



ANALISI DELL'ORO CON SPETTROMETRO A RAGGI X (XRF): COME OTTENERE MISURE AFFIDABILI ED EVITARE GLI ERRORI PIÙ COMUNI

Relatore: Ing. Mario Savona
Data: 11 Maggio 2026

SOMMARIO

1. Chi è Helmut Fischer
2. Riassunto del Workshop precedente (OROAREZZO 2024)
3. Le fasi del controllo delle leghe tramite XRF
4. Introduzione al concetto di "robustezza di un controllo"
5. Come ottenere un controllo robusto con la tecnologia XRF
6. Consigli e Conclusioni

1. CHI E' HELMUT FISCHER

From 1953

Beginnings and expansion

- Founded by 22-year-old Helmut Fischer
- His goal:** to develop and optimize **ultra-sensitive measuring instruments**
- First tactile handheld device
- Rise and foundation laid for global presence

From 1980

Growth through innovation

- Comprehensive **expansion of product portfolio**
- X-ray, hardness measurement and automated measurement technology
- Filing of numerous patents**

From 2000

Internationalization

- Expansion of product portfolio and services**
- Global presence grows
- Retirement of the founder, **foundation ensures continuity**
- Foundation purpose: promotion of science and art

From 2010

Setting the course for the future

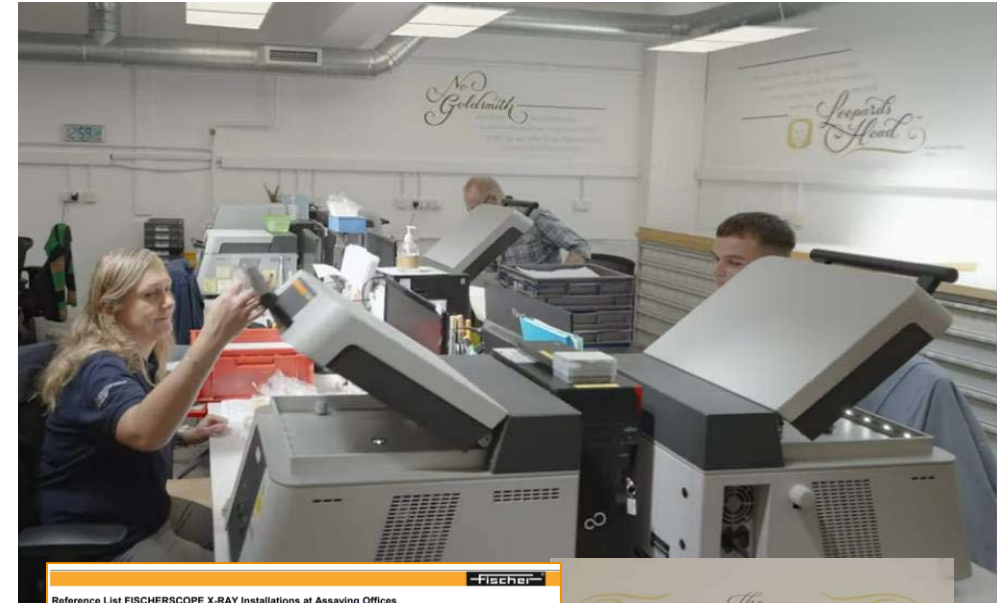
- All set for the future:** investments and strategies
- Acquisition of IIG GmbH, specialist for X-ray optics
- Focus on digitalization and sustainability**



Think global – Act local



Measuring made easy



Reference List FISCHERSCOPE X-RAY Installations at Assaying Offices

Customer	City	Country	Equipment
Assay Office	Tirana	Albania	2 x XAN 252
Technische Untersuchungsanstalt	Vienna	Austria	XAN
Assay Office	Copenhagen	Denmark	XDAL FD
Birmingham Assay Office	Birmingham	England	XDAL FD/XAN250/SDV-SD/XDV-SDO DDP+
London Assay Office	London	England	XAN FD/XAN-DPP/XAN 250/XAN 252
Sheffield Assay Office	Sheffield	England	XDAL FD/XAN-DPP/XAN 250/XAN 237 SDO/XDV-SD
Inspektör Oy	Espoo	Finland	XDAL FD
Comité Français	Besançon	France	GOLDSCOPE SD 888
Dublin Assay Office	Dublin	Ireland	XAN FD/XDV-SD
Israel Standard Institute	Tel Aviv	Israel	XAN FD
Camera di Commercio / Made in Vicenza	Vicenza	Italy	XAN 150
Camera di Commercio / SAGOR	Arezzo	Italy	XAN 150
Camera di Commercio / All Metals	Alexandria	Italy	XAN 250
Assay Office	Riga	Latvia	Goldscope SD 828 / XDAL 237 / XDAL237 SDO
Assay Office	Vilnius	Lithuania	XAN 250 SP He
Assay Office	Druksinkiai	Lithuania	XAN 250
Assay Office Republic of Moldova	Chisinau	Moldova	XAN250
Waarborg Holland	Gouda	Netherlands	XDAL FD
Assay Office	Warsaw	Poland	12 x XAN 250 / XAN 252 / XAN 220/ XAN 150 / XAN120
CASA DA MOEDA	Porto	Portugal	XDAL FD
CASA DA MOEDA	Gondomar	Portugal	XDAL FD
Assay Office	Lisbon	Portugal	XDAL 237 SDO / XAN 250
Edinburgh Assay Office	Edinburgh	Scotland	XAN FD / XAN / XAN250 / XDV-SD / XDV-SDO
Directorate of Measures and Precious Metals	Belgrade	Serbia	XAN-DPP
Assay Office	Ljubljana	Slovenia	2 x XAN 250 / 2 x XAN 252
APPLUS	Barcelona	Spain	XDV-SDO
Laboratori del Col·legi de Jorers	Barcelona	Spain	XDAL FD
SAVECO	Coruña	Spain	XAN 252
ECOMEP	Coruña	Spain	XAN 250
Laboratorio Metales Preciosos Xunta Galicia	La Coruña	Spain	XDV-SDO
Centro de Laboratorios Madrid	Madrid	Spain	XDAL FD
SEMPSA	Madrid	Spain	XAN 150
Real Casa de la Moneda	Madrid	Spain	XDV-SDO/ XDV-SDO He
ITER	Manresa	Spain	XAN FD
ANME	Valencia	Spain	XDV-SDO
MEPRECAN	Niix Canaries	Spain	XAN 150
Banco de España	Madrid	Spain	XAN 252 He
Eidgenössische Zollverwaltung	Bern	Switzerland	4 x XDV-SDO / 15 x XAN 250 / 1 x XAN 500



2. Riassunto del Workshop precedente (XRF vs COPPELLAZIONE)

XRF e coppellazione: due metodi diversi perché osservano parti diverse del materiale

COPPELLAZIONE

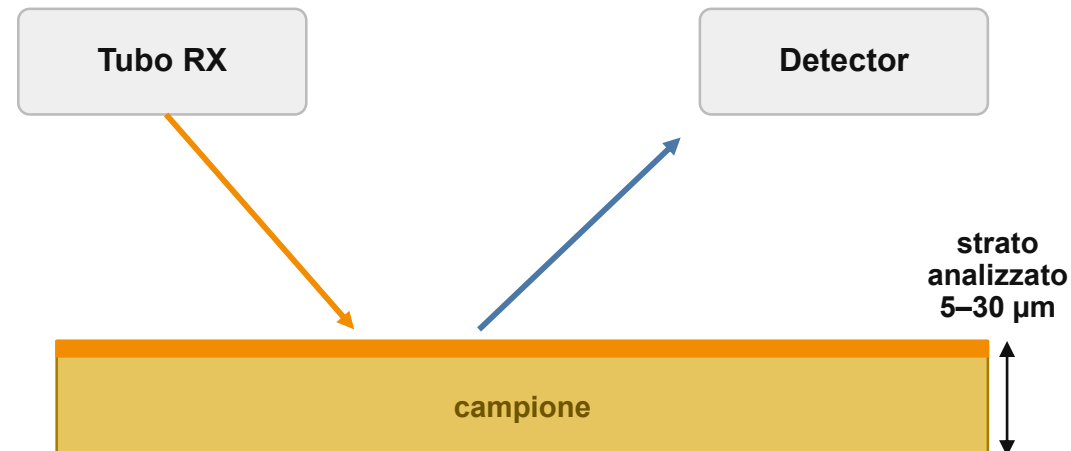
misura distruttiva e volumetrica



- si preleva una quantità fisica di lega
- il processo separa gli elementi fino al peso dell'oro
- il risultato è una media del volume analizzato

XRF

misura locale e superficiale



- il fascio RX eccita gli atomi del materiale
- ogni elemento emette una fluorescenza caratteristica
- il segnale consente di stimare composizione e titolo

Messaggio chiave: l'XRF legge la superficie, la coppellazione il volume. Confrontarle senza ricordarlo può portare a conclusioni errate.

Coppellazione vs XRF: due approcci complementari

Due metodi diversi che misurano cose diverse, ma rispondono a esigenze complementari

COPPELLAZIONE		XRF (RAGGI X)
Analisi volumetrica (bulk) Misura la composizione media del volume di campione analizzato	 COSA MISURA	Analisi superficiale Misura la composizione degli strati superficiali (5 – 30 µm)
Prova distruttiva Richiede campionamento e distrugge il pezzo analizzato	 TIPO DI ANALISI	Prova non distruttiva Nessun danno al campione, analisi rapida e ripetibile
Analizza principalmente l'oro Fornisce il titolo (concentrazione di Au)	 ELEMENTI RILEVATI	Analizza tutti gli elementi della lega Au, Ag, Cu, Pd, Ni, Zn, Cd, In, Rh, ...
Lenta 1 – 3 ore per ogni analisi	 VELOCITÀ	Veloce Da 30 secondi a pochi minuti
Riferimento ufficiale e legale Metodo standard riconosciuto dalle normative e dagli Assay Office	 UTILIZZO PRINCIPALE	Controllo in produzione e gestione del processo Verifica rapida e frequente, monitoraggio e prevenzione delle non conformità



NON SONO METODI IN COMPETIZIONE, MA COMPLEMENTARI!

La coppellazione fornisce il riferimento ufficiale del titolo.
 L'XRF garantisce controlli rapidi, non distruttivi e frequenti lungo tutto il processo produttivo.

USATI INSIEME = QUALITÀ, EFFICIENZA E SICUREZZA DEL PROCESSO



3. Le fasi del controllo delle leghe tramite XRF

Le fasi di un controllo XRF affidabile

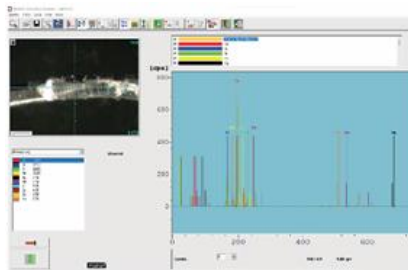
1. PREPARAZIONE DEL CAMPIONE



- **Pulizia della superficie**
Rimuovere sporco, ossidi, oli, residui di lavorazione
- **Scelta dell' area da analizzare**
Selezionare un' area rappresentativa della lega
- **Verifica geometria / appoggio**
Assicurare un appoggio stabile e una corretta distanza

SUPERFICIE PULITA E STABILE = DATI PIU' AFFIDABILI

2. IMPOSTAZIONE DEL METODO



- **Calibrazione corretta**
Usare calibrazioni appropriate e verificate
- **Parametri analitici adeguati**
Impostare tensione corretta, filtro, tempo di misura
- **Selezionare programma**
Scegliere il programma corretto per il tipo di lega

METODO ADEGUATO = RISULTATI CORRETTI

3. ESECUZIONE DELLA MISURA

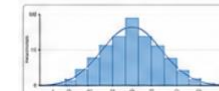


- **Posizionamento corretto**
Centraggio dello spot e distanza ottimali dal campione
- **Tempo di misura adeguato**
Garantire un segnale stabile e statisticamente significativo
- **Ripetizione delle analisi**
Eseguire più misure per verificare la ripetibilità del risultato

MISURA CORRETTA E RIPETIBILE = DATI AFFIDABILI

4. INTERPRETAZIONE DEL RISULTATO

Elemento	%	Tolleranza	Esito
Au	75,2	75,0 ± 0,5	✓ OK
Ag	12,3	12,0 ± 0,3	✓ OK
Cu	8,6	8,5 ± 0,2	✓ OK
Pd	2,0	2,0 ± 0,2	✓ OK
Zn	1,6	< 2,0	✓ OK



Media: 75,2 % Au
Dev. St.: 0,08
RSD: 0,11 %

- **Valutazione della variabilità**
Controllare dispersione e ripetibilità dei risultati
- **Controllo con tolleranza e target**
Verificare conformità rispetto a specifiche o requisiti interni
- **Decisione tecnica/produttiva**
Accettare, rilasciare o approfondire in base all' esito delle analisi

INTERPRETAZIONE CORRETTA = DECISIONI AFFIDABILI



MESSAGGIO CHIAVE

L'AFFIDABILITÀ DEL RISULTATO DIPENDE DALL' **INTERO PROCESSO**, NON SOLO DALLO STRUMENTO.
Ogni fase incide sulla qualità del dato finale. Il controllo XRF è efficace solo se ogni passaggio è eseguito correttamente.



4. Introduzione al concetto di "robustezza di un controllo"

Che cosa significa "controllo robusto"?

Un controllo è **ROBUSTO** quando fornisce risultati **AFFIDABILI, RIPETIBILI e COERENTI** anche al variare di **OPERATORE, PUNTO DI MISURA, TEMPO e CONDIZIONI OPERATIVE**



Un **VALORE NUMERICO** non è automaticamente un **DATO AFFIDABILE**.
Un controllo robusto richiede che il numero ottenuto sia **TECNICAMENTE SIGNIFICATIVO**

 L'obiettivo non è misurare.
L'obiettivo è misurare **BENE**.

Che cosa significa "TECNICAMENTE SIGNIFICATIVO"?

Au 750,3 ‰

Il laboratorio saggi comunica il valore della coppellazione.
Per tutti noi, quel valore è **tecnicamente significativo**.

Perché il valore della coppellazione è considerato affidabile?



✓ Il **metodo** è standardizzato e riconosciuto



✓ Il **campione** è rappresentativo del materiale



✓ Operatori e laboratori diversi ottengono **risultati confrontabili**



✓ Il risultato può essere confrontato con **tolleranze e normative**



✓ Il dato può essere usato per prendere **decisioni economiche e produttive**



Un risultato è “tecnicamente significativo” quando:
il numero ottenuto può essere utilizzato con fiducia per prendere decisioni.



Il punto non è avere un numero.
Il punto è avere un numero di cui ci si possa fidare.



5. Come ottenere un controllo robusto con tecnologia XRF

Premesse n° 1

1 AMBITO DEL WORKSHOP

I principali settori che utilizzano l'analisi dell'oro



OREFICERIA



FONDERIE /
BANCHI METALLI



COMPRO ORO



ASSAY OFFICE /
CAMERE DI
COMMERCIO



LABORATORI
SPECIALIZZATI



Nel workshop di oggi
ci concentreremo esclusivamente sul
SETTORE ORAFO
in particolare la **MICROFUSIONE**.

Premesse n°2

2

IL RIFERIMENTO METROLOGICO ADOTTATO

Per questa presentazione considereremo come obiettivo:

CAPACITÀ DI MISURA TARGET:
 $\pm 0,5 \text{ ‰}$

3

PERCHÉ QUESTO RIFERIMENTO?



Il quadro normativo italiano sul saggio dei metalli preziosi (D.Lgs. 251/1999 e normativa applicativa) considera un fattore d'incertezza del metodo dell'ordine di $\pm 1 \text{ ‰}$ nella determinazione del titolo dell'oro.

4

NOTA TECNICA IMPORTANTE



Laboratori altamente specializzati / accreditati possono raggiungere valori di incertezza inferiori, tipicamente dell'ordine di $\pm 0,4 \text{ ‰}$

5. Come ottenere un controllo robusto con tecnologia XRF

Slide ripetuta

Le fasi di un controllo XRF affidabile

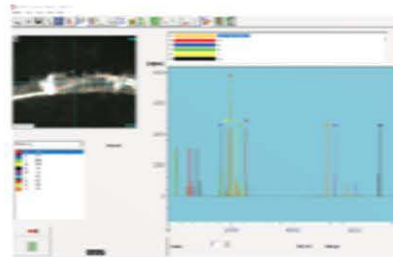
1. PREPARAZIONE DEL CAMPIONE



- **Pulizia della superficie**
Rimuovere sporco, ossidi, oli, residui di lavorazione
- **Scelta dell' area da analizzare**
Selezionare un' area rappresentativa della lega
- **Verifica geometria / appoggio**
Assicurare un appoggio stabile e una corretta distanza

**SUPERFICIE PULITA E
STABILE = DATI PIU'
AFFIDABILI**

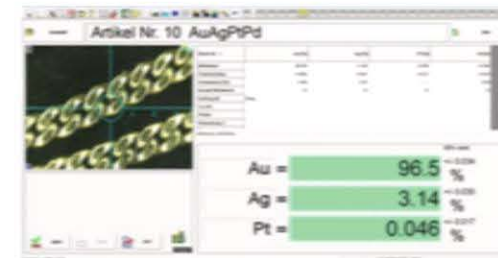
2. IMPOSTAZIONE DEL METODO



- **Calibrazione corretta**
Usare calibrazioni appropriate e verificate
- **Parametri analitici adeguati**
Impostare tensione corretta, filtro, tempo di misura
- **Selezionare programma**
Scegliere il programma corretto per il tipo di lega

**METODO ADEGUATO =
RISULTATI CORRETTI**

3. ESECUZIONE DELLA MISURA



- **Posizionamento corretto**
Centraggio dello spot e distanza ottimali dal campione
- **Tempo di misura adeguato**
Garantire un segnale stabile e statisticamente significativo
- **Ripetizione delle analisi**
Eseguire più misure per verificare la ripetibilità del risultato

**MISURA CORRETTA E
RIPETIBILE = DATI AFFIDABILI**

4. INTERPRETAZIONE DEL RISULTATO

Elemento	%	Tolleranza	Esito
Au	75,2	75,0 ±0,5	✓ OK
Ag	12,3	12,0 ±0,3	✓ OK
Cu	8,6	8,5 ±0,2	✓ OK
Pd	2,0	2,0 ±0,2	✓ OK
Zn	1,6	< 2,0	✓ OK

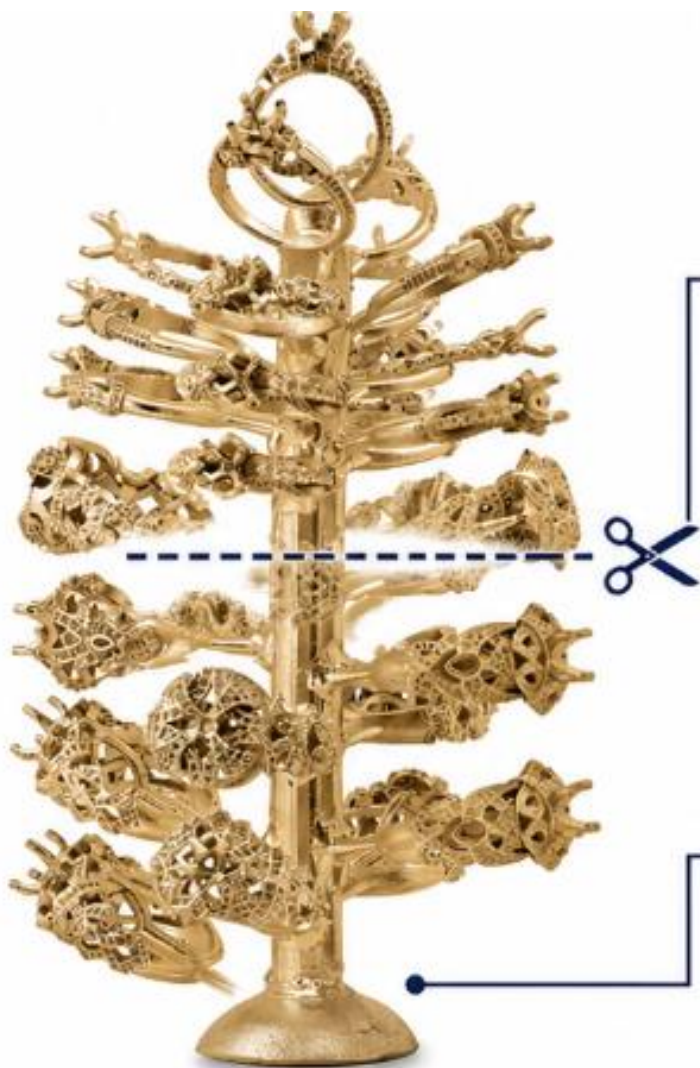


Media: 75,2 % Au
Dev. St.: 0,08
RSD: 0,11 %

- **Valutazione della variabilità**
Controllare dispersione e ripetibilità dei risultati
- **Controllo con tolleranza e target**
Verificare conformità rispetto a specifiche o requisiti interni
- **Decisione tecnica/produttiva**
Accettare, rilasciare o approfondire in base all' esito delle analisi

**INTERPRETAZIONE CORRETTA
= DECISIONI AFFIDABILI**

FASE 1 - PREPARAZIONE DEL CAMPIONE



OPZIONE A PRELIEVO DAL PIANTONE DI COLATA



- Taglio del piantone / albero in posizione rappresentativa
- Permette di controllare direttamente il materiale realmente colato
- Richiede attenzione alla scelta del punto di prelievo



OPZIONE B PRODUZIONE DI TARGHETTE DEDICATE



- Realizzazione di 2 targhette test per lotto / fusione
- Spessore consigliato: $\geq 0,5$ mm
- Successiva lucidatura / preparazione superficiale controllata
- Soluzione preferibile per controlli standardizzati e ripetibili



FASE 2 - IMPOSTAZIONE DEL METODO

IL RUOLO DEI MASTER DI CALIBRAZIONE

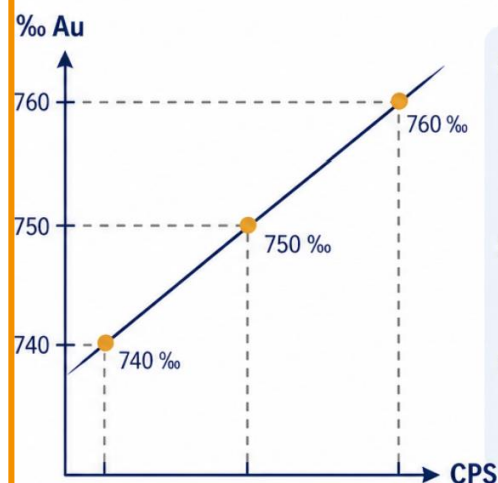
L'accuratezza dei risultati XRF dipende dalla qualità dei master utilizzati per la calibrazione.

Standard ED-XRF
by Progold



CURVA DI CALIBRAZIONE: SERVONO ALMENO 3 PUNTI

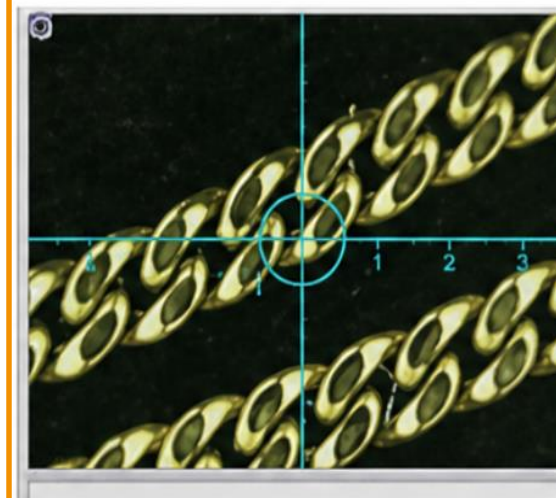
Secondo la norma **ISO 23345**, la calibrazione deve essere costruita con almeno tre punti di calibrazione.



- ✓ Tre punti definiscono la curva di calibrazione e consentono allo strumento di interpolare correttamente i risultati.
- ✓ Non è sufficiente calibrare su un solo punto.
- ✓ Esempio per una lega 750 ‰: usare master a 740 ‰ – 750 ‰ – 760 ‰.

SELEZIONARE IL COLLIMATORE DELLA DIMENSIONE CORRETTA

Il collimatore definisce l'area analizzata: deve centrare tutto l'oggetto per ottenere



OBBIETTIVO: CENTRARE TUTTO L'OGGETTO

Il collimatore deve coprire l'intera area dell'oggetto da analizzare, senza tagliare nessuna parte.

In questo modo il fascio XRF interagisce con tutto il volume rilevante e il risultato è rappresentativo.



La corretta impostazione del metodo richiede tempo, **competenza e investimento iniziale**, ma costituisce **il fondamento indispensabile** di ogni controllo XRF robusto.

FASE 3 - ESECUZIONE DELLA MISURA

L'IMPORTANZA DEL TEMPO DI MISURA

Come in fotografia: più corto è il tempo di esposizione, meno luce viene raccolta e l'immagine è rumorosa e inaffidabile.

ESPOSIZIONE BREVE
(1/30 sec)
**TROPPO BREVE**

Poca luce raccolta → molto rumore
Risultato instabile e non ripetibile

ESPOSIZIONE ADEGUATA
(10 sec)
**TEMPO ADEGUATO**

Più luce raccolta → poco rumore
Risultati stabili, affidabili e ripetibili



In XRF: un tempo di misura adeguato permette di raccogliere più conteggi e ottenere **risultati affidabili e ripetibili**.

L'IMPORTANZA DELLA RIPETIZIONE DELLA MISURA

Una singola misura non permette di distinguere un valore reale da una fluttuazione casuale.

Solo misure ripetute consentono di valutare la ripetibilità del controllo.

ESEMPIO: LEGA 750 ‰ Au

Misura	Au (‰)	Scostamento dal valore medio
1	749,2	-0,8
2	750,8	+0,8
3	749,9	-0,1
MEDIA	750,0	—



La media di più misure è più affidabile del singolo dato.

- ✓ Permette di valutare la dispersione reale del processo
- ✓ Evidenzia problemi di posizionamento, omogeneità o stabilità
- ✓ Consente di lavorare su valori medi e non su singole letture casuali

La norma richiede **3 ripetizioni** della misura su almeno **3 punti diversi** del campione.

**6.3.2 Sample analysis**

The sample shall be analysed at least on 3 different positions. Each position is analysed with a minimum of 3 replicates. The analysis time for each replicate shall be equal to the time used for the reference material.

4. INTERPRETAZIONE DEL RISULTATO
PREMESSE

1. DEVIAZIONE STANDARD

Che cos'è?

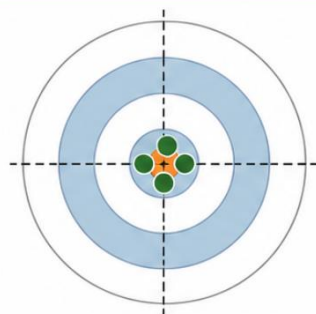
Indica quanto i risultati delle misure sono dispersi rispetto al valore medio.

Come interpretarla

- **Bassa deviazione standard**
= misure ravvicinate, buona ripetibilità

- **Alta deviazione standard**
= misure disperse, possibile instabilità del controllo

ESEMPIO 1: DEVIAZIONE STANDARD BASSA

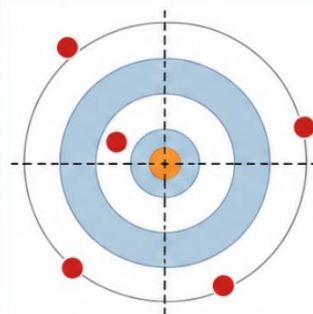


5 misure
ravvicinate
al centro

Valore medio
750,4

Misure vicine tra loro
e al valore medio

ESEMPIO 2: DEVIAZIONE STANDARD ALTA



5 misure
disperse
tra loro

Valore medio
750,4

Misure lontane tra loro
ma stesso valore medio**MESSAGGIO CHIAVE:**

Più la deviazione standard è bassa, più le misure sono ripetibili e affidabili.



2. INDICATORE mq FISCHER

Che cos'è?

È un indicatore interno Fischer che confronta il segnale misurato con quello atteso dal metodo analitico impostato.

Come interpretarlo

- **mq ≈ 1**
= misura coerente con il metodo
- **mq elevato**
= possibile anomalia geometrica / di posizionamento / di metodo

Esempio pratico

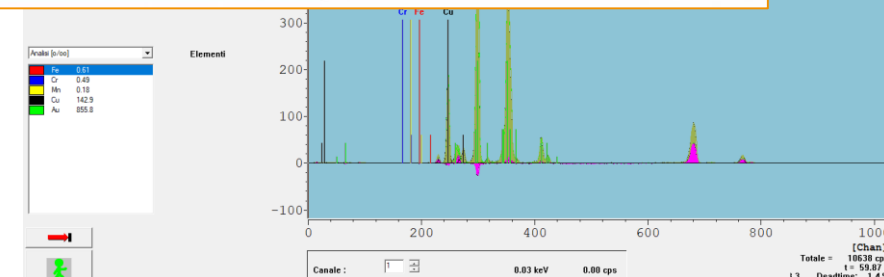
0 Messdatei 0.07 **mq=5.1** NUM

mq = 5,1

Valore anomalo dovuto a posizionamento scorretto del campione.

Cause tipiche di mq alto

- Posizionamento errato
- Campione non centrato / fuori focus
- Geometria non coerente con la calibrazione
- Materiale diverso dal previsto



4. INTERPRETAZIONE DEL RISULTATO



SCENARIO A – PROCESSO SOTTO CONTROLLO

3 punti × 3 ripetizioni → tutti coerenti tra loro

Punto	Misure (‰ Au)	Media (‰ Au)	Dev. St. (σ) del punto
A	750.1 / 749.9 / 750.0	750.0	0.10
B	750.2 / 750.1 / 749.8	750.0	0.20
C	749.9 / 750.0 / 750.1	750.0	0.10

MEDIA DEI 3 PUNTI (‰ Au)
750.0

DEV. ST. TRA I 3 PUNTI (σ)
0.10



INTERPRETAZIONE

- ✓ Bassa deviazione standard interna (ogni punto è ripetibile)
- ✓ Medie coerenti tra i punti
- ✓ **Processo stabile / campione omogeneo**



SCENARIO B – PROBLEMA NASCOSTO

Ripetibilità locale buona, ma differenze tra punti

Punto	Misure (‰ Au)	Media (‰ Au)	Dev. St. (σ) del punto
A	750.1 / 749.9 / 750.0	750.0	0.10
B	753.0 / 752.8 / 753.1	753.0	0.15
C	748.9 / 749.1 / 749.0	749.0	0.10

MEDIA DEI 3 PUNTI (‰ Au)
750.7

DEV. ST. TRA I 3 PUNTI (σ)
2.00



INTERPRETAZIONE

- ! Lo strumento è ripetibile (bassa deviazione interna)
- ! Ma il campione / processo **NON** è omogeneo
- ! Possibili segregazioni, errori di campionamento, problemi di produzione



I NUMERI **NON VANNO LETTI**. PER VALIDARE UN CONTROLLO
I NUMERI VANNO **INTREPRETATI**

6. CONSIGLI E CONCLUSIONI

CONSIGLIO A CHI SI VUOLE APPROCCIARE ALLA TECNOLOGIA XRF

**OBIETTIVO: AVERE LE IDEE CHIARE SULLE PROPRIE ESIGENZE**

Solo così potrai scegliere lo strumento giusto per te.

1. DEFINISCI IL TUO BISOGNO



2. ESEMPI DI ESIGENZE CHE PUOI SODDISFARE CON XRF



CONCLUSIONI

CON LA TECNOLOGIA XRF È POSSIBILE COSTRUIRE UN **CONTROLLO ROBUSTO**, CAPACE DI FORNIRE UN VALORE **TECNICAMENTE SIGNIFICATIVO**, CIOÈ

UN NUMERO DI CUI CI SI POSSA FIDARE

(COSÌ COME OGGI CI SI FIDA DEL RISULTATO DELLA COPPELLAZIONE)

Domande ?



GRAZIE PER LA VOSTRA ATTENZIONE



OROAREZZO
INTERNATIONAL JEWELRY EXHIBITION



Where Passions Melt

CONTATTI

Helmut Fischer s.r.l.
Tecnica di Misura

Via I° Maggio 39/41
Sesto San Giovanni (MI) – Italia
Tel.: (+39) 02 255 26 26

Riferimento Tecnico-Commerciale di prodotto

Ing. Mario Savona
Tel: 348 2547153 - E-Mail: mario.savona@helmut-fischer.com