

Note esplicative sui risultati del certificato e l'utilizzo della bilancia

- A. **I risultati riportati nel certificato sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura.**
- B. Qualsiasi spostamento dello strumento potrebbe influire sul suo comportamento; pertanto per una completa evidenza di riferibilità può essere richiesta una nuova taratura dopo uno spostamento dello strumento.
- C. La bilancia è stata tarata in "valore convenzionale di massa", cioè indicherà la massa di un oggetto di densità 8000 kg/m³ in grado di equilibrare il misurando in aria avente densità 1,2 kg/m³, alla temperatura di 20°C.
- D. La tabella degli errori riporta, per ogni valore nominale di carico, il valore dell'errore E determinato durante la taratura e il valore della corrispondente incertezza estesa di taratura. Data una lettura R , si può ricavare la massa convenzionale M ad essa equivalente con: $M = R - E$
- E. L'incertezza estesa di taratura U è stata valutata ad un livello di fiducia del 95,45%.
Essa non coincide con quella d'uso; infatti durante il normale utilizzo di uno strumento tarato, la situazione è differente rispetto a quella riscontrata in sede di taratura in alcuni se non tutti dei seguenti aspetti:
- le indicazioni ottenute durante la pesatura di un oggetto sono differenti da quelle rilevate durante la taratura;
 - il processo di pesatura può essere diverso da quello seguito durante la taratura:
 - solitamente è effettuata una sola lettura per ogni oggetto pesato; non vengono effettuate più letture per calcolarne la media;
 - la lettura è effettuata con lo strumento che visualizza il valore di divisione d , e non con una risoluzione maggiore;
 - si effettua il caricamento in salita ed in discesa e non solo in salita o viceversa;
 - il carico è tenuto sul recettore di carico per un tempo più lungo, non si effettua lo scaricamento del recettore dopo ogni lettura o viceversa;
 - il carico è applicato in posizione decentrata;
 - sono utilizzati dispositivi di tara, ecc.
 - le condizioni ambientali possono essere differenti da quelle rilevate durante la taratura;
 - per strumenti che non sono sottoposti con frequenza a regolazioni della scala, ad esempio mediante un dispositivo di regolazione interno, la regolazione dello strumento può essersi modificata a seguito di invecchiamento o usura (contrariamente ai punti da 1 a 3, questo effetto è solitamente funzione del tempo trascorso dalla taratura).

Nella guida EURAMET/cg-18 § 7.4 e 7.5 sono descritte esaustivamente le modalità per la determinazione di un valore di massa e della corrispondente incertezza estesa; a tale guida pertanto si rimanda per una trattazione più completa.

Qui di seguito viene riportata una possibile stima, non vincolante, dell'incertezza d'uso.

Il valore di incertezza tipo composta (incertezza d'uso dello strumento) sulla massa M è pari a:

$$u(M) = \sqrt{\frac{d_0^2}{12} + \frac{d_L^2}{12} + u^2(E) + u^2(R) + u^2(\delta R_{strum}) + u^2(\delta R_{procedura})}$$

Di seguito sono riassunte le indicazioni per il calcolo delle componenti sopra indicate:

- d_0 e d_L sono il valore dell'unità di formato rispettivamente corrispondente alla lettura a carico nullo e alla lettura al carico (possono avere valori diversi ad esempio per strumenti a campi plurimi);
- l'incertezza tipo della lettura $u(R)$ può essere assunta essere il valore dello scarto tipo di ripetibilità riportato nel certificato di taratura, per un carico immediatamente superiore o quello massimo tra quelli di ripetibilità indicati nel certificato;
- l'incertezza tipo dovuta alla correzione di non linearità $u(E)$ si ricava dal certificato di taratura.

Se il certificato di taratura riporta la sola tabella di linearità, in essa è riportata l'incertezza estesa di taratura $U(E)$ unitamente al valore del coefficiente di copertura k e ai gradi di libertà: $u(E) = U(E)/k$

Si noti che $u(E)$ si riferisce ad uno dei carichi della prova di linearità effettuata per la taratura e pertanto l'effettiva $u(E)$ corrispondente alla lettura R può essere calcolata per interpolazione oppure può essere assunto il valore massimo tra i due valori corrispondenti ai due carichi tra cui si trova il carico misurato.

Nel caso in cui il certificato riporti i dati del polinomio interpolatore di terzo grado, in alternativa è possibile procedere come segue.

L'errore E approssimato dello strumento in taratura è determinato dalla formula seguente:

$$E_{appr} = a_0 + a_1 R + a_2 R^2 + a_3 R^3$$

dove a_0, a_1, a_2, a_3 sono i coefficienti riportati nel certificato di taratura ed R è l'indicazione dello strumento.

L'incertezza tipo composta u_c sul valore dell'errore E_{appr} si ottiene con la seguente formula:

$$u_c(E_{appr}) = \sqrt{\left(a_0 + a_1 R + a_2 R^2 + a_3 R^3\right)^2 \left(\frac{d_0^2}{12} + \frac{d_R^2}{12} + s_{rip}^2 + u_{rel}^2(\delta l_{ecc}) \cdot R^2\right) + \mathbf{r}^T \mathbf{U}(\mathbf{a}) \mathbf{r}}$$

Dove:

- **$\mathbf{U}(\mathbf{a})$** è la matrice di varianza-covarianza riportata nel certificato;
- **$\mathbf{r}$** è il vettore colonna i cui elementi sono $(1, R, R^2, R^3)^T$;
- d_0 è il valore dell'unità di formato, a carico nullo, dello strumento;
- d_R è il valore dell'unità di formato dello strumento in corrispondenza alla lettura R ;
- s_{rip} è il valore di incertezza tipo di ripetibilità riportato nel certificato di taratura (nel caso il certificato riporti più valori di incertezza tipo di ripetibilità è possibile utilizzare il valore relativo al carico più vicino alla lettura R oppure il massimo tra i valori riportati nel certificato);
- u_{rel} è il valore di incertezza tipo relativa della prova di decentramento del carico.

Se si suppongono invece trascurabili nella stima dell'indicazione corretta della bilancia gli effetti della non linearità, si consideri per tale variabile una distribuzione di probabilità rettangolare, con valore massimo pari all'errore più grande, in valore assoluto, E_{max} riportato nella tabella della prova di linearità. In questo caso sarà:

$$u(E) = \sqrt{\frac{E_{max}^2}{3} + u(E)_{max}^2}$$

dove $u(E)_{max}$ è la massima incertezza tipo della prova di linearità, ricavabile dal certificato di taratura.

- l'incertezza tipo **$u(\delta R_{strum})$** dello strumento può contenere diverse componenti (cfr. EURAMET/cg-18 § 7.4.3) tra cui:
 - o componente dovuta a variazione delle condizioni termiche nel suo uso; si ricava da:

$$u(\delta m_t) = \frac{K_t M \Delta t}{\sqrt{3}}$$

dove M è il valore della massa misurata, Δt è la differenza tra la temperatura media di taratura dello strumento e quella in cui si effettua la misura e K_t è il coefficiente di deriva termica della bilancia fornito dal costruttore. Se questo non è noto si veda la tabella seguente:

Numero di uf	$10^6 K_t / ^\circ C^{-1}$
> 300 000	$3 \cdot 10^{-6}$
60 000 ÷ 300 000	$6 \cdot 10^{-6}$
< 60 000	10^{-5}

- Per quanto riguarda **$u(\delta R_{procedura})$** , la guida EURAMET/cg-18 § 7.4.4 riporta possibili componenti che possono essere valutate ed inserite nel computo dell'incertezza d'uso dello strumento.

Il numero di gradi di libertà effettivi v_{eff} associato a $u(R)$ si valuta in modo approssimato con:

$$v_{eff} = \frac{u^4(R)}{\frac{u^4(E)}{v} + \frac{u^4(R)}{v_R}}$$

Il calcolo del numero di gradi di libertà effettivi può comprendere al denominatore anche le ulteriori componenti di incertezza valutate, ad esempio le componenti di $u(\delta R_{procedura})$ o altre componenti di $u(\delta R_{strum})$, e per le quali il numero di gradi di libertà sia un numero finito.

Si lascia infine all'utente la valutazione di altri fattori, come altri effetti ambientali speciali, l'effetto umano, ecc... che possono essere tenuti in conto in un sistema qualità ben organizzato.

Stimata l'incertezza composta $u(M)$, il calcolo dell'incertezza estesa può essere effettuato moltiplicando tale valore per il fattore di copertura determinato in funzione del numero di gradi di libertà effettivi calcolati.