipende dalle condizioni in cui la prova è stata effettuata, a parità di campione e metodo utilizzato.

utilizzate.”. In altre parole, il risultato di una misura non è un valore, ma è un insieme di valori che avrà un'ampiezza variabile in funzione delle informazioni avute a disposizione, comprese le condizioni in cui sono state effettuate le misure [4]. Una conseguenza fondamentale è che tutti i valori dell'intervallo sono equivalenti tra loro e indistinguibili uno dall'altro.

Se il risultato della misura della distanza tra i due punti è  $122 \pm 4$  mm, non posso dire che 122 è diverso da 118 o da 126.

### Come si calcola

Le regole per calcolare ed esprimere l'incertezza di misura sono state definite e condivise a livello mondiale e quindi

descritte in una Guida ISO emessa nel 1993, molto vicina a noi quindi, in confronto alla storia della metrologia moderna. Questa Guida ha dato origine poi alla UNI CEI ENV 13005:2000 chiamata più amichevolmente GUM [5]. L'approccio della GUM si può sintetizzare in cinque punti:

- identificare il modello matematico che esprime il risultato
- identificare le fonti di incertezza
- valutare ed esprimere ciascuna fonte di incertezza come scarto tipo "u"
- combinare gli scarti tipo così ottenuti ottenendo l'incertezza composta "u<sub>c</sub>"
- moltiplicare l'incertezza composta per un opportuno coefficiente in modo da ottenere l'incertezza estesa "U = k u<sub>c</sub>"

Gli ultimi due punti sono banali operazioni matematiche, il terzo è il vero colpo di genio e contiene la regola per trasformare tutte le fonti di incertezza in un'unica forma (scarto tipo) in modo da poterle combinare tra loro senza incorrere nell'errore blu da scuola elementare di sommare mele con pere. I primi due punti invece si applicano bene alle misure e meno bene alle prove e quindi sono problematici per i laboratori chimici. Misure e prove sono due cose diverse: di solito la misura è la parte finale di un procedimento più complesso chiamato prova (nella lingua inglese la differenza tra i relativi termini measurement e testing è più marcata). In questi casi l'applicazione pedissequa della GUM porta a sottostimare l'incertezza calcolata perché le fonti di incertezza che bisognerebbe intercettare sono numerose e frequentemente nascoste proprio nei meandri delle numerose fasi di prova, spesso manuali, che precedono la misura finale [6-7-8-10].

Le obiettive difficoltà di applicazione della GUM per certe tipologie di laboratori hanno favorito lo sviluppo di approcci alternativi. La GUM stessa auspica la redazione di documenti interpretativi e applicativi specifici per particolari situazioni, salvaguardando naturalmente il rispetto dei principi di base. I laboratori delle Agenzie ambientali sono direttamente coinvolti in questo processo evolutivo che ha visto con il passare del tempo il fiorire di alternative sempre più efficaci e adatte allo scopo [4, da 6 a 12]. Il fatto poi che questo processo duri da 15 anni rende l'idea delle grandi difficoltà in gioco e delle notevoli competenze tecniche richieste per farvi fronte.

### Perché calcolare l'incertezza di misura

Una risposta a questa domanda la

troviamo tra le righe di quanto detto finora: ogni risultato di misura non è un valore, ma è un intervallo di infiniti valori. Illuminanti sono le parole della GUM stessa quando dice che nel riportare il risultato di una misura “... è obbligatorio fornire una qualche indicazione quantitativa della qualità del risultato (nдр: incertezza), cosicché gli utenti ne possano accertare l'attendibilità. Senza tale indicazione i risultati delle misure non possono essere confrontati né tra loro, né con valori di riferimento assegnati da specifiche norme (nдр: come ad esempio i limiti di legge)”. In altre parole, un risultato di cui non si conosce l'incertezza associata non serve a nulla. Per comprendere appieno l'importanza di conoscere l'incertezza associata, prendiamo per esempio due laboratori A e B che analizzano lo stesso campione e danno come risultato rispettivamente 10 e 2 (figura 1). A fronte di un ipotetico valore limite di 5 che non deve essere superato, i due risultati da soli non permettono di prendere le corrette decisioni. Infatti, una volta nota l'incertezza, le conseguenze possono essere drasticamente diverse: nel caso di sinistra il campione è conforme per il lab B e non conforme per il lab A, mentre nel caso di destra i risultati dei due laboratori non sono distinguibili uno dall'altro. A complicare le cose si aggiunge il fatto che esprimere il giudizio di conformità, sempre in quest'ultimo caso, si presenta alquanto problematico in assenza di regole decisionali condivise [13].

## Considerazioni

Abbiamo appena visto che incertezze diverse possono portare a giudizi di conformità diversi a parità di risultato di misura, d'altra parte l'incertezza dipende dalle condizioni in cui la misura è stata condotta (lo dice la definizione stessa). Qual è la conseguenza? Facciamo l'esempio di una stessa misura fatta sullo stesso campione con lo stesso metodo (figura 2). Nel primo caso il Lab A, a fronte di un campione particolarmente a rischio, decide in via eccezionale di far eseguire l'analisi dal suo tecnico migliore e in condizioni molto controllate. L'incertezza del dato risultante (prima barra) sarà senza dubbio inferiore a quella del dato prodotto in condizioni routinarie (seconda barra). Nel secondo caso di figura 2, a parità di condizioni routinarie, laboratori diversi B, C, D daranno incertezze diverse in funzione degli specifici strumenti utilizzati, della competenza del proprio personale, dell'ambiente ecc. È normale e corretto – non riprovevole come spesso si sente dire – che laboratori diversi possano dare incertezze di misura diverse a parità di campione e di metodo di prova. La conseguenza è che laboratori diversi, pur lavorando bene e avendo calcolato correttamente la propria incertezza, possono dare giudizi di conformità diversi a parità di risultato sullo stesso campione, proprio in virtù delle incertezze diverse associate ai loro

risultati. In definitiva, incertezze diverse possono tradursi, di fatto, in una diversa interpretazione rispetto ai limiti di legge [13]. Se poi i laboratori B, C e D del caso appena preso in considerazione fanno parte di un'unica organizzazione, si presenta il problema politico della disomogeneità dei giudizi di conformità, certamente non tollerabile, anche se tecnicamente giustificata.

La strada da seguire potrebbe essere un approccio al calcolo dell'incertezza basato sulle variabilità inter-laboratoriali (terzo caso di figura 2) che consentirebbe di esprimere, per quel metodo e su quel parametro, un'incertezza di Agenzia (ad esempio Agenzia X). Tale incertezza sarà inevitabilmente superiore a quelle dei singoli laboratori B, C e D, ma unica e garante dell'omogeneità dei giudizi di conformità e dell'immagine stessa dell'Agenzia X verso l'esterno. A questo punto si può estendere il ragionamento al sistema delle Agenzie Y, Z ecc. (quarto caso di figura 2) che potrebbe addivenire a incertezze proprie del sistema agenziale stesso, a garanzia dell'omogeneità di comportamento (quinto caso di figura 2). Tutto questo è fattibile a patto che sia stabilita l'incertezza massima ammissibile adatta allo scopo (in figura 2: *U fit for purpose*).

Quest'ultima osservazione, con altre considerazioni non riportate in questo intervento, dimostra come il problema del corretto utilizzo dell'incertezza di misura si potrà risolvere solo se ai laboratori che stanno già affiancando egregiamente la loro parte si affiancheranno tutti gli altri attori che intervengono nella filiera dei controlli di conformità. Mi riferisco agli attori istituzionali: il legislatore che impone i limiti di legge, gli estensori di metodi normalizzati, i normatori, gli enti che fissano i criteri di qualità e di accettabilità dei risultati. Penso soprattutto ai clienti, utilizzatori finali dei dati, che hanno tutto il diritto di essere istruiti e informati su cos'è e come va interpretata l'incertezza associata ai risultati analitici.

### Alessandro Grigato

Dipartimento regionale laboratori  
Arpa Veneto  
agrigo@arpa.veneto.it

## BIBLIOGRAFIA

1. Aplac TC 010, *General Information on Uncertainty of measurement*, Issue 1 - 2009 (www.aplac.org)
2. SP, FaL, Swedac, Livsmedelsverket, vav, "Important information to our customers concerning the quality of measurements" - 2000 (www.sp.se)
3. UNI CEI 70099:2008, *Vocabolario Internazionale di metrologia. Concetti fondamentali e generali e termini correlati*
4. Priel M., *Accred. Qual. Assur.*, 14, 35 - 2009
5. UNI CEI ENV 13005:2000: *Guida all'espressione dell'incertezza di misura*
6. Analytical Method Committee, *Analyst*, 120, 2303 - 1995
7. Horwitz W., Albert R., *Analyst*, 122, 615 - 1997
8. EA-4/16, *Guidelines on the expression of uncertainty in quantitative testing* - 2003 (www.european-accreditation.org)
9. Eurachem/Citac, *Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement*, 2nd Ed - 2000. Tradotta in italiano in *Rapporti Istisan 03/30* (www.iss.it)
10. Visser R.G., *Accred. Qual. Assur.*, 7, 124 - 2002
11. Eurolab, Technical Report No 1/2007, *Measurement uncertainty revisited. Alternative approaches to uncertainty evaluation* - 2007 (www.eurolab.org)
12. Analytical Method Committee, *Accred. Qual. Assur.*, 15, 73 - 2010
13. Ispra, Manuali e linee guida 52/2009, *L'analisi di conformità con i valori di legge: il ruolo dell'incertezza associata a risultati di misura* - 2010 (www.isprambiente.it)