POLITECNICO
MILANO 1863

A&T – Automation & Testing - Vicenza
STATI GENERALI MISURE E PROVE

La gestione di un Laboratorio di Prova o Taratura: peculiarità, criticità e soluzioni

Vicenza, 28 ottobre 2025

Frequenze di taratura

Umberto Sanfilippo
Sostituto Responsabile del Settore Portate del 00140LAT Politecnico di Milano
umberto.sanfilippo@polimi.it

POLITECNICO
MILANO 1863

Umberto Sanfilippo

Politecnico di Milano
Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA)
umberto.sanfilippo@polimi.it

- Ricercatore in Costruzioni Idrauliche presso il Politecnico di Milano dal novembre 2002.
- Membro aggregato della Commissione Esami di Stato in Ingegneria Civile e Ambientale presso il Politecnico di Milano dal 2010.
- Coordinatore Tecnico da gennaio 1998 a maggio 2013 e Tesoriere da maggio 2013 del Centro Studi Idraulica Urbana (CSDU).
- Sostituto Responsabile del Settore Portate del 00140LAT (ex LAT 104) presso il Laboratorio di Idraulica "G.Fantoli" del Politecnico di Milano dal novembre 2017;
- Consulente UNOPS (Ufficio delle Nazioni Unite per i Servizi ed i Progetti) da maggio 2023;
- Docente attualmente incaricato, presso il Politecnico di Milano, dell'insegnamento di Hydraulic Engineering per il corso di laurea triennale in Civil Engineering.

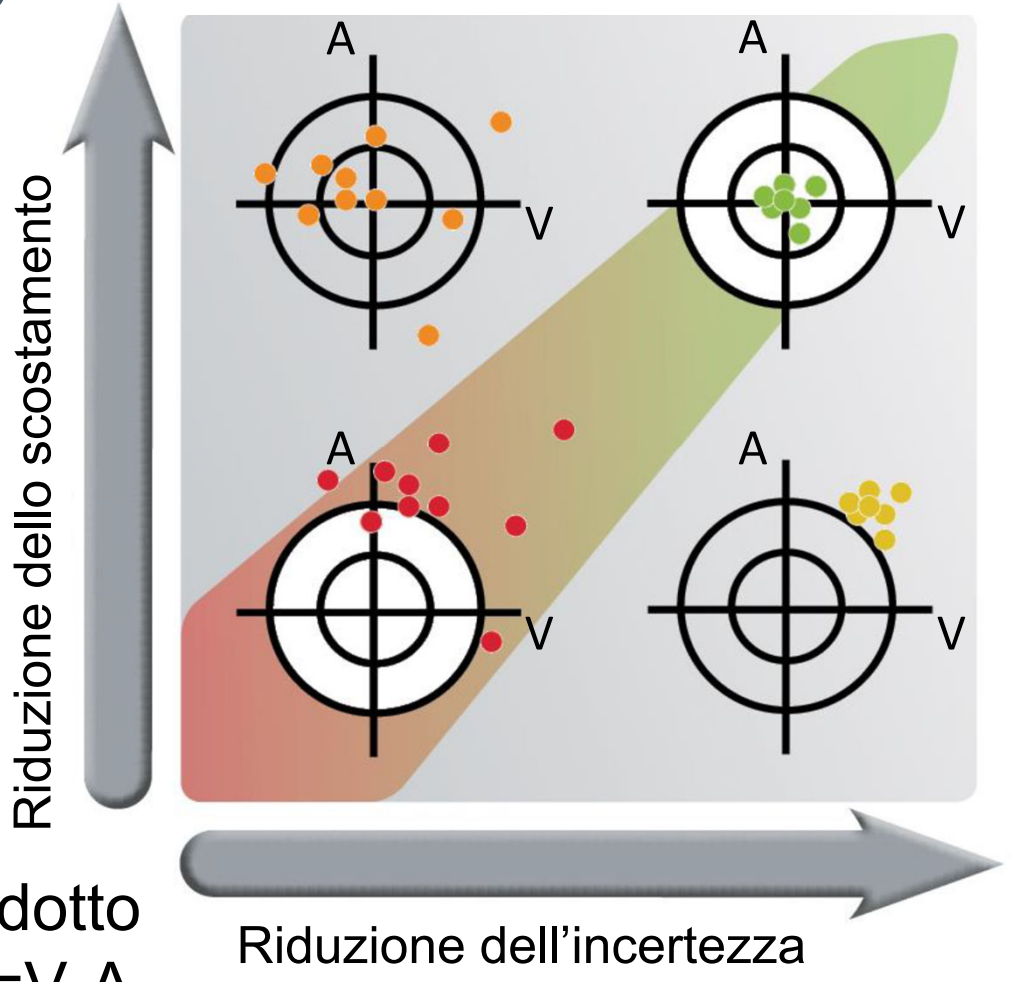
Frequenze di taratura

- Le prestazioni metrologiche
- Definizioni
- Scopo
- Modi e tempi di effettuazione
- Criterio di Chauvenet
- Misure distribuite in modo non Gaussiano
- Indice di compatibilità
- Fasce (o carte) di controllo
- Intelligenza artificiale
- Fattori per l'individuazione delle frequenze di taratura
- Fattori di rischio
- Programmazione delle frequenze di taratura
- Gestione dei risultati non accettabili
- Riferimenti

Un mondo di strumenti da tarare

Le prestazioni metrologiche

- In sostanza, le prestazioni metrologiche di uno strumento sono tanto migliori tanto più sono contenuti:
  1. Lo scostamento tra il valore vero e il valore misurato.
  2. L'incertezza di tale scostamento.
- Ad esempio, per una misura composta da due misure, come la portata Q misurata tramite il prodotto di misure di area A e velocità V: Q=V·A



Definizioni

- Norma ISO/IEC 17025 - 5.9 Assicurazione qualità dei risultati:
  - Il laboratorio deve avere procedure di controllo qualità per monitorare la validità delle prove e/o delle tarature eseguite.
  - I dati risultanti devono essere registrati in modo che le linee di tendenza siano rivelabili e, quando sia fattibile, devono essere applicate tecniche statistiche per riesaminare i risultati.
  - Occorrono pianificazione e riesame delle attività di verifica della validità dei risultati forniti:
    - Uso regolare di materiali di riferimento;
    - Confronti interlaboratorio;
    - Ripetizione di prove, prove in doppio;
    - Correlazione di risultati di differenti proprietà di un campione.

Scopo

- Le tarature, che sono la base per l'assicurazione degli standard di qualità, sono indispensabili ma in realtà non sono sufficienti.
- Infatti, pur consentendo di verificare le prestazioni metrologiche di un qualsiasi strumento, anche molto dettagliatamente, in un determinato momento e in determinate condizioni, le tarature hanno tuttavia il grave svantaggio intrinseco di constatare senza però poter anticipare eventuali derive o altri tipi di modifiche delle prestazioni metrologiche stesse.
- Il monitoraggio, imposto da tutti gli standard di qualità, consente, dunque, di garantire la qualità quotidiana delle misurazioni effettuate fra una taratura e l'altra.

Modi e tempi di effettuazione - 1

- Controllo di qualità esterno:
  - La **partecipazione regolare a prove valutative** (Proficiency Testing, PT) è per il laboratorio una modalità riconosciuta per monitorare le sue prestazioni sia relativamente ai propri requisiti sia rispetto alle prestazioni ottenute da altri laboratori dello stesso livello (https://www.eptis.org/):
    - ACCREDIA, nel RT 36, prevede la partecipazione ai PT come requisito per l'accreditamento. I laboratori devono partecipare a un numero sufficiente di confronti interlaboratorio, dei cui risultati l'Organismo di accreditamento deve tenere conto, sia nella valutazione iniziale sia per il mantenimento periodico dell'accreditamento.
    - La partecipazione ai confronti interlaboratorio, ove applicabile, deve coprire tutte le prove oggetto di accreditamento.
    - I laboratori devono comunicare ad ACCREDIA la loro partecipazione a confronti interlaboratorio, gestendo i risultati forniti, in conformità al RT-36.

Modi e tempi di effettuazione - 2

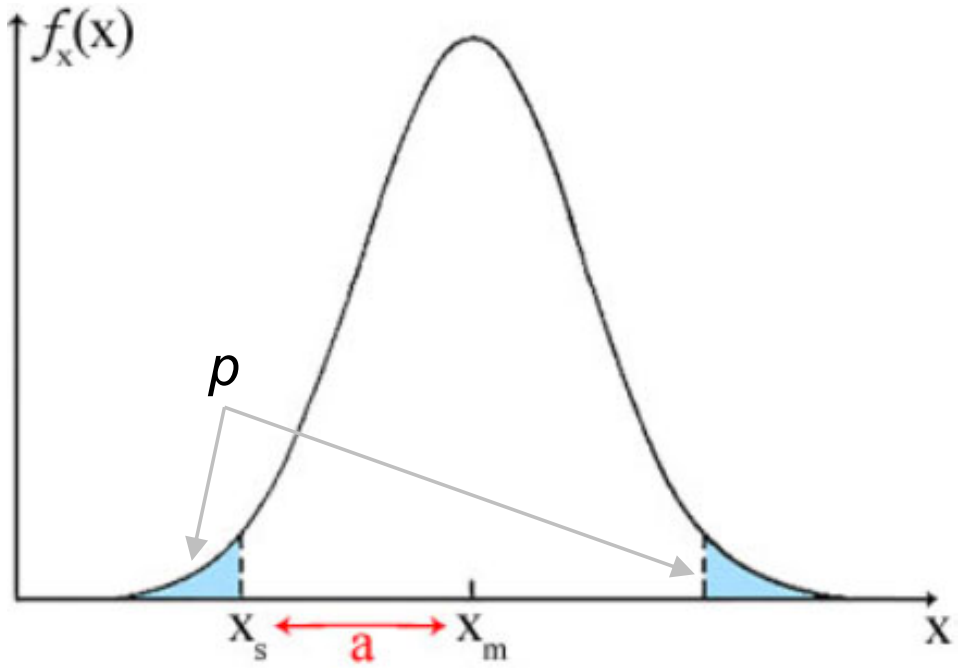
- Controllo di qualità esterno:
  - **Taratura periodica** da parte di laboratori accreditati (in ambito nazionale o estero ove inclusi negli accordi di mutuo riconoscimento con ACCREDIA) degli strumenti di misura della catena metrologica del laboratorio:
    - La norma ISO/IEC 17025 non stabilisce intervalli di taratura fissi, ma richiede ai laboratori di definirli in base a un approccio basato sul rischio e sulla gestione.
    - La frequenza di taratura degli strumenti di misura non è dunque universale, ma dipende da diversi fattori, tra cui:
      - il tipo di strumento,
      - la frequenza di utilizzo
      - le condizioni di lavoro.
    - In generale, si consiglia una taratura annuale per la maggior parte degli strumenti, ma può essere annuale, semestrale o triennale (o persino maggiore) a seconda dell'accuratezza richiesta e del tipo di strumentazione.

Modi e tempi di effettuazione - 3

- Controllo di qualità interno:
  - Per controllo di qualità interno s'intende il **monitoraggio continuo delle operazioni effettuate e dei risultati delle misurazioni**, al fine di decidere se i risultati siano sufficientemente affidabili per essere emessi;
  - I campioni utilizzati per il controllo di qualità interno sono campioni tipici che, in un dato periodo di tempo, risultano sufficientemente stabili e omogenei da dare lo stesso risultato e/o sono disponibili in quantità sufficienti a consentire analisi ripetute nel tempo.
  - L'accettabilità del valore ottenuto per il campione utilizzato per il controllo di qualità interno dovrebbe essere verificata il prima possibile nel processo di analisi, affinché - nel caso in cui si verifichi un problema - le risorse sprecate in determinazioni inaffidabili siano ridotte al minimo.

Criterio di Chauvenet

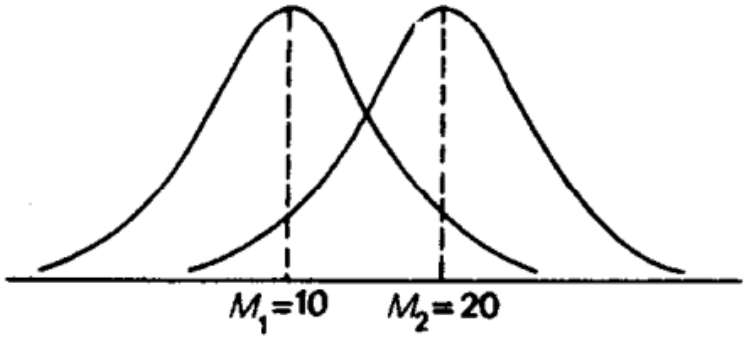
- In statistica, il criterio di Chauvenet fornisce un metodo per stabilire l'affidabilità di un dato rispetto agli altri osservati, cioè se il dato vada considerato come un **outlier**, eventualmente da scartare.
- Viene normalmente applicato alle letture multiple di un singolo punto di taratura, ma si presta anche ad analizzare gli scostamenti percentuali medi che si ottengono su più punti di taratura.

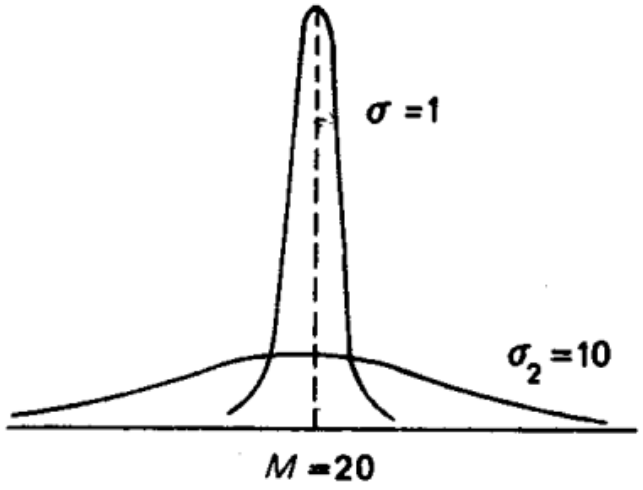


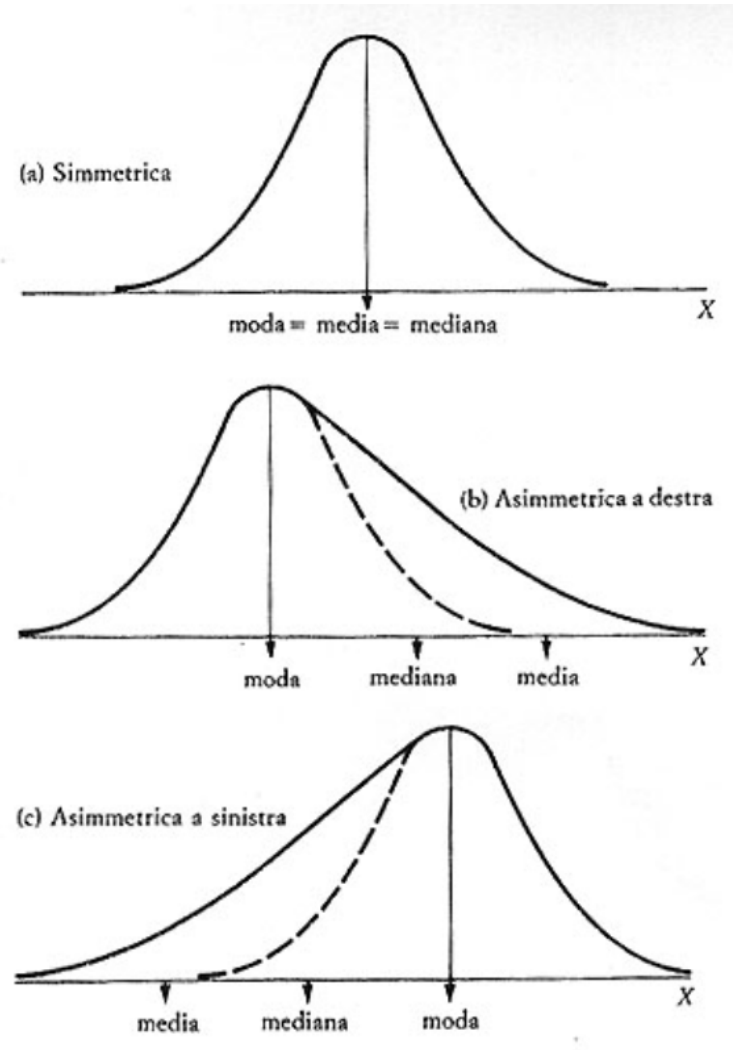
Detto n il numero di elementi del campione e x_s il dato più lontano dalla media x_m , il dato x_s viene scartato se risulta $n \cdot p < 0{,}5$

Misure distribuite in modo non Gaussiano

- Se sono disponibili molte misurazioni di uno stesso misurando, è possibile verificare se la distribuzione di probabilità di tali lè gaussiana oppure:



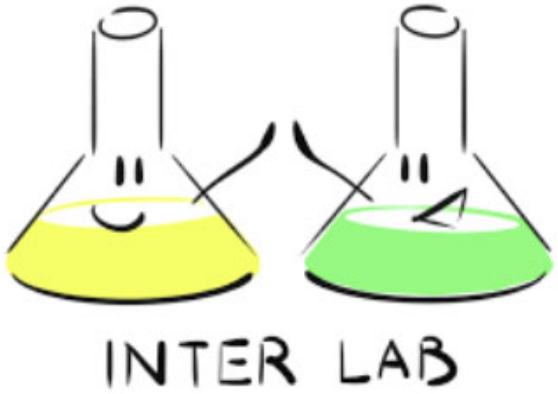




Indice di compatibilità

- Per ogni punto di taratura della grandezza d'interesse (o per larga parte di essi), deve risultare **inferiore a 1 l'indice di compatibilità** En dato dalla formula:

$$E_n = \frac{x_{Lab} - x_{Ref}}{\sqrt{U_{Lab}^2 + U_{Ref}^2}}$$

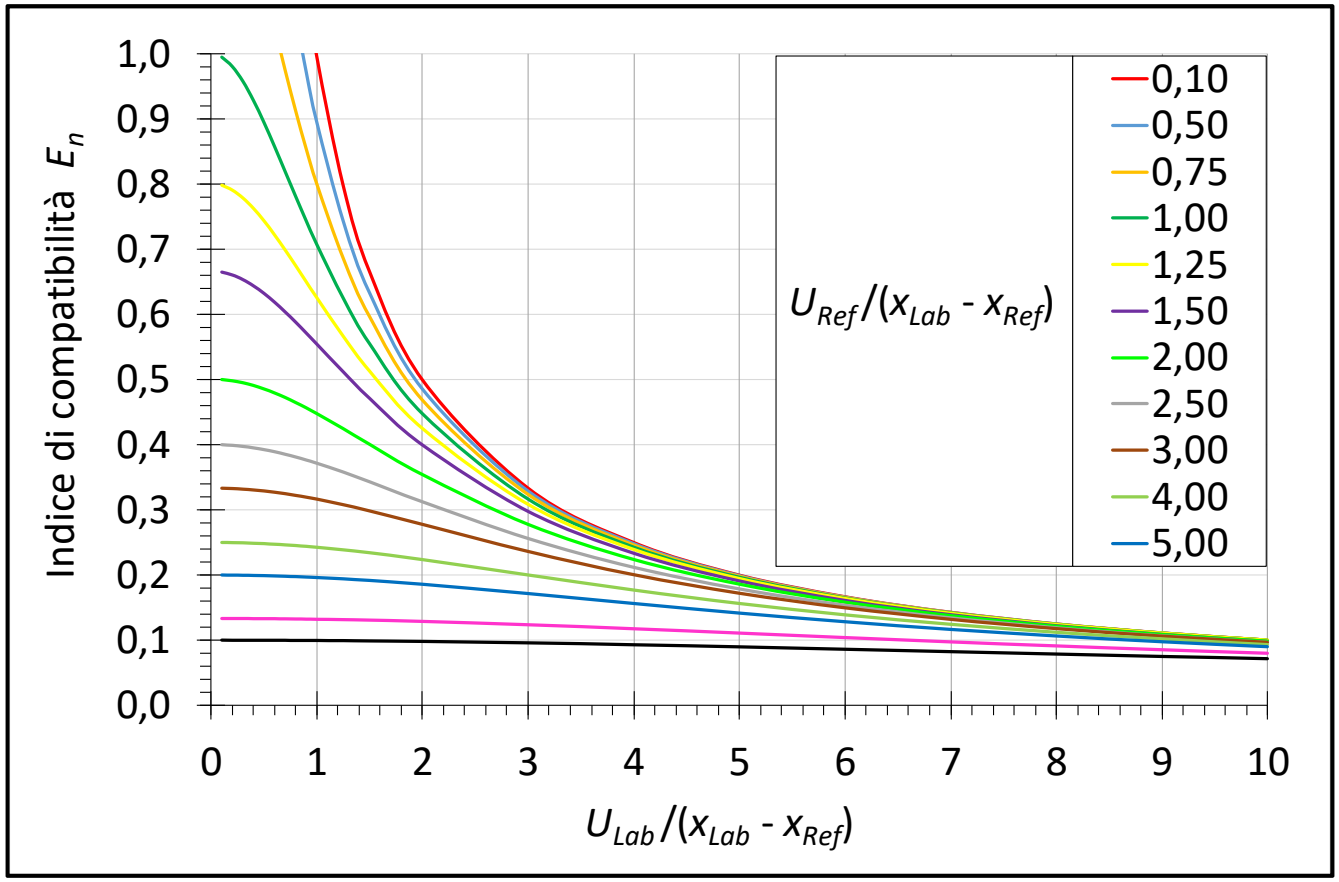


dove:

- x_{Lab} è il risultato della misura effettuata dal laboratorio partecipante,
- x_{Ref} è il risultato della misura effettuata dal laboratorio di riferimento,
- U_{Lab} è l'incertezza estesa del laboratorio partecipante,
- U_{Ref} è l'incertezza estesa del laboratorio di riferimento.

Indice di compatibilità

- Si osservi, in particolare che, dato un generico valore di $x_{Lab} - x_{Ref}$, al decrescere di U_{Lab} e/o di U_{Ref} il valore di E_n tende ovviamente ad aumentare.
- Quindi, matematicamente, al decrescere di U_{Lab} e/o di U_{Ref} **diventa via via più difficile soddisfare il requisito** $|En| \leq 1$, come mostrato nel grafico.

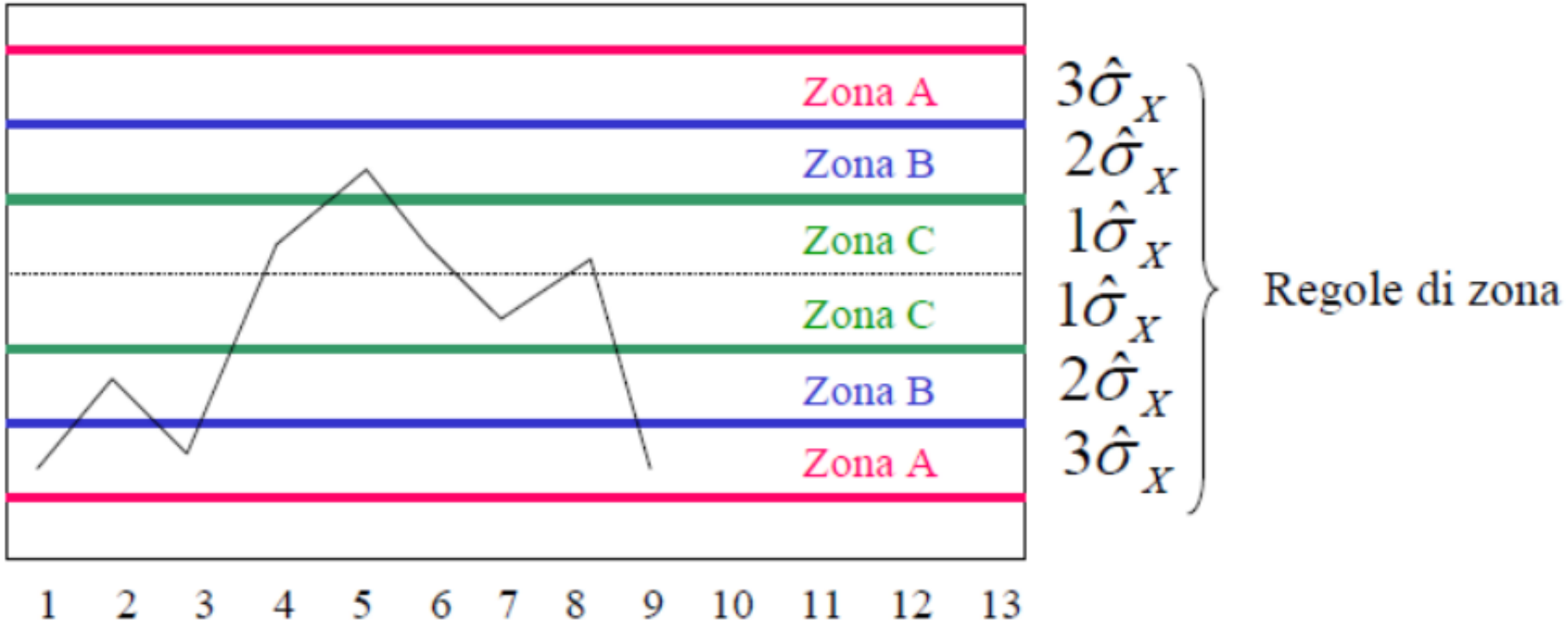


Fasce (o carte) di controllo

- Le **carte di controllo** sono uno strumento grafico semplice in cui vengono riportati, in funzione del tempo, i risultati ottenuti per l'analisi di un campione di riferimento di controllo di qualità:
  - È ragionevole presumere che se la variazione dei risultati relativi al campione di controllo è accettabile, lo siano anche le variazioni associate ai risultati ottenuti parallelamente per i campioni reali analizzati.
  - Questo strumento grafico consente di verificare che il sistema di taratura sia sotto controllo statistico, ovvero che esso sia caratterizzato da fluttuazioni solo casuali (distribuzione normale) attorno a un valore di riferimento dello **scostamento** e che queste fluttuazioni, in termini di deviazione standard, rimangano costanti e lo rimanga quindi pure l'**incertezza**.

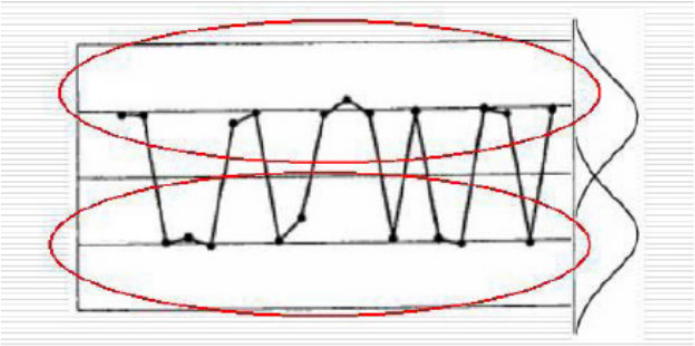
Fasce (o carte) di controllo

- Le carte di controllo più comunemente utilizzate sono le **carte di Shewhart** (UNI ISO 7870-2:2023):



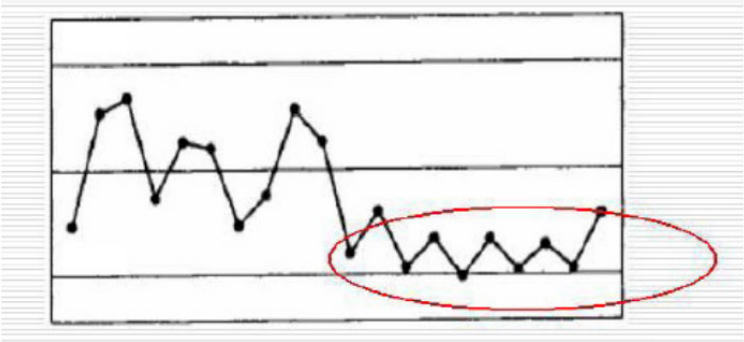
Fasce (o carte) di controllo

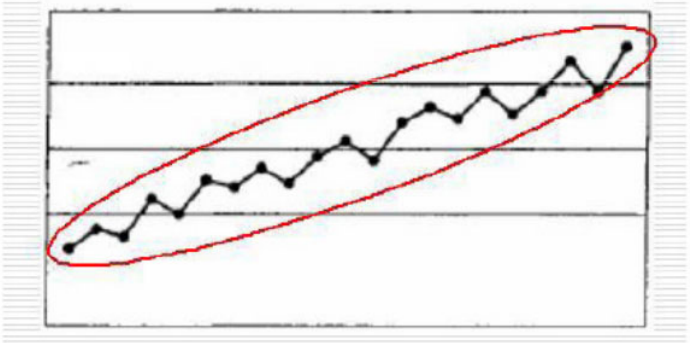
- Esempi di possibili anomalie evidenziabili dalle carte di controllo:



Due popolazioni distinte
= Due operatori ?

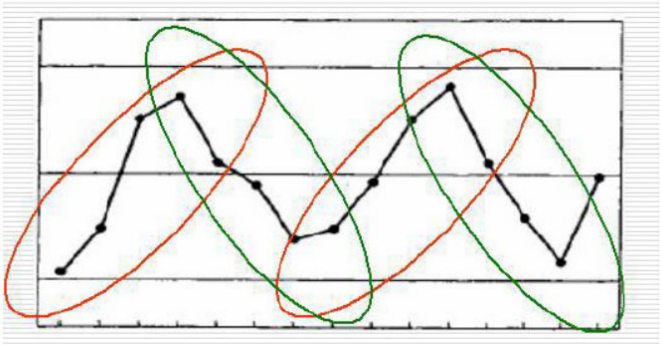
Modifica nel tempo?





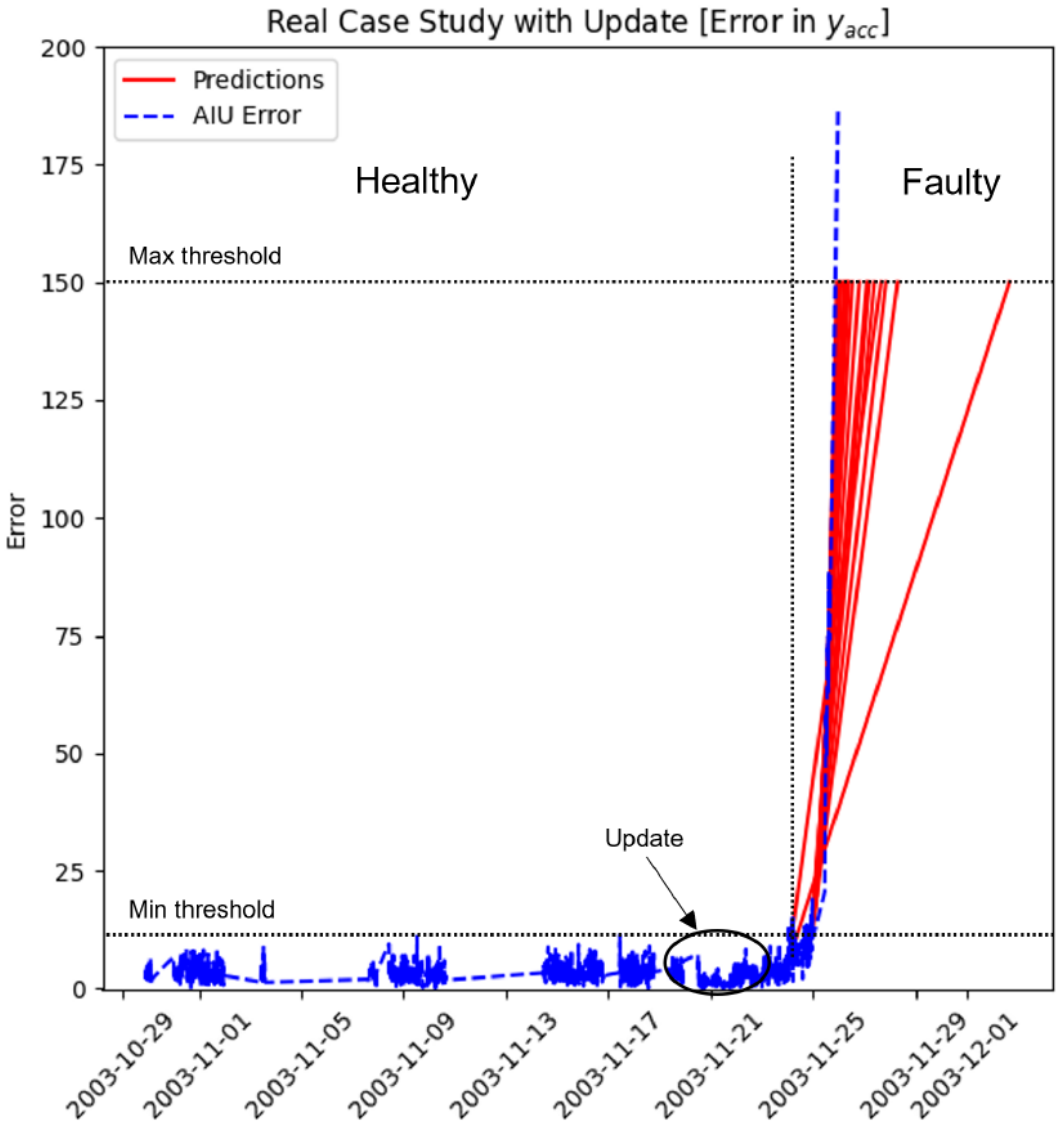
Degrado nel tempo?

Cause ricorrenti, quali
temperatura, umidità
insolazione ?



Intelligenza artificiale

- Algoritmi di tipo **predittivo** possono prevedere, in base in primo luogo ai dati attuali o comunque recenti, se si sta per manifestare un malfunzionamento dello strumenti o del sistema di taratura
(Albertin et al., 2023).



Fattori per l'individuazione delle frequenze di taratura

- I principali fattori di cui tenere conto nella **programmazione delle frequenze delle tarature** sono dunque:
  - Normative specifiche: per alcuni strumenti esistono norme che indicano intervalli di taratura specifici per determinati strumenti e settori.
  - Indicazioni del costruttore: i manuali e le specifiche tecniche forniscono le prime indicazioni su quale intervallo di taratura adottare.
  - Frequenza di utilizzo: strumenti usati intensivamente o in modo critico necessitano di tarature più frequenti.
  - Condizioni di lavoro: ambienti con temperature elevate, umidità, vibrazioni o presenza di polvere richiedono controlli più frequenti.
  - Tipo di strumento e accuratezza: strumenti di alta precisione come bilance analitiche richiedono tarature più ravvicinate rispetto a strumenti meno critici.

Fattori di rischio - 1

- I fattori di rischio possono essere molteplici:
  - influenza delle condizioni ambientali (temperatura, umidità, ecc.) sui sensori e/o sull'elettronica dello strumento di misura e/o del sistema di taratura;
  - modalità di acquisizione dei dati (in corrente, a impulsi, a display) che forniscono risultati non del tutto coerenti le une rispetto alle altre;
  - oggettiva inadeguatezza delle prestazioni metrologiche del laboratorio in relazione ai suoi campioni di riferimento e/o alle procedure utilizzate;
  - errori sistematici, o di montaggio, oppure casuali da parte del personale;
  - malfunzionamenti estemporanei del sistema di taratura;
  - mancanza o inadeguatezza dei sistemi di backup (non solo i misuratori, ma tutti gli elementi fuzionali del sistema di taratura), che devono subentrare al bisogno in caso di guasto di elementi del sistema principale.

Fattori di rischio - 2

- **Fattori di rischio**, specificamente solo per uno o più punti di taratura, possono essere:
  - vibrazioni anomale,
  - fenomeni di risonanza,
  - cambiamenti nel processo fisico oggetto della misura,
  - limiti tecnologici dello strumento di misura,
  - usura dello strumento di misura,
  - altre singolarità nel comportamento del sistema di taratura per specifici valori (o campi di valori) del misurando.

Programmazione delle frequenze di taratura

- In definitiva, la programmazione delle frequenze delle tarature deve tenere conto di tutti questi criteri:
  - Prescrizioni normative, se esistenti per quello specifico tipo di strumento di misura / applicazione;
  - Una strategia utile, anzi fondamentale, è quella di tenere un registro delle ultime tarature (onde costruire le carte di controllo) e delle scadenze.
  - Di concerto con l'ente di controllo, la frequenza delle tarature può essere maggiore per strumenti nuovi o all'opposto usurati, oppure in presenza di anomalie evidenziate dalle carte di controllo.
  - La decisione finale spetta dunque al soggetto utilizzatore e all'ente di controllo, i quali devono valutare tutti i fattori che possono influenzare l'affidabilità dello strumento nel tempo.

Gestione dei risultati non accettabili

- Sulla base dei fattori di rischio già noti e di quelli che eventualmente si manifestassero via via, occorre:
  - Verificare le cause e i fattori di rischio ad esse relativi;
  - Intraprendere le necessarie azioni correttive:
    - Manutenzioni,
    - Modifiche alle procedure operative di misura,
    - Modifiche alle procedure inerenti la gestione degli strumenti di misura,
    - Addestramento del personale,
    - Reclami verso i fornitori degli strumenti di misura,
    - Aggiornamento del parco strumenti di misura,
    - Verifica dell'influenza sui risultati forniti ai clienti;
  - Verificare l'efficacia delle azioni correttive intraprese:
    - Ripetizione della taratura a valle dell'implementazione delle misure correttive.

Riferimenti

- UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018 – “Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura”;
- UNI CEI EN ISO/IEC 17043:2010 – “Valutazione della conformità - Requisiti generali per prove valutative interlaboratorio”;
- ILAC-P9:06/2014 – “ILAC Policy for Participation in Proficiency Testing Activities”;
- EA-4/21 INF:2018 – “Guidelines for the assessment of the appropriateness of small interlaboratory comparison within the process of laboratory accreditation”;
- ISO 13528:2015 – “Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons”.
- ACCREDIA RT-36 rev.02, entrata in vigore 1 febbraio 2023 – “Prescrizioni per l’accreditamento dei Laboratori di Taratura in materia di Confronti di misura”;
- UNI ISO 7870-2:2023 – “Carte di controllo - Parte 2: Carte di controllo di Shewart”;
- Albertin U., Pedone G., Brossa M., Squillero G., Chiaverge M., A Real-Time Novelty Recognition Framework Based on Machine Learning for Fault Detection. Algorithms 2023, 16(2), 61; https://doi.org/10.3390/a16020061

GRAZIE PER L'ATTENZIONE