SISTEMA NAZIONALE PER L'ACCREDITAMENTO DI LABORATORI

DT-0002

GUIDA PER LA VALUTAZIONE E LA ESPRESSIONE DELL'INCERTEZZA NELLE MISURAZIONI

INDICE

1. INTRODUZIONE

Il documento SINAL PT-003 (Riferibilità delle misurazioni) attribuisce al laboratorio accreditato la responsabilità di esprimere l'incertezza di cui è affetto il risultato di ogni misurazione e di indicare la stessa sul rapporto di prova.
Questa prescrizione è conforme alla Norma UNI CEI EN 45001 secondo la quale i risultati di una misurazione devono essere sempre accompagnati dalla valutazione della loro incertezza.
La Norma UNI CEI 9/1997: "Guida all'espressione dell'incertezza di misura" fornisce le modalità per valutarla ed esprimerla.
La presente guida SINAL non intende sostituire quest'ultima Norma, che resta il documento di riferimento; vuole, invece, mettere in luce, brevemente, i metodi di valutazione ritenuti di interesse generale per i laboratori accreditati o che chiedono di essere accreditati. Oltre alla guida sono stati redatti numerosi esempi volti ad illustrare l'impiego di tali metodi in diverse aree tecnologiche, che sono a disposizione sul sito internet del SINAL (www.sinal.it), nella sezione "*download*".

2. FONDAMENTI

Nel seguito vengono richiamati alcuni concetti ai fini della corretta applicazione dei procedimenti per la valutazione e l'espressione dell'incertezza nella misurazione.

2.1. Misurando, stime e incertezze

Obiettivo di una misurazione è la determinazione del valore della grandezza da misurare (Y), detta *misurando*.
In generale, il misurando Y dipende da un certo numero di *grandezze d'ingresso* $X_1, X_2, ..., X_{i, ...,} X_n$, secondo una funzione del tipo:

$$Y= f\,(X_1, X_2, ..., X_i, ..., X_n) \qquad (1)$$

usualmente chiamata *modello della misurazione*.
Tipiche grandezze di ingresso sono quelle che derivano dal processo di misurazione, quelle riportate nei certificati di taratura dei campioni e degli strumenti impiegati, nonché le *grandezze di influenza*, che sono sostanzialmente, ma non esclusivamente, le variabili ambientali come la temperatura, la pressione, l'umidità, ecc.
La *stima* y del misurando Y viene ottenuta dalla (1) sostituendo ai valori delle grandezze X_i le corrispondenti *stime di ingresso* x_i:

$$y = f\,(x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_n) \qquad (2)$$

Il risultato di una misurazione, pur corretto per gli eventuali effetti sistematici identificati, è però solamente una stima del valore del misurando a causa dell'incertezza originata dagli effetti casuali e dagli effetti sistematici non noti o non considerati.
Il risultato di una misurazione riportato su un rapporto di prova non è quindi completo se non comprende anche la espressione dell'incertezza che grava sul misurando.
L'*incertezza* è il parametro, associato al risultato di una misurazione, che caratterizza la dispersione dei valori ragionevolmente attribuibili al risultato.
In particolare ad ognuna delle stime d'ingresso x_i deve essere necessariamente associata un'*incertezza d'ingresso* che, assieme alle altre, contribuisce a formare l'*incertezza della stima del misurando,* o *incertezza composta*.
La stima dell'incertezza composta presuppone una serie di operazioni logiche articolate come segue:

1) individuare il modello della misurazione adatto a rappresentare la (2);
2) valutare le incertezze delle stime d'ingresso;
3) individuare un'espressione che, note le incertezze d'ingresso, consenta di ricavare l'incertezza composta del misurando.

Ad eccezione della individuazione del modello, che può richiedere ogni volta attenzione particolare, le altre regole sono definite dalla Noma UNI CEI 9 e si basano su teorie statistiche.

Le incertezze possono essere classificate come segue:

- incertezza del misurando: è legata ad una imperfetta realizzazione o definizione del misurando e frequentemente nelle misurazioni industriali può non essere considerata;
- incertezza della strumentazione: è determinata da cause diverse, quali ad esempio la lettura di strumento analogico, la risoluzione di strumentazione digitale, gli effetti di condizioni ambientali non noti o non definiti completamente, l'incertezza dei riferimenti utilizzati per le tarature;
- incertezza del protocollo: è dovuta ad approssimazioni ed assunzioni tipiche del metodo;
- incertezza d'uso: è una incertezza introdotta come maggiorazione di un'incertezza nota (ad esempio, quella della strumentazione), per considerare possibili cause di incertezza che è più conveniente stimare in base all'esperienza, che calcolare (esempio, deriva fra due intervalli di taratura);
- incertezza del software: è legata agli algoritmi matematici utilizzati per il calcolo ed alla loro applicazione specifica.

Per la scrittura del modello si suggerisce di esaminare gli esempi riportati nelle Appendici alla presente guida.

Per facilitare il compito agli operatori, è opportuno che i laboratori predispongano procedure da applicare per ogni singola prova (o gruppo omogeneo di prove) sotto accreditamento che contengano anche le espressioni per la valutazione dell'incertezza.
Quanto sopra illustrato, che può anche essere convenientemente predisposto in forma tabellare, deve essere successivamente utilizzato per l'espressione dell'incertezza.

2.2. Valutazione delle incertezze delle grandezze d'ingresso

Come i valori delle grandezze d'ingresso X_i, anche le dispersioni sono stimate attraverso opportune valutazioni, in base alle informazioni disponibili.
Le *incertezze di ingresso* possono essere determinate attraverso due categorie di valutazione, contraddistinte con le lettere A e B.
Si sottolinea che tutte le incertezze hanno la stessa natura per cui la distinzione in base alle categorie di valutazione (A e B) riguarda unicamente il modo con il quale le incertezze vengono stimate.

2.2.1. Valutazione delle incertezze di categoria A

Quando una grandezza x_i può essere valutata direttamente dal laboratorio attraverso la ripetizione di un processo di misurazione, in condizioni controllate, si ottiene come risultato una serie di valori. La teoria statistica insegna come utilizzare al meglio l'informazione in essi contenuta.
Per giungere a questo scopo, viene immaginata una popolazione virtuale infinita di valori, tutti pertinenti alla grandezza x_i in esame nelle condizioni di misurazione, da cui sono stati estratti, quale campione casuale, quelli della serie ottenuta in laboratorio.
Il passo successivo, suggerito dalla teoria, consiste nella scelta di un modello per rappresentare la popolazione infinita. Un modello impiegato nelle misurazioni di un gran numero di grandezze è quello cosiddetto normale o di Gauss.
Se x_{iq} è un generico valore della popolazione infinita dei valori assunti dalla grandezza X_i, allora la funzione:

$$p\left(x_{iq}\right) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} e^{\left[-\left(x_{iq}-\mu_i\right)^2/2\sigma_i^2\right]} \tag{3}$$

rappresenta la frequenza con cui un tale valore figura come risultato di una misurazione della grandezza x_i essendo μ_i il valore atteso, e σ_i lo scarto tipo della popolazione infinita dei valori delle misurazioni. Se si rappresenta sul piano cartesiano questa funzione, si ottiene la classica curva a campana.
La variabile k_p, che rappresenta tutte le popolazioni infinite di valori che si richiamano al modello normale, si ottiene razionalizzando la variabile x_{iq} nel seguente modo:

$$k_p = \left(x_{iq} - \mu_i\right)/\sigma_i \tag{4}$$

Questa variabile, che ha distribuzione normale con media nulla e scarto tipo unitario, assume per diversi livelli di probabilità i valori riportati in tabella 1 e nella figura 1.

Tabella 1 - Valore di k_p della distribuzione normale razionalizzata comprendente la frazione p della distribuzione

Frazione p (%)	k_p
68,27	1,00
90	1,645
95	1,96
95,45	2,00
99	2,576
99,73	3,00

Nella pratica, per ragioni di costo e di tempo, le misurazioni ripetute di una grandezza costituiscono sempre una serie limitata di valori. Pertanto, tali serie non possono essere sempre razionalizzate e valutate in base alla variabile k_p, anche se si è assunto e provato che la popolazione virtuale infinita da cui sono tratte è di tipo normale.

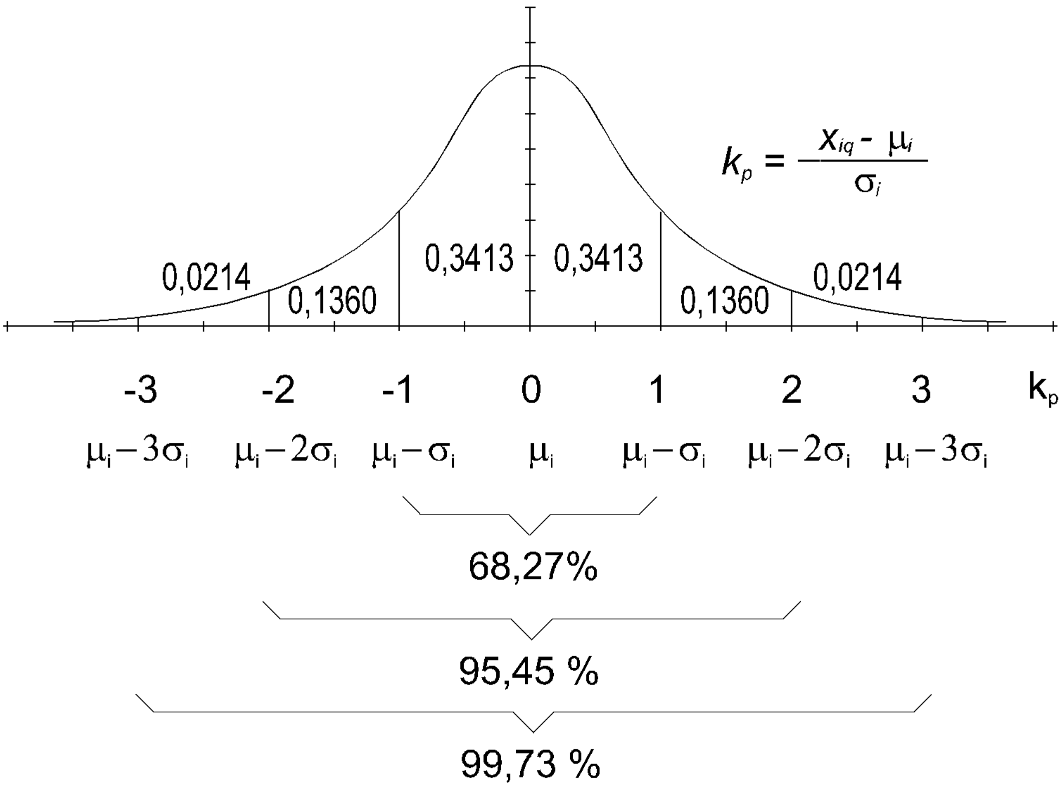

Figura 1

La variabile che razionalizza esattamente i valori di serie limitate, è stata studiata da Student ed ha la seguente espressione:

$$t_p = \frac{(\bar{x}_i - \mu_i)}{(s_i / \sqrt{n_i})} \qquad (5)$$

dove, $\bar{x}_i$ rappresenta il valore medio delle misurazioni x_{iq}, ed è una stima del valore atteso μ_i, mentre s_i è lo scarto tipo sperimentale della serie di misurazioni ed è una stima di σ_i.
Se si portano sulle ascisse di un piano cartesiano i valori di t_p e sulle ordinate dello stesso piano la funzione $p(t_p)$ (la cui espressione viene tralasciata perché è un po' complessa ma si può trovare al punto C.3.8 della Norma UNI CEI 9), si ottengono le curve di figura 2.

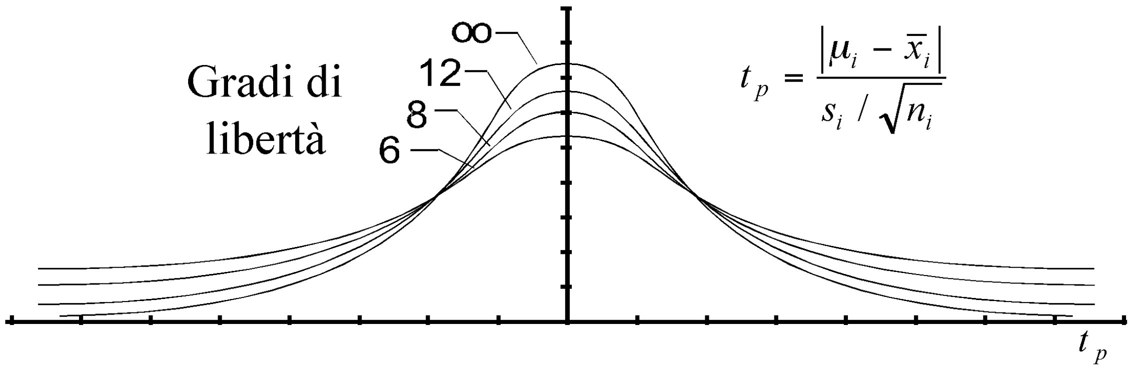

Figura 2

Tabella 2 - Valore di ***$t_p(\nu)$*** della distribuzione ***t_p*** con ν gradi di libertà che definisce un intervallo tra ***$-t_p(\nu)$*** e ***$+t_p(\nu)$*** comprendente la frazione ***p*** della distribuzione

Gradi di libertà (ν)	Frazione *p* in percento					
	68,27	90	95	95,45	99	99,73
1	1,84	6,31	12,71	13,97	63,66	235,80
2	1,32	2,92	4,30	4,53	9,92	19,21
3	1,20	2,35	3,18	3,31	5,84	9,22
4	1,14	2,13	2,78	2,87	4,60	6,62
5	1,11	2,02	2,57	2,65	4,03	5,51
6	1,09	1,94	2,45	2,52	3,71	4,90
7	1,08	1,89	2,36	2,43	3,50	4,53
8	1,07	1,86	2,31	2,37	3,36	4,28
9	1,06	1,83	2,26	2,32	3,25	4,09
10	1,05	1,81	2,23	2,28	3,17	3,96
15	1,03	1,75	2,13	2,18	2,95	3,59
20	1,03	1,72	2,09	2,13	2,85	3,42
30	1,02	1,70	2,04	2,09	2,75	3,27
40	1,01	1,68	2,02	2,06	2,70	3,20
50	1,01	1,68	2,01	2,05	2,68	3,16
∞	1,00	1,64	1,96	2,00	2,58	3,00

Per ogni valore di $\nu_i = n_i - 1$, con $n_i \geq 2$, esiste una curva di distribuzione della probabilità di t_p. La tabella 2 riporta, per un buon numero di valori di $\nu = \nu_i$, i valori di t_p a diversi livelli di probabilità.

Lo scarto tipo s_i si calcola, <u>in tutti i casi</u>, con la seguente formula:

$$s_i = \sqrt{\left[\sum_{q=1}^{n_i} \left(x_{iq} - \bar{x}_i\right)^2\right] / \left(n_i - 1\right)} \tag{6a}$$

Il valore di s_i così calcolato costituisce il parametro statistico che viene tradizionalmente indicato come scarto tipo della serie di misurazioni. Ne segue che l'espressione $s_i / \sqrt{n_i}$, a denominatore della (5), è lo scarto tipo o incertezza della media, $\bar{x}_i$:

$$u\left(\bar{x}_i\right) = \frac{s_i}{\sqrt{n_i}} \tag{6b}$$

Si osserva che $\nu_i = n_i - 1$ rappresenta il numero dei gradi di libertà corrispondenti alla somma dei quadrati riportata nella stessa formula (6a).

Ad ogni stima x_i della grandezza X_i corrisponde quindi una incertezza tipo della media, $u(\bar{x}_i)$, ed un numero ν_i di gradi di libertà.

Si ricorda che accanto alla distribuzione normale, che costituisce sicuramente il modello più impiegato per trattare i dati sperimentali, ne esistono altre usate in specifici campi tecnologici.

2.2.2. Valutazione delle incertezze di categoria B

Le valutazioni di incertezza effettuate in modo diverso da quello basato su serie di osservazioni ripetute, si definiscono di categoria B.
La situazione di minima informazione è rappresentata da un intervallo, individuato da due valori x_{imax} e x_{imin}, al di fuori del quale si esclude possa trovarsi il valore della grandezza, mentre all'interno dell'intervallo tutti i valori hanno la stessa probabilità.
In questo modo si assume una distribuzione uniforme di probabilità, detta anche rettangolare, di ampiezza pari ad x_{imax} - x_{imin} (Figura 3a).
In questo caso si può attribuire come stima di x_i il valore medio dell'intervallo, pari a:

$$\bar{x}_i = \frac{x_{imax} - x_{imin}}{2} \tag{7}$$

Si può dimostrare che l'incertezza $u(\bar{x}_i)$ di questa distribuzione può essere calcolato con la seguente relazione:

$$u(\bar{x}_i) = \frac{x_{imax} - x_{imin}}{2\ \sqrt{3}} \tag{8}$$

La relazione scritta può essere utilizzata anche se i limiti superiore ed inferiore x_{imax} e x_{imin} non sono simmetrici rispetto alla migliore stima di x_i.
A volte è più realistico attendersi che i valori prossimi agli estremi siano meno probabili di quelli centrali. In tal caso è ragionevole sostituire alla distribuzione simmetrica rettangolare una distribuzione simmetrica trapezoidale avente i lati obliqui uguali (trapezio isoscele), la base maggiore di ampiezza x_{imax} - x_{imin} e la base minore di ampiezza (x_{imax} - x_{imin}) β, essendo $0 \le \beta \le 1$ (Figura 3b).
Attribuendo ad X_i questa distribuzione, si ricava che il valore atteso di X_i è $\bar{x}_i = (x_{imax} - x_{imin})/2$ e l'incertezza tipo ad esso associata:

$$u(\bar{x}_i) = \frac{x_{imax} - x_{imin}}{2\ \sqrt{6}} \sqrt{\left(1 + \beta^2\right)} \tag{9}$$

Per β tendente a 1, la distribuzione trapezoidale tende a quella rettangolare, mentre diventa triangolare per $\beta = 0$ (Figura 3c).

Per la distribuzione triangolare, l'incertezza tipo assume la seguente espressione:

$$u(\bar{x}_i) = \frac{x_{imax} - x_{imin}}{2\sqrt{6}} \tag{10}$$

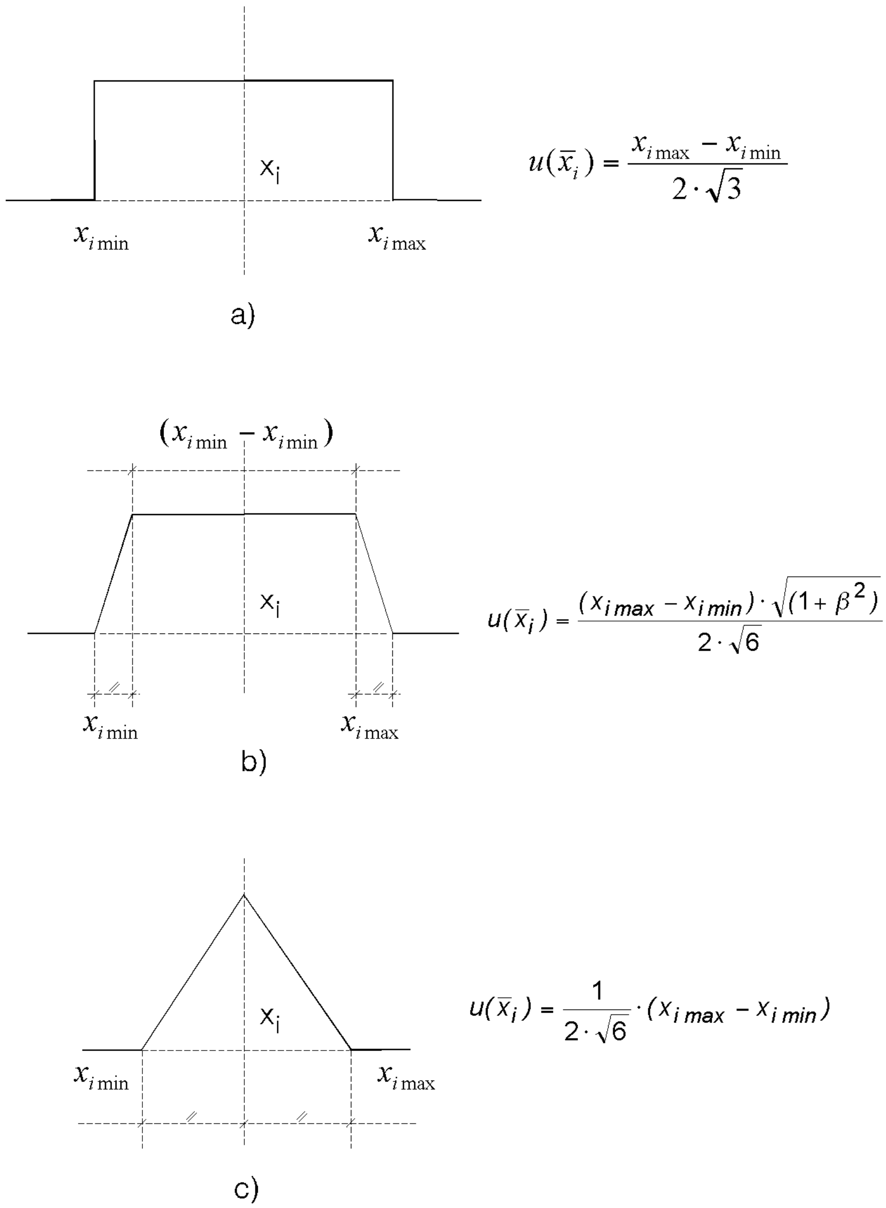

Figura 3 - Modelli di distribuzione di probabilità applicati a incertezze di categoria B

Anche per le incertezze valutate con metodi di categoria B è opportuno parlare di gradi di libertà.
Quando la modalità di valutazione utilizzata è una delle (8), (9) o (10), le incertezze tipo hanno infiniti gradi di libertà, mentre in altri casi, in cui le $u(\bar{x}_i)$ hanno stime con margini di variabilità, sono trattate dalla Norma UNI CEI 9 al punto G.4.2.

3. CALCOLO DELL’INCERTEZZA TIPO COMPOSTA

In generale, nel corso di un processo o di una prova, le grandezze in gioco, con incertezze, sia di categoria A che di categoria B, possono essere numerose. Il problema da affrontare e risolvere è come calcolare l’incertezza tipo composta, $u(y)$, pertinente al risultato y del processo o prova.
Quando il modello della misurazione è quello indicato dalla (2), allora la risposta al quesito viene data da quella che, tradizionalmente, è chiamata *legge di propagazione degli scarti* e che nella Norma diventa, per coerenza, *legge di propagazione delle incertezze.*
L’equazione che traduce algebricamente questa legge, <u>quando tutte le grandezze x_i sono fra loro non correlate e indipendenti,</u> è la seguente:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left[\left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(\bar{x}_i) \right]} \qquad (11)$$

dove sotto radice è la sommatoria dei quadrati delle derivate parziali della funzione y [vedere formula (2)] rispetto alle singole variabili x_i moltiplicate per il quadrato delle incertezze tipo $u(\bar{x}_i)$ di cui sono affette le diverse grandezze di ingresso x_i.
Le $u(\bar{x}_i)$ e la $u(y)$, precedentemente definite, sono rispettivamente denominate *incertezza tipo d’ingresso* ed *incertezza tipo composta del misurando*.
L’uso di questa espressione è corretto solo se tutte le grandezze considerate per ricavare il risultato *y* del processo o prova sono fra loro non correlate e indipendenti. Nel caso si debba tenere conto di correlazioni è necessario far riferimento al paragrafo 5.2 della Norma UNI CEI 9.
La difficoltà di manipolazione della (11), in cui compaiono le derivate parziali, dipende dalla complessità della funzione modello (2). Modalità semplici di impiego della (11) si hanno quando il modello è costituito da una somma o da un prodotto.
Si osserva che l’incertezza tipo composta può anche essere espressa in forma relativa $\dot{u}(y)$, dividendo quella in valore assoluto *u(y)* per la stima *y* del misurando *Y*, ossia : $\dot{u}(y) = u(y)/y$.
Nella tabella 3 sono riportate le espressioni delle incertezze tipo composte (valori assoluti e relativi) per alcuni casi di frequente applicazione (per semplicità, si è supposto il misurando funzione di non più di tre grandezze di ingresso).
Si può osservare che nel caso di somma algebrica di grandezze d’ingresso, l’incertezza tipo composta assoluta *u(y)* è data dalla radice quadrata della somma dei quadrati delle incertezze assolute delle stime di ingresso.
Nel caso di prodotti e rapporti di grandezze d’ingresso, l’incertezza tipo composta relativa, $\dot{u}(y)$, è data invece dalla radice quadrata della somma dei quadrati delle incertezze tipo relative delle stime di ingresso.

La consultazione degli esempi applicativi riportati nelle Appendici A può essere utile per chiarire l'impiego pratico delle formule della Tabella 3.

Tabella 3 - Formule per la valutazione dell'incertezza tipo composta

Linea	Funzione	Incertezza tipo composta Valore assoluto u(y)	Incertezza tipo composta Valore relativo $\dot{u}(y)$
1	Y = A + B	$\sqrt{u_A^2 + u_B^2}$	$\sqrt{\dfrac{A^2\dot{u}_A^2 + B^2\dot{u}_B^2}{(A+B)^2}}$
2	Y = A + B + C	$\sqrt{u_A^2 + u_B^2 + u_C^2}$	$\sqrt{\dfrac{A^2\dot{u}_A^2 + B^2\dot{u}_B^2 + C^2\dot{u}_C^2}{(A+B+C)^2}}$
3	Y = A − B	$\sqrt{u_A^2 + u_B^2}$	$\sqrt{\dfrac{A^2\dot{u}_A^2 + B^2\dot{u}_B^2}{(A+B)^2}}$
4	Y = A B	$\sqrt{B^2 u_A^2 + A^2 u_B^2}$	$\sqrt{\dot{u}_{cA}^2 + \dot{u}_{cB}^2}$
5	Y = A B C	$\sqrt{[BC]^2 u_A^2 + [AC]^2 u_B^2 + [AB]^2 u_C^2}$	$\sqrt{\dot{u}_A^2 + \dot{u}_B^2 + \dot{u}_C^2}$
6	Y = h A	$h\ u_A$	$\dot{u}_A$
7	$Y = A^n$	$n\ A^{n-1}\ u_A$	$n\ \dot{u}_A$
8	$Y = \dfrac{A}{B}$	$\dfrac{1}{B}\sqrt{u_A^2 + \dfrac{A^2}{B^2}\ u_B^2}$	$\sqrt{\dot{u}_A^2 + \dot{u}_B^2}$
9	$Y = \left(\dfrac{A}{B}\right)^2$	$\left(2\dfrac{A}{B^2}\right)\sqrt{u_A^2 + \dfrac{A^2}{B^2}u_B^2}$	$2\sqrt{\left(\dot{u}_A^2 + \dot{u}_B^2\right)}$
10	Y = A B + h C	$\sqrt{B^2 u_A^2 + A^2 U_B^2 + h^2 u_C^2}$	$\sqrt{\dfrac{A^2B^2\left(\dot{u}_A^2 + \dot{u}_B^2\right) + C^2h^2\dot{u}_C^2}{(A\,B + h\,C)^2}}$
11	$\dfrac{A\ B\ C}{D}$	$\dfrac{1}{D}\sqrt{[BC]^2 u_A^2 + [AC]^2 u_B^2 + [AB]^2 u_C^2 + \left(\dfrac{A\ B\ C}{D}\right)^2 u_D^2}$	$\sqrt{\dot{u}_A^2 + \dot{u}_B^2 + \dot{u}_C^2 + \dot{u}_D^2}$

Nota: *h* e *n* sono costanti note con incertezza largamente inferiore a quella degli altri componenti.

4. INCERTEZZA ESTESA E INTERVALLO DI CONFIDENZA

Sebbene l'incertezza tipo composta $u(y)$ sia sovente sufficiente per caratterizzare una misurazione, in molte applicazioni, commerciali, industriali e normative, si preferisce definire un intervallo più ampio $U(y)$, intorno al risultato y, in modo che una più grande parte dei valori, che ragionevolmente possono essere attribuiti al misurando, vi siano compresi.
Questo intervallo più ampio, denominato incertezza estesa, si ricava moltiplicando l'incertezza tipo composta per un fattore di copertura k, ossia :

$$U(y) = k \; u(y) \tag{12}$$

Il valore di questo fattore k deve essere individuato tra quelli pertinenti alla variabile t_p di Student riportati in Tabella 2. Infatti, anche se alcune variabili di ingresso x_i non hanno distribuzione normale, la distribuzione della variabile risultato y può essere considerata approssimativamente normale in forza del teorema del limite centrale (vedere punto G.2 della norma UNI CEI 9). Per scegliere l'opportuno valore di t_p nella Tabella 2, occorre fissare il livello di probabilità, p, che si desidera considerare (di solito $p = 95\%$) e calcolare il numero dei gradi di libertà effettivi, v_{eff}, da attribuire a $u(y)$. Tale calcolo può essere effettuato con la seguente formula di Welch-Satterhwaite :

$$v_{eff} = \frac{\left[u(y)\right]^4}{\sum \left\{ \left[\left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right) u(\bar{x}_i) \right]^4 / v_i \right\}} \tag{13a}$$

da cui se: $\frac{\partial y}{\partial x_i} = 1$:

$$v_{eff} = \frac{\left[u(y)\right]^4}{\sum \left\{ \left[u(\bar{x}_i)\right]^4 / v_i \right\}} \tag{13b}$$

Se il valore calcolato di v_{eff} non è intero, deve essere arrotondato all'intero inferiore più prossimo.
L'impiego di questa formula è agevole se si tengono presenti i seguenti criteri per assegnare il valore di v_i pertinente a ciascuna $u(\bar{x}_i)$.

- se $u(\bar{x}_i)$ è un'incertezza tipo di categoria A, allora: $v_i = n_i - m_i$ dove n_i è il numero dei termini della somma dei quadrati da cui è stata ricavata $\left[u(\bar{x}_i)\right]^2$ e m_i è il numero dei parametri stimati da tale somma;

- se $u(\bar{x}_i)$ è un'incertezza tipo di categoria B e di valore costante [ad es. quelle ricavabili dalle formule (8), (9) e (10)], allora : $\nu_i = \infty$ e $\left[u(\bar{x}_i)\right]^4 / \nu_i = 0$;
- se $u(\bar{x}_i)$ è un'incertezza di tipo B valutata con un margine di variabilità, allora ν_i deve essere stimata seguendo il punto G.4.2 della norma UNI CEI 9.

Osservando la tabella 2, si nota che, considerando $p = 95\%$, nell'intervallo dei valori di $\nu (= \nu_{eff})$ tra 10 e l'infinito, t_p assume valori compresi tra 2,23 e 1,96 (uguale a k_p per $p = 95\%$ nella Tabella 1). Allora tenendo conto delle approssimazioni già ricordate sopra, si ritiene che, quando ν_{eff} è almeno pari o superiore a 10, si possa sostituire il valore esatto di t_p con un fattore di copertura $k = 2$.
Con un ragionamento analogo, nello stesso campo di valori di ν_{eff}, si può sostituire t_p con un fattore di copertura $k = 3$, se si considera $p = 99\%$. Infatti in questo caso: $3{,}17 > t_p > 2{,}58$.
Tuttavia, quando i valori di ν_{eff} sono inferiori a 10 è necessario usare i valori di t_p tratti dalla Tabella 2.
L'incertezza estesa può essere espressa anche in forma relativa, usando la formula:

$$\dot{U}(y) = k \cdot \dot{u}(y) \qquad (14)$$

5. ESPRESSIONE DELL'INCERTEZZA

L'*espressione dell'incertezza del misurando*, da riportare nel rapporto di prova, deve rendere immediatamente e univocamente interpretabili i risultati della misurazione.
La Norma UNI CEI 9 ammette due modalità per l'espressione dell'incertezza: l'incertezza estesa e l'incertezza tipo composta.
La presente guida SINAL raccomanda di riportare, accanto alla stima del misurando, sempre e solo, il valore della incertezza estesa.
Questa scelta ha lo scopo di evitare fraintendimenti e favorire la trasparenza dei risultati.
Per questo motivo viene fatto obbligo di indicare anche il fattore di copertura utilizzato, il corrispondente livello di probabilità e il numero dei gradi di libertà effettivi.
Per quanto riguarda il numero delle cifre significative di $U(y)$, questa guida concorda con la Norma UNI CEI 9 che raccomanda di non usarne un numero eccessivo e propone di indicarne, di regola, due; salvo il caso che sia opportuno avere a disposizione ulteriori cifre per evitare arrotondamenti troppo grossolani nei calcoli successivi.
Si indicano nel seguito alcune semplici regole per la compilazione del rapporto di prova:

- fornire una descrizione completa del misurando Y;
- esprimere il risultato della misurazione nella forma $y = \bar{y} \pm U$ e indicare le unità di misura di y ed U;
- indicare i valori del fattore di copertura adottato, del livello di probabilità considerato e del numero di gradi di libertà effettivi calcolato;
- l'incertezza estesa relativa, quando ciò viene ritenuto opportuno;
- il riferimento a questa guida o alla norma UNI CEI 9 nella valutazione dell'incertezza.

Annotazioni

	Sigla di Identificazione SINCD - DT - 0002	
	Oggetto: Documento Tecnico	

TITOLO: **GUIDA PER LA VALUTAZIONE E L'ESPRESSIONE DELL'INCERTEZZA NELLE MISURAZIONI**

ANNOTAZIONI:

1	10/02/00	Revisione generale	A. PAOLETTI	L. PARIS
0	30/01/95	----------------	A. PAOLETTI	L. PARIS
Rev.	Data	Descrizione	Convalida	Approvazione