

Pubblificazioni relative ai risultati conseguiti a seguito della proficua collaborazione con la divisione di geodesia del NRCan per lo studio di algoritmi per il confronto di orologi e scale di tempo remote.

Pubblicazione su Metrologia di lavori presentati al simposio su "Time scale algorithms"

#### Impatto dei risultati sul contesto esterno

La Scala di Tempo UTC(IT) realizza l'ora di riferimento legale in Italia, lo sviluppo di algoritmi e sistemi robusti di generazione della scala e di *monitoring* dei sistemi di sincronizzazione costituisce un interesse per altri laboratori metrologici, mentre la partecipazione ad un sistema EU di navigazione ad alto contenuto metrologico e tecnologico garantisce ad INRIM una ricaduta scientifica e di visibilità in EU e nel mondo sia in ambito metrologico, sia industriale. Queste attività hanno come ricaduta ulteriori offerte di collaborazione e contratti a INRIM.

#### Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici

I risultati conseguiti sono in accordo con quanto prefissato ed indicato nel piano triennale 2008-2010. Critica nel 2008 la carenza di personale dopo la rinuncia di 2 borsisti e un cococo.

#### **Riepilogo analitico dei risultati**

Codice	Descrizione	Mese atteso	Stato <sup>(1)</sup>
1.1	Articolo di presentazione delle capacità metrologiche dell'INRIM, nel campo delle misure di Tempo e Frequenza, da presentare a EFTF (European Frequency and Time Forum) 2008.	M4	Ra
1.2	Definizione delle specifiche e delle soluzioni da adottare per adeguare il laboratorio di Tempo e Frequenza ai requisiti della norma ISO 17025.	M11	Ri
1.3	Caratterizzazione della stabilità termica del nuovo locale per i campioni di frequenza.	M12	Ra
2.1	ESA document "Experimentation plan".	M03	Ra
2.2	ESA document "Test description and results" (v 4).	M06	Ra
2.3	ESA document "Test description and results" (v 5).	M12	Ra
3.1	Organizzazione (Chair) del V Simposio Internazionale sugli algoritmi e le scale di tempo (V ITSAS).	M04	Ra
3.2	Presentazione a congresso internazionale EFTF di lavoro congiunto INRIM/ESA nell'ambito delle attività Galileo.	M04	Ra
3.3	Sottomissione articolo rivista internazionale.	M06	Ra
3.4	Docenza alla BIPM Summer School of Metrology (P.Tavella).	M07	Ra
3.5	Predisposizione SW automatico per monitoring ricevitori GPS e Galileo con PPP.	M 11	Ra
3.6	Special issue di Metrologia (Editor) su V Simposio Internazionale sugli algoritmi e le scale di tempo (V ITSAS).	M20	Ra

(1) Ra= raggiunto; Ri= in ritardo; Ab= abbandonato

#### Informazioni sui risultati in ritardo o abbandonati

Codice	Commento
1.2	La definizione delle specifiche per adeguare il laboratorio di Tempo e Frequenza ai requisiti della norma ISO 17025 è ancora in corso. Sono stati per ora specificati i requisiti del W di acquisizione e gestione dati.

#### Eventuali altri risultati

Descrizione
Due nuovi contratti sono stati aggiunti nel 2008 un progetto PRIN e un contratto ESA ADVENT. Entrambe sullo sviluppo di algoritmi per la rivelazione di guasti su orologi.
Grazie alla collaborazione con NRCan è stato raggiunto un accordo formale di scambio di ricercatori che comincerà con un Visiting professor, Dr Francois Lahaye, in INRIM per 6 mesi nel 2009 con il supporto della Regione
Invito P. Tavella a visitare National Timing Service Center in Cina (8 maggio 2008) per un corso di dottorato e per possibile collaborazione allo sviluppo del sistema cinese di navigazione COMPASS

**Programma O3-Fotometria e Radiometria****Responsabile: Giorgio Brida****Personale impegnato (TPE) per tipologia di attività**

Personale	R&S INRIM	R&S contratto	Campioni	Tarature e prove	Supporto al SIT	Gestione e altro	Totale
Giorgio Brida	0,30	0,15	0,05	0,00	0,05	0,05	0,60
Maria Luisa Rastello	0,20	0,20	0,00	0,05	0,00	0,15	0,60
Giuseppe Rossi	0,50	0,40	0,00	0,00	0,00	0,10	1,00
Renzo De Paoli	0,30	0,00	0,35	0,35	0,00	0,00	1,00
Mauro Rajteri	0,40	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70
Paolo Iacomussi	0,50	0,40	0,00	0,00	0,00	0,10	1,00
Marco Terzi	0,10	0,00	0,00	0,65	0,00	0,10	0,85
Fabio Saccomandi	0,15	0,15	0,10	0,20	0,00	0,00	0,60
Fernando Viarengo	0,20	0,00	0,20	0,30	0,20	0,00	0,90
Gian Paolo Scialpi	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	1,00
<i>Natalia Bo</i>	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>Emanuele Taralli</i>	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>Maurizio Accardo</i>	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
<i>Totale (TPE%)</i>	6,55	1,60	0,70	1,55	0,25	0,60	11,25

**Descrizione del programma****Principali attività svolte**

La principale attività scientifica svolta nel 2008 ha riguardato la partecipazione al JRP Euranet+ quCandela che si propone di cambiare l'approccio alla misura di radiazioni ottiche da misure di potenza al conteggio di unità "naturali", i fotoni, e in prospettiva, un'eventuale riformulazione dell'unità di misura dell'intensità luminosa la candela, attraverso la costante di Planck.

In questo ambito da un lato è stato realizzato un primo gruppo di fotodiodi al silicio con efficienza quantica calcolabile, capace di operare a flussi di fotoni tradizionali ( $10^{13}$  fotoni/s), ora in fase di caratterizzazione ottica ed elettrica; dall'altro lato, per flussi molto bassi (inferiori a  $10^6$  fotoni/s), in particolare, si è dimostrato sperimentalmente la capacità di conteggio del numero di fotoni incidenti di dispositivi superconduttivi (TES) operanti a bassissime temperature (100 mK).

Le altre attività svolte nell'ambito di questo programma sono lo studio di tecniche di acquisizione e riproduzione di immagini per il restauro di opere d'arte, di vecchie pellicole e stampe fotografiche e lo sviluppo e il miglioramento di tecniche automatiche per la misura dell'illuminamento stradale.

**Risultati di particolare rilievo**

- JRP Euranet+ quCandela (INRIM coordinatore);
- set di fotodiodi con efficienza quantica calcolabile;
- dimostrazione sperimentale della capacità di risolvere il numero di fotoni con TES;
- manipolatore per l'allineamento di fibre ottiche;
- Organizzazione del CIE Expert Symposium on Advances in Photometry and Colorimetry;
- Organizzazione del CIE Symposium on Road Surface Photometric Characteristics;
- n° 3 corsi di III livello; seminario sicurezza laser

**Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici**

I risultati conseguiti sono sostanzialmente in linea la programmazione prevista.

La principale criticità nell'avanzamento delle attività programmate è legata sostanzialmente alla effettiva disponibilità delle risorse economiche.

**Riepilogo analitico dei risultati**

Codice	Descrizione	Mese atteso	Stato <sup>(1)</sup>
1.1	Realizzazione set di fotodiodi con efficienza quantica "calcolabile"	01,09	Ri
1.2	Caratterizzazione fotodiodi (responsività, uniformità, linearità, dipendenza dalla temperatura)	02	Ri

## XVI LEGISLATURA – DISEGNI DI LEGGE E RELAZIONI - DOCUMENTI

1.5	Caratterizzazione della risoluzione energetica di TES di Ti/Au		Ra
1.6	Caratterizzazione elettrica ed ottica di film nanostrutturati di MgB <sub>2</sub>		Ri
2.1	Caratterizzazione dello scanner per l'acquisizione di sequenze cinematografiche da vecchie pellicole		Ra
2.2	CIE Export Symposium		Ra
2.3	Validazione del software per il restauro di vecchie pellicole a colori		Ri
3.1	Analisi delle metodologie di taratura e confronto per strumentazione fotografica digitale		Ra
3.2	Taratura e confronto di strumentazione colorimetrica e fotografica digitale per i beni culturali		Ra
3.3	Tecniche semiautomatiche per l'esecuzione di valutazioni spettrali		Ri
3.6	Individuazione specifiche software per l'estrazione semiautomatica dei dati di misura del laboratorio Tiresia		Ra
3.7	Aggiornamento hd sw di Tiresia per estrazione semiautomatica dei dati di misura (a seguito finanziamento ANAS)		Ri
3.9	Confronto di misura del sistema per la valutazione della torbidità atmosferica con strumentazione alternativa di maggior accuratezza e complessità operativa per la definizione dell'incertezza operativa dello strumento		Ra

(1) Ra= raggiunto; Ri= in ritardo; Ab= abbandonato

#### Informazioni sui risultati in ritardo o abbandonati

Codice	Commento
1.1	I risultati del progetto fotorivelatore con efficienza quantica calcolabile, legati al JRP quCandela sono stati traslati di quattro mesi
1.2	
1.6	L'impegno richiesto dai TES, sia in fase di fabbricazione dei dispositivi che di misura ha impedito di svolgere questa attività.
2.3	
3.3	Per attesa finanziamento contratto ENEA, la parte esecutiva in ritardo riconfigurata al punto 3.2
3.7	In fase di rinegoziazione accordo INRIM-ANAS

#### Eventuali altri risultati

Descrizione
- realizzazione banco di misura per sorgenti luminose a LED
- Premio al Congresso Nazionale SIF per la prima migliore comunicazione Sez. Fisica applicata –"Single-photon light detection with transition-edge sensors"

**Programma O4 Ottica quantistica****Responsabile: Marco Genovese****Personale impegnato (TPE) per tipologia di attività**

Personale	R&S INRIM	R&S contratto	Campioni	Tarature e prove	Supporto al SIT	Gestione e altro	Totale
Marco Genovese	0,25	0,25				0,30	0,80
Mauro Rajteri	0,15	0,00				0,05	0,20
Giorgio Brida	0,15	0,15				0,10	0,40
Ivo Degiovanni	0,85	0,00				0,15	1,00
Marco Terzi	0,10	0,00				0,00	0,10
Fernando Viarengo	0,10	0,00				0,00	0,10
Fabio Saccomandi	0,20	0,15		0,05		0,00	0,40
Maria Luisa Rastello	0,20	0,00				0,00	0,20
Valentina Caricato	0,00	0,70				0,00	0,70
Valentina Schettini	0,70	0,00				0,00	0,70
Paolo Traina	0,70	0,00				0,00	0,70
Fabrizio Piacentini	1,00	0,00				0,00	1,00
Marco Gramegna	0,50	0,40				0,10	1,00
Ivano Ruo-Berchera	0,00	0,90				0,10	1,00
Alice Meda	0,00	1,00				0,00	1,00
<i>Totale (TPE)</i>	4,90	3,55		0,05		0,80	9,30

**Descrizione del programma****Principali attività svolte**

Come negli anni precedenti le attività dei laboratori Carlo Novero nel 2009 hanno riguardato in generale lo studio dell'informazione Quantistica, della Metrologia Quantistica e dei Fondamenti della Meccanica Quantistica.

Più in dettaglio le attività considerate sono state:

- Comunicazione Quantistica, con particolare riguardo alla crittografia quantistica (effetti di decoerenza open space simulati in cella, standardizzazione dei protocolli QKD in vista di applicazioni commerciali)
- Imaging quantistico (in particolare differential imaging under shot-noise sfruttando le proprietà di entanglement della PDC)
- Taratura di rivelatori sfruttando le proprietà di correlazione quantistica della PDC, con particolare riguardo al caso analogico
- Studio del realismo locale (test di Alicki, test di modelli realistici particolari)
- Studio di rivelatori con tempi morti minimizzati per applicazioni all'informazione quantistica.
- Caratterizzazione degli stati ottici quantistici, sia dal punto di vista generale della ricostruzione della matrice densità (miglioramento del metodo di massima verosimiglianza con vincoli, ricostruzione globale della matrice con implementazione di un oscillatore locale), sia riguardo le proprietà di entanglement (misura del parametro di Fedorov, caratterizzazione spaziale e spettrale per stati entangled prodotto in PDC).

**Risultati di particolare rilievo**

- Interferometro stabilizzato (Mach-Zehnder con controllo nanometrico stabilizzato in temperatura)
- Pubblicazioni: 5 (IF>2.5), 3 (2.5>IF>1), 3 (IF ND), 3 atti di convegni internazionali
- Comunicazioni a convegni: internazionali su invito (10), a convegni internazionali (13), convegni nazionali (3)
- 1 corso III livello PoliTo
- IV international workshop "Recent advances in Foundations of Quantum Mechanics and Quantum Information In memory of Carlo Novero"

**Impatto dei risultati sul contesto esterno**

Lo scambio sicuro di informazioni è uno dei pilastri fondamentali su cui si basa la società attuale. La crittografia quantistica, basata sulle proprietà fondamentali della MQ, fornisce una risposta al problema dai promettenti sviluppi commerciali. Inoltre, le QT aprono nuovi scenari di sviluppo: il calcolo quantistico,

l'imaging quantistico, metrologia quantistica. Tali studi forniscono anche un importante contributo alla ricerca di base ed alla domanda di conoscenza della nostra società. Inoltre la creazione di nuovi standard per la comunicazione quantistica e le applicazioni della MQ a misure di precisione costituiscono un fondamentale elemento per il futuro della metrologia (vedi roadmap fotometria iMera, Qu-candela ed attività svolte a NIST). Complessivamente i risultati ottenuti, contribuendo significativamente alla ricerca sulla metrologia, la crittografia, l'imaging e la comunicazione quantistica contribuiscono in maniera rilevante a tale progresso scientifico –tecnologico.

#### Confronto tra risultati conseguiti e attesi. punti critici

Nonostante la criticità rappresentata dal blocco, per vari mesi nel corso del 2008, dell'utilizzo dei fondi disponibili, si sono sostanzialmente raggiunti tutti i risultati previsti ed alcuni ulteriori.

#### **Riepilogo analitico dei risultati**

Codice	Breve descrizione	Stato	Commenti
1.1	Ottenimento coincidenze e prova fattibilità' esperimento LR a singolo qubit	Realizzato	
1.2	Realizzazione esperimento LR a singolo qubit	realizzato	
1.3	Struttura spaziale e temporale stati Bell in regime continuo: anisotropia rispetto asse ottico cristallo	realizzato	
1.4	Struttura spaziale e temporale stati Bell in regime impulsato	Completata fase preliminare	Rinviato per effettuare esperimento piu' urgente. Attualmente in corso di realizzazione
1.6	Prova materiali (nano) microstrutturati	realizzato	
1.7	utilizzo materiali microstrutturati per produzione coppie di fotoni	Da realizzarsi	I risultati del punto 1.6 hanno mostrato inadeguatezza cristalli prodotti a Mosca: in attesi di nuovi
2.1	Realizzazione interferometro	realizzato	
2.2	Test interferometro ed applicazioni alla ricostruzione matrice densità'	realizzato	
2.7	Test sperimentale effetti atmosferici in cella multipasso su BB84	realizzato	
2.9	Completamento studio preliminare realizzazione di schema di taratura rivelatori in regime analogico: studio della riduzione dei sistematici.	realizzato	
2.10	Progettazione dello schema su banco ottico per la taratura rivelatori in regime analogico	realizzato	
3.1	Studio struttura a speckle nel regime specifico in cui e' atteso un segnale sotto lo shot noise	realizzato	
3.2	Misura under shot noise	realizzato	

#### Informazioni sui risultati in ritardo o abbandonati

Codice	Commento
1.4	Rinviato per effettuare esperimento piu' urgente
1.7	I risultati del punto 1.6 hanno mostrato inadeguatezza cristalli prodotti a Mosca: in attesi di nuovi

#### Eventuali altri risultati

- Studio teorico delle proprietà' di entanglement di mesoni pseudoscalari
- Studio teorico sugli aspetti non classici della PDC seeded.
- Esperimento ricostruzione statistica stati ottici quantistici con rivelatori on/off vincolata.
- Lavoro seminale sulla standardizzazione della QKD (ETSI)

**Divisione Termodinamica****Responsabile: Vito Fericola****Personale (al 31/12/2008):**

Ricercatori e tecnologi: 18. Tecnici: 13. Altro personale tecnico scientifico: 9. Dottorandi e borsisti: 7. Personale amministrativo: 0,5

**Organizzazione**

Le attività della divisione si articolano in cinque programmi di ricerca finalizzati allo sviluppo di tecnologie, competenze e capacità di misura nel campo delle misure termiche, acustiche e della quantità di sostanza. Lo schema mostra l'articolazione dei programmi nel 2008.

PROGRAMMA	N.	Progetto
T1 - Campioni di temperatura ed umidità (M. Battuello)	1	Mise en pratique del kelvin in criogenia
	2	Mise en pratique del kelvin: campioni e tubi di calore per la metrologia termica
	3	Mise en pratique del kelvin: scala di temperatura per radiazione
	4	Ridefinizione del kelvin: metodologie termiche per la misura della costante di Boltzmann
	5	Campioni per l'igrometria
T2 - Tecnologie della termometria e dell'igrometria (P. Steur)	1	Metodi radiativi e termocoppie
	2	Sensori e metodi avanzati per applicazioni critiche e speciali
	3	Reti di sensori e metodi di misura dell'umidità
	4	Campioni per la termometria superficiale
T3 - Acustica fisica (R. Gavioso)	1	Applicazioni di risonatori acustici ed elettromagnetici per la metrologia dei gas
	2	Tecniche acustiche per la misura di proprietà termofisiche di fluidi ad alta pressione e di materiali solidi
	3	Sonochimica e cavitazione
T4 - Metrologia dell'acustica in aria e degli ultrasuoni (C. Guglielmo)	1	Campioni di pressione sonora e metodi di taratura degli strumenti per la misura del rumore
	2	Caratterizzazione di campi ultrasonori
	3	Proprietà acustiche dei materiali
T5 - Quantità di sostanza (M. Sassi)	1	Metodi chimici e gravimetrici per la salute, l'ambiente e la sicurezza alimentare
	2	Spettroscopia ottica molecolare per la biomedicina e l'ambiente

Nel seguito sono sintetizzati i principali risultati conseguiti considerando le attività svolte: ricerca e sviluppo, realizzazione delle unità e loro disseminazione (ruolo NMI), trasferimento delle conoscenze verso l'impresa e la società.

**Ricerca e sviluppo.** I risultati di maggior rilievo raggiunti nel 2008 sono descritti di seguito:

- la realizzazione di celle del punto triplo del neon con ripetibilità entro 30  $\mu$ K;
- la determinazione della temperatura termodinamica di celle per punto fisso del Co-C attraverso la realizzazione di tre scale termodinamiche tra Zn e Co-C e la costruzione di due nuove celle per punto fisso Pd-C;
- lo sviluppo di sistemi di controllo termico con stabilità migliore di 0.2 mK per l'esperimento DBT svolto in collaborazione con PoliMi e UniNa e del termostato per l'esperimento DCGT svolto presso il PTB (JRP-Boltzmann Constant);
- la costruzione di due celle in Cu/AISI 316L per la misura della pressione di vapore di saturazione dell'acqua;
- la realizzazione di una sfera integrante con rivelatore InGaAs per misure di riflettività normale-emisferica e misure di emissività spettrale normale a partire da 200 °C;

- la realizzazione di sensori di temperatura a fibra ottica e di un prototipo di igrometro a microonde, per misure di composizione di miscele binarie umide, per studi su celle a combustibile PEM (progetto WISE-CELL);
- la realizzazione di una stazione di misura per la caratterizzazione di tubi termoconvettori sigillati per la temperatura superficiale;
- la caratterizzazione dimensionale e di forma di un risonatore sferico per la determinazione di  $k_B$  con un metodo a microonde e con misure CMM con incertezza nell'ordine di poche ppm (JRP-Boltzmann Constant);
- lo sviluppo di un metodo originale per il calcolo delle proprietà termodinamiche di liquidi a partire da misure acustiche;
- il brevetto di un metodo di trattamento e abbattimento del contenuto inquinante di reflui industriali con il metodo della cavitazione idrodinamica;
- la realizzazione e la validazione di una bilancia a forza di radiazione ad alta velocità per la misura di potenze ultrasonore  $\geq 100$  W con bersagli assorbenti (JRP-EBCT);
- lo sviluppo di un metodo di misura in situ del "water-borne sound" in edifici e lo studio della previsione dell'isolamento acustico in base a misure di vibrazioni in laboratorio e *in situ*;
- la realizzazione di miscele di NO in matrici di N<sub>2</sub> in concentrazioni di alcune decine di  $\mu\text{mol/mol}$ ;
- lo sviluppo di uno spettrofluorimetro per la caratterizzazione metrologica a diverse temperature dei parametri spettrali di materiali fluorescenti
- un impianto generatore dinamico di miscele gassose multicomponenti di VOC in traccia tra 1 e 100 ppb in aria;
- lo studio mediante Analisi per attivazione neutronica e Spettroscopia in assorbimento atomico dell'influenza degli elementi in traccia sull'ambiente e sulla salute dell'uomo (pubbl. su PNAS);
- realizzazione di una cella secondaria potenziometrica modulare in Pyrex per la misura di pH.

Numerosi progetti di ricerca di ambito europeo, nazionale o regionale sono stati avviati nel 2008, altri sono proseguiti da anni precedenti. I principali sono:

- JRP "Boltzmann Constant", per la determinazione delle costanti dei gas e di Boltzmann con incertezza relativa inferiore a  $10^{-6}$ ;
- JRP "EBCT", per migliorare l'efficacia e la sicurezza delle terapie antitumorali basate sulla radiazione, in particolare sui fasci di ultrasuoni ad alta intensità;
- JRP "TRACEBIOACTIVITY", per lo sviluppo e la validazione di nuovi metodi di misura in biologia e attività ionica per la chimica clinica;
- JRP "RegenMed", per lo sviluppo della metrologia alla scala cellulare per la medicina rigenerativa e riparativa;
- P.Reg. WISE-CELL, per lo sviluppo di sensori a microonde e fibra ottica per la caratterizzazione *in situ* di celle a combustibile PEM;
- P.Reg. METREGEN, per la realizzazione di un laboratorio di metrologia per la biomedicina riparativa e rigenerativa;
- P. Reg. CRUM, per la messa in un funzione e l'avvio delle attività di un centro di riferimento per gli ultrasuoni in medicina.

In ambito internazionale si collocano anche 3 contratti di ricerca con istituti metrologici e organizzazioni di altri paesi per lo sviluppo di strumentazione di precisione. Va infine segnalata la presentazione di 3 progetti per il bando Neuroscienze della CSP di Torino e l'esito favorevole della partecipazione a due bandi interni INRIM (bando strumentazione e bando nuove idee di ricerca).

**Campioni delle unità SI e loro disseminazione (ruolo NMI).** L'attività di mantenimento dei campioni nazionali che richiedono periodiche e impegnative verifiche per garantire i livelli di incertezza dichiarati è stata particolarmente intensa per tutte le grandezze realizzate. Si segnalano, in particolare, la messa a punto del programma di gestione del *cryo-cooler* Multi-Cells, la revisione del generatore campione di umidità per bassi punti di rugiada, la realizzazione di un apparato di posizionamento di microfoni in campo libero per la taratura con il metodo di reciprocità, gli studi di stabilità e purezza di miscele gassose primarie mediante GC.

Oltre alla partecipazione a 7 *Key and Supplementary Comparison* a supporto dell'MRA, previsti da comitati consultivi della CIPM, la divisione è stata impegnata nel coordinamento di, o nella partecipazione a, 2 confronti pilota del CCQM e 6 confronti EURAMET.

Calibration and Measurement Capabilities (CMC). La divisione è impegnata al mantenimento e all'estensione delle capacità di misura riconosciute nell'MRA; fanno riferimento alla divisione 59 CMC pubblicate o in via di pubblicazione (29 per la termometria e l'igrometria; 23 per l'acustica e gli ultrasuoni; 7 per la quantità di sostanza). Recenti CMC dichiarate riguardano le misure di potenza acustica.

**Trasferimento tecnologico e delle conoscenze.** Varie sono le modalità con le quali i risultati dell'attività svolta e le competenze acquisite sono state trasferite verso l'impresa e la società.

Le unità SI sono disseminate mediante attività di taratura e prova in conto terzi rivolta ai laboratori industriali, ai centri SIT e alle PMI con l'emissione di oltre 370 certificati nel corso dell'anno. L'attività di supporto all'accreditamento ha riguardato circa 60 laboratori accreditati. Nel 2008 è stato organizzato un confronto interlaboratorio di misure di umidità relativa al quale hanno partecipato 9 Centri accreditati SIT.

La divisione ha prodotto 29 articoli su riviste internazionali (di cui 23 su riviste indicizzate dall'*ISI-Thomson Web of Science*), 33 articoli pubblicati agli atti di congressi, 23 comunicazioni a conferenze o congressi, 1 libro, 13 capitoli di libri e 21 rapporti tecnici. Ha depositato la domanda per un nuovo brevetto.

Cooperazione internazionale. Va segnalata la partecipazione alle riunioni dei CCAUV, CCT e CCQM e relativi gruppi di lavoro, alle riunioni EURAMET (TC-AUV, TC-MC e TC-T); la collaborazione con organismi normativi quali ISO, IEC, CEN e CENELEC. Numerose collaborazioni con università e istituti di ricerca europei ed internazionali. La divisione partecipa complessivamente a 28 progetti EURAMET nei settori della termometria, dell'acustica e della quantità di sostanza. In ambito internazionale si collocano anche contratti di ricerca con istituti metrologici e organizzazioni di altri paesi e la formazione di personale di altri NMI europei.

Cooperazione nazionale. Numerose collaborazioni con atenei e centri di ricerca pubblici e privati. La divisione ha all'attivo contratti industriali con PMI e grandi imprese; ha svolto attività di supporto tecnico-scientifico alla PP.AA.; ha realizzato studi e avviato collaborazioni nel campo dei beni culturali; ha partecipato con i propri esperti alle attività degli enti normatori UNI e CEI. Sul piano nazionale va segnalata la collaborazione con ISPRA (ex APAT) e ISS per la riferibilità delle misure di interesse ambientale e biomedico e la partecipazione nel gruppo nazionale del programma TrainMiC (Training in Metrology in Chemistry) promosso dalla Commissione Europea.

Ricercatori della divisione sono professori a contratto presso l'Università e il Politecnico di Torino; inoltre, ricercatori e tecnici della divisione hanno svolto lezioni e seminari in corsi indirizzati ai tecnici dell'industria. Cinque studenti della Scuola di dottorato del Politecnico di Torino hanno svolto la loro attività di ricerca presso la divisione.

**Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici.** Le attività intraprese ed i risultati conseguiti sono coerenti con la programmazione nel 66% dei casi, il 28% dei risultati attesi è in ritardo, solo il 6% dell'attività è stata abbandonata. A fronte di ciò va segnalato che vi sono stati risultati non previsti o previsti per l'anno successivo raggiunti in anticipo (circa il 25 % del totale).

Il mancato raggiungimento di alcuni obiettivi scientifici o tecnologici deriva principalmente dallo sforzo profuso nella progettazione delle attività future in risposta alle nuove tendenze della metrologia internazionale. Tuttavia è necessario un ulteriore sforzo per affinare la capacità di programmazione e di sintesi di alcuni programmi in modo da contenere il numero degli obiettivi e concentrare su di essi il personale effettivamente disponibile.

Le risorse economiche non sono state del tutto adeguate alla necessità di rinnovare le apparecchiature per l'attività istituzionale ed all'esigenza di significativi investimenti per le nuove attività in via di sviluppo.

**ENTRATE DA CONTRATTI E PRESTAZIONI (K€)**

<i>Descrizione</i>	
Contratti e progetti di ricerca	251
Prove e prestazioni	330
<b>Totale</b>	<b>581</b>

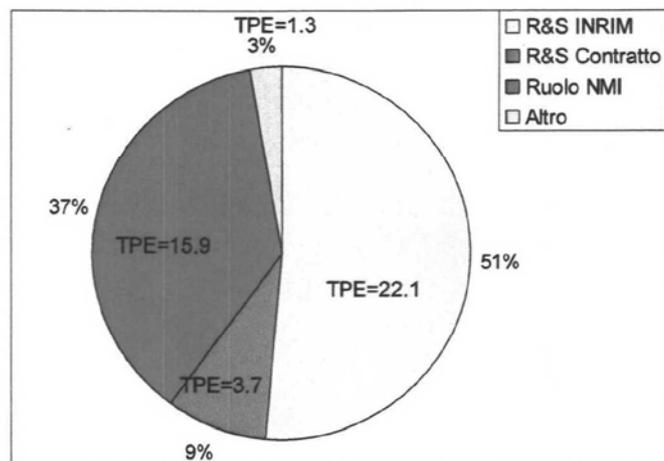
**USCITE (K€)**

<i>Descrizione</i>	
Investimento	294
Funzionamento	278
Missioni	74
Personale non strutturato	331
<b>Totale</b>	<b>997</b>

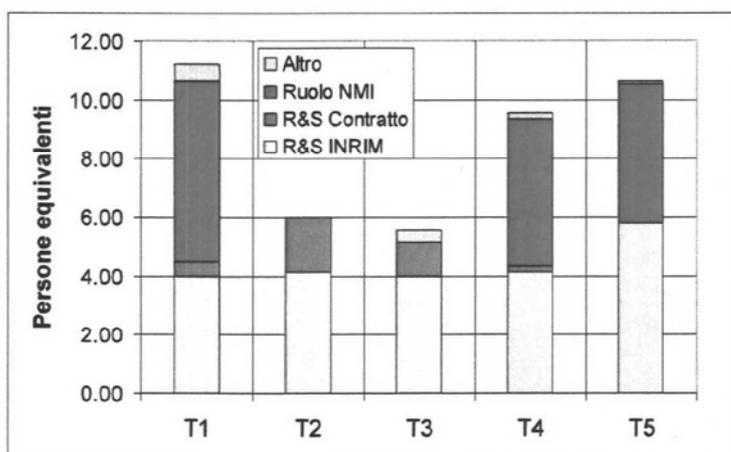
**Campioni nazionali e di misura**

<b>Campione</b>
Scala Internazionale di Temperatura del 1990 (STI-90) tra 24.6 K e 273.16 K mediante termometro a resistenza di platino a capsula (6 campioni)
Scala Internazionale di Temperatura del 1990 (STI-90) tra 83.8 K e 1235 K mediante termometro a resistenza di platino a stelo (9 campioni)
Scala Internazionale di Temperatura del 1990 (STI-90) tra 1235 K e 2500 K mediante termometro a radiazione monocromatico (2 campioni)
Campione di umidità nel campo di temperatura di rugiada da -75 °C a 85 °C (2 campioni)
Pressione Sonora (1 campione)
Potenza Ultrasonora (1 campione)
Campione nazionale di ozono in aria (1 campione)
Miscele gravimetriche primarie di CO <sub>2</sub> in aria e azoto (2 campioni)

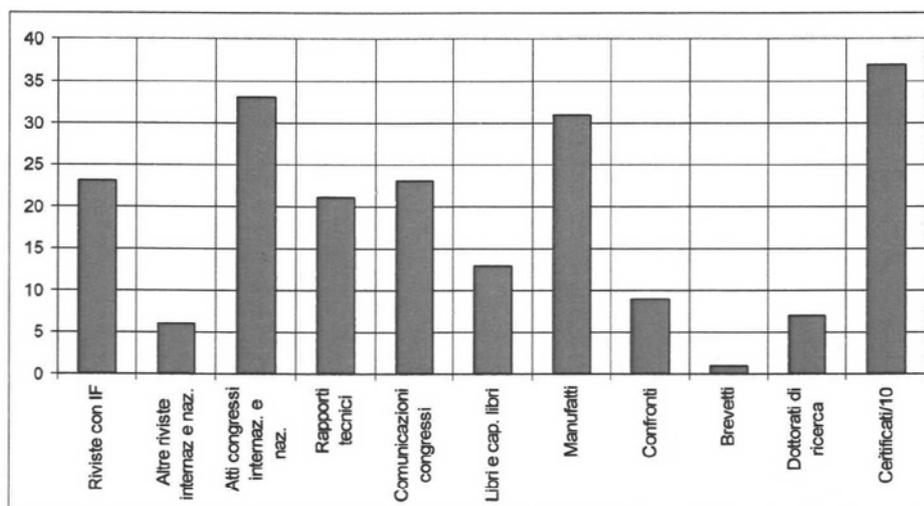
Nel seguito sono riassunti, in forma grafica, alcuni dati statistici di rilievo.



a) persone equivalenti (TPE e %) dedicate alle attività della divisione



b) persone equivalenti per programma dedicate alle attività di ricerca, mantenimento dei campioni, disseminazione delle unità e supporto all'accreditamento



c) prodotti relativi all'anno 2008

**Programma T1 - Temperatura e umidità: campioni e nuovi sviluppi****Responsabile: Mauro Battuello****Personale impegnato (TPE) per tipologia di attività**

Personale	R&S INRIM	R&S contratto	Campioni	Tarature e prove	Supporto al SIT	Gestione e altro	Totale
Mauro Battuello	0,40	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,60
Nicola Bancone <sup>(1)</sup>	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
Mauro Banfo	0,10	0,00	0,25	0,30	0,05	0,00	0,70
Roberto Dematteis	0,00	0,00	0,60	0,35	0,05	0,00	1,00
Vito Fericola	0,20	0,00	0,20	0,05	0,05	0,25	0,75
Danilo Ferri	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70
Michael Florio <sup>(2)</sup>	0,20	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,50
Ferruccio Girard	0,25	0,00	0,20	0,05	0,00	0,00	0,50
Domenico Giraudi <sup>(3)</sup>	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,30
Luigi Iacomini	0,20	0,00	0,10	0,40	0,20	0,00	0,90
Franco Lanza <sup>(4)</sup>	0,00	0,00	0,10	0,70	0,00	0,10	0,90
Antonio Mangano <sup>(5)</sup>	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10
Piero Marcarino <sup>(6)</sup>	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,15
Andrea Merlone	0,40	0,20	0,15	0,15	0,00	0,00	0,90
Francesco Moro <sup>(7)</sup>	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
Franco Pavese <sup>(4)</sup>	0,55	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
Francesco Righini <sup>(6)</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20
Lucia Rosso	0,10	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,20
Denis Smorgon <sup>(8)</sup>	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
Peter Steur	0,00	0,05	0,75	0,00	0,00	0,00	0,80
Antonio Tiziani	0,20	0,00	0,10	0,20	0,00	0,00	0,50
<b>Totale (TPE)</b>	<b>4,00</b>	<b>0,50</b>	<b>3,50</b>	<b>2,30</b>	<b>0,35</b>	<b>0,55</b>	<b>11,20</b>

<sup>(1)</sup> terminato dottorato a fine 2008<sup>(2)</sup> co.co.pro. fino a luglio 2009<sup>(3)</sup> part-time al 40%<sup>(4)</sup> in pensione dal 1/12/2008<sup>(5)</sup> in pensione dal 1/02/2008<sup>(6)</sup> incarico di ricerca a titolo gratuito<sup>(7)</sup> dottorando XXIII ciclo, termina a fine 2010<sup>(8)</sup> dottorando XXII ciclo, termina a fine 2009**Descrizione del programma****Principali attività svolte**

Le attività hanno riguardato la *mise en pratique* del kelvin in tutti i suoi campi di temperatura, i campioni di umidità; la misura della costante di Boltzmann  $k_B$  per la nuova definizione del kelvin. In particolare:

**Progetto 1 – Mise en pratique del kelvin in criogenia**

Si è messo a punto il programma di gestione del cryocooler "MULTICELLS". Sono stati eseguiti 25 plateaux del punto triplo del Neon, utilizzando sia celle INRIM sia celle NMIJ e NPL. E' stato preparato il sistema di riempimento celle per l'utilizzo con Neon isotopicamente puro.

**Progetto 2 – Mise en pratique del kelvin: campioni e tubi di calore per la metrologia termica**

Dopo il riempimento di due dei nuovi tubi di calore sono stati eseguiti test operativi. In particolare, il tubo a difenile ha mostrato un comportamento inaspettato, ed è ancora in fase di studio. Anche il tubo a mercurio necessita di ulteriori studi prima di poter essere utilizzato con celle per punti fissi.

**Progetto 3 – Mise en pratique del kelvin: scale di temperatura per radiazione**

Sono state realizzate 3 scale termodinamiche tra lo Zn e il Co-C con il termometro campione al Si a 900 nm e 950 nm. Si sono costruite 2 nuove celle per il punto Pd-C (volume interno di 12.6 cm<sup>3</sup> e 3.6 cm<sup>3</sup>) poi utilizzate per realizzazioni preliminari di scale fino al Pd-C. In vista della determinazione della temperatura termodinamica del rame e dell'oro si sono effettuate alcune misure con il punto dell'oro. I primissimi risultati, se da un lato evidenziano una ripetibilità migliorabile nella realizzazione dei plateaux, allo stesso tempo sono molto interessanti per quanto riguarda le differenze ( $T-T_{90}$ ).

**Progetto 4 – Ridefinizione del kelvin: metodologie termiche per la misura della costante di Boltzmann**

Progettata e costruita una cella e i relativi sistemi di termostatazione, controllo e riferibilità delle misure termiche, per l'esperimento "Laser-based Doppler width Thermometry" (DBT).

Progettato e realizzato un termostato di grandi dimensioni (oltre 1500 L di volume) per contenere

l'esperimento di misura mediante termometria a gas per misure di costante dielettrica (DCGT) presso il PTB. Il termostato deve garantire stabilità e uniformità di temperatura entro il millikelvin, da  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . In entrambi i casi, il lavoro è stato integrato dallo sviluppo di elettronica specifica e software dedicati per il raggiungimento di prestazioni in termini di controllo termico ai limiti attualmente raggiungibili.

Per il progetto INRIM in termometria acustica (collaborazione tra i gruppi di Acustica Fisica e Metrologia Termica) è stato avviato il progetto di una speciale linea di purificazione per il gas utilizzato nei risonatori sferici impiegati per questa metodologia.

Le tre diverse attività descritte sono condotte nell'ambito del progetto iMERA JRP T1.J1.4.

#### **Progetto 5 - Campioni per l'igrometria**

È stata caratterizzata la risposta (pressione vs. portata) della pompa centrifuga a tenuta di vuoto progettata e realizzata nel 2007; essa verrà integrata nell'impianto del generatore campione IMGC 02 attualmente in fase di revisione. Preparati due *Final report* per i KC CIPM ed EURAMET per il draft A. Avviate le attività sperimentali del progetto EURAMET 1034 per la misura della pressione di vapore dell'acqua in equilibrio su ghiaccio: progettate e realizzate due celle di misura in AISI 316L e rame dorato ed acquisita parte della strumentazione di misura. Messo a punto un sistema di produzione continua dell'aria secca a temperatura di brina di  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $< 0.5\text{ ppmv}$  di  $\text{H}_2\text{O}$ ).

Tutte le attività di ricerca condotte nei cinque progetti sono a forte connotazione e coinvolgimento internazionale essendo tutte riconducibili a tematiche definite da EMRP e CCT o condotte nell'ambito di progetti iMERA Plus.

**Tarature, prove e supporto all'accreditamento.** L'attività è rivolta alla taratura dei campioni di prima linea di temperatura e umidità dei laboratori accreditati, alla taratura per confronto per altri laboratori e utenti industriali e al supporto tecnico al SIT. Sono stati emessi oltre 200 certificati di taratura.

#### Risultati di particolare rilievo

**Progetto 1:** Il programma di gestione del cryocooler "MULTICELLS" è stato messo a punto. Ciò ha permesso di portare la qualità della realizzazione del punto triplo del Neon ai livelli richiesti per il Progetto EUROMET 770 ("Effetto isotopico sul Punto Triplo del Neon"). Inoltre è stato preconditionato il sistema di riempimento celle, in modo da poter riempire celle con Neon isotopicamente puro.

**Progetto 2:** Dei due nuovi tubi di calore, uno è stato riempito con difenile (per  $t < 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ , punti fissi di In e Sn) ed l'altro con mercurio (per  $t < 440\text{ }^{\circ}\text{C}$ , punti fissi di Sn e Zn).

**Progetto 3:** Si è determinato il valore di T termodinamica di celle per punto fisso del Co-C attraverso la realizzazione di tre scale termodinamiche tra Zn e Co-C. Il valore ottenuto, oggetto di pubblicazione su *Metrologia*, è consistente con determinazioni effettuate presso altri istituti con metodi radiometrici assoluti.

Sono state costruite due nuove celle per punto fisso Pd-C

**Progetto 4:** La cella per l'esperimento DBT è ora funzionante e diventerà lo strumento essenziale per i risultati ambiti dalla metodologia DBT per l'esperimento italiano svolto in collaborazione con PoliMi e UniNa.

Il termostato di grandi dimensioni ora operante presso il PTB sarà il punto chiave per il controllo termico entro i livelli richiesti dalle accuratezze di misura per l'esperimento DCGT

**Progetto 5:** Pompa centrifuga a tenuta di vuoto per generatore campione di temperatura di brina IMGC 02.

*Final report* per i confronti chiave CIPM CCT/K6 e EURAMET P621/K6.

Celle in Cu/AISI 316L per la misura della pressione di vapore dell'acqua.

Ricercatori e tecnici afferenti al programma T1 hanno prodotto: 9 articoli su riviste con IF; 16 lavori pubblicati su atti di conferenze internazionali; 13 rapporti tecnici; 4 presentazioni a congressi internazionali.

#### Impatto dei risultati sul contesto esterno

Il livello dei campioni di termometria e igrometria, così come l'esperienza accumulata in tecniche di misura e controllo termico e quella relativa al trattamento statistico dei dati, collocano l'INRIM in una consolidata posizione a livello mondiale e garantiscono la base utile per la partecipazione a tutte le metodologie di misura di  $k_B$ , fornendo un contributo sostanziale alla ridefinizione del kelvin. I lavori condotti dall'INRIM su  $k_B$  sono fondamentali per l'avvio e il proseguimento dei tre principali esperimenti europei con metodi diversi e indipendenti (AGT, DBT, DCGT) per la rideterminazione della costante.

Misure accurate di temperatura e umidità sono necessarie per lo sviluppo di nuove e più efficienti tecniche di produzione volte al risparmio energetico e alla riduzione dell'inquinamento, per il controllo e monitoraggio dei parametri ambientali e climatici e nelle applicazioni scientifiche e industriali di precisione (semiconduttori, gas puri, produzione gas naturale, industria aerospaziale, industria alimentare).

#### Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici

Le attività intraprese e i risultati conseguiti sono coerenti con la programmazione. In alcuni casi sono già stati raggiunti risultati originariamente previsti successivamente; in aggiunta, si sono ottenuti diversi risultati non programmati. Si segnalano comunque alcuni punti di criticità:

Progetto 2: Il comportamento dei nuovi tubi di calore non è quello atteso. Si sta lavorando alla spiegazione del fenomeno.

Progetto 3: Le prime determinazioni con le celle del Pd-C indicano temperature più basse del previsto. Si cercherà di capire se la causa risiede nella preparazione delle celle o nel set-up di misura.

Progetto 5: Il maggiore scostamento tra i risultati attesi e quelli conseguiti riguarda il nuovo generatore termodinamico per umidità in tracce per quanto riguarda la simulazione numerica del sistema.

#### Riepilogo analitico dei risultati

Codice	Descrizione	Mese atteso	Stato <sup>(1)</sup>
1.1	Prime misure del punto triplo del Neon con ripetibilità al livello di 30 $\mu$ K	06	Ra
2.1	Messa in funzione di tubi di calore sigillati per punti fissi	12	Ra
2.5	Pubblicazione della curva di tensione di vapore del mercurio con ridotte incertezze tra 400 Pa e 400 kPa	12	Ri
3.1	Nuove celle per punto fisso Pd-C	06	Ra
3.2	Nuove celle per punto fisso Pt-C	12	Ri
4.1	Realizzazione cella per la misura della costante di Boltzmann mediante spettroscopia laser Doppler.	06	Ra
4.2	Realizzazione di bagno termostatico per misura della costante di Boltzmann mediante <i>dielectric-constant gas thermometry</i>	09	Ra
5.1	Progetto e costruzione di una pompa centrifuga a tenuta di vuoto	06	Ra
5.2	Studio di fattibilità e progetto di un generatore di umidità fino a $-95$ °C	12	Ri
5.3	Confronto chiave CIPM di temperatura di rugiada/brina da $-50$ °C a $+20$ °C	18	Ra
5.4	Confronto chiave EURAMET di temperatura di rugiada/brina da $-50$ °C a $+20$ °C	24	Ra
	Pubblicazioni dei 5 progetti: – 9 articoli su riviste con IF – 1 articolo su rivista nazionale – 16 articoli su Atti Conferenze Internazionali – 2 capitoli di libri – 13 rapporti tecnici e relazioni per contratti – 4 presentazioni a congressi internazionali		
	Certificati di taratura: oltre 200		
	Manufatti: – 2 celle punto fisso del Pd-C – bagno termostatico per misura $k_B$ con <i>dielectric-constant gas thermometry</i> – cella per misura $k_B$ con spettroscopia laser – pompa centrifuga a tenuta di vuoto per generatore campione di temperatura di brina IMG02 – celle in Cu/AISI 316L per la misura della pressione di vapore dell'acqua		

(1) Ra= raggiunto; Ri= in ritardo; Ab= abbandonato

#### Informazioni sui risultati in ritardo o abbandonati

Codice	Commento
2.5	Lavoro inviato ad altra rivista scientifica dopo doppio processo di referaggio.
3.2	Impegno oltre le previsioni per realizzare celle Pd-C
5.2	Lo studio e la modellazione sono effettuati nell'ambito di una collaborazione esterna

#### Eventuali altri risultati

Descrizione
Progetto 1: eseguiti 25 plateau del punto triplo del Neon. L'esecuzione di ciascun plateau ha richiesto una settimana di misure.
Progetto 3: realizzate n.3 scale termodinamiche tra punti dello Zn e del Co-C a 900 nm e 950 nm
Progetto 3: scale preliminari tra punti dello Zn e del Pd-C a 900 nm e 950 nm
Progetto 3: primi risultati nella determinazione di T termodinamica dell'Au
Progetto 4: realizzato software specifico per controlli termici per i tre esperimenti.
Progetto 5: confronto chiave CIPM di temperatura di rugiada/brina da $-50$ °C a $+20$ °C (misure INRIM completate, draft A in preparazione)
Progetto 5: confronto chiave EURAMET di temperatura di rugiada/brina da $-50$ °C a $+20$ °C (draft B)

**Programma T2 - Tecnologie della termometria e dell'igrometria****Responsabile: Petrus Paulus Steur****Personale impegnato (TPE) per tipologia di attività**

Personale	R&S INRIM	R&S contratto	Campioni	Tarature e prove	Supporto al SIT	Gestione e altro	Totale
Petrus Paulus Steur	0,20	0,00					0,20
Mauro Battuello	0,40	0,00					0,40
Nicola Bancone	0,40	0,00					0,40
Mauro Banfo	0,30	0,00					0,30
Giuliana Benedetto	0,00	0,20					0,20
Vito Fericola	0,25	0,00					0,25
Danilo Ferri	0,30	0,00					0,30
Michael Florio <sup>(1)</sup>	0,25	0,25					0,50
Roberto Gavioso	0,00	0,25					0,25
Ferruccio Girard	0,25	0,25					0,50
Antonio Tiziani	0,20	0,20					0,40
Paolo Alberto Giuliano Albo <sup>(2)</sup>	0,00	0,20					0,20
Luigi Iacomini	0,10	0,00					0,10
Daniele Madonna Ripa <sup>(3)</sup>	0,00	0,20					0,20
Andrea Merlone	0,10	0,00					0,10
Franco Pavese <sup>(4)</sup>	0,40	0,00					0,40
Lucia Rosso	0,60	0,20					0,80
Denis Smorgon <sup>(5)</sup>	0,40	0,10					0,50
<b>Totale (TPE)</b>	<b>4,15</b>	<b>1,85</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>6,00</b>

<sup>(1)</sup> Co.Co.Pro. fino a luglio 2009<sup>(2)</sup> Assegno di Ricerca, il 1° biennio scade il 1/3/2009. Rinnovato per un altro biennio.<sup>(3)</sup> Co.Co.Pro. fino al 30/6/2008. Si chiede rinnovo.<sup>(4)</sup> in quiescenza da 1/12/2008. E' stato chiesto incarico di ricerca a titolo gratuito<sup>(5)</sup> dottorando XXII ciclo, termina a fine 2009**Descrizione del programma****Principali attività svolte**

Nel 2008 i progetti del programma erano: 1) Proprietà radiative, 2) Sensori e metodi avanzati per applicazioni critiche e speciali, 3) Reti di sensori e metodi di misura dell'umidità e 4) Campioni per la Termometria Superficiale.

Nel progetto 1) le attività spaziavano dalle misure per il confronto pilota CCT-WG9 di emissività spettrale nell'infrarosso e le caratterizzazione, in termini di emissività spettrale normale, di campioni di Inconel, BN e SiC, allo studio dei punti fissi eutettici metallo-carbonio con la realizzazione di scale di temperatura per radiazione a 1.6 µm fino a 1492 °C. I primi risultati suggeriscono valori di  $t(\text{Pd-C})$  più bassi rispetto ad altri laboratori. Altre attività specifiche hanno riguardato la fornitura, con due contratti distinti, di strumentazione di precisione: a) per la realizzazione di punti fissi per termometria a radiazione; b) per la caratterizzazione di termocoppie ad alta temperatura. Inoltre, sono iniziate le misure per il progetto EUROMET 658\_ext (studio dei parametri di base nella realizzazione di scale tra 156 °C e 1000 °C). Nel progetto 2) l'attività ha riguardato il collaudo dei nuovi termometri RhFe; il collaudo dell'unità elettro-ottica per la misura del tempo di vita della fluorescenza nonché lo sviluppo del software di controllo e acquisizione dati per la misura della temperatura e la progettazione di sensori a fibra ottica e lo sviluppo della misura della polarizzabilità del vapor d'acqua e della composizione di miscele binarie umide, nell'ambito del progetto regionale Wise-Cell. per misure nelle celle a combustibile PEM. Con gli schermi basati su MgB2 sono stati raggiunti attenuazioni oltre 10<sup>7</sup>. Il progetto 3) si è occupato della caratterizzazione, taratura e integrazione del blocco di misura (convertitore CDC e sensori di UR caratterizzati in precedenza) in un nodo wireless in tecnologia ZigBee. Sono stati caratterizzati generatori di umidità trasportabili per prove e tarature in campo e, con un contratto, sono stati studiati nuovi sensori psicrometrici per il monitoraggio delle condizioni ambientali nelle grotte di Lascaux. Le attività del progetto 4) spaziavano da uno studio teorico (con l'Università di Cassino) del prototipo del sistema di riferimento, alla realizzazione (con il Luikov HMTI di Minsk) di una stazione di misura per la caratterizzazione di tubi termoconvettori sigillati da impiegare come diffusori di calore (*vapor heat spreader*) in sistemi per la temperatura superficiale.

**Risultati di particolare rilievo**

- Nuova sfera integrante con rivelatore InGaAs che consente a) l'utilizzo della "tecnica ibrida" a partire da 200 °C, b) misure di riflettività normale-emisferica a 1.6 µm e c) (insieme al sistema di misura diretto) misure di emissività spettrale normale a partire da 200 °C (prima circa 500 °C con fotodiode al Si). Ciò ha permesso una più ampia partecipazione al confronto CCT-WG9.
- 3 forni per i punti fissi In, Sn e Zn (contratto).
- Un corpo nero per caratterizzazione di termocoppie fino a 1550 °C per confronto con termometro a radiazione (contratto).
- Schermo superconduttore a MgB2 con attenuazione oltre 10<sup>7</sup>.
- Prototipo di un nodo di riferimento, per l'auto-taratura di reti di sensori.
- Prototipo di igrometro a microonde.
- Misure in vuoto ed elio nell'intervallo di temperatura fra 50 e 210 °C, per pressioni fino a 2 MPa con risonatore a microonde.
- Prove preliminari di misura delle proprietà elettriche dell'acqua in fase vapore ad alta temperatura.
- Modello teorico della stazione di taratura per sonde di temperatura superficiale per contatto nell'intervallo tra 30 °C e 350 °C.
- Stazione di misura per la caratterizzazione di tubi termoconvettori nel campo di temperatura tra 20 °C e 180 °C.

**Impatto dei risultati sul contesto esterno**

Un istituto metrologico straniero viene dotato di strumentazione di precisione costruita da INRIM. Con l'estensione delle capacità di misura di emissività spettrale, INRIM è meglio qualificato nei confronti internazionali. Le misure di temperatura ed umidità nelle celle a combustibile PEM contribuiscono ad affinarne il modello teorico e migliorarne l'efficienza. I metodi di taratura *in situ* per reti di sensori si applicano nelle misure in campo meteorologico. I dispositivi isotermi basati su diffusori di calore trovano applicazione in campo biomedico (es., PCR) e spaziale.

**Confronto tra risultati conseguiti e attesi, punti critici**

Un punto critico potrebbe essere il punto fisso del Pd-C, la cui temperatura di transizione sembra essere inferiore ai valori attesi. Le misure di igrometria a microonde hanno confermato l'elevata precisione ottenibile. Uno dei fattori limitanti è legato alla capacità di mantenere puri i campioni in fase di misura. Per il completamento del campione per le temperature superficiali, con dichiarazione della CMC e avvio di un servizio di taratura, è ancora necessaria una dettagliata valutazione dell'incertezza di misura ed un confronto internazionale (in fase di definizione).

**Riepilogo analitico dei risultati**

Codice	Descrizione	Mese atteso	Stato <sup>(1)</sup>
1.1	Costruzione celle per punto fisso Pd-C per termometria a contatto	12	Ab
1.2	Emissione Part 1 "Technical data for radiation thermometers" della nuova norma IEC 62942-1 "Industrial process control devices-Radiation thermometers"	12	Ra
1.3	Nuova versione sfera integrante con InGaAs per misure di riflettività fino a 1,6 µm. Assemblaggio e caratterizzazione del sistema di misura dell'emissività a partire da 200 °C	12	Ra
1.4	Dati di misura del confronto pilota in ambito CCT – WG9	18	Ra
2.1	Nuovi termometri RhFe	12	Ri
2.3	Sensori di temperatura a fluorescenza con ottica in fibra	08	Ri
2.4	Caratterizzazione di un risonatore a microonde per la misura della frazione molare di vapor d'acqua in miscele gassose binarie	10	Ra
3.1	Caratteristiche dei sensori polimerici capacitivi per umidità relativa e relativi metodi di prova	6	Ra
3.2	Celle igrostatiche e sistemi di riferimento per la misura dell'umidità nel legno	10	Ra
3.3	Riferibilità delle misure fisiche utilizzate nel monitoraggio dell'ambiente e dei beni culturali	12, 24	Ra
4.1	Stazione di misura per <i>heat spreader</i> basati su <i>heat pipe</i>	6	Ra
4.2	Sistema di riferimento per le temperature superficiali e documentazione della sua incertezza	12	Ri
	Publicazioni e rapporti tecnici: 10 lavori su riviste con IF; 3 su Atti conferenza internazionale, 2 rapporti tecnici		

(1) Ra= raggiunto; Ri= in ritardo; Ab= abbandonato

Informazioni sui risultati in ritardo o abbandonati

Codice	Commento
1.1	Mancanza di fondi per l'acquisto di polvere di palladio
2.1	Termometri in fase di collaudo
2.3	Ritardo nella fornitura del modulo elettro-ottico impiegato nel sistema di misura
4.2	La realizzazione del sistema di riferimento è conclusa; la valutazione dettagliata dell'incertezza è in corso.

Eventuali altri risultati

Descrizione
Progetto 1: realizzati 3 forni corpo nero per punti fissi di indio, stagno e zinco (contratto con SPRING-Singapore)
Progetto 1: costruito forno corpo nero per punto fisso dello stagno (per ns. Laboratorio)
Progetto 1: scale preliminari tra In e Pd-C
Progetto 1: costruito cavità corpo nero per confronto termocoppie-pirometro fino a 1500 °C (contratto con SPRING-Singapore)
Progetto 1: caratterizzazione e confronto termocoppie tipo S e Pt/Pd tra punto del rame e 1500 °C (attività per laboratorio taratura termometri industriali)