

IL PROBLEMA DELLA RIFERIBILITÀ DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE MISURE DI COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA

Michele Borsero, Giuseppe Vizio

Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica

INRIM, Torino



INTRODUZIONE (1)

- Nel campo della compatibilità elettromagnetica (EMC) viene sovente usata strumentazione per la quale non è facile trovare laboratori in grado di effettuare tarature accreditate
- Per molti tipi di apparecchiature utilizzate nelle misure EMC non è immediata l'applicazione del concetto di taratura
- Sono spesso necessarie verifiche delle postazioni di prova

INTRODUZIONE (2)

- E' stata preparata una guida (documento Sinal DT-0004), in collaborazione con alcuni ispettori Sinal, per fornire indicazioni ai laboratori operanti nel settore delle prove EMC e della misura dei campi elettromagnetici ambientali
 - controllo e verifica degli strumenti utilizzati
 - definizione dei parametri e modalità di taratura



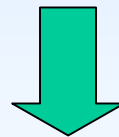
- Uniformare i criteri di giudizio applicati dagli ispettori degli organismi di accreditamento in assenza di riferimenti normativi internazionali

INTRODUZIONE (3)

Il laboratorio deve essere ampiamente coinvolto nel processo di taratura, specificando in funzione delle esigenze di utilizzo:

- le grandezze che intende tarare
- i campi di misura di ciascuna grandezza
- i limiti di accettabilità dei risultati della taratura

Il laboratorio deve inoltre valutare l'incertezza di misura che l'ente esterno può offrire



notevole impatto sulla incertezza di misura che il laboratorio dichiarerà per la prova accreditata

DEFINIZIONI (1)

Conferma metrologica

Insieme di operazioni richieste per assicurare che un'apparecchiatura per misurazione sia conforme ai requisiti relativi all'utilizzo previsto, come ad esempio quelli specificati in una norma.

Taratura

Operazione eseguita in condizioni specificate che stabilisce una relazione tra i valori della grandezza, con le rispettive incertezze di misura, forniti da campioni di misura, e le corrispondenti indicazioni di uno strumento di misura, comprensive delle incertezze di misura associate.

DEFINIZIONI (2)

Taratura

NOTA 1

Una taratura può essere espressa mediante una dichiarazione, una funzione di taratura, un diagramma di taratura, una curva di taratura, o una tabella di taratura. In alcuni casi essa può consistere in una correzione additiva o moltiplicativa, accompagnata dall'incertezza di misura associata.

NOTA 2

La taratura non dovrebbe essere confusa con la regolazione di un sistema di misura, che in alcuni settori è spesso chiamata erroneamente «auto-taratura», e neppure con la verifica dello stato di taratura.

NOTA 3

Nella terza edizione del Vocabolario Internazionale di Metrologia (ISO/IEC Guide 99:2007 (VIM), adottata a livello nazionale come UNI CEI 70099:2008) la taratura, oltre a quanto sopra specificato prevede, in una seconda fase, l'utilizzo delle informazioni per stabilire una relazione che consente di ottenere un risultato di misura a partire da una indicazione.

DEFINIZIONI (3)

Verifica di taratura

Operazione mediante la quale si verifica se le indicazioni fornite da un dispositivo per misurazione, in corrispondenza di una serie assegnata di valori misurati noti, sono contenute entro un diagramma di taratura preassegnato.

NOTA 1 - La verifica di taratura viene effettuata per mantenere la fiducia nello stato di taratura dell'apparecchiatura, come previsto al paragrafo 5.5.10 della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

NOTA 2 - Per “valore misurato” si deve intendere un valore della grandezza che rappresenta il risultato di misura.

NOTA 3 - Per “diagramma di taratura” si deve intendere l'espressione grafica della relazione tra l'indicazione ed il corrispondente risultato di misura, ovvero la striscia di piano nello spazio (indicazione; risultato di misura) che rappresenta la relazione tra la stessa indicazione e l'insieme dei valori misurati di una grandezza. È evidente che ad una indicazione corrispondano più valori misurati e che l'ampiezza della striscia, per una data indicazione, sia generalmente associata all'incertezza strumentale.

DEFINIZIONI (4)

Verifica della postazione di prova

Insieme di operazioni che consistono nel controllare il corretto funzionamento della postazione di prova in accordo con quanto prescritto dalle procedure interne o dalle norme di riferimento (p. es. EN 61000-4-3, EN 61000-4-6, EN 55022).

Regolazione

Insieme di operazioni compiute su un dispositivo per misurazione per imporgli di fornire determinate indicazioni in corrispondenza di specifici valori del misurando.

DEFINIZIONI (5)

NOTA

Le operazioni di regolazione vengono generalmente condotte prima dell'esecuzione delle prove e non sono sostitutive delle tarature o delle verifiche di taratura.

Esempio

L'operazione eseguita sui ricevitori o gli analizzatori di spettro quando, dopo un opportuno periodo di stabilizzazione termica, si attiva su di essi la funzione (ad esempio, "autocal") che allinea la risposta dei circuiti dello strumento in modo che l'indicazione fornita coincida con i valori prefissati dei segnali di riferimento interni.

MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE TARATURE

- La taratura delle apparecchiature di misura deve essere effettuata in modo da garantirne l' idoneità in relazione all'uso previsto.
- Nel caso degli strumenti di misura utilizzati per la compatibilità elettromagnetica i parametri da tarare e le tolleranze o le incertezze prescritte sono generalmente specificate dalla normativa di riferimento.
- Per gli strumenti di impiego generico le esigenze della taratura devono essere specificate dall'utente dello strumento, in relazione agli utilizzi previsti. Se un oscilloscopio viene utilizzato per la taratura di un generatore di disturbi impulsivi, dovrà essere verificata la risposta all'impulso, mentre per un impiego generico può essere sufficiente una verifica di conformità alle specifiche dichiarate dal costruttore.

MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE TARATURE

- 1) Definire i parametri da tarare ed i criteri di accettabilità dei risultati della taratura, in funzione dell'utilizzo cui è destinato lo strumento. E' opportuno definire a priori anche le azioni da intraprendere in caso di risultati non accettabili (introduzione di fattori di correzione, riparazione o sostituzione dello strumento, ecc.).
- 2) Comunicare al centro di taratura i parametri che devono essere tarati e le eventuali norme di riferimento.
- 3) Al rientro dello strumento verificare che i risultati riportati nel certificato di taratura siano contenuti entro i limiti di accettabilità prefissati. Il controllo di rispondenza può essere eseguito con l'ausilio di una tabella comparativa con i valori prescritti ed i risultati ottenuti.

MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE TARATURE

- Presso un centro SIT (o equivalente EA) oppure un istituto metrologico primario
- Presso il laboratorio stesso (taratura interna) con campioni di riferimento tarati presso un centro SIT
 - I campioni di riferimento sono usati esclusivamente per la taratura e non sono impiegati nelle normali operazioni di laboratorio
 - al fine di ridurre i costi di taratura, come campioni di riferimento possono essere usati strumenti normalmente installati nelle postazioni di prova del laboratorio, subito dopo essere stati tarati e prima di essere reinseriti nelle postazioni di prova

TARATURE INTERNE

- Nel caso delle tarature interne deve essere predisposta una procedura di taratura interna conforme al documento SIT 523, contenente almeno i seguenti elementi:
- scopo
- riferimenti bibliografici
- apparecchiature impiegate
- descrizione delle operazioni di misura
- elaborazione dei dati
- valutazione dell'incertezza di taratura (doc. SIT 519)
- i criteri di accettabilità dei risultati.

TARATURE INTERNE

- Le procedure di taratura interna sviluppate autonomamente dal laboratorio devono essere validate.
- Deve essere redatta una dichiarazione di validazione comprovante l'evidenza dell'idoneità del metodo (ISO/IEC 17025, punto 5.4.5).
- Se il metodo di misura utilizzato è “normalizzato” non è necessaria la validazione. Sono considerati metodi normalizzati quelli descritti in norme / guide nazionali e internazionali e pubblicazioni scientifiche, o quelli sviluppati da istituti metrologici nazionali e laboratori di taratura accreditati in ambito EA.

MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE TARATURE

Verifica di taratura

- La verifica di taratura può avvenire presso un centro SIT o un istituto metrologico primario oppure presso il fabbricante dello strumento o nel Laboratorio stesso purché si utilizzino strumenti tarati e procedure documentate. I risultati del controllo di taratura devono essere oggetto di registrazione.

Verifica della postazione di prova

- La verifica della postazione di prova deve essere eseguita dal Laboratorio stesso utilizzando strumenti tarati.

CLASSIFICAZIONE DEGLI STRUMENTI

- **strumenti di base per le misure di emissione (ricevitori, analizzatori di spettro)**
- **strumenti di base per le misure di immunità e per la verifica delle forme d'onda dei segnali di prova (generatori RF, amplificatori, generatori di fenomeni impulsivi, oscilloscopi)**
- **dispositivi ausiliari per prove di emissione e di immunità (LISN, CDN, sonde, cavi, attenuatori, antenne)**
- **OATS, camere semi-anecoiche e completamente anecoiche, strumenti di uso non specifico per le prove EMC, campioni di riferimento per tarature interne e verifica delle postazioni di prova**
- **strumenti utilizzati per la misura dei campi elettromagnetici ambientali**

RICEVITORI PER MISURE EMC (1)

NORMA DI RIFERIMENTO: CISPR 16-1-1

PARAMETRI DA TARARE

- impedenza di ingresso (paragrafi 4.1, 5.1 e 6.1)
- accuratezza della risposta ai segnali sinusoidali e accuratezza degli attenuatori di ingresso (paragrafi 4.3, 5.3 e 6.3) **[U = 0,3 dB]**
- accuratezza della risposta agli impulsi del rivelatore di picco, quasi-picco e valore medio (paragrafi 5.4, 4.4, 6.4) **[U = 1 dB]**
- larghezza di banda dei filtri a media frequenza (paragrafi 5.2.1 e 6.2.1).

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

RICEVITORI PER MISURE EMC (2)

PARAMETRI DA VERIFICARE

- selettività totale (paragrafo 4.5.1);
- rapporto di reiezione alla frequenza intermedia (paragrafo 4.5.2);
- rapporto di reiezione alla frequenza immagine (paragrafo 4.5.3);
- risposte spurie (paragrafo 4.5.4).

MODALITÀ DI ESECUZIONE: Laboratorio

INTERVALLO DI VERIFICA RACCOMANDATO: 1 anno

ANALIZZATORI DI DISTURBI (CLICKMETRI)

NORMA DI RIFERIMENTO: CISPR 16-1-1

PARAMETRI DA TARARE

- risposta dello strumento ai segnali di prova indicati in Tabella 14 e Tabella F.1 dell'Allegato F (disturbi intermittenti)

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

STRUMENTI PER LA MISURA DI ARMONICHE

NORMA DI RIFERIMENTO: CENELEC EN 61000-4-7

PARAMETRI DA TARARE

- l'errore massimo di misura dell'apparecchiatura, verificando la correttezza della sua risposta per tutte le armoniche richieste mediante un generatore ed un misuratore tarati (paragrafo 5.3)

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT, Laboratorio

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

STRUMENTI PER LA MISURA DEI FLICKER

FLICKERMETRO

NORMA DI RIFERIMENTO: CENELEC EN 61000-4-15

PARAMETRI DA TARARE

- risposta dello strumento in accordo alle Tabelle 1, 2 e 5

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT, Laboratorio

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

GENERATORI DI SEGNALI SINUSOIDALI

NORME DI RIFERIMENTO: CENELEC, ISO (immunità)

Il Laboratorio deve individuare, in funzione dell'effettivo impiego dello strumento, i campi di misura di ciascuna grandezza oggetto della taratura e gli adeguati livelli di incertezza.

PARAMETRI DA TARARE

- livello del segnale di uscita (andamento in frequenza e dinamica)
- frequenza
- profondità di modulazione (modulazione di ampiezza)
- frequenza del segnale modulante
- nel caso di norme ISO verifica della modulazione ad impulsi

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT, Laboratorio

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

GENERATORE DI PROVA

GENERATORE RF, AMPLIFICATORE DI POTENZA, FILTRI ED ATTENUATORI

NORMA DI RIFERIMENTO: EN 61000-4-6, EN 61000-4-3

PARAMETRI DA VERIFICARE

- livello delle armoniche:
almeno 15 dB sotto la fondamentale per EN 61000-4-6
almeno 6 dB sotto la fondamentale per EN 61000-4-3

Durante la verifica del livello di campo il Laboratorio controlla che l'amplificatore non sia in saturazione (punto "j" del par. 6.2.1 e punto "m" del par. 6.2.2 della EN 61000-4-3)

MODALITÀ DI ESECUZIONE: Laboratorio

INTERVALLO DI VERIFICA: 1 anno

GENERATORI DI SCARICHE ELETTROSTATICHE (ESD)

NORMA DI RIFERIMENTO: CENELEC EN 61000-4-2

PARAMETRI DA TARARE (scarica a contatto)

- livello di tensione del generatore [U = 3 %]
- valore del primo picco della corrente di scarica [U = 7 %]
- tempo di salita [U = 70 ps]
- valore della corrente a 30 ns [U = 8 %]
- valore della corrente a 60 ns [U = 8 %]

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT, Laboratorio

VERIFICA DELLA POSTAZIONE DI PROVA

GENERATORI DI SCARICHE ELETTROSTATICHE (ESD)

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno.

Può essere esteso a 2 anni con verifiche di taratura trimestrali.

Gli strumenti utilizzati nelle operazioni di taratura interna (oscilloscopio, “target”, attenuatore e cavo coassiale) devono avere le caratteristiche specificate nelle norme di riferimento e devono essere tarati. In particolare, per “target”, cavo coassiale e attenuatori si deve misurare la funzione di trasferimento e la risposta in frequenza.

GENERATORI DI TRANSITORI VELOCI (FAST TRANSIENT / BURST)

NORMA DI RIFERIMENTO: CENELEC EN 61000-4-4

PARAMETRI DA TARARE

- valore del picco della tensione di uscita; **[U = 8 %]**
- tempo di salita degli impulsi; **[U = 5 %]**
- durata dell'impulso; **[U_{max} = 15 %]**
- frequenza di ripetizione degli impulsi (all'interno di un burst).

Rete di accoppiamento/disaccoppiamento: misura dei parametri della forma d'onda all'uscita per EUT.

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT, Laboratorio

VERIFICA DELLA POSTAZIONE DI PROVA

GENERATORI DI TRANSITORI VELOCI (FAST TRANSIENT / BURST)

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno.

Può essere esteso a 2 anni con verifiche di taratura trimestrali.

Gli strumenti utilizzati nelle operazioni di taratura interna (oscilloscopio, terminazioni di carico e cavo coassiale) devono avere le caratteristiche specificate nelle norme di riferimento e devono essere tarati. In particolare, per terminazioni di carico e cavo coassiale si deve misurare l'attenuazione di inserzione in funzione della frequenza.

GENERATORI DI IMPULSI DA SOVRATENSIONE (SURGE)

NORMA DI RIFERIMENTO: CENELEC EN 61000-4-5

PARAMETRI DA TARARE

- tensione di uscita a circuito aperto
- corrente di uscita in cortocircuito
- tempo di salita dell'impulso
- tempo all'emivalore

VERIFICA DELLA POSTAZIONE DI PROVA

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT, Laboratorio

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno.

Può essere esteso a 2 anni con verifiche di taratura trimestrali.

OSCILLOSCOPI

Gli oscilloscopi vengono utilizzati per la taratura interna e/o verifica della postazione di prova di tutti i generatori richiesti per ESD, transitori veloci, “surge” e per tutte quelle prove di immunità che richiedono la misura di particolari forme d’onda.

Possono inoltre essere utilizzati per misurare le emissioni condotte lungo le linee di alimentazione dei componenti installati a bordo di autoveicoli secondo la norma ISO 7637-2.

OSCILLOSCOPI

GUIDA DI RIFERIMENTO: EURAMET/cg-07
“Calibration of oscilloscopes”

PARAMETRI DA TARARE

- impedenza di ingresso
- base tempi (asse orizzontale)
- scala delle ampiezze (asse verticale)
- banda passante
- tempo di salita (risposta all'impulso o al gradino)

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

RETI ARTIFICIALI (AMN / LISN)

NORMA DI RIFERIMENTO: CISPR 16-1-2

PARAMETRI DA TARARE

- impedenza di ciascuna linea della presa EUT [U = da 0,5 a 5 ohm]
(modulo e fase) [U = da 3 a 9 gradi]
- fattore di divisione in tensione (fra EUT e RF)

Altre norme: EN 55025, ISO 7637-2 (“automotive”)

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

RETI ARTIFICIALI ASIMMETRICHE (AAN / ISN)

NORMA DI RIFERIMENTO: EN 55022, CISPR 16-1-2

PARAMETRI DA TARARE

- modulo e fase dell'impedenza della rete
- perdita di conversione longitudinale (LCL)
- fattore di divisione in tensione

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

SONDE DI TENSIONE

NORMA DI RIFERIMENTO: CISPR 16-1-2

PARAMETRI DA TARARE

- perdita di inserzione

MODALITÀ DI ESECUZIONE: Laboratorio

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

PINZE ASSORBENTI

NORMA DI RIFERIMENTO: CISPR 16-1-3

PARAMETRI DA TARARE

- **fattore di taratura** della pinza
- direttamente con il cosiddetto “metodo originale” (IMP, Centro SIT)
- indirettamente (misure + elaborazione dei risultati) utilizzando “jig” oppure “dispositivo di riferimento” descritti nella norma (Laboratorio)

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

ANTENNE LINEARI (del tipo a dipolo)

Antenne a dipolo, biconiche, log-periodiche e le cosiddette antenne ibride (“bi-log”) tipicamente usate nelle misure di emissione irradiata.

NORME DI RIFERIMENTO: CISPR 16-1-4, ANSI C63.5

PARAMETRI DA TARARE

- coefficiente d'antenna (“free-space”) [U = da 1 a 1,5 dB]
- modulo del coefficiente di riflessione al connettore d'antenna

Casi particolari: per antenne a distanza ravvicinata (1 m, EN 55025) si utilizza SAE ARP 958 o norme specifiche

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT

ANTENNE LINEARI

INTERVALLO DI TARATURA MASSIMO: 3 anni

- Per mantenere la fiducia nello stato di taratura dell'antenna si devono eseguire controlli di taratura almeno semestrali
- misura del modulo del coefficiente di riflessione dell'antenna
- il confronto dei dati attuali dei controlli con quelli storici deve essere utilizzato per mettere in evidenza eventuali anomalie nel funzionamento dell'antenna

Altri parametri importanti (oggetto di verifica da parte del Laboratorio):

- bilanciamento del “balun” dell'antenna
- rapporto di polarizzazione incrociata

ANTENNE NELLA BANDA 9 kHz – 30 MHz

Antenne a stilo

Coefficiente d'antenna determinato con il metodo di sostituzione con capacità equivalente (CISPR 16-1-4, Allegato B)

Antenne a telaio

Coefficiente d'antenna determinato con lo *Standard transmitting loop method* (ANSI C63.5 e IEEE Std. 291) oppure con il metodo del campo "campione" in cella TEM.

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT, Laboratorio

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

RETI DI ACCOPPIAMENTO / DISACCOPIAMENTO (CDN)

NORMA DI RIFERIMENTO: CENELEC EN 61000-4-6

PARAMETRI DA TARARE

- il modulo dell'impedenza di modo comune (Z_{ce}) delle CDN
- la perdita di inserzione degli adattatori di impedenza

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT, Laboratorio

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

SENSORI E MISURATORI DI CAMPO ELETTROMAGNETICO

NORMA DI RIFERIMENTO: EN 61000-4-3 (**Allegato I**)

In generale la taratura deve essere eseguita seguendo le indicazioni della norma utilizzata per la specifica prova di immunità.

PARAMETRI DA TARARE

- risposta in frequenza del fattore di taratura (*calibration factor*) con passo di 50 MHz fino a 1 GHz e di 200 MHz a frequenze superiori
- almeno ai livelli di campo pari a due volte il livello “limite” minimo e due volte il livello “limite” massimo utilizzati nella prova
- linearità, nel campo di utilizzo dello strumento, ad almeno una frequenza nella banda di impiego
- fattore di taratura per ogni asse (sensori mono/triassiali)
- fattore di taratura complessivo e verifica isotropia (sensori isotropici)

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP o centro SIT

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

ATTENUATORI E CAVI COASSIALI

PARAMETRI DA TARARE

- Attenuazione di inserzione
- Coefficiente di riflessione

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT, Laboratorio

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

SITI PER MISURE DI EMISSIONE

NORMA DI RIFERIMENTO: CISPR 16-1-4

PARAMETRI DA VERIFICARE

- Normalised Site Attenuation (NSA)

MODALITÀ DI ESECUZIONE: IMP, Centro SIT, Laboratorio

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 2 anni

CAMERE ANECOICHE PER MISURE DI IMMUNITÀ

NORMA DI RIFERIMENTO: EN 61000-4-3

PARAMETRI DA VERIFICARE

- uniformità di campo (UFA)

MODALITÀ DI ESECUZIONE: Laboratorio

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

ANALIZZATORI VETTORIALI DI RETI

GUIDA DI RIFERIMENTO: EURAMET / cg-12

“Guidelines on the Evaluation of Vector Network Analysers (VNA)”

- Lo strumento di norma non viene inviato al Centro di taratura
- Si confronta la risposta dello strumento con i valori noti di una serie di componenti coassiali di precisione **tarati**:
 - un "**calibration kit**" (circuito aperto, cortocircuito, carico adattato) per la messa in punto dell'analizzatore (permette di riferire lo strumento alle grandezze elettriche e fisiche fondamentali)
 - un "**verification kit**" (attenuatori, linee in aria, carichi disadattati di valore noto) per la verifica del sistema di misura e dei valori di incertezza dichiarati

MODALITÀ DI ESECUZIONE: Laboratorio

INTERVALLO DI TARATURA RACCOMANDATO: 1 anno

SPUNTI DI RIFLESSIONE

- Pochi centri accreditati e per un numero ristretto di grandezze
- Estensione del concetto di taratura (gli strumenti non sono campioni che riproducono grandezze classiche)
- Verifica di requisiti prescritti da norme (EN, IEC, ...): dovrebbero fornire maggiori indicazioni anche sulle tarature
- Necessità di risultati di prova riproducibili → procedure ben definite e riferibilità della strumentazione (ISO/IEC 17025)
- Stabilire criteri di accettabilità per i risultati di taratura (tenendo conto dei valori dell'incertezza associata)