



II METAS nel  
**2024**



Immagine di copertina: cella a vapore alcalina (tubicino blu) per atomi di Rydberg con raggi laser resi visibili (cfr. contributo pag. 16–17).



#### Colophon

Il presente rapporto fornisce una panoramica delle attività del METAS nel 2024.



Precedenti rapporti annuali del METAS

#### Obiettività

Il METAS opera indipendentemente da produttori, marchi e prodotti. Le illustrazioni e le menzioni in cui sono riconoscibili produttori, marchi o prodotti non costituiscono raccomandazioni del METAS.

#### Finanze

Le pagine 30 e 31 del presente rapporto contengono informazioni sui conti annuali del METAS al 31.12.2024. Il bilancio annuale 2024 è pubblicato insieme al rapporto dell'organo di revisione sul sito [www.metas.ch](http://www.metas.ch).



#### Editore/Redazione

Istituto federale di metrologia METAS  
Assistenza alla clientela e comunicazione  
Lindenweg 50  
3003 Berna-Wabern  
[kommunikation@metas.ch](mailto:kommunikation@metas.ch)  
[www.metas.ch](http://www.metas.ch)

#### Redazione testi

Peter Rohrer (METAS)  
Sabine Graf (Casalini Werbeagentur AG)

#### Ideazione e realizzazione

Casalini Werbeagentur AG, Berna  
[www.casalini.ch](http://www.casalini.ch)

#### Lingue

Tedesco, francese, italiano e inglese

#### Crediti fotografici

METAS, se non diversamente indicato

#### Copyright

I diritti d'autore appartengono al METAS. La riproduzione di articoli è consentita con indicazione della fonte. Si prega di inviare un esemplare all'indirizzo della redazione.

#### Edizione

Maggio 2025

## Editoriale

# Pietre miliari e visioni: il METAS nel 2024

Per il METAS, il 2024 è stato un anno ricco di avvenimenti, sviluppi e successi significativi.

Un'importante pietra miliare all'inizio dell'anno è stata la nomina del Dott. René Lenggenhager a nuovo presidente del Consiglio d'Istituto a partire dal 1° gennaio 2024. Inoltre, il METAS ha potuto dare il benvenuto a due nuovi membri del Consiglio d'Istituto, che con prospettive inedite e preziosi impulsi arricchiscono il nostro lavoro (si veda pagina 5, «Prefazione del Consiglio d'Istituto»).

Il METAS ha perseguito e perfezionato attivamente la sua politica di nicchia ed eccellenza. Particolarmente incoraggianti sono stati il rafforzamento della collaborazione con le università e il deciso aumento del numero di dottorandi presso il METAS da una a cinque persone (si veda la doppia pagina 8–9, «Il METAS in cifre»). Queste collaborazioni sono una componente essenziale della nostra strategia, volta a rafforzare ulteriormente l'eccellenza scientifica e la forza innovatrice del nostro Istituto.

Il METAS dimostra il proprio forte impegno nelle tecnologie del futuro anche in progetti come «OnMicro» e «QUSPR», che riguardano la misurazione di campi elettrici mediante atomi di Rydberg (si veda la doppia pagina 16–17, «Nozioni di base e nuove tecnologie»).

Ulteriori indicatori dell'Istituto (si veda la doppia pagina 8–9, «Il METAS in cifre») che nell'esercizio in esame hanno registrato un andamento positivo sono ad esempio il maggiore grado di autofinanziamento (+1,4%), il netto aumento delle pubblicazioni di carattere scientifico (+35), l'aumento del numero di Calibration and Measurement Capabilities (+25) e il fatto che il METAS ha avuto un numero significativamente maggiore di progetti in corso (+22).

Per concludere, desidero ringraziare tutti i nostri stimati clienti per la loro fiducia e fedeltà di lunga data. In occasione della celebrazione del 150° anniversario della firma della Convenzione del Metro, il METAS invita i suoi clienti a dare uno sguardo in esclusiva al suo lavoro alla Giornata di porte aperte del METAS a maggio 2025.

Inoltre, il mio apprezzamento va anche alla lungimirante direzione del nostro Consiglio d'Istituto e all'instancabile disponibilità del nostro personale. Lavorando insieme, il METAS ha raggiunto molti traguardi e può guardare al futuro con fiducia!

Dott. Philippe Richard  
Direttore dell'Istituto federale di metrologia METAS



- 3 Editoriale
- 4 Saluto del Consigliere federale
- 5 Prefazione del Consiglio d'Istituto
- 6 Momenti salienti dell'anno
- 8 Il METAS in cifre
- 10 Ricerca e sviluppo
- 12 Energia e mobilità
- 14 Salute e scienza della vita
- 16 Nozioni di base e nuove tecnologie
- 18 Industria
- 20 Ambiente, clima e risorse naturali
- 22 Impegno in organizzazioni nazionali e internazionali
- 24 Responsabilità sociale ed ecologica
- 26 Su mandato della Confederazione
- 28 La metrologia sul mercato
- 30 Finanze (bilancio e conto economico)
- 32 Presentazioni e pubblicazioni

Saluto

# Grazie per la fiducia

Dal mio ufficio nel Palazzo federale Ovest fino al METAS a Wabern, Google Maps mi indica una bella passeggiata di 3,8 chilometri, che lambisce anche l'Aar. Ma sono davvero 3,8 chilometri o forse ci sono 50 metri in più? Non ho bisogno di saperlo esattamente. Questa nonchalance nella vita di tutti i giorni è liberatoria per i cittadini. In molte situazioni, tuttavia, è richiesta la massima precisione.

In quanto ingegneri, fisici, chimici e specialisti di ogni genere, i dipendenti del METAS sono donne e uomini architetti di fiducia. Mentre pesiamo le banane nella grande distribuzione, facciamo rifornimento alla stazione di servizio o respiriamo l'aria, confidiamo di non essere ingannati, perché il METAS tara i dispositivi ed esegue controlli.

Il METAS svolge un ruolo centrale nella vita di tutti i giorni, eppure rimane spesso invisibile. Se qualcosa va storto, però, i titoli dei giornali sono garantiti. Basti pensare alle misurazioni della velocità nella città di Berna, quando delle cittadine o dei cittadini innocenti sono stati multati per errore. Fortunatamente, però, anche i punti chiave dei controlli annuali trovano spazio nella copertura mediatica. Ad esempio, i controlli a campione negli shop online o il controllo del peso del pane venduto.

Vi ringrazio, care collaboratrici e cari collaboratori del METAS, per l'importante lavoro che avete svolto per la Svizzera nel 2024. Io e tutti gli abitanti della Svizzera contiamo su di voi per continuare a creare fiducia con la vostra indiscussa competenza.

Beat Jans

Capo del Dipartimento federale di giustizia e polizia



Prefazione

## Innovazione e collaborazione: la nostra strada verso il futuro

Il Consiglio d'Istituto (da sinistra): Dott. Jonas Richiardi, Prof. Dott.ssa Sonia Isabelle Seneviratne, Roger Siegenthaler, Prof. Dott.ssa Alessandra Curioni-Fontecedro, Dott. René Lenggenhager (presidente), Dott.ssa Ursula Widmer (vicepresidente), Dott.ssa Corinne Jud.

Il 2024 è stato caratterizzato da profondi cambiamenti nei principali settori tecnologici: intelligenza artificiale, tecnologie quantistiche, cibersicurezza, fonti energetiche alternative, metrologia digitale e protezione dell'ambiente sono solo alcuni dei temi chiave che influenzano il nostro lavoro. L'Istituto federale di metrologia METAS si trova di fronte alla sfida di adeguare le proprie attività alle nuove tendenze per adempiere al proprio mandato generale. Le nostre collaboratrici e i nostri collaboratori sono chiamati a impegnarsi in questi settori e a contribuire con la loro esperienza laddove e nella misura in cui sia sensato e necessario farlo.

Nonostante questi sviluppi dinamici, il METAS è riuscito a portare avanti la sua tradizione di eccellenza. Particolarmente soddisfacenti sono l'impegno attivo e competente e i preziosi impulsi forniti dai due nuovi membri del Consiglio d'Istituto, la Dott.ssa Corinne Jud e il Dott. Jonas Richiardi. Il nostro Consiglio d'Istituto è diversificato e articolato, il che si riflette nella molteplicità delle sue competenze e prospettive.

Il mio entusiasmo per il METAS è cresciuto ulteriormente grazie alle numerose visite ai laboratori e ai colloqui con il personale. Questi incontri, anche al di fuori delle sedute del Consiglio d'Istituto, mi hanno mostrato chiaramente la passione e la professionalità con cui si lavora nel nostro Istituto.

L'attuazione della nostra strategia e la correlata nuova struttura del METAS si sono ulteriormente consolidate e ottimizzate lo scorso anno. Sono stati avviati diversi miglioramenti dei processi, alcuni

dei quali sono già stati attuati. Tuttavia, resta ancora molto da fare per approfondire ulteriormente l'Operational Excellence. Anche in questo caso è richiesta la collaborazione di tutti.

Un'altra pietra miliare è stata l'inizio dei lavori sulla nostra nuova Strategia 2030. Il METAS porta avanti questo processo con grande creatività e con un workshop dell'intero Consiglio d'Istituto e della Direzione, supportato da un «gruppo di controllo». Nuovi strumenti di aiuto allo sviluppo favoriscono l'elaborazione di una strategia lungimirante, che potrà in seguito essere sottoposta al Consiglio d'Istituto per l'approvazione.

Uno dei momenti salienti del mio primo anno di presidenza è stato sicuramente la visita a marzo 2024 del Consigliere federale Beat Jans, il nuovo capo del Dipartimento federale di giustizia e polizia (DFGP). Il METAS ha potuto presentargli con orgoglio il nostro miglior piccolo istituto nazionale di metrologia (si veda anche il saluto del signor Jans a sinistra).

Per concludere, vorrei sottolineare con quale gioia mi impegno per il METAS. Sono fiero di poter guidare una Direzione forte e impegnata e un Consiglio d'Istituto competente e attivo e colgo l'occasione per ringraziare anche tutte le collaboratrici e i collaboratori per l'impegno profuso nell'anno passato e in quello in corso.

Dott. René Lenggenhager

Presidente del Consiglio d'Istituto

# Momenti salienti del 2024

L'anno scorso il METAS ha nuovamente fatto segnare alcuni punti salienti che comprendevano altri aspetti oltre alla prospettiva scientifica e metrologica. Un evento importante di carattere generale è stato sicuramente la visita al METAS del Consigliere federale Beat Jans (DFGP).



## 1° gennaio 2024

### Metodo di analisi per un nuovo marcatore dell'olio combustibile

Su incarico dell'Ufficio federale della dogana e della sicurezza dei confini (UDSC), il settore Analisi chimiche e consulenze del METAS ha sviluppato e introdotto un metodo di analisi per un nuovo marcatore, che viene aggiunto all'olio combustibile per poterlo distinguere dal carburante diesel. La Svizzera ha introdotto insieme all'UE questo nuovo marcatore più sicuro, dato che il precedente era sempre più soggetto a contraffazioni.

## 25 marzo 2024

### Visita del Consigliere federale Beat Jans (DFGP)

In occasione della sua visita al METAS, il nuovo capo del DFGP, il Consigliere federale Beat Jans, ha ricevuto una panoramica delle molteplici attività dell'Istituto e ha poi visitato diversi laboratori. Al termine della sua visita, il capo del Dipartimento ha pronunciato un discorso di saluto a tutto il personale del METAS e ha potuto anche intrattenersi personalmente con alcuni dei presenti.



## 25 maggio 2024

### Il Dott. Guglielmo Frigo riceve il «Best Paper Award IEEE SGSMA 2024»

Alla conferenza Smart Grid Synchronized Measurements and Analytics (SGSMA) dell'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) di Washington D.C. (USA), il Dott. Guglielmo Frigo, collaboratore scientifico del laboratorio Energia e potenza elettriche del METAS, è stato insignito del Best Paper Award 2024. Il Dott. Frigo ha studiato le misurazioni di frequenza per migliorare la resistenza e la sicurezza dei sistemi elettrici nell'ambito del progetto dell'UFE «QUINPORTION».

## 25 giugno 2024

### Primo corso per dispositivi di misurazione di nanoparticelle

Nell'estate del 2024, al METAS si è svolto il primo corso sui dispositivi di misurazione di nanoparticelle. Nel suo ambito, i partecipanti hanno ricevuto una panoramica degli aspetti legali del controllo del filtro antiparticolato per diesel (FAD), acquisito conoscenze di base nel campo della metrologia e degli aerosol e appreso le sfide pratiche. Il corso si rivolge principalmente agli esperti di veicoli degli Uffici della circolazione stradale e ai garagisti.



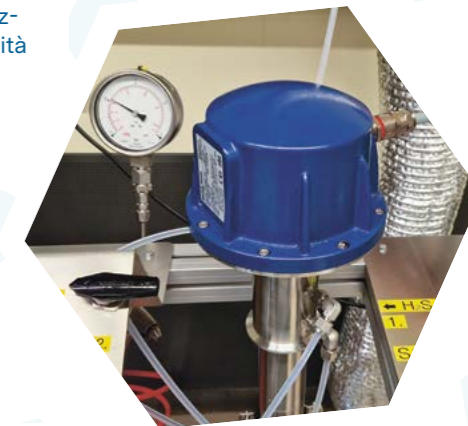
Corso sui dispositivi di misurazione di nanoparticelle su [metas.ch](https://www.metas.ch)



## 13 novembre 2024

### Obiettivi strategici 2025-2028

Il 13 novembre 2024, il Consiglio federale ha approvato gli obiettivi strategici del METAS per gli anni 2025-2028. Ne consegue che il METAS deve in primo luogo portare avanti i suoi compiti come Istituto nazionale di metrologia della Svizzera. In futuro dovrà digitalizzare il più possibile i servizi metrologici o promuoverne lo sviluppo ai fini della digitalizzazione e coordinare l'infrastruttura di qualità della Svizzera.



## 31 dicembre 2024

### Monitoraggio dei gas in ambienti di produzione industriale

Il laboratorio Analisi di gas, con l'ausilio di una nuova stazione di misura sviluppata appositamente per Mettler Toledo, ha condotto una trentina di tarature di spettrometri con laser a diodi per il monitoraggio dei gas in situ in ambienti di produzione industriale. La flessibilità di tale stazione di misura ci ha inoltre consentito di realizzare incarichi di ricerca e sviluppo su misura per il nostro cliente.



## 29 novembre 2024

### Il Dott. Cédric Blaser riceve l'«IEC 1906 Award»

In occasione della riunione del Comité Électrotechnique Suisse (CES) è stato consegnato l'IEC 1906 Award al Dott. Cédric Blaser, direttore del laboratorio Energia e potenza elettriche del METAS. Il Dott. Blaser è stato premiato per il suo impegno nella standardizzazione dei contatori elettrici e per il suo coinvolgimento nella creazione e revisione di oltre dieci norme a livello europeo e internazionale.

## Esecuzione della legge sulla metrologia

Il METAS garantisce il rispetto della legge sulla metrologia in Svizzera.

### Test eseguiti dal METAS

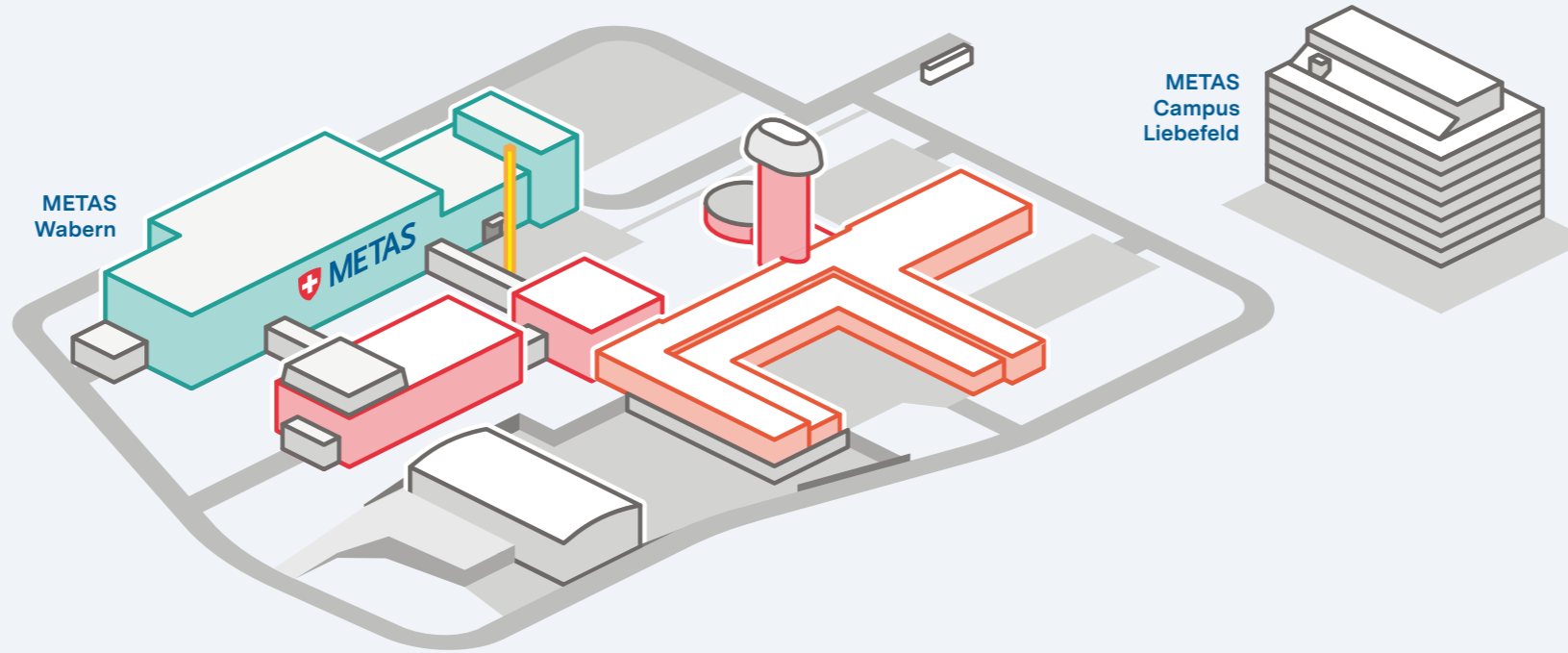
- 47 445** trasformatori di misura (verificazioni iniziali)
- 3 351** strumenti di misurazione dell'alcol nell'aria espirata
- 2 573** strumenti di misurazione della circolazione stradale (semaforo rosso e velocità)
- 1 947** dispositivi audiometrici
- 763** strumenti di misurazione per nanoparticelle nei motori a combustione
- 550** strumenti di misurazione del suono
- 248** strumenti di misurazione per il gas di scarico dei camini (verificazioni iniziali)
- 210** strumenti di misurazione per radiazioni ionizzanti

### Test effettuati da laboratori di verifica autorizzati

- 741 735** contatori elettrici (procedura di controllo statistico)
- 7 299** strumenti di misurazione per l'energia termica
- 3 394** strumenti di misurazione per il gas di scarico dei camini
- 2 232** strumenti di misurazione per radiazioni ionizzanti
- 484** strumenti di misurazione della circolazione stradale (sistemi di controllo TTPCP)
- 429** strumenti di misurazione delle quantità di gas

### Test effettuati dai Cantoni

- 97%** Tasso di esecuzione delle verificazioni effettuate sugli strumenti di misurazione
- 88%** Tasso di esecuzione degli imballaggi preconfezionati verificati contenenti le stesse quantità nominali, produttori industriali
- 86%** Tasso di esecuzione degli imballaggi preconfezionati verificati contenenti quantità nominali divergenti, produttori industriali



## CMC

**419** opzioni di misurazione e taratura riconosciute nell'ambito del CIPM-MRA

## Certificati rilasciati dal METAS

**17 482** (di cui: 446 da parte di METAS-Cert)

## Organizzazione

### 15 laboratori metrologici

**5 nel campo della metrologia e della fisica I:** Corrente continua e bassa frequenza | Energia e potenza elettriche | Alta frequenza | Compatibilità elettromagnetica | Fotonica, tempo e frequenza

**5 nel campo della metrologia e della fisica II:** Lunghezza, nanotecnologia e microtecnologia | Ottica | Massa, forza, pressione e vibrazione | Flusso | Radiazione ionizzante

**5 nel campo della metrologia in chimica e biologia:** Analisi di gas | Particelle e aerosol | Analisi inorganica e riferimenti | Analisi organica e riferimenti | Analisi biologica e riferimenti

### 3 settori tecnici

**Verificazioni e prove:** Traffico stradale | Acustica e vibrazione | Audiometria

**Analisi chimiche e consulenze:** Analitica | Prove e consulenza

**Reti di misurazione:** Qualità e manutenzione | Intervento e installazione | Software

## Ricerca e sviluppo

**88** pubblicazioni scientifiche

**60** presentazioni **14** seminari  
**5** colloqui specialistici

**28 591** ore investite nella ricerca

**2** nuovi brevetti depositati  
1 brevetto non è stato più mantenuto

**7** brevetti depositati in totale

**6** dichiarazioni di invenzione

### Progetti

**Grandi progetti (GP) e piccoli progetti (PP)**

**65** in corso (47 GP + 18 PP)

**25** lanciati di recente (20 GP + 5 PP)

**21** terminati (10 GP + 11 PP)

**47** grandi progetti di ricerca finanziati

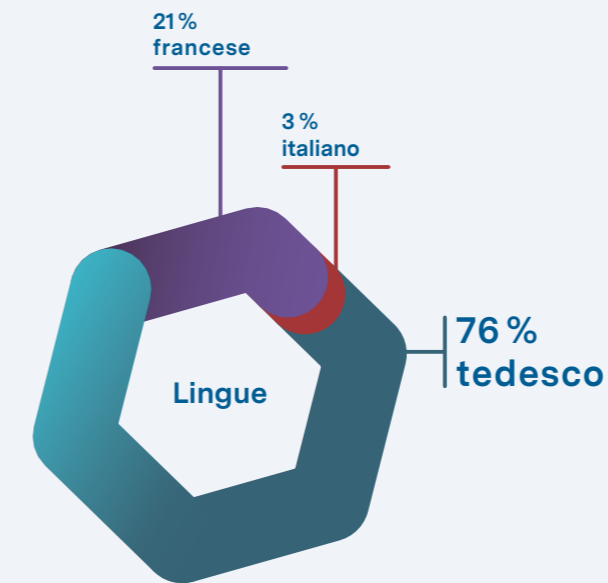
(21 EPM, 6 EMPIR, 5 METAS, 5 ricerca dell'Amministrazione federale, 3 Horizon Europe, 3 Innosuisse, 2 Fondo nazionale svizzero, 2 ricerca su mandato)

## Finanze

**61 milioni** proventi (CHF)

**58%** grado di autofinanziamento **921 000** utile (CHF)

## Dipendenti



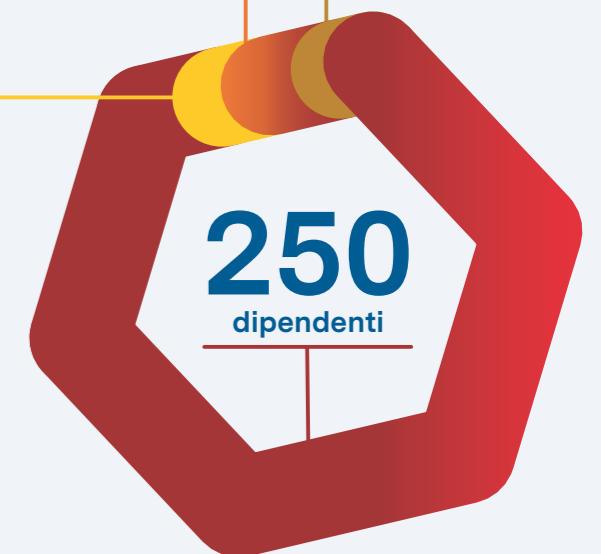
## Apprendiste e apprendisti

- Tecnico di laboratorio di fisica**
- Tecnico di laboratorio chimico**
- Tecnico elettronico**
- Informatico**
- Specialista IT**
- Stage di MP (maturità professionale)**
- Mediamatico**

**19** apprendisti e stagisti MP

**5** dottorandi

**9** praticanti di scuole universitarie



Ricerca e sviluppo

# Ricerca attraverso la collaborazione

La ricerca è essenziale per l'ulteriore sviluppo dell'infrastruttura metrologica della Svizzera. Grazie a collaborazioni di successo e all'acquisizione di finanziamenti da parte di terzi, è stato possibile portare avanti nuovi temi come la tecnologia quantistica. Inoltre, il METAS si è impegnato nella formazione delle nuove leve scientifiche e ha rafforzato le proprie misure per la promozione dell'integrità scientifica.

## La ricerca come missione

Il METAS si trova in cima alla piramide metrologica, ovvero mette a disposizione unità di misura riconosciute a livello internazionale con la precisione necessaria per l'industria, la ricerca e l'amministrazione. Poiché i requisiti di precisione in generale stanno aumentando – in particolare anche da parte dei clienti – il METAS deve garantire che i suoi standard di riferimento siano sempre più precisi di quelli di questi ultimi. L'art. 3 cpv. 2 lett. d della legge federale sull'Istituto federale di metrologia (LIFM, RS 941.27) prescrive infatti anche lo svolgimento dei «necessari studi e lavori di sviluppo tecnico-scientifici». Di conseguenza, il METAS deve analizzare «segnatamente gli effetti di nuove tecniche» e sviluppare «metodi pratici di misurazione corrispondenti allo stato più recente delle conoscenze scientifiche».

Il METAS finanzia progetti di ricerca interni e punta inoltre alla ricerca finanziata con fondi terzi, in particolare attraverso il programma di Partenariato europeo sulla metrologia (EPM). Ulteriori fonti di finanziamento sono il Fondo nazionale svizzero, Innosuisse, la ricerca dell'Amministrazione federale e quella su mandato dell'industria.

I progetti dell'EPM non contribuiscono solo al finanziamento dei progetti del METAS, ma promuovono anche la collaborazione tra esperti di diversi istituti di metrologia europei. Il bando per i progetti dell'EPM si svolge in due fasi: a gennaio e febbraio possono

essere presentati temi di ricerca, più della metà dei quali viene selezionata. Successivamente vengono costituiti consorzi di ricerca che presentano le loro domande entro la fine di settembre. A novembre, esperti indipendenti decidono in merito al finanziamento, con un tasso di successo relativamente elevato rispetto ad altri programmi (in genere del 50%). I progetti durano generalmente tre anni.

Poiché la Svizzera non è ancora associata a Horizon Europe, il finanziamento è assicurato dalla Segreteria di Stato per la formazione, la ricerca e l'innovazione (SEFRI). Nella «Call 2023», il METAS ha riscosso un grande successo: sono state approvate undici proposte di progetto, di cui quattro nel settore della tecnologia quantistica. Questi progetti sono stati avviati nel giugno del 2024 e amplieranno ulteriormente la competenza del METAS in questo settore. Oltre ai progetti EPM, nel 2024 sono stati realizzati anche due nuovi progetti Horizon Europe, due progetti Innosuisse e tre progetti di ricerca settoriali. In questo modo, tutti i cinque ambiti tematici sono coperti con nuovi progetti.

## Collaborazione con le università

Nella maggior parte dei propri progetti di ricerca, il METAS collabora con scuole universitarie nazionali o internazionali, poiché nel campo della ricerca la collaborazione e lo scambio tra esperti di spicco sono la chiave del successo.



Legge federale sull'Istituto federale di metrologia (LIFM, RS 941.27)



I cinque temi di ricerca e sviluppo al METAS

Oltre a questi progetti di ricerca con università, finanziati perlopiù con fondi di terzi, nei laboratori del METAS si possono svolgere anche lavori di bachelor, master e dottorato. Nel 2024, ad esempio, al METAS hanno lavorato cinque dottorandi. I lavori di dottorato sono seguiti sul posto da professori delle scuole universitarie e da una scienziata o uno scienziato del METAS. Due dottorandi erano iscritti all'EPFL di Losanna, due all'Università di Berna e un altro all'Università di Basilea.

In alcuni casi, gli esperti del METAS svolgono anche attività di lettorato nelle scuole universitarie. Nel 2024, ad esempio, alcuni esperti del METAS hanno tenuto conferenze presso le Università di Basilea e Berna, l'ETH di Zurigo e la Scuola universitaria professionale della Svizzera occidentale HES-SO.

Questa collaborazione stimolante per entrambe le parti tra le scuole universitarie svizzere e il METAS dovrà essere ulteriormente estesa nei prossimi anni. In questo modo, il METAS sarà ancora maggiormente integrato nel panorama universitario svizzero e potrà contribuire all'eccellenza scientifica della piazza di ricerca elvetica.

## Integrità scientifica

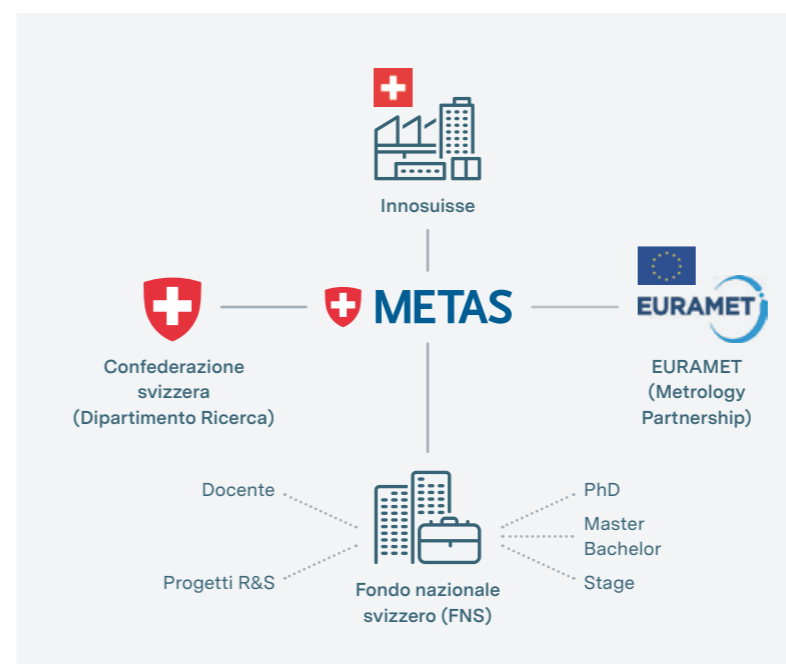
Per un'istituzione come il METAS, che con la sua attività metrologica crea fiducia e sviluppa riferimenti affidabili, un comportamento integro in tutti i settori di attività è imprescindibile. Ciò vale in particolare per la ricerca.

Ma quali sono le possibili violazioni dell'integrità scientifica? Le più note sono la falsificazione dei dati, la mancata considerazione dei coautori, comportamenti errati in caso di perizie, la scarsa assistenza ai collaboratori scientifici fino ad arrivare ai plagii.

I quattro principi fondamentali di affidabilità, onestà, rispetto e responsabilità su cui si basa l'integrità scientifica sono già saldamente ancorati nella cultura del METAS. Pertanto, fortunatamente, al momento non sono note violazioni di questo tipo. Ciononostante, sulla base del Codice di condotta sull'integrità scientifica delle Accademie svizzere delle scienze, il METAS ha sensibilizzato su questo tema i propri collaboratori scientifici e ha creato un punto di contatto in materia.



Accademie delle scienze in Svizzera: integrità scientifica



Forme di collaborazione nazionale e internazionale nel campo della ricerca.

Energia e mobilità

# La metrologia per un'integrazione più sicura delle energie rinnovabili

Le fonti di energia rinnovabili producono di norma corrente continua. La loro misurazione e il loro controllo richiedono una nuova serie di applicazioni di misurazione.

Il controllo e l'accumulo di fonti di energia rinnovabili dipendono ancora oggi da applicazioni di misurazione che non sono standardizzate e nemmeno ben consolidate. Il METAS sta lavorando per sostenere la transizione energetica sviluppando una tracciabilità metrologica completa per questi processi, nel progetto «DC Grids» per quanto riguarda la misurazione del fatturato e della qualità dell'energia elettrica e nel progetto «DigiCell» in riferimento allo stato di salute delle batterie.

## Misurazione della quantità di corrente continua e della qualità dell'energia elettrica nei moderni sistemi di alimentazione elettrica

Le microreti in corrente continua a media e bassa tensione stanno diventando sempre più importanti per integrare efficacemente le fonti di energia rinnovabili – in particolare negli scenari in cui i profili di produzione e di consumo possono essere pianificati con sufficiente precisione (ad esempio parcheggi, aeroporti, centri commerciali). Tuttavia, i malfunzionamenti causati da convertitori elettronici di potenza o dal collegamento alla rete a corrente alternata rimangono una sfida. La tecnica di misurazione esistente è concepita principalmente per le reti a corrente continua tradizionali, in cui il segnale di potenza è in gran parte costante.

Nel nuovo scenario, tuttavia, i livelli di corrente continua sono soggetti a oscillazioni in funzione della disponibilità di energie rinnovabili, e inoltre possono comparire componenti di segnale indesiderate. Il progetto dell'EPM «DC Grids» (EPM = European Partnership on Metrology) ha affrontato la problematica della misurazione dell'entrata e del monito-

raggio della qualità della rete in microreti a corrente continua. Il METAS ha diretto un'unità di lavoro e coordinato lo sviluppo di sistemi di riferimento in grado di riprodurre segnali di corrente continua in condizioni nominali e distorte. Tali sistemi di riferimento servono a valutare diverse classi di strumenti di misura, sia per il calcolo degli addebiti sia per l'analisi della qualità della rete. Si tratta di un primo passo verso la definizione precisa dei requisiti di potenza e dei limiti di compatibilità nelle microreti a corrente continua. Entrambi gli aspetti sono essenziali per garantire un funzionamento stabile e sicuro della rete elettrica.

## Incertezza nelle misurazioni delle batterie e IA

Lo State of Health (SOH) delle batterie agli ioni di litio è un indicatore della loro capacità in condizioni nominali. La misurazione della capacità mediante caricamento e scaricamento richiede tempo ed energia. La spettroscopia di impedenza elettrochimica (EIS), che misura la risposta di una batteria a segnali elettrici, è un metodo rapido di risparmio energetico per misurare il valore SOH in combinazione con gli algoritmi di Machine Learning (ML, si veda il riquadro).



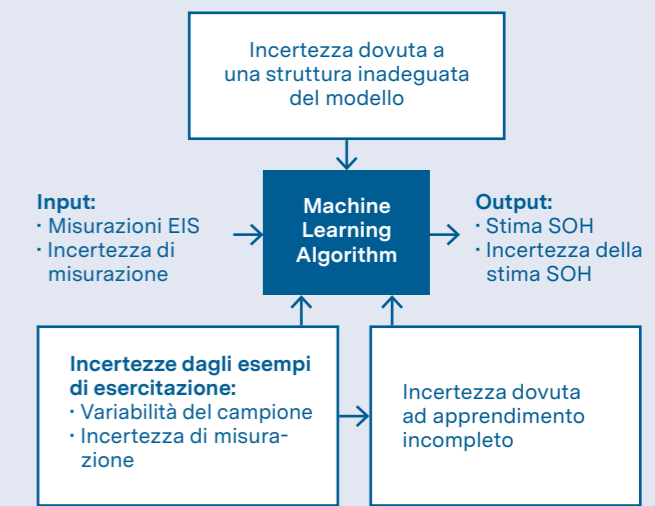
Nel progetto «DigiCell», il METAS sviluppa un metodo per quantificare l'incertezza delle previsioni dei modelli di ML che viene applicato alla stima del valore SOH.

Gli algoritmi di ML sono validi ma soggetti alle incertezze derivanti dai dati (incertezze di misura, variabilità) e dai modelli stessi. Se tali incertezze vengono ignorate possono compromettere l'attendibilità del risultato, il che a sua volta avrebbe ripercussioni economiche e ambientali. Con l'ausilio di questa metodologia, il METAS intende garantire l'affidabilità dei modelli di ML e contribuire così all'ottimizzazione dei processi di produzione e alla manutenzione predittiva delle batterie.

Sebbene il progetto si concentri sulle batterie agli ioni di litio, le possibilità di applicazione della tecnologia sono molto più ampie: la metodologia sviluppata può essere applicata a gran parte dei problemi di metrologia in cui vengono utilizzati modelli di ML, offrendo così soluzioni su misura per le esigenze dell'industria.

## Che cos'è il Machine Learning?

Il Machine Learning (ML) è una tecnica dell'intelligenza artificiale che consente ai computer di risolvere problemi analizzando dati senza essere esplicitamente programmati per farlo. Utilizzando degli esempi (di solito moltissimi), il sistema riconosce schemi ed effettua previsioni. Ad esempio, è in grado di prevedere lo stato di salute di una batteria (SOH) sulla base di misurazioni complesse. Si tratta di una tecnologia chiave per l'ottimizzazione dei processi industriali.



Panoramica delle fonti di incertezza in caso d'uso di algoritmi ML applicati alla caratterizzazione delle batterie.

## Iniziativa congiunta per una collaborazione britannico-svizzera in metrologia

Nel 2024 il METAS ha intensificato la collaborazione con il National Physical Laboratory (NPL) britannico per uno scambio di conoscenze e per sfruttare le possibilità di finanziamento previste dal nuovo Memorandum of Understanding (MoU) tra la Svizzera e il Regno Unito. In questo contesto, il METAS ha ricevuto la visita di una delegazione dell'NPL accompagnata da Martina Novakova, responsabile Scienza e Innovazione all'Ambasciata britannica a Berna.



La delegazione britannica al METAS (da sx): la Dott.ssa Deborah Ritzmann (NPL), il Dott. Peter Davis (NPL), Martina Novakova (Science & Innovation Officer dell'Ambasciata britannica di Berna), il Dott. Guglielmo Frigo (METAS), il Dott. Marc-Olivier André (METAS).

Salute e scienze della vita

# Misurazioni per la vita: contaminanti di processo, microflussi e radionuclidi

Nel 2024, i laboratori del METAS hanno ampliato le loro possibilità di misurazione e produzione per la sicurezza alimentare e la medicina.

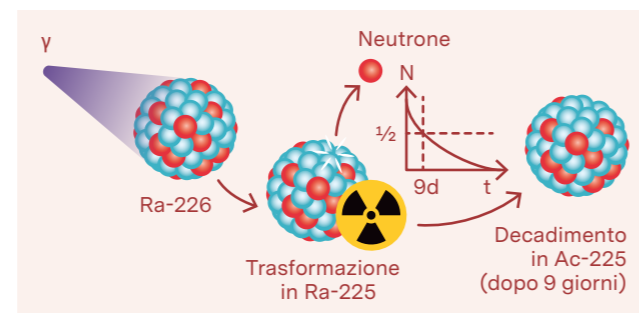
Negli ultimi anni, il METAS ha sviluppato in modo significativo le scienze della salute e della vita. In questo contesto, il METAS ha approfondito le misurazioni dei contaminanti di processo negli alimenti, la descrizione metrologicamente precisa di flussi molto piccoli e la produzione di radionuclidi per il trattamento dei tumori. In questi tre ambiti di grande rilevanza, il METAS contribuisce direttamente al miglioramento della qualità della vita in Svizzera.

## Reazioni fotonucleari per la teragnostica

Un approccio innovativo all'oncologia abbina elementi radioattivi e molecole selettive per marcare con precisione il tessuto tumorale o distruggerlo (terapia e diagnostica). Per farlo si serve di elementi come l'attinio-225, che tuttavia è disponibile in quantità molto limitate in tutto il mondo. Per superare questa difficoltà, il METAS ha sviluppato dei processi produttivi efficienti in collaborazione con l'Università di Berna. L'attinio-225 è stato sintetizzato per via fotonucleare attraverso l'irradiazione del radio-226 con raggi X ad alta energia. Questo metodo è facile da gestire e utilizza acceleratori di neutroni come quello del METAS per produrre i raggi X necessari.

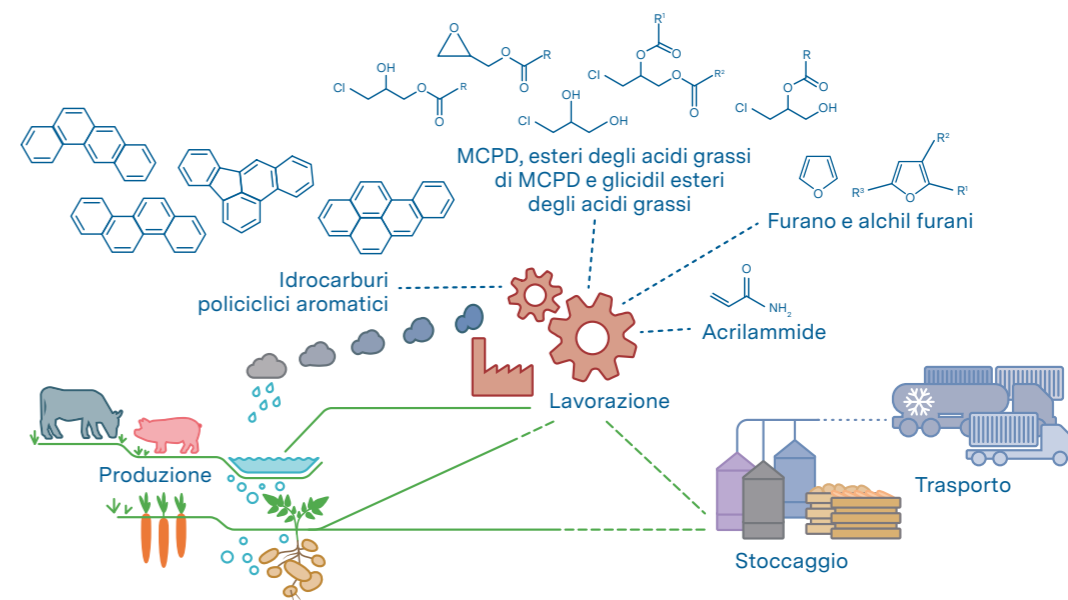
Il METAS ha studiato questo percorso di produzione e lo ha sviluppato irradiando oltre sessanta campioni con diversi materiali di partenza. Per aumentare il tasso di produzione, l'acceleratore è stato ampliato ed è stato consolidato un nuovo metodo per misurare con precisione i tassi di produzione. Per l'uso industriale, la potenza dell'acceleratore di elettroni deve essere notevolmente aumentata, il che comporta sfide tecniche nella generazione dei raggi X.

Un concetto innovativo per la gestione dello stress termico è stato sviluppato sulla base di un principio di pompaggio ideato da Nikola Tesla. Un prototipo è stato testato con successo e brevettato. Si sono compiuti i primi passi per testare acceleratori più potenti.



Se i raggi X hanno abbastanza energia, il radio-226 viene trasformato in radio-225 che poi decade come desiderato in attinio-225.

Contaminanti di processo negli alimenti



## Determinazione di contaminanti di processo negli alimenti

I contaminanti di processo sono sostanze indesiderate che si formano durante la lavorazione degli alimenti, ad esempio durante il riscaldamento ad alte temperature, la raffinazione, la fermentazione, l'affumicatura o l'essiccazione e possono avere effetti negativi sulla salute umana. I controlli dei valori massimi stabiliti per legge di queste sostanze negli alimenti devono essere effettuati in Svizzera e nell'UE con analisi comparabili.

Ciò è garantito dalla rete costituita dal laboratorio europeo di riferimento per i contaminanti di processo (EURL-PC) e dai laboratori di riferimento nazionali (NRL-PC). In qualità di NRL-PC della Svizzera, il laboratorio Analisi organica e riferimenti del METAS funge da interfaccia tra i laboratori ufficiali e l'EURL-PC.

Oltre ai metodi utilizzati finora per la determinazione di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), monocloropropandioli (MCPD) liberi ed esterificati con diversi acidi grassi e glicidil esteri degli acidi grassi (GE) negli alimenti, lo spettro di metodi del METAS è stato ampliato con la determinazione di acrilammide, furano e alchil furani negli alimenti. La comparabilità dei risultati analitici ottenuti con questi metodi è stata dimostrata con successo in diversi test di idoneità organizzati dall'EURL-PC.



Laboratorio di riferimento nazionale per i contaminanti di processo

## Taratura di microflussi con qualità eccellente

Il METAS dispone di impianti con sistemi a pistoni (fig. 1) e misurazione gravimetrica della portata (fig. 2) per misurazioni con fluidi di processo e profili di scorrimento non costanti. Queste misure di caratterizzazione sono tipiche delle applicazioni nel dosaggio dei fluidi di processo utilizzati nell'industria farmaceutica, nella chimica dei fluidi e nelle applicazioni microfluidiche.

Il METAS è l'Istituto nazionale di metrologia leader a livello mondiale in termini di esperienza e precisione nella taratura tracciabile di microflussi fino a 20 nL/min. Tutti gli influssi delle condizioni ambientali e delle proprietà dei fluidi sono stati quantificati e considerati nel calcolo dettagliato dell'incertezza di misura dei microflussi corrispondenti. Per questo motivo il METAS ha organizzato come laboratorio pilota il primo confronto internazionale di misurazioni da parte di sei istituti di metrologia con tali piccoli flussi. Il tutto è registrato presso il Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) come CCM.FF-K1.2022. Le incertezze di misura indicate nell'intervallo di portata da 10,0  $\mu$ L/min a 0,1  $\mu$ L/min sono state convalidate con successo e confermano le eccellenti capacità di misurazione di questi impianti. ●



Fig. 1: Sistema a pistoni dell'impianto Microflow del METAS: (A) tavolo lineare di alta precisione, (B) sistema di misurazione lineare, (C) pistone, (D)+(E) montaggio e posizionamento del pistone.



Fig. 2: Misurazione gravimetrica della portata rispetto al campo di pesata della bilancia con terminale di uscita e recipiente.

Nozioni di base e nuove tecnologie

# Tecniche ottiche per misurazioni sul campo e distribuzione del tempo

La tecnologia laser consente misurazioni elettriche sul campo e distribuzione del tempo attraverso il protocollo White Rabbit.

Il METAS utilizza tecniche di spettroscopia laser per individuare singoli atomi, i cosiddetti atomi di Rydberg, per la misurazione dell'intensità di campo elettrico. Inoltre, tramite laser e fibre ottiche viene trasmesso il protocollo White Rabbit, che consente una distribuzione del tempo ad alta precisione da parte del METAS.

## Sensing quantistico con atomi di Rydberg

I campi elettrici sono parte integrante della quotidianità del METAS. Vengono utilizzati, ad esempio, per elaborare informazioni su computer o per trasmetterle con il telefono cellulare. Per misurare questi campi, finora sono stati utilizzati principalmente contatti metallici o antenne. Lo svantaggio è che i campi vengono distorti dalla misurazione e di conseguenza aumentano le incertezze di misura.

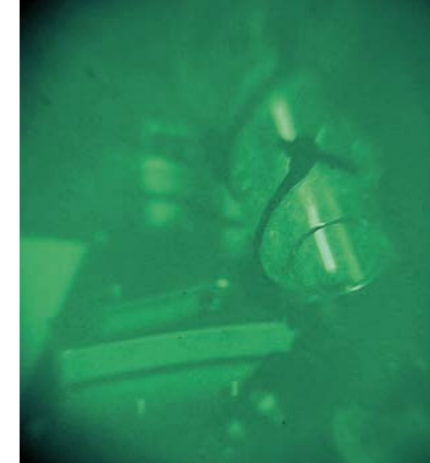
Il METAS sta lavorando per misurare i campi elettrici mediante atomi di Rydberg (si veda il riquadro) che distorcono molto meno il campo. Il progetto «OnMicro» mira a utilizzare atomi di Rydberg per misurare campi elettrici su wafer, il che è utile per la produzione di circuiti integrati. A tal fine, lo stato della tecnica nel campo degli atomi di Rydberg deve essere migliorato mediante una cella di misurazione

appositamente progettata e una tecnica di lettura migliorata. Questo obiettivo viene perseguito in collaborazione con l'Università di Basilea.

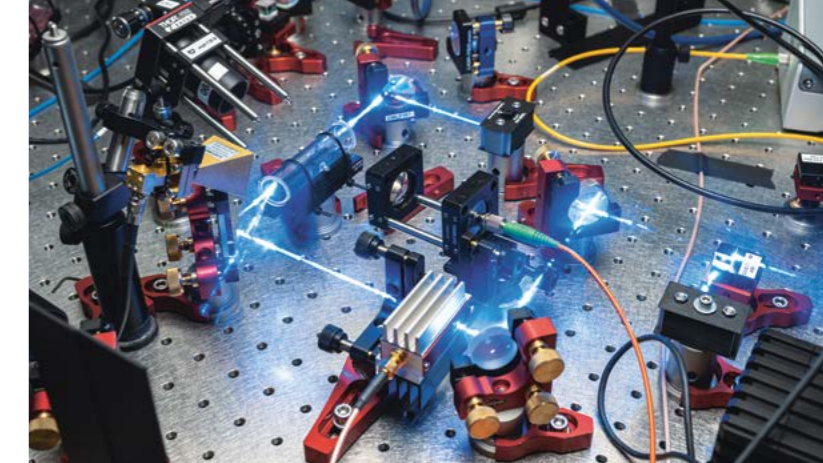
Per poter accedere direttamente a questa tecnologia nel METAS e poter gestire autonomamente ulteriori sviluppi e nuove applicazioni, è stato creato un secondo progetto «QUSPR» (QUantum Sensing on Planar Rf circuits). Il progetto prevede la realizzazione di un laboratorio per gli atomi di Rydberg che copia i lavori preliminari dell'Università di Basilea nel progetto «OnMicro» ma utilizza atomi di cesio al posto del rubidio. Il vantaggio del cesio è la naturale purezza isotopica che consente misurazioni più precise rispetto al rubidio.



Cella a vapore alcalina (tubicino blu, al centro) per gli atomi di Rydberg. In basso nell'immagine si trova l'antenna a tromba color oro per i campi elettrici.



Fluorescenza del laser rosso nel vapore di rubidio ripresa con una telecamera a infrarossi.



Struttura di misurazione con raggi laser blu e rossi resi visibili (il laser rosso è appena riconoscibile).

## Atomi di Rydberg

Con il termine atomi di Rydberg si intendono atomi quasi ionizzati. Ciò significa che l'elettrone più esterno è lontano (fino a 500 nm) dal nucleo dell'atomo, per cui i campi elettrici esterni hanno un forte influsso sull'atomo. Questo porta a una scissione delle linee spettrali proporzionale all'intensità del campo, il che consente di convertire l'intensità del campo dell'atomo di Rydberg in una frequenza. Dal punto di vista metrologico questo è altamente auspicabile, poiché le frequenze possono essere misurate con la massima precisione.

## TDIS – diffusione di scale temporali ad alta precisione

Alla luce delle attuali sfide in materia di sicurezza, il White Rabbit (WR, si veda il riquadro) si è dimostrato una tecnologia promettente per la diffusione ad alta precisione di scale temporali tramite fibre ottiche. Questo metodo offre una solida alternativa alle tecnologie satellitari attualmente in uso e consente alle aziende e alle istituzioni di importanza strategica di garantire l'affidabilità ottimale dei loro sistemi.

Il progetto «TDIS» (Time DISsemination) è una cooperazione tra il METAS, la Fondazione SWITCH (che gestisce la rete nazionale svizzera di ricerca e formazione – National Research and Education Network, NREN), Armasuisse e l'azienda SIX Group (responsabile dell'infrastruttura della Borsa Svizzera).

L'obiettivo principale era sviluppare un prototipo di rete per valutare le prestazioni della tecnologia WR come soluzione per servizi di distribuzione del tempo altamente precisi e affidabili su lunghe distanze in Svizzera.

Questo prototipo di rete collega le città di Berna, Basilea, Zurigo, Olten e Neuchâtel con un anello lungo circa 500 chilometri. È stato possibile dimo-

strare la distribuzione della scala temporale svizzera ufficiale (UTC [CH]) con una precisione superiore a un nanosecondo, confermando che il WR può essere utilizzato come alternativa credibile alle attuali tecniche di distribuzione temporale. Inoltre, questa rete opera nella «banda L» (lunghezza d'onda: 1565-1625 nm) e non è quindi in concorrenza con il classico traffico dati nella «banda C» (lunghezza d'onda: 1530-1565 nm). In questo modo il WR rimane compatibile con le reti di telecomunicazione in fibra ottica esistenti in Svizzera. ●

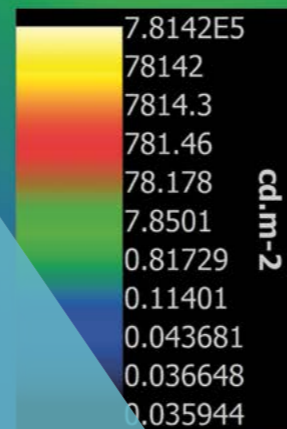
## Funzionamento del WR

Il White Rabbit (WR) consente la distribuzione precisa di informazioni temporali tramite fibra ottica con una precisione di fino a poche decine di picosecondi ( $10^{-12}$  s). Un collegamento WR tra due punti è costituito da due segnali opposti (Rx per ricezione e Tx per invio). Il WR può raggiungere questo livello di precisione bilanciando la differenza di durata di tali segnali. La tecnologia compensa inoltre gli effetti di disturbo, come le variazioni di lunghezza della fibra ottica dovute alle oscillazioni di temperatura, garantendo una stabilità ancora maggiore.

Industria

# Caratterizzazione degli standard di riferimento

Per misurare in modo tracciabile gli standard di riferimento sono stati utilizzati vari procedimenti diversi.



Un'immagine di luminanza HDR della sorgente «HiDyni» acquisita da un sistema di imaging (telecamera).

Da un lato vengono elaborati standard di riferimento per caratterizzare i sistemi di misurazione, come nel progetto «HiDyn». Dall'altro, gli standard di riferimento vengono caratterizzati anche con un rivelatore integrale (per gli standard di brillantezza) o con un microscopio a scansione a microonde (nel progetto «ELENA»).

## Valutazione dell'abbagliamento e della luce di disturbo con sistemi di imaging

Il progetto «HiDyn» mira a standardizzare i sistemi di imaging ad alta gamma dinamica (High Dynamic Range, HDR) per la misurazione della distribuzione della luminanza, fondamentale per la valutazione dell'abbagliamento e della luce di disturbo. Queste misurazioni sono indispensabili per la valutazione dei fari delle auto a LED o basati su laser e dell'illuminazione interna/esterna.

Gli obiettivi del progetto sono lo sviluppo di standard di riferimento per la luminanza ad alto contrasto dinamico, la convalida delle misurazioni della luminanza HDR, lo sviluppo di un algoritmo HDR armonizzato e la creazione di linee guida per la valutazione dell'incertezza di misura. Ciò favorirà il processo legislativo sull'abbagliamento e sulla luce di disturbo, migliorerà la sicurezza e il comfort negli ambienti di illuminazione e aumenterà l'ergonomia sul posto di lavoro e la sicurezza nella circolazione stradale.

Nel progetto si stanno anche elaborando strumenti e linee guida per misurazioni HDR tracciabili. Il progetto «HiDyn» mira a garantire la riproducibilità e la comparabilità delle misurazioni HDR e contribuisce

a ridurre i rischi associati all'abbagliamento e alla luce di disturbo. In questo modo si contribuisce alla sicurezza pubblica, alla protezione dell'ambiente e al miglioramento del comfort visivo con luce diurna e notturna.

Il METAS ha realizzato la sorgente luminosa «HiDyni» con una gamma dinamica di sei decenni e l'ha caratterizzata e convalidata con sistemi di imaging HDR secondo le direttive definite.

## Misurazioni elettriche con elevata risoluzione spaziale

L'elettronica di consumo, le tecnologie quantistiche innovative e le applicazioni per l'Internet delle cose si basano su semiconduttori per i quali una caratterizzazione affidabile delle proprietà elettriche su nanoscala e microscala è indispensabile per l'innovazione e la competitività a livello europeo. La misurazione di tali proprietà consente di valutare i parametri critici utilizzati per determinare le prestazioni di materiali e componenti elettronici.



Sito web del progetto «EPM 21NRM01 HiDyn»

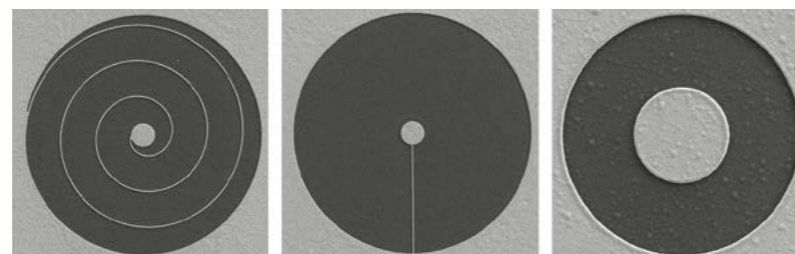
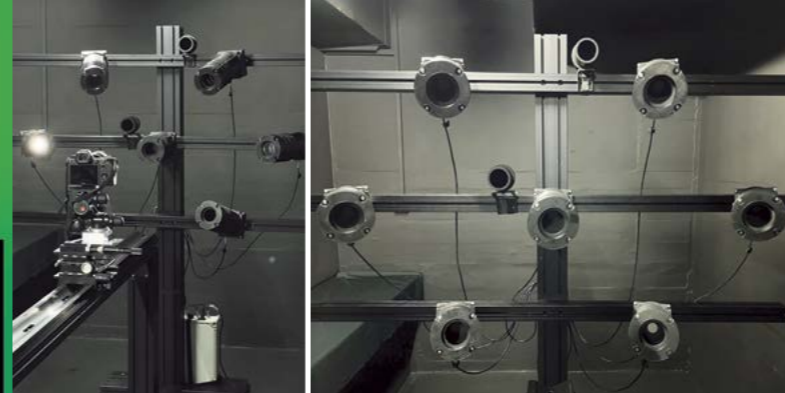


Fig. 1: Immagine al microscopio elettronico degli standard di riferimento nel progetto «ELENA».



La sorgente «HiDyni» a elevato contrasto di luminanza in azione. A sinistra: vista generale, a destra: vista della telecamera.

Il METAS ha partecipato al progetto europeo «ELENA» (ELEctrical NANoscale metrology in industry). Come strumento di misurazione, il METAS ha utilizzato un microscopio a scansione a microonde che consente misurazioni elettriche con elevata risoluzione spaziale. L'istituto di metrologia si è concentrato su come rendere affidabili le misurazioni. A tal fine sono stati sviluppati standard di riferimento, metodi di taratura robusti e un software. Il progetto ha contribuito in modo significativo a stabilire principi metrologici anche per misurazioni elettriche su piccola scala, in modo da poterne specificare quantitativamente la precisione. La fig. 1 mostra le strutture in oro su sottili membrane realizzate dal METAS con procedimenti specializzati nella camera bianca del CMI (Center of MicroNano Technology dell'EPFL) di Losanna. Dalla geometria delle strutture in oro è possibile determinare aritmeticamente le caratteristiche elettriche degli standard. Il diametro tipico di questi standard è di circa quaranta micrometri.



Sito web del progetto «ELENA»

## Brillantezza – nuove misurazioni dell'aspetto esteriore

L'aspetto esteriore di una superficie può essere descritto da diversi parametri, tra cui colore, brillantezza, trasparenza e struttura. Negli ultimi anni, presso il laboratorio Ottica sono state sviluppate tre stazioni di misura per la caratterizzazione di colore e struttura. La gamma di misurazioni dell'aspetto è stata ora ampliata con una nuova stazione di misura per le misurazioni della brillantezza.



La stazione di misurazione per le misurazioni della brillantezza è pronta per misurare un campione lucido.



Scala di brillantezza da scarsa (in alto) a elevata (in basso).

La brillantezza è definita come il rapporto tra il flusso luminoso di una data sorgente luminosa e di un dato angolo di ricezione riflesso da un oggetto in direzione speculare (uguale e opposta all'angolo di incidenza) e il flusso luminoso riflesso in direzione speculare da una lente con indice di rifrazione specifico. Per distinguere la brillantezza di diversi campioni si eseguono misurazioni su tre geometrie: 20° per i campioni ad alta brillantezza, 60° per quelli a media brillantezza e 85° per quelli a brillantezza opaca.

La struttura di misurazione della brillantezza consente di misurare in modo automatico fino a quattro campioni contemporaneamente in tre diverse geometrie di misura. L'incertezza di misura auspicata è inferiore a 0,5 unità di brillantezza per campioni altamente lucidi. La stazione di misura è adatta a un'ampia gamma di dimensioni dei campioni: da 55 × 15 mm a 115 × 115 mm.

Per validare tale stazione di misura è stato avviato un confronto internazionale di misurazione (EURAMET. PR-S7.2024) per misurare la brillantezza. Il METAS si assume il ruolo di laboratorio pilota, mentre NRC (Canada) e LNE (Francia) collaborano come laboratori partecipanti. Questo confronto di misurazione consente al METAS di ottenere CMC nel campo della misurazione della brillantezza.

Ambiente, clima e risorse naturali

# Misurazioni innovative delle emissioni prodotte dall'agricoltura e dai trasporti

Le attività di ricerca del METAS contribuiscono a misurazioni precise delle emissioni di inquinanti atmosferici. Su questa base è possibile adottare misure di riduzione e migliorare i controlli sulle emissioni.

Le emissioni di inquinanti atmosferici possono nuocere all'essere umano e al suo ambiente naturale. Misurazioni precise sono indispensabili per rilevare e ridurre le emissioni a livello locale. L'emissione di ammoniaca dall'allevamento di animali da reddito e il rilascio di particolato dai motori diesel sono due temi di cui il METAS si occupa nei suoi progetti di ricerca. I seguenti esempi tratti dai laboratori del METAS illustrano come approcci innovativi di misurazione possano migliorare la comprensione delle emissioni prodotte dall'agricoltura e dai trasporti.

## Misurazione riferibile all'SI delle emissioni di ammoniaca nell'allevamento di animali da reddito

Le emissioni eccessive di azoto compromettono la salute umana e la biodiversità degli ecosistemi seminaturali in tutto il mondo. Una delle principali fonti di tali emissioni in Europa è l'allevamento di animali da reddito, che immette azoto nell'atmosfera sotto forma di ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ).<sup>1</sup> Gli sforzi volti a ridurre tali emissioni sono ostacolati dalle grandi incertezze relative ai calcoli delle emissioni. Un monitoraggio affidabile e riferibile all'SI è quindi

<sup>1</sup> Sutton, Mark A., et al., eds. The European nitrogen assessment: sources, effects and policy perspectives. Cambridge University Press, 2011.

indispensabile per attuare strategie di riduzione efficaci. Questo obiettivo viene perseguito nell'ambito del progetto di ricerca europeo «quantiAGREMI», al quale il METAS fornisce un contributo determinante.

Per misurazioni affidabili dell' $\text{NH}_3$  nelle stalle sono necessarie adeguate miscele di gas di riferimento con una composizione simile a quella dell'aria campionata. Si tratta di un compito difficile, perché l' $\text{NH}_3$  è reattivo e l'aria delle stalle è umida e contiene numerosi componenti che possono interferire con le misurazioni. In risposta a questa esigenza, il laboratorio Analisi di gas del METAS ha ulteriormente sviluppato un generatore di gas di riferimento mobile (ReGaS3) per produrre in loco miscele di gas di riferimento umide riferibili all'SI.

Nell'ambito del progetto di ricerca, in una stalla sperimentale del Centro di competenza della Confederazione per la ricerca agraria (Agroscope) è stato anche testato se gli strumenti di misurazione rilevano correttamente il contenuto di  $\text{NH}_3$  nell'aria delle stalle e quali materiali sono adatti per il campiona-

Evaporatore per l'umidificazione delle miscele di gas di riferimento.



Generatore di gas (ReGaS3) per la produzione di miscele di gas di riferimento.



mento dell'aria. Grazie a questi risultati e al generatore di riferimento mobile, ora nelle stalle è possibile effettuare misurazioni dell' $\text{NH}_3$  con una minore incertezza.

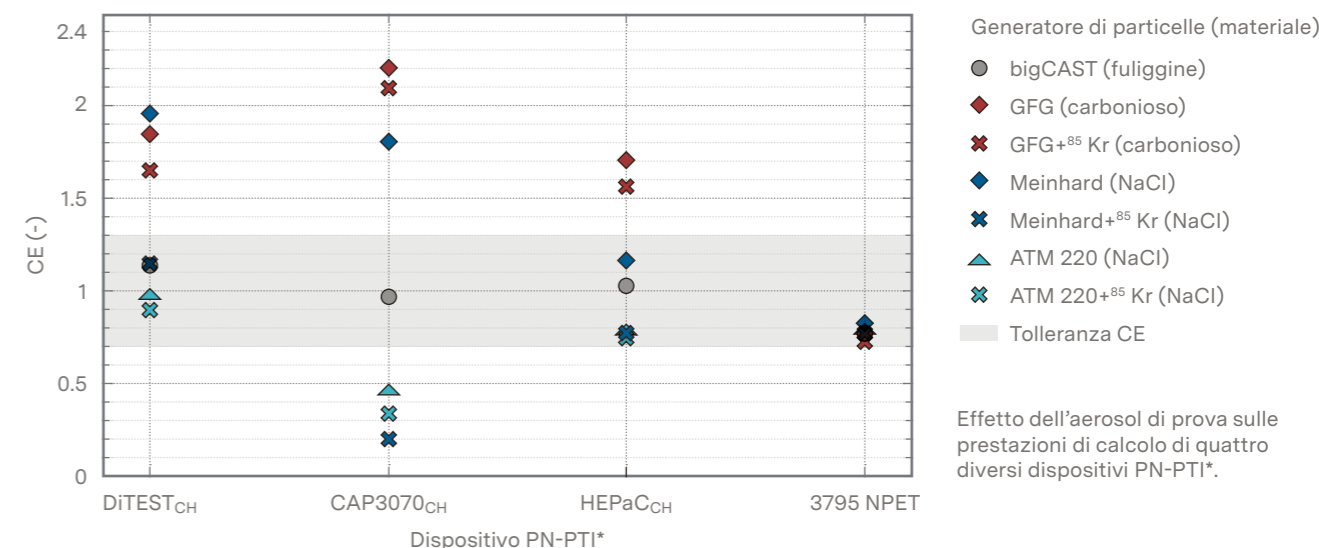
## Effetto dell'aerosol di prova sull'efficienza di misurazione dei contatori di particelle

Nella maggior parte delle aree urbane, i veicoli contribuiscono in modo significativo all'inquinamento atmosferico. Dotare i motori diesel di filtri antiparticolato per diesel (FAD) è stato un grande passo avanti nel controllo delle emissioni. Tuttavia, in alcuni casi i FAD vengono manomessi o sono difettosi, per cui le emissioni di particolato dei veicoli possono superare il limite di omologazione. Una piccola percentuale (circa il 10%) dei veicoli può essere responsabile di fino all'80-90% delle emissioni totali della flotta.



Articolo sull'effetto dell'aerosol di prova sull'efficienza di misurazione dei contatori di particelle

Per ridurre le emissioni di particolato dei motori diesel con filtro antiparticolato, in Svizzera è stata introdotta una nuova procedura per il controllo tecnico periodico dei veicoli basata sulla misurazione del numero di particelle. Uno studio condotto dal METAS ha esaminato gli effetti della scelta dell'aerosol di prova sull'efficienza di misurazione dei contatori di particelle. L'efficienza di misurazione di alcuni strumenti dipende fortemente dalla morfologia degli elementi del test. Il confronto con un motore diesel senza FAD ha dimostrato che gli aerosol di combustione dei generatori di aerosol commerciali sono il miglior proxy per le emissioni di particolato dei motori diesel dei veicoli. Questa constatazione può aiutare le autorità statali a ottimizzare il processo di taratura e verifica annuale dei contatori di particelle. ●



\* PN-PTI: Particle Number - Periodic Technical Inspection (monitoraggio tecnico periodico)

# Impegno in organizzazioni nazionali e internazionali

Il METAS dispone di un'ottima rete di contatti all'interno di organizzazioni nazionali e internazionali e partecipa attivamente ai loro importanti comitati. Il METAS è generalmente apprezzato come partner competente e affidabile.

La collaborazione nel campo della metrologia è indispensabile (si veda la doppia pagina 10-11, «Ricerca e sviluppo»). Solo grazie ad essa è stato possibile sostituire la molteplicità di unità di misura e sistemi di unità regionali coesistenti con il Sistema internazionale di unità di misura (SI) valido in tutto il mondo. I requisiti armonizzati a livello internazionale per gli strumenti e i metodi di misurazione consentono innanzitutto di utilizzarli nel commercio. Altrettanto importante per il METAS è la collaborazione nazionale e internazionale.

Una parte sostanziale della cooperazione internazionale si svolge nell'ambito dell'Associazione degli Istituti nazionali di metrologia europei (EURAMET). Un ruolo importante è svolto anche dall'Associazione europea di metrologia legale (WELMEC).

All'interno della Svizzera, il METAS cura impegni a lungo termine in società/organizzazioni specialistiche nazionali (ad esempio Electrosuisse, SCS, SGSMP/SSRFM, SLG, SFC, SPG/SPS) e comitati di normalizzazione (ad esempio CES, SNV, VSS) nonché presso Swissmem nella Swiss Quantum Industry Network.

## Una selezione delle rappresentanze di specialisti del METAS in comitati e istituzioni

**Dott. Philippe Richard, CIPM (BIPM):** il direttore del METAS è vicepresidente del CIPM da marzo 2023. Richard ricopre inoltre la presidenza del sottocomitato Finanze del CIPM e del sottocomitato Governance del CIPM.

**Dott. Fabiano Assi, SAS:** il responsabile della Divisione di Fisica del METAS fa parte dal 1° gennaio 2024 della Commissione federale di accreditamento (AKKO) del Servizio di accreditamento svizzero (SAS).

**Dott. Hanspeter Andres, EURAMET:** il responsabile della Divisione di Chimica e Biologia del METAS fa parte del Board of Directors di EURAMET dal 30 maggio 2023.

**Dott. Bob Joseph Mathew, CIML (OIML):** il responsabile della Divisione di Metrologia legale del METAS presiede dall'ottobre 2023 il Comité International de Métrologie Légale (CIML). Si tratta dell'autorità decisionale dell'Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML). Mathew è stato eletto presidente del CIML per sei anni.

**Dott. Peter Blattner, CIE e CIPM:** il Chief Metrology Officer (CMO) del METAS, dopo i suoi anni di presidenza del CIE supporta il consiglio direttivo del CIE in veste di Past-President. Inoltre, da novembre 2023 è delegato al Forum per la metrologia e la digitalizzazione del CIPM.

**Dott. Hugo Lehmann, IMEKO e CIM:** il Chief Partnership and Technology Transfer Officer del METAS è il delegato svizzero dell'IMEKO da settembre 2023. Nell'agosto del 2024 ha rappresentato la Svizzera al Consiglio generale dell'IMEKO e al Congresso mondiale dell'IMEKO di Amburgo. Hugo Lehmann è anche membro del comitato organizzativo del CIM2025 di Lione.

### Nazionali

**CES**  
Organizzazione elvetica per le norme dell'elettrotecnica  
› [electrosuisse.ch](http://electrosuisse.ch)

**Electrosuisse**  
Associazione per l'elettrotecnica, la tecnica energetica e l'informatica  
› [electrosuisse.ch](http://electrosuisse.ch)

**SCS**  
Swiss Chemical Society  
› [scg.ch](http://scg.ch)

**SGSMP/SSRFM**  
Società Svizzera di Radiobiologia e di Fisica Medica  
› [ssrpm.ch](http://ssrpm.ch)

**SLG**  
Associazione svizzera per la luce  
› [slg.ch](http://slg.ch)

**SFC**  
Swiss Society for Food Chemistry  
› [swissfoodchem.ch](http://swissfoodchem.ch)

**SPG/SPS**  
Società svizzera di fisica  
› [sps.ch](http://sps.ch)

**SNV**  
Associazione svizzera di normalizzazione  
› [snv.ch](http://snv.ch)

**Swissmem**  
Associazione dell'industria tecnologica svizzera (industria metalmeccanica, elettronica e metallurgica nonché settori tecnologici affini)  
› [swissmem.ch](http://swissmem.ch)

**VSS**  
Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti  
› [vss.ch](http://vss.ch)

### Internazionali

**BIPM**  
Bureau International des Poids et Mesures  
› [bipm.org](http://bipm.org)

**CEN/CENELEC**  
Comité Européen de Normalisation en Électrotechnique  
› [cencenelec.eu](http://cencenelec.eu)

**CGPM**  
Conférence Générale des Poids et Mesures  
› [bipm.org](http://bipm.org)

**CIE**  
Commission Internationale de l'Éclairage  
› [cie.co.at](http://cie.co.at)

**CIM**  
Congrès International de Métrologie  
› [cim-metrology.org](http://cim-metrology.org)

**CIPM**  
Comité International des Poids et Mesures  
› [bipm.org](http://bipm.org)

**EMETAS**  
European Metrological Type Approvals Service  
› [emetas.net](http://emetas.net)

**EURACHEM**  
A Focus for Analytical Chemistry in Europe  
› [eurachem.org](http://eurachem.org)

**EURAMET**  
European Association of National Metrology Institutes  
› [euramet.org](http://euramet.org)

**IEC**  
International Electrotechnical Commission  
› [iec.ch](http://iec.ch)

**IMEKO**  
International Measurement Confederation  
› [imeko.org](http://imeko.org)

**ISO**  
International Organization for Standardization  
› [iso.org](http://iso.org)

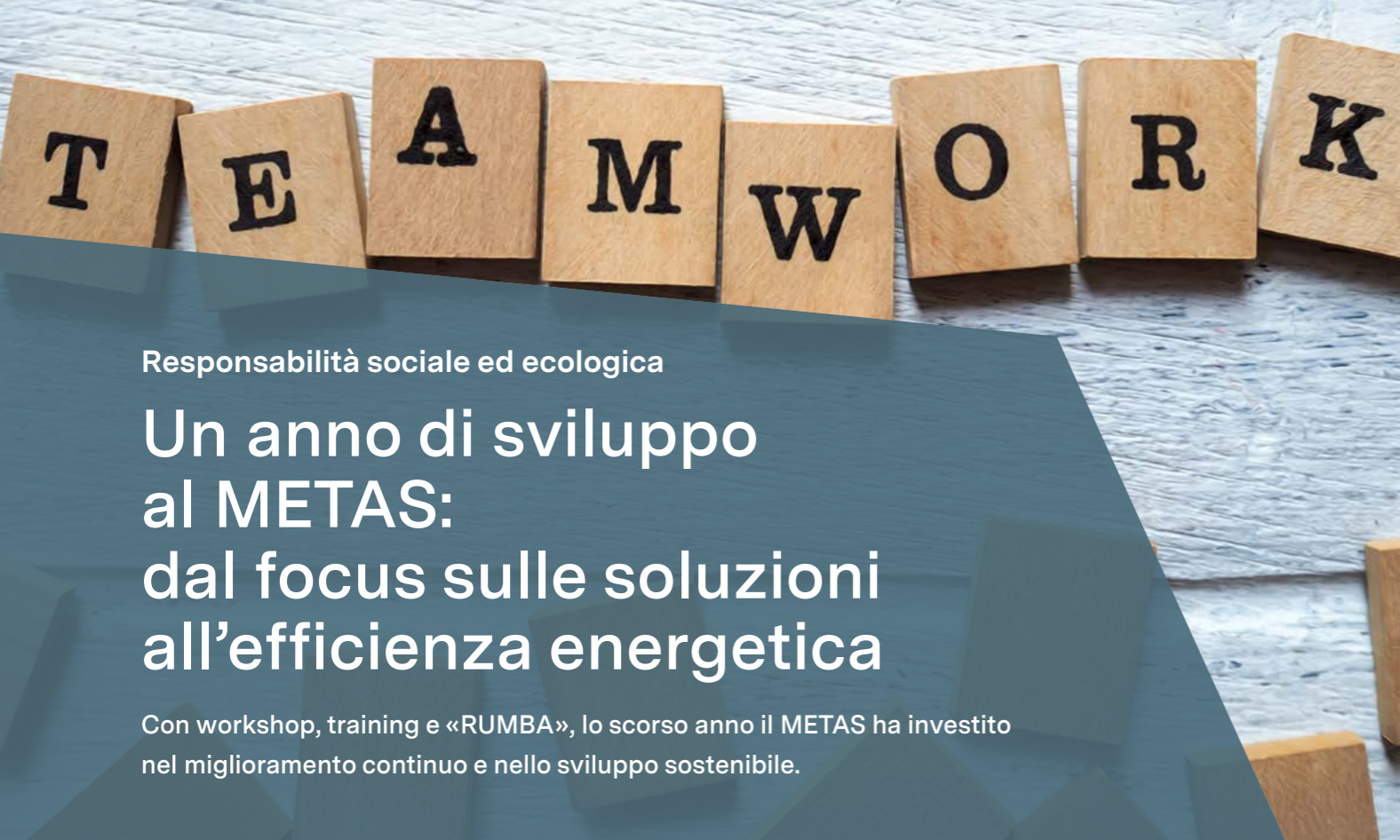
**NoBoMet**  
Notified Bodies in Metrology  
› [nobomet.org](http://nobomet.org)

**OIML**  
Organisation Internationale de Métrologie Légale  
› [oiml.org](http://oiml.org)

**WELMEC**  
European Cooperation in Legal Metrology  
› [welmec.org](http://welmec.org)

## Reti metrologiche europee (EURAMET)

Le reti metrologiche europee realizzano la visione di una capacità metrologica leader a livello mondiale di EURAMET e dei suoi membri. Insieme soddisfano le esigenze in rapida evoluzione degli utilizzatori finali con una ricerca scientifica all'avanguardia e un'infrastruttura efficiente e integrata. Per il METAS e la Svizzera questa collaborazione è fondamentale, motivo per cui il METAS partecipa attivamente a dieci delle dodici reti metrologiche attualmente esistenti. Nel 2024 il METAS ha aderito alla nuova rete «Clean Energy».



Responsabilità sociale ed ecologica

# Un anno di sviluppo al METAS: dal focus sulle soluzioni all'efficienza energetica

Con workshop, training e «RUMBA», lo scorso anno il METAS ha investito nel miglioramento continuo e nello sviluppo sostenibile.

Lo scorso anno il METAS ha compiuto progressi significativi in due ambiti: attraverso workshop incentrati sulle soluzioni, tutti i collaboratori sono stati sensibilizzati a una procedura più efficace, mentre parallelamente i dirigenti hanno potuto perfezionare le proprie competenze nell'ambito di training mirati. Sull'altro fronte, grazie al programma RUMBA il METAS ha ottenuto risultati impressionanti nell'aumento dell'efficienza energetica e nella sostenibilità. Queste misure testimoniano l'impegno del METAS per il miglioramento continuo e lo sviluppo sostenibile.

### Workshop Focus sulle soluzioni

Nel 2024, i collaboratori, i quadri e la direzione del METAS hanno partecipato a workshop interni di una giornata sul tema «Focus sulle soluzioni». È stata così attuata una misura emersa dal sondaggio tra il personale del 2023 («Formazione continua: sensibilizzare tutti i collaboratori sui temi «azione orientata alla soluzione» e «cultura dell'errore»»). L'obiettivo era offrire a tutti i dipendenti benefici personali per il loro lavoro quotidiano.

Dopo brevi input teorici, i partecipanti al workshop si sono occupati dell'approfondimento pratico di quanto appreso. I contenuti centrali erano, tra gli altri, «problema vs. soluzione», «margini di manovra», «ruoli», «motivi» e «condizione desiderata».

Inoltre, nell'ambito di una «conversazione davanti al camino», i partecipanti hanno potuto confrontarsi con un membro della direzione.

Per non perdere di vista l'attuazione concreta, tutti i dirigenti hanno concordato con i loro collaboratori un obiettivo di comportamento incentrato sulle soluzioni per il 2025.



Con il «gioco del bastone» appare chiaro quanto possa essere incredibilmente impegnativa la coordinazione propria di un gruppo. In realtà, il bastone dovrebbe essere semplicemente appoggiato sul pavimento...



La nuovissima auto elettrica del METAS alla stazione di ricarica esterna. Davanti, due delle quattro e-bike.

### Leadership training

Nel 2024 tutti i dirigenti hanno ricevuto il cosiddetto feedback a 270°, ovvero un riscontro dai propri collaboratori, colleghi e superiori. Da questi riscontri sono state ricavate misure personali per i dirigenti e sono stati individuati ambiti di sviluppo condivisi. Tali misure e ambiti hanno costituito la base tematica per tre training di leadership della durata di un giorno sui temi «comunicare in modo efficace», «ottimizzare la collaborazione nonostante le tensioni e gli errori», «gestione e sviluppo dei collaboratori guardando ai punti di forza».

Al termine di ogni formazione, tutti i partecipanti hanno ricevuto un incarico. Per discutere le misure di attuazione personali, tre mesi dopo i training è stata realizzata una mezza giornata di «retrospective». Affinché l'applicazione pratica prosegua anche nel 2025, tutti i dirigenti hanno ricevuto un obiettivo specifico dal proprio superiore nell'ambito del colloquio personale.

### Salvaguardare le risorse ambientali significa promuovere l'efficienza energetica

Nel 2024 il METAS ha compiuto notevoli progressi in termini di efficienza energetica grazie all'attuazione volontaria coerente del programma RUMBA (gestione delle risorse e management ambientale dell'Amministrazione federale).

RUMBA mira a ridurre al minimo il consumo energetico e l'impatto ambientale negli edifici federali. Attraverso misure mirate nell'impiantistica, come l'ammodernamento degli impianti di riscaldamento, ventilazione e climatizzazione nonché l'ottimizzazione delle condizioni di uffici e laboratori, il METAS è riuscito a ridurre la propria impronta ecologica.

Inoltre si è investito ulteriormente nella mobilità elettrica: alle cinque auto elettriche disponibili, che consumano in media circa 17 kWh/100 km, e alle due e-bike, nel 2024 si è aggiunta un'altra auto elettrica. Per integrare l'infrastruttura di ricarica già esistente nel garage del METAS, ora le auto elettriche possono essere ricaricate anche presso una stazione di ricarica esterna aggiuntiva situata davanti all'ingresso principale.

Piani quali la sostituzione dell'impianto di riscaldamento e la realizzazione di un impianto fotovoltaico per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> sono stati presentati all'Ufficio federale delle costruzioni e della logistica (UFCL) e saranno attuati nei prossimi anni. ●



Finestra con vista sul training di leadership.



Gestione delle risorse e management ambientale dell'Amministrazione federale RUMBA

Su mandato della Confederazione

## Misurazioni affidabili per il settore pubblico

Il METAS fornisce consulenze, servizi di misurazione e analisi complesse come prelievo di campioni, manutenzioni e controlli in laboratorio o sul posto, adempiendo così al suo mandato della Confederazione.

Diversi uffici federali necessitano di servizi di misurazione della massima affidabilità. Il METAS fornisce tali servizi anche a favore dell'Ufficio federale delle strade USTRA, dell'Ufficio federale della dogana e della sicurezza dei confini UDSC, dell'Ufficio federale della sanità pubblica UFSP e dell'Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria USAV.

Con i suoi servizi, il METAS supporta le autorità fornendo una valutazione sicura e di qualità dei campioni prelevati e delle misurazioni ordinate dall'amministrazione.

### Analisi chimiche e biologiche per gli studi di monitoraggio nazionali dell'USAV

La nostra salute viene influenzata in molti modi.

Con analisi chimiche e biologiche, il METAS sostiene attivamente l'USAV nel suo compito principale: promuovere attivamente la salute e il benessere di persone e animali.

Gli studi di biomonitoraggio umano, che raccolgono dati sullo stato di salute, sull'esposizione chimica e sullo stato nutrizionale della popolazione svizzera, forniscono preziose indicazioni non solo sullo stato di salute generale ma anche sugli influssi ambientali sulla nostra salute.

Attualmente al METAS vengono determinati, per due differenti studi, diversi oligoelementi ed elementi tossici (iodio, rame, selenio, zinco, arsenico, piombo, cadmio) e composti organici (bisfenoli, ftalati e composti alchilici perfluorurati e polifluorurati [PFAS]). Questo incarico comprende anche l'ottimizzazione dei metodi di analisi, per preparare e misurare in modo efficiente centinaia di campioni per le analisi.



Valutazione del livello di riempimento di una provetta, prima dell'inserimento nell'apposito dispositivo (in basso a destra nell'immagine). Al suo interno vengono elaborati campioni di sangue, siero e urine per la successiva analisi degli elementi.



Collegamento del MetaSpeed a uno strumento di misurazione della velocità fisso a Thun BE.

### MetaSpeed: nuovo strumento di prova per rivelatori a spira induttiva

Per rivelatori a spira induttiva si intendono fili di rame posati in modo fisso sul manto stradale che consentono di rilevare il passaggio di veicoli.

Se i rivelatori a spira induttiva vengono utilizzati per i controlli ufficiali della velocità o per la sorveglianza dei semafori rossi nella circolazione stradale, devono essere tarati ogni anno dal settore specialistico del traffico stradale. Con la taratura in loco vengono verificati parametri elettrici e si effettua un confronto della velocità con un sistema di riferimento. Tutti questi compiti di controllo sono ora coperti dal nuovo MetaSpeed, uno strumento di controllo compatto, robusto e alimentato a batteria.



Il MetaSpeed controlla tutti i rivelatori a spira induttiva su una strada in modo completo e automatizzato.

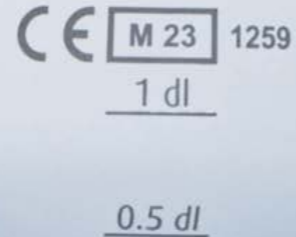
Con l'aiuto di partner interni ed esterni sono stati sviluppati e prodotti quattro esemplari. Il MetaSpeed consente di verificare in pochi minuti tutti i rivelatori a spira induttiva su una strada in modo completo e automatico. In questo modo è stato possibile aumentare sensibilmente l'efficienza, l'affidabilità e la sicurezza delle tarature su strade molto trafficate.

### Le analisi del METAS supportano il controllo delle merci dell'UDSC

Da alcuni anni il METAS supporta con analisi chimiche, fisiche e biologiche l'Ufficio federale della dogana e della sicurezza dei confini (UDSC) nei controlli del traffico transfrontaliero di merci. Nel 2025 sono stati analizzati 1459 campioni, dagli alimenti alla preparazione tecnica. Poiché tali campioni erano stati notati dai collaboratori dell'UDSC alla frontiera, sono stati inviati al METAS per un esame analitico approfondito. Per il 15% dei campioni è stato possibile dimostrare analiticamente incongruenze relative alla dichiarazione e/o alle imposte o tasse dovute. Il METAS contribuisce così all'affidabilità delle dichiarazioni delle merci e all'equità fiscale nel traffico transfrontaliero di merci. ●



I servizi analitici per i clienti del METAS richiedono un laboratorio dotato di attrezzature moderne e collaboratori ottimamente formati.



## La metrologia sul mercato

# Precisione per qualità, sicurezza e fiducia

L'infrastruttura di qualità della Svizzera garantisce che prodotti e servizi soddisfino gli standard più elevati.

Che si tratti di industria, commercio o tutela dei consumatori, un'infrastruttura di qualità funzionante è essenziale, perché garantisce misurazioni precise, norme chiare e certificazioni affidabili. Il METAS fornisce un contributo decisivo, creando le basi metrologiche per la precisione, la sicurezza e l'equità sul mercato.

### Il METAS è una parte importante dell'infrastruttura svizzera di qualità

L'infrastruttura di qualità (IQ) garantisce la qualità, la sicurezza e l'efficienza di prodotti, servizi e processi. È la spina dorsale delle economie moderne, facilita il commercio internazionale, promuove lo sviluppo tecnologico e protegge i consumatori e l'ambiente.

Il termine «infrastruttura di qualità» non va confuso con la «qualità dell'infrastruttura», che indica ad esempio la qualità di strade, ponti o reti di approvvigionamento energetico.

In un mondo globalizzato, le aziende e i consumatori hanno bisogno di un sistema affidabile, che garantisca che i prodotti e i servizi soddisfino determinati standard. Un'IQ ben funzionante migliora la competitività delle imprese, facilita l'accesso al mercato e riduce al minimo gli ostacoli tecnici al commercio, oltre a promuovere l'innovazione e garantire il rispetto dei requisiti di legge.

L'IQ si basa su cinque pilastri centrali strettamente interconnessi: metrologia, normalizzazione (standardizzazione), accreditamento, test certificazione-verifica e regolamentazione.

Il METAS è l'Istituto nazionale di metrologia (INM) della Svizzera. In quanto tale ha il compito di garantire che in Svizzera sia possibile effettuare misurazioni con la precisione necessaria per le esigenze dell'economia, della ricerca e dell'amministrazione.

L'Associazione svizzera di normalizzazione (SNV) coordina lo sviluppo, l'adozione e l'attuazione di norme (standard) in diversi settori economici. Molti esperti supportano le attività di normalizzazione a livello nazionale e internazionale in diversi organi di normalizzazione.

Per **accreditamento** si intende il riconoscimento formale della competenza tecnica e organizzativa di un organismo per l'erogazione di un servizio concreto, descritto nell'ambito di validità dell'accreditamento. Il Servizio di accreditamento svizzero SAS esamina e accredita gli organismi di valutazione della conformità (OrgVC) sulla base delle relative norme internazionali. Il METAS sostiene le attività di accreditamento tramite le perizie tecniche di molti dei suoi esperti.

Oltre alle tarature, il METAS esegue **verifiche e test** secondo le norme internazionali. L'organismo accreditato di valutazione della conformità METAS-Cert è l'istituzione designata dalla Svizzera e riconosciuta dall'UE per la verifica della conformità degli stru-



Associazione svizzera di normalizzazione (SNV)



Servizio di accreditamento svizzero SAS

menti di misurazione ed esegue le valutazioni della conformità prescritte per i produttori (si veda il riquadro).



Legge federale sull'Istituto federale di metrologia (LIFM, RS 941.27)

Con l'esecuzione della legge sulla metrologia, il METAS è attivo anche nell'ambito della **regolamentazione**. Inoltre, assiste altre agenzie federali in ambito legislativo per tutte le questioni metrologiche. Gli altri compiti sono disciplinati dalla Legge federale sull'Istituto federale di metrologia (LIFM).

### Contributo di METAS-Cert all'infrastruttura per la qualità

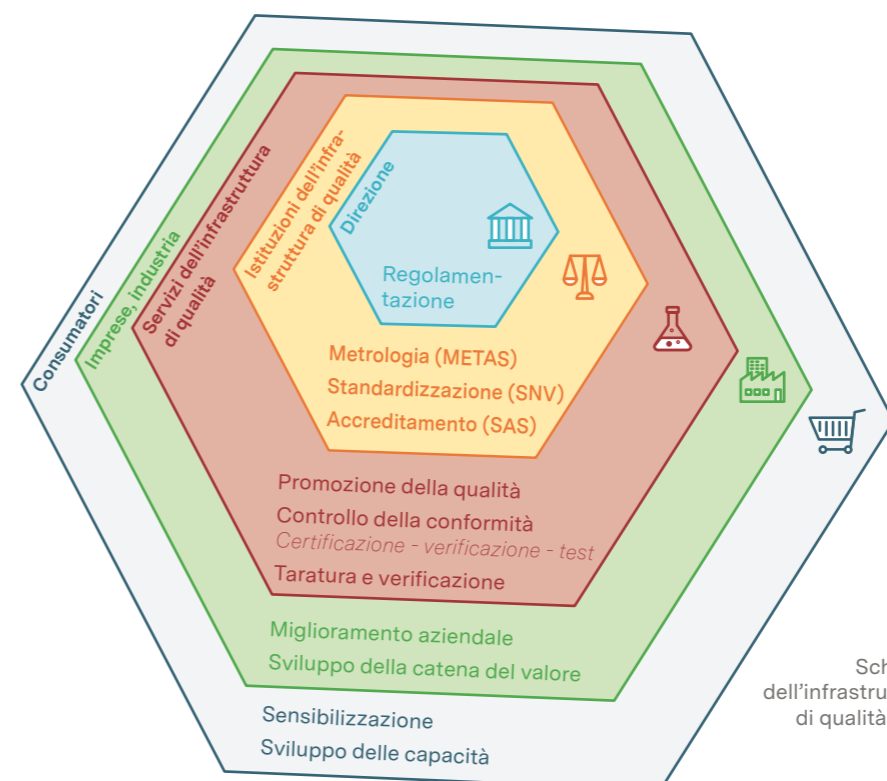
Il METAS ha istituito l'organismo di valutazione della conformità METAS-Cert sulla base degli accordi bilaterali con l'UE del 2004.

METAS-Cert esegue valutazioni della conformità per gli strumenti di misurazione, ad esempio esami del tipo, certificazioni di sistemi di garanzia della qualità e controlli dei prodotti. Gli strumenti di misurazione valutati in base alla conformità recano la marcatura metrologica CE (si veda l'immagine sotto il titolo): rettangolo con la M di metrologia, l'anno e il numero di identificazione dell'organismo notificato<sup>1</sup> (METAS-Cert: 1259).

Con tali certificazioni i produttori possono immettere i propri strumenti di misurazione sul mercato svizzero ed europeo in modo conforme. METAS-Cert opera in tutto il mondo.



Organismo di valutazione della conformità METAS-Cert



Schema dell'infrastruttura di qualità (IQ).



Controllo del prodotto su una pesa a ponte.

## Istituzioni dell'infrastruttura di qualità svizzera

**Metrologia:** il METAS garantisce la riconducibilità delle misurazioni a realizzazioni di grandezze di misura e unità riconosciute a livello internazionale.

**Normalizzazione:** la SNV coordina lo sviluppo, l'adozione e l'attuazione di norme in diversi settori economici.

**Accreditamento:** il SAS garantisce la competenza degli organismi di controllo e certificazione.

Strumenti di misurazione armonizzati con l'UE: bilance, contatori dell'acqua, contatori del gas, contatori elettrici di energia, contatori di calore, impianti di misurazione per liquidi diversi dall'acqua, misure di capacità, misure di lunghezza e strumenti di misurazione multidimensionali.

I produttori ottengono da METAS-Cert diverse certificazioni da un'unica fonte. Gli strumenti di misura immessi sul mercato in questo modo possono essere utilizzati con fiducia. ●

<sup>1</sup> Un «organismo notificato» (notified body) è stato designato da un'autorità nazionale e autorizzato a effettuare valutazioni della conformità di determinati prodotti prima della loro immissione sul mercato.

# Finanze

L'esercizio contabile 2024 del METAS si è chiuso con un utile di 921 000 franchi.

Le spese sono state pari a 59,6 milioni di franchi e i proventi ammontano a 60,5 milioni di franchi (compresi gli indennizzi).

Bilancio	31 dicembre 2024	31 dicembre 2023
	Migliaia di CHF	Migliaia di CHF
Disponibilità liquide	30 916	27 355
Crediti da prestazioni	3 525	4 137
Crediti da progetti di ricerca	4 552	2 557
Altri crediti	175	193
Scorte	22	44
Ratei e risconti attivi	1 380	1 361
<b>Capitale circolante</b>	<b>40 570</b>	<b>35 646</b>
Immobilizzazioni materiali	21 891	22 039
Immobilizzazioni immateriali	4 208	3 609
<b>Immobilizzazioni</b>	<b>26 099</b>	<b>25 648</b>
<b>Totale attivi</b>	<b>66 669</b>	<b>61 294</b>
Debiti per forniture e prestazioni	1 490	1 176
Debiti per progetti di ricerca	6 062	2 365
Altri debiti	989	1 046
Ratei e risconti passivi	2 212	1 282
Prestiti a breve termine	366	366
Accantonamenti a breve termine	1 475	1 559
<b>Capitale di terzi a breve termine</b>	<b>12 594</b>	<b>7 794</b>
Prestiti a lungo termine	732	1 098
Accantonamenti per passività del fondo pensioni	23 215	18 984
Accantonamenti per premi di fedeltà	1 569	1 524
<b>Capitale di terzi a lungo termine</b>	<b>25 516</b>	<b>21 606</b>
Perdita a bilancio	-6 342	-7 209
Perdite/Utili attuariali cumulati	29 699	33 955
Riserve per immobilizzazioni	4 281	3 413
Utile	921	1 735
<b>Capitale proprio</b>	<b>28 559</b>	<b>31 894</b>
<b>Totale passivi</b>	<b>66 669</b>	<b>61 294</b>

Conto economico	2024	2023
	1.1.2024-31.12.2024 Migliaia di CHF	1.1.2023-31.12.2023 Migliaia di CHF
Emolumenti	11 437	9 241
Indennizzi della Confederazione	25 918	25 681
Indennizzo della Confederazione con controprestazione direttamente imputabile	8 684	8 921
Proventi da fondi di terzi (esclusa la ricerca)	11 097	10 689
Finanziamenti di terzi per la ricerca	2 376	1 753
Altri proventi	149	134
<b>Fatturato lordo</b>	<b>59 661</b>	<b>56 419</b>
Riduzione dei proventi	-5	-4
Prestazioni proprie	754	625
<b>Proventi netti</b>	<b>60 410</b>	<b>57 040</b>
<b>Plusvalenze da cessione di immobilizzi</b>	<b>74</b>	<b>23</b>
<b>Spese per materiale e prestazioni di terzi</b>	<b>-3 145</b>	<b>-599</b>
Costi del personale	-38 515	-37 091
Costi per l'utilizzo di immobili	-7 991	-7 772
Costi per l'informatica	-2 068	-1 783
Altri costi d'esercizio	-3 667	-3 939
Ammortamenti	-3 889	-3 917
<b>Oneri di gestione</b>	<b>-56 130</b>	<b>-54 502</b>
Proventi finanziari	22	9
Oneri finanziari	-20	-96
<b>Risultato finanziario</b>	<b>2</b>	<b>-87</b>
<b>Oneri fiscali</b>	<b>-290</b>	<b>-140</b>
<b>Utile</b>	<b>921</b>	<b>1 735</b>

Nell'esercizio in esame, il METAS è stato in grado di finanziare autonomamente le proprie attività al 58,1%. All'autofinanziamento hanno contribuito emolumenti, indennizzi per l'assunzione di ulteriori compiti e fondi di terzi. L'ufficio di revisione ha confermato senza riserve la regolarità della gestione finanziaria.



La presentazione dei conti del METAS viene effettuata in conformità al principio contabile degli International Public Sector Accounting Standard (IPSAS).

# Presentazioni e pubblicazioni del METAS

Le attività di ricerca e sviluppo del METAS nell'anno in esame sono rese accessibili a tutti gli interessati anche sotto forma di presentazioni e pubblicazioni.

Le ricercatrici e i ricercatori del METAS hanno presentato anche nell'anno in esame i risultati dei loro lavori di ricerca e sviluppo nonché le loro approfondite conoscenze specialistiche in occasione di convegni e conferenze sotto forma di presentazioni, e hanno redatto un numero considerevole di pubblicazioni scientifiche sui loro risultati. Grazie alla loro collaborazione all'interno di organizzazioni specializzate e comitati di settore, hanno apportato il loro know-how e la loro esperienza anche a livello nazionale e internazionale. In questo modo, le ricercatrici e i ricercatori del METAS hanno fatto conoscere la metrologia a un pubblico più vasto, anche al di fuori della ristretta cerchia degli specialisti. Inoltre, si sono impegnati in corsi per studenti nelle scuole universitarie.

Le raccolte seguenti contengono una panoramica delle principali presentazioni tenute dalle collaboratrici e dai collaboratori del METAS e delle pubblicazioni realizzate da loro o con la loro collaborazione.

Le presentazioni sono indicate in ordine alfabetico crescente in base al relatore principale del METAS e le pubblicazioni sono riportate in ordine alfabetico crescente in base al primo autore del METAS che compare, ai successivi autori principali e infine ai coautori.

Tutti i nomi dei dipendenti del METAS sono evidenziati in **grassetto**.

## Presentazioni

- A** **André, M-A. & Pythoud F.**, Metrologie schafft Vertrauen, Präsentation für das Forensische Institut Zürich, 29.02.2024
- Andres, H.**, Chemical and biological references at the Federal Institute of Metrology METAS, CHAnalysis 2024, Beatenberg, 10.04.2024
- Andres, H.**, Metrology ermöglicht Vertrauen im täglichen Leben, IRM Basel Vortragsserie Herbst 2024, 13.11.2024
- Assi, F.**, The journey to METAS, InSight – Materials Alumni berichten aus ihrem Arbeitsalltag, ETHZ, 19.03.2024
- Auderset, K.**, Experiences with particle-measuring devices for PTI, VERT-NPTI Implementation Workshop, 21.03.2024
- B** **Bissig, H.**, Calibration of flow devices under actual flow conditions with inline measurement of the viscosity of the liquid, Conference on Microfluidic Handling Systems, 21.–23.02.2024, München (D), 22.02.2024
- Bissig, H.**, Comparison of primary standards for liquid flow in the range from 0.1 µL/min to 10 µL/min, 24. IMEKO World Congress, Hamburg (D), 27.08.2024
- Blattner, P.**, Digitalisation of Legal Metrology: Challenges and Opportunities, OIML Digitalization Task Group Webinar Series, online, 24.07.2024
- Blattner, P.**, SI definition of the candela and high level objective of photometry, CCPR and CIE Expert Workshop – 100 Years of V(l) and the future of photometry, BIPM, Sèvres (F), 03.06.2024
- Bodor, P.**, Akustika Herbstwebinar 2024, Akustika Herbstwebinar, online, 30.09.2024
- Bühlmann, T.**, SI-traceable quantification of halogenated VOCs in the atmosphere, 1st CIPM STG-CENV Stakeholder Meeting, Paris (F), 17.09.2024
- E** **Eckmann, B.**, Scanning Microwave Microscopy for Biomedical Applications, CNB – Clinical Neuroscience Bern 2024, 06.09.2024
- F** **Friigo, G.**, An Uncertainty-based Criterion for Aggregation of Consistent ROCOF Measurements, 2024 International Conference on Smart Grid Synchronized Measurements and Analytics (SGSMA), Washington DC (USA), 21.05.2024
- Friigo, G.**, DC power and energy and DCPQ reference systems with distorted signals, DC Grids Final Stakeholder Meeting, Delft (NL), 16.05.2024
- Friigo, G.**, Inter-Laboratory Comparison of Reference Systems for DC Power Quality Measurements, 2024 IEEE 14th International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS), Caserta (I), 19.09.2024
- Friigo, G.**, Measurements for smart electricity grids: workshop and open consultation, EMN Smart Electricity Grids Annual Meeting, Delft (NL), 15.05.2024
- Friigo, G.**, Transfer Standard for the Assessment of Spurious Emissions in DC Power, IMEKO 2024 XXIV World Congress, Hamburg (D), 27.08.2024
- Friigo, G.**, Utilizing Matrix Profile for Enhanced Detection of Events in Sampled Values, 2024 IEEE 14th International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS), Caserta (I), 18.09.2024
- Fritsche, J.**, Generation of humid NH3 reference gas mixtures at trace levels, Gas Analysis 2024, Paris (F), 01.02.2024

**Fritsche, J.**, Generators for continuous preparation of dry and humid NH3 reference gas mixtures, Special Session at Air Quality Conference, Helsinki (FIN), 14.05.2024

**Fritsche, J.**, quantiAGREMI – Ammonia and greenhouse gas emissions from livestock farming, Picarro Ammonia Summit, Aarhus (DK), 20.03.2024

**H** **Hoffmann, J.**, S-Parameters on Printed Circuit Boards for Cryogenic Environment, CPEM 2024, Denver, CO, (USA) 08.07.2024

**Hung-Ju, L.**, RF measurements for future communications applications, EPFL CMI Annual Review Meeting 2024, 14.05.2024

**Husmann, D.**, Detection and analysis of anthropogenic patterns in a phase-stabilized optical fiber network, EFTF 2024, Neuenburg, 25.06.2024

**Husmann, D.**, Exploiting frequency metrology fiber networks for earthquake sensing, SPS Annual Meeting 2024, Zürich, 12.09.2024

**Husmann, D.**, Metrological frequency dissemination through a fiber optic network, QIDIS, Quantum Industry Days, Basel, 23.09.2024

**Husmann, D.**, Time and frequency standards at METAS and their applications for precision measurements, PSAS 2024, International Conference on Precision Physics of Simple Atomic Systems, ETH Zürich, 10.06.2024

**Huu de, M.**, Comparison of gravimetric standards for hydrogen refuelling stations, 24. IMEKO World Congress, Hamburg (D), 27.08.2024

**Huu de, M.**, Dimension calibration of small critical flow Venturi nozzles, 24. IMEKO World Congress, Hamburg (D), 28.08.2024

**Huu de, M.**, High pressure hydrogen metering, METAS-Seminar, 01.10.2024

**I** **Iturrate-Garcia, M.**, Assessing parameters affecting low-cost gas sensor response signal, EMN COO Annual General Meeting, 11.06.2024

**Iturrate-Garcia, M.**, Assessing parameters affecting low-cost gas sensor response signals in the European photoreactor (EUPHORE) simulation chamber, Gas Analysis 2024, Paris (F), 31.01.2024

**Iturrate-Garcia, M.**, Transferring metrological principles to low-cost sensors used in networks for air quality monitoring, 1st CIPM STG-CENV Stakeholder Meeting, Paris (F), 16.09.2024

**J** **Jallageas, A.**, Sub-ns long-haul dissemination of UTC(CH) using White Rabbit in Switzerland, CERN 2024 White Rabbit Workshop, 21.03.2024

**Jallageas, A.**, White Rabbit in Switzerland: a first loop network for long-haul dissemination of UTC(CH), EFTF 2024, Neuenburg, 25.06.2024

**L** **Lauterbach, K-U.**, Koaxialkabel und deren Anwendung in der EMV, 65. Sitzung der PEGESS, Biel, 20.03.2024

**Lehmann, H.**, METAS – The most accurate place in Switzerland, Federal Office Day, EPF Lausanne, 07.10.2024

**Lehmann, H.**, METAS – The most accurate place in Switzerland, PolyMesse, ETH Zürich, 10.04.2024

**Lehmann, H.**, Metrology for the 2nd Quantum Revolution, IMEKO 2024 World Congress, Hamburg (D), 26.08.2024

**Lin, H.**, A novel Coaxial On-wafer Probe: Manufacturing and relevant Performance Tests, FutureCom Workshop at IEEE Symposium M&N 2024, 03.07.2024

**M** **Mallia, S.**, Authenticity of Swiss honey by trace element profile and stable strontium isotopic composition, Fachtagung NRL-MN, 21.11.2024

**Mallia, S.**, ICP-MS- und ICP-OES Methode für die Analyse von Mikro- und Makroelementen in Fleisch- und Milchersatzprodukten, Fachtagung NRL-MN, 21.11.2024

**Mallia, S.**, News vom EURL-MN, 21.11.2024, Fachtagung NRL-MN, Fachtagung NRL-MN, 21.11.2024

**Mallia, S.**, WP-CBR001 – A new matrix CRM to support food safety, ILMAC 2024 Lausanne, 19.09.2024

**N** **Niederhauser, B.**, Metrologie, METAS, Terminologie, Messunsicherheit, Konformität und Atemalkoholmessung, Vorlesung an der ZHAW Wädenswil im Rahmen vom Master Forensik, Modul Analytical Technologies, 02.12.2024

**Niederhauser, B.**, New Absorption Coefficient for the UV-photometry of Ozone, CercI'Air ERFA, Luzern, 05.09.2024

**Niederhauser, J.**, Was ist eine Schaltsekunde und weshalb sollen Schaltsekunden nächstens abgeschafft werden?, SwissEngineering Fachgruppe Elektronik und Informatik (FAEL), FAEL-Herbstseminar «Zeit» – Uhrenindustrie Schweiz, PH Zürich, 20.11.2024

**P** **Peier, P.**, Radondosimetrie und Radonreferenz, ENSI Strahlenschutzseminar 2024, Windisch, 31.10.2024

**Préville de, S.**, A Calibration Tool for Scanning Microwave Microscopy, ALTECH 2024 – Analytical techniques for accurate nanoscale characterization of advanced materials, Strasbourg (F), 27.05.2024

**Préville de, S.**, Resistive standards for scanning microwave microscopy, EPFL CMI Annual Review Meeting 2024, 14.05.2024

**Pythoud, F.**, Antennen-Symmetrie, 66. PEGESS-Sitzung, 10.02.2024

**Pythoud, F.**, Konformitätsbeurteilung von Basisstationen, Cercle Air Sitzung, Zürich, 12.09.2024

**R** **Roos, D.**, METAS: the new WMO-GAW Central Calibration Laboratory for halogenated VOCs, CHAnalysis 2024, Beatenberg, 11.04.2024

**T** **Tas, E.**, METAS' Activities on 5G NR RF Exposure, Austauschplattform «Mobilfunk der Zukunft», Verantwortung BAFU, fand im METAS statt, 01.11.2024

**Tas, E.**, Traceability of 5G NR RF Exposure Measurements, EUCAP 2024, Glasgow (UK), 22.03.2024

**V** **Vasilatou, K.**, PN-PTI in Switzerland: regulations, research findings and next steps, VERT-NPTI Workshop, 06.12.2024

**Vasilatou, K.**, Primary standards and calibration strategies for filter photometers and aerosol spectrometers, EMN COO Annual General Meeting, 11.06.2024

**Vasilatou, K.**, Type approval and verification of particle-measuring devices for PTI, CALAC+ Workshop «Challenges in Implementing Technologies for Cleaner Transport in Latin American Cities», 09.08.2024

**Z** **Zeier, M.**, Introduction to S-Parameter Metrology, BIPM CCEM Webinar, 25.01.2024

**Zeier, M.**, VNA Tools - a metrology software supporting the digital traceability chain, IMEKO 2024 Workshop on Digital Traceability, Hamburg (D), 28.08.2024



## Sondaggio tra i lettori sul rapporto delle attività

Vi preghiamo di dedicare un po' di tempo per completare il sondaggio sul rapporto delle attività «Il METAS nel 2024». Il METAS desidera conoscervi meglio e sapere se nel prossimo numero potrebbe eventualmente migliorare qualcosa.

Vi attendono undici domande, alcune delle quali sono facoltative. Il tempo necessario sarà di circa cinque minuti. Potete compilare questo sondaggio in modo del tutto anonimo oppure dirci qualcosa in più su di voi.

Il METAS attende con impazienza le vostre risposte!



Per iniziare il sondaggio per i lettori vi invitiamo a scansionare il codice QR.

## Publicazioni

- A** **Agustoni, M. & Frigo, G.**, Characterization of Analog Front-End in PMU Design for Inertia Monitoring, doi: 10.1109/I2MTC60896.2024.10560540.
- Agustoni, M. & Overney, F. & Eichenberger, A.-L. & Kučera, J.**, Accurate Comparison of Calculable HF Resistance Standards, doi: 10.1109/CPSEM61406.2024.10646143.
- B** **Faghiih Niresi, K. & Bissig, H. & Baumann, H. & Fink, O.**, Physics-Enhanced Graph Neural Networks for Soft Sensing in Industrial Internet of Things, in: IEEE Internet of Things Journal (11), doi: 10.1109/IIOT.2024.3434732.
- Guzzini, A. & Bissig, H. & Sacconi, C. et al.**, Hydrogen in natural gas grids: prospects and recommendations about gas flow meters, in: International Journal of Hydrogen Energy (86), doi: 10.1016/j.ijhydene.2024.08.344.
- Blattner, P. & Brown, R. J. C.**, Relating SI units to the 'defining constants', in: Metrologia (61), doi: 10.1088/1681-7575/ad4cef.
- Martinsons, C. & Blattner, P. & Herf, M. et al.**, Reconsidering the spectral distribution of light: Do people perceive watts or photons?, in: Lighting Research & Technology (56), doi: 10.1177/14771535241246060.
- Breuninger, E. S. & Bouchet, S. & Mestrot, A. et al.**, Marine and terrestrial contributions to atmospheric deposition fluxes of methylated arsenic species, in: Nature Communications (15), doi: 10.1038/s41467-024-53974-z.
- Müller, E. & Bouchet, S. & Winkel, L. H. E. et al.**, Reactions of hypobromous acid with dimethyl selenide, dimethyl diselenide and other organic selenium compounds: kinetics and product formation, in: Environmental Science: Water Research & Technology (10), doi: 10.1039/D3EW00787A.
- ThomasArrigo, L. K. & Bouchet, S. & Nydegger, T. et al.**, Emerging investigator series: Coprecipitation with glucuronic acid limits reductive dissolution and transformation of ferrihydrite in an anoxic soil, in: Environmental Science: Processes & Impacts (26), doi: 10.1039/D4EM00238E.
- Spitschan, M. Bouroussis, C. A. & Caspar, P. et al.**, Illuminating the future of wearable light metrology: Overview of the MeLiDos Project, in: Measurement (235), doi: 10.1016/j.measurement.2024.114909.
- Burkhard, S. & Küng, A.**, Beam hardening correction based on image noise statistics, in: Measurement Science and Technology (35), doi: 10.1088/1361-6501/ad2d4f.
- Burkhard, S. & Küng, A.**, Exact computation of projected sphere centres in cone beam x-ray projections, in: Measurement Science and Technology (35), doi: 10.1088/1361-6501/ad3bde.
- C** **Cen, T.**, Development of Hyphenated Analytical Techniques using spICP-MS for Online Characterization of Metallic Nanoparticles in Aerosols, doi: 10.5075/EPFL-THESIS-10787.
- Cen, T. & Torrent, L. et al.**, Rotating disk diluter hyphenated with single particle ICP-MS as an online dilution and sampling platform for metallic nanoparticles characterization in ambient aerosol, in: Journal of Aerosol Science (175), doi: 10.1016/j.jaerosci.2023.106283.
- Cen, T. & Zhang, Z. & Torrent, L. et al.**, Airborne metal nanoparticles released by azides detonation: determination and potential public exposure, in: Scientific Reports (14), doi: 10.1038/s41598-024-67540-6.
- Cen, T. & Zhao, Y.-B. & Testino, A. et al.**, Dilution versus fractionation: Separation technologies hyphenated with spICP-MS for characterizing metallic nanoparticles in aerosols, in: Journal of Aerosol Science (177), doi: 10.1016/j.jaerosci.2023.106317.
- Turhan, E. & Corminboeuf, D. et al.**, EURAMET.EM-S44 comparison for ultra-low DC current sources, in: Metrologia (60), doi: 10.1088/0026-1394/60/1a/01002.
- E** **Eckmann, B. & Lin, H.-J. & Prévillo de, S. & Hoffmann, J. & Zeier, M. et al.**, Coaxial tips for a scanning microwave microscope and its calibration with dielectric references, in: Measurement Science and Technology (35), doi: 10.1088/1361-6501/ad480d.
- Eichenberger, A. L. & Overney, F. & Agustoni, M.**, Pulse Shape Optimisation of a Josephson Arbitrary Waveform Synthesizer, doi: 10.1109/CPSEM61406.2024.10646147.
- F** **Subiel, A. & Frei, F. & Peier, P. & Bourgouin, A. et al.**, Application of Primary Standards in Flash Radiotherapy, in: International Journal of Particle Therapy (12), doi: 10.1016/j.ijpt.2024.100238.
- Frigo, G. & Castello, P. & Gallus, G. et al.**, Internal Time Reference Enhancement via White Rabbit Synchronization: A Power System Measurement Perspective, doi: 10.1109/SGSMA58694.2024.10571544.

**Frigo, G. & Gallus, G.**, Transfer standard for the assessment of spurious emissions in DC power, in: Measurement: Sensors, doi: 10.1016/j.measen.2024.101716.

**Frigo, G. & Gallus, G. & Pegoraro, P. A. et al.**, Combining Steady-State Accuracy and Responsiveness of PMU Estimates: An Approach Based on Left and Right Taylor–Fourier Expansions, in: IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement (73), doi: 10.1109/TIM.2024.3384553.

**Frigo, G. & Giordano, D. & Signorino, D.**, Inter-Laboratory Comparison of Transfer Standard for DC Power Measurements in Nominal and Distorted Conditions, doi: 10.1109/CPSEM61406.2024.10646155.

**Frigo, G. & Macii, D. & Petri, D.**, Accuracy Comparison of Frequency and ROCOF Dynamic Estimators under Contingencies, doi: 10.1109/I2MTC60896.2024.10560661.

**Frigo, G. & Macii, D. & Petri, D.**, An Uncertainty-based Criterion for Aggregation of Consistent ROCOF Measurements, doi: 10.1109/SGSMA58694.2024.10571405.

**Frigo, G. & Negri, V. & Mingotti, A. et al.**, Validating Inertia Assessment Metrics in Distribution Systems with High RES Penetration, doi: 10.1109/AMPS62611.2024.10706692.

**Frigo, G. & Pegoraro, P. A. & Toscani, S.**, Compressive Sensing Taylor-Fourier Multifrequency Approach for Three-Phase Signals, doi: 10.1109/AMPS62611.2024.10706694.

**Frigo, G. & Van Leeuwen, R. & Van Den Brom, H. et al.**, Inter-Laboratory Comparison of Reference Systems for DC Power Quality Measurements, doi: 10.1109/AMPS62611.2024.10706676.

**Agazar, M. & Frigo, G. & Giordano, D. et al.**, Power Grids and Instrument Transformers up to 150 kHz: A Review of Literature and Standards, in: Sensors (24), doi: 10.3390/s24134148.

**Castello, P. & Frigo, G. et al.**, Utilizing Matrix Profile for Enhanced Detection of Events in Sampled Values, doi: 10.1109/AMPS62611.2024.10706669.

**Elg, A.-P. & Frigo, G.**, Rietveld, G. et al., High-Voltage Metrology for Electric Energy and Supply Reliability, doi: 10.1109/CPSEM61406.2024.10646152.

**Morato, A. & Frigo, G. & Tramarin, F.**, 5G-Enabled PMU-Based Distributed Measurement Systems: Network Infrastructure Optimization and Scalability Analysis, in: IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement (73), doi: 10.1109/TIM.2024.3457959.

**Morato, A. & Frigo, G. & Tramarin, F.**, Fault simulation in Phasor Measurement Units: A study on system reaction time in a 5G network environment, in: Measurement: Sensors, doi: 10.1016/j.measen.2024.101445.

**Morato, A. & Frigo, G. & Tramarin, F.**, Packet Losses Distributions in 5G Networks for PMU-Based Monitoring Systems, doi: 10.1109/I2MTC60896.2024.10560554.

**G** **Guignard, F. & Ginsbourger, D. & Levy Häner, L. et al.**, Some combinatorics of data leakage induced by clusters, in: Stochastic Environmental Research and Risk Assessment (38), doi: 10.1007/s00477-024-02715-1.

**H** **Hoffmann, J. & Morrissey, P. & Eckmann, B. & Rüfenacht, J. & Wollensack, M. & Stalder, D. & Zeier, M.**, S-Parameters on Printed Circuit Boards for Cryogenic Environment, doi: 10.1109/CPSEM61406.2024.10645976.

**Hoffmann, J. & Prévillo de, S. & Eckmann, B. & Lin, H.-J. et al.**, Comparison of Impedance Matching Networks for Scanning Microwave Microscopy, in: IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement (73), doi: 10.1109/TIM.2024.3378310.

**Callegaro, L. & Hoffmann, J. & Huang, N. et al.**, QuAHMET: Quantum anomalous Hall effect materials and devices for metrology, in: Measurement: Sensors, doi: 10.1016/j.measen.2024.101437.

**Karpisz, T. & Hoffmann, J. & Evans, S. R. et al.**, On-Wafer Calibration Comparisons of Multiline TRL With Platinum and Gold Conductors, doi: 10.1109/IMS40175.2024.10600255.

**Marzano, M. & Hoffmann, J. & Huang, N. et al.**, QuAHMET: Quantum anomalous Hall effect materials and devices for metrology, doi: 10.1109/CPSEM61406.2024.10645997.

**Husmann, D. & Zaugg, S. & Morel, J.**, Detection and Analysis of Anthropogenic Patterns in a Phase-Stabilized Optical Fiber Network, doi: 10.1109/efthf61992.2024.10722402.

**Dromigny, S. & Husmann, D. & Fichtner, A. et al.**, Seismic noise interferometry for phase transmission fibre optics, doi: 10.48550/ARXIV.2410.17768.

**Fichtner, A. & Husmann, D. & Morel, J. et al.**, An illustrated guide to: Distributed and integrated fibre-optic sensing in seismology, in: Earthquake Science (38), doi: 10.1016/j.eqs.2024.09.006.

**Müller, N. & Husmann, D. & Morel, J. & Fichtner, A. et al.**, Earthquake source inversion by integrated fiber-optic sensing, in: Seismica (3), doi: 10.26443/seismica.v3i2.1405.

**Huu de, M. & Lochbrunner, M. & Küng, A. & Maury, R. et al.**, Dimensional calibration of small critical flow Venturi nozzles, in: Measurement: Sensors, doi: 10.1016/j.measen.2024.101539.

**Böckler, H.-B. & Huu de, M. & Maury, R. et al.**, Metrology infrastructure for high-pressure gas and liquified hydrogen flows. A brief outline of the MetHylnfra project, measurement challenges, and first results, in: Measurement (232), doi: 10.1016/j.measurement.2024.114675.

**Wendel, T. & Huu de, D. M. D. et al.**, Euramet RMO supplementary comparison low pressure air flow between 25 m³/h and 400 m³/h, in: Metrologia (61), doi: 10.1088/0026-1394/61/1A/07004.

**I** **Iturrate-Garcia, M. & Bühlmann, T. & Pascale, C. et al.**, Accurate, Stable, and SI-Traceable Reference Gas Mixtures of VOCs Relevant for Climate at Atmospheric Levels, doi: 10.1007/978-3-031-47079-0\_41.

**Hellén, H. & Iturrate-García, M.**, Tykkä, T. et al., Measurements of atmospheric C<sub>10</sub>–C<sub>15</sub> biogenic volatile organic compounds (BVOCs) with sorbent tubes, in: Atmospheric Measurement Techniques (17), doi: 10.5194/amt-17-315-2024.

**Lanza, G. & Iturrate-García, M. & Kúpferling, M. et al.**, Establishment of good practices for the usage of machine-actionable core metrological terminology, in: Measurement: Sensors, doi: 10.1016/j.measen.2024.101456.

**J** **Haesler, J. & Jallageas, A. & Husmann, D. & Morel, J. et al.**, Development of a High-Performance and Swiss Based Rolex Timescale System Including a Unique Optical Atomic Clock, doi: 10.1109/EFTF61992.2024.10722272.

**K** **Shang, X. & Kazemipour, A. & Gäumann, G. & Hudlička, M. et al.**, Interlaboratory Comparison of Dielectric Measurements From Microwave to Terahertz Frequencies Using VNA-Based and Optical-Based Methods, in: IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques (72), doi: 10.1109/tmtt.2024.3399879.

**Shang, X. & Kazemipour, A. & Hudlička, M. & Ziade, F. et al.**, Some Recent Advances in Measurements at Millimeter-Wave and Terahertz Frequencies: Advances in High Frequency Measurements, in: IEEE Microwave Magazine (25), doi: 10.1109/mmm.2023.3321516.

**Braccini, S. Kottler, C. & Lüthi, M. & Peier, P. et al.**, Methodology for measuring photonuclear reaction cross sections with an electron accelerator based on Bayesian analysis, in: Applied Radiation and Isotopes (208), doi: 10.1016/j.apradiso.2024.111275.

**Schwerz, C. & Küng, A. & Bircher, B. A. et al.**, Reduction of oxygen content in laser powder bed fusion process atmosphere – Effects on stochastic defect formation and mechanical properties, in: Journal of Materials Research and Technology (30), doi: 10.1016/j.jmrt.2024.04.177.

**Schwerz, C. & Küng, A. & Riabov, D. et al.**, Mechanical properties of Hastelloy X produced by laser powder bed fusion and affected by spatter redeposition, in: Journal of Materials Research and Technology (29), doi: 10.1016/j.jmrt.2024.02.150.

**L** **Lobsiger, S. & Umbricht, G. & Mallia, S. & Bilsel, M. et al.**, PAHs in protein matrix, in: Metrologia (61), doi: 10.1088/0026-1394/61/1A/08018.

**M** **Virtanen, V. J. & Märki, L. & Galvez, M. E. et al.**, Sedimentary and metamorphic processes priming black shale for magmatic assimilation of sulfur: an example from the Virginia Formation, Minnesota, United States, in: Mineralium Deposita, doi: 10.1007/s00126-024-01268-1.

**Virtanen, V. J. & Märki, L. & Galvez, M. E. et al.**, Publisher Correction to: Sedimentary and metamorphic processes priming black shale for magmatic assimilation of sulfur: an example from the Virginia Formation, Minnesota, United States, in: Mineralium Deposita, doi: 10.1007/s00126-024-01276-1.

**Tsiporenko, S. & Marti, K.**, Bilateral comparison between METAS and Ukrmtrteststandart of mass standards in the range from 1 kg to 10 kg, in: Measurements infrastructure, doi: 10.33955/v7(2024)-056.

**Boxman, I. L. & Moor, D. & Butticaż, L. & Lowther, J. A. et al.**, An international inter-laboratory study to compare digital PCR with ISO standardized qPCR assays for the detection of norovirus GI and GII in oyster tissue, in: Food Microbiology (120), doi: 10.1016/j.fm.2024.104478.

**Edelmann, S. & Moor, D. & Lämke, J. et al.**, Does DNA extraction affect the specificity of a PCR method claiming the specific detectability of a genome-edited plant?, in: GM Crops & Food (15), doi: 10.1080/21645698.2024.2423441.

**N** **Brewer, P. & Niederhauser, B. & Norris, J. et al.**, Guidelines: How to implement the new absorption cross-section for ozone concentration measurements, doi: 10.59161/rapport202403.

**Zellweger, C. & Niederhauser, B. & Travnické Wilma & Minkos, A. et al.**, Change in the value of the UV ozone absorption cross section: Recommendations for metadata provision, doi: 10.59161/rapport202401.

**O** **Overney, F. & Eichenberger, A. L. & Bauer, S. et al.**, Longitudinal Impedance Measurements on Graphene QHE Devices, doi: 10.1109/CPSEM61406.2024.10645982.

**Bauer, S. & Overney, F. & Eichenberger, A. L. & Kraus, M. et al.**, Comparison of Josephson Impedance Bridges, doi: 10.1109/CPSEM61406.2024.10646026.

**Marzano, M. & Overney, F. & Eichenberger, A. L. & Kucera, J. et al.**, Trilateral Comparison Among Digital and Josephson Impedance Bridges, doi: 10.1109/cpem61406.2024.10646159.

**Musić, K. & Overney, F. & Kubiczek, K. et al.**, Recent Improvements in SUT and METAS 4TP Sampling-Based Digital Impedance Bridges, doi: 10.1109/CPSEM61406.2024.10646041.

**P** **Subiel, A. & Peier, P. & Frei, F. & Gomez, F. et al.**, Metrology for advanced radiotherapy using particle beams with ultra-high dose rates, in: Physics in Medicine & Biology (69), doi: 10.1088/1361-6560/ad539d.

**Şen, O. & Pythoud, F. & Harmon, S. et al.**, EURAMET.EM.RF-S46 (EURAMET Project No 1538) EURAMET supplementary comparison on magnetic field strength measurements for frequencies up to 30 MHz, in: Metrologia (61), doi: 10.1088/0026-1394/61/1A/01010.

**R** **Demierre, A.-L. & Reinhard, H. & Zeltner, S. et al.**, Evaluating the efficiency of the 2020 ban of BPA and BPS in thermal papers in Switzerland, in: Regulatory Toxicology and Pharmacology (146), doi: 10.1016/j.yrtph.2023.105526.

**Hammer, T. & Roos, D. & Vasilatou, K.**, & Giechaskiel, B. et al., Influence of soot aerosol properties on the counting efficiency of instruments used for the periodic technical inspection of diesel vehicles, in: Aerosol Research (2), doi: 10.5194/ar-2-261-2024.

**S** **Deschermeier, R. & Senn, R. & Šestan, D. & Smorgon, D. et al.**, Comparison in humidity (dew-point temperature high range) dew point temperature +30 °C to 95 °C, in: Metrologia (61), doi: 10.1088/0026-1394/61/1A/03008.

**Sparasci, F. & Senn, R. & Dobre, M. & Pavlasek, P. et al.**, EURAMET.T-K9 regional key comparison ITS-90 SPRT calibration from the Ar TP to the Zn FP, in: Metrologia (61), doi: 10.1088/0026-1394/61/1A/03005.

**Shi, Y. & Ruster, T. & Ho, M. & Karlen, S. & Haesler, J. & Treutlein, P.**, Broad Instantaneous Bandwidth Microwave Spectrum Analyzer with a Microfabricated Atomic Vapor Cell, in: Physical Review X (14), doi: 10.1103/PhysRevX.14.041043.

**Celep, M. & Stalder, D. et al.**, Interlaboratory Comparison of Power Measurements at Millimetre- and Sub-Millimetre-Wave Frequencies, in: Metrology (4), doi: 10.3390/metrology4020017.

**T** **Tas, E.**, Design, Implementation, and Evaluation of Proficiency Testing in EMC Burst Immunity, in: IEEE Access (12), doi: 10.1109/access.2024.3515655.

**Trivanovic, U.**, Synthesis and dynamics of carbonaceous nanoparticles during enclosed spray combustion, doi: 10.3929/ETHZ-B-000683180.

**Trivanovic, U. & Pratsinis, S. E.**, Opinion: Eliminating aircraft soot emissions, in: Aerosol Research (2), doi: 10.5194/ar-2-207-2024.

**Trivanovic, U. & Pratsinis, S. E.**, Trade-off between soot and NO emissions during enclosed spray combustion of jet fuel, in: Scientific Reports (14), doi: 10.1038/s41598-024-73484-8.

**Lizonova, D. & Trivanovic, U. & Demokritou, P. et al.**, Dispersion and Dosimetric Challenges of Hydrophobic Carbon-Based Nanoparticles in In Vitro Cellular Studies, in: Nanomaterials (14), doi: 10.3390/nano14070589.

**Kelesidis, G. A. & Trivanovic, U. & Pratsinis, S. E. et al.**, Highlights of Analytical Sciences in Switzerland Division of Analytical Sciences A Division of the Swiss Chemical Society, doi: 10.3929/ETHZ-B-000678429.

**Kelesidis, G. A. & Trivanovic, U. & Pratsinis, S. E. et al.**, Towards Elimination of Aircraft Soot Emissions: Highlights of Analytical Sciences in Switzerland, in: CHIMIA (78), doi: 10.2533/chimia.2024.351.

**Sipkens, T. A. & Trivanovic, U. & Nikookar, H. et al.**, atems: Analysis tools for TEM images of carbonaceous particles, in: Journal of Open Source Software (9), doi: 10.21105/joss.06416.

**V** **Mayer, A. & Vasilatou, K. & Engelmann, D. et al.**, Nanoparticle Counting for PT1 – the Dirty Tail Paradigm, doi: 10.21203/rs.3.rs-5186192/v1.

**Sjögren, M. P. & Vasilatou, K. & Rissler, J. et al.**, P21-66 Soot particles induce cellular stress, inflammation and remodelling responses in human respiratory cells over time, in: Toxicology Letters (399), doi: 10.1016/j.toxlet.2024.07.790.

**W** **Wüthrich, C. & Guzman, J. T. & Germak, A. et al.**, Report on the key comparison, CCM.F-K23 in force at 200 N and 500 N, in: Metrologia (61), doi: 10.1088/0026-1394/61/1A/07010.

Informazione, formazione continua e corsi



# Pronti per nuove conoscenze?



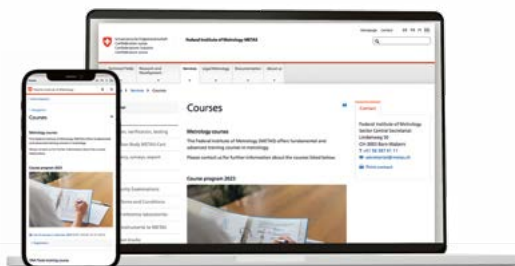
METaspects



[www.metas.ch](http://www.metas.ch) > Documentazione > Pubblicazioni METAS



La Referenza.



[www.metas.ch](http://www.metas.ch) > Servizi > Offerte di corsi

Tutte le pubblicazioni METAS sono disponibili in una sezione centrale sul sito web del METAS. Approfittate di una presentazione compatta delle conoscenze relative al METAS e alla metrologia, nonché

dei nostri periodici pubblicati regolarmente, come la rivista svizzera di metrologia «La Referenza.», i rapporti annuali e i «METaspects».