Istituto di Radioprotezione
Anno 2010

Edizione a cura di Paolo Ferrari, Francesca Zinni ed Elena Fantuzzi

ENEA RTI -IRP (2011) 3

Lo scopo del presente documento è descrivere, in modo sintetico ma sufficientemente dettagliato, le attività svolte dall'Istituto di Radioprotezione in ENEA, nel contesto nazionale ed internazionale.

La pubblicazione è stata strutturata in *parti* in modo da rendere più agevole la consultazione al lettore. Ad un'introduzione generale, sulla struttura, i compiti, le attività e le risorse disponibili (**Parte I**), fanno seguito i contributi relativi all'impegno di IRP sul piano internazionale (**Parte II**), i contributi relativi alla ricerca, allo sviluppo di metodologie e alla formazione (**Parte III**), la descrizione delle principali commesse esterne (**Parte IV**) e le relazioni delle attività di qualificazione svoltesi nel corso del 2010 (**Parte V**). L'ultima parte (**Parte VI**) include le schede descriventi i servizi tecnici avanzati forniti da IRP all'utenza interna ed esterna all'Agenzia.

Nelle appendici sono riportati gli articoli scientifici pubblicati dai ricercatori di IRP nel corso 2010 (**A.1**), i contributi a convegni e congressi (**A.2**), le partecipazioni a gruppi di lavoro e comitati nazionali e internazionali e gli incarichi di docenza per corsi accademici e per seminari (**A.3**), l'elenco del personale suddiviso per laboratori (**A.4**) e una breve storia della radioprotezione (**A.5**).

PARTE I – L' Istituto 9
1 Istituto di Radioprotezione 11
1.1 L'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA 11
1.2 La struttura e le risorse dell'Istituto di Radioprotezione 12
1.3 Le peculiarità e le potenzialità di IRP 15
2 Coordinamento delle attività di ricerca e formazione 17
2.1 Sviluppo di metodiche per la sicurezza radiologica presso acceleratori e impianti per fusione nucleare (IRP-FUAC) 17
2.2 Ottimizzazione delle procedure e messa a punto di sistemi innovativi di rivelazione di Radon e Thoron (IRP-DOS) 18
2.3 Sviluppo di metodi radiometrici innovativi (IRP-MIR) 19
2.4 Ricerche Modellistiche e sperimentali per la protezione degli operatori in Fisica Medica (IRP-DOS) 19
2.5 Offerta formativa IRP 20
3 Coordinamento delle attività di valutazione e sorveglianza di radioprotezione 21
3.1 Attività di Sorveglianza Fisica 21
3.2 Attività ordinarie 21
3.3 Attività straordinarie 22
3.4 Formazione in radioprotezione 22
3.5 Attività di Valutazioni di Radioprotezione e Temi di sviluppo 24
4 Laboratorio di dosimetria, protezione da radionuclidi naturali e calibrazione 26
4.1 Ruolo, principali compiti e funzioni 26
4.2 Attività 26
4.3 Infrastrutture e risorse strumentali 27
4.4 Risorse umane 28
4.5 Servizi per l'utenza interna ed esterna 28
4.6 Principali commesse delle utenze interne ed esterne 29
4.7 Principali risultati nel 2010 29
4.8 Partecipazioni a convegni/congressi/seminari dei dipendenti del laboratorio 30
5 Laboratorio radioprotezione per impianti fusione nucleare e grandi acceleratori 31
5.1 Ruolo, principali compiti e funzioni 31
5.2 Attività 31
5.3 Infrastrutture e risorse strumentali 31
5.4 Risorse umane 34
5.5 Servizi per l'utenza interna ed esterna 34
5.6 Principali risultati nel 2010 35
5.7 Partecipazioni a convegni/congressi/seminari dei dipendenti del laboratorio 36

6 Laboratorio integrato monitoraggio e misure della radioattività 37
6.1 Ruolo, principali compiti e funzioni 37
6.2 Attività 37
6.3 Infrastrutture e risorse strumentali 41
6.4 Risorse umane 44
6.5 Servizi per l'utenza interna ed esterna 45
6.6 Ricerca e Sviluppo 45
6.7 Partecipazioni a convegni/congressi/seminari dei dipendenti del laboratorio 47
7 Laboratorio sorveglianza fisica ed ambientale di radioprotezione 48
7.1 Ruolo, principali compiti e funzioni 48
7.2 Attività 48
7.3 Infrastrutture e risorse strumentali 49
7.4 Risorse umane 51
7.5 Servizi per l'utenza interna ed esterna 51
7.6 Principali risultati nel 2010 51
7.7 Partecipazioni a convegni/congressi/seminari dei dipendenti del laboratorio 53
PARTE II- La partecipazione a gruppi internazionali 55
1 Il ruolo di IRP in EURADOS 58
1.1 WG2: harmonization in individual monitoring 59
1.2 WG6: Computational dosimetry 60
1.3 WG7: Internal dosimetry 62
1.4 WG12: European Medical ALARA Network 63
2 Il progetto europeo ORAMED 64
2.1 ORAMED WP1 66
2.2 ORAMED WP2 67
2.3 ORAMED WP4 68
3 Il progetto europeo ENETRAP-II 69
3.1 Struttura 70
3.2 Aree di attività 70
3.3 Ruolo di IRP 70
4 NEA - Nuclear Energy Agency 71
4.1 Obiettivo 71
4.2 Composizione 71
4.3 Struttura 71
4.4 Aree di attività 71
4.5 Ruolo di IRP in NEA nel 2010 71
5 ICRP - International Commission on Radiological Protection 73
5.1 Obiettivo 73
5.2 Struttura 73
5.3 Aree di attività 73
5.4 Ruolo di IRP in ICRP nel 2010 73
PARTE III – Ricerca, sviluppo e formazione 75
1 Valutazione dell'efficienza al variare della quantità di matrice depositata sul piattello a conteggio beta totale 77
1.1 Premessa 77
1.2 Preparazione delle sorgenti di taratura e relativa misura di conteggio 77
1.3 Conclusioni 78
2 Sviluppi di radioprotezione per acceleratori di fasci di neutri 79

2.1 Premessa 79
2.2 Attività svolta 79
2.3 Conclusioni 79
3 Sviluppi di radioprotezione per l'acceleratore del progetto TOP-IMPLART 80
3.1 Premessa 80
3.2 Attività svolta 80
3.3 Conclusioni 80
4 Una coppia integrata di modelli antropomorfi per studi dosimetrici 81
4.1 Premessa 81
4.2 Attività svolta 81
4.3 Conclusioni 81
5 Studio della rete di sorveglianza ambientale del Centro Ricerche di Casaccia 82
5.1 Premessa 82
5.2 Documentazione di Riferimento 82
6 Corso di formazione/aggiornamento per l'attuazione del piano di emergenza del Centro Ricerche di Casaccia 83
6.1 Premessa 83
6.2 Aggiornamento delle procedure di emergenza 83
6.3 Attività di formazione e gestione dell'emergenza 84
6.4 Conclusioni 84
PARTE IV – Le commesse esterne 85
1 Caratterizzazione radiometrica dell'area marino costiera prospiciente il S.I.N. di GELA: partecipazione ENEA IRP 87
1.1 Introduzione 87
1.2 Il piano di caratterizzazione radiometrica del S.I.N. di Gela. 88
1.3 Procedure e tecniche analitiche messe a punto ed utilizzate da IRP 89
1.4 Espletamento delle attività 91
1.5 Conclusioni 92
2 Attività di misure e controlli di radioprotezione per NUCLECO Spa 93
2.1 Introduzione 93
2.2 Attività svolte 93
3 Attività di misure e controlli di radioprotezione per SOGIN Spa 95
3.1 Introduzione 95
3.2 Attività svolte 95
4 Commessa FUS/EURATOM 96
4.1 Descrizione sintetica 96
4.2 Premessa 96
4.3 Attività di radioprotezione nel 2010 96
4.4 Impegno in risorse umane 96
PARTE V – Attività di qualificazione 97
1 Interconfronto PROCORAD 2010 99
2 Interconfronto ALMERA 2010 102
3 Interconfronto EURADOS 2010 per fotoni 105
4 Interconfronto per dosimetria di criticità 2010 106
5 Interconfronto HPA 2010 sulla misurazione del radon con dispositivi passivi 109
6 Interconfronto BfS 2010 sulla misurazione del radon con dispositivi passivi 110
7 3° Interconfronto NIRS 2010 sulla misurazione del radon con dispositivi passivi 111
8 3° Interconfronto NIRS 2010 sulla misurazione del thoron con dispositivi passivi 112

PARTE VI – Servizi tecnici avanzati 113
1 I servizi tecnici avanzati di IRP 115
1.1 Misure di monitoraggio della contaminazione interna 116
1.2 Misure per rivelazione di esposizione esterna 116
1.3 Irraggiamenti per taratura strumentazione o caratterizzazione dosimetri 116
1.4 Misure radiometriche su campioni ambientali o assimilabili e su campioni vari 117
2 Servizio di valutazione della concentrazione del radon 118
2.1 Caratteristiche del servizio 118
2.2 Caratteristiche tecniche 118
2.3 Qualità dei servizi offerti 118
3 Servizio di dosimetria personale 119
3.1 Caratteristiche del servizio 119
3.2 Caratteristiche tecniche 119
3.3 Qualità del servizio offerto 123
4 Centro di Taratura 124
4.1 Caratteristiche del servizio 124
4.2 Caratteristiche tecniche 124
4.3 Qualità del servizio offerto 131
Appendici 133
A.1 Pubblicazioni su rivista, rapporti tecnici e contributi a libri nel 2010 135
A.2 Partecipazioni e pubblicazioni in atti di convegno ed a congressi internazionali e nazionali nel 2010 136
A.3 Partecipazioni a gruppi di lavoro, comitati e incarichi di docenza per l'anno 2010 ... 138
A.4 Personale dell'Istituto di Radioprotezione suddiviso per Laboratori 140
A.5 Radioprotezione: cenni storici, principi e quadro normativo 141

PARTE I – L' Istituto

1

Istituto di Radioprotezione

Elena Fantuzzi

1.1 L'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA

Tutte le attività di radioprotezione dell'ENEA sono accorpate nell'Istituto di Radioprotezione (IRP) ed hanno carattere di trasversalità, anche rispetto a obiettivi strategici esistenti o in divenire. Infatti, le competenze di radioprotezione non hanno caratteristiche "locali" né in ENEA né nel Paese. Tuttavia, IRP collabora con le Direzioni dei diversi Centri di Ricerche nell'ottica di un posizionamento strategico anche territoriale delle attività di ENEA.

Il costante impegno nella ricerca permette di mantenere i servizi di radioprotezione e di dosimetria, forniti all'interno ed all'esterno dell'ENEA, adeguati e idonei ad affrontare le attuali necessità e le nuove problematiche. Lo stato della radioprotezione in ENEA è corrispondente allo stato dell'arte europeo in quanto in costante rapporto e confronto con la realtà internazionale, tramite anche la partecipazione dei suoi ricercatori ed esperti a commissioni scientifiche (e.g. ICRP, ICRU, IAEA, EURADOS) e ad enti di standardizzazione (e.g. ISO, IEC, UNI).

L'IRP[1] svolge, in accordo con gli indirizzi definiti dal Vertice dell'Agenzia, attività di ricerca, di formazione in tema di radioprotezione e, in particolare, per la dosimetria ed il monitoraggio ambientale ed individuale delle radiazioni ionizzanti ed assicura per ENEA il rispetto delle leggi e della normativa in materia. Inoltre, contribuisce al ruolo dell'Agenzia per la garanzia delle necessarie competenze tecnico-specialistiche per il MSE, per le Autorità e gli organismi nazionali coinvolti nel campo della sicurezza nucleare, per applicazioni di ricerca, di produzione energetica, di smantellamento ed anche, più in generale, della protezione dalle radiazioni ionizzanti dell'individuo, della popolazione e dell'ambiente nelle pratiche con utilizzo o presenza di radiazioni ionizzanti, incluso il monitoraggio del radon e di altri radionuclidi naturali.

Oltre ad un ruolo tecnico-scientifico, l'Istituto svolge anche un ruolo *istituzionale* per l'Agenzia nell'assicurare la sorveglianza fisica di radioprotezione per tutte le attività ENEA con rischi da radiazioni ionizzanti ed il rispetto della normativa di legge in radioprotezione ex D.Lgs.230/95 e s.m.i., D.Lgs.52/07 e successive normative attraverso Esperti Qualificati e tecnici di radioprotezione (ex art.77). Inoltre, IRP cura la tenuta dell'archivio della documentazione dosimetrica per tutto il personale ENEA esposto alle radiazioni ionizzanti, in servizio ed in quiescenza, in accordo con la suddetta normativa.

IRP fornisce servizi tecnici di misure, di valutazioni dosimetriche e di sicurezza radiologica ad alto contenuto specialistico per le Unità dell'Agenzia, nell'ambito del proprio ruolo istituzionale per l'Agenzia, e per Utenti esterni, tra cui si annoverano pubbliche amministrazioni, aziende private, industrie ed Enti di ricerca, attraverso le competenze e le strumentazioni distribuite nei seguenti laboratori:

- centro di taratura per le radiazioni ionizzanti;
- laboratorio di dosimetria esterna;
- laboratorio per la misura della concentrazione di Radon gas;
- laboratori di misure radiometriche su campioni ambientali e matrici di varia natura;
- laboratori di radiotossicologia per misure di contaminazione interna su escreti;
- laboratori per misura diretta della contaminazione interna (Whole Body Counter).

[1] Circolare Commissariale n. 23 del 20/4/2010 e successive articolazione della struttura organizzativa in Circolare Commissariale n.35 del 08/07/2010

I servizi tecnici ad alto contenuto specialistico di radioprotezione offerti da IRP sono:

- *servizi di dosimetria esterna personale ed ambientale* per tutti i tipi di radiazione, con dosimetri "ENEA" ad elevata prestazione;
- *servizi di monitoraggio per contaminazione interna*, che comprendono l'esecuzione di misure *in vivo*, con Whole Body Counter, e misure di radiotossicologia su campioni biologici per numerosi radionuclidi emettitori alfa, beta e gamma;
- *servizi di misure radiometriche* (e.g. fisiche, chimiche o radiochimiche) per tutti i radionuclidi di interesse nucleare o radionuclidi naturali, su campioni ambientali e/o alimentari, nonché campioni potenzialmente contaminati provenienti da impianti e/o infrastrutture nucleari:
- *servizi di monitoraggio della concentrazione di gas radon*, monitoraggio dei radionuclidi figli, valutazioni dosimetriche e consulenze per le possibili azioni di rimedio necessarie e richieste dalla normativa.
- *servizio di taratura di strumentazione di radioprotezione* per complessi di misura sensibili alle radiazioni ionizzanti, irraggiamento, a dose prefissata, di dosimetri (attivi o passivi) con radiazioni beta, gamma, X o in campi neutronici.

La qualità delle misure e dei servizi forniti da IRP è regolarmente testata attraverso la periodica partecipazione, con ottimi risultati, a tutte le iniziative di interconfronto e/o test di verifica per le misure di dosimetria e di radioattività organizzate da istituzioni nazionali e internazionali. Inoltre le attività di misura sono svolte in conformità alla normativa ISO/IEC 17025 "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura", ed è in corso un piano di raggiungimento dell'accreditamento, ai sensi della stessa normativa, per tutti i laboratori di misura, che forniscono servizi e prestazioni anche all'esterno dell'ENEA.

Oltre al servizio di "misura", l'IRP è in grado di fornire per Utenti interni ed esterni all'ENEA la consulenza tecnico-scientifica e normativa per la predisposizione di opportuni piani di monitoraggio ambientali, di luoghi di lavoro ed individuali, nonché consulenze specifiche di sicurezza radiologica per varie infrastrutture con sorgenti di radiazioni ionizzanti e/o potenzialmente contaminate, in particolare in occasione di interventi di manutenzione e/o smantellamenti che comportano generalmente le esposizioni di entità maggiore rispetto a quelle in "esercizio".

1.2 La struttura e le risorse dell'Istituto di Radioprotezione

Nel 2010, in occasione della riorganizzazione dell'ENEA nella sua nuova funzione di Agenzia, l'Istituto di Radioprotezione è stato identificato come una Unità di primo livello ed è stato dotato di una organizzazione interna al fine di migliorarne l'efficienza ed efficacia nel raggiungimento degli obiettivi. Per una Unità distribuita su più centri, con attività con diverse finalità (ricerca, istituzionale e di servizio) la organizzazione ed il coordinamento interni assumono una importanza strategica ai fini del conseguimento degli obiettivi e della realizzazione dei compiti. Per questo, oltre alle sotto-unità, sono stati istituiti 2 coordinamenti trasversali a tutte le attività dell'Istituto.

La ***struttura*** dell'Istituto (figura 1), oltre che tener conto della localizzazione geografica in analogia con il criterio di riorganizzazione dell'Agenzia, prevede:

- **2 Coordinamenti**: uno relativo alle attività di ricerca e formazione e l'altro alle attività di valutazione e sorveglianza di radioprotezione;
- **4 Laboratori** (IRP-DOS, IRP-MIR, IRP-SFA, IRP-FUAC) con attività e finalità differenti e trasversali all'Istituto ed all'ENEA stessi.

Il *Coordinamento attività di ricerca e formazione* è stato istituito al fine di promuovere e coordinare le attività di ricerca e di formazione dell'Istituto, distribuito su più centri e con attività comuni e finalità generalmente differenti, mantenendo continua relazione con il contesto internazionale e adeguamento alle nuove problematiche. Ha anche lo scopo di favorire

l'individuazione delle opportunità di finanziamento nazionali ed internazionali delle attività di ricerca in tema di radioprotezione e di promuoverne la partecipazione. Per gli aspetti di *formazione* ha il compito di individuare le esigenze di competenze in radioprotezione ed elaborare proposte formative per l'Agenzia e per il contesto nazionale

Il *Coordinamento attività di valutazioni e sorveglianza di radioprotezione* è invece necessario al fine di costituire un interlocutore stabile per le richieste e/o esigenze di valutazioni e pareri in tema di radioprotezione rivolte all'ENEA, o all'Istituto stesso, da organismi nazionali, e.g. costituenda *Agenzia di Sicurezza Nazionale*, o da utenti interni (e.g. l'Unità Centrale per Funzionamento ed il Coordinamento dei Centri UCFS). Il Coordinatore può provvedere alla risposta utilizzando le competenze e le risorse dell'Istituto che volta per volta sono funzionali all'esigenza manifestata. Inoltre, garantisce il coordinamento delle attività di sorveglianza fisica di radioprotezione per le pratiche con impiego di radiazioni ionizzanti messe in atto dagli Esperti Qualificati nelle varie sedi ENEA con lo scopo di mantenere un alto livello di omogeneità di applicazione della normativa, delle procedure operative e dei programmi di radioprotezione nell'Agenzia.

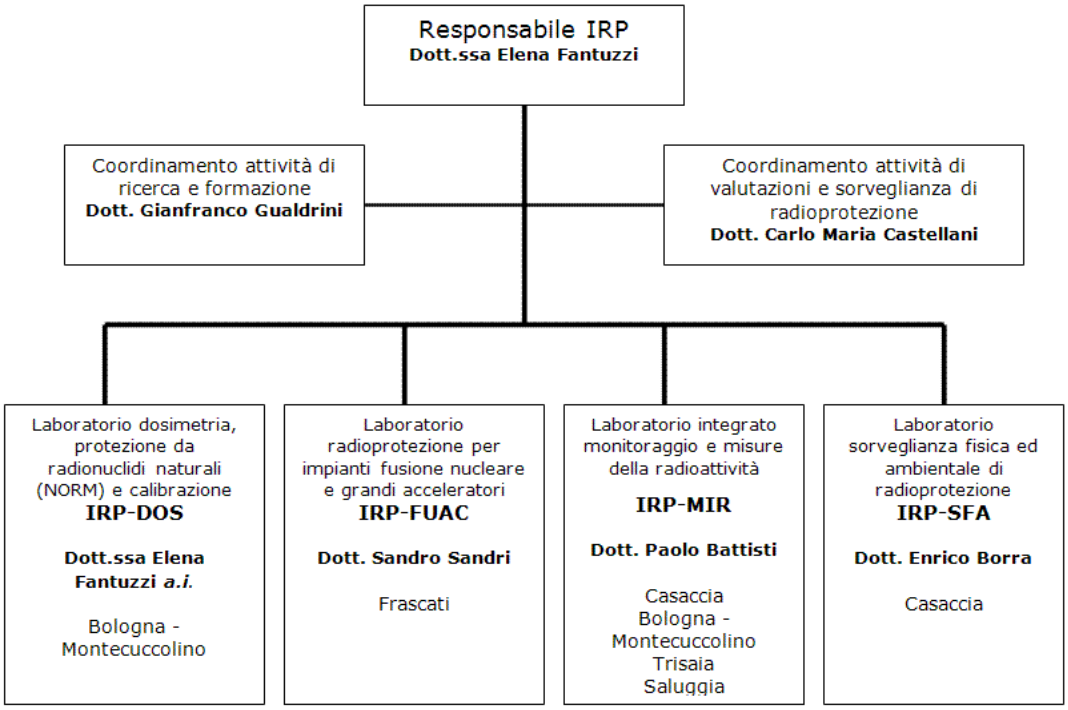


Figura 1: Struttura dell'Istituto di Radioprotezione

Il *Laboratorio dosimetria, protezione da radionuclidi naturali e calibrazione* (IRP-DOS), presso i Laboratori di Montecuccolino (Bologna), svolge attività di ricerca attraverso studi sperimentali e n umerici anche con l'uso di fantocci antropomorfi da immagini tomografia computerizzata (TC) o di risonanza magnetica (RM), nel campo della dosimetria delle radiazioni ionizzanti, nel monitoraggio dei radionuclidi naturali e per la taratura della strumentazione di radioprotezione. Fornisce inoltre i servizi tecnici di misure per dosimetria esterna (personale ed ambientale) per tutti i tipi di radiazioni, predispone e fornisce servizio per piani di monitoraggio nonché misure della concentrazione di gas radon, incluso il monitoraggio dei radionuclidi figli, relative valutazioni dosimetriche e consulenza per le possibili azioni di rimedio necessarie e richieste dalla normativa, e servizi di taratura di strumentazione di misura delle radiazioni ionizzanti e di dosimetri individuali

Il *Laboratorio radioprotezione per impianti fusione nucleare e grandi acceleratori* (IRP-FUAC), nel Centro di Frascati, fornisce alle Unità dell'Agenzia dedicate ad attività sulla fusione nucleare nonché ad applicazioni delle radiazioni ionizzanti valutazioni di radioprotezione e sicurezza radiologica per gli impianti impiegati, oltre che la consulenza tecnica necessaria e la redazione dei documenti autorizzativi per l'esercizio degli stessi. Garantisce la sorveglianza fisica di radioprotezione, nonché la tenuta della relativa documentazione, per gli impianti di ricerca in applicazione del D.Lgs.230/95 e s. m.i., gestisce l'archivio informatico centrale per le misure di dosimetria ed i rilievi di radioprotezione nei vari centri ENEA. Le attività di ricerca e sviluppo sono rivolte a misure e valutazioni di radioprotezione per gli aspetti progettuali degli impianti sperimentali e g randi acceleratori per applicazioni nel settore della fusione nucleare e d i applicazioni tecnologiche, incluse quelle a scopo sanitario.

Il *Laboratorio integrato monitoraggio e misure della radioattività* (IRP-MIR) nei Centri di Casaccia, Saluggia e Trisaia, raccoglie le principali competenze e risorse strumentali dell'Istituto, per le misure di radioattività su campioni di varia natura. Avvalendosi di tali risorse garantisce il monitoraggio della contaminazione interna per il personale esposto alle radiazioni nei Centri ENEA e, avvalendosi anche eventualmente delle risorse disponibili presso gli altri Laboratori, assicura la fornitura di servizi tecnici avanzati in tema di misure di radioattività e contaminazione interna. Ai fini dell'aggiornamento tecnico-scientifico e la qualificazione delle misure effettuate dall'Istituto, l'attività di ricerca e sviluppo è prevalentemente rivolta all'ottimizzazione delle tecniche di analisi e misura della radioattività in matrici di varia natura ed alle procedure di monitoraggio individuale della contaminazione interna. Il Laboratorio, inoltre, organizza prove di intercalibrazione fra i laboratori dell'Istituto dislocati nelle sedi di Bologna, Casaccia e Frascati e Saluggia. Inoltre, il Laboratorio predispone ed effettua piani di monitoraggio della radioattività ambientale nei siti ENEA di Saluggia e Trisaia, non richiesti ai sensi di legge ma opportuni per la presenza degli impianti nucleari rispettivamente EUREX e ITREC gestiti da Sogin s.p.a.

Il *Laboratorio sorveglianza fisica ed ambientale di radioprotezione* (IRP-SFA) nel Centro di Casaccia, ha compiti prevalentemente istituzionali. Il CR ENEA di Casaccia, infatti, ospita i reattori di ricerca TRIGA e TAPIRO dell'ENEA, l'impianto Plutonio (IPU) e Celle Calde (OPEC) gestiti da SOGIN s.p.a., le installazioni per la gestione dei rifiuti radioattivi di NUCLECO e numerosi laboratori e facilities con impiego di radiazioni ionizzanti. Tale contesto genera numerose e più complesse esigenze di sorveglianza di radioprotezione ai sensi di legge rispetto agli altri Centri ENEA. Infatti, gli impianti nucleari hanno, infatti, l'obbligo della sorveglianza locale della radioattività ambientale ex art. 54 D. Lgs 230/95 s.m.i.) e implicano la necessità di un piano di emergenza nucleare. Il Laboratorio IRP-SFA garantisce la sorveglianza di radioprotezione e di fisica sanitaria per gli impianti nucleari di ricerca ed i laboratori con impiego di radiazioni ionizzanti del Centro, il monitoraggio di radioattività ambientale del sito CR Casaccia, il supporto agli Esercenti degli impianti nucleari, nonché alla Direzione di Centro, per la gestione del Piano di Emergenza. Oltre a ciò effettua studi sulla radioattività ambientale e le valutazioni dosimetriche necessarie per la radioprotezione della popolazione e dell'ambiente.

I Laboratori IRP-DOS, IRP-FUAC e IRP-SFA collaborano con il *Laboratorio integrato di monitoraggio e misura della radioattività* (IRP-MIR) nell'ambito della fornitura di servizi di misura della radioattività in campioni ambientali, alimentari o di altra natura, che IRP-MIR coordina.

L'Istituto con i suoi laboratori è presente in 5 dei Centri di Ricerca dell'ENEA (Bologna, Casaccia, Frascati, Saluggia e Trisaia) e può attualmente contare su un organico di 58 di ***risorse umane*** tra 21 ricercatori, esperti di radioprotezione e t ecniche dosimetriche, e 3 7 tecnici specializzati rappresentate nel grafico di figura 2.
A questi si aggiunge 1 titolare di assegno di ricerca a Saluggia.

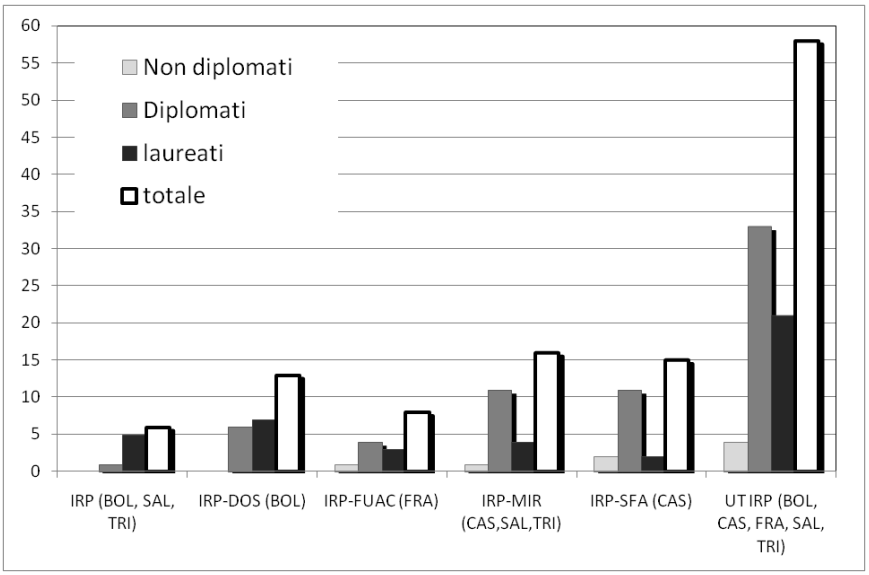


Figura 2: Personale dell'Istituto di Radioprotezione

Le ***risorse finanziarie*** necessarie per le attività dell'Istituto, anche quelle istituzionali, sono garantite attraverso finanziamenti esterni per i progetti di ricerca e sviluppo (tipicamente progetti europei finanziati dalla CE o EURATOM) e le entrate della fornitura dei servizi tecnici avanzati per Utenti esterni, che è basata su un sistema tariffario approvato dal vertice dell'Agenzia. Attualmente, IRP annovera circa 250 utenti fra PP.AA e privati come Nucleco, SOGIN, ENEL, ENI, ISPRA, VVFF ed emette quasi 700 fatture all'anno.

Le entrate delle "attività a tariffa ENEA" (in alcuni casi oggetto anche di commesse che includono una consulenza tecnico-scientifica all'Utente) assicurano le risorse finanziarie necessarie per lo svolgimento delle attività istituzionali di IRP (il mantenimento ed aggiornamento risorse strumentali e copertura del personale a tempo determinato a supporto delle attività stesse sono solo in minima parte garantite dal Contributo Ordinario dello Stato) e di attività di studio ed ottimizzazione delle tecniche dosimetriche.

1.3 Le peculiarità e le potenzialità di IRP

L'insieme di competenze, di risorse strumentali e di prestazioni tecniche rendono l'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA una realtà di risorse, certamente unica in Italia per completezza, multi-disciplinarietà e capacità di rispondere alle nuove esigenze.

L'integrazione di tali competenze fra i diversi laboratori e l 'attuale dotazione di apparecchiature permette di affrontare praticamente tutte le problematiche connesse alla dosimetria delle radiazioni ionizzanti ed alla misura della radioattività con l'impiego delle più aggiornate tecniche e metodologie di analisi e misura.

Pertanto l'IRP costituisce un presidio scientifico, di risorse strumentali ed impiantistiche fondamentale per il sistema Paese in grado di rispondere alle necessità connesse alle valutazioni primarie di sicurezza nucleare e radioprotezione (che il sistema nazionale chiede di affrontare per il ritorno al nucleare per la produzione energetica), alle problematiche relative alle valutazioni per lo smantellamento delle ex centrali italiane (di competenza SOGIN) e alle esigenze legate alle pratiche con radiazioni ionizzanti, *in primis* quelle sanitarie.

Anche per questo motivo, in occasione della recente ristrutturazione organizzativa dell'Agenzia, l'Istituto ha assunto un ruolo di importanza strategica per l'ENEA, che a sua volta assumerà un ruolo di *Technical Support Organization* (TSO) per la costituenda *Agenzia per la Sicurezza Nucleare (ASN).*

Oltre a ciò l'ENEA ha stipulato recentemente due accordi bilaterali di collaborazione con il CEA e l 'IRSN francesi con lo specifico scopo di favorire ed accelerare il confronto, l'aggiornamento e lo sviluppo di competenze, infrastrutture e metodiche sperimentali in ENEA, ed in generale in Italia, necessarie per il nucleare da fissione e per la radioprotezione.

Le potenzialità di IRP rappresentano un' opportunità per rafforzare il ruolo istituzionale di ENEA nel campo della radioprotezione e della produzione energetica da fusione e fissione nucleare. Il contributo di IRP è certamente posizionabile:

- nella azioni necessarie a garantire la *affidabilità delle misure di radiazioni ionizzanti* e dosimetriche e può consentire all'ENEA, in collaborazione con l'Unità METR, Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (INMRI), di ricoprire il ruolo di organismo tecnico di riferimento nazionale nel campo della misura della radioattività e dosimetria a scopi radioprotezionistici;
- *nella fornitura di servizi al alto contenuto tecnico-scientifico* per il monitoraggio radiologico e relative problematiche ai fini del monitoraggio individuale dei lavoratori addetti, degli ambienti di lavoro e dell'ambiente circostante i nuovi impianti e quelli in via di smantellamento, nonché valutazioni dosimetriche per l'esposizione della popolazione;
- nella *formazione* per operatori di laboratorio nel campo dei metodi radiochimici (in particolare per transuranici), delle misure in vivo, delle misure di emergenza e della dosimetria in generale.

Nel futuro, le attuali funzioni potranno estendersi alle nuove esigenze nazionali puntando in particolare a potenziarne l'operatività, soprattutto sui temi e l e competenze legati, non solo al nucleare, come per esempio: monitoraggio di radionuclidi alfa, naturali ed artificiali, in ambienti di lavoro e di vita, valutazioni di sicurezza radiologica per *facilities* di terapia con protoni, dosimetria e spettrometria dei campi neutronici, codici informatici per valutazione di dose per individui e popolazione e l'ambiente a seguito di rilasci radioattivi, piani di sorveglianza specifici per impianti nucleari in condizioni di esercizio e di incidente e/o emergenza.

Inoltre l'ENEA, con le competenze specifiche di IRP, in particolare per il monitoraggio degli individui, lavoratori e/o popolazione, per esposizione alle radiazioni ionizzanti, pur non avendo alcun ruolo "di legge" nel sistema nazionale per la gestione delle emergenze radiologiche e nucleari (di competenza della Protezione Civile, del Ministero dell'Interno e delle Agenzie Territoriali del Governo o ex Prefetture), potrebbe contribuire a tale sistema con misure in campo opportunamente concertate con le autorità suddette ed il Ministero della Salute.

2

Coordinamento delle attività di ricerca e formazione

Gianfranco Gualdrini

L'Istituto di Radioprotezione è chiamato a svolgere compiti istituzionali dentro l'ENEA per quel che riguarda la sorveglianza fisica intorno agli impianti nucleari. Su diversi fronti l'Istituto ha messo a punto una serie di attività di servizio altamente qualificate, dalla dosimetria personale esterna, alle misure di radionuclidi naturali. Alla dosimetria interna. A queste attività viene dato largo rilievo nel presente documento.
E' importante sottolineare che tutto questo insieme integrato di competenze a disposizione del paese deve essere continuamente aggiornato e qualificato con una attività di ricerca e sviluppo al passo con gli standard internazionali. Senza questa componente essenziale di studio e ricerca tutti i servizi diverrebbero in breve tempo obsoleti e non più di riferimento.
Il livello richiesto di innovazione viene perseguito attraverso la partecipazione di IRP a contratti di ricerca in ambito UE, ad organismi internazionali quali ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements) ed ISO (International Organization for Standardization) ed al Gruppo Europeo di Dosimetria (Eurados) impegnato sui diversi fronti della dosimetria delle radiazioni ionizzanti.

Il rilancio della scelta nucleare da parte del governo italiano ha portato alla stipula di un accordo ENEA con IRSN, focalizzato oltre che sugli aspetti di sicurezza, anche sulla radioprotezione; ciò garantirà il mantenimento e lo sviluppo delle competenze di misura e modellistica per la radioprotezione intorno agli impianti di potenza. A riprova di quanto detto, IRP ha partecipato con successo all'interconfronto di dosimetria di criticità incidentale svolto nell'ottobre 2010 presso il reattore del CEA SILENE a Valduc (Francia).
Infine riteniamo che sia in diretto rapporto con le attività di ricerca e sviluppo una adeguata opera di formazione complessiva per creare figure esperte per la radioprotezione in Italia. Tale compito già inserito nell'alveo della legislazione nazionale è ora ancor più di attualità ed è recepito come urgente da molti paesi europei riuniti nel progetto ENETRAP-II, che tratta del mutuo riconoscimento fra gli stati della unione europea di figure di Esperti in Radioprotezione e di Officer di Radioprotezione, suggerendo moduli didattici standard per il raggiungimento dei titoli relativi.
Nel presente contributo verrà fornita una idea sulle potenzialità di IRP in quest'ambito, tali da consentire di enucleare per il futuro una offerta formativa teorico/sperimentale indirizzata ai Centri Enea, al mondo accademico e all'industria. Viene di seguito presentata una rassegna dei principali campi di ricerca e formazione in cui IRP si trova impegnato.

2.1 Sviluppo di metodiche per la sicurezza radiologica presso acceleratori e impianti per fusione nucleare (IRP-FUAC)

Proseguendo nella tradizione che vede il laboratorio IRP-FUAC impegnato nelle attività di radioprotezione progettuale e di sviluppo nel campo della Fusione Nucleare con un particolare impegno nell'ambito del progetto ITER e delle facilities a questo associate, sono proseguiti gli studi relativi al progetto NBTF (Neutral Beam Test Facility), in via di realizzazione a Padova e dedicato al processo di accelerazione di neutri, da accoppiare alla macchina ITER.NBTF sarà costituito da due stazioni di test dedicate rispettivamente alla sola sorgente di neutri (denominata SPIDER) e ad un prototipo completo del NBI (Neutral Beam Injector) per ITER (la denominazione di quest'ultima facility è MITICA).

Nell'ultimo anno IRP-FUAC ha contribuito con studi e sviluppi di sicurezza radioprotezionistica che si sono concretizzati in particolare nell'analisi dei risultati ottenuti negli

anni precedenti con la conseguente preparazione del Rapporto di Sicurezza Radiologica per la richiesta di autorizzazione all'esercizio della macchina SPIDER (Source for Production of Ion of Deuterium Extracted from RF Plasma). Sono comunque proseguiti gli studi sui termini sorgente e sulle emissioni presso l'impianto MITICA (Megavolt ITER Injector Concept Advanced) che costituisce il progetto principale della facility e che sarà probabilmente finalizzato entro l'anno in corso.L'aspetto di originalità principale ha riguardato l'impiego codici Monte Carlo per la riprogettazione dei sistemi di contenimento della radiazione. Gli sviluppi e gli studi condotti hanno consentito di completare la documentazione tecnica necessaria per presentare la richiesta di nulla osta alla costruzione e all'esercizio per l'impianto SPIDER

Per quanto riguarda l'impegno rivolto agli sviluppi nel settore degli acceleratori, l'attività condotta da IRP-FUAC nell'ambito del progetto TOP-IMPLART è proseguita anche nel 2010. Lo scopo principale è stato quello di consentire la messa a punto di modifiche urgenti alla struttura esistente a Frascati e valutare le esigenze di schermature in vista dei successivi sviluppi, legati principalmente all'energia massima dell'acceleratore in progetto. Il lavoro si inquadra nell'impegno che ENEA sta portando avanti da alcuni anni per sviluppare un apparato per protonterapia, denominato appunto TOP-IMPLART, basato sulla costruzione di un acceleratore lineare ad alta frequenza. L'attività è svolta in collaborazione con l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e prevede la messa a punto di un prototipo presso il Centro ENEA di Frascati e la successiva installazione dell'impianto operativo presso la struttura ospedaliera IFO di Roma.L'attività svolta nel corso del 2010 ha avuto come principale obiettivo consentire l'esercizio di un acceleratore per protoni con energia fino a circa 18 MeV con minime esigenze autorizzative e, in particolare, anche attraverso opportuni modelli di calcolo, lo sviluppo di un progetto di radioprotezione che permettesse di sfruttare le autorizzazioni già in possesso dalla struttura. Il nuovo progetto è stato sottoposto alle autorità preposte (tra le quali l'ISPRA) in via formale con i necessari allegati tecnici preparati a cura di ricercatori di IRP-FUAC. Gli studi condotti hanno consentito di completare la documentazione tecnica necessaria per dimostrare la compatibilità delle modifiche da apportare all'acceleratore con i presidi di radioprotezione e con le autorizzazioni già esistenti.

2.2 Ottimizzazione delle procedure e messa a punto di sistemi innovativi di rivelazione di Radon e Thoron (IRP-DOS)

Al termine di un biennio di studio e messa a punto di un sistema integrato di calibrazione di atmosfere di ^{220}Rn (thoron), è stata realizzata e presentata al workshop Thoron 2010, tenutosi presso il NIRS di Chiba (Giappone), la camera ENEA-IRP per la taratura dei dispositivi passivi di misurazione del thoron. Il sistema è caratterizzato da alcune importanti modifiche ed innovazioni inserite nel circuito a flusso continuo già provato nel 2009: una nuova distribuzione dei flussi di aria di ingresso e di uscita della camera di esposizione, un nuovo strumento attivo per la misurazione in continuo della concentrazione di thoron ed, infine, l'installazione di un dispositivo di lavaggio periodico del circuito, utilizzato per rendere trascurabile la presenza di radon, causata dalle impurezze di ^{226}Ra nella sorgente solida di ^{220}Rn utilizzata. Come immediata conseguenza della disponibilità della camera thoron ENEA-IRP, si sono riavviate le verifiche interne del dispositivo passivo a tracce (DPT) di misurazione dell'indice di esposizione al thoron, dispositivo che viene utilizzato in coppia con il nostro DPT già brevettato per il radon, allo scopo di completare tutte le verifiche tecniche preliminari alla richiesta di brevettazione. Da notare che il PTB, che nel 2010 ha riavviato la sua facility, ha ricalibrato i ns. DPT per il thoron, con i quali IRP ha partecipato all'interconfronto internazionale sui misuratori passivi di thoron presso il NIRS, con risultati positivi.

Nell'autunno del 2010 è iniziata la revisione completa del sistema di lettura ed analisi automatica dei rivelatori a tracce del Servizio ENEA-IRP di misurazione del radon, all'interno del progetto indirizzato a cogliere tra le novità sull'aggiornamento del rischio dell'esposizione al radon (WHO-2009) le motivazioni per un miglioramento sostanziale della qualità della misura, estendendola a valori di esposizione finora considerati bassi (<100 kBq h m^{-3}). I risultati ottenuti verranno finalizzati anche al perseguimento del riconoscimento ai sensi della ISO/IEC 17025 come laboratorio di misurazione per l'esposizione al radon, e successivamente per l'indice di

concentrazione di thoron. Tutte le modifiche eseguite vengono controllate tramite la serie storica completa dei rivelatori esposti nei diversi interconfronti a cui il servizio ha partecipato, dal 2003 ad oggi. I miglioramenti ottenuti sono stati confermati anche dall'ottimo risultato ottenuto all'ultimo interconfronto svolto alla fine del 2010 presso la HPA.

2.3 Sviluppo di metodi radiometrici innovativi (IRP-MIR)

Le attività di ricerca e sviluppo proseguite o avviate nel corso del 2010 dal Laboratorio IRP MIR sono state in massima parte rivolte allo studio e alla sperimentazione di tecniche analitiche e radiometriche per la determinazione del contenuto di radionuclidi in campioni di diversa origine, precipuamente biologici (escreti) e ambientali; in particolare si segnalano lo studio e la validazione di procedure per la determinazione di radionuclidi NORM in campioni ambientali di difficile solubilità (sedimenti, sabbie) e per l'applicazione a campioni biologici del metodo di misura del ^{226}Ra mediante tecnica di conteggio in scintillazione liquida, previa separazione per diffusione del radon, e dei suoi prodotti di decadimento alfa emettitori a breve vita, nonché la sperimentazione dell' utilizzo combinato di diverse resine estrattive per la determinazione del contenuto di attinidi in campioni metallici e cementizi. Un ulteriore linea di attività è stata rivolta alla progettazione di sistemi rapidi di misura della contaminazione interna (sia in vivo che in vitro) da impiegarsi in caso di eventi incidentali su vasta scala coinvolgenti la popolazione.

Si segnala inoltre che nel corso del 2010 si è visto il completamento un'ulteriore linea di ricerca, già avviata da alcuni anni in collaborazione con alcune Aziende ospedaliere del Piemonte, inerente lo studio della biocinetica di radio farmaci per l'ottimizzazione della somministrazione terapeutica attraverso un approccio *patient-specific* In particolare sono stati svolti studi sulla cinetica del radiofarmaco [^{153}Sm]Sm-EDTMP , impiegato nelle terapie palliative delle metastasi ossee e dello ^{131}I somministrato per l'ablazione dei tessuti residui tiroidei dopo tiroidectomia.
E' importante sottolineare che, nella maggior parte dei casi, tali linee di ricerca sono state avviate in relazione ad esigenze sorte nell'espletamento dei compiti istituzionali del Laboratorio o a seguito di richieste specifiche pervenute dall'utenza esterna e come i risultati ottenuti abbiano quindi immediatamente trovato applicazione e fattivo utilizzo nelle attività svolte.

2.4 Ricerche Modellistiche e sperimentali per la protezione degli operatori in Fisica Medica (IRP-DOS)

Le potenzialità sviluppate da IRP nel campo della modellistica Monte Carlo, applicabile ad un campo molto vasto di tematiche di ricerca, è stata principalmente rivolta nel 2010 agli studi connessi con la dosimetria individuale degli operatori in ambito medico, nell'ambito del progetto ORAMED (Optimization of Radiation Protection for Medical Staff). Come sarà presentato in dettaglio nei capitoli dedicati al progetto, le simulazioni Monte Carlo accoppiate con studi sperimentali hanno consentito una indagine particolarmente accurata dei diversi scenari di radiologia e cardiologia interventistiche e di medicina nucleare. In particolare per la radiologia e cardiologia interventistica lo studio si è focalizzato sulle dosi alle estremità e al cristallino. Per quanto riguarda la dose al cristallino intorno all'aprile 2011 ICRP ha introdotto il limite annuo di 20 mSv, fortemente ridotto rispetto al precedente limite di 150 mSv, a seguito delle evidenze di una maggiore occorrenza di casi di cataratte a parità di dose. E' apparsa evidente la necessità di una dosimetria molto più accurata del cristallino e in questo senso le proposte ENEA di revisione della dosimetria operazionale hanno determinato un nuovo approccio molto più rigoroso del precedente. E' in corso una azione tesa al riconoscimento delle risultanze di questi studi in ambito ISO e ICRU.

Così pure per la medicina nucleare le simulazioni e le misure riguardanti le fasi di preparazione e di somministrazione di radiofarmaci hanno consentito di mettere in luce fra le procedure di routine, i casi di buona e cattiva pratica radioprotezionistica.

Nel 2010 è inoltre terminato lo sviluppo di un sistema integrato di modelli antropomorfi costituito da un fantoccio plastico (AMOS) riproducente le caratteristiche di un individuo adulto, e del suo corrispettivo modello numerico (NUDEL), utilizzabile per simulare il trasporto di radiazione nel corpo per mezzo del codice Monte Carlo MCNPX. Il sistema potrà essere in futuro

utilizzato come strumento per valutazioni dosimetriche specifiche su lavoratori o sulla popolazione anche per applicazioni delle radiazioni di tipo medico.

2.5 Offerta formativa IRP

In estrema sintesi è necessario evidenziare che le competenze IRP vengono trasferite in vari ambiti formativi a livello nazionale ed internazionale. Segnaleremo per semplicità le diverse offerte formative in ambito scolastico secondario superiore, universitario e ospedaliero e per il tirocinio dei candidati al titolo di Esperto Qualificato.

2.5.1 Scuola Media Superiore

La formazione di giovani delle scuole medie superiori è stata effettuata presso il centro di Montecuccolino (Bologna) per l'Istituto Tecnico Industriale "Leonardo da Vinci" di Carpi (MO). Alla presentazione dell'Istituto sono seguite attività specifiche teorico pratiche relative a: strumentazione radiologica, taratura e dosimetria esterna, modelli matematici per la valutazione di dose nell'uomo, radioattività naturale e monitoraggio radon, misura della contaminazione interna nel corpo.

2.5.2 Corsi Universitari e ospedalieri

Università di Roma "TOR VERGATA" - Docenza per l'insegnamento "Fisica tecnica ambientale: radiazioni ionizzanti. Normativa di protezione dalle radiazioni ionizzanti negli ambienti di lavoro" (ING-IND/11) nel corso integrato di Scienze della Prevenzione nell'ambiente e nei luoghi di lavoro.

Università di Bologna: Scuola di Specializzazione in Fisica Sanitaria- Lezioni su "Modellistica Monte Carlo in Dosimetria e Radioprotezione"

Università di Bologna: Master Universitario di II livello, Facoltà di Ingegneria - Lezioni su "Sorveglianza di radioprotezione per dosimetria interna" e "Monte Carlo per Dosimetria"

IUSS PAVIA : Master Universitario Internazionale in Tecnologie Nucleari e delle Radiazioni Ionizzanti - Docenza su temi di Dosimetria Interna

Università di Padova: 24° CORSO AVANZATO DI RADIOPROTEZIONE MEDICA per il Servizio di Radioprotezione – Sezione Fisica - Cattedra di Fisica Medica Bressanone (Bolzano)

AUSL S. Orsola Malpighi Bologna - seminario formativo per dipendenti ospedalieri esposti su "Metodi Monte Carlo per la dosimetria delle radiazioni ionizzanti"

2.5.3 Tirocini per EQ

Tirocinio personalizzato per EQ di primo e secondo grado con ciclo di lezioni teorico pratiche, presso IRP-Bologna

Presso il Centro di Frascati tirocinio per i tre gradi di EQ (120 gg lavorativi di tirocinio per grado), con la seguente ripartizione:

30% tirocinio svolto seguendo le attività effettivamente condotte presso gli impianti sottoposti a sorveglianza fisica
20% esercitazioni di misura in laboratorio
30% lezioni teoriche
20% tirocinio nella preparazione di documentazione tecnica specifica

1 o 2 tirocinanti per grado all'anno

2.5.4 Considerazioni per le attività formative future

Considerato il notevole numero di fronti su cui IRP si trova a svolgere attività formative, il tempo sembra maturo per costruire una occasione formativa residenziale annuale ENEA completa ed autoconsistente (quindi non e pisodica) che affronti in modo organico il maggior numero possibile di temi di radioprotezione.

3

Coordinamento delle attività di valutazione e sorveglianza di radioprotezione

Carlo Maria Castellani

Dal Luglio 2010 il Coordinamento Attività di Valutazioni e Sorveglianza di Radioprotezione promuove l'armonizzazione delle attività di sorveglianza fisica, anche attraverso gli Esperti Qualificati (EQ) incaricati. Fornisce inoltre valutazioni di radioprotezione e consulenza per la redazione dei documenti tecnici a supporto dell'esercizio degli impianti.

3.1 Attività di Sorveglianza Fisica

IRP provvede ad effettuare la sorveglianza fisica in ENEA, tramite EQ, per le attività con esposizione a radiazioni ionizzanti nei Centri di Bologna (Montecuccolino), Brasimone, Brindisi, Casaccia, Faenza, Frascati, Portici, Saluggia, Santa Teresa e Trisaia.
Nel 2010 gli EQ incaricati presso i diversi Centri ENEA sono riportati nella Tabella 1.

Tabella 1 : Centri ENEA e nominativi degli Esperti qualificati incaricati**.**

Bologna (Montecuccolino)	C.M. Castellani
Brasimone	C.M. Castellani
Brindisi	S. Sandri
Casaccia	M. Basta, E. Borra, L. Florita, G. Iurlaro, G. Liccione, S. Sandri
Faenza	C.M. Castellani
Frascati	M. Angelone, S. Polenta, S. Sandri
Portici	S. Sandri
Saluggia	M. Basta
Santa Teresa	E. Borra
Trisaia	G. Liccione

Le attività EQ sono espletate in ottemperanza agli obblighi indicati nella normativa vigente (principalmente art.i 79 e 80 del D.Lgs. 230/95 e s.m.i.). Gli EQ sono coadiuvati dagli addetti alla Radioprotezione Operativa (RPO) (individuati anche ai sensi dell'art. 77 del suddetto decreto) nei centri di Casaccia e Frascati e da personale dell'istituto con competenze analoghe negli altri centri.
La sorveglianza fisica consta di attività ordinarie e di attività straordinarie, principalmente conseguenti all'attivazione di nuove pratiche e il rinnovo, la modifica o la dismissione di quelle in essere.

3.2 Attività ordinarie

Nel periodo 2010 le attività di sorveglianza fisica di routine (o connesse con questa disciplina) hanno riguardato tutti i Centri citati in premessa, con la presa in carico di 22 pratiche con utilizzo di materiali o macchine emittenti radiazioni ionizzanti, per 15 Unità Tecniche dell'Agenzia, insieme ai Centri ENEA (funzione di EQ di Centro), per 10 Centri Ricerche e un Laboratorio (il dettaglio delle Unità Tecniche seguite nei diversi Centri viene riportato in Tabella 2).

In Tabella 3 sono riportate le diverse tipologie di attività effettuate nell'anno 2010

Per una quantificazione relativa alle diverse attività di sorveglianza fisica e radioprtezione (interventi e misure effettuate) nel 2010 si rimanda alla Tabella 4. Le attività di routine indicate in Tabella 4 sono quelle medie tipiche annuali.

3.3 Attività straordinarie

Nel 2010 alcune attività straordinarie hanno riguardato interventi per l'unità UTTMAT (Salvaguardia del Patrimonio Artistico) basati su interventi specifici presso laboratori ENEA della Casaccia o presso altri enti e istituzioni, quali: i Laboratori di Restauro Gessi a Roma, i Laboratori dell'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro a Roma, il Museo Civico di San Sepolcro ad Arezzo, la Galleria Corsini a Roma.

Nel Centro di Frascati le attività straordinarie 2010 hanno riguardato l'istruttoria tecnica per la preparazione delle pratiche autorizzative finalizzata all'installazione di una macchina Plasma Focus nel CR Frascati, per conto di UTFUS.

Le attività effettuate sono state: progettazione delle strutture di protezione con particolare riguardo a schermature e disposizione dei locali, valutazione dei rilasci di sostanze radioattive in atmosfera durante il normale funzionamento e in situazioni di emergenza, valutazione dei rischi da esposizione a radiazioni ionizzanti e supporto nella compilazione della relazione di radioprotezione.
L'attività svolta da IRP-FUAC ha consentito la preparazione della documentazione tecnica di accompagno all'istanza di Nulla Osta Prefettizio che è stata inviata nei tempi programmati.
Presso il Centro di Casaccia sono stati effettuati i seguenti interventi straordinari principali.

- Archiviazione elettronica degli atti autorizzativi delle attività con rischio radiologico presso il C.R. Casaccia per l'aggiornamento del "Censimento delle Aree con Rischio Radiazioni Ionizzanti presenti nel Centro Ricerca ENEA Casaccia".
- Ridefinizione degli atti normativi connessi alle diverse attività presenti presso il Centro della Casaccia richiesta da rappresentanti dei Vigili del Fuoco e della Direzione Provincile del Lavoro.
- Preparazione di un modulo unico per la denuncia annuale delle sorgenti di radiazione ionizzanti, richiesta dalla Direzione del C.R. Casaccia, allo scopo di uniformare le informazioni provenienti dai vari laboratori e di creare un data-base da associare al Censimento delle Aree.
- Declassificazione delle aree con rischio di radiazioni ionizzanti per attività di ristrutturazione: edificio T-II-17 ed edificio T-II-06.

- **Tabella 2 :** Unità Tecniche seguite nei diversi Centri e Laboratori

Unità tecnica	Centro di Ricerca ENEA
IRP	Lab. Montecuccolino (BOL), CAS, FRA, SAL, TRI
METR	CAS
UTAGRI	CAS
UTAPRAD	FRA
UTBIORAD	CAS
UTFISST	CAS
UTFUS	FRA
UTIS	BRA
UTMAR	STE
UTPRA	CAS
UTTMAT	CAS
UTTMATB	BRI
UTTMATF	Lab. Faenza (BOL)
UTTP	POR
UTTRI	TRI

3.4 Formazione in radioprotezione

Gli EQ e il personale competente di RP assicurano la formazione del personale esposto ai rischi delle radiazioni ionizzanti per conto del datore di lavoro nei vari centri, con diverse modalità e in conformità alle specifiche esigenze.

Nel corso del 2010 le azioni effettuate a tal riguardo sono:

- Corso di formazione in radioprotezione per i nuovi lavoratori esposti alle radiazioni ionizzanti del C.R. Casaccia, Giugno 2010.

- Corso di formazione in radioprotezione per i nuovi lavoratori esposti alle radiazioni ionizzanti del CR Brasimone e del CR Bologna, Brasimone, Giugno 2010.

Oltre ai corsi di formazione sul personale esposto, gli Esperti Qualificati dell'Istituto hanno fornito supporto al Datore di Lavoro per l'effettuazione della formazione specifica per il rischio radiogeno ai sensi del D.Lgs 81/2008 per il Corso di Formazione per Dirigenti e Preposti "Compiti e Responsabilità nell'esercizio delle funzioni di Datore di Lavoro, Dirigente, Preposto per gli aspetti connessi al rischio da radiazioni ionizzanti" tenutosi in più giornate presso il CR Bologna, CR Casaccia, CR Trisaia, CR Portici nei mesi di giugno, luglio e settembre 2010.

Tabella 3 : Tipologie delle attività di radioprotezione

Attività ORDINARIE	Attività STRAORDINARIE
Redazione della Relazione di radioprotezione e della documentazione tecnica relativa ai diversi impianti anche al fine dell'aggiornamento degli atti autorizzativi (comunicazioni, nulla osta, etc.).	Redazione della documentazione tecnica al fine della declassificazione di aree e predisposizione di documenti formali per comunicazioni agli enti vigilanti.
Controlli periodici sui dispositivi tecnici di protezione e controlli di buona funzionalità dei sistemi di misura radiometrica fissi e trasportabili.	
Sopralluoghi periodici di radioprotezione operativa con effettuazione di misure radiometriche nelle zone classificate, per il monitoraggio degli ambienti di lavoro, sia con sistemi passivi che attivi.	Aggiornamento del Censimento delle aree con rischio radiologico per il Centro della Casaccia.
Valutazione delle dosi individuali da esposizione esterna (mediante dosimetri attivi e passivi) e da esposizione interna (mediante interpretazione dosimetrica delle misure WBC e degli escreti).	
Gestione delle sorgenti di alta attività (come definite dal D.Lgs. 52/2007) in collaborazione con i Responsabili delle sorgenti designati ed effettuazione dei controlli relativi alla security e alla tenuta del sigillo delle sorgenti.	Interventi straordinari di RPO a richiesta per: caratterizzazione radiometrica di locali in disuso al fine della declassificazione, ritiro di sorgenti e rifiuti radioattivi e loro condizionamento in sicurezza.
Gestione dell'Archivio Dosimetrico del personale esposto ed istituzione ed aggiornamento delle schede dosimetriche personali ed ei libretti di radioprotezione (ove necessari).	
Valutazioni di dose alla popolazione sulla base dei risultati della Sorveglianza Ambientale per il sito della Casaccia.	Redazione di valutazioni dosimetriche in seguito a specifiche richieste di attività straordinarie da effettuarsi presso impianti e laboratori e relative prescrizioni ed indicazioni di radioprotezione.
Supervisione e emanazione di prescrizioni di radioprotezione da parte di EQ ENEA in caso di uso di sorgenti radiogene per analisi non distruttive, in locazioni diverse dai centri ENEA.	

Tabella 4: Quantificazione delle attività di sorveglianza fisica e radioprotezione nel 2010**.**

Attività di sorveglianza fisica di radioprotezione svolte	**N. misure**
Interventi di Radioprotezione Operativa (RPO) presso impianti e laboratori	1500
Dosimetria esterna (dosimetri forniti)	9500
Dosimetria interna (misure in-vivo e in-vitro effettuate)	800
Dosimetria su campioni ambientali (misure effettuate)	3300
Monitoraggio radon: misure	45*
Taratura strumentazione radioprotezione e dosimetri (ogni taratura consta di diversi punti).	60

**è terminata la campagna di screening delle aree ex lege con limitati obblighi di monitoraggio per l'Agenzia*

3.5 Attività di Valutazioni di Radioprotezione e Temi di sviluppo

3.5.1 *Attività di consulenza per la redazione di documenti*

Gruppo di Lavoro relativo allo smantellamento in RB-3

In data 29/11/2010 è stato emanato il Decreto di Autorizzazione alla disattivazione dell'impianto RB-3 di Bologna Montecuccolino, ai sensi degli art. 55 e 56 del D.Lgs. 230/95 s.m.i.
Il decreto prevede, nelle prescrizioni tecniche allegate la redazione, oltre ad altro, del piano globale di disattivazione e dei rapporti di caratterizzazione dei materiali. Inoltre è previsto un programma per la sorveglianza fisica di radioprotezione.
Al fine della redazione di questi documenti e ed el relativo approntamento delle attività l'IRP si è dotato di un G ruppo di lavoro (GdL) denominato "Aspetti di radioprotezione relativi allo smantellamento dell'impianto RB3" coordinato da C.M. Castellani e di cui fanno parte: P. Battisti, E. Borra, D.M. Castelluccio, G. Iurlaro, G. Liccione e M. Basta.
Una prima riunione del GdL si è tenuta presso il centro di Montecuccolino il 3/12/2010.
Il gruppo di lavoro ha il compito di redigere il Piano di Caratterizzazione Radiologica e il Programma della Sorveglianza Fisica della Radioprotezione nelle fasi di smantellamento dell'impianto.

3.5.2 *Temi di sviluppo in Radioprotezione*

Participazione al workshop EUROSAFE Innovation in Nuclear Safety and Security.

IRP ha partecipato al forum EUROSAFE di sicurezza nucleare che si è tenuto a Colonia nelle giornate dell'8 e 9 N ovembre 2010. Il forum ha lo scopo lo scopo, ormai da più di 10 anni, di contribuire a favorire la convergenza delle tecniche pratiche di sicurezza nucleare nel contesto europeo. Il tema scelto per il 2010 era "Innovazione per la sicurezza nucleare e la security".
La partecipazione IRP ha permesso di introdursi alle tematiche delle Technical Safety Organizations, (TSO) che agiscono per mandato degli enti regolatori nazionali, connesse alla sicurezza nucleare, alla security, alla radioprotezione e a lla gestione dei rifiuti. In particolare per quanto attiene agli aspetti di radioprotezione è stato possibile prendere coscienza delle problematiche trattate nel 2010 e negli anni precedenti, anche in vista delle possibili attività ENEA come TSO. Nel seminario tematico sulla radioprotezione si è potuto prendere atto delle attività svolte principalmente nei due enti maggiormente coinvolti, l'IRSN francese ed il GRS tedesco, relativamente alle tematiche trattate anche nel corso degli anni precedenti.
Si tratta principalmente di

- Analisi e correlazioni statistiche di dosi all'interno dei reattori di potenza per valutazioini di andamento di lungo periodo e di tipizzazione delle esposizioni in relazione alle fasi di vita del reattore.
- Aspetti specifici di radioprotezione in impianti connessi anche al trasporto di combustibile irraggiato.
- Analisi impiantistica incidentale
- Esposizione a materiali NORM (materiali ad alto contenuto di radioisotopi naturali) e relative valutazioni dosimetriche.
- Studi teorici e modelli di radioecologia al fine della radioprotezione dell'ambiente
- Valutazioni di dose al pubblico nella effettuazione di trasporti di rifiuti nucleari e di materiali NORM
- Studi epidemiologici (effetti delle radiazioni su cristallino).

Incontro tra IRSN e ENEA per attività di Technical Support Organization.

Si è tenuto a Bologna, il 6 Ottobre 2010, la riunione dell'accordo di programma ENEA-IRSN dal titolo "ENEA-IRSN Meeting - Nuclear Security and Radioprotection". In essa so no state presentate le attività IRSN e ENEA connesse alla radioprotezione.
Durante l'incontro è stata identificata una lista di argomenti di interesse comune da svilupparsi nell'ambito dell'accordo nei campi della dosimetria personale interna ed esterna, di qualificazione

di metodiche e di expertise in radioprotezione, con check incrociato di metodiche dosimetriche, accesso a facilities e laboratori IRSN e possibilità di formazione in stages per personale ENEA presso laboratori IRSN.

Sono state concordate tra le parti (ma non ancora calendarizzati) ulteriori meeting per l'approfondimento tecnico delle specifiche azioni da effettuarsi nel breve –medio termine, anche al fine di specificate i termini delle STC (*specific topic of cooperation*).

L'incontro ha posto le basi per lo sviluppo della collaborazione nei campi di comune interesse, per la formazione di personale ENEA di nuova acquisizione e per la presa in carico da parte ENEA del ruolo di TSO, anche per attività di radioprotezione.

4

Laboratorio di dosimetria, protezione da radionuclidi naturali e calibrazione

Elena Fantuzzi

4.1 Ruolo, principali compiti e funzioni

Il Laboratorio dosimetria, protezione da radionuclidi naturali e calibrazione (IRP-DOS) svolge attività di ricerca nel campo della dosimetria delle radiazioni ionizzanti e del monitoraggio dei radionuclidi naturali. Fornisce inoltre i servizi tecnici di misure per dosimetria esterna, per misure della concentrazione di gas radon, incluso il monitoraggio dei radionuclidi figli, relative valutazioni dosimetriche e consulenza per le possibili azioni di rimedio necessarie e richieste dalla normativa, e servizi di taratura e calibrazione della strumentazione per la misura delle radiazioni ionizzanti e dei dosimetri individuali

4.2 Attività

Il Laboratorio IRP-DOS ha sede a Bologna, presso i Laboratori di Montecuccolino, dove si trova anche la sede del Dipartimento di Ingegneria Energetica, Nucleare e del Controllo Ambientale (DIENCA), con il quale esiste una convenzione di collaborazione anche su attività di ricerca su temi comuni.

Le attività di ricerca costituiscono il "motore" programmatico, anche se non totalmente, di tutto l'Istituto. Infatti il gruppo di Bologna discende dalla tradizionale competenza di ENEA in tema di dosimetria esterna ed interna (e.g. aerosol radioattivi) sviluppata fin dai tempi della costituzione del CNEN presso l'Università di Bologna e mantenuta fino ad oggi, pur con un ridotto numero di risorse umane rispetto al passato.

Le attuali attività di ricerca sono rivolte principalmente al monitoraggio esterno delle radiazioni ionizzanti, alla realizzazione di sistemi di misura per radionuclidi naturali.
In particolare, negli ultimi anni, sono stati effettuati studi sperimentali, accompagnati da simulazioni numeriche, per la dosimetria del personale sanitario della radiologia interventistica e della medicina nucleare, nonché di dosimetria del cristallino per il personale esposto. Questi temi sono stati investigati anche nell'ambito del progetto europeo ORAMED (http://oramed.sckcen.be/, si veda contributo specifico nelle pagine seguenti) che si è appena concluso.

Per quanto riguarda le problematiche radioprotezionistiche connesse con l'esposizione alle radiazioni ionizzanti di origine naturale sono state sviluppati dispositivi innovativi e ottimizzate tecniche di standardizzazione delle atmosfere per la rilevazione del ^{220}Rn (*thoron*) ed dei suoi prodotti di decadimento. L'interesse per questo radioisotopo, considerato a torto come trascurabile, è condiviso con gruppi di ricerca di altre nazioni dove questo problema, al contrario, è particolarmente sentito. Tra queste molto attivo è l'Environmental Radiation Effect Research Group, del NIRS di CHIBA in Giappone, con il quale si è sviluppato un prezioso contatto, che ha permesso nel 2010 di partecipare al terzo interconfronto internazionale sui sistemi passivi di rilevamento del *radon* e del *thoron* (con risultati soddisfacenti sia per il radon che per il *thoron*) ed al primo workshop internazionale sul *thoron* ambientale.

Inoltre, sulla base di precedenti studi e partecipazioni a progetti europei di ricerca (i.e. IDEAS), IRP-DOS sta contribuendo in ambito (i.e. EURADOS WG7- Internal Dosimetry) alla revisione di linee guida per la valutazione della dose da contaminazione interna che saranno recepite a livello europeo e considerate in ambito ICRP, mentre l'attività di sviluppo di modelli biocinetici per dosimetria interna, che in passato si era caratterizzata sulla cinetica del Pu, attualmente è in stand-by per congedo di ricerca del ricercatore addetto.

Il Laboratorio è anche partner nel progetto ENETRAPII (European European Network for Education and Training in Radiation Protection-II, http://enetrap2.sckcen.be/, si veda contributo specifico nelle pagine seguenti) .

Parte significativa delle attività è dedicata alla fornitura di servizi tecnici di dosimetria e calibrazione nel campo di radioprotezione descritti nei paragrafi seguenti.

4.3 Infrastrutture e risorse strumentali

IRP-DOS è dotato dei seguenti laboratori e risorse strumentali:

- del *Centro di Taratura per Radiazioni Ionizzanti* - con caratteristiche di Centro Secondario di Taratura SIT per fotoni, radiazione beta e neutroni - per la taratura di strumentazione di radioprotezione e dosimetria individuale.
- del *Laboratorio di Dosimetria Esterna* - con tecniche di misura a termoluminescenza, a stato solido (CR-39), e ad attivazione,
- *laboratorio "Radon"* per la misura della concentrazione di radon gas
- *laboratorio NORM* (Naturally Occurring Radioactive Material) per misure di radionuclidi "figli del radon" e radionuclidi naturali in genere,
- contatore del corpo umano intero - *Whole Body Counter* (WBC) per la misura diretta di contaminazione interna per radioisotopi gamma emettitori;
- sistemi di calcolo per simulazione del trasporto di radiazione necessari per valutazioni di dosimetria numerica

Il *Centro di Taratura* dispone di laboratori attrezzati (5 sale irraggiamento), completi di sorgenti di intensità appropriata, banchi ottici, strumentazione di riferimento (camere a ionizzazione secondarie) e competenze idonee all'effettuazione di tarature di strumentazione attiva e passiva sensibile alla radiazione X, gamma, beta e neutronica. La riferibilità metrologica delle grandezze di riferimento del centro è garantita dalla taratura periodica della strumentazione per confronto con i campioni nazionali di misura conservati dall'Istituto Metrologico Nazionale per le Radiazioni Ionizzanti.
Nonostante alcune apparecchiature richiedano un necessario aggiornamento, le procedure di automatizzazione dei sistemi di irraggiamento, sviluppate più di recente in ambiente *Labview*, garantiscono l'operatività del centro, che ha avviato le procedure per l'accreditamento ai sensi della norma ISO/IEC17025.

Il *Servizio di Dosimetria Personale* è una struttura di qualità, attrezzata di sistemi di lettura di materiali termoluminescenti, con caratterizzazione individuale del singolo rivelatore, di un laboratorio di attacco chimico per rivelatori a tracce di neutroni (CR-39) e di un sistema automatico di lettura di tracce nucleari. Dispone, inoltre, di catene di valutazione per sistemi dosimetrici di criticità ambientali e personali.
Le tipologie di dosimetri fornite comprendono: X e gamma al corpo intero, neutroni termici e gamma entrambi a termoluminescenza (TL), neutroni veloci a CR-39, estremità: anello e bracciale (a TL anche con spessore sottile per radionuclidi beta emittenti ad energie debolie sterilizzabili), dosimetro di criticità personale ed ambientale e relative metodologie di valutazioni di dose in base alle richieste grandezze operazionali.

Il *Laboratorio Radon*, sia per le attività di servizio, sia per le attività finalizzate al mantenimento della qualità della misura e per quelle legate a commesse esterne, si avvale di un laboratorio chimico per l'attacco dei rivelatori a stato solido posti all'interno dei dosimetri e di un sistema automatizzato di lettura ed identificazione delle tracce nucleari. Il "Servizio Radon", infatti, in relazione ai nuovi orientamenti WHO e ICRP relativamente alla valutazione dosimetrica relativa ai coefficienti di dose da radon (analogamente a quanto avviene per gli altri radioisotopi in dosimetria interna,) si sta attrezzando per poter effettuare valutazioni di dosimetria interna da radon, thoron e progenie.

Al *Laboratorio Radon* è associato il *laboratorio NORM* dove, oltre a misure di spettrometria gamma, si possono effettuare esposizioni controllate con camere di esposizione ed è presente un dispositivo per la generazione controllata di atmosfere toro, basato su una sorgente a emanazione di ^{220}Rn. La qualificazione della strumentazione è avvenuta sia per confronto con gli standard del PTB tedesco sia con quelli del gruppo giapponese del *Environmental Radiation Effect Research Group*, del NIRS di CHIBA.

Il contatore a corpo intero, *Whole Body Counter*, per alta energia (gamma di energia superiore a 100 keV) impiega un rivelatore a scintillazione NaI. Un analogo rivelatore, opportunamente progettato, è invece utilizzabile per il monitoraggio della radioattività localizzata in organi di elezione (per esempio ^{131}I in tiroide). Tale dotazione sperimentale permette la valutazione dell'eventuale contenuto di gamma emettitori quali prodotti di fissione e di attivazione uniformemente distribuiti nel corpo o localizzati nel polmone o in altri organi di elezione. Si deve però osservare che, a differenza dell'analoga attrezzatura presente nel laboratorio IRP-MIR della Casaccia, che è impiegata in valutazioni *routinarie* di dosimetria interna, tale strumentazione, pur qualificata e disponibile all'uso, meriterebbe un aggiornamento.

Oltre alla disponibilità dei laboratori, va menzionata anche la competenza, inserita in contesto internazionale (i.e. EURADOS WG6 *Numerical Dosimetry*, ORAMED, vedi contributi specifici a seguire), e la disponibilità di sistemi di calcolo per simulazione del trasporto di radiazione necessari per valutazioni di dosimetria numerica. Tali competenze sono da ritenersi, infatti, ormai indispensabili per valutazioni di radioprotezione, per il calcolo di grandezze dosimetriche, non misurabili sperimentalmente o, semplicemente, come supporto all'attività di ricerca e sviluppo. La dotazione strumentale relativa comprende l'insieme dei codici Monte Carlo della "famiglia" MCNPX (originariamente in grado di trasportare, neutroni, fotoni ed elettroni e attualmente capace di trattare buona parte delle antiparticelle, le alfa e alcuni ioni pesanti) e una serie di programmi, *home-made*, creati per generare i modelli *voxel* ottenuti dall'elaborazione di scansioni CT o RM del corpo intero o di parti di esso (VOXELMAN, NORMAN-05, MOXEL e NUDEL). Sono a disposizione, inoltre, programmi di visualizzazione grafica avanzata quali SABRINA, Moritz e IDL e un set di modelli antropomorfi analitici di tipo MIRD, Medical Internal Radiation Dose, (ADAM, EVA, ERMAFRODITO e OMED).

4.4 Risorse umane

Il Laboratorio può contare su 13 dipendenti, di cui 7 laureati in fisica e 6 diplomati. Presso la stessa sede vi è anche la Direzione dell'Istituto, il coordinatore per le attività di ricerca e formazione e il coordinatore per le valutazioni e la sorveglianza di radioprotezione che, parzialmente, contribuiscono alle attività di IRP-DOS. Un laureato è attualmente in congedo per motivi scientifici presso la IAEA (International Atomic Energy Agency), Division of Radiation, Transport & Waste Safety, Department of Nuclear Safety and Security. Dei 13 dipendenti 2 sono Esperti Qualificati di 3° grado e 5 di 2° grado.

4.5 Servizi per l'utenza interna ed esterna

I laboratori di IRP-DOS, assieme a quelli di IRP-MIR, IRP-SFA, IRP-FUAC svolgono funzioni tecniche di radioprotezione e di servizio dosimetrico per ENEA, che consentono a IRP di mantenere viva una serie di competenze e di tecnologie di primaria importanza per le necessità dell'Agenzia. Tale attività di routine costituisce d'altronde uno stimolo al mantenimento e all'ottimizzazione delle tecniche adottate.

I servizi forniti, sulla base delle tariffe ENEA vigenti (Determinazioni N. 62/2007/DG, N. 63/2007/DG e N. 64/2007/DG e N.114/2009/DG) sono di alto livello qualitativo e in alcuni casi unici a livello nazionale.

- Servizio di fornitura di dosimetri ambientali ed individuali per esposizione esterna per fotoni, beta e neutroni;

- Servizio per la misura della concentrazione di Radon gas
- Taratura di complessi di misura sensibili alla radiazione fotonica, beta e di neutronica (scintillatori, camere a ionizzazione, rem-counter etc) ed esposizione a dosi prefissate di dosimetri personali.

Le risorse strumentali e le competenze disponibili permettono, inoltre, di rispondere anche ad esigenze diverse da quelle fornite di routine. Come per esempio per la problematiche connesse alla concentrazione di radon in ambienti di lavoro per la quali è possibile fornire anche il monitoraggio dei radionuclidi figli, oltre che valutazioni dosimetriche e consulenza per le possibili azioni di rimedio necessarie e richieste dalla normativa.

Maggiori dettagli sui servizi forniti sono disponibili nei contributi specifici nella PARTE VI di questo documento, di seguito è riportata una tabella che dà una panoramica delle richieste evase nel corso del 2010

Tabella 1 Servizi tecnici di radioprotezione forniti per utenti interni ed esterni nel 2010

Servizio	Utenti interni	Utenti esterni	N. misure/anno
Dosimetria esterna	20	130	50 000
Monitoraggio radon	2	38	1020
Taratura strumentazione	6	11	140

4.6 Principali commesse delle utenze interne ed esterne

I servizi di IRP-DOS soddisfano una serie di richieste provenienti sia dall'interno, sia dall'esterno dell'Agenzia. Gli attuali utenti interni sono le 15 Unità Tecniche (IRP, METR, UTAGRI, UTAPRAD, UTBIORAD, UTFISST, UTFUS, UTIS, UTMAR, UTPRA, UTTMAT, UTTMATB, UTTMATF, UTTP, UTTRI) distribuite in 9 Centri ENEA (Bologna, per i Laboratori di Faenza e Montecuccolino, Brindisi, Brasimone, Casaccia, Frascati, Portici, Saluggia, Santa Teresa, Trisaia). Per tali utenti sono garantiti i servizi di dosimetria esterna e di di misura di concentrazione del radon (solo 2 UT). Mentre la taratura della strumentazione di radioprotezione è svolta oltre che per IRP, che garantisce la sorveglianza fisica di radioprotezione per conto dell'Agenzia, per UTFISST per parte della strumentazione in dotazione agli impianti nucleari TRIGA e TAPIRO.

Gli Utenti esterni sono prevalentemente PP.AA., come Aziende Ospedaliere e Istituti di Ricerca, distribuiti su tutto il territorio nazionale ed anche industrie ed aziende private, tra cui anche Sogin s.p.a e Nucleco s.p.a.

Nel 2010, non sono state attivate commesse di particolare rilevanza, differenti dai numerosi contratti di servizio, per gli oltre 300 utenti attivi.

4.7 Principali risultati nel 2010

I principali risultati del 2010 sono riconducibili alle attività connesse al progetto europeo ORAMED, che si conclude nel gennaio 2011, agli ottimi risultati ottenuti nella partecipazione agli interconfronti internazionali per la dosimetria personale (interconfronto EURADOS), per la dosimetria di criticità (Commissariat à l'Energie Atomique - Francia), per la misura della concentrazione di radon gas (interconfronti HPA-UK, BfS-D, NIRS-Japan) e per il primo interconfronto sulla misura di concentrazione di Thoron (^{220}Rn) (interconfronto NIRS-Japan) ed infine, ma non ultimo, alla conclusione dell'adeguamento organizzativo e strumentale, nonché al massiccio lavoro redazionale per l'invio della domanda di accreditamento ai sensi della norma ISO/IEC17025 per il Centro di Taratura.

Nell'ambito del progetto ORAMED, IRP-DOS ha contribuito con studi sperimentali e simulazioni numeriche, alla migliore definizione della grandezza $H_p(3)$ utilizzata per la limitazione della dose al cristallino, con il calcolo dei coefficienti di conversione per fotoni e soprattutto alla definizione di un fantoccio di riferimento (teorico e di calibrazione) e al successivo sviluppo di un prototipo di dosimetro per $H_p(3)$. Parallelamente sono state effettuati sia studi di tipo numerico (con modelli

antropomorfi creati *ad hoc*) per la valutazione delle dosi in radiologia e cardiologia interventistica sia studi su modelli Monte Carlo, accompagnati ad una vasta campagna di misure sul personale medico, per alcune pratiche di medicina nucleare (si vedano i contributi nella Parte II).

Riguardo ai risultati degli interconfronti (inclusi nella Parte V), va citato in particolare quello relativo alla misura di thoron che promuove a pieni voti il dispositivo passivo studiato e progettato in ENEA, oggetto di pubblicazione internazionale nel 2010, per misure rilevamento di entrambi i radionuclidi radon e thoron

La partecipazione all'interconfronto per la dosimetria di criticità ha confermato l'adeguata prestazione del sistema ENEA, sviluppato dal CNEN ai tempi del "nucleare italiano", intorno agli anni '60.

L'adeguamento organizzativo e strumentale, nonché il lavoro redazionale per giungere alla domanda di accreditamento per il Centro di Taratura ha comportato la sostituzione di strumentazione, la messa a punto delle *facilities* di irraggiamento, delle procedure operative, l'ottimizzazione dei *software* di controllo e di elaborazione connessi alle sale di irraggiamento e il mantenimento e l'aggiornamento della documentazione di tutto il quadro normativo, procedurale ed operativo del Centro. L'ottenimento dell'accreditamento permetterà al Laboratorio di rientrare a pieno titolo nel novero dei Centri Accreditati di Metrologia Secondaria delle radiazioni ionizzanti (ex SIT).

4.8 Partecipazioni a convegni/congressi/seminari dei dipendenti del laboratorio

I risultati delle attività di ricerca, sviluppo e qualificazione sopra descritte sono state oggetto di di partecipazione a convegni nazionali ed internazionali nonché di pubblicazione su riviste internazionali e di rapporti tecnici ENEA (vedi lista pubblicazioni in appendice al presente rapporto). In particolare:

- 8-12 marzo 2010 Atene IM-2010 Individual monitoring Conference
- 19-22 maggio 2010, Chiba, Japan "Thoron 2010" Whorkshop & Intercomparison, NIRS
- 15-18 June 2010 Helsinki Third European *IRPA* Congress on Radiation Protection,
- 27-29 ottobre 2010 Roma, Convegno SIRR (Società italiana ricerca sulle radiazioni)
- 15-17 dicembre 2010. Bolzano, AIRP, Convegno Nazionale di Radioprotezione

5

Laboratorio radioprotezione per impianti fusione nucleare e grandi acceleratori

Sandro Sandri

5.1 Ruolo, principali compiti e funzioni

Il ruolo istituzionale del laboratorio è fornire "alle unità dell'Agenzia dedicate ad attività sulla fusione nucleare nonché ad applicazioni delle radiazioni ionizzanti del CR Frascati valutazioni di radioprotezione e sicurezza radiologica per gli impianti impiegati, oltre che la consulenza tecnica necessaria e la redazione dei documenti autorizzativi necessari per l'esercizio degli stessi".

5.2 Attività

Il laboratorio IRP –FUAC svolge le seguenti attività:

Garantisce la sorveglianza fisica di radioprotezione, nonché la tenuta della relativa documentazione, per gli impianti di ricerca in applicazione del D.Lgs.230/95 e s.m.i.

Nel C.R. Frascati sono presenti tre impianti principali, autorizzati ed esercitati come impianti di categoria A ai sensi della norma prevista dall' art. 28 del D.Lgs 230/95 e successive modifiche ed integrazioni. Uno di questi impianti è costituito da più installazioni (acceleratori di elettroni in funzione ed un acceleratore di protoni in fase di sviluppo), mentre gli altri due dedicati ad applicazioni sperimentali di fusione nucleare sono costituiti da una macchina ciascuno.

Nel Centro non sono presenti "impianti nucleari", così come definiti nel D.Lgs. 230/95 e s.m.i., per i quali sia necessario predisporre un piano di emergenza esterna. La situazione è riassunta nella tabella che segue in cui sono riportati le denominazioni degli impianti, le loro caratteristiche principali e le Unità che li gestiscono. In altri laboratori del Centro sono in atto attività con sorgenti sigillate o macchine radiogene di minor rilevanza protezionistica, tra le quali un Plasma Focus in via di autorizzazione in categoria B ai sensi dell'art. 29 del D.Lgs. 230/95 e s.m.i. gestito da UTFUS.

Inoltre IRP-FUAC gestisce l'archivio informatico centrale per le misure di dosimetria ed i rilievi di radioprotezione nei vari centri ENEA. Sono distribuiti circa 2500 dosimetri all'anno, di cui 1300 sono processati presso IRP-DOS, mentre circa 1200 presso IRP-FUAC con relativa analisi dei dati.

Effettua studi, misure e valutazioni di radioprotezione per gli aspetti progettuali degli impianti sperimentali e grandi acceleratori per applicazioni nel settore della fusione nucleare ed i applicazioni tecnologiche, incluse quelle a scopo sanitario.

Collabora con il Laboratorio integrato monitoraggio e misure della radioattività per le esigenze analitiche nell'ambito della fornitura di servizi tecnici avanzati.

5.3 Infrastrutture e risorse strumentali

IRP-FUAC nel Centro di Frascati utilizza o gestisce per i propri fini sia infrastrutture e strumentazione proprie sia dotazioni di altre Unità. Il ricorso a strutture e strumentazione di altre Unità è reso talvolta necessario dalle modalità di gestione dell'impianto specifico.

5.3.1 Principali risorse strumentali IRP FUAC

- *Scintillazione liquida*, comprendente due contatori per scintillazione con caricatore multicampione, uno dei quali consente misure di basso fondo.
- *Dosimetria ambientale con dosimetri passivi* comprendente un sistema per dosimetri al LiF con riscaldamento ad azoto gassoso ed uno (in via di sostituzione) per dosimetri a bulbo basati su CaF_2 con riscaldamento a filamento incandescente.

- *Presidio di radioprotezione operativa*, centralizzato per tutti gli impianti del Centro presso l'edificio n. 35 e dotato di strumentazione portatile per la misura di radiazioni ionizzanti. Sono a disposizione strumenti, per la misura di esposizione esterna da radiazione gamma e neutronica, di contaminazione superficiale gamma, beta e alfa e di contaminazione da trizio.
- *Centrale di comando del sistema di controllo automatico dell'esposizione esterna x-gamma e neutronica*, composta dalla centralina CAMAC del sistema di acquisizione e dalla stazione hardware e software per l'acquisizione, l'analisi e la presentazione dei dati. Il sistema è stato sviluppato completamente da IRP FUAC.
- *Archivio dosimetrico* con gestione in formato elettronico dell'anagrafica essenziale, della classificazione individuale e dei dati dosimetrici, e con la gestione e la compilazione delle schede dosimetriche individuali.

Tabella 1 - Impianti del C.R. Frascati, autorizzati ex art. 28 D.Lgs. 230/95 e s.m.i.

Denominazione	Sigle	Unità	Caratteristiche principali
Frascati Neutron Generator	FNG	UTFUS	Generatore di Neutroni (impiego di trizio)
Frascati Tokamak Upgrade	FTU	UTFUS	Macchina Sperimentale per Fusione Nucleare
Acceleratori dell'Edificio 30	LIN, MIC, TOP	UTAPRAD	Acceleratori di elettroni e di protoni (TOP)

Tabella 2 - Sopralluoghi e verifiche sistemi radio protezionistici

Unità	Impianti	Tipo di intervento	Frequenza	Numero annuo interventi	Numero annuo di sistemi
UTAPRAD	Ed. n. 30	Sopralluogo RP	mensile	14	40
	Laser a eccimeri e macchine minori	Verifica completa funzionalità dispositivi radioprotezione	Semestrale	3	8
			Occasionale	2	2
UTFUS	FNG	Sopralluogo RP	mensile	26	28
	FTU Macchine minori	Verifica completa funzionalità dispositivi radioprotezione	Semestrale	5	6
			Occasionale	3	4

5.3.2 Gestione dell'archivio dosimetrico IRP

In particolare IRP-FUAC cura l'attività di sviluppo software per la gestione informatica dei dati dosimetrici ENEA. L'applicazione sviluppata acquisisce i dati dall'archivio dosimetrico di Bologna, dall'archivio schede posto di lavoro, e dagli archivi dei referti RTX (radio tossicologia) e WBC (whole body counter), con l'attribuzione di aree di competenza specifiche per i diversi esperti qualificati. Le acquisizioni dagli archivi avvengono tramite conversione in ambiente XML (eXtended Markup Language). Nel server applicativo della dosimetria è stato installato il protocollo https, basato su SSL (Secure Socket Layer) che consente la connessione sicura tra il server ed i clienti tramite la criptatura di tutte le comunicazioni tra l'utente e il sistema.

Nel 2010 i principali perfezionamenti eseguiti sono i seguenti: messa a punto data base dosimetria con lo sviluppo delle funzioni di gestione dinamica delle password in accordo con quanto previsto dalla normativa di protezione dei dati personali; applicazione al sistema del protocollo di crittografia https; assegnazione dei privilegi di accesso agli utenti del sistema; implementazione degli algoritmi di calcolo delle dosi da irraggiamento esterno.

Il sistema è stato testato acquisendo dati dai referti radiotossicologi di Casaccia allo scopo di provare le funzioni di generazione di file XLM in ambiente Filemaker.

Nel 2011 si prevede di sviluppare la funzionalità cronologica del sistema in relazione sia alle variazioni che intervengono nelle schede posto di lavoro nell'archivio Lotus, sia alle variazioni

dei codici (codice ente e codice utente) che identificano un utente (persona, ambiente etc.) negli archivi di Bologna.

La realizzazione di queste funzioni implica l'integrazione di nuovi moduli software nei programmi di 'upload' dei file 'schede posto di lavoro' e dei file 'utenti' e 'dosimetri'.

Ai fini del controllo da parte dell'esperto qualificato delle prescrizioni radioprotezionistiche il sistema permetterà la visualizzazione dei risultati delle prescrizioni richieste per ogni persona e dei controlli ambientali, segnalando eventualmente i dosimetri non rientrati e le analisi non effettuate.

Si prevede, inoltre, di realizzare il calcolo delle dosi semestrali in maniera automatica, mediante una funzione che permetta di calcolare la dose efficace e le dosi equivalenti a partire dalle letture dosimetriche per tutte le persone che afferiscono alla stessa area, con l'utilizzo di un algoritmo di calcolo da scegliere tra diversi algoritmi previsti dal sistema. Questa stessa funzione è in grado di produrre il dato della dose accumulata, purché siano inserite nel sistema le dosi pregresse.L'esperto qualificato ha la possibilità, mediante una funzione già presente nel sistema, di effettuare variazioni nei risultati del calcolo ed eventualmente inserire dei dati relativamente a valori di dose equivalente e dose impegnata non prodotti in fase di elaborazione delle letture dosimetriche. Una volta che le dosi siano state validate, si potrà effettuare il 'download' del file contenente le dosi semestrali; questo file sarà utilizzato per realizzare la tabella delle dosi semestrali che viene inviata da parte dell'esperto qualificato al datore di lavoro ed al medico autorizzato, secondo quanto previsto dalle procedure sulla base delle disposizioni del D. Lgs. 230/95.
Tra le altre funzioni di download dei dati previste dal sistema saranno presenti quelle che permetteranno di realizzare tabelle con i dati delle letture dosimetriche e dei referti RTX.

Tabella 3 - Misure dosimetriche o radiometriche per radioprotezione

Unità	Impianti	Tipo di misure	Frequenza	Numero annuo interventi	Numero annuo di misure
UTAPRAD	Ed. n. 30	Rateo dose efficace	Occasionale	2	20
	Macchine minori	Misura dose integrata (TLD)	Ogni 3 sett.	32	560
UTFUS	FNG	Misura dose integrata (TLD)	Ogni 3 sett.	32	1090
		Rateo dose efficace	Occasionale	34	84
		^{3}H in aria (monitor portatili)	Semestrale	2	2
		^{3}H in aria (monitor portatili)	Occasionale	4	4
	FTU	^{3}H in acqua (condizionamento, raffreddamento)	Occasionale	1	1
	Macchine minori	Contaminazione superficiale ^{3}H (smear-test)	Mensile + occasionale	12	84
		Contaminazione superficiale ^{3}H fissa (monitor portatile)	Occasionale	1	10
Intero Centro		Misura dose integrata ai confini (TLD)	Trimestrale	4	60

5.3.3 Principali risorse di radioprotezione di altre Unità

Presso le infrastrutture delle Unità UTFUS e UTAPRAD, IRP ha predisposto ed utilizza sistemi di controllo di radioprotezione:

- *sistemi di controllo automatico della esposizione esterna x-gamma e neutronica* situati presso ogni impianto:
- *sistemi di controllo automatico della contaminazione da trizio in aria* situati presso l'impianto FNG;

- *monitor portatili per esposizione esterna o contaminazione da trizio*, dislocati presso alcuni dei predetti impianti a disposizione degli operatori;
- *spettrometria gamma*: comprendente due sistemi spettrometrici al GeHP con relativo software di analisi. Dislocati presso l'impianto FNG dell'UTFUS e normalmente gestiti da quest'ultima Unità, ma impiegati all'occorrenza per le esigenze di misura di IRP FUAC.

Tabella 4- Controllo delle buone condizioni di funzionamento della strumentazione fissa di impianto

Divisione	Impianti	Tipo di strumento	Frequenza	Numero annuo interventi	Numero annuo di strumenti
UTAPRAD	Ed. n. 30	Camere a ionizzazione, Rem-counter, Sistema acquisizione	Semestrale e occasionale	3	28
UTFUS	FNG FTU	Camere a ionizzazione, Rem-counter, Monitor trizio Sistema acquisizione	Semestrale e occasionale	5	80

Tabella 5 - Controllo buone condizioni di funzionamento strumentazione non fissa.

	Dislocazione	Tipo di strumento	Frequenza	Numero strumenti	Numero controlli annui
Strumentazione portatile	IRP Ed. 35	Intensimetri X/γ	Semestrale	6	12
		Rem counter	Semestrale	2	4
		Contaminametri α-β/γ, trizio	Semestrale	3	6
		misuratori ^{3}H in aria	Semestrale	2	4
	UTFUS FNG	Intensimetri X/γ	Semestrale	1	2
		misuratori ^{3}H in aria	Semestrale	1	2
Strumentazione da laboratorio	IRP Ed. 35	Spettrometri γ	Semestrale	2	4
		Lettori TLD	Semestrale	2	4
		Scintillazione liquida	Semestrale	2	4
		Nodo rete Camac	Semestrale	1	2

5.4 Risorse umane

Le suddette attività sono svolte con l'impiego di 8 unità, incluso il responsabile del laboratorio, dei quali tre ricercatori laureati in fisica (due con la qualifica di Esperti Qualificati, EQ, di III grado), tre collaboratori tecnici diplomati, un collaboratore amministrativo diplomato e un operatore tecnico. Per la sorveglianza fisica del personale afferente a IRP FUAC e per garantire la copertura dei necessari turni di reperibilità come EQ di Centro ci si avvale inoltre di due ricercatori laureati in fisica, con la qualifica di EQ di III grado, afferenti all'Unità UTFUS.

5.5 Servizi per l'utenza interna ed esterna

L'utenza interna è rappresentata dalle Unità presenti nel C.R. ENEA Frascati che impiegano sostanze o apparati emittenti radiazioni ionizzanti e in qualche caso da unità presenti in altri Centri. I servizi svolti consistono principalmente nell'assicurare la sorveglianza fisica della radioprotezione in base a specifiche prescrizioni di legge. La sorveglianza fisica richiede anche molte misure dosimetriche individuali, svolte normalmente con strumentazione fornita dal laboratorio IRP DOS. L'attività di consulenza in fase progettuale e per modifiche rilevanti è svolta in modo non

direttamente collegato alla routine, spesso deve essere accompagnata dalla consulenza per la predisposizione delle pratiche autorizzative.

Nella tabella seguente è riportata la lista delle Unità committenti e le principali attività garantite da IRP FUAC per assicurare la sorveglianza fisica della protezione. Per tali impianti e per le Unità di loro appartenenza IRP FUAC, oltre ai precedenti servizi, fornisce un servizio di gestione centralizzata delle sorgenti radioattive sigillate detenute.

L'unità è in grado di fornire servizi qualificati che possono interessare un buon bacino potenziale di utenza, impiegando sistemi a scintillazione liquida e per spettrometria gamma.

In particolare, facendo riferimento al tariffario ENEA di cui alle determinazioni D.G. del 2007 nn. 62 e 64, il laboratorio IRP FUAC può effettuare le seguenti prestazioni per conto terzi:

- determinazione dell'attività alfa e/o beta totale (tramite sistema a scintillazione liquida);
- spettrometria gamma tal quale;
- determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di un radionuclide beta emettitore in un campione di urina senza pretrattamento;
- altre determinazioni mediante scintillazione liquida.

Tabella 6 - Unità che si avvalgono dei servizi IRP FUAC nel C.R. Frascati.

Unità	EQ	RPO	DE	SAE	SAC	AD
IRP	X	X	X		X	X
UTFUS	X	X	X	X	X	X
UTAPRAD	X	X	X	X		X

Legenda dei servizi:
EQ = funzione di Esperto Qualificato;
RPO = Radioprotezione Operativa
DE = Dosimetria Esterna;
SAE = Sorveglianza Ambientale dell'Irradiazione Esterna
SAC = Sorveglianza Ambientale della Contaminazione
AD = tenuta e gestione dell'Archivio Dosimetrico

5.6 Principali risultati nel 2010

Per gli impianti del Centro sono state svolte attività di servizio nell'ambito dei diversi settori citati in precedenza. In particolare:

La funzione di Esperto Qualificato è stata condotta in modo ordinario per gli impianti FNG e FTU, mentre per gli acceleratori dell'edificio n. 30. E' stata fornita anche consulenza tecnico-scientifica nella progettazione dell'estensione dell'acceleratore TOP-IMPLART presso UTAPRAD, che dovrà poi essere sottoposta a Nulla Osta all'impiego di categoria A, ai sensi dell'art. 28 del D.Lgs. 230/95 e s.m.i..

Le funzioni di Radioprotezione Operativa sono state di carattere prevalentemente ordinario, ma hanno riguardato anche l'assistenza straordinaria nelle fasi di manutenzione e aggiornamento del sistema di monitoraggio presso i diversi impianti.

Nell'ambito delle attività di Dosimetria Esterna personale sono gestiti e distribuiti i dosimetri passivi forniti dal servizio IRP di Montecuccolino. Il controllo è effettuato per radiazioni X, gamma e neutroni veloci (questi ultimi solo per alcuni esposti) per il personale classificato come esposto delle Unità del CR Frascati.

Per la Sorveglianza Ambientale sono gestiti la rete attiva di monitoraggio continuo per radiazione X/gamma e neutroni veloci ed il sistema di dosimetria passiva mediante film-badge. La rete attiva ha servito tutti e tre gli impianti impiegando camere per radiazioni gamma e contatori per neutroni. I livelli di radiazione gamma ai confini del Centro sono controllati con una rete di dosimetri TLD comprendente 15 punti di misura, con lettura trimestrale.

Nell'attività di Archivio Dosimetrico sono stati gestiti dati per oltre 100 esposti.

5.7 Partecipazioni a convegni/congressi/seminari dei dipendenti del laboratorio

Le attività di ricerca e sviluppo sono state rivolte all'analisi dei progetti di radioprotezione per sistemi basati su acceleratori di particelle applicati alla fusione nucleare e alla terapia medica e i risultati sono stati presentati ai seguenti convegni:

S.Sandri: "Third European IRPA (International Radiation Protection Association) Congress 2010" June 14-16, Helsinki, Finland, con presentazione di due lavori a poster dal titolo: "Special shielding solutions for the ITER neutral beam test facility" e "Neutron field analysis for a proton therapy installation".

S. Sandri: "19th Topical Meeting on the Technology of Fusion Energy (TOFE-19)", 8-11 Nov. 2010 Las Vegas (NV), USA, con presentazione di un lavoro orale dal titolo: "Personnel Dose Assessment at the PRIMA Neutral Beam Test Facility".

A. Morgia, G. Ottaviano, S.Sandri: "Convegno Nazionale di Radioprotezione 2010 dell'AIRP (Associazione Italiana di Radioprotezione)", 15-17 Dic. 2010, Bolzano, con presentazione di un lavoro orale dal titolo: "Analisi Del Campo Neutronico Generato Da Un Linac Per Protonterapia".

Le Pubblicazioni 2010, presenti anche in appendice, riguardano i seguenti argomenti:

Valutazioni di IRP per le schermature delle facilities ITER e PRIMA:

S. Sandri, A. Coniglio, A. Daniele, M. D'Arienzo, M. Pillon, C. Poggi, "Special shielding solutions for the ITER neutral beam test facility", Proceedings of Third European IRPA Congress 2010 June 14-16, Helsinki, Finland.

S. Sandri, M. D'Arienzo, A. Daniele, A. Coniglio, L. Di Pace, M. Pillon, "Personnel Dose Assessment at the PRIMA Neutral Beam Test Facility", Proceeding of the 19th Topical Meeting on the Technology of Fusion Energy (TOFE-19), 8-11 Nov. 2010, in pubblicazione su Fusion Science and Technology (FS&T).

M. D'Arienzo, F. Borgognoni, A. Coniglio, A. Daniele, S. Sandri, S. Tosti, "Radiation dose due to tritium release from the ITER neutral beam injector", Fusion Engineering and Design, 85 (2010) 2288–2291, Dec. 2010.

Campi neutronici nelle installazioni per terapia con protoni:

S. Sandri, M. Benassi, G. Ottaviano, L. Picardi, L. Strigari, "Neutron field analysis for a proton therapy installation", Proceedings of Third European IRPA Congress 2010 June 14-16, Helsinki, Finland.

Valutazioni di dose personale:

M. D'Arienzo, S. Sandri, F. Fellin, A. Daniele, L. Di Pace, A. Coniglio, "Assessment of Radiation Dose Rate Resulting from Activated Corrosion Products in the PRIMA Facility Cooling Loops", Proceeding of 26th Symposium on Fusion Technology (SOFT), 27 Sep. – 1 Oct. 2010, Porto, Portugal.

S. Sandri, M. Benassi, G. Ottaviano, L. Picardi, L. Strigari, A. Morgia, "Analisi Del Campo Neutronico Generato Da Un Linac Per Protonterapia", Atti del Convegno Nazionale di Radioprotezione 2010 dell'AIRP, 15-17 Dic. 2010.

6

Laboratorio integrato monitoraggio e misure della radioattività

Paolo Battisti

6.1 Ruolo, principali compiti e funzioni

Il Laboratorio IRP-MIR ha il ruolo di coordinare e promuove l'aggiornamento tecnico-scientifico e la qualificazione dei laboratori dell'Istituto dedicati alla misura della radioattività e dislocati nei vari centri ENEA, anche attraverso l'organizzazione di prove di intercalibrazione e la partecipazione ad interconfronti nazionali ed internazionali. Assicura la fornitura di servizi tecnici avanzati nel campo della misura della radioattività e della dosimetria interna coordinandosi con i laboratori dell'Istituto dislocati nelle sedi di Bologna, Casaccia e Frascati, nonché sviluppa procedure e metodi di monitoraggio e misura della radioattività artificiale e naturale e fini radioprotezionistici.

Principali compiti e funzioni del Laboratorio sono:

- effettuare studi e ricerche finalizzate all'ottimizzazione e all'implementazione sia delle tecniche di analisi e misura della radioattività nelle matrici di interesse radioprotezionistico, sia dei protocolli di monitoraggio della contaminazione interna e della radioattività ambientale
- coordinare ed effettuare i programmi di monitoraggio della contaminazione interna per il personale esposto alle radiazioni nei Centri ENEA
- predisporre ed effettuare i piani di monitoraggio della radioattività ambientale nei siti ENEA di Saluggia e Trisaia
- fornire alle Unità dell'Agenzia e agli utenti Esterni servizi tecnici di misura per il monitoraggio della contaminazione interna (misure in vivo e radiotossicologiche) e per la determinazione del contenuto radioattivo in campioni ambientali e/o alimentari, nonché in campioni di matrici di varia origine e provenienza.

Più in generale uno dei principali obiettivi perseguito da IRP MIR è quello di costruire un sistema, a disposizione dell'ENEA e del Paese, in grado di fronteggiare, per completezza e potenzialità di prestazioni, qualsiasi tipo di esigenza nel campo della misura della radioattività a fini radioprotezionistici e che possa, quindi, riaffermare quella posizione di riferimento nazionale che ENEA fin dalla sua costituzione ha sempre ricoperto in tale campo.

Inoltre l'utenza esterna è ormai consolidata, in particolare con Nucleco e Sogin (oltre il 90% delle attività verso l'esterno), nonché ISPRA, ENEL, Vigili del Fuoco, senza con questo, però, trascurare le frequenti richieste di prestazioni, non di rado "fuori standard", provenienti da utenti occasionali che, a testimoniare la peculiarità ed il ruolo che il Laboratorio può ricoprire nel Paese, spesso trovano oggi capacità di risposta a livello nazionale solo presso IRP-MIR

6.2 Attività

Le attività IRP MIR si sviluppano sulle seguenti linee programmatiche:

- monitoraggio della contaminazione interna per utenti interni ENEA;
- misura della contaminazione interna per utenti esterni, pubblici e privati (prestazioni a tariffa);
- monitoraggio della radioattività ambientale per i Centri di Saluggia e Trisaia;
- misura su campioni di varia natura per utenti interni ENEA ed esterni (prestazioni a tariffa);
- ricerca e sviluppo nel campo della misura della radioattività per scopi radioprotezionistici;

- qualificazione dei metodi di misura utilizzati, ivi inclusa l'organizzazione di campagne interne di intercalibrazione e la partecipazione a iniziative di interconfronto nazionali ed internazionali.

6.2.1 Monitoraggio e misura della contaminazione interna

Nelle due tabelle che seguono sono indicate le prestazioni attualmente fornite dal Laboratorio nel campo della misura della contaminazione interna, rispettivamente suddivise in misure *in vivo* ed *in vitro* (radiotossicologiche), indicando per ciascun laboratorio ad esso afferente le specializzazioni peculiari.

Tabella 1. Prestazioni fornite dal Laboratorio IRP-MIR: misure *in vivo* della contaminazione interna

Sede Lab.	Tipologia di misura	Range energia o radionuclide	Sistema di rivelazione	Geometria di misura	Schermatura
Casaccia	corpo intero	100 keV – 2 MeV	1 riv. HPGe coax.	sedia di Marinelli	totale (bunker)
	tiroidea	I-131	1 riv. HPGe coax.	in funzione di pos.organo	totale (bunker)
	organo specifico	100 keV – 2 MeV	1 riv. HPGe coax.	in funzione di pos.organo	totale (bunker)
	polmonare	10 keV 100 keV	4 riv. HPGe planari	in funzione di pos.organo	totale (bunker)
	tiroidea	I-125	1 riv. HPGe planare	in funzione di pos.organo	totale (bunker)
	ossea (cranio)	Am-241	4 riv. HPGe planari	in funzione di pos.organo	totale (bunker)
Saluggia	corpo intero	100 keV – 2 MeV	1 riv. NaI(Tl)	lettino	parziale
	tiroidea	I-131	1 riv. NaI(Tl)	in funzione di pos.organo	parziale
Trisaia	corpo intero	100 keV – 2 MeV	1 riv. NaI(Tl)	lettino	parziale
	tiroidea	I-131	1 riv. NaI(Tl)	in funzione di pos.organo	parziale
Bologna	corpo intero	100 keV – 2 MeV	1 riv. NaI(Tl) 9"x4"	sedia di Marinelli	totale (bunker)
	organo specifico	100 keV – 2 MeV	1 riv. NaI(Tl) 9"x4"	in funzione di pos.organo	totale (bunker)
	tiroidea	^{131}I, ^{125}I	1 riv. NaI(Tl) 3"x3"	in funzione di pos.organo	solo rivelatore

Tabella 2. Prestazioni fornite dal Laboratorio IRP-MIR: misure *in vitro* della contaminazione interna

Sede Lab.	Tipologia di misura	Range energia o radionuclidi tipici	Sistema di rivelazione	Modalità di misura
Casaccia	spettrometria gamma urine	10 keV – 2 MeV	1 riv. HPGe coassiale	beker di Marinelli
	spettrometria alfa urine e feci	^{239}Pu, ^{238}Pu, ^{241}Am, ^{210}Po	1 riv. PIPS in vuoto	piattello
	determinazione radio urine	^{226}Ra	scintillazione liquida	elettrodeposto
	conteggio beta urine	^{3}H, ^{14}C, ^{241}Pu,	scintillazione liquida	vial da 20 ml
	conteggio beta totale urine	^{90}Sr, ^{210}Pb, ^{61}Ni	1 riv. Argon-metano	vials da 20 ml
	spettrometria di massa urine	^{238}U, ^{235}U, ^{232}Th	ICP-MS	piattello metallico
	conteggio alfa o beta in muco nasale	alfa o beta emettitori	scintillazione liquida	iniezione soluzione liquida vials da 20 ml
Saluggia	spettrometria gamma urine	10 keV – 2 MeV	1 riv. HPGe coassiale	beker di Marinelli
	spettrometria alfa urine e feci	^{239}Pu, ^{238}Pu, ^{241}Am, ^{210}Po	1 riv. PIPS in vuoto	piattello
	conteggio beta urine	^{3}H	scintillazione liquida	elettrodeposto
	conteggio beta totale urine	^{90}Sr	1 riv. Argon-metano	vials da 20 ml piattello metallico
Trisaia	spettrometria gamma urine	10 keV – 2 MeV	1 riv. HPGe coassiale	beker di Marinelli
	determinazione Radio urine	^{226}Ra	scintillazione liquida	vials da 20 ml
	conteggio beta totale urine	^{90}Sr	1 riv. Argon-metano	piattello metallico

L'integrazione delle competenze e la dotazione strumentale, peraltro in continua implementazione, permette oggi di affrontare praticamente tutte le problematiche connesse alla misura di contaminazione interna per scopi radioprotezionistici con l'impiego delle più aggiornate tecniche e metodologie di analisi e misura.

In Tabella 3 sono riportate le misure di contaminazione interna effettuate nel corso del 2010, sia in relazione all'espletamento dei programmi di monitoraggio dei lavoratori ENEA professionalmente esposti (principalmente afferenti al CR Casaccia) che per l'utenza esterna

(pubblica e privata). Come evidenziato dai dati riportati, si deve sottolineare il peso sempre più crescente assunto negli ultimi anni dalle attività svolte per l'esterno, che ad oggi costituiscono in termini numerici oltre il 70% del totale delle prestazioni effettuate.

Tabella 3. Misure di contaminazione interna effettuate dal Laboratorio IRP-MIR nel corso del 2010

Tipologia di misura	Utenti ENEA	Utenti esterni	Totale
misura in vivo al corpo intero (alta energia)	214	379	593
misura in vivo polmonare (bassa energia)	54	308	362
misura in vivo attività in tiroide (bassa energia)	11	33	44
spettrometria gamma urine	162	--	162
spettrometria alfa urine ($^{239/240}$Pu, ^{238}Pu)	11	38	49
spettrometria alfa urine (^{241}Am, ^{244}Cm)	20	20	40
spettrometria alfa feci ($^{239/240}$Pu, ^{238}Pu)	14	25	39
spettrometria alfa feci (^{241}Am, ^{244}Cm)	15	20	35
determinazione ^{226}Ra nelle urine	12	56	68
determinazione ^{210}Po nelle urine	---	31	31
scintillazione liquida urine (^{3}H, ^{14}C)	69	471	540
conteggio beta totale urine	110	293	403
spettrometria di massa urine (^{238}U, ^{235}U, ^{232}Th)	92	213	305
determinazione attività alfa e/o beta in muco nasale	16	132	148
Totale	**800**	**2019**	**2819**

6.2.2 Monitoraggio della radioattività ambientale

Per lungo tempo l'attività è stata svolta da IRP essenzialmente ai fini dell'attuazione dei Piani di Sorveglianza della Radioattività Ambientale prescritti per legge e concordati con l'organismo di controllo in relazione all'esercizio degli impianti nucleari ENEA.

Col passaggio a SOGIN della gestione di tali impianti l'incarico dell'attuazione del Piano è oggi di fatto rimasto di pertinenza di IRP, tramite il Laboratorio IRP-SFA, per il solo sito Casaccia, ove per Saluggia e Trisaia dal 2005 è stato invece preso in carico da SOGIN stessa.

A seguito di ciò si è comunque ritenuta utile la prosecuzione di tale attività anche per questi 2 siti, ma con finalità orientate ad una caratterizzazione radiologica di più ampio respiro, spaziale e temporale, uno studio *in progress* a disposizione delle Istituzioni, locali e nazionali, e del pubblico che consenta di delineare un quadro storico aggiornato e scientificamente validato della situazione del territorio, adottando per questo i criteri e le indicazioni suggerite a livello di comunità europea per la pianificazione delle reti nazionali di monitoraggio della radioattività ambientale.

Come desumibile da quanto riportato in Tabella 4, nel corso del 2010 il monitoraggio così concepito è stato pienamente attuato per il solo sito Trisaia, mentre per Saluggia il monitoraggio è al momento limitato alla sola rilevazione dei dati di radioattività in aria. Si prevede di poter ripristinare un piano completo a partire dal 2012.

6.2.3 Misure di radioattività su campioni di varia natura e origine

Nell'ottica di perseguire l'obiettivo di fare di IRP-MIR un sistema in grado di fronteggiare qualsiasi tipo di esigenza nel campo della misura della radioattività, è stato da qualche anno avviata una linea di attività *in progress* per accrescere ed estendere competenze e capacità analitiche al più ampio spettro di matrici e radionuclidi, prospettiva di sviluppo per altro da tempo emersa con le sempre più frequenti richieste di caratterizzazione radiologica di materiali della più varia origine provenienti in specie dall'utenza esterna.

La strategia adottata in tal senso è stata quella di "seguire" tali richieste fronteggiando le eventuali novità da esse proposte, sia in termini di tipologia di radionuclidi che di matrici da

investigare, se possibile attraverso un adattamento ed un implementazione delle tecniche analitiche già in uso o con la messa in atto e la qualificazione di metodi ad hoc.

Ciò ha consentito in pochi anni di accrescere in modo ragguardevole il già ampio spettro di competenze in dotazione al Laboratorio (vedi tabella 5) che, come più volte espressamente dichiarato dalla stessa committenza esterna, in molte situazioni costituisce davvero un unicum nel Paese per capacità di intervento. A riprova di ciò sono da citare, fra le altre, le commesse da alcuni anni stipulate con Nucleco per la caratterizzazione radiologica di materiali provenienti dagli impianti nucleari italiani in fase di *decommissioning* e l'effettuazione nel corso del 2010, sulla base di un contratto di subappalto, di tutte le misure di radioattività previste dal Piano di caratterizzazione radiometrica del Sito di Interesse Nazionale di Gela (si vedano i contributi specifici nel capitolo "Commesse" di questo rapporto).

Come si può dedurre dall'analisi di Tabella 6, ove sono riportate le misure di questo tipo effettuate nel corso del 2010, anche in questo caso, così come per la contaminazione interna, risalta la netta preponderanza delle prestazioni fornite per l'utenza esterna, ad ulteriore riscontro della validità e dell'importanza degli obiettivi perseguiti da IRP-MIR in termini di servizio per il Paese .

Tabella 4. Misure della radioattività ambientale effettuate dai Laboratorio IRP-MIR di Trisaia e Saluggia nel corso del 2010

Sito	Tipologia di misura	Matrice	N° campioni misurati
TRISAIA	Spettrometria gamma	Particolato atmosferico	318
		Latte	52
		Acque	44
		Limo	36
		Terreni/sabbie	18
		Vegetali	34
		Fall-out	12
	Determinazione attività di ^{90}Sr	Latte	4
		Acque	28
		Vegetali	34
	Determinazione attività α e β totale	Particolato atmosferico	250
		Acque	20
	Determinazione di Torio	Acque	12
	Determinazione attività di ^{3}H	Acque	12
SALUGGIA	Spettrometria gamma	Particolato atmosferico	654

6.2.4 Qualificazione ed affidabilità

La qualificazione delle prestazioni fornite è sicuramente uno dei capisaldi posti a fondamento stesso delle attività del Laboratorio ed a tal fine, oltre ad un capillare lavoro interno di omogeneizzazione delle procedure di analisi e verifica dei parametri di misura, la partecipazione regolare ad iniziative di intercalibrazione ed interconfronto è da anni la prassi regolarmente adottata e perseguita. Ciò è particolarmente importante per tipologie di misura, come quelle della radioattività in campioni biologici ed ambientali, per le quali disporre di idonei standard di taratura può risultare problematico, sia per gli elevati costi finanziari che ciò comporta, sia per la difficoltà stessa di reperire sul mercato campioni metrologicamente qualificati.

Nell'ambito del *monitoraggio della contaminazione interna*, se per le misure *in vivo*, stante la sporadicità delle iniziative nazionali ed internazionali, l'attività di qualificazione è stata essenzialmente demandata all'attuazione di protocolli comuni di verifica supportati da campagne interne di intercalibrazione basate su fantocci di taratura prodotti in proprio, per quanto attiene invece le misure *in vitro* lo strumento principale di valutazione dell'affidabilità delle prestazioni fornite è costituito per i Laboratori IRP dalla regolare partecipazione agli interconfronti organizzati

dall'Associazione PROCORAD® **(**association pour la Promotion du C ontrôle de Qualité des Analyses de Biologie Médicale en Radiotoxicologie**)**, probabilmente l'iniziativa di questo tipo più accreditata a l ivello internazionale. Tali interconfronti si svolgono con scadenza annuale e si segnala peraltro che proprio nel giugno 2010 l'Istituto IRP ha organizzato a Frascati il Meeting annuale dell'Associazione, occasione nella quale Paolo Battisti (Responsabile IRP-MIR) è st ato nominato membro del comitato scientifico PROCORAD.

Per quanto attiene, invece, le misure su *campioni ambientali*, funzione analoga a quella di PROCORAD è oggi svolta dai "proficency test" ALMERA. ALMERA (**A**nalitycal **L**aboratories for the **M**easurement of **E**nvironmental **R**adioactivity) è un network istituito nel 1995 dalla IAEA a livello mondiale per fornire dati radioanalitici su matrici ambientali a supporto delle attività dell'Agenzia nel campo della radioprotezione e della valutazione dell'impatto radiologico in aree interessate da rilasci accidentali o intenzionali di radioattività. La nomina dei membri ALMERA viene fatta su indicazione dei Governi Nazionali, attraverso la "Permanent Mission" degli Stati Membri dell'Agenzia. Richiesta primaria cui essi devono soddisfare è l a partecipazione ed il superamento di specifici "Proficiency Test", appositamente organizzati al fine di verificare e dimostrare prestazioni e capacità analitiche. L'adesione dell'Italia ad ALMERA risale al 2005 con la proposta di nomina da parte del Governo di 5 Laboratori Nazionali, fra cui i Laboratori IRP-MIR di Saluggia e Trisaia ed il Laboratorio IRP-SFA di Casaccia.

Dall'atto dell'adesione ad oggi ALMERA ha organizzato ben 9 "Proficiency Test" nei quali i Laboratori IRP, se non in rarissime eccezioni, hanno fornito sempre esiti assai positivi in termini di accuratezza e precisione e spesso ben oltre il mero soddisfacimento dei criteri minimi di conformità richiesti per il superamento delle prove, così come del resto è complessivamente avvenuto nella partecipazione ai diversi interconfronti PROCORAD, nei quali in molte occasioni i Laboratori IRP si sono classificati nel gruppo dei "top lab" delle specifiche prove, con richiesta di divulgazione delle procedure analitiche adottate (si vedano i contributi specifici nella Parte V).

6.3 Infrastrutture e risorse strumentali

Il Laboratorio IRP MIR è l'unico laboratorio di IRP presente in più Centri ENEA ed è così articolato:

- laboratorio misure in vivo per contaminazione interna CR Casaccia
- laboratorio misure in vitro (radiotossicologia) CR Casaccia
- laboratorio integrato[2] CR Saluggia
- laboratorio integrato[2] CR Trisaia
- laboratorio misure in vivo per contaminazione interna CR Bologna

Qui di seguito vengono sinteticamente descritti i diversi laboratori afferenti a IRP-MIR, elencando per ciascuno di essi infrastrutture a disposizione, dotazione strumentale e risorse umane impegnate.

6.3.1 Laboratorio Misure in vivo CR Casaccia

Infrastrutture

Edificio (su 2 piani più scantinato) interamente dedicato ed appositamente costruito per la realizzazione di 2 celle di misura indipendenti con ingresso–sala di attesa, spogliatoi con anticamera e bagno, sala di controllo, uffici, archivio remoto e 2 magazzini.

Ciascuna cella di misura è dotata di

- schermatura totale a strati successivi così composta (dall'esterno all'interno): 70 cm di calcestruzzo, 20 cm di ferro, 3 mm di Piombo, 2 mm di cadmio, 2 mm di rame, 3 mm di materiale plastico facilmente decontaminabile

[2] Il laboratorio opera nel campo del monitoraggio e della misura della radioattività impiegando l'intera dotazione di risorse umane e strumentali di cui dispone senza specifiche distinzioni fra le diverse linee di attività svolte

- opportuno sistema elettromeccanico e manuale di movimentazione e posizionamento dei rivelatori,
- impianto di condizionamento e filtrazione dell'aria immessa

sistemi di sicurezza costituiti da telecamera a circuito chiuso, interfono, rivelatore di azoto

Strumentazione di misura:

- 3 coppie di rivelatori al Germanio tipo LEGe per misure in vivo di contaminazione interna da radionuclidi con emissione X-gamma nel range 10 keV – 200 keV
- 2 rivelatori al Germanio tipo HPGe coassiali per misure in vivo di contaminazione interna da radionuclidi con emissione gamma nel range 100 keV – 2 MeV
- 6 catene elettroniche complete per spettrometra gamma a moduli NIM (Alimentatore H.V., Amplificatore, ADC, Multicanale)
- 1 Fantoccio antropomorfo tipo "Lawrence Livermore Thorso Phantom" per taratura misure in vivo all'organo (polmoni, fegato, addome)
- 2 Fantocci antropomorfi tipo "BOMAB" per taratura misure in vivo al corpo intero
- 1 Fantocci antropomorfo del tipo "componibile a bottiglie" per taratura misure in vivo al corpo intero
- 1 Fantoccio antropomorfo tipo "ANSI" per taratura misure in vivo alla tiroide

6.3.2 Laboratorio Misure in vitro (radio tossicologia) CR Casaccia

Infrastrutture

- 3 laboratori di chimica completamente attrezzati per trattamento campioni
- 1 laboratorio per marcatura con traccianti e manipolazione radioattivi
- 2 laboratori di misura
- Uffici e stanza ad uso magazzino

Strumentazione di misura

- 2 catene di conteggio complete per misure in spettrometria gamma ad alta risoluzione con rivelatore HPGe (1 rivelatore tipo n, 1 rivelatore tipo p)
- 2 catene di conteggio complete per misure in spettrometria alfa con rivelatore al Silicio tipo PIPS (totale 16 camere di conteggio)
- 1 contatore proporzionale ad argon metano per misure dell'attività alfa e beta totale
- 1 contatore a scintillazione liquida del tipo ultra low level
- 1 contatore a scintillazione liquida del tipo low level
- 1 spettrometro di massa tipo ICP
-

6.3.3 Laboratorio integrato CR Saluggia

Infrastrutture

- 2 laboratori di chimica completamente attrezzati per trattamento campioni
- 1 laboratorio attrezzato per pretrattamento fisico campioni
- 1 laboratorio per marcatura con traccianti e manipolazione radioattivi
- 1 laboratorio di misure fisiche
- 1 locale per misure in vivo con saletta controllo, spogliatoio e bagno
- 1 piccolo magazzino

Strumentazione di misura

- 4 catene di conteggio complete per misure in spettrometria gamma ad alta risoluzione con rivelatore HPGe (1 rivelatore tipo n, 1 rivelatore tipo p)
- 2 catene di conteggio complete per misure in spettrometria alfa con rivelatore al Silicio tipo PIPS (totale 12 camere di conteggio)
- 1 contatore proporzionale ad argon metano per misure dell'attività alfa e beta totale
- 1 contatore a scintillazione liquida del tipo ultra low level
- 1 spettrofotometro

- 1 whole body counter a schermatura parziale dotato di rivelatore NaI(Tl) di grandi dimensioni
- 2 Fantocci antropomorfi tipo "BOMAB" per taratura misure in vivo al corpo intero
- 1 Fantocci antropomorfo del tipo "componibile a bottiglie" per taratura misure in vivo al corpo intero
-

6.3.4 Laboratorio integrato CR Trisaia

Infrastrutture

- 2 laboratori di chimica completamente attrezzati per trattamento campioni
- 1 laboratorio attrezzato per pretrattamento fisico campioni
- 1 laboratorio per marcatura con traccianti e manipolazione radioattivi
- 1 laboratorio di misure fisiche
- 1 locale per misure in vivo con saletta controllo, spogliatoio e bagno
- Uffici e piccoli magazzini

Strumentazione di misura

- 4 catene di conteggio complete per misure in spettrometria gamma ad alta risoluzione con rivelatore HPGe (1 rivelatore tipo n, 1 rivelatore tipo p)
- 1 catene di conteggio completa per misure in spettrometria alfa con rivelatore al Silicio tipo PIPS (totale 6 camere di conteggio)
- 1 contatore proporzionale ad argon metano per misure dell'attività alfa e beta totale
- 1 contatore a scintillazione liquida del tipo ultra low level
- 1 spettrofotometro
- 1 whole body counter a schermatura parziale dotato di rivelatore NaI(Tl) di grandi dimensioni
- 2 Fantocci antropomorfi tipo "BOMAB" per taratura misure in vivo al corpo intero
- 1 Fantocci antropomorfo del tipo "componibile a bottiglie" per taratura misure in vivo al corpo intero

6.3.5 Laboratorio Misure in vivo CR Bologna

Infrastrutture

Locale di misura comprensivo di cella di misura (bunker schermato) e z ona controllo, spogliatoio, bagno e magazzino. La cella di misura è dotata di

- schermatura totale a strati successivi così composta (dall'esterno all'interno): 20 cm di ferro, 3 m m di Piombo, , 2 m m di rame (in fase di installazione rivestimento plastico interno di 3 mm di materiale plastico facilmente decontaminabile)
- opportuno sistema elettromeccanico e manuale di movimentazione e posizionamento del rivelatore,
- impianto di ricambio e filtrazione dell'aria immessa

Strumentazione di misura:

- 1 rivelatori tipo NaI(Tl) di grandi dimensioni per misure in vivo di contaminazione interna da radionuclidi con emissione gamma nel range 100 keV – 2 MeV
- 1 catena elettroniche complete per spettrometra gamma a moduli NIM (Alimentatore H.V., Amplificatore, ADC, Multicanale)
- 1 rivelatore tipo NaI(Tl) di piccole dimensioni autoschermato per l'effettuazione in campo di misure in vivo di contaminazione interna da radionuclidi con emissione gamma nel range 100 keV – 2 MeV
- 1 Fantocci antropomorfi tipo "BOMAB" per taratura misure in vivo al corpo intero
- 1 Fantocci antropomorfo del tipo "componibile a bottiglie" per taratura misure in vivo al corpo intero
- 1 Fantoccio antropomorfo tipo "ANSI" per taratura misure in vivo alla tiroide

6.4 Risorse umane

Nel Laboratorio Misure in vivo CR Casaccia le attività sono svolte da 2 tecnici diplomati, nel Laboratorio Misure in vitro (radio tossicologia) CR Casaccia da 1 laureato e da due tecnici diplomati, nel Laboratorio integrato CR Saluggia da1 laureato e da 4 tecnici diplomati, nel Laboratorio integrato CR Trisaia da 1 laureato e da 4 diplomatici tecnici e nel Laboratorio Misure in vivo CR Bologna da 1 laureato.

Tabella 5. Prestazioni fornite dal Laboratorio IRP-MIR: misure in campioni di matrici di varia natura

Tipologia di misura	**Matrice/campione**
Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore ($^{239/240}$Pu, ^{238}Pu, ^{241}Am, ^{244}Cu, ^{242}Cu, ^{238}U, ^{235}U, ^{234}U, ^{210}Po)	- abiotica ambientale o assimilabile - biotica ambientale o assimilabile - metallica assimilabile a rifiuto radioattivo - non metallica assimilabile a rifiuto radioattivo - campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro ed assimilabile a rifiuto radioattivo
Determinazione dell'attività alfa totale e/o beta totale	- abiotica ambientale o assimilabile - biotica ambientale o assimilabile - acqua, fall-out, o assimilabile - metallica assimilabile a rifiuto radioattivo - non metallica assimilabile a rifiuto radioattivo - campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro ed assimilabile a rifiuto radioattivo
Spettrometria gamma tal quale	- ambientale o assimilabile - assimilabile a rifiuto radioattivo
Spettrometria gamma con trattamento chimico-fisico	- ambientale o assimilabile - assimilabile a rifiuto radioattivo
Spettrometria gamma per elementi in traccia	- ambientale o assimilabile
Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di un radionuclide beta emettitore (con o senza pretrattamento chimico-fisico)	- ambientale o assimilabile - assimilabile a rifiuto radioattivo
Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di ^{226}Ra	- ambientale o assimilabile - assimilabile a rifiuto radioattivo
Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di ^{210}Pb	- ambientale o assimilabile - assimilabile a rifiuto radioattivo
Determinazione dell'attività di ^{90}Sr	- abiotica ambientale o assimilabile - biotica ambientale o assimilabile - metallica assimilabile a rifiuto radioattivo - non metallica assimilabile a rifiuto radioattivo
Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di Uranio (^{238}U e ^{235}U) o Torio (^{232}Th)	- ambientale liquida - ambientale solida - campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro
Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio	- ambientale liquida - ambientale solida - campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro
Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico non inferiore a 150	- ambientale - assimilabile a rifiuto radioattivo
Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico inferiore a 150	- ambientale - assimilabile a rifiuto radioattivo

Tabella 6. Misure di radioattività su campioni di varia natura effettuati dal Laboratorio IRP-MIR nel 2010

Tipologia della Prestazione	Pretrattamento	Metodo di misura	Utenti ENEA	Utenti Esterni	Totale
determinazione contenuto di $^{239/240}$Pu, ^{238}Pu	fisico-chimico-radiochimico	spettrometria alfa	---	24	24
determinazione contenuto di ^{241}Am, ^{244}Cm	fisico-chimico-radiochimico	spettrometria alfa	---	24	24
determinazione contenuto di ^{241}Pu	fisico-chimico-radiochimico	conteggio beta	---	16	16
determinazione contenuto di ^{239}Pu/^{240}Pu	fisico-chimico-radiochimico	ICP-MS	---	16	16
determinazione contenuto di ^{238}U, ^{235}U, ^{234}U	fisico-chimico	ICP-MS	19	79	98
determinazione contenuto di ^{226}Ra	fisico-chimico	scintillazione liquida	---	77	77
determinazione contenuto ^{210}Po	fisico-chimico-radiochimico	spettrometria alfa	---	147	147
determinazione contenuto ^{210}Pb	fisico-chimico-radiochimico	conteggio beta	---	147	147
determinazione contenuto di ^{90}Sr	fisico-chimico-radiochimico	conteggio beta	---	19	19
determinazione contenuto ^{3}H	fisico-chimico	scintillazione liquida	20	24	44
determinazione contenuto gamma emettitori	fisico	spettrometria gamma	---	88	88
Totale			**39**	**656**	**695**

6.5 Servizi per l'utenza interna ed esterna

I servizi di IRP-MIR soddisfano una serie di richieste proveniente sia dall'interno sia dall'esterno dell'Agenzia.

L'utenza interna, prevalentemente in Casaccia ma anche a Saluggia e Trisaia, è rappresentata da tre Unità Tecniche (IRP, METR, UTAGRI) e dal CR Saluggia.

Gli utenti esterni consolidati sono soprattutto PP.AA., ISPRA, Vigili del Fuoco, S.p.A. (ENEL, SOGIN e Nucleco) ed anche industrie e aziende private su tutto il territorio nazionale in modo occasionale. Le società Nucleco e SOGIN coprono circa il 90% delle attività svolte all'esterno (si vedano i contributi specifici nella Parte IV di questo rapporto).

6.6 Ricerca e Sviluppo

Le attività di ricerca e sviluppo sono in massima parte rivolte allo studio e alla sperimentazione di tecniche analitiche e radiometriche per la determinazione del contenuto di radionuclidi in campioni di varia origine e natura, precipuamente biologici (escreti) e ambientali; nel corso del 2010 le iniziative proseguite o avviate sono specificatamente state:

- studio, ottimizzazione e validazione di metodi di estrazione mediante lisciviazione di radionuclidi NORM (Po-210, Pb-210, Uranio, Radio) in campioni ambientali (in particolare terreni, sedimenti, sabbie)
- determinazione del contenuto di Ra-226 in campioni di varia natura ed origine mediante tecnica di conteggio in scintillazione liquida previa separazione per diffusione del radon e dei suoi prodotti di decadimento alfa emettitori a breve vita
- determinazione separata dell'attività di Pu-239 e Pu-240 in campioni di varia natura mediante accoppiamento della misura in spettrometria alfa (determinazione dell'attività

totale dei due radioisotopi del Plutonio) ed in spettrometria di massa tipo ICP (valutazione del rapporto in massa fra i due radioisotopi)

- ottimizzazione di metodi di misura rapida da utilizzarsi in eventi emergenziali per la determinazione in vivo di radionuclidi gamma emettitori, nonché per la determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività alfa e beta totale in campioni di muco nasale
- ottimizzazione delle tecniche analitiche e radiometriche già in uso ed implementazione della loro applicazione a nuove matrici:
  - in relazione all'effettuazione di determinazioni mediante spettrometria alfa e ICPMS:
    - pretrattamento chimico-fisico e successivo utilizzo di resine estrattive per la determinazione del contenuto di attinidi in campioni metallici e cementizi
    - sperimentazione della tecnica di estrazione sequenziale uranio-torio-plutonio-americio
    - semplificazione del metodo di estrazione del Po-210 in campioni di urina
  - in relazione all'effettuazione di determinazioni mediante spettrometria gamma:
    - campionamento, pretrattamento chimico-fisico ed omogeneizzazione di matrici ad elevata densità
    - applicazione di tecniche analitiche e sperimentali per la determinazione del fattore correttivo per auto-assorbimento da applicare all'efficienza di rivelazione
    - revisione critica e aggiornamento dei metodi di analisi spettrale per la determinazione dei radionuclidi gamma emettitori di origine naturale
  - in relazione all'effettuazione di determinazioni mediante conteggio dell'attività beta totale:
    - sperimentazione di procedure più affidabili per la determinazione del fattore di calibrazione e della incertezza ad esso associata al variare della quantità di campione analizzato,
    - analisi sperimentale delle impiego della tecnica di filtrazione con assorbitori per la discriminazione delle emissioni nel range energetico di interesse.

E' importante sottolineare che, nella maggior parte dei casi, tali linee di ricerca engono avviate in relazione ad esigenze sorte nell'espletamento dei compiti istituzionali del Laboratorio o a seguito di richieste specifiche pervenute dall'utenza esterna e co me i risultati ottenuti trovino quindi immediatamente applicazione e fattivo utilizzo nelle attività svolte.

Si segnala inoltre che nel corso del 2010 ha visto il completamento un'ulteriore linea di ricerca, già avviata da alcuni anni in collaborazione con alcune Aziende ospedaliere del Piemonte, inerente lo studio della biocinetica di alcuni radio farmaci per l'ottimizzazione della somministrazione terapeutica attraverso un approccio *patient-specific*. In particolare sono stati svolti studi sulla cinetica del radiofarmaco [^{153}Sm]Sm-EDTMP, impiegato nelle terapie palliative delle metastasi ossee e dello ^{131}I somministrato per l'ablazione dei tessuti tiroidei residui dopo tiroidectomia.

Nel primo caso i risultati ottenuti hanno posto in evidenza una notevole variabilità individuale e la necessità di somministrare il radiofarmaco secondo caratteristiche personali (v. tipo di tumore primario e p recedenti trattamenti farmacologici), nonché di correggere, nella dosimetria, il parametro S, che rappresenta la dose media per unità di radioattività cumulata, per l'effettiva massa degli organi del soggetto.

Nello studio sullo ^{131}I sono invece state determinate curve di calibrazione che forniscano una relazione tra il volume ricostruito dalla gamma camera e il volume effettivo degli oggetti, attraverso misure su fantoccio di volumi noti e il metodo è stato poi applicato alla misura dei tessuti dei residui tiroidei in alcuni pazienti. In questo modo è st ato possibile valutare l'effettiva massa degli organi bersaglio del radionuclide e, calcolarne in modo più preciso la dose terapeutica.

6.7 Partecipazioni a convegni/congressi/seminari dei dipendenti del laboratorio

Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia – INTERNATIONAL MASTER ON NUCLEAR AND IONIZING RADIATIONS TECHNOLOGIES – N°2 lezioni tenute da P. Battisti in data 20 e 21 Aprile 2010 dal titolo: "Internal Contamination"

1st ITALIAN ICP MS USER MEETING – Roma, 20 maggio 2010 - organizzato da ThermoFisher Scientific. (Partecipa: I. Giardina)

Corso teorico-pratico di Radiochimica Applicata, Università "Carlo Bo" di Urbino - Facoltà di Farmacia – Seminario tenuto da I. Giardina dal titolo: "*Nuovi materiali cromatografici per analisi radiochimiche."* – Urbino, 18 giugno 2010

PROCORAD Annual Meeting 2010 – "*Radiotoxicological Intercomparison exercises: Results"*- Frascati (Italia), 23-25 giugno 2010. (Partecipano: P. Battisti con presentazione orale, D. Arginelli con presentazione orale del lavoro premiato con "Lauren Ermelin Award", S. Bazzarri, I. Giardina, S. Ridone, N. Silvestri, S. Zicari)

Giornata di Informazione "Il risveglio del Nucleare in Italia, l'importanza della radioprotezione," AIRP, 21 giugno 2010, Roma. (Partecipa: M. Nocente)

Technical Visit on "Coincidence summing and geometry correction in gamma spectrometry" IAEA Environmental Laboratories Terrestrial Environmental Laboratory, Seibersdorf, Austria 19-23 Luglio 2010 (Partecipano: D. Arginelli, S. Zicari)

XXIV Corso Avanzato di Radioprotezione Medica, organizzato dalla Facoltà di Medicina dell' Università degli Studi di Padova - Bressanone , 30/8/2010 - 3/9/2010. Seminario tenuto da P. Battisti dal titolo: *"La sorveglianza della contaminazione interna: pianificazione, organizzazione, interpretazione dei dati"*

Seminario *"50 anni di energia nucleare nel Centro ENEA Casaccia"* – CR ENEA Casaccia, 20 ottobre 2010 (partecipa E. Montemurro)

Workshop "Metodi avanzati di spettrometria gamma" - Milano, 10-12 Novembre 2010. (Partecipano: S. Bortoluzzi, F. Salfi, N. Silvestri)

Presentazione Rapporto ARPA sulla radioattività ambientale in Piemonte, quadriennio 2006-2009, Torino 21 dicembre 2010 (Partecipano: S. Bortoluzzi, M. Nocente)

.

7

Laboratorio sorveglianza fisica ed ambientale di radioprotezione

Enrico Borra

7.1 Ruolo, principali compiti e funzioni

Il laboratorio IRP-SFA svolge, in accordo con gli indirizzi dell'Istituto IRP, le attività di radioprotezione richieste per il controllo delle pratiche radiologiche relative agli impianti nucleari e ai laboratori che svolgono attività con rischio radiologico presenti nel Centro Ricerche Casaccia, in applicazione del D.Lgs. 230/95 e ss.mm.ii.

La presenza nel Centro dei suddetti impianti/laboratori richiede al Laboratorio IRP-SFA ed all'intero Istituto di Radioprotezione l'applicazione di un servizio integrato, che opera dalla sorveglianza fisica degli ambienti e dei lavoratori al controllo dell'esposizione della popolazione attraverso una rete di continuo monitoraggio delle matrici ambientali, fino alla predisposizione, aggiornamento e conservazione di tutta la documentazione di radioprotezione. Tra i compiti del personale del laboratorio ci sono inoltre le attività di coordinamento e cooperazione con la Direzione di Centro e l'Esercente degli impianti nucleari, per l'applicazione delle prescrizioni di legge sia nell'ambito della radioprotezione che in quello più generale della sicurezza sul lavoro, anche in considerazione della presenza all'interno del Centro delle società, SOGIN e NUCLECO, anch'esse operanti nell'esercizio di pratiche radiologiche.

Il Laboratorio IRP-SFA garantisce anche il supporto agli Esercenti degli impianti nucleari e alla Direzione del Centro Ricerche Casaccia per la gestione del Piano di Emergenza nucleare anche attraverso la disponibilità di diverse figure professionali inserite in liste di reperibilità al di fuori del normale orario di lavoro.

7.2 Attività

7.2.1 Attività di sorveglianza ambientale

Il Laboratorio di Sorveglianza Ambientale ha il compito istituzionale di "sorveglianza permanente del grado di radioattività dell'atmosfera, delle acque, del suolo e degli alimenti".

L'attività prevista dalle prescrizioni per l'esercizio comporta il campionamento su 42 punti di controllo distribuiti entro una circonferenza di raggio pari 5 Km con il centro sul camino dell'impianto nucleare TRIGA-RC1. Oltre a quanto indicato nella "rete" di sorveglianza ambientale altri campionamenti completano il contributo radiologico derivante dal sito Casaccia.

Le matrici prelevate ed esaminate sono: particolato atmosferico, acque geografiche, acque potabili, sedimenti fluviali, suolo, vegetali, cereali, latte.

Inoltre vengono analizzati i campioni prelevati dagli impianti presenti nel Centro che necessitano di una precisa caratterizzazione radiometrica.

Le determinazioni radiometriche richiedono il trattamento chimico e le misure fisiche dei campioni la cui complessità varia in funzione del tipo di radionuclide cercato.

7.2.2 Attività di radioprotezione operativa

Il servizio di radioprotezione operativa esegue le attività, definite dagli Esperti Qualificati, miranti alla prevenzione e alla protezione dal rischio radiologico presso gli impianti nucleari ed i laboratori classificati.

Le verifiche riguardano: misure di irraggiamento, misure di contaminazione dell'aria, misure di contaminazione superficiale, efficienza dei dispositivi e delle tecniche di radioprotezione. La sorveglianza fisica viene completata dalla gestione della dosimetria esterna, ambientale e personale,

e dal controllo di buon funzionamento della strumentazione di misura.

Oltre agli interventi periodici la radioprotezione operativa supporta gli Esperti Qualificati nelle attività di caratterizzazione radiologica degli ambienti e nelle semplici operazioni di bonifica.

Lo stesso personale opera attualmente di S. Teresa (Lerici-La Spezia) e nei Centri di Montecuccolino (Bologna) per la esecuzione delle prove periodiche per le sorgenti di Alta Attività ex D.Lgs. 52/07.

7.2.3 Attività di archivio dosimetrico

L'archivio dosimetrico soddisfa l'esigenza di raccogliere ed organizzare la documentazione riguardante l'esposizione dei lavoratori alle radiazioni ionizzanti. A supporto dell'attività degli Esperti Qualificati, il personale dell'archivio conserva le cartelle dosimetriche dei lavoratori esposti controllando che vengano prodotti nei tempi previsti i relativi certificati di idoneità medica; di tali dati conserva anche una sintesi in formato elettronico.

In accordo a quanto previsto dalla normativa si conservano presso l'archivio dosimetrico le copie della documentazione di radioprotezione anche dopo la cessazione del rapporto di lavoro.

7.2.4 Attività di supporto alla Direzione di Casaccia, Datore di Lavoro e all'Esercente

Le attività di Esperto Qualificato, coordinate dall'Istituto di Radioprotezione, sono svolte per conto dei Datori di Lavoro del Centro ENEA della Casaccia.

Oltre alle attività di cooperazione con il Servizio di Prevenzione e Protezione, il Laboratorio organizza e g estisce i corsi di formazione per i lavoratori esposti e svolge le attività di coordinamento con le ditte esterne che lavorano nelle zone classificate. Tra le attività che più in generale svolge il personale del laboratorio IRP-SFA per conto della Direzione del Centro Ricerche Casaccia vi è quella della gestione dell'emergenza radiologica, che contempla l'organizzazione, la gestione e l'addestramento periodico delle seguenti figure professionali inserite in apposite linee di reperibilità:

- Direttore dell'Emergenza Esterna (Esperto Qualificato) che pianifica e co ordina tutte le operazioni di intervento necessarie a tutelare la salute dei lavoratori e della popolazione.
- Centro di Coordinamento radiometrico (1 persona), svolge l'attività di supporto alla direzione emergenza coordinando le squadre radiometriche ed il laboratorio di sorveglianza ambientale
- Radioprotezione operativa (2 persone), eseguono sull'impianto incidentato le misure e le azioni di protezione seguendo le indicazioni dell'Esperto Qualificato e del Direttore di Impianto e sono di supporto per la gestione del personale di Centro
- Squadre Radiometriche (2 squadre, ciascuna composta da 2 persone), eseguono le misure e la raccolta di campioni ambientali nei punti indicati dal Direttore dell'emergenza;
- Laboratorio di radiochimica (1 persona), esegue il trattamento e la preparazione del campione ambientale e/o di impianto per la successiva misura;
- Laboratorio di misura (1 persona), effettua le misure sui campioni ambientali prelevati dalle squadre radiometriche o dalla radioprotezione operativa.

Sono inoltre gestite dall'Istituto di radioprotezione due linee di reperibilità organizzate dal laboratorio IRP-MIR che si occupano delle misure radiometriche dirette (WBC) ed indirette (RTX) sul personale coinvolto nell'incidente.

7.3 Infrastrutture e risorse strumentali

7.3.1 Laboratorio di radioprotezione operativa (presso impianto TRIGA):

Strumentazione per misure dirette:

- 5 radiametri Automess Teletector con sonda estraibile e unità analogica di misura indipendente;
- 3 radiametri a scintillazione Automess;

- 7 contaminametri (2 Automess e 5 Contamat con 2 ulteriori sonde allo Xenon);
- 1 contaminametro per misure di trizio (Contamat);
- 19 dosimetri a lettura diretta (8 MGP, 3 Thermo EPD, 8 EURYSIS);
- 2 monitori per neutroni (Berthold);
- uno spettrometro portatile.

Strumentazione per misure indirette:
- 1 scala di conteggio automatico;
- 2 scale di conteggio singolo portatili;
- uno spettrometro ad alta risoluzione con rivelatore HPGe.

Strumentazione presso laboratori ed impianti Casaccia:
- 2 sistemi fissi di controllo della contaminazione "mani-piedi" della Thermo;
- 8 sistemi portatili di controllo della contaminazione CAB della Canberra (2 apparecchi sono dotati di sonda per beta di bassa energia).

7.3.2 Laboratorio spettrometria gamma (presso impianto edificio T-1):
- 6 catene per spettrometria gamma con rivelatore HPGe, una delle quali con rivelatore a finestra sottile in Berillio, interfacciate con PC dedicato e software per analisi e gestione dati implementato con programma di Q.A..
- 1 sistema automatico, con PC dedicato e software specifico, di prelievo e monitoraggio della radioattività artificiale nel particolato atmosferico mediante spettrometria gamma con rivelatore HPGe.

7.3.3 Laboratorio spettrometria alfa (presso impianto edificio T-1):
- 1 sistema per spettrometria alfa costituito da 8 camere con elettronica integrata CANBERRA AlphaAnalyst.

7.3.4 Laboratorio conteggi alfa e beta (presso impianto edificio T-1):
- 2 multicontatori a basso fondo con contatore proporzionale a flusso di gas per la misura simultanea della emissione alfa e beta-gamma totale (BERTHOLD LB770).
- 1 sistema cambiacampioni automatico a basso fondo con contatore proporzionale a flusso di gas per la misura alfa e beta-gamma totale (TENNELEC LB5100).

7.3.5 Laboratorio di radiochimica: "freddo" e "caldo" (presso impianto edificio T-1):
- Un laboratorio "freddo" per la preparazione e stoccaggio dei campioni ambientali prelevati dotato di 1 cappa d'aspirazione: trattamento fisico dei campioni, omogeneizzazione, concentrazione, preparazione per le operazioni d'analisi chimico-fisiche. La dotazione strumentale si compone di stufe e muffole per essiccazione e calcinazione, trituratori e mulini per frantumazione e macinazione del campione, bilance analitiche ed apparecchi per distillazione dell'acqua.
- Un laboratorio "caldo" di chimica analitica e radiochimica per analisi chimiche e preparazione dei campioni dotato di 2 cappe d'aspirazione, oltre alla normale dotazione di laboratorio.
- Un laboratorio di misure chimico-fisiche, adibito all'analisi e operazioni di supporto. La dotazione strumentale è costituita da uno spettrofotometro ad assorbimento atomico, di bilance tecniche ed analitiche di diversa portata, di sistema per elettrodeposizione su piattelli.
- Reagentario dotato di armadi di sicurezza per lo stoccaggio d'acidi, basi e materiali infiammabili.

7.3.6 Attrezzatura per il supporto alla gestione dell'emergenza nucleare (presso impianto edificio T-1):

- Ciascuna delle due squadre dispone di: automezzo, rateometro (MINI INSTRUMENT E SONDA GM MC71), contaminametro (Berthold LB 124), pompe di aspirazione, gruppo elettrogeno, attrezzature per prelievi ambientali.
- E' inoltre disponibile una catena per spettrometria gamma di tipo portatile per misure in campo attrezzato con processore e hardware specifico di tipo portatile.

7.4 Risorse umane

Tutte le attività del laboratorio sono svolte con l'impiego di 15 unità, incluso il responsabile, dei quali due ricercatori laureati in fisica (con la qualifica di esperti qualificati, EQ, di III grado), dieci collaboratori tecnici diplomati, due collaboratori amministrativi diplomati ed un operatore tecnico.

7.5 Servizi per l'utenza interna ed esterna

7.5.1 Utenza Interna

Il Laboratorio IRP-SFA assicura la sorveglianza fisica di radioprotezione per tutte le attività ENEA presenti nel Centro Ricerche Casaccia con rischio da radiazioni ionizzanti, assicurando al contempo il rispetto della normativa di legge, con specifiche azioni di monitoraggio individuale, ambientale e degli ambienti di lavoro.

Sono riassunti di seguito le principali attività con rischio radiologico presenti nel Centro di Ricerca Casaccia:

- il reattore nucleare TRIGA RC-1 (UTFISST);
- il reattore nucleare RSV TAPIRO (UTFISST);
- l'impianto di irraggiamento gamma Calliope (UTTMAT);
- l'impianto di caratterizzazione di materiali radioattivi (Edificio C-III-43) (UTFISST);
- i laboratori dell'Istituto di Metrologia (INMRI) (METR);
- i laboratori di radiotossicologia e radiometria dell'Istituto di Radioprotezione (IRP);
- diversi laboratori per ricerche in radiobiologia e studio dei materiali (UTBIORAD, UTTMAT).

Ogni anno il Laboratorio IRP-SFA emette il documento "Rapporto annuale sulla radioattività ambientale del Centro Ricerche ENEA Casaccia", nel quale sono riportate tutte le informazioni relative alla rete di monitoraggio ambientale, progettata in accordo con l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, ex APAT).

E' presente un documento periodicamente aggiornato contenente il "Censimento delle aree con rischio radiazioni ionizzanti presenti nel Centro Ricerche Enea Casaccia".

7.5.2 Utenza Esterna

Il monitoraggio ambientale, effettuato per il sito Casaccia risponde anche alle esigenze degli impianti SOGIN e NUCLECO, anch'essi presenti nel Centro. Tali attività, regolamentate da specifici accordi e convenzioni, sono soggette a tariffazione.

Inoltre il laboratorio IRP-SFA collabora con il Laboratorio integrato di monitoraggio e misure della radioattività (IRP-MIR) fornendo, di volta in volta, il supporto tecnico e strumentale nelle analisi e misure della radioattività in matrici di interesse radioprotezionistico.

7.6 Principali risultati nel 2010

7.6.1 Attività di sorveglianza ambientale, di misura della radioattività, di radioprotezione operativa e di archivio dosimetrico

Nel 2010 il Laboratorio di sorveglianza fisica ed ambientale ha effettuato varie tipologie di misure su oltre 2000 matrici per utenti interni e esterni, come meglio specificato nelle tabelle 1 e 2, oltre a quelle effettuate dalla radioprotezione operativa necessarie ad assicurare la sorveglianza fisica (tabella 3). Inoltre l'archivio ha processato circa 80 schede dosimetriche e dossier personali,

sia per il personale sospeso dall'esposizione alle radiazioni che per i cessati dal servizio. Inoltre sono state controllate circa 250 idoneità mediche.

7.6.2 Attività di ricerca e qualificazione del laboratorio

Inoltre il Laboratorio IRP-SFA in collaborazione con il Laboratorio IRP-MIR partecipa all'interconfronto annuale della rete ALMERA con cui si verifica l'attendibilità del laboratorio nel fornire risultati di specifiche tipologie di misura. ALMERA è un network di Laboratori istituito dalla IAEA come supporto alle attività dell'Agenzia stessa nel campo della radioprotezione e della valutazione di impatto radiologico in aree colpite da eventi incidentali o dolosi con rilascio di radioattività nell'ambiente.

Gli esiti dell'interconfronto relativo all'anno 2010 hanno confermato ottime performance complessive per tutti i Laboratori IRP coinvolti.

L'attività di ricerca e sviluppo è al momento piuttosto limitata e rivolta alla ottimizzazione delle misure effettuate ed a studi di rappresentatività del campionamento e della tipologia di misure per la radioattività ambientale.

Tabella 1. Misure svolte per la rete di sorveglianza ENEA

Descrizione	Totale matrici
Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore (Pu-239/240 e Pu-238) in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile	9
Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore (Pu-239/240 e Pu-238) in matrice biotica ambientale o campione assimilabile	15
Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile	20
Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in matrice biotica ambientale o campione assimilabile	19
Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro ed assimilabile a rifiuto radioattivo	1086
Spettrometria gamma tal quale su matrice ambientale o campione assimilabile	200
Spettrometria gamma, previa pre-concentrazione su resina, su matrice ambientale o campione assimilabile	69
Determinazione dell'attività di Sr-90 in matrice biotica ambientale o campione assimilabile	21
Posizionamento e analisi dosimetrica dosimetro individuale per corpo intero per radiazioni X e gamma	600

Tabella 2. Misure svolte per utenti esterni

Descrizione	Totale matrici
Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore (Pu-239/240 e Pu-238) in matrice biotica ambientale o campione assimilabile	16
Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile	1
Spettrometria gamma tal quale su matrice ambientale o campione assimilabile	4
Determinazione dell'attività di Sr-90 in matrice biotica ambientale o campione assimilabile	5

Tabella 3. Misure di radioprotezione operativa

Tipologia misura	Misure ordinarie	Misure straordinarie
smear test	4.000	1.000
misure di dose	2.500	
Posizionamento e sostituzione dosimetri	4.500	-

7.7 Partecipazioni a convegni/congressi/seminari dei dipendenti del laboratorio

"Il risveglio del Nucleare in Italia", AIRP, Roma (21 Giugno 2010)

"Corso di formazione per Esperti qualificati e Esperti in Fisica Medica" , CNR, Roma (11 maggio 2010)

"Piano Nazionale delle Misure Protettive contro le Emergenze Nucleari e Radiologiche" ISPRA, Roma (1 Dicembre 2010)

"EURADOS ANNUAL MEETING AM2010" , EURADOS Working Group 3 – Environmental Dosimetry ,Roma, Istituto Superiore di Sanità (1 Febbraio -2010)

"Il risveglio del Nucleare in Italia", AIRP, Roma (21 Giugno 2010)

"Technical Visit on Coincidence summing and geometry correction in gamma spectrometry" , Laboratori IAEA, Seibersdorf, Austria (19–23 Luglio 2010)

"Piano Nazionale delle Misure Protettive contro le Emergenze Nucleari e Radiologiche" ISPRA, Roma (1 Dicembre 2010)

"Metodi Avanzati di spettrometria gamma" , Milano, (10-12 novembre 2010)

PARTE II- La partecipazione a gruppi internazionali

L'Istituto di Radioprotezione contribuisce alla ricerca internazionale, soprattutto europea, partecipando a progetti, comitati, commissioni e gruppi di lavoro.

Nell'ambito del VII Programma Quadro della Comunità europea dell'energia atomica (EURATOM) per le attività di ricerca e formazione nel settore nucleare (2007-2011) l'IRP è partner di due progetti: "ORAMED" ed "ENETRAP II". Il primo ha l'obiettivo di ottimizzare le procedure di Radioprotezione in medicina, mentre il secondo di sviluppare standard europei di alto livello e buone pratiche per la formazione in radioprotezione con particolare attenzione al ruolo del Radiation Protection Expert e del Radiation Protection Officer.

L'IRP è anche membro Votante di EURADOS, un network di più di cinquanta Istituzioni e di circa duecento scienziati, che ha lo scopo di coordinare la ricerca nel settore della dosimetria delle radiazioni attraverso gruppi di lavoro come quello dedicato all'armonizzazione della dosimetria individuale in Europa, nel quale l'IRP ha un ruolo centrale grazie alle sue competenze specifiche.

L'Istituto partecipa, inoltre, al Committee on Radiation Protection and Public Health (CRPPH) della Nuclear Energy Agency (NEA), all'International Commission of Radiation Units and Measurements (ICRU) ed al task group ICRP DOCAL sulla dosimetria numerica.

Infine contribuisce ai lavori dei comitati e gruppi di lavoro dell'International Organization for Standardization (ISO) e dell'International Electrotechnical Commission (IEC).

1

Il ruolo di IRP in EURADOS

Elena Fantuzzi

EURADOS (*EUropean RAdiation DOsimetry Group*; www.eurados.org) è una organizzazione istituita nel 1981 da un gruppo di ricercatori attivi nel campo della dosimetria delle radiazioni ionizzanti con l'obiettivo di promuovere la ricerca, lo sviluppo e la cooperazione in Europa in tale settore. Oggi è un network di 50 Istituzioni europee (*membri Votanti*) e 200 ricercatori (*membri associati*) provenienti dai Paesi dell'Unione Europea, dalla Svizzera, dall'Europa Orientale ed anche dagli Stati Uniti, Canada e Giappone.

EURADOS è retto da un Consiglio di 12 membri,che include il Comitato Esecutivo (Presidente, Vice-Presidente, Secretario e Tesoriere) e da una Assemblea Generale (costituita dai membri votanti). La sede legale dal 2008 è in Germania presso il Physikalisch-Technische Bundesanstalt ed è finanziato da progetti europei, da quote di partecipazioni a workshop, da meeting e sponsorizzazioni annuali (volontarie) dei Membri Votanti.

L'Istituto di Radioprotezione, sin dagli anni 80, è un Membro Votante ed il suo responsabile, la dott.ssa Elena Fantuzzi, è dal 2004 membro del Consiglio e dal 2007 vice-chairperson.

L'*Annual Meeting* (AM) e la *General Assembly* (GA) generalmente hanno luogo nel mese di febbraio presso uno degli Istituti membri. Dal 2006, l'AM include anche un *Scientific Symposium* e una sessione di formazione, *Winter School*, su tematiche relative alla dosimetria, entrambi gli appuntamenti costituiscono l'occasione per la disseminazione dei risultati delle azioni di ricerca e armonizzazioni messe in atto. Gli atti del Scientific Symposium sono pubblicati su in un numero speciale riviste internazionali (come Radiation Protection Dosimetry), mentre quelli della Winter School sono resi disponibili sul sito di EURADOS e/o raccolti in un rapporto tecnico dell'Ente ospitante.

Le attività di EURADOS si distinguono in:

- coordinamento di Gruppi di Lavoro (Working Groups, WG), che abbracciano una notevole varietà di argomenti relativi alla dosimetria delle radiazioni ionizzanti e mirano alla armonizzazione delle pratiche di dosimetria e monitoraggio individuale ed ambientale di radioprotezione;
- organizzazione di incontri scientifici e corsi di formazione;
- organizzazione di interconfronti e studi di stato dell'arte.

Attualmente sono attivi 8 Gruppi di Lavoro (vedi tabella) e le aree di interesse sono:

- la protezione dalle radiazioni;
- la dosimetria retrospettiva;
- il monitoraggio individuale ed ambientale delle radiazioni;
- la radiobiologia;
- la terapia con radiazioni ionizzanti per il trattamento dei tumori;
- la radioprotezione in radiologia diagnostica ed interventistica.

Nelle pagine seguenti sono fornite maggiori informazioni sulle attività dei Gruppi di Lavoro nei quali sono coinvolti direttamente i ricercatori di IRP (WG2, WG6, WG7 e WG12).

Tabella 1: Gruppi di lavoro attivi in ambito EURADOS

WG	Titolo	Coordinamento	Partecipanti IRP
WG2	Harmonization in Individual Monitoring	Instituto Tecnològico e Nuclear (ITN)	E. Fantuzzi
WG3	Environmental dosimetry	Physikalisch- Technische Bundesanstalt (PTB)	--
WG6	Computational dosimetry	Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economic sostenibile (ENEA)	GF. Gualdrini (coordinatore) P. Ferrari
WG7	Internal Dosimetry	Centro de Investigationes Energéticas, Medioambientales y Tecnològicas (CIEMAT)	P. Battisti, C.M. Castellani, A. Luciani
WG9	Radiation protection dosimetry in medicine	Newcastle General Hospital	--
WG10	Retrospective dosimetry	Istituto Superiore di Sanità (ISS)	--
WG11	High Energy radiation Fields	Helmholtz Zentrum München (HUMG)	--
WG12	European Medical ALARA Network	Belgian Nuclear Research Centre (SCK-CEN)	P. Ferrari, F. Mariotti

1.1 WG2: harmonization in individual monitoring

1.1.1 Obiettivi

Il WG è attivo dal 1997, l'ENEA partecipa sin dalla sua fondazione. La composizione del WG2 è variata nel corso degli anni. Attualmente è composta da 17 membri ma in via di aggiornamento in relazione ai futuri obiettivi. Il lavoro svolto dal WG2 ha un elevato valore per la radioprotezione dei lavoratori in Europa e per l'aggiornamento e l'armonizzazione del monitoraggio individuale delle radiazioni ionizzanti per esposizione esterna nei Paesi membri ed anche per i Paesi aspiranti. La partecipazione dell'Istituto di Radioprotezione al WG ha permesso di mantenere la dosimetria individuale in ENEA sempre all'avanguardia e al passo con lo standard europeo e parallelamente di garantire un ruolo di riferimento dell'ENEA in Italia in tale ambito.
Le attività del 2010 sono state prevalentemente rivolte a due obiettivi:

- la divulgazione delle raccomandazioni tecniche sulla dosimetria individuale per esposizione esterna, pubblicate dalla CE (DG TREN) attraverso il finanziamento del progetto EUTrimer (European Union Technical Recommendation in Individual Monitoring for External Radiation) e realizzato con una specifica azione del WG2, di cui un *task group* ne ha curato la redazione e la condivisione attarverso tutti membri del WG nei vari Paesi europei e la lista di contatti con le Autorità nazionali e stakeholders in ciasun Paese membro. In particolare, nel marzo 2010 si è tenuto la Conferenza IM2010 (Individual Monitoring 2010 conference) ad Atene.
- l'organizzazione e realizzazione del terzo interconfronto di dosimetria esterna (IC2010) che ha riguardato i dosimetri per corpo intero per fotoni.

1.1.2Stato dell'arte

- IM2010: E' la quarta conferenza di una serie cominciata nel 1993 e realizzata prevalentemente con la presentazione dei risultati dei WG di EURADOS. Le precedenti edizioni sono state nel 1993 a Viligen in Svizzera, nel 2000 ,a Helsinki, per la disseminazione dei risultati del 1° triennio di lavori del WG, e nel 2005 ,a Vienna, per la divulgazione dei risultati del 2° triennio di lavoro del WG.
- IC2010: L'interconfronto si basa su un "performance test" per il quale i servizi dosimetrici pagano una quota di partecipazione. Le quote di partecipazione permettono di coprire i costi di gestione e di irraggiamento dei dosimetri presso i centri di taratura accreditati. Ogni anno uno specifico gruppo di 4-5 esperti, *Organization Group*, diretto da un coordinatore, *OG coordinator*, si occupa della realizzazione dell'interconfronto, dell'analisi dei dati, dell'elaborazione dei risultati e dei certificati di partecipazione e, non ultimo, della stesura di un rapporto tecnico che contiene l'insieme di tutti i risultati in forma anonima. Per l'interconfronto i servizi inviano 26 dosimetri, di cui 20 sono irraggiati a dosi incognite e con qualità di radiazione incognite (stabilite nell'ambito del *Organization Group*) e 6 sono tenuti come "fondi" o scorte. Tutti i dosimetri sono restituiti poi ai partecipanti che forniscono i risultati sulla base del sistema dosimetrico utilizzato in routine o comunque dichiarato al momento della richiesta di partecipazione.

L'organizzazione di un " interconfronto europeo" annuale, anche se per tipi di dosimetri differenti, oltre a consentire un confronto tra i sistemi dosimetrici in uso va nella direzione di un mutuo riconoscimento tra i servizi dosimetrici attivi nel campo, sulla base della accertata qualità dei dati dosimetrici forniti.

1.1.3 Risultati

IM2010: Ha raccolto 277 ricercatori, esperti di autorità vigilanti da 45 Paesi e membri di organizzazioni internazionali (i.e. ISO, CE e IAEA). I membri del WG2 hanno contribuito ai lavori del Comitato Scientifico e hanno curato la revisione dei 260 lavori presentati, pubblicati su Radiation Protection Dosimetry nel 2010. I contributi ed i risultati scientifici presentati e pubblicati forniscono lo stato dell'arte più aggiornato delle dosimetria individuale esterna ed interna.

IC2010: Hanno partecipato 70 servizi di dosimetria appartenenti a 30 Paesi Europei con 85 sistemi dosimetrici (66 di questi sistemi forniscono risultati per la sola grandezza $H_p(10)$). Degli 85 sistemi dosimetrici 13 si basavano su pellicola fotografica (film), 59 sulla termoluminescenza, 8 sulla luminescenza stimulata otticamente (OSL) e i rimanenti impiegavano altre tecniche come la radiofotoluminescenza (RPL), la ionizzazione diretta (DIS) o erano dosimetri elettronici.

I risultati sono buoni, infatti, il 70% dei sistemi dosimetrici forniscono dati all'interno, anche abbondantemente, dei criteri di accettabilità fissati dall'ICRP sia per $H_p(10)$, sia per $H_p(0.07)$. I risultati dell'interconfronto sono stati presentati all'Annual Meeting 2011 di EURADOS.

1.2 WG6: Computational dosimetry

1.2.1 Obiettivi

L'obiettivo del Working Group 6 è la promozione delle basi teorico pratiche per la modellazione Monte Carlo del trasporto di radiazione applicata al campo delle dosimetrie delle radiazioni.

1.2.2 Stato dell'arte

Il lavoro è in fase di svolgimento attraverso sei diverse azioni parallele.

Si è puntato a svolgere studi che includessero quanto più possibile il confronto con dati sperimentali nel campo della dosimetria e spettrometria dei neutroni, misure in vivo di transuranici nel polmone, modelli Monte Carlo per micro e nanodosimetria, progettazione e analisi dosimetrica delle prestazioni di un LINAC, Scuola internazionale sulla costruzione di modelli Voxel per Monte Carlo, Monte Carlo per le alte energie, Dosimetria individuale: dalla teoria alla pratica. Nel dettaglio il WG6 è suddiviso in 7 subgroup.

Titolo WG	Stato dei lavori	Risultati
WG6.1 "Deconvoluzione di spettri neutronici"	Il lavoro e' in fase di proposizione su tre scenari: 1. Calibration facility: An ISO Am-Be source ($3.7x10^{10}$Bq) within an Iron sphere (r=10 cm), located in the center of a 10x10x3 m^3 irradiation room. Pre-information level: "high". 2. Fuel Flask: A spent fuel element located over a concrete floor. Measurement point at a given distance and height of the fuel flask. Pre-information level: "medium". 3. Medical accelerator : A GE Saturne 43, 25 MV, situated in the center of a 7x7x3 m^3 treatment room. Pre-information level: "low".	Si prevede il termine dell'azione per la seconda metà del 2012
WG6.2 "Misure in vivo di transuranici nel polmone"	Raccolta di risultati completata (da oltre 15 paesi del mondo)	Si prevede il termine dell'azione per la seconda metà del 2011
WG6.3 " Metodi Monte Carlo in micro e nano dosimetria"	Misure e simulazioni di irraggiamenti presso CATANA (INFN). Preparazione di un Workshop per la comunità dosimetrica EURADOS	Si prevede il termine dell'azione per la seconda metà del 2013
WG6.4 " Progettazione e caratterizzazione dosimetria di un LINAC"	Le specifiche sono già reperibili sul sito EURADOS. Preparazione di un Workshop finale per la seco Si prevede il termine dell'azione per la seconda metà del 2012nda metà del 2012	
WG6.5 " Scuola sviluppo modelli Voxel per Monte Carlo"	Il programma della scuola èstato già stilato ed è reperibile sul sito EURADOS. La scuola si terrà a Fontenay aux Roses (IRSN) nella seconda metà di ottobre 2011	Si prevede il termine dell'azione per ottobre 2011
WG6.6 "Dosimetria Monte Carlo per le alte energie"	Sono stati individuati i temi da trattare e le simulazioni/misure da portare a termine	Si prevede il termine dell'azione per la seconda metà del 2013. Una presentazione finale potrebbe essere inserita in un EURADOS Annual Meeting.
WG6.7 " Dosimetria individuale: dalla teoria alla pratica"	Sono stati individuati I temi da trattare e le simulazioni/misure da portare a termine	Si prevede il termine dell'azione per la seconda metà del 2012 in concomitanza di quella sul LINAC (6.4)

1.2.3 Risultati

Le iniziative sono a diversi stadi di maturazione e si prevede una loro conclusione entro l'autunno 2013.

1.3 WG7: Internal dosimetry

1.3.1 Obiettivi

L'obiettivo del gruppo di lavoro "Internal Dosimetry" è triplice :

- coordinare e armonizzare le azioni di ricerca nell'ambito della dosimetria interna;
- fornire supporto allo sviluppo dei modelli biocinetici;
- disseminare le conoscenze scientifiche acquisite.

1.3.2Stato dell'arte

Il gruppo di lavoro si articola nei seguenti task group (TG):

7.1 – Update of IDEAS Guidelines and databases;
7.2 – Implementation and quality assurance of biokinetic models;
7.3 – Toward a DTPA therapy model;
7.4 – Monte Carlo application to in-vivo monitoring of radionuclides;
7.5 – Uncertainty studies on dose assessments.

IRP coordina il TG 7.1 e nel 2010 ha partecipato agli incontri tenutosi durante l'Annual Meeting di EURADOS a Roma dall'1 al 2 Febbraio, presso l'HPA dal 5 al 6 Maggio e presso il Helmholtz Zentrum Muenchen di Monaco dall'8 al 10 Settembre.
Nelle riunioni con il task group sono state indicate le metodologie per la completa revisione delle Linee Guida IDEAS, sviluppate nel 2006 per la valutazione di dose da contaminazione interna.

Queste linee guida dovranno essere riviste per poter acquisire i più recenti modelli sviluppati in ambito internazionale (principalmente modello alimentare e introduzione da ferita) e dovranno essere consistenti con le metodologie sviluppate dalla ISO nel Comitato Tecnico 85 Energia nucleare, Sottocomitato 2 Radioprotezione per quanto attiene la valutazione di dose interna.

Per gli altri task group si vogliono qui sottolineare le seguenti attività:

- per il TG 7.2, l'attiva collaborazione con il gruppo DOCAL/INDOS del Comitato 2 dell'ICRP per la assicurazione di qualità dei modelli sviluppati per la pubblicazione Occupational Intake of Radionuclide di prossima emissione.
- per il TG 7.3, lo sviluppo di un modello fisiologicamente orientato per la decorporazione con DTPA (l'acido dietilentriaminopentaacetico) agente chelante per transuranici.
- per il TG7.4, la realizzazione ed effettuazione dello "Intercomparison of in-vivo measurement of enriched uranium in a Livermore torso phantom" posto in atto assieme al WG-6 Computational dosimetry (coordinato anch'esso da IRP), al quale hanno aderito 15 partecipanti. I risultati saranno noti nel corso del 2011.
- per TG 7.5, la effettuazione di iniziali calcoli di incertezza di dose per casi di studio provenienti dal database IDEAS, utilizzando l'approccio bayesiano.

1.3.3 Risultati

Le attività intraprese nel corso del 2010 avranno immediato riscontro nel meeting annuale EURADOS, che si terrà a Praga dal 7 all'11 Febbraio 2011. Per la fine del 2011 è prevista la pubblicazione della revisione EURADOS delle linee guida IDEAS, scopo finale del TG7.1.Le attività degli altri TG continueranno con l'applicazione della modellistica sviluppata in sede DOCAL/INDOS alla dose ai membri della popolazione ed il prosieguo delle specifiche attività.

Nel corso del 2010 è stata manifestata una espressione di interesse al Consiglio Europeo - Direzione Generale Energia (DG-ENER) – in Lussemburgo per lo sviluppo di un documento di riferimento EC dal titolo "Technical recommendations for monitoring individuals for occupational intakes of radionuclides", così come già effettuato per la dosimetria personale esterna con la pubblicazione RP 160 " Technical recommendations for monitoringindividuals occupationally exposed to external radiation".

DG-ENER ha risposto positivamente indicando la possibilità di una "call for tender" nel 2011 o nel 2012.

1.4 WG12: European Medical ALARA Network

1.4.1 Obiettivi

L'obiettivo principale del gruppo di lavoro è di contribuire all'estensione del concetto di radioprotezione ALARA "*As Low As Reasonably Achievable*" anche alle pratiche di tipo medico, sfruttando le competenze presenti in EURADOS. L'attività del WG è però rivolta agli aspetti strettamente tecnici della dosimetria delle radiazioni. L'esigenza di una corretta determinazione della dose allo staff medico e al paziente, infatti, è avvertita sia dalla comunità medica e scientifica, sia dalle autorità di sorveglianza e di normazione. Il WG12 si è costituito all'inizio del 2009.

1.4.2 Stato dell'arte

Il gruppo di lavoro si articola in 3 sungroups:

SG1 : CT fluoroscopy staff dosimetry: Review della letteratura e studio dei parametri che influenzano la dose allo staff medico. Valutazioni sperimentali con sistemi dosimetrici e simulazioni numeriche con i codici Monte Carlo MCNPX, MCNP4, Penelope, Gmctdospp.

SG2 : trigger levels + accident handling in IR/IC: Studio delle incertezze e review della letteratura sui trigger levels (soglie per le quali può manifestarsi una lesione della pelle del paziente nel corso delle procedure interventistiche). Descrizione dei parametri utili per la determinazione dei trigger levels e analisi statistica dei dati raccolti nel corso di una investigazione a livello europeo.

SG3 : technical aspects on DAP calibration and CT calibration: Preparazione di un interconfronto tra laboratori europei per valutare l'affidabilità delle procedure utilizzate per la taratura dei KAP meter attraverso fasci di qualità RQR. Review della letteratura e delle recente normative e linee guida internazionali sulla dosimetria della CT e (possibilmente) verifica e confronto tra i conseguenti protocolli.

1.4.3 Risultati

Dato il breve tempo dalla sua costituzione le attività del WG12 sono appena state formalizzate ed avviate.

Nel corso del 2010 si sono svolti due incontri del WG-12, il primo a Roma, in occasione dell'annual meeting di EURADOS, e il secondo a Lisbona, durante i quali si sono definiti i compiti dei 3 subgroup in cui si è articolato il WG-12. L'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA ha deciso di partecipare al subgroup 3 dedicato agli aspetti tecnici della taratura delle camere KAP (Kerma-Air-Product meter) e delle CT.

Il protocollo per l'interconfronto sulle KAP verrà steso nel corso del 2011 e verrà esteso, probabilmente, non solo ai partecipanti di EURADOS ma anche ad alcuni laboratori della rete IAEA che hanno espresso il loro interesse a riguardo. Tale evento sarà probabilmente incluso anche nelle attività patrocinate della rete EURAMET (European Association of National Metrology Institutes).

Riguardo ai sistemi CT, nel corso del 2011 dovranno essere presi contati con IEC, ICRU e AAPM per verificare lo stato di avanzamento dei documenti relativi alla dosimetria in CT e dovranno essere studiati i documenti pubblicati. Questo sarà il primo passo per un futuro studio delle eventuali nuove grandezze proposte per tale dosimetria.

2

Il progetto europeo ORAMED

Titolo del progetto:	**O**ptimization of **RA**diation protection of **MED**ical staff
Finanziamento:	Programma "EURATOM" connesso al VII Programma Quadro dell'Unione Europea
Tipo di progetto:	Collaborative project
Durata del progetto:	36 mesi dal 1 febbraio 2008
Obiettivo del progetto:	Ottimizzazione della Radioprotezione per lo staff medico in medicina nucleare e nelle procedure di cardiologia e radiologia inteventistica

Partecipanti:

	Ente	Paese	Responsabile per il progetto
SCK-CEN	Belgian Nuclear Research Centre	Belgio	F.Vanhavere
GAEC	Greek Atomic Energy Commission	Grecia	E. Carinou
ENEA	ENEA Radiation Protection Institute	Italia	G. Gualdrini
IRSN	Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety	Francia	I. Clairand
CHUV	University Hospital Center Vaudois	Switzzera	M. Sans
UPC	Institute of Energy Technologies-Universitat Politècnica de Catalunya	Spagna	M. Ginjaume
CEA	Laboratoire National Henri Becquerel at the Commissariat à l'Energie Atomique	Francia	J.M. Bordy
SMU	Slovak Medical University	Slovacchia	D. Nikodemová
NIOM	Nofer Institute of Occupational Medicine	Polonia	J. Jankowski
BfS	Federal Office for Radiation Protection	Germania	A. Rimpler
RADCARD	RADCARD	Polonia	P. Olko
MGPI	MGP Instruments	France	J.L. Barrere

ORAMED si articola in 5 work package:

	Titolo	Obiettivo	Coordinamento	Partecipanti
WP1	***Dosimetria delle estremità e del cristallino in radiologia e cardiologia interventistica***	*Studio dei parametri che influenzano la dose alle estremità e al cristallino dello staff medico attraverso una serie sistematica di misure ad hoc e di simulazioni Monte Carlo con modelli antropomorfi.* *Definire, attraverso il confronto tra le dosi osservate, le impostazioni delle macchine radiogene nel corso degli interventi e i dispositivi di protezione adottati, buone pratiche atte all'ottimizzazione della radioprotezione e alla riduzione, ove possibile, della dose agli operatori.*	*E. Carinou (GAEC)*	*GAEC* ***ENEA*** *SCK-CEN* *IRSN* *CHUV* *SMU* *NIOM*
WP2	***Dosimetria del cristallino e sviluppo di un dosimetro per $H_p(3)$***	*Studio critico della grandezza $H_p(3)$ e confronto con la quantità radioprotezionistica (dose al cristallino) attraverso una campagna di simulazioni Monte Carlo.* *Sviluppo di un dosimetro in grado di rispondere in termini di $H_p(3)$ e type-testing in laboratorio e successiva campagna di misure in ospedale con il prototipo definitivo.*	***G.Gualdrini (ENEA)***	***ENEA*** *RADCARD* *GAEC* *CEA* *NIOM* *SCK-CEN*
WP3	***Ottimizzazione dell'uso di dosimetri attivi in radiologia interventistica***	*Studio della risposta dei dosimetri elettronici commerciali più diffusi. Studio in laboratorio della loro risposta in funzione della dose, dell'intensità della radiazione e dell'energia per radiazione "continua".* *Ripetizione dello studio in condizioni di campo pulsato (più simile a quello presente nei dipartimenti di interventistica).*	*I. Clairand (IRSN-Francia)*	*IRSN* *MGPI* *CEA* *SCK-CEN* *UPC* *CHUV*
WP4	***Dosimetria delle estremità in medicina nucleare***	*Valutazione delle dosi alle estremità nel corso delle procedure di preparazione e somministrazione del radio farmaco attraverso una mappatura della dose fornita da una serie di dosimetri TL disposti sulle superfici (palmare e dorsale) della mano.* *Studio dell'effetto dei dispositivi di protezione attraverso una serie di simulazioni Monte Carlo.*	*M. Sans Merce (CHUV-Svizzera)*	*CHUV* ***ENEA*** *IRSN* *UPC* *SMU* *SCK-CEN* *BfS*
WP5	***Diffusione dei risultati e training***	*Distribuzione delle informazioni e del materiali raccolto nei WP tra gli stake-holders, principalmente nello staff medico, tra gli esperti di radioprotezione, i servizi di dosimetria e le autorità competenti a livello europeo.*	*M. Ginjaume (UPC-Spagna)*	***Tutti***

Nelle pagine seguenti saranno illustrati le principali attività dei WP1, WP2 e WP4 nei quali sono coinvolti ricercatori dell'IRP. Sito web di progetto**: www.oramed-fp7.eu**

Work Package di ORAMED	Membri di IRP suddivisi per WP
WP1 – Radiologia Interventistica	P. Ferrari, G. Gualdrini
WP2 – Dosimetro per $H_p(3)$	G. Gualdrini, F. Mariotti, F. Monteventi, P. Ferrari, E. Fantuzzi
WP4 – Medicina Nucleare	P. Ferrari, F. Mariotti, G. Gualdrini, B. Morelli, M.C. Botta, E. Fantuzzi
WP5 – Training/Dissemination	G. Gualdrini, F. Mariotti, P. Ferrari, E. Fantuzzi

2.1 ORAMED WP1

2.1.1 Obiettivi

Il WP-1 del progetto ORAMED ha come scopo la valutazione delle dosi alle estremità e al cristallino dello staff medico in radiologia e cardiologia interventistica e l'ottimizzazione della radioprotezione. Le attività di IRP nell'ambito del WP1 del progetto ORAMED hanno riguardato solo la parte di simulazione numerica dello scenario di irraggiamento dello staff medico impegnato nelle pratiche di cardiologia e radiologia interventistica IC/IR. In particolare IRP ha avuto il compito di creare i modelli sui quali impostare le simulazioni partendo dal fantoccio antropomorfo ADAM-MIRD-ORNL.

2.1.2 Stato dell'arte

Il lavoro negli anni successivi è continuato con calcoli su modelli semplificati e su modelli antropomorfi e nel 2010, in particolare, IRP ha trattato le valutazioni dosimetriche riguardanti le pratiche che coinvolgono il torace del paziente. In tale ambito si è studiato l'effetto del diametro del fascio RX sulle dosi registrate dall'operatore, situato in prossimità del paziente, sia in caso di accesso femorale, di fianco alla gamba destra del paziente, sia in caso di accesso brachiale. E' stato studiato l'effetto degli occhiali anti-X sulla dose al cristallino dell'operatore verificando, parametricamente, l'importanza dello spessore equivalente di Pb nonché della dimensione delle lenti stesse (copertura laterale) sulla dose al cristallino. L'effetto combinato della presenza delle barriere protettive sospese e degli occhiali anti-X è stato analizzato in alcuni casi specifici di irraggiamento del paziente e per alcune delle proiezioni del fascio RX. Lo studio delle barriere ha consentito di verificare non solo il livello di protezione introdotto dalle stesse ma anche di quantificare la differenza tra le dosi assorbite dall'operatore per i differenti scenari d'interesse e in particolare per la posizione del tubo RX sopra o sotto al lettino porta paziente e nelle due posizioni brachiale e femorale (figura 1).

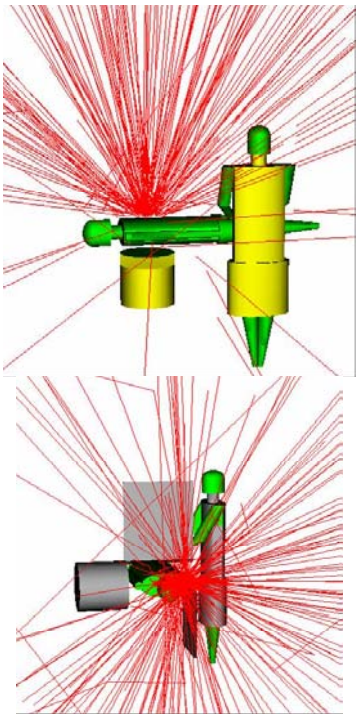


Figura 1: Esempio di retrodiffusione dal paziente per proiezione AP (in alto) e LAO in presenza di schermi (in basso)

2.1.3 Risultati

Tutte le attività svolte nell'ambito delle simulazioni del WP1 sono state fondamentali per determinare l'incidenza di alcuni parametri quali i kVp, il diametro di apertura del fascio, la filtrazione del fascio, la direzione della proiezione del fascio in ingresso nel paziente (AP, PA, LAO, RAO, Caudale, Craniale), i mezzi di protezione individuale, la posizione dell'operatore e le barriere oggetto sulle dosi registrate alle estremità (mani, avambracci e gambe) e al cristallino dell'operatore. Data la complessità delle procedure interventistiche e la reciproca influenza dei parametri in oggetto tali effetti non potevano essere infatti dedotti dall'analisi dei dati raccolti nelle campagne di misura presso gli ospedali che hanno partecipato al progetto.

2.1.4 Bibliografia

[1] E. Carinou, P. Ferrari, C. Koukorava, S. Krim, L. Struelens *Monte Carlo calculations on extremity and eye lens dosimetry for medical staff at interventional radiology procedures***.** Radiation Protection Dosimetry, Advance Access published 6 January 2011

[2] P. Ferrari (relazione a invito) *Dosimetria delle estremità e del cristallino in radiologia e cardiologia interventistica: il progetto EU-ORAMED.* Presentato al convegno SIRR (Società italiana ricerca sulle radiazioni) di Roma 27-29/10/2010

2.2 ORAMED WP2

2.2.1 Obiettivi

Nonostante sino ad oggi la dosimetria del cristallino sia stata scarsamente considerata, essa è tornata di attualità per la evidenza di una più alta incidenza di cataratte a parità di dose. Il WP2-Oramed si è prefissato sostanzialmente tre obiettivi:

1. Analisi critica della quantità operazionale Hp(3) e sua revisione.
2. Pubblicazione di un protocollo operativo per test di tipo e calibrazione di dosemetri personali nei termini di Hp(3).
3. Progettazione di un prototipo di dosimetro ottimizzato per rispondere in Hp(3), e campagna di test in ambiente ospedaliero del prototipo.

2.2.2 Stato dell'arte

Il termine del lavoro è fissato per febbraio 2011. Nel corso del Workshop finale e in una serie di pubblicazioni successive saranno presentati i risultati del progetto.

2.2.3 Risultati

L'adozione di un nuovo fantoccio cilindrico (per meglio riprodurre una testa) ha richiesto il calcolo di coefficienti di conversione per fotoni in dipendenza di energia ed angolo. Sulla base di essi la ditta polacca RADCARD ha sviluppato il prototipo la cui risposta fosse il più possibile in accordo con l'andamento della quantità operazionale ed infine è stato stabilito un protocollo accurato ad opera del CEA per i test di tipo e le calibrazioni in termini di Hp(3). Il prototipo, ottimizzato per Hp(3), presenta una soddisfacente risposta energetica ed angolare. La procedura proposta è anche di basso costo, il che le consente di essere adottata senza particolari difficoltà nella pratica operativa.

2.2.4 Bibliografia

[1] F. Mariotti, G. Gualdrini, E. Fantuzzi, P. Ferrari, F. Monteventi *A new proposal on the operational quantity Hp(3): Monte Carlo and experimental results* Radiation Measurements, Volume 46, Issue 4, April 2011, Pages 375-380

[2] G. Gualdrini, F. Mariotti, S. Wach., P. Bilski, M. Denoziere, J. Daurse, J-M Bordy, P. Ferrari, F. Monteventi, E. Fantuzzi *Eye lens dosimetry: TASK 2 within the ORAMED project* Radiation Protection Dosimetry, Advance Access published 20 February 20113.3 ORAMED WP4

2.3 ORAMED WP4

2.3.1 Obiettivi

Il WP-4 del progetto ORAMED ha come scopo la valutazione delle dosi alle estremità dello staff medico in medicina nucleare e l'ottimizzazione della radioprotezione. Nell'ambito del WP4 del progetto ORAMED l'IRP è stato impegnato sia nella raccolta dati presso gli ospedali italiani partecipanti, sia nelle simulazioni Monte Carlo

2.3.2 Stato dell'arte

Nel 2010 sono state completate le misure negli ospedali per le procedure di diagnostica (Tc-99m e F-18) e di terapia (Zevalin, Y-90). In particolare è stato studiato il problema radioprotezionistico riscontrato per uno degli ospedali italiani per le procedure di marcatura e preparazione del Tc-99m. Dalle stime dosimetriche e dal raffronto con i valori medi ottenuti negli altri ospedali europei si potuto verificare l'inappropriatezza della metodica seguita nell'ospedale in oggetto, che comportava una dose agli operatori coinvolti di un fattore 4-8 volte maggiorata rispetto ai valori stimati per i loro colleghi europei (figura 1 e 2).

Per quanto riguarda le simulazioni Monte Carlo, il caso assegnato a IRP consisteva nel calcolo della dose alla mano dell'operatore nella movimentazione di vial contenente il radionuclide per mezzo di pinze. Il modello Monte Carlo era stato ottenuto sottoponendo a scansione CT un fantoccio simulante la mano dell'operatore con le dita configurate nella maniera opportuna (figura 3). Nel corso del 2010 si è studiato l'effetto dello spessore della schermatura posta attorno al vial sulle dosi registrate sulla superficie della mano, nelle stesse posizioni in cui erano stati posti i TL nel corso delle misure in ospedale. Lo studio è stato completato da una *sensitivity analysis* che ha considerato, oltre ai diversi tipi di schemratura, il posizionamento relativo della sorgente rispetto ai punti di stima della dose..

Figura 1: manipolazione di Tc-99m in condizione schermata

Figura 2: manipolazione di Tc-99m in "cattiva pratica"

Figura 3: esempio di simulazione Monte Carlo

2.3.3 Risultati

Il progetto ORAMED in medicina nucleare (WP4) si è dimostrato di fondamentale importanza nel reperimento di una serie di informazioni di difficile acquisizione nella normale routine radioprotezionistica nei dipartimenti di medicina nucleare. L'esame approfondito dei risultati consentirà (come ha già consentito nel caso del Tc-99m) di individuare le strategie più opportune per il raggiungimento di un buon livello di qualità in radioprotezione.

2.3.4 Bibliografia

[1] M. Sans Merce, N. Ruiz, I. Barth, A. Carnicer, L. Donadille, P. Ferrari, M. Fulop. M. Ginjaume, G. Gualdrini, S. Krim, F. Mariotti, X. Ortega, A. Rimpler, F. Vanhavere and S. Baechler *Extremity exposure in nuclear medicine: preliminary results of an European study***.** Radiation Protection Dosimetry, Advance Access published 12 January 2011

[2] P. Ferrari, F. Mariotti, G. Gualdrini, B. Morelli, C. Botta, E. Fantuzzi, M. Bonelli, A. Brusa, F. Cichocki, G. Cicoria, M. Cremonesi, A. Giostra, M. Marengo, E. Moroder, G. Poli, *Studi dosimetrici in medicina nucleare: il contributo italiano al progetto ORAMED.* Presentato al congresso AIRP (Associazione Italiana di Radioprotezione) di Bolzano 15-17/12/2010

3

Il progetto europeo ENETRAP-II

Titolo del progetto: **E**uropean **N**etwork on **E**ducation and **T**raining in **RA**diological **P**rotection II

Finanziamento: Programma "EURATOM" connesso al VII Programma Quadro dell'Unione Europea

Tipo di progetto:

Durata del progetto:

Obiettivo del progetto: Sviluppare standard di riferimento altamente qualificati e buone prassi per la formazione in Radioprotezione con particolare attenzione agli esperti in Radioprotezione (RPE) e agli officer della Radioprotezione (RPO). Tali standard rispecchieranno i bisogni degli RPE e degli RPO in tutti i settori dove le radiazioni ionizzanti sono impiegate.

Partecipanti:

	Ente	**Paese**	**Responsabile per il progetto**
SCK-CEN	Belgian Nuclear Research Centre	Belgio	M. Coeck
KIT	Karlsruhe Institute of Technology	Germania	S. Möbius
ENEA	ENEA Radiation Protection Institute	Italia	E. Fantuzzi
NRG	Nuclear Research & consultancy Group	Paesi Bassi	F. Draaisma
ITN	Nuclear and Technological Institute	Portogallo	P. Vaz
ENEN	European Nuclear Education Network Association	Francia	P. De Regge
CEA	Laboratoire National Henri Becquerel at the Commissariat à l'Energie Atomique	Francia	P. Livolsi
HPA	Health Protection Agency	Regno Unito	J. Stewart
CIEMAT	Spanish Research Centre for Energy, Environment and Technology	Spagna	M. Marco
BfS	Federal Office for Radiation Protection	Germania	A. Schmitt-Hannig
BME-NTI	Budapest University of Technology and Economics Institute of Nuclear Techniques	Ungheria	P. Zagyvai
UPB	University Politehnica of Bucharest	Romania	M. Ceclan

3.1 Struttura

ENETRAP II è coordinato da SCK•CEN ed il responsabile di progetto è dr. Michèle Coeck, il quale è supportato da una assemblea generale formata da un esperto senior nel settore della formazione in radioprotezione e da un membro di ciascun partner del consorzio.C'è anche un organo consultivo, composto dai principali *stakeholders*, il cui compito è supportare l'assemblea generale nell'individuare il migliore compromesso tra erogazione e bisogni formativi.

3.2 Aree di attività

ENETRAP II si articola in 10 workpackage (WP), nei quali sono coinvolti i ricercatori di IRP ad eccezione del WP9 e WP10.

Workpackages di ENETRAP II

WP	Obiettivo	Coordinamento
WP1	Coordinamento del progetto	SCK•CEN
WP2	Definizione dei requisiti e della metodologia per l'identificazione degli RPEs	HPA-CRCE
WP3	Definire i requisiti per le competenze di RPO e stabilire una guida per la formazione degli RPO	BfS
WP4	Stabilire gli standard per il corso di RPE	CEA-INSTN
WP5	Sviluppo e meccanismi di applicazione per la valutazione del materiale didattico, eventi e fornitori	NRG
WP6	Creazione di un database per gli eventi formativi e per gli organizzatori dei corsi (includendo OJT) in accordo con gli standard concordati	CIEMAT
WP7	Sviluppo di alcuni esempi di corsi formativi (libri di testo, moduli di e-learning)	CEA-INSTN
WP8	Organizzazione di sessioni pilota, metodologie di test proposte e monitoraggio dell'efficacia degli schemi formativi	KIT-FTU
WP9	Introduzione di un passaporto formativo ed un reciproco sistema di identificazione dei RPEs	ENEN
WP10	Collaborazione per la formazione di generazioni innovative di specialisti in radioprotezione	UPB

3.3 Ruolo di IRP

Il ruolo svolto da IRP nel consorzio è quello di esercitare una funzione di raccordo e di sensibilizzazione nei confronti della realtà degli Esperiti Qualificati, rappresentata in Italia dall'Associazione Nazionale Professionale Esperti Qualificati (ANPEQ), e della autorità legislativa su tematiche molto attuali riguardanti l'armonizzazione dei criteri di formazione e selezione dei radiation Protecytion Experts e Officers ed il loro riconoscimento nei diversi paesi dell'Unione Europea.

La piattaforma EUTERP, creata a tale scopo dal precedente contratto EUTERP-I, fornisce una ulteriore opportunità stabile per dibattere tali temi, riguardo ai quali l'Italia può rappresentare un punto di riferimento, avendo da circa quarant'anni messo a punto un sistema di qualificazione ed omologazione di Esperti Qualificati, distribuiti nei tre gradi di specializzazione.

Pertanto, poiché attualmente tutti gli altri paesi europei stanno cercando una via per individuare criteri comuni di mutuo riconoscimento, è molto importante che l'Italia cerchi di svolgere un ruolo di indirizzo grazie all'esperienza maturata sul campo, cercando allo stesso tempo di adeguarsi ai requisiti che presto l'Unione Europea deciderà di stabilire.

Sito web di progetto: **www.enetrap2.sckcen.be**

4

NEA - Nuclear Energy Agency

4.1 Obiettivo

L'agenzia ha lo scopo di assistere i Paesi membri nello sviluppo continuo, attraverso la cooperazione internazionale, delle basi scientifiche, tecnologiche e l egali necessarie per l'uso sicuro, ecosostenibile ed economico dell'energia nucleare per fini pacifici. Per conseguire ciò, la NEA opera come un forum per lo scambio di informazioni ed esperienze e per la promozione della cooperazione internazionale. L'Agenzia si configura come un centro di eccellenza, che aiuta i propri Stati Membri a r afforzare e a m antenere aggiornata la propria conoscenza tecnica, e co me un veicolo per facilitare le analisi politiche e facilitare la mediazione e il consenso basato sulla qualità delle competenze tecniche sviluppate.

4.2 Composizione

Attualmente la NEA è composta da 30 Paesi: Australia, Austria, Belgio, Canaqda, Cechia, Danimarca, Finlandia, Francia Germania, Grecia, Ungheria, Islanda, Irlanda, Italia, Giappone, Lussemburgo, Messico, Paesi Bassi, Norvegia, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica di Corea, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Stati Uniti d'America, Svezia, Svizzera.

4.3 Struttura

La NEA è u n'Agenzia della OECD-OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) che ha sede a Parigi. La struttura di vertice della NEA è costituita da uno *steering committee* per l'energia nucleare da cui dipendono un gruppo che si occupa di *Security* e 8 comitati: *safety, regulatory activities, waste management,radiation portection and public health, nuclear science,data bank management; economic studies, nuclear legislation.*

4.4 Aree di attività

La NEA lavora in stretto contatto con l'Agenzia internazionale dell'Energia Atomica (IAEA). Le sue aree di attività sono:

- Regolamentazione e sicurezza nucleare
- Sviluppo dell'energia nucleare
- Gestione dei rifiuti radioattivi
- Radioprotezione e salute pubblica
- Legislazione e aspetti normativi sul nucleare
- Nuclear Science
- Gestione della DATA BANK (il punto di riferimento per i codici di calcolo e i dati nucleari)
- Informazione e comunicazione

4.5 Ruolo di IRP in NEA nel 2010

Il CRPPH (Committee on Radiation Protection and Public Health) è il comitato della Nuclear Energy Agency (NEA), nel quale Sandro Sandri, responsabile del laboratorio IRP-FUAC, partecipa ai lavori come delegato italiano indicato da ENEA.
Il 68th Meeting annuale del CRPPH si è tenuto a Parigi dal 18 al 20 Maggio 2010.

Durante il meeting sono stati presentati i lavori completati e in corso dei diversi gruppi operativi. Sono stati invitati anche rappresentanti di altri organismi internazionali attivi nella RP, per esporre studi e relative posizioni.

Per il WPNEM (Working Party on Nuclear Emergency Matters) sono stati presentati il rapporto finale sull'esercizio INEX 3 (International Nuclear Emergency Exercises), condotto tra il 2000 e il 2006, e la programmazione per la nuova esercitazione INEX 4. Inoltre è stato presentato in bozza un rapporto di carattere generale, utile per la preparazione ad affrontare le emergenze, basato sull'esperienza maturata, con particolare riferimento alle strategie da adottare.

L'attività svolta dal ISOE (Information System on Occupational Exposure) non presenta particolari novità. Continua, infatti, la raccolta di dati di dose collettiva comunicati da diversi impianti nucleari nel mondo. I risultati sono riportati nei documenti annuali ISOE in termini di dose collettiva espressa in man-Sv/y e sul sito web http://www.isoe-network.net/, mentre i dati non aggregati sono accessibili solo a istituzioni autorizzate (ISPRA e SOGIN in Italia), ovvero vigilanti ed esercenti degli impianti.

Il gruppo EGOE (Expert Group on Occupational Exposure) ha portato avanti l'implementazione del principio di ottimizzazione ALARA sulla base delle nuove indicazioni ICRP, considerando soprattutto il concetto di vincolo di dose. Il relativo rapporto è ancora in forma di bozza e sarà accompagnato da un questionario relativo all'effettivo uso dei vincoli, da sottoporre a tutti gli interessati attraverso il CRPPH.

NEA, IAEA e il gruppo EGIR (Expert Group on the Implications of ICRP Recommendation) hanno presentato lo stato di avanzamento dei lavori di revisione delle BSS IAEA ver. 3.0. Il documento dovrebbe essere pronto entro la fine dell'anno.

L'attività del gruppo EGBAT (Expert Group on Best Available Techniques) è concentrata sull'organizzazione di un prossimo workshop sul tema "Best Available Techniques for Discharge Abatement from New Nuclear Power Plant Build (Effluent Management for New Build)".

Il gruppo EGRPE (Expert Group on the Radiological Protection of the Environment) ha presentato un questionario in via di preparazione da sottoporre ai membri del CRPPH su temi della protezione dell'ambiente.

Per l'EGQHR (Expert Group on Qualified Human Resources) è stata presentata essenzialmente una proposta di programma di lavoro avente la finalità di individuare i modi per reperire le necessarie risorse qualificate. Tra gli altri la formazione a livello internazionale è un punto critico ed è fondamentale per il nostro Paese in particolare.

5

ICRP - International Commission on Radiological Protection

5.1 Obiettivo

ICRP è stata istituita nel 1928 come organizzazione internazionale indipendente. Il lavoro della Commissione in materia di protezione dagli effetti delle radiazioni ionizzanti ha come scopo la prevenzione dei tumori e delle altre patologie associate e, più in generale, degli effetti nocivi connessi al loro impiego, oltre che la protezione dell'ambiente.

5.2 Struttura

L'ICRP è composta da una Commissione principale, da una Segretariato scientifico, da 5 Commissioni, ognuna specifica per un dato settore, e da una serie di Task Group e Working Parties.

Il Segretariato Scientifico e le Commissioni lavorano insieme per dirigere, organizzare e supervisionare il lavoro di IRCP, i cui report sono approvati dalla Commissione principale prima della relativa pubblicazione.

Le Commissioni, inoltre, informano la Commissione principale sulle loro aeree di competenza (*Effetti delle radiazioni, Dosimetria, Aspetti medicali, Applicazioni delle radiazioni e protezione dell'Ambiente*) e coordinano il lavoro dei Task Group, avendo un ruolo importante nell'assicurare lo standard qualitativo dei report ICRP. Infatti ciascun Task Group è responsabile generalmente della redazione di uno specifico report di ICRP ed è composto da membri della Commissione e da altri esperti del settore, in cui il Task Group è chiamato a contribuire.

Le Working Parties sono di norma formate da membri della Commissione e istituite per studiare specifici argomenti che possono trasformarsi in Task Group, qualora il lavoro svolto sia idoneo a trasformarsi in una pubblicazione ICRP.

5.3 Aree di attività

L'attività principale di ICRP consiste nel preparare raccomandazioni, infatti dal 1928 ha predisposto, mantenuto ed aggiornato il Sistema internazionale di Protezione radiologica, usato nel mondo come base comune per standard di protezione radiologica, legislazione, linee guida, programmi e pratiche.

Inoltre ICRP è dedita alla pubblicazione di report su tutti gli aspetti della protezione radiologica e ad offrire pareri alle autorità di regolamentazione e consulenza a chi ha responsabilità nel settore della protezione radiologica.

5.4 Ruolo di IRP in ICRP nel 2010

Gianfranco Gualdrini è impegnato nei lavori del gruppo DOCAL (Dosimetric Calculation). L'attuale lavoro del gruppo verte sulla necessità di una revisione dei coefficienti di dose..

5.4.1 Stato dell'arte

A seguito della Pubblicazione di ICRP 103, il Comitato 2 ICRP ha ricevuto l'incarico di valutare i nuovi coefficienti di dose, di rivedere i dati di decadimento dei radionuclidi, di proporre nuovi modelli anatomici e mettere a punto modelli biocinetici aggiornati (pubblicazione 107 sui dati di decadimento e software associato, pubblicazione 110 sui fantocci voxel di riferimento).

I più importanti recenti obiettivi sono:

1. Pubblicazione 107 sui dati di decadimento radioattivo e and software associato;
2. Pubblicazione 110 sui nuovi fantocci voxel di riferimento.

Inoltre ICRP task 2 collabora con altri task ICRP: C1 Task Group on Cancer Risk from Alpha Particles (Harrison/FM and Paquet/FM), C2 Task Group on Stem Cells (Harrison/FM), C3 Task Group on Radiopharmaceuticals (Nosske/FM and Bolch/CM) e C5 Task Group on Realistic Dosimetry Models for Non-Human Species (Bolch/CM).

5.4.2 Risultati

DOCAL External Dosimetry Subgroup: è iniziata la revisione di ICRP 74; è stato fornito supporto *all'ICRP Task Groups on space dosimetry and aircrew exposures*.

L'attuale discussione verte su una accurata indagine sui coefficienti di dose all'organo, confronto con le quantità operazionali, una speciale considerazione per la dose al cristallino e alle dosi fotoniche e neutroniche allo scheletro. Nonostante il generale buon accordo dei dati ottenuti con codici differenti, restano, tuttavia, alcune discrepanze da studiare.

Contemporaneamente l'ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements) ha iniziato una revisione delle grandezze di riferimento, in particolare, l'ICRU Report Committee 26 sta aggiornando le definizioni delle quantità operazionali per l'esposizione esterna (**www.icru.org**). Tale lavoro potrà avere un'influenza diretta sulle tecniche di misura e le modalità di taratura della strumentazione per radioprotezione.

Le due iniziative dovranno perciò essere mantenute in stretto contatto e informazioni aggiornate sul lavoro del gruppo DOCAL possono essere reperite direttamente dal sito web: **www.icrp.org**

PARTE III – Ricerca, sviluppo e formazione

1

Valutazione dell'efficienza al variare della quantità di matrice depositata sul piattello a conteggio beta totale

Salvatore Zicari, Nicola Silvestri, Francesco Salfi, Paolo Battisti

1.1 Premessa

La misura dell'attività alfa e beta totale è una delle tecniche più diffusamente impiegate in radioprotezione, in particolare per una determinazione non selettiva del tenore di radioattività in matrici ambientali. Nell'applicazione di questa tecnica uno dei punti più critici è costituito dall'effetto di variazione del parametro "efficienza di conteggio" al variare della quantità di matrice sottoposta a conteggio, causato dall'auto-assorbimento della radiazione nel campione. Scopo del lavoro è l'analisi di tale effetto nel conteggio dell'attività beta totale effettuata utilizzando un contatore proporzionale a flusso di gas tipo Berthold LB 770, contatore a basso fondo con dieci postazioni indipendenti di misura (vedi fig. 1) in dotazione al Laboratorio IRP MIR sede Trisaia [1].

1.2 Preparazione delle sorgenti di taratura e relativa misura di conteggio

Per affrontare questo studio è stata utilizzata una sorgente beta costituita da cloruro di potassio (CARLO ERBA RPE, CAS-N 7447-40-7, P.M. = 74.555 g/mol) la cui radioattività è determinata dalla composizione isotopica del potassio naturale costituita da 3 isotopi fra i quali, con percentuale in massa del 0.0118%, il ^{40}K, beta emettitore puro (energia max 1311 keV) con attività specifica pari a 2.645E+05 Bq/g [2]. Considerando il peso atomico rispettivamente del Potassio, 39.098 g/mol e del Cloro, 35.453 g/mol, nonché l'attività specifica del potassio naturale (31.2 Bq/g), si ricava che l'attività specifica della sorgente è pari a 16.36 Bq/g.

Per la preparazione dei campioni di taratura si è innanzitutto essiccato un quantitativo di circa 10 g di KCl in stufa ad una temperatura di circa 115°C per una notte, poi macinato finemente, allo scopo di poter realizzare una distribuzione omogenea sugli appositi piattelli di conteggio in acciaio inox. Si è quindi proceduto ad effettuare, mediante bilancia analitica, 20 deposizioni su altrettanti piattelli, come riportato in Tab. 1; dieci dei venti piattelli preparati sono riportati in fig. 2, da cui si possono notare le variazioni di intensità di bianco, ad indicare il quantitativo di KCl depositato.

Tabella 1. Quantitativi (mg) di KCl depositati sui 20 piattelli preparati

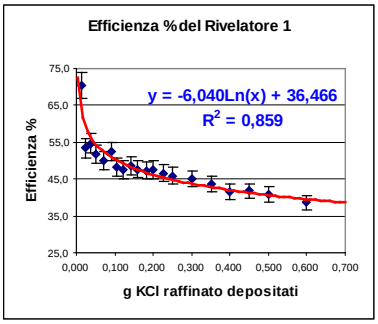
Piattello	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
KCl (mg)	13	24	38	52	72	92	105	121	141	160	183	201	225	250	300	350	400	450	500	600

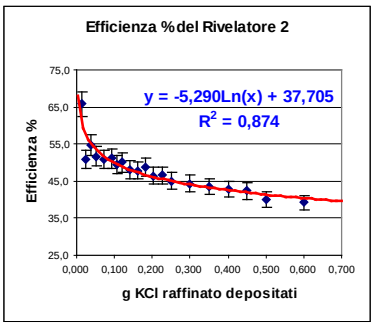
Figura 1. Berthold LB 770

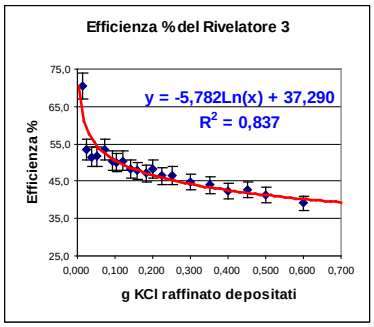
Figura 2. Piattelli preparati con differenti quantità di KCl

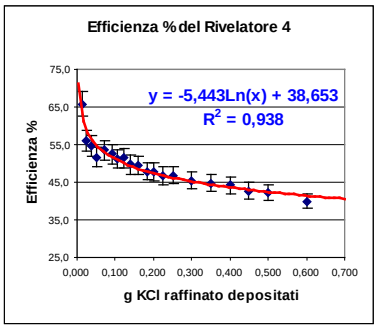
Prima di effettuare il conteggio delle sorgenti, si è proceduto ad effettuare un conteggio del fondo strumentale per 3600 secondi, utilizzando dei piattelli "vergini", opportunamente sgrassati. Quindi, registrato tale fondo nel protocollo di misura da usare, si è proceduto a effettuare la misura di conteggio dei vari piattelli di KCl precedentemente preparati; ogni piattello è stato misurato per un tempo di conteggio di 3600 secondi per ogni rivelatore. I risultati ottenuti hanno un'incertezza di

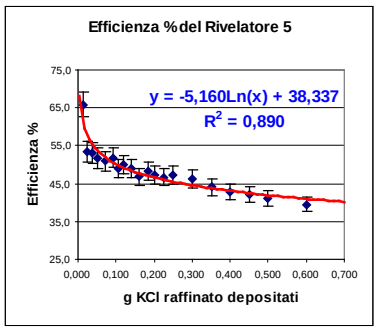
conteggio che varia dal 3.5% per i piattelli con i quantitativi minimi di KCl depositato a valori inferiori all'1% per i piattelli con i quantitativi massimi di KCl depositato. Tali risultati, in cps (colpi al secondo registrati), rapportati con i Bq teorici depositati su ogni piattello, sono stati riportati in grafico per ogni rivelatore.

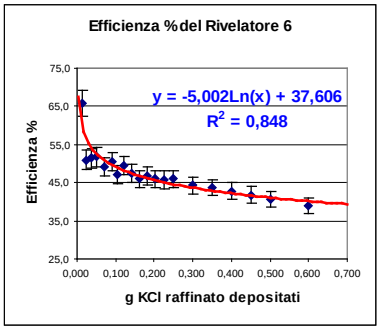


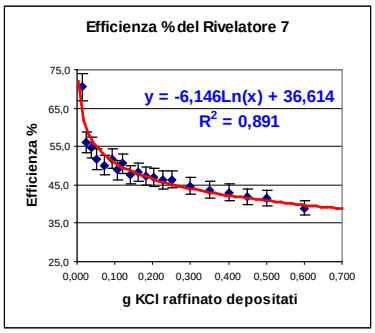


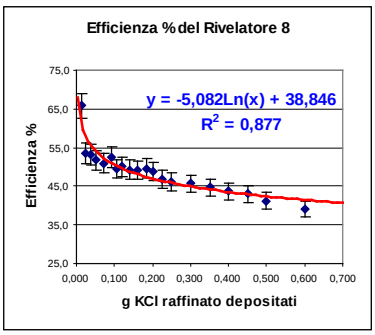


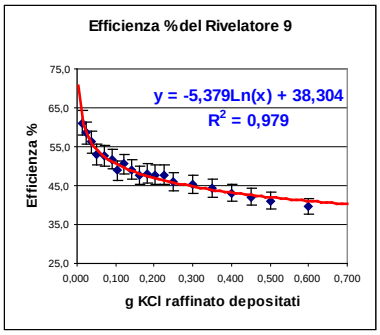


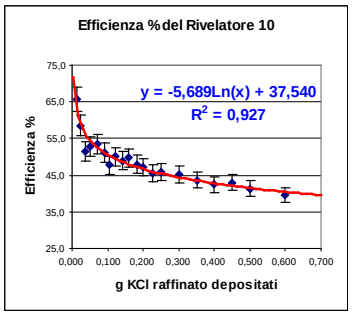












1.3 Conclusioni

A parte qualche valore "outlayer", ottenuto per quantità minime di KCl depositato (valori affetti da elevata incertezza dovuta essenzialmente alla quantità di KCl effettivamente depositata e alla sua non omogenea distribuzione), dai grafici risulta che, per ogni rivelatore, l'efficienza beta diminuisce all'aumentare del quantitativo di KCl, con un andamento ben rappresentabile da una funzione logaritmica. Alla specifica distanza sorgente-rivelatore adottata, il parametro passa da valori attorno al 65% per piccoli quantitativi depositati sul piattello, a valori inferiori al 40% per grandi quantitativi depositati, con un valore di escursione massima compreso fra il 20 ed il 25%. Dall'analisi dei grafici è altresì evidente la variazione del valore di efficienza fra le diverse postazioni di conteggio a parità di massa di campione depositato, il che testimonia l'importanza di determinare ed utilizzare la specifica curva di taratura per ogni singola postazione di conteggio.

[1] 2008 Berthold Technologies GmbH & Co. KG.

[2] LNE-LNBH/CEA – Table de Radionucléides

2

Sviluppi di radioprotezione per acceleratori di fasci di neutri

Marco D'Arienzo, Giuseppe Ottaviano, Sandro Sandri

2.1 Premessa

Nel 2010, per il progetto NBTF (Neutral Beam Test Facility) del Consorzio RFX di Padova, relativo all'impianto di sperimentazione dei dispositivi NBI (Neutral Beam Injector) per ITER, sono continuati gli sviluppi di radioprotezione finalizzati in particolare alla richiesta di autorizzazione all'esercizio di una parte dell'impianto.

2.2 Attività svolta

L'attività svolta può essere riassunta nei seguenti punti:

1. Analisi dei risultati e preparazione del Rapporto di Sicurezza Radiologica per la richiesta di autorizzazione all'esercizio della macchina SPIDER (Source for Production of Ion of Deuterium Extracted from RF Plasma)
2. Studio dei termini sorgente e delle emissioni presso l'impianto MITICA (Megavolt ITER Injector Concept Advanced)
3. Supporto negli studi per la tolleranza di componenti elettronici ai campi di fotoni e neutroni

L'aspetto di originalità principale ha riguardato la progettazione di cavedi e penetrazioni nelle pareti dei bunker. A causa delle ampie dimensioni necessarie per questi passaggi da praticare negli schermi protettivi è stato necessario considerare percorsi articolati su distanze contenute e prevedere l'impiego di materiali e soluzioni innovativi. Nel merito sono stati impiegati codici di calcolo basati su metodo Monte Carlo e si è fatto riferimento a dati sperimentali reperiti in letteratura.

2.3 Conclusioni

Gli sviluppi e gli studi condotti hanno consentito di completare la documentazione tecnica necessaria per presentare la richiesta di nulla osta alla costruzione e all'esercizio per l'impianto SPIDER. Sono stati inoltre presentati lavori in convegni a carattere internazionale con la pubblicazione agli atti dei convegni stessi [1-2] e sono stati accettati articoli su riviste scientifiche relativi a due degli studi condotti in questo ambito [3-4].

[1] S. Sandri, A. Coniglio, A. Daniele, M. D'Arienzo, M. Pillon, C. Poggi, "Special shielding solutions for the ITER neutral beam test facility", Proceedings of Third European IRPA Congress 2010 June 14-16, Helsinki, Finland

[2] M. D'Arienzo, S. Sandri, F. Fellin, A. Daniele, L. Di Pace, A. Coniglio, "Assessment of Radiation Dose Rate Resulting from Activated Corrosion Products in the PRIMA Facility Cooling Loops", Proceeding of 26th Symposium on Fusion Technology (SOFT), 27 Sep. – 1 Oct. 2010, Porto, Portugal

[3] S. Sandri, M. D'Arienzo, A. Daniele, A. Coniglio, L. Di Pace, M. Pillon, "Personnel Dose Assessment at the PRIMA Neutral Beam Test Facility", Proceeding of the 19th Topical Meeting on the Technology of Fusion Energy (TOFE-19), 8-11 Nov. 2010, in via di pubblicazione su Fusion Science and Technology (FS&T).

[4] M. D'Arienzo, F. Borgognoni, A. Coniglio, A. Daniele, S. Sandri, S. Tosti, "Radiation dose due to tritium release from the ITER neutral beam injector", Fusion Engineering and Design, 85 (2010) 2288–2291, Dec. 2010

3

Sviluppi di radioprotezione per l'acceleratore del progetto TOP-IMPLART

Giuseppe Ottaviano, Carlo Poggi, Sandro Sandri

3.1 Premessa

L'attività condotta da IRP-FUAC nell'ambito del progetto TOP-IMPLART è proseguita nel 2010 per consentire la messa a punto di modifiche urgenti alla struttura esistente a Frascati e per valutare le esigenze schermati in vista dei successivi sviluppi, legati principalmente all'energia massima dell'acceleratore in progetto.

Il lavoro si inquadra nell'impegno che ENEA sta portando avanti da alcuni anni per sviluppare un apparato per protonterapia, denominato appunto TOP-IMPLART, basato sullo sviluppo di un acceleratore lineare ad alta frequenza. L'attività è svolta in collaborazione con l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e prevede la messa a punto di un prototipo presso il Centro ENEA di Frascati e la successiva installazione dell'impianto operativo presso la struttura ospedaliera IFO di Roma.

3.2 Attività svolta

L'attività svolta può essere riassunta nei seguenti punti:

1. Analisi della proposta di progetto per la modifica dell'impianto esistente a Frascati con la finalità di consentire l'esercizio di un acceleratore per protoni con energia fino a circa 18 MeV con minime esigenze autorizzative
2. Sviluppo di un progetto di radioprotezione per la modifica possibile nell'ambito delle autorizzazioni già in possesso della struttura
3. Realizzazione e verifica preliminare di un modello di calcolo per la valutazione degli sviluppi futuri inerenti la struttura schermante che dovrà ospitare il prototipo da provare presso il Centro ENEA di Frascati.

L'aspetto di originalità principale ha riguardato lo studio delle modifiche possibili per la realizzazione di una macchina di caratteristiche superiori senza che fosse necessario richiedere ulteriori autorizzazioni. Il nuovo progetto è stato sottoposto alle autorità preposte (tra le quali l'ISPRA) in via formale con i necessari allegati tecnici preparati a cura di ricercatori di IRP-FUAC.

3.3 Conclusioni

Gli studi condotti hanno consentito di completare la documentazione tecnica necessaria per dimostrare la compatibilità delle modifiche da apportare all'acceleratore con i presidi di radioprotezione e con le autorizzazioni già esistenti. Parti del lavoro sviluppato sono state presentate in convegni dei quali uno a carattere internazionale [1] e uno nazionale [2], con la pubblicazione agli atti dei convegni stessi.

[1] S. Sandri, M. Benassi, G. Ottaviano, L. Picardi, L. Strigari, "Neutron field analysis for a proton therapy installation", Proceedings of Third European IRPA Congress 2010 June 14-16, Helsinki, Finland

[2] S. Sandri, M. Benassi, G. Ottaviano, L. Picardi, L. Strigari, A. Morgia, "Analisi Del Campo Neutronico Generato Da Un Linac Per Protonterapia", Atti del Convegno Nazionale di Radioprotezione 2010 dell'AIRP, 15-17 Dic. 2010

4

Una coppia integrata di modelli antropomorfi per studi dosimetrici

Paolo Ferrari

4.1 Premessa

ICRP e ICRU forniscono dei coefficienti di conversione, stimati attraverso modelli numerici antropomorfi che rappresentano l'individuo di riferimento, che consentono di valutare la dose assorbita all'individuo attraverso la stima delle grandezze di campo quali il kerma in aria o la fluenza di particelle. La ricostruzione della dose assorbita nelle applicazioni mediche, o per particolari scenari di irraggiamento, necessita valutazioni *ad hoc* attraverso fantocci plastici in grado di riprodurre opportunamente le condizioni di esposizione. Il presente lavoro di ricerca ha permesso di stimare coefficienti di conversione per campi di fotoni e neutroni con il codice Monte Carlo MCNPX applicato a un nuovo modello computazionale (NUDEL) creato partendo dalle immagini TC di un modello plastico antropomorfo simulante un individuo adulto (AMOS).

4.2 Attività svolta

Il modello antropomorfo AMOS è costituito da materiale plastico, scheletro incluso, e contiene gli organi principali del torace e del bacino, costituiti da sacche plastiche riempibili con acqua. Il fantoccio è stato sottoposto a scan CT (**Fig.1**) e il set di immagini prodotto è stato elaborato con programmi *home-made* in C. Una procedura automatizzata di segmentazione ha consentito di generare il nuovo modello NUDEL per il codice di calcolo MCNPX (**Fig.2**). La coppia di modelli è stata validata attraverso l'irraggiamento di AMOS e la corrispettiva simulazione con MCNPX e NUDEL. Ciò ha permesso di valutare l'accuratezza dei coefficienti di conversione successivamente valutati con NUDEL. Dosimetri TLD (LiF:Mg,Cu,P) sono stati caratterizzati singolarmente e dosimetricamente, per confronto con camera a i onizzazione. Utilizzati all'interno di AMOS, hanno permesso di stimare la dose in campi fotonici. Per i campi neutronici sono stati impiegati rivelatori a tracce PADC (CR-39) per la determinazione della "componente" spettrale veloce (E > 250 keV). Nelle simulazioni del campo neutronico, per tener conto della componente diffusa dalle pareti, è stata simulata l'intera sala d'irraggiamento. Nella seconda parte del lavoro il modello numerico così validato è stato utilizzato per la stima della dose agli organi in condizioni di irraggiamento standardizzate (radiazione monoenergetica, campo allineato ed espanso).

Fig.1 La parte superiore di AMOS sul lettino della TC

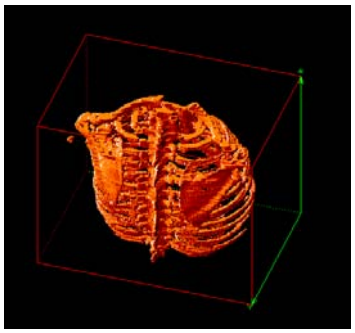


Fig.2 Dettaglio della gabbia toracica del modello numerico NUDEL (visualizzato con IDL)

4.3 Conclusioni

I coefficienti di conversione ottenuti con NUDEL sono stati confrontati con quelli presenti in letteratura e calcolati con modelli antropomorfi standard di tipo *voxel*. Il buon a ccordo trovato dimostra la possibilità dell'impiego della coppia AMOS + NUDEL per valutazioni dosimetriche sulla popolazione [1].

[1] P. Ferrari *"Development of an integrated couple of anthropomorphic models for dosimetric studies"* Radiation Protection Dosimetry, Volume 142, 2010, 191-200

5

Studio della rete di sorveglianza ambientale del Centro Ricerche di Casaccia

Nadia di Marco, Giorgia Iurlaro, Elvio Soldano

5.1 Premessa

La Rete di Sorveglianza Ambientale strutturata presso il C.R. Casaccia ha come obiettivi principali controllare le concentrazioni di radioelementi nelle matrici ambientali, evidenziando eventuali fenomeni di accumulo, fornire le misure necessarie per la valutazione della dose alla popolazione derivante da radionuclidi presenti in matrici ambientali e alimentari e costituire la base di dati per una corretta informazione alle istituzioni e alla popolazione. E' stato eseguito uno studio compartivo documenti di riferimento disponibili, cercando di rendere complete e aggiornate tutte le informazioni necessarie per l'attuazione della Rete di Sorveglianza Ambientale.

5.2 Documentazione di Riferimento

- " Procedura Operativa della Rete di Sorveglianza Ambientale del C.R.E. Casaccia", Casaccia, 10/ 1983 (Doc SorvAmb 1983)
- Prot. N. 02427 del 02/11/1984 " Sorveglianza Ambientale – RC-1 e TAPIRO", Casaccia, 09/1984; dalla Direzione C.S:N: Casaccia, F. Fioroni, a DISP-ARA-SCA , Dr. Giancarlo Boeri – (Doc RC-1/Tapiro 1984);
- Prot. N. 02427 del 02/11/1984 " Sorveglianza Ambientale – Impianto Plutonio", Casaccia, 07/1984; dalla Direzione C.S:N: Casaccia, Furio Fioroni, a DISP-ARA-SCA , Dott. Giancarlo Boeri – (Doc. Plutonio 1984);
- Rapporto Annuale 1985 sulla Radioattività in Italia Vol. II- Reti Locali- (Doc DISP-ARA/1/89);
- ENEA RTI BAS-ION IRP (2009)4 "Rapporto Annuale sulla Radioattività ambientale del Centro Ricerche Casaccia Anno 2008", R.Stefanoni, E.Borra – (Doc Rapp2008).
- ENEA RTI IRP 2010(2) "Rapporto Annuale sulla Radioattività ambientale del Centro Ricerche Casaccia Anno 2008", G.Iurlaro, E.Borra.

Tabella 1: Estratto della tabella "Frequenza dei campionamenti "per la matrice aria.

Matrice	Doc SorvAmb 1983	Doc RC-1/Tapiro	Doc Plutonio	Doc DISP-ARA/1/89	Doc Rapp- 2008	2010
Aria-Irraggiamento	20 punti - 45/90giorni	14 punti - 45/90giorni	14 punti - 45/90giorni	20 punti - 45/90giorni	25 stazioni - 45/90giorni	25 stazioni 45/90giorni
Aria - Particolato Atmosferico	3 punti di prelievo: Pozzo B, Nucleco, Osteria Nuova – Giornaliera (Almeno ogni 72 ore)	3 punti di prelievo: Pozzo B, Nucleco, Osteria Nuova – Giornaliera (Almeno ogni 72 ore)	3 punti di prelievo: Pozzo B, Nucleco, Osteria Nuova – Giornaliera (Almeno ogni 72 ore)	3 punti di prelievo: Pozzo B, Nucleco, Osteria Nuova - Giornaliera	3 punti di prelievo: Capanna, Nucleco, Osteria Nuova - Giornaliera	3 punti di prelievo: Capanna, Nucleco, Osteria Nuova- Giornaliera

5.3 Conclusioni

Lo studio della Rete di Sorveglianza Ambientale si è basato sulla comparazione dei vari documenti tecnici allo scopo di verificare le modalità di campionamento, le frequenze di prelievo, le modalità di trattamento del campione e delle misure richieste al variare delle matrici di riferimento. Le matrici attualmente analizzate sono aria, acqua di falda e acqua di superficie, acqua potabile, sedimenti fluviali, terreni, foraggi, vegetali, cereali e latte.

Tutte le informazioni elaborate per lo studio possono essere la base per un futuro aggiornamento della rete insieme ai suggerimenti tecnici e pratici per rendere più attuale la rete stessa, cercando di creare un sistema di monitoraggio efficiente e flessibile in funzione delle variazioni che negli anni si sono susseguite nel territorio limitrofo al C.R. Casaccia

6

Corso di formazione/aggiornamento per l'attuazione del piano di emergenza del Centro Ricerche di Casaccia

G. Antonacci, D.Baiano, E. Borra, N.Di Marco, G.Iurlaro, E.Soldano, L.Sperandio

6.1 Premessa

In accordo con quanto previsto dai regolamenti di esercizio degli impianto nucleari presenti nel CR Casaccia gli esercenti debbono garantire l'applicazione del Piano di Emergenza Esterna redatto dalla Prefettura di Roma. Il Laboratorio di Sorveglianza Fisica ed Ambientale dell'Istituto di Radioprotezione fornisce il supporto necessario alla gestione dell'emergenza attraverso la formazione e l'addestramento di personale reperibile appartenente alle Squadre Radiometriche, al Laboratorio di Radiochimica, al Laboratorio di misura della radioattività, al Centro di Coordinamento Radiometrico.

6.2 Aggiornamento delle procedure di emergenza

Allo scopo di ottimizzare le modalità di intervento per gli operatori delle squadre radiometriche sono state acquisite e memorizzate le coordinate geografiche dei punti di controllo previsti nel Piano di Emergenza Esterna di Centro con l'ausilio di navigatori satellitari che dal 2010 hanno integrato la dotazione delle vetture di emergenza.

Presso il Centro di Coordinamento Radiometrico sono stati realizzati nuovi fogli di calcolo, aggiornati per l'elaborazione delle misure acquisite in campo con la diversa strumentazione in dotazione alla Squadre Radiometriche, ed è stata predisposta una nuova modulistica di trasmissione alla Direzione dell'Emergenza.

Per completare l'aggiornamento delle squadre radiometriche è stata diffusa una nuova versione del manuale delle "Procedure interne per l'attuazione del Piano di Emergenza del C.R. Casaccia".

Figura 1: Misura di contaminazione superficiale .

Figura 2: Misura di equivalente di dose ambientale.

6.3 Attività di formazione e gestione dell'emergenza

Durante l'anno 2010 è stato attuato un programma di incontri periodici mirati alla formazione/aggiornamento del personale in turno di reperibilità, proseguendo l'attività di formazione ed addestramento iniziata nel corso del 2009.

Gli incontri hanno riguardato una parte teorica, dedicata anche alla normativa, e diverse prove pratiche in particolare:

- dimostrazione e prova di vestizione e svestizione con gli indumenti di protezione individuale da impiegare in situazioni di emergenza;
- impiego della strumentazione di emergenza in dotazione alla Squadre Radiometriche per misure in campo della contaminazione α, B–γ e dell'equivalente di dose ambientale;
- raccolta di campioni ambientali quali aria, terreno, vegetali;
- acquisizione dati con il sistema di spettrometria gamma per le misure immediate di campioni raccolti in emergenza;

E'stato fornito il supporto a tutto il personale che opera all'interno della Sala Emergenza per gli aspetti legati alla stima in tempi rapidi delle conseguenze radiologiche di un incidente/anomalia su un impianto nucleare.

6.4 Conclusioni

Il laboratorio di Sorveglianza Fisica e Ambientale applica nella formazione continua del personale e nello sviluppo delle metodiche di misura gli standard nazionali ed internazionali garantendo una pronta risposta nelle situazioni di emergenza nucleare e/o radiologica.

PARTE IV – Le commesse esterne

1

Caratterizzazione radiometrica dell'area marino costiera prospiciente il S.I.N. di GELA: partecipazione ENEA IRP

Paolo Battisti

1.1 Introduzione

A seguito delle numerose 'conferenze dei servizi' istruttorie per il Sito di Interesse Nazionale (S.I.N) di Gela convocate dal Ministero dell'Ambiente a partire dal gennaio 2000, era emersa la necessità d'integrare con un'indagine radiometrica le attività di caratterizzazione dell'area marina prospiciente il sito, già pianificata dall'ICRAM (Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare), in ragione della presenza in loco di impianti industriali, ora inattivi, per la produzione di fertilizzanti fosfatici con impiego di fosforiti, materiali che, come noto, possono contenere elevate concentrazioni di radionuclidi naturali (NORM) sia della catena dell'uranio che del torio. Scopo dell'indagine doveva essere la verifica dell'eventuale contaminazione da NORM determinata dello sversamento in mare dei residui della lavorazione (in particolare fosfogessi), protrattosi per oltre un decennio a decorrere dai primi anni '80, al fine di supportare il processo decisionale circa le successive azioni di rimedio da mettere in atto per la bonifica del sito stesso.

Su mandato del Ministero dell'Ambiente, nel corso del 2006 ISPRA (al tempo APAT) redige il "piano aggiuntivo di caratterizzazione radiometrica" in cui sono dettagliatamente indicate le matrici ambientali su cui effettuare le indagini, schema e modalità di campionamento, tipologie di radionuclidi da investigare per ciascuna matrice e tecniche analitiche da applicare. Tale piano, che ha poi costituito il documento per la definizione delle specifiche della prevista gara pubblica d'appalto per fornitura di servizi (esecuzione operativa del piano stesso), prescrive altresì una procedura di verifica da parte di ISPRA dell'idoneità del Laboratorio incaricato dell'effettuazione delle analisi radiometriche attraverso il superamento di specifiche prove preliminari di interconfronto ed una validazione per comparazione dei dati forniti mediante misura in doppio del 10% del totale dei campioni da analizzare.

Nel Luglio 2009 viene stipulato il contratto di subappalto per l'effettuazione delle analisi radiometriche previste nelle specifiche di gara fra la ditta GOLDER Associates srl, membro della Associazione Temporanea d'Impresa aggiudicataria della fornitura, ed ENEA - Istituto di Radioprotezione. Per espressa dichiarazione di GOLDER, l'individuazione del Laboratorio si era concretizzata a seguito di un'approfondita indagine fra i diversi soggetti italiani operanti nel campo della misura della radioattività da cui era emerso come ENEA - IRP costituisse il solo eventuale partner presente sul territorio nazionale che, per ampiezza di competenze e potenzialità di misura, fosse realisticamente in grado di affrontare un impegno di tale portata nel rispetto dei vincoli contrattuali e con le dovute garanzie di affidabilità.

Fra ottobre e dicembre 2009 hanno luogo con esito positivo le prove di verifica "con performance test" organizzate da ISPRA, in qualità di autorità vigilante, sui Laboratori ENEA IRP di Casaccia, Saluggia e Trisaia incaricati dell'effettuazione delle analisi. In data 9 febbraio 2010, con la ricezione in Casaccia del primo set di campioni, si dà ufficialmente inizio alle attività che si concludono in data 2 dicembre 2010 con l'invio a GOLDER degli ultimi referti di misura, ciò nel pieno rispetto dei termini contrattuali che fissavano in 300 giorni il tempo utile per la consegna da parte ENEA di tutti i dati analitici richiesti (complessivamente 515 determinazioni del contenuto di radioattività su 232 campioni di diversa natura).

1.2 Il piano di caratterizzazione radiometrica del S.I.N. di Gela.

Nella Tabella seguente (Tabella 1) viene sinteticamente presentato lo schema operativo del piano di caratterizzazione radiometrica indicandone: matrici ambientali selezionate, tipologia di radionuclidi da investigare e numero di campioni da analizzare, nonché metodi di misura e relativi valori di minima attività rivelabile (MDA) rispettivamente suggeriti da ISPRA ed effettivamente applicati (metodi) o ottenuti sperimentalmente (MDA) da IRP.

Tabella 1. Schema operativo del piano di caratterizzazione radiometrica del SIN di Gela

Matrice	Radionulcidi da ricercare	N° campioni analizzati	Metodo indicato da ISPRA	MDA (Bq/kg) o (Bq/L)	Metodo impiegato da IRP	MDA[(a)] (Bq/kg) o (Bq/L)
Biota 1 (pesci)	Po-210	12	Spettrometria α	1	Spettrometria α	< 0.3
	Pb-210	12	Conteggio β	1	Conteggio β	< 0.8
Biota 2 (mitili)	Po-210	10	Spettrometria a	1	Spettrometria a	< 0.3
	Pb-210	10	Conteggio β	1	Conteggio β	< 0.8
Sedimento marino	Po-210	98	Spettrometria α	2	Spettrometria α	< 0.3
	Pb-210	98	Conteggio beta	2	Conteggio β	< 0.8
	Ra-226	40	Spettrometria α	2	Scintillazione liquida	< 2
	U-238	40	Spettrometria α	3	ICP-MS	< 1
	U-235	40	Spettrometria α	0.5	ICP-MS	< 0.3
	U-234	40	Spettrometria α	3	ICP-MS	< 1
	complesso γ[(b)]	61	Spettrometria γ	1-10	Spettrometria γ	0.5 - 8
Arenile	Po-210	21	Spettrometria α	2	Spettrometria α	< 0.3
	Pb-210	21	Conteggio beta	2	Conteggio β	< 0.8
	Ra-226	21	Spettrometria α	2	Scintillazione liquida	< 2
	U-238	21	Spettrometria α	3	ICP-MS	< 1
	U-235	21	Spettrometria α	0.5	ICP-MS	< 0.3
	U-234	21	Spettrometria α	3	ICP-MS	< 1
	complesso γ[(b)]	14	Spettrometria γ	1-10	Spettrometria γ	0.3 - 8
Acqua mare (radionuclidi in soluzione)	Po-210	8	Spettrometria α	0.0001	Spettrometria α	< 0.3
	Pb-210	8	Conteggio beta	0.0001	Conteggio β	< 0.8
	Ra-226	8	Spettrometria α	0.001	Scintillazione liquida	< 0.001
	U-238	8	Spettrometria α	0.001	ICP-MS	< 0.00003
	U-235	8	Spettrometria α	0.0001	ICP-MS	< 0.00002
	U-234	8	Spettrometria α	0.001	ICP-MS	< 0.003
Acqua mare (particolato)	Po-210	8	Spettrometria α	2	Spettrometria α	< 0.02
	Pb-210	8	Conteggio beta	2	Conteggio β	< 0.3
	Ra-226	8	Spettrometria α	2	Scintillazione liquida	< 0.01

[(a)] Ove preceduto dal simbolo "<", il valore indicato deve essere inteso come MDA massima ottenuta sperimentalmente per il radionuclide in questione (la non unicità di tale dato è determinata dalla variabilità della resa chimica ottenuta dal pretrattamento dei diversi campioni della stessa matrice). Per la sola spettrometria gamma viene invece indicato il range di valori in cui sono comprese le MDA sperimentalmente ottenute per i diversi radionuclidi inclusi nel 'complesso γ' (vedi nota c)

[(b)] Lista radionuclidi inclusi nel complesso γ: K-40, Cs-137, Pb-210, Pb-212, Bi-212, Pb-214, Bi-214, Ra-226, Ac-228, Pa-234m, Th-234

Considerando congiuntamente le diverse matrici, in totale il piano prevedeva dunque:

- 147 determinazioni del contenuto di Po-210
- 147 determinazioni del contenuto di Pb-210
- 77 determinazioni del contenuto di Ra-226
- 75 determinazioni del complesso gamma emettitori
- 69 determinazione del contenuto di isotopi naturali dell'Uranio (U-238, U-235, U-234)

Per dare un'idea della mole di lavoro sottintesa da questo elenco e quanto i vincoli temporali imposti dal contratto per il completamento delle attività risultassero oggettivamente stringenti, si ricorda che, fatta eccezione per la spettrometria gamma, tutte le altre tipologie di analisi prevedono un complesso e specifico pretrattamento fisico-chimico e radiochimico del campione, con tempi di esecuzione anche di alcuni giorni; per il conseguimento del dato finale di attività (concentrazione) a ciò va aggiunto l'eventuale tempo di giacenza del campione necessario quando la tecnica applicata richiede la stabilirsi dello stato di equilibrio in attività fra radionuclide investigato e radionuclide figlio effettivamente misurato (equilibrio in circa 30 giorni fra Pb-210 e Bi-210, in circa 20 giorni fra Ra-226 e Rn-222), nonché durata dei conteggi, talora necessariamente prolungati al fine di raggiungere i valori di MDA richiesti (per il Po-210 circa 4 giorni).

Va peraltro sottolineato come impegno del personale e tempi di completamento dell'analisi siano risultati tutt'altro che trascurabili anche nell'effettuazione delle determinazioni mediante spettrometria gamma, tenuto conto del pretrattamento fisico non banale (essiccazione, macinazione, setacciatura) resosi necessario per l'omogeneizzazione anche granulometrica di campioni come sedimenti e arenili, della necessita di realizzare una sigillatura a tenuta di Rn-222 del contenitore di misura (beker di Marinelli) per la misurazione in equilibrio di attività fra Ra-226, Pb-214 e Bi-214, dei tempi di giacenza per il conseguimento di tale equilibrio (20 giorni), nonché della necessità di adottare una conteggio di durata tale (260000 s) da permettere un'analisi spettrale accurata anche per basse concentrazioni di attività nel campione, in specie di radionuclidi naturali sempre presenti nel fondo ambiente.

1.3 Procedure e tecniche analitiche messe a punto ed utilizzate da IRP

Uno dei punti preliminarmente affrontati da IRP per l'accettazione della proposta GOLDER è stata l'individuazione e la messa a punto di procedure analitiche che consentissero di rispondere pienamente alle specifiche di gara. Sebbene tutte le tecniche di misura indicate dal piano redatto da ISPRA fossero note e già utilizzate presso i Laboratori IRP, come già accennato si poneva comunque un serio problema di fattibilità in ragione della tempistica imposta (300 giorni per la consegna dell'intero set di dati richiesti) a fronte di un così consistente numero di campioni e della complessità delle analisi da mettere in atto, sia in termini di esecuzione che di impegno del personale. A ciò si aggiunga che l'esperienza maturata da IRP per alcune tecniche analitiche verteva più su altre tipologie di matrici ed era quindi necessario valutarne l'applicabilità ai casi specifici, in particolare per quanto concerneva la parte di pretrattamento chimico-fisico del campione, ed eventualmente proporre soluzioni alternative che garantissero medesima affidabilità e sensibilità di rivelazione delle tecniche indicate da ISPRA

Come desumibile da Tabella 1, le principali modifiche attuate da IRP in riferimento ai metodi di misura hanno investito la determinazione per via radiochimica dell'attività del Ra-226 e degli isotopi naturali dell'Uranio, radionuclidi per i quali dal suggerito impiego della spettrometria alfa si è passati a tecniche basate rispettivamente sul conteggio in scintillazione liquida dei radionuclidi alfa emettitori a breve vita prodotti dal decadimento del Ra-226 e sulla spettrometria di massa a plasma induttivamente accoppiato (ICP-MS).

Entrambe le tecniche, così come la gran parte delle metodologie di analisi radiochimica, ivi comprese quelle per la determinazione del Po-210 e del Pb-210, prevedono innanzitutto che il campione, se non già tale, venga trattato in modo da passare in forma liquida (soluzione); al fine di garantire il recupero totale (100%) dell'analita investigato, questo passaggio viene in genere attuato mediante procedura di dissoluzione totale (fusione alcalina, attacchi acidi più o meno complessi) che, in matrici ad elevata insolubilità quali terreni, sedimenti o sabbie, può tuttavia presentare due ordini di problemi: tempi lunghi di esecuzione e quantità di campione trattabile in ciascuna manipolazione talmente esigua da risultare sufficiente per una sola determinazione e tale da porre peraltro non trascurabili problemi di rappresentatività.

L'adozione delle tecniche di dissoluzione totale, se facilmente perseguibile per i campioni di biota e per quelli di particolato in acqua di mare, risultava dunque assolutamente non praticabile per i campioni di sedimento e arenile (totale di 360 determinazioni per via radiochimica fra Po-210, Pb-210, Ra-226 e isotopi naturali dell'Uranio), motivo per il quale si è deciso di testare la possibilità di

effettuare l'estrazione dei radionuclidi da tali matrici attraverso procedura di lisciviazione da effettuare in un'unica soluzione su una quantità di campione sufficiente all'esecuzione di tutte le analisi previste. A tal fine sono state eseguite numerose serie di prove sperimentali su campioni appositamente prelevati dal sito di Gela[3] volte ad ottimizzare la procedura e valutarne la resa di estrazione attraverso comparazione dei dati di concentrazione dei radionuclidi di interesse ottenuti su ciascun campione mediante:

- analisi radiochimica previo trattamento di lisciviazione
- analisi radiochimica previo trattamento di dissoluzione per fusione alcalina
- spettrometria gamma tal quale (non idonea per il solo Po-210)

Sulla base delle diverse soluzioni testate, la procedura di lisciviazione definitivamente adottata si articola nei seguenti step:

- prelievo di 8 g campione da riporre in pallone sferico per distillazione
- addizione di: HNO_3 8M in quantità necessaria (200 ml), traccianti di resa e carrier opportuni in relazione alle determinazioni previste
- utilizzando manto riscaldante con colonna refrigerante "a ricadere", portare il tutto a stato di ebollizione da mantenere per 5 ore
- dopo raffreddamento, filtrazione su carta Whatman n°41
- suddivisione della soluzione filtrata così ottenuta in quote opportune in funzione delle determinazioni da effettuare
- pesatura del residuo e sua conservazione per eventuali verifiche.

In Tabella 2 son presentati i valori di resa di estrazione ottenuti applicando la procedura di lisciviazione testé descritta e poi utilizzati nelle analisi, distinguendo fra matrici a contenuto prevalente di silicati (la gran parte dei sedimenti e tutti i campioni di arenile) e di materiali argillosi (alcuni campioni di sedimento).

Tabella 2. Rese di lisciviazione sui campioni di sedimento e arenile per i radionuclidi di interesse

Tipologia di matrice:	N° campioni utilizzati per i test	Resa lisciviazione Pb-210	Resa lisciviazione Po-210	Resa lisciviazione Ra-226	Resa lisciviazione Isotopi Uranio
sabbie silicee Gela	5	84% (S = 8%)	85% (S = 6%)	62% (S = 8%)	51% (S = 7%)
sedimenti argillosi Gela	3	90% (S = 5%)	92% (S = 7%)	65% (S = 7%)	66% (S = 6%)

Tenuto conto della entità e della variabilità dei valori di densità caratterizzante i campioni da sottoporre a spettrometria gamma (sedimenti e arenili con densità compresa fra 1.3 g/cm^3 e 1.8 g/cm^3), un'ulteriore questione affrontata è stata la valutazione della correzione per auto assorbimento da apportare al dato di efficienza di rivelazione gamma (riferimento di taratura: densità 1 g/cm^3). A tale scopo si è adottato una procedura basata sull'applicazione del metodo analitico di Sima[4] per la geometria di misura adottata (Marinelli da 500 ml) previa determinazione sperimentale dei coefficienti di assorbimento lineare dei fotoni a diverse energie di emissione per le matrici in esame. Non essendo praticamente possibile ripetere tale determinazione per ogni singola misura, le prove sperimentali sono state programmate per ricavare curve di andamento del fattore di correzione in funzione dell'energia per valori discreti di densità nel range di interesse (da 1.3 g/cm^3 a 1.8 g/cm^3 con passo 0.5 g/cm^3), applicando poi, in fase di analisi spettrometrica, la curva più appropriata ad ogni specifico campione.

[3] In ragione della stretta dipendenza del dato di estrazione per lisciviazione dalla costituzione chimico-fisica della matrice, l'impiego di materiali di riferimento certificati in prove di questo tipo di fatto sarebbe risultata di scarso significato .

[4] ***O. Sima***, *Photon attenaution for samples in Marinelli beaker geometry: an analytical computation*, ***Health Physics***, ***62***, ***445***–449 (***1992***).

In sintesi vengono di seguito riportate le metodologie di analisi e misura definitivamente adottate da IRP per i diversi radionuclidi ed le diverse matrici oggetto dell'indagine

1.3.1 Spettrometria gamma (solo sedimenti e arenili)

Misurazione: spettrometria gamma con rivelatore HPGe tipo n effettuata in geometria beker di Marinelli da 500 ml dopo tempo necessario per equilibrio Ra-226 con figli gamma emettitori a breve vita (Pb-214, Bi-214). In fase di analisi spettrale applicata correzione per auto assorbimento ed effetto somma

Preparazione: trattamento fisico di essicazione, frantumazione, setacciamento (diametro $\Phi <$ 2 mm) e omogeneizzazione del campione; sigillatura Marinelli per contenimento Rn-222.

1.3.2 Analisi radiochimica per la determinazione degli isotopi naturali dell'uranio

Misurazione: spettrometria di massa tipo ICP

Preparazione campione: lisciviazione (sedimenti e arenili)/dissoluzione totale (particolato)/desalinizzazione (acqua di mare) seguita da semplice diluizione (concentrazione sali < 1mg/mL).

1.3.5 Analisi radiochimica per la determinazione del Ra-226

Misurazione: conteggio in scintillazione liquida dell'attività alfa totale di Rn-222, Po-218 e Po-214 in equilibrio con Ra-226 previa diffusione in idoneo cocktail scintillante del solo Rn-222.

Preparazione campione: lisciviazione (sedimenti e arenili)/dissoluzione totale (particolato)/desalinizzazione (acqua di mare) seguita da condizionamento pH e aggiunta di idoneo cocktail scintillante

1.3.4 Analisi radiochimica per la determinazione del Po-210

Misurazione : conteggio in spettrometria alfa e determinazione dell'attività di Po-210 per confronto conteggi nelle ROI di Po-210 e Po-209 (attività nota). Determinazione resa chimica non strettamente necessaria

Preparazione campione: lisciviazione (sedimenti e arenili)/liofilizzazione (biota) e dissoluzione totale (biota e particolato)/desalinizzazione (acqua di mare) seguita da aggiunta tracciante di resa (Po-209), trattamento chimico ed estrazione per deposizione spontanea su disco di argento

1.3.5 Analisi radiochimica per la determinazione del Pb-210

Misurazione : conteggio dell'attività beta totale del Bi-210 in equilibrio con Pb-210 previa filtrazione delle emissioni beta del Pb-210 mediante interposizione di strato assorbente di alluminio di spessore massico pari a 7 mg/cm^2. Determinazione della resa chimica con pesatura.

Preparazione campione: lisciviazione (sedimenti e arenili)/ liofilizzazione (biota) e dissoluzione totale (biota e particolato)/desalinizzazione (acqua di mare) seguita da aggiunta tracciante di resa (Pb stabile), estrazione cromatografica e deposizione su piattello.

1.4 Espletamento delle attività

Come da programmazione, l'espletamento delle attività è stato ripartito fra i laboratori IRP di Casaccia, Saluggia e Trisaia in ragione delle specifiche competenze e potenzialità; specificatamente:

Laboratorio IRP MIR Casaccia:

- Pretrattamento fisico e determinazione via analisi radiochimica di Po-210 e Pb-210 in campioni di biota
- Pretrattamento fisico e determinazione via analisi radiochimica di Po-210, Pb-210 e Ra-226 in campioni di particolato
- Determinazione via analisi radiochimica di Po-210, Pb-210, Ra-226 e isotopi dell'Uranio in campioni di sedimenti e arenili

- Determinazione via analisi radiochimica di Ra-226 e isotopi dell'Uranio disciolti in campioni acqua di mare

Laboratorio IRP MIR Saluggia:
- Effettuazione misure di spettrometria gamma su campioni di sedimento e arenile
- Pretrattamento e determinazione via analisi radiochimica di Po-210 e Pb-210 disciolti in campioni di acqua di mare
- Pretrattamento acqua di mare per determinazione del Ra-226 e degli isotopi dell'Uranio

Laboratorio IRP MIR Trisaia:
- Catalogazione, caratterizzazione (tipologia e densità), pretrattamento fisico dei campioni di sedimento e arenile (sia per analisi radiochimica che per spettrometria gamma)
- Preparazione campioni in beker di Marinelli per spettrometria gamma
- Effettuazione misure di spettrometria gamma su campioni di sedimento e arenile

In tale ambito non deve peraltro essere trascurata la grande mole di lavoro svolta in sinergia fra i tre Laboratori per studio, messa a punto e verifica dei metodi e delle procedure poi utilizzate in fase operativa.

1.5 Conclusioni

Considerando la "dimensione" e la difficoltà dell'impegno assunto, soprattutto in relazione alla disponibilità di risorse umane ed i numerosi altri compiti contemporaneamente assolti, l'eccellente riscontro ottenuto nella partecipazione all'intervento di caratterizzazione radiometrica dell'area marino costiera prospiciente il S.I.N. di GELA ha rappresentato per i Laboratori ENEA IRP il superamento di un vero e proprio "stress test" che ha investito il sistema in tutti i suoi aspetti, da quelli più propriamente tecnico operativi a quelli gestionali.

Dal punto di vista programmatico e di prospettiva, l'ampliamento delle competenze e delle capacità di intervento che ne sono derivate ha peraltro costituito un valore aggiunto di importanza non inferiore allo stesso ritorno economico e d'immagine ottenuto con l'espletamento delle attività nel pieno rispetto degli impegni contrattuali, il tutto corroborato dagli ottimi risultati conseguiti in termini di qualità ed affidabilità del dato di misura fornito, sia nell'ambito delle prove preliminari di interconfronto che nelle validazione conclusiva effettuata da ISPRA mediante comparazione degli esiti delle misure in doppio sul 10% dei campioni investigati.

In conclusione tale partecipazione può essere sicuramente annoverata fra le imprese di maggior portata e successo portate a compimento dai Laboratori IRP negli ultimi anni, un ulteriore, significativo tassello verso l'obiettivo di riaffermare quel ruolo di riferimento nazionale nel campo della misura della radioattività per scopi radioprotezionistici che ENEA fin dalla sua costituzione aveva sempre ricoperto

2

Attività di misure e controlli di radioprotezione per NUCLECO Spa

Paolo Battisti

2.1 Introduzione

La commessa esterna attivata con la NUCLECO Spa consiste nella fornitura di una serie di prestazioni inerenti:

- la dosimetria interna (effettuazione controlli di contaminazione interna mediante misure in vivo ed in vitro)
- la dosimetria personale esterna (noleggio e lettura di dosimetri personali)
- la dosimetria da esposizione al radon (noleggio e lettura di dispositivi e rivelatori per la determinazione della concentrazione di radon negli ambienti di lavoro)
- la caratterizzazione radiologica di matrici di varia natura

Tale commessa ha validità annuale e comprende oltre 1500 misurazioni radiometriche e di monitoraggio individuale (*in vivo* e *in vitro*) oltre alla fornitura di circa 2000 dosimetri di varia natura. La commessa coinvolge 3 laboratori, IRP-MIR, IRP-DOS, IRP-SFA, e il responsabile del contratto è il Dott. Paolo Battisti, responsabile di IRP-MIR.

L'entità della commessa è significativa e copre oltre la metà dell'intero fatturato annuo dell'istituto relativamente al servizio per conto terzi, in particolare per le attività di IRP-MIR (dosimetria interna e misure radiometriche).

2.2 Attività svolte

2.2.1 Controlli di contaminazione interna (Laboratorio IRP-MIR)

Nel 2010 sono state effettuate 574 misure *in vivo* e 1028 misure *in vitro* su campioni biologici così suddivise:

in vivo

- 224 polmonari a bassa energia
- 322 al corpo intero ad alta energia
- 28 tiroidee per I-125

in vitro

- 29 determinazioni Am-241 e/o isotopi del Pu (Pu-239/240, Pu-238) nelle urine
- 44 determinazioni Am-241 e/o isotopi del Pu (Pu-239/240, Pu-238) nelle feci
- 579 determinazioni H-3 e/o C-14 nelle urine
- 249 determinazioni attività beta totale nelle urine
- 127 determinazioni isotopi dell'uranio nelle urine

2.2.2 Servizio dosimetria personale esterna e Servizio Radon (Laboratorio IRP-DOS)

Per la dosimetria personale esterna sono stati forniti 1948 dispositivi dosimetrici per radiazione X, gamma e neutronica e, in particolare, 976 dosimetri a corpo intero X-gamma, 248 dosimetri a corpo intero per neutroni veloci, 480 dosimetri a corpo intero n-gamma e 244 dosimetri per estremità X-gamma e beta di alta energia.

Inoltre, per il controllo della concentrazione di radon negli ambienti di lavoro, sono stati forniti 4 dispositivi supportati con 16 rivelatori a tracce.

2.2.3 Caratterizzazione radiologica di campioni di varia natura (Laboratori IRP-MIR e IRP-SFA)

Sono inoltre state eseguite 135 analisi per la caratterizzazione radiologica di campioni così suddivise:

- 20 determinazioni attività alfa emettitori in campione metallico assimilabile a rifiuto radioattivo;
- 32 determinazioni alfa emettitori in campione non metallico assimilabile a rifiuto radioattivo;
- 26 determinazioni mediante scintillazione liquida dell'attività di Pu-241 in un campione liquido;
- 26 determinazioni attività di Sr-90 in un campione metallico assimilabile a rifiuto radioattivo;
- 26 determinazioni mediante ICPMS contenuto Pu-239 in campione non metallico assimilabile a rifiuto radioattivo;
- 5 spettrometrie gamma con trattamento chimico-fisico su campione assimilabile a rifiuto radioattivo.

3

Attività di misure e controlli di radioprotezione per SOGIN Spa

Paolo Battisti

3.1 Introduzione

La commessa esterna attivata con la SOGIN Spa consiste nella fornitura di una serie di prestazioni inerenti:

- la dosimetria interna (effettuazione controlli di contaminazione interna mediante misure in vivo ed *in vitro*)
- la dosimetria personale esterna (noleggio e lettura di dosimetri personali)
- la caratterizzazione radiologica di matrici di varia natura

Tale commessa ha validità annuale e comprende circa 600 misurazioni radiometriche e di monitoraggio individuale (*in vivo* e *in vitro*) oltre alla fornitura di oltre 2600 dosimetri di varia natura. La commessa coinvolge 3 laboratori, IRP-MIR, IRP-DOS, IRP-SFA.

L'entità della commessa è importante e copre circa il 15% dell'intero fatturato annuo dell'istituto relativamente al servizio per conto terzi.

3.2 Attività svolte

3.2.1 Controlli di contaminazione interna (Laboratorio IRP-MIR)

Nel 2010 sono state effettuate 262 misure *in vivo* e 295 misure *in vitro* su campioni biologici così suddivise:

- 159 misure in vivo polmonari a bassa energia
- 103 misure in vivo al corpo intero ad alta energia
- 98 determinazioni dell'attività beta totale nelle urine
- 70 determinazioni degli isotopi dell'uranio nelle urine
- 127 misure determinazioni dell'attività alfa o beta totale in campioni di muco nasale

3.2.2 Servizio dosimetria personale esterna (Laboratorio IRP-DOS)

Per la dosimetria personale esterna sono stati forniti 2638 dispositivi dosimetrici per radiazione X, gamma e neutronica e, in particolare, 1949 dosimetri a corpo intero X-gamma, 92 dosimetri a corpo intero per neutroni veloci, 180 dosimetri a corpo intero n-gamma e 337 dosimetri per estremità X-gamma e beta di alta energia.

3.2.3 Caratterizzazione radiologica di campioni di varia natura (Laboratori IRP-MIR e IRP-SFA)

Sono inoltre state eseguite 22 caratterizzazioni radiologiche di campioni abiotici ambientali inerenti la determinazione del contenuto di Pu-239/240, Pu-238, Am-241 e Cm-244

4

Commessa FUS/EURATOM

Sandro Sandri

4.1 Descrizione sintetica

La commessa interna in oggetto consiste nello svolgimento delle azioni dell'Istituto di Radioprotezione e soprattutto di IRP-FUAC per la sorveglianza fisica, ambientale e dosimetrica per conto dell'esercente ENEA UT-FUS presso il Centro di Frascati.

4.2 Premessa

In considerazione delle specifiche attività in programma negli impianti e laboratori FUS l'obiettivo della radioprotezione è di offrire capacità di intervento al massimo di efficienza ed aggiornamento ottimizzando nel contempo l'utilizzo delle risorse umane e delle capacità professionali.

I programmi di messa a punto di metodi e di rinnovo sono attuati con soluzioni omogenee per i vari laboratori ed impianti in modo da permettere al personale di operare facilmente anche in caso di punte di lavoro o di situazioni anomale.

Allo scopo di svolgere con la necessaria competenza le attività specifiche è programmato un continuo aggiornamento ed una sistematica verifica internazionale dei risultati e dei metodi adottati

4.3 Attività di radioprotezione nel 2010

Lo svolgimento delle attività oggetto della commessa è stato assicurato attraverso la fornitura della funzione di Esperto Qualificato ricoperta da personale con alta competenza professionale e grado necessario di iscrizione nell'elenco nominativo presso il Ministero del Lavoro.

La gestione dell'archivio dosimetrico, in riferimento agli obblighi di tenuta della documentazione sia degli esercenti/datori di lavoro che degli esperti qualificati, è stata svolta con l'impiego di sistemi informatici sviluppati presso il laboratorio IRP-FUAC.

L'attività di sorveglianza di radioprotezione sugli impianti ha comportato lo svolgimento di circa 1000 misure sugli impianti UT FUS e circa 100 controlli relativi alla strumentazione fissa. Sono state fornite inoltre almeno 2000 letture dosimetriche complessive con il contributo rilevante del laboratorio IRP-DOS

4.4 Impegno in risorse umane

L'impegno, in termini di risorse umane, dedicato nel 2010 alle attività per la commessa interna è quantificabile in 2 uomini anno, con coinvolgimento principale del personale del laboratorio IRP-FUAC e per un 10% del personale degli altri laboratori IRP.

PARTE V – Attività di qualificazione

1

Interconfronto PROCORAD 2010

Paolo Battisti

Organizzatore

PROCORAD® è una società privata francese istituita allo scopo di promuovere la qualità delle misure nell'ambito della radiotossicologia.

Breve descrizione e scopo della prova

L'interconfronto, di periodicità annuale, propone una serie di esercizi diversificati inerenti la misura del contenuto di varie tipologie di radionuclidi in campioni di urina e feci, consentendo l'applicazione delle principali metodologie di analisi comunemente utilizzate in radiotossicologia.
All'interconfronto 2010 hanno complessivamente aderito 73 laboratori di 20 Paesi, di cui 60 provenienti dall'Europa (6 dall'Italia, di cui 4 IRP), 5 dall'America del Nord, 4 dall'America del Sud e 4 dall'Asia.

Specifiche del test

Interconfronto PROCORAD 2010: descrizione sintetica degli esercizi proposti e partecipazione

Ex.	Tipologia campione	N° campioni	Radionuclide di cui determinare il contenuto	Tot. Partecipanti adesione	Tot. Partecipanti risposte	Laboratori IRP partecipanti
1	urina	6	trizio inorganico	44	43	Casaccia, Frascati, Saluggia
		1	trizio organico	19	17	
2	urina	5	carbonio (^{14}C)	30	29	Casaccia
3	urina	3	Emettitori X-gamma	44	39	Casaccia, Saluggia, Trisaia
4	urina	3	stronzio (^{90}Sr)	28	25	Casaccia, Saluggia
5	urina	3	Uranio (^{238}U, ^{235}U, ^{234}U)	40	35	Casaccia
6	urina	1	polonio (^{210}Po)	22	18	Casaccia, Saluggia
7	urina	3	attinidi	38	37	Casaccia, Saluggia
8	feci	3	attinidi	34	33	Casaccia, Saluggia
9	sol. stand.	1	plutonio (^{239}Pu)	38	37	Casaccia, Saluggia

Risultati

Nelle tabelle seguenti sono riportati in termini di BIAS (scarto relativo fra valore misurato e valore certificato) gli esiti forniti dai 3 Laboratori IRP-MIR e d al Laboratorio IRP FUAC (Frascati) agli esercizi PROCORAD 2010 cui hanno partecipato

Esercizio N°1 (determinazione contenuto di ^{3}H in 6 campioni di urina)

Lab IRP	^{3}H SampleA Blank(*)	^{3}H Sample B BIAS(%)	^{3}H Sample C BIAS(%)	^{3}H Sample D BIAS(%)	^{3}H Sample E BIAS(%)	^{3}H SampleF_1 BIAS(%)	^{3}H SampleF_2 BIAS(%)	^{3}H Sample F_3 BIAS(%)
Casaccia	3.5	-1.8	-0.1	-3.9	0.9	-3.4	9.4	3.5
Frascati	-9.6	-23.2	-26.4	-14.2	Ne	Ne	Ne	-9.6
Saluggia	2.8	-4.8	15.3	-11.2	Ne	Ne	Ne	2.8

Esercizio N°2 (determinazione contenuto di ^{14}C in 4 campioni di urina + determinazione ^{14}C e ^{3}H in 1 campione di urina)

Lab. IRP	^{14}C sampleA BIAS(%)	^{14}C sampleB Blank	^{14}C sampleC BIAS(%)	^{14}C sampleD BIAS(%)	^{14}C sampleE BIAS(%)	^{3}H sampleE BIAS(%)
Casaccia	-4.5	NR	-4.8	-5.4	-4.8	-7.4
Frascati	3.2	NR	-6.0	30.8	Ne	Ne
Saluggia	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne

(NR = nessun radionuclide rivelato, Ne = determinazione non effettuata)

Esercizio N°3 (determinazione contenuto di radionuclidi γ-emettitori in 3 campioni di urina)

Lab. IRP	sample A	sample B BIAS (%)				sample C BIAS (%)				sample X BIAS (%)		
	Blank	^{125}I	^{129}I	^{152}Eu	^{137}Cs	^{125}I	^{57}Co	^{137}Cs	^{22}Na	^{125}I	^{152}Eu	^{57}Co
Casaccia	NR	-8.1	-4.9	-13.9	4.9	-1□6	-1.5	2.9	-12.3	1.5	-20.0	2.3
Saluggia	NR	-20.3	-26.0	-8.8	-4.3	-17.1	-0.4	-3.5	-6.4	2.5	-3.1	2.1
Trisaia	NR	-6.1	-10.7	-14.1	0.9	-10.3	-5.4	-3.7	-11.5	-1.5	-0.4	10.0

Esercizio N°4 (determinazione ^{90}Sr in 3 campioni di urina), **N°5** (determinazione Uranio in 3 campioni di urina) e **N°6** (determinazione ^{210}Po in 3 campioni di urina)

Lab IRP	^{90}Sr BIAS (%) sample			Uranio sample A BIAS (%)				Uranio sample B BIAS (%)			Uranio sample C BIAS (%)		^{210}Po sampleA BIAS (%)
	A	B	C	^{234}U	^{235}U	^{238}U	U_{totale}	^{234}U	^{235}U	^{238}U	U_{totale}	Blank	^{210}Po
Casaccia	NR	-0.8	1.3	2.5	2.0	1.9	3.0	0.5	16.7	-0.5	0.0	NR	-1.8
Saluggia	NR	-12.7	-3.6	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	14.8

Esercizio N°7 (determinazione attinidi in 3 campioni di urina), **N°8** (determinazione attinidi in 3 campioni di feci) e **N°9** (determinazione attività soluzione standard di ^{239}Pu)

Lab. IRP	Urine sample A BIAS (%)		Urine sample C BIAS (%)			Urine sample B	Feci sample B BIAS (%)		Feci sample C BIAS (%)	Feci sample A	Sol. Stand.
	^{239}Pu	^{241}Am	^{239}Pu	^{241}Am	^{230}Th	Blank	^{239}Pu	^{244}Cm	^{244}Cm	Blank	^{239}Pu
Casaccia	-10.4	10.2	-3.8	5.1	-15.4	NR	-6.7	-6.3	3.2	NR	-8.8
Saluggia	-3.8	22.2	-1.9	34.7	Ne	NR	7.4	5.0	-8.7	NR	5.4

(NR = nessun radionuclide rivelato, Ne = determinazione non effettuata)

Conclusioni	Da un'analisi sintetica dei risultati effettuata sulla base del criterio di accettabilità del dato di misura proposto dall'ISO (BIAS compreso nell'intervallo [-25%,+50%]), si rileva la piena conformità degli esiti della totalità delle misure eseguite da tutti i Laboratori fatta eccezione per 2 soli dati (Esercizio 1 determinazione ^{3}H per Frascati ed Esercizio 3 determinazione ^{129}I per Saluggia). Al di là di qualche risultato isolato, sono da segnalare le ottime performance dimostrate dai Laboratori IRP nella determinazione degli isotopi del Plutonio e Curio in urine e feci e nella misura degli isotopi dell'Uranio, di stronzio (^{90}Sr), trizio e carbonio (^{14}C) nelle urine. Di converso si rileva, pur in un quadro di accettabilità dei risultati, la necessità, già riscontrata in passato, di affinamento dei metodi per la determinazione del ^{241}Am nelle urine per IRP-MIR Saluggia, un evidente errore sistematico nella determinazione del trizio per IRP-FUAC Frascati e, più limitatamente, per IRP-MIR Casaccia nella determinazione degli isotopi gamma emettitori fortemente soggetti ad effetto somma (^{152}Eu) nonché per IRP-MIR Saluggia in quelli ad emissione X-gamma a b assissima energia (^{125}I, ^{129}I). In generale, come già da diversi anni, anche in questo interconfronto PROCORAD 2010 i risultati ottenuti dai Laboratori IRP sono da considerarsi ampiamente soddisfacenti. A testimonianza di ciò si sottolineano per altro le menzioni di merito (Gruppo TOP Lab) inviate da PROCORAD al Laboratorio Casaccia per le determinazioni di ^{90}Sr, ^{210}Po ed isotopi dell'Uranio.

2

Interconfronto ALMERA 2010

Paolo Battisti, Giorgia Iurlaro

Organizzatore	ALMERA (Analytical Laboratorirs for the Measurement of Environmental Radioactivity) è un network di Laboratori istituito nel 1995 dalla IAEA come supporto alle attività dell'Agenzia stessa nel campo della radioprotezione e della valutazione di impatto radiologico in aree colpite da eventi incidentali o dolosi con rilascio di radioattività nell'ambiente.
Breve descrizione e scopo della prova	Obiettivo di ALMERA è mantenere efficiente un gruppo di laboratori di misura in grado di: • fornire estesa copertura e capacità di risposta in caso di emergenza radiologica; • sviluppare metodi radiochimici e radioanalitici rapidi ed affidabili; • compilare linee guida per i Laboratori degli Stati Membri; costituire un riferimento affidabile per le Istituzioni governative dei diversi Paesi; • addestrare personale scientifico degli Stati Membri; • partecipare alla certificazione dei materiali di riferimento IAEA ed ai progetti internazionali nel campo del monitoraggio della Radioattività. AMERA organizza periodicamente dei "proficiency test" per le diverse tipologie di analisi i cui esiti determinano la "accettabilità" di ciascun membro nella particolare prestazione.
Specifiche del test	Il World Wide proficiency test IAEA-CU-2010-03 e il proficiency test ALMERA IAEA-CU-2010-04 del 2010 consistevano nella determinazione di radionuclidi naturali in acqua e di Ra-226 nel terreno. Per il proficiency test ALMERA IAEA-CU-2010-04 era prevista la misura rapida del conteggio alfa-beta totale di due campioni di acqua da effettuare in due giorni lavorativi. Nella seguente tabella sono riportati i dettagli dell'esercizio proposto per i due proficiency test:

Tabella 1 : Dettagli degli esercizi proposti negli interconfronti IAEA 2010.

Matrice	N° campioni	Radionuclidi da misurare	Laboratori IRP partecipanti
acqua	6	Ra-226, U-234, U-238	Casaccia, Trisaia, Saluggia
acqua	4	Conteggio alfa-beta totale	Casaccia, Trisaia, Saluggia
terreno	2	Ra-226	Casaccia, Trisaia, Saluggia

Risultati di ENEA-IRP

Basandosi su un'esperienza di più di 40 anni di studi di interconfronti la IAEA valuta separatamente la veridicità e precisione dei risultati delle misure.
Per la veridicità del valore ai partecipanti si associa "Acceptable" se A1≤A2 e Rel.Bias≤50%.

$$A1 = \left|Value_{IAEA} - Value_{Lab}\right| \quad A2 = 2.58 \times \sqrt{u^2{}_{target} + u^2{}_{reported}} \quad .$$

Per valutare la precisione il parametro P è calcolato per ogni partecipante come segue:

$$P = \sqrt{\left(\frac{u_{target}}{Value_{target}}\right)^2 + \left(\frac{u_{reported}}{Value_{reported}}\right)^2} \times 100\%$$

tale valore dipende dall'incertezza della misura indicata dai partecipanti.

Il limite di accettabilità per la precisione (LAP) per ogni valore è definito dalla IAEA in apposite tabelle. Il risultato è "Acceptable" per la precisione se P≤LAP.
Nella valutazione finale si combinano i punteggi per verità e precisione. I risultati ottengono un punteggio finale "Acceptable" o "Not Acceptable" se i due punteggi contemporaneamente hanno dato esito positivo o negativo; se al contrario veridicità e precisione non coincidono si effettua un ulteriore test per definite un punteggio "Warning" o "Not Acceptable".

Nelle tabelle sono riportati gli esiti dell'interconfronto ALMERA per i 3 Laboratori IRP, distinti per campione e interconfronto IAEA-CU-2010-03 e IAEA-CU-2010-04. Il campione di acqua IAEA n°1 non era tracciato e tutti i valori sono stati inferiori alla minima concentrazione rilevabile con le metodiche impiegate.

Conclusioni

I test garantiscono a tutti i laboratori la possibilità di verificare le performance complessive al variare della matrice e dei radionuclidi da individuare. L'analisi dei risultati mostra un'ottima conformità degli esiti della totalità delle misure eseguite ai valori IAEA dei campioni, dimostrando la capacità di eseguire corrette determinazioni di radionuclidi naturali in acqua e di Ra-226 nel terreno presso tutti i laboratori IRP.

Tabella 2 : Esito delle determinazioni effettuate sul campione di acqua IAEA N°02.

Sample 2	**Laboratorio Casaccia**						**Laboratorio Trisaia**					
IAEA-CU-2010-	03	04	03	04	03	04	03	04	03	04	03	04
Analyte	Trueness		Precision		Final Score		Trueness		Precision		Final Score	
Ra-226	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
U-234	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
U-238	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Tabella 3 : Esito delle determinazioni effettuate sul campione di acqua IAEA N°03.

Sample 3	**Laboratorio Casaccia**						**Laboratorio Trisaia**					
IAEA-CU-2010-	03	04	03	04	03	04	03	04	03	04	03	04
Analyte	Trueness		Precision		Final Score		Trueness		Precision		Final Score	
Ra-226	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
U-234	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
U-238	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Tabella 4 : Esito delle determinazioni effettuate sul campione di acqua IAEA N°04.

Sample 4	**Laboratorio Casaccia**		**Laboratorio Saluggia**		**Laboratorio Trisaia**	
IAEA-CU-2010-	03	04	03	04	03	04
Analyte	Final Score	Final Score	Final Score	Final Score	Final Score	Final Score
Gross_Alpha	A	A	A	A	A	A
Gross-Beta	A	A	A	A	A	A

Tabella 5 : Esito delle determinazioni effettuate sul campione di acqua IAEA N°05.

Sample 5	**Laboratorio Casaccia**		**Laboratorio Saluggia**		**Laboratorio Trisaia**	
IAEA-CU-2010-	03	04	03	04	03	04
Analyte	Final Score	Final Score	Final Score	Final Score	Final Score	Final Score
Gross_Alpha	A	A	A	A	A	A
Gross-Beta	A	A	W	W	A	A

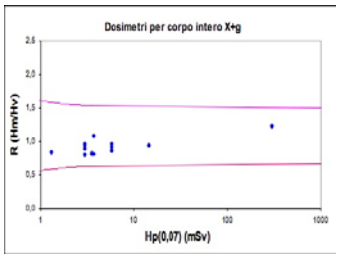
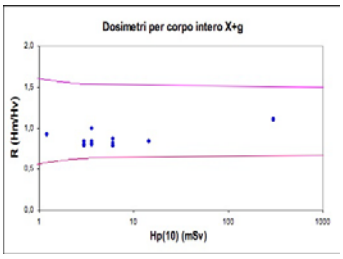
Tabella 6 : Esito delle determinazioni effettuate sul campione di terreno IAEA N°06.

Sample 6	**Laboratorio Casaccia**						**Laboratorio Saluggia**						**Laboratorio Trisaia**					
IAEA-CU-2010-	03	04	03	04	03	04	03	04	03	04	03	04	03	04	03	04	03	04
Analyte	Trueness		Precision		Final Score		Trueness		Precision		Final Score		Trueness		Precision		Final Score	
Ra-226	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

3

Interconfronto EURADOS 2010 per fotoni

B. Morelli, F. Mariotti, M. C. Botta, G. Baldassarre, G. Uleri

Organizzatore	EURADOS è un'organizzazione scientifica fondata nel 1981 con l'obiettivo di promuovere l'armonizzazione e lo sviluppo nella ricerca nel campo della dosimetria delle radiazioni ionizzanti nell'Unione Europea.
Breve descrizione e scopo della prova	L'interconfronto EURADOS 2010 (IC2010) si pone l'obiettivo di stimare l'Equivalente di Dose Personale Hp(10) e Hp(0,07) con dosimetri per corpo intero per fotoni, nel monitoraggio di routine dei lavoratori esposti. Hanno partecipato all'interconfronto 70 istituti di ricerca per un totale di 85 sistemi dosimetrici sottoposti a test. L'interconfronto ha avuto inizio nel maggio 2010 e si è concluso nel gennaio 2011 con la presentazione dei risultati e la consegna dei "Certificati di Partecipazione" nel corso dell'Annual Meeting 2011 (AM2011, 7-11 febbraio 2011- Praga).
Specifiche del test	L'Interconfronto si è articolato nel modo seguente: E' stato richiesto ai partecipanti l'invio di 1 set di 26 dosimetri per corpo intero per fotoni costituito da: 20 dosimetri da utilizzare per l'irraggiamento, 4 per il controllo delle dosi di trasporto e 2 dosimetri di scorta. Gli irraggiamenti sono stati effettuati in termini delle grandezze operative Hp(10) e Hp(0,07) nelle facility di irraggiamento dei laboratori del PTP (Physikalisch-Technischer Prufdienst - A) nei seguenti range: - energia: da 30 keV a 1,3 MeV; - dose: da 0,2 mSv a 1 Sv; - angoli di incidenza ± 60°. I dosimetri irraggiati sono stati restituiti ai partecipanti per le letture nel novembre 2010, successivamente comunicati ed elaborati dall'Organisation Group nel dicembre 2010.
Risultati	 
Conclusioni	I risultati ottenuti hanno confermato l'affidabilità dei dosimetri per corpo intero in uso presso il Servizio Dosimetrico IRP per la dosimetria individuale per fotoni, mostrando la piena conformità degli esiti di tutte le misure ottenute, ampiamente all'interno dei limiti di accetabilità espressi nella norma ISO-14146. L'analisi dei risultati, ha permesso inoltre, di individuare alcuni aspetti da rendere oggetto di studio per effettuare miglioramenti ai fini dell'accuratezza della prestazione del sistema dosimetrico in uso, relativamente ad alcuni campi di radiazione.

4

Interconfronto per dosimetria di criticità 2010

Bruna Morelli, Maria Chiara Botta, Giovanni Baldassarre

Organizzatore	L'Interconfronto Internazionale per Dosimetria di Criticità è stato organizzato e gestito dal CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) presso il Reattore SILENE del Centro di Valduc dal 27 settembre al 1 ottobre 2010.
Breve descrizione e scopo della prova	L'interconfronto ha avuto come obbiettivo offrire ai laboratori partecipanti l'opportunità di testare e verificare, in condizioni realistiche, il loro sistema di dosimetria di criticità per la valutazione di dose neutronica e fotonica agli operatori esposti in caso di incidente di criticità.
Specifiche del test	L'esercizio d'interconfronto è consistito in 2 irraggiamenti, utilizzando il reattore SILENE, in modalità "Free Evolution" che consiste nella rimozione lenta della barra di controllo con un evoluzione oscillante della durata di alcuni minuti. La quantità di fissioni associata è stata di 2,05-2,55x10^{17} rispettivamente nel primo e nel secondo irraggiamento. In particolare i 2 irraggiamenti sono stati: **<u>Pulse 1</u>:** irraggiamento dei dosimetri dei partecipanti in modalità "Free Evolution" del reattore SILENE, ***<u>senza</u> schermo di Pb*** (campo misto neutroni e γ con rapporto γ/n ~ 1) [durata: 54 s]; **<u>Pulse 2</u>:** irraggiamento dei dosimetri dei partecipanti in modalità "Free Evolution" del reattore SILENE, ***<u>con</u> schermo di Pb*** (campo misto neutroni e γ con rapporto γ/n ~ 0,2) [durata: 71 s]. Nella sala del reattore di dimensioni 19 m x 12 m x 10 m sono stati disposti in aria e su fantoccio, rispettivamente i dosimetri ambientali e personali, forniti dai laboratori partecipanti, a 3 distanze dall'asse centrale del reattore: 2 m, 4 m, 6 m. Il Servizio Dosimetrico ENEA ha fornito per ciascun irraggiamento 2 dosimetri di criticità ENEA personali e 2 dosimetri di criticità ambientali SNAC 50, per ciascun punto di misura, per un totale di 24 dosimetri irraggiati. In Figura 1 viene mostrata l'esposizione dei dosimetri di criticità personali a) ed ambientali b) per l'irraggiamento. La Figura 2 mostra la disposizione dei supporti sulla pianta della sala.

Figura 1: Esposizione dei dosimetri ENEA di criticità personali a) ed ambientali b).

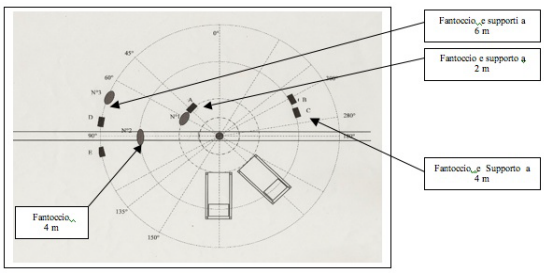


Figura 2: Pianta della sala con l'indicazione della disposizione dei fantocci e dei supporti per l'irraggiamento dei dosimetri a 2m, 4m, 6m dal reattore.

Risultati	Dalle tabelle si può vedere come il sistema abbia ottenuto risultati soddisfacenti. In particolare si può osservare che la misura della dose gamma risulta molto accurata per gli scopi della dosimetria in questione. Il valore di fluenza totale riportato in tabella, è quello ottenuto dalle letture del dosimetro ambientale calcolato come integrale di fluenza relativa ai range energetici da 0,01 eV a 12,5 MeV. Per quanto riguarda la dose neutronica va evidenziato che la dose misurata e quella data di riferimento sono espresse con grandezze differenti (kerma neutronico in tessuto e dose neutronica in aria), perciò il rapporto riportato nell'ultima colonna delle tabelle (in media 2,5), va interpretato tenendo conto del rapporto esistente tra le 2 grandezze, che è dipendente del rapporto dei coefficienti di conversione per neutroni in aria e in tessuto in funzione dell'energia (rapporto medio valutato nell'intervallo di energie di interesse di 2,9). La discrepanza della dose neutronica misurata risulta quindi di circa il 20% che è da considerare un buon risultato per gli scopi della dosimetria da incidente di criticità, che richiede una precisione modesta ma tempestiva, per permettere una veloce discriminazione delle persone irraggiate.
Conclusioni	La partecipazione del Servizio Dosimetrico ENEA all'interconfronto di dosimetria da incidente di criticità ha permesso di testare l'affidabilità del sistema in uso presso IRP, ormai di vecchia generazione ma unico in Italia e fino ad ora funzionale per le necessità di impiego

Tabella 1: Risultati ottenuti nell'esercizio di dosimetria di criticità realtivi al Pulse 1.

Distanza	Posizione	ENEA - PULSE 1		CEA - PULSE 1		R
2m	Phamtom 1	Dose Gamma (Gy)	11.1±0.9			
		Neutron kerma Tissue (Gy)	47.9±5.2			
		Fluenza				
		N° di Fissioni	/			
	TABLET A	Dose Gamma (Gy)	13.1±1.1	Dose Gamma (Gy)	15.5±0.8	0,85
		Neutron kerma Tissue (Gy)	29.0±2.8	Neutron Dose in air (Gy)	11.7±0.5	2,48
		Fluenza				
		N° di Fissioni	/			
4m	Phamtom 2	Dose Gamma (Gy)	4.2±0.3			
		Neutron kerma Tissue (Gy)	10.9±1.5			
		Fluenza				
		N° di Fissioni	/			
	TABLET C	Dose Gamma (Gy)	3.9±0.3	Dose Gamma (Gy)	4.92±0.4	0,80
		Neutron kerma Tissue (Gy)	8.3±1.2	Neutron Dose in air (Gy)	3.4±0.4	2,44
		Fluenza totale	$11.4\ 10^{11}$	Fluence a 4m	$2.87\ 10^{11}$	
		Fluenza termica	$3.04\ 10^{11}$			
6m	Phamtom 3	Dose Gamma (Gy)	2.2±0.2			
		Neutron kerma Tissue (Gy)				
		Fluenza				
		N° di Fissioni	/			
	TABLET D	Dose Gamma (Gy)	1.8±0.2	Dose Gamma (Gy)	2.64±0.2	0,68
		Neutron kerma Tissue (Gy)	3.9±0.6	Neutron Dose in air (Gy)	1.72±0.2	2,27
		Fluenza				
		N° di Fissioni	/			

Tabella 2: Risultati ottenuti nell'esercizio di dosimetria di criticità realtivi al Pulse 2

Distanza	Posizione	ENEA - PULSE 2		CEA - PULSE 2		R
2m	Phamtom 1	Dose Gamma (Gy)	2.4±0.2			
		Neutron kerma Tissue (Gy)	20.6±4.2			
		Fluenza				
		N° di Fissioni	/			
	TABLET A	Dose Gamma (Gy)	0.6±0.1	Dose Gamma (Gy)	0.94±0.5	0,64
		Neutron kerma Tissue (Gy)	16.5±1.8	Neutron Dose in air (Gy)	9.85±1	1,67
		Fluenza				
		N° di Fissioni	/			
4m	Phamtom 2	Dose Gamma (Gy)	0.9±0.1			
		Neutron kerma Tissue (Gy)	8.4±1.5			
		Fluenza				
		N° di Fissioni	/			
	TABLET C	Dose Gamma (Gy)	0.34±0.03	Dose Gamma (Gy)	0.57±0.2	0,58
		Neutron kerma Tissue (Gy)	8.7±2.3	Neutron Dose in air (Gy)	3.10±0.5	2,81
		Fluenza totale	$25.8\ 10^{11}$	Fluence a 4m	$3.10\ 10^{11}$	
		Fluenza termica	$7.2\ 10^{11}$			
6m	Phamtom 3	Dose Gamma (Gy)	0.6±0.1			
		Neutron kerma Tissue (Gy)	1.5±0.2			
		Fluenza				
		N° di Fissioni	/			
	TABLET D	Dose Gamma (Gy)	0.52±0.04	Dose Gamma (Gy)	0.45±0.2	1,15
		Neutron kerma Tissue (Gy)	5.5±0.9	Neutron Dose in air (Gy)	1.54±0.2	3,57
		Fluenza				
		N° di Fissioni	/			

5

Interconfronto HPA 2010 sulla misurazione del radon con dispositivi passivi

Silvia Penzo, Massimo Calamosca, Elisabetta Consoli

Ente, Associazione, Organizzatore	HPA Health Protection Agency, UK
Breve descrizione e scopo della prova	Verifica della qualità della misura di esposizione al radon in aria mediante dispositivi passivi a tracce (DPT)
Specifiche del test	Ai partecipanti si richiede di inviare un set di 40 dispositivi di misurazione (DPT): 30 vengono esposti e 10 servono per il controllo dell'esposizione di transito. I 30 DPT vengono esposti in camera radon a 3 diversi valori di esposizione (10 DPT per ogni valore di esposizione). Al termine delle 3 esposizioni i DPT esposti vengono restituiti ai laboratori partecipanti per l'analisi. I laboratori, in base al proprio sistema di lettura e analisi, valutano le esposizioni dei 40 DPT ed inviano tali risultati a HPA che li confronta con i valori "veri" (incertezza estesa relativa U = 5%, con k=1) e classifica i laboratori in 5 classi di merito (A-E). Per ogni interconfronto HPA invia una certificazione del risultato e redige un rapporto che pubblica annualmente nella sua collana HPA-RPD.

Risultati di ENEA-IRP

Esposizione HPA (kBq h m^{-3})	Valutazione ENEA (kBq h m^{-3})	COV[5] Precisione	COV Accuratezza
226	223,1	9,9%	1,3%
750	803,7	3,2%	7,2%
1470	1507,7	3,6%	2,6%
	Media	5,6%	3,7%
		Somma	9,23%

Conclusioni	I risultati ottenuti (accuratezza e precisione inferiori al 10%) confermano la classificazione del Servizio Radon ENEA in classe A secondo il criterio HPA.

[5] *Coefficient of Variation* è il rapporto tra la deviazione standard e la media aritmetica

6

Interconfronto BfS 2010 sulla misurazione del radon con dispositivi passivi

Silvia Penzo, Massimo Calamosca, Elisabetta Consoli

Ente, Associazione, Organizzatore	BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Germania
Breve descrizione e scopo della prova	Verifica della qualità della misura di esposizione al radon in aria mediante dispositivi passivi a tracce (DPT)
Specifiche del test	Ai partecipanti si richiede di inviare un set di 35 dispositivi di misurazione (DPT): 28 vengono esposti e 7 servono per il controllo dell'esposizione di transito. I 28 DPT vengono esposti in camera radon a 4 diversi valori di esposizione (7 DPT per ogni valore di esposizione). Al termine delle 4 esposizioni i DPT esposti vengono restituiti ai laboratori partecipanti per l'analisi. I laboratori, in base al proprio sistema di lettura e analisi, valutano le esposizioni dei 35 DPT ed inviano tali risultati a BfS che li confronta con i valori "veri" (incertezza estesa relativa: U=12%, con k=2, per la bassa esposizione; U=7%, con k=2 per le altre). Per ogni interconfronto BfS invia una certificazione del risultato.
Risultati di ENEA-IRP	(vedi tabella sotto)
Conclusioni	I risultati ottenuti (accuratezza e precisione inferiori al 10%) confermano la classificazione del Servizio Radon ENEA in classe A (secondo il criterio HPA).

Esposizione BfS (kBq h m^{-3})	Valutazione ENEA (kBq h m^{-3})	COV[5] Precisione	COV Accuratezza
234	212,3	6,2%	9,3%
1224	1175,6	3,2%	4,0%
1330	1238,4	2,2%	6,9%
3023	2841,9	2,2%	6,0%
	Media	3,5%	6,5%
		Somma	9,98%

[5] *Coefficient of Variation* è il rapporto tra la deviazione standard e la media aritmetica

7

3° Interconfronto NIRS 2010 sulla misurazione del radon con dispositivi passivi

Silvia Penzo, Massimo Calamosca, Elisabetta Consoli

Ente, Associazione, Organizzatore	NIRS, National Institute of Radiological Sciences (Chiba), Japan
Breve descrizione e scopo della prova	Verifica della qualità della misura di esposizione al radon in aria mediante dispositivi passivi a tracce (DPT)
Specifiche del test	Ai partecipanti si richiede di inviare un set di 40 dispositivi di misurazione (DPT): 30 vengono esposti e 10 servono per il controllo dell'esposizione di transito. I 30 DPT vengono esposti in camera radon a 2 diversi valori di esposizione (20+10 DPT rispettivamente per bassa e alta esposizione). Al termine delle 2 esposizioni tutti i DPT vengono restituiti ai laboratori partecipanti per l'analisi. I laboratori, in base al proprio sistema di lettura e analisi, valutano le esposizioni dei 40 DPT ed inviano tali risultati a NIRS che li confronta con i valori "veri" (incertezza standard relativa: u=6,8%, per la bassa esposizione; u=3,9%, per la alta) e classifica i laboratori in 2 classi di merito (Categoria I e I I), sulla base del valore REF= Concentrazione laboratorio/concentrazione di riferimento (minore o maggiore di 1,20). Alla fine dell'interconfronto NIRS redige un rapporto che invia ai partecipanti.

Risultati di ENEA-IRP

Esposizione NIRS (kBq h m^{-3})	Valutazione ENEA (kBq h m^{-3})	COV[5] Precisione	COV Accuratezza
102	95,7	16,6%	6,2%
990	906,0	4,2%	8,5%
	Media	10,4%	7,3%
		Somma	17,73%

Conclusioni	I risultati ottenuti (u accuratezza inferiori al 10%) permettono la classificazione del Servizio Radon ENEA in categoria I, secondo il criterio NIRS.

[5] *Coefficient of Variation* è il rapporto tra la deviazione standard e la media aritmetica

8

3° Interconfronto NIRS 2010 sulla misurazione del thoron con dispositivi passivi

Silvia Penzo, Massimo Calamosca, Elisabetta Consoli i

Ente, Associazione, Organizzatore	NIRS, National Institute of Radiological Sciences (Chiba), Japan
Breve descrizione e scopo della prova	Verifica della qualità della misura di esposizione al thoron in aria mediante dispositivi passivi a tracce (DPT)
Specifiche del test	Ai partecipanti è stato richiesto di inviare un set di 20 dispositivi di misurazione (DPT): 10 vengono esposti e 10 servono per il controllo dell'esposizione di transito. I 10 DPT sono stati esposti in camera thoron a 2 diversi valori di esposizione (5 DPT per ogni valore di esposizione). Al termine delle 2 esposizioni tutti i DPT vengono restituiti ai laboratori partecipanti per l'analisi. I laboratori, in base al proprio sistema di lettura e analisi, valutano le esposizioni dei 20 DPT ed inviano tali risultati a NIRS che li confronta con i valori "veri" (incertezza standard relativa: u=6,2%, per la bassa esposizione; u=6,0%, per la alta) e classifica i laboratori in 2 classi di merito (Categoria I e II), sulla base del valore REF= Concentrazione laboratorio/concentrazione di riferimento (minore o maggiore di 1,20). Alla fine dell'interconfronto NIRS redige un rapporto che invia ai partecipanti.

Risultati di ENEA-IRP

Esposizione NIRS (kBq h m^{-3})	Valutazione ENEA (kBq h m^{-3})	COV[5] Precisione	COV Accuratezza
424,8	506,4	20,0%	19,2%
756,0	879,8	17,0%	16,4%
	Media	18,5%	17,8%
		Somma	36,3%

Conclusioni	I risultati ottenuti (COV accuratezza < 20%) permetterebbero la classificazione del dispositivo thoron ENEA in categoria I, secondo il criterio NIRS. Restano molte riserve sulla riproducibilità spaziale del camera thoron NIRS, a cui si potrebbe ricondurre parte dell'alta imprecisione dei ns. risultati.

[5] *Coefficient of Variation* è il rapporto tra la deviazione standard e la media aritmetica

PARTE VI – Servizi tecnici avanzati

1

I servizi tecnici avanzati di IRP

Elena Fantuzzi

Le dotazioni strumentali e le competenze di IRP nei diversi centri (Bologna, Casaccia, Frascati, Saluggia e Trisaia) sono differenti e con diverse potenzialità.

Nella sede di *Bologna* sono dislocati: un centro di tarature per radiazioni ionizzanti con laboratori di irraggiamento dotati di strumentazione per fasci di radiazione (standard ISO) beta, X, gamma e neutroni; un laboratorio Whole Body Counter (WBC) per misure di contaminazione *in vivo*; un laboratorio NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) per lo sviluppo di tecniche di misura per la valutazione della dose da inalazione di aerosol radioattivi ed uno per misure di radioattività su campioni ambientali e/o biologici. A Bologna hanno, inoltre, sede il servizio di dosimetria, che fornisce di dosimetri personali e ambientali per fotoni, neutroni e beta, ed il servizio Radon, che fornisce dosimetri per misure di concentraione di radon in aria e valutazioni dosimetriche a riguardo.

Nella sede di *Casaccia, Saluggia e Trisaia* vi sono laboratori per misure di radioattività in campioni ambientali, alimentari e/o biologici per scopi di valutazioni di contaminazioni ambientali o individuali. Tutte le sedi sono anche dotate di un laboratorio Whole Body Counter (WBC) per misure *in vivo* di contaminazione interna. Considerata la maggiore utenza, la sede di *Casaccia* è dotata di un numero maggiore di laboratori con dotazioni strumentali potenziate; i laboratori per misure di contaminazione individuale e di sorveglianza ambientale sono pertanto "divisi", mentre nelle sedi di *Saluggia e Trisaia* tutto il personale addetto ed i laboratori esistenti sono dedicati ad entrambe le attività. In *Casaccia*, ad esempio, il laboratorio WBC, oltre alla cella per misure gamma (fotoni di alta energia), è dotato di una cella per rivelare radiazione sotto i 100 keV utilizzata per misure in vivo su organi specifici (i.e. polmoni, tiroide) e per radionuclidi specifici considerati "spia" per contaminazioni da transuranici (e.g. Americio-241). In forza della competenza e della pluri-decennale esperienza nel campo, nonché della completa dotazione strumentale, i laboratori di radiotossicologia possono effettuare tutti i tipi di analisi e misure: spettrometria alfa per transuranici, spettrometria gamma, conteggi beta ed alfa totale, misure in scintillazione liquida, misure di Stronzio, misure di Uranio, Torio, Radio ed altri radionuclidi con tecniche di spettrometria di massa (ICPMS), così come ogni altro tipo di misura (es: Po-210 e Ni-63) anche non previsto dalla normale attività di routine. Le sedi di Saluggia e Trisaia, in condizioni di routine, svolgono tutte le misure necessarie di radiotossicologia e di sorveglianza ambientale richieste sia per il personale esposto in loco, sia per la rete di monitoraggio del sito; in entrambe le sedi i laboratori sono poi "specializzati" in misure specifiche: per esempio, i laboratori di *Saluggia* nelle misure di radiotossicologia per transuranici ed i laboratori di Trisaria nella determinazione di Sr-90 in campioni ambientali.

Nella sede di *Frascati*, invece, è possibile effettuare misure per la determinazione di trizio, radon in campioni liquidi oltre che misure di esposizione esterna con dosimetri a termolumiscenza, in particolare per campi misti neutroni e gamma.

Nelle seguenti tabelle sono riportate le tipologie di misura su campioni ambientali, alimentari o assimilabili a rifiuto radioattivo che IRP è in grado di eseguire sia per scopi di dosimetria individuale sia per scopi di determinazione della contaminazione o di misura della radioattività di un campione..

1.1 Misure di monitoraggio della contaminazione interna

Misura in vivo al polmone (o altro organo) di radionuclidi con emissione fotonica da 10 keV a 100 keV

Misura in vivo al corpo intero (WBC) o ad un organo di radionuclidi con emissione fotonica da 100 keV a 2 MeV

Misura in vivo di ^{125}I in tiroide

Misura in vivo dell'attività di $^{131}I/^{99m}Tc$ in tiroide

Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione di urina

Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione di feci

Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione di muco nasale

Determinazione dell'attività del ^{210}Po in un campione di urine

Determinazione mediante spettrometria gamma dell'attività dei radionuclidi gamma emettitori in un campione di urina

Determinazione mediante spettrometria gamma dell'attività dei radionuclidi gamma emettitori in un campione di urina

Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di un radionuclide beta emettitore in un campione di urina senza pretrattamento

Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di un radionuclide beta emettitore in un campione di urina con pretrattamento

Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività alfa totale o beta totale in un campione di muco nasale

Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività alfa totale e beta totale in un campione di muco nasale

Determinazione dell'attività beta totale in un campione di urina

Determinazione dell'attività di ^{90}Sr in un campione di urina

Determinazione dell'attività di Radio (totale) in un campione di urina

Determinazione mediante metodo fluorimetrico della massa di Uranio totale in un campione di urina

Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di (^{238}U e ^{235}U) o Torio (^{232}Th) in un campione di liquidi biologici

Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di Uranio (^{238}U e ^{235}U) o Torio (^{232}Th) in un campione di feci

Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione di liquidi biologici

Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione di feci

Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico non inferiore a 150 in un campione biologico

Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico inferiore a 150 in un campione biologico

1.2 Misure per rivelazione di esposizione esterna

Noleggio e lettura dosimetro individuale per corpo intero per radiazioni x e gamma

Noleggio e lettura dosimetro individuale CR-39 per corpo intero per neutroni veloci

Noleggio e lettura dosimetro individuale per corpo intero per neutroni termici e gamma

Noleggio e lettura dosimetro individuale per estremità per radiazione x, gamma e beta di alta energia

Noleggio e lettura dosimetro individuale per estremità per radiazione x, gamma e beta con rilevatore sottile

Noleggio e lettura dosimetro individuale per estremità per radiazione x, gamma e beta di alta energia, sterilizzabile

Noleggio e lettura dosimetro individuale per estremità per radiazione x, gamma e beta con rilevatore sottile, sterilizzabile

Noleggio e lettura dosimetro individuale per incidente di criticità

Noleggio e lettura dosimetro ambientale per incidente di criticità

1.3 Irraggiamenti per taratura strumentazione o caratterizzazione dosimetri

Taratura di complessi di misura con ratei di dose medi e alti dovuti a radiazioni X o gamma

Taratura di complessi di misura per radioprotezione ambientale od individuale

- con radiazione X o gamma
- con radiazione beta
- con sorgenti di neutroni

Irraggiamenti in aria a valori di dose prefissati

- con radiazione X o gamma
- con radiazione beta
- con sorgenti di neutroni

Irraggiamenti su fantoccio a valori di dose prefissati

- con radiazione X o gamma
- con radiazione beta
- con sorgenti di neutroni

Irraggiamenti a tempo con operaratore

- con radiazione X o gamma
- con radiazione beta
- con sorgenti di neutroni

1.4 Misure radiometriche su campioni ambientali o assimilabili e su campioni vari

Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile

Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in matrice biotica ambientale o campione assimilabile

Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione metallico assimilabile a rifiuto radioattivo

Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione non metallico assimilabile a rifiuto radioattivo

Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore su campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro ed assimilabile a rifiuto radioattivo

Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile

Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in matrice biotica ambientale o campione assimilabile

Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in campione di acqua, fall-out, o campione assimilabile

Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in campione metallico assimilabile a rifiuto radioattivo

Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in campione non metallico assimilabile a rifiuto radioattivo

Determinazione dell'attività alfa o beta totale in campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro ed assimilabile a rifiuto radioattivo

Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile

Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in matrice biotica ambientale o campione assimilabile

Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in campione di acqua, fall-out, o campione assimilabile

Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in campione metallico assimilabile a rifiuto radioattivo

Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in campione non metallico assimilabile a rifiuto radioattivo

Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro ed assimilabile a rifiuto radioattivo

Spettrometria gamma tal quale su matrice ambientale o campione assimilabile

Spettrometria gamma tal quale su campione assimilabile a rifiuto radioattivo

Spettrometria gamma tal quale su campione assimilabile a rifiuto radioattivo

Spettrometria gamma con trattamento chimico-fisico, su campione assimilabile a rifiuto radioattivo

Spettrometria gamma per elementi in traccia

Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di un radionuclide beta emettitore in un campione liquido senza pretrattamento

Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di un radionuclide beta emettitore in un campione liquido con pretrattamento chimico-fisico

Determinazione dell'attività di ^{90}Sr in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile

Determinazione dell'attività di ^{90}Sr in matrice biotica ambientale o campione assimilabile

Determinazione dell'attività di ^{90}Sr in un campione metallico assimilabile a rifiuto radioattivo

Determinazione dell'attività di ^{90}Sr in un campione non metallico assimilabile a rifiuto radioattivo

Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di Uranio (^{238}U e ^{235}U) o Torio (^{232}Th) in un campione ambientale liquido

Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di (^{238}U e ^{235}U) o Torio (^{232}Th) in un campione ambientale solido

Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di (^{238}U e ^{235}U) o Torio (^{232}Th) in un campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro

Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione ambientale liquido

Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione ambientale solido

Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro

Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico non inferiore a 150 in un campione ambientale

Determinazione mediante spettrometria di massa ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico non inferiore a 150 in un campione assimilabile a rifiuto radioattivo

Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico inferiore a 150 in un campione ambientale

Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico inferiore a 150 in un campione assimilabile a rifiuto radioattivo

Determinazione mediante scintillazione liquida senza pretrattamento del contenuto di Radon (Rn-222) in un campione di acqua

2

Servizio di valutazione della concentrazione del radon

Silvia Penzo, Massimo Calamosca, Elisabetta Consoli

2.1 Caratteristiche del servizio

Nel 2010 continua l'attività del Servizio Radon, rivolta soprattutto verso l'utenza esterna relativamente alle misure ai sensi di legge (vedi tabella).

Tabella 1: Dimensionamento dell'attività del Servizio Radon – utenza interna ed esterna nel 2010

Periodo	N° CR ENEA	N° ordini	N° dosimetri	N° valutazioni
interna	2	-----	11	44
esterna	-----	57	755	1020

2.2 Caratteristiche tecniche

Tipo di Dispositivo	**Dispositivo passivo a tracce di tipo chiuso per la misurazione della concentrazione di radon in aria**
Applicazioni	Misura ambientale del radon in aria
Specifiche d'uso	• Sensibilità solo alle radiazioni α • Possibilità di analisi automatica • Possibilità di conservazione e ri-analisi nel tempo • Robustezza
Sistema di rivelazione	Rivelatore a tracce "Poli Allil Diglicol Carbonato (PADC o CR-39)
Grandezza di riferimento	Esposizione al radon
Normativa di riferimento	• Capo III-bis D.Lgs. 241/00 • Coordinamento delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano (6/02/2003)
Sensibilità	4,62 ± 0,24 (tracce/cm^2)/(kBq h m^{-3}) per uno spessore rimosso di 10,5 µm
Minima esposizione rivelabile a priori	17 ± 2 kBq h m^{-3}
Minima esposizione rivelabile a posteriori	8 ± 1 kBq h m^{-3}
Minima concentrazione rilevabile	8 kBq m^{-3} in 3 mesi
Range di misura / linearità	8 ÷ 22000 kBq h m^{-3} -

2.3 Qualità dei servizi offerti

Anche nel 2010, come negli anni passati, il Servizio Radon ha partecipato all'interconfronto internazionale sui dispositivi passivi presso l'HPA (UK), ottenendo come risultato la classificazione in classe A, così come nell'interconfronto BfS e in classe I in quello organizzato dal NIRS.

3

Servizio di dosimetria personale

B. Morelli, G. Baldassarre, M.C. Botta, G. Falangi, G. Uleri

3.1 Caratteristiche del servizio

L'attività del Servizio di Dosimetria Esterna dell'Istituto di Radioprotezione del C.R. ENEA di Bologna consiste nel noleggio e la lettura di dosimetri personali ed ambientali per il monitoraggio della radiazione esterna per tutti i tipi di radiazione. Nato come "Laboratorio di Applicazioni di Dosimetria" negli anni '60, il Servizio si è sviluppato sia qualitativamente con l'evolversi delle tecniche disponibili in campo dosimetrico, sia dal punto di vista gestionale proponendosi anche ad un'utenza esterna su tutto il territorio nazionale. Attualmente fornisce l'utenza interna ENEA e un'utenza esterna di circa 200 clienti di diverse tipologie costituita dal 25% di aziende ospedaliere, dal un 25% di istituti di ricerca, dal 5% da decommissioning di impianti nucleari, dal 25% di industrie, e dal 20% da studi e laboratori privati, operando sulla base economica del tariffario approvato con Determinazione n. 63/2007/DG del 19.03.2007.

Il Servizio Dosimetrico dispone di 5 di dosimetri personali ed ambientali idonei alla misura dell'Equivalente di Dose Personale Hp(d) ed Equivalente di Dose Ambiente H*(d) come richiesto dal D. Lgs. 241/2000. Inoltre dispone di altri 2 tipi di dosimetri per dosimetria di criticità, ambientale e personale quest'ultimi forniti con periodicità annuale all'impianto EUREX (Enriched URanium EXraction) situato presso il C.R. ENEA di Saluggia e all'impianto ex ENEA FN-Fabbricazioni Nucleari di Bosco Marengo.

Il Servizio processa in un anno circa 70.000 dosimetri, di cui 6000 per corpo intero per fotoni, 1300 per corpo intero per neutroni termici e gamma, 1300 per corpo intero per neutroni veloci e 2000 per estremità. I periodi di fornitura possono essere di 45 e/o 90 giorni e su richiesta specifica anche semestrali.

3.2 Caratteristiche tecniche

Le caratteristiche tecniche dei 3 tipi di dosimetri per corpo intero per radiazione fotonica e neutronica per componente termica e veloce, e dei 2 tipi di dosimetri per estremità per radiazione fotonica e beta sono illustrate nelle seguenti tabelle.

Tipo di Dispositivo	**Dosimetro per fotoni**
Applicazioni	Dosimetria personale ed ambientale
Specifiche d'uso	Dosimetro con filtrazione simmetrica ma utilizzare con la codifica
Sistema di rivelazione	TLD - LiF(Mg, Cu, P)
Grandezza di riferimento	Hp(10), H*(10)
Normativa di riferimento	IEC 61066: 2008;
Minima dose rivelabile	0,05 mSv
Range di misura	Fotoni da 13 keV a 1,25 MeV
Dipendenza energetica	±16% per Hp(10) e ±4% per Hp(0,07)
Dipendenza angolare	±10% per Hp(10) e ±5% per Hp(0,07)

Tipo di Dispositivo	Dosimetro per neutroni termici e γ
Applicazioni	Dosimetria personale ed ambientale
Specifiche d'uso	Dosimetro non simmetrico, da indossare con la faccia contrassegnata dalla codifica in vista
Sistema di rivelazione	TLD LiF(Mg, Cu, P) ^{7}LiF(Mg, Cu, P)
Grandezza di riferimento	Hp(10), H*(10)
Normativa di riferimento	IEC 61066: 2008; EC RP160 (2009)
Minima dose rivelabile	Dg - 0,05 mSv, Dn - 0,02 mSv
Range di misura	Neutroni termici di energia fino a 0.4 eV (taglio del Cd) Fotoni da 1.25 MeV a ~ MeV

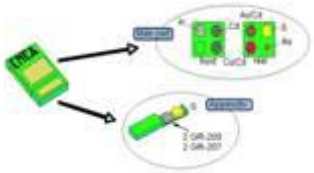
Tipo di Dispositivo	Dosimetro per neutroni veloci
Applicazioni	Dosimetria personale ed ambientale
Specifiche d'uso	Dosimetro da indossare con la faccia contrassegnata dalla codifica in vista
Sistema di rivelazione	CR-39 PADC (Poly Allyll Diglicol Carbonate)
Grandezza di riferimento	Hp(10), H*(10)
Normativa	ISO 8529-3: 1998; ISO 12789:1997
Minima dose rivelabile	0,1 mSv
Range di misura	da 200 keV a 14 MeV
Dipendenza energetica	± 50%

Tipo di Dispositivo	**Dosimetro per estremità – GR200**
Applicazioni	Dosimetria personale per estremità
Specifiche d'uso	
Sistema di rivelazione	TLD LiF(Mg, Cu, P) – GR 200
Grandezza di riferimento	Hp(0,07)
Normativa di riferimento	UNI 10489: 1998 - ISO 12794: 2000 IEC 61066: 2008; EC RP 160 (2009)
Minima dose rivelabile	0,05 mSv
Range di misura	Fotoni da 13 keV a 202 MeV β ^{90}Sr (E=800 keV, Emax=2.27 MeV)
Dipendenza energetica	± 23%
Dipendenza angolare	± 14%

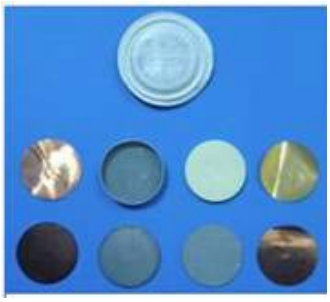
Tipo di Dispositivo	**Dosimetro per estremità MCP-Ns**
Applicazioni	Dosimetria personale per estremità
Specifiche d'uso	
Sistema di rivelazione	TLD LiF(Mg, Cu, P) – MCP-Ns
Grandezza di riferimento	Hp(0,07)
Normativa di riferimento	UNI 10 489 (1998) - ISO 12794: 2000 ISO 6980:1986; IEC 61066: 2008 EC RP 160 (2009)
Minima dose rivelabile	0,05 mSv
Range di misura	Fotroni da 13 keV a 202 MeV β ^{204}Tl (Emedia ≥ 240 keV)
Dipendenza energetica	± 35%
Dipendenza angolare	± 9%

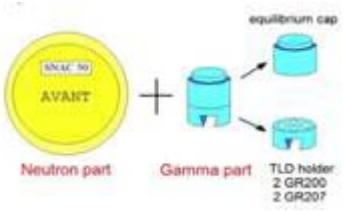
Le caratteristiche tecniche dei 2 tipi di dosimetri di criticità, ambientale e personale per la dosimetria da incidente di criticità sono presentate nelle seguenti tabelle.

Tipo di Dispositivo	Dosimetro Personale di Criticità
Applicazioni	Dosimetria personale di criticità
Specifiche d'uso	Valutazione della dose neutronica e fotonica degli operatori esposti in caso di incidente di criticità
Sistema di rivelazione	Componente neutronica: rivelatori ad attivazione S (disco d=17 mm, dx=4,5 mm) Au (disco d=10mm, dx=0,06 mm) Cd (disco d=16,5 mm, dx=0,5 mm) Cu (disco d=16,5 mm, dx=0,1 mm) In (disco d=16,5 mm, dx=0,25 mm) Componente fotonica: 2 rivelatori TL di LiF(Mg,Cu,P) e ^{7}LiF(Mg, Cu,P)
Grandezze misurate	Componente neutronica: Kerma, Fluenza, Dose dovuta alle Particelle Cariche Pesanti e Dose H(n,γ) in aria e su fantoccio. Componente fotonica: H*(10)
Normativa	IAEA Technical Report Series n.211 (1982)



Tipo di Dispositivo	Dosimetro Ambientale di Criticità
Applicazioni	Dosimetria ambientale di criticità
Specifiche d'uso	Valutazione della dose neutronica e fotonica degli ambienti in caso di incidente di criticità
Sistema di rivelazione	Componente neutronica: rivelatori ad attivazione S (disco d=50 mm, dx=3 mm) Au (6+1)mg su mylar d=50 mm dx=0,06 mm Cd (disco d=50 mm, dx=0,02 mm) Cu (disco d=50 mm, dx=0,02 mm) Mg (disco d=16,5 mm, dx=1,5 mm) Componente fotonica: rivelatori a TL LiF(Mg,Cu,P) e ^{7}LiF(Mg, Cu,P)
Grandezza misurate	Fluenza spettrale nel range di energie da 0,1 eV a12.5 MeV. Grandezze dosimetriche: kerma neutronico in tessuto, Dose dovuta alle Particelle Cariche Pesanti (HCP) Dose H(n,γ) dovuta ai fotoni secondari indotti dai neutroni calcolate nell'elemento 57 del fantoccio Snyder.
Normativa	IAEA Technical Report Series n.211 (1982) CEA Report R-4226 (1971)





3.3 Qualità del servizio offerto

L'obiettivo di un Servizio di Dosimetria Esterna è quello di fornire agli utenti dosimetri personali ed ambientali idonei a misurare le dosi di radiazione ricevute dai lavoratori esposti e negli ambienti controllati con adeguata accuratezza, precisione e affidabilità. L'accuratezza e l'affidabilità della propria attività, che parte dalla fornitura del dosimetro al cliente e termina con la comunicazione della risposta dosimetrica, è garantita dal programma di Assicurazione della Qualità (QA) operativo nel Servizio mediante controlli e test su parametri critici individuati nelle varie fasi dei processi. Inoltre la costante attività di studio e ricerca supportata dalla possibilità di utilizzo delle facility di calibrazione di cui è dotato il Centro di Taratura delle Radiazioni Ionizzanti dell'istituto, rende il Servizio Dosimetrico dell'ENEA IRP competitivo per affidabilità e prestazioni con i numerosi servizi di dosimetria presenti sul territorio nazionale.

La prestazione complessiva del sistema dosimetrico è periodicamente verificata anche attraverso la partecipazione del Servizio ad interconfronti internazionali. In particolare negli ultimi 10 anni il Servizio ha partecipato, ottenendo buoni risultati a numerosi interconfronti, promossi da DOE - US Department of Energy's, IAEA (International Atomic Energy Agency) ed EURADOS (European Radiation Dosimetry Group). Quest'ultima organizzazione, che costituisce un riferimento di altissima qualità nel campo delle metodiche di misura in dosimetria delle radiazioni ionizzanti, promuove ed organizza da alcuni anni, un programma di interconfronti periodici. In particolare nell'anno 2008, nell'anno 2009 e nel 2010 il Servizio Dosimetrico ha partecipato ai rispettivi interconfronti promossi dalla suddetta organizzazione, riconfermando l'accuratezza della risposta dei dosimetri ENEA per corpo intero per fotoni e per estremità in termini di Hp(10) e Hp(0,07).

Il Servizio Dosimetrico ha partecipato inoltre, nell'anno 2010, ad un interconfronto internazionale per dosimetria di criticità; evento eccezionale organizzato dall'IRSN (Institut de Radiorotèction et de Sûreté Nucléaire) e dal CEA presso il reattore Silène di Valduc, che ha permesso di verificare l'affidabilità del sistema dosimetrico di criticità dell'IRP, basato su un sistema di vecchia generazione ma comunque unico in Italia, e funzionale alle necessità di impiego.

4

Centro di Taratura

F. Mariotti, P. Ferrari, G. Baldassarre, M.C. Botta, D.M. Castelluccio

4.1 Caratteristiche del servizio

Il Centro di Taratura è uno dei laboratori storici della sede di Bologna che istituzionalmente opera nel settore delle radiazioni ionizzanti. Il Centro consente la taratura di strumentazione di radioprotezione (rivelatori attivi: camere a ionizzazione, contatori proprorzionali, contatori Geiger-Müller, scintillatori e rivelatori a semiconduttore e rem-counters) ed irraggiamento di dosimetri personali (termoluminescenza, a tracce ed elettronici).

- Potenziali utenti (campo fotonico): lavoratori che operano nel campo dei controlli ambientali, della radioprotezione, della radiodiagnostica e della radioterapia medica e nella produzione di apparecchiature che, in modo diretto o indiretto producono radiazioni ionizzanti in campo industriale e nella ricerca.
- Potenziali utenti (campo neutronico e beta): Enti di ricerca, Servizi di Fisica Sanitaria degli ospedali dove sono impiegati acceleratori e nel campo industriale ditte che effettuano studi geologici (pozzi petroliferi) attraverso misure di riflessione di flussi neutronici o nei casi di controllo sullo stoccaggio del combustibile nucleare ancora presente in Italia.

Il servizio è effettuato su richiesta sia per utenti esterni che interni.

4.2 Caratteristiche tecniche

Il Centro di Taratura dispone di laboratori delimitati in un'unica area e sviluppati su sei sale di irraggiamento e cinque sale di controllo per una superficie totale di circa 300 m^2. È in grado di operare con riferibilità metrologica a campioni primari per radiazioni ionizzanti quali fotoni, beta e neutroni, rispettivamente per le seguenti grandezze:

fotoni (fasci filtrati X e sorgenti gamma ^{55}Fe, ^{109}Cd, ^{241}Am, ^{57}Co, ^{133}Ba, ^{137}Cs e ^{60}Co):

- KERMA in aria
- Esposizione
- Equivalente di dose ambientale, H*(10)
- Equivalente di dose direzionale, H'(d)
- Equivalente di dose personale, $H_p(d)$
- Rateo (di tutte le grandezze sopra indicate).

radiazioni β ($^{90}Sr/^{90}Y$, ^{147}Pm e ^{204}Tl):

- Dose superficiale in aria
- Dose superficiale in tessuto
- Equivalente di dose personale Hp(d)
- Rateo (di tutte le grandezze sopra indicate).

neutroni (termici e veloci, fino a 4,4 MeV, con standard ISO (Cf, Cf(D_2O) e Am-Be)):

- Equivalente di dose ambientale, H*(10)
- Equivalente di dose personale, $H_p(d)$
- Fluenza, Φ
- Rateo (di tutte le grandezze sopra indicate).

RADIAZIONI X FILTRATE

Tipo di Misura	**Taratura di complessi di misura per radioprotezione ambientale ed individuale con raggi X filtrati ed irraggiamento dosimetri personali**
Sistema di irraggiamento	Tubo a Raggi X da 320 kV
Qualità del fascio / Energia media (keV)	P2(17), P3(17,3), P4(29), P5(34), P6(44), P7(68), P8(93), P9(139). **High air-kerma rate series**: H20(13), H30(20), H60(37), H100(57), H200(102), H250(122), H300(147). **Wide-spectrum series**: W60(45), W80(58), W110(79), W150(104), W200(134), W250(169), W300(202). **Narrow-spectrum series**: N15(12), N20(16), N25(20), N30(24), N40(33), N60(48), N80(65), N100(83), N120(100), N150(118), N200(161), N250(205), N300(248).
Intensità / dose erogabile	L'intensità dei fasci riferita a 10 mA e 1 m dal fuoco è indicativamente qualità **P** e **H** da 9 a 90 mGy/min qualità **W** da 2,6 a 26 mGy/min qualità **N** da 0,26 a 2,6 mGy/min
Filtrazione inerente	2,2 mm di Be
Normativa di riferimento	Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), (1976). ISO 4037-1 (1996) ISO 4037-2 (1997) ISO 4037-3 (1996) ISO 4037-4 (2004)

RADIAZIONI X FILTRATE

Tipo di Misura	**Taratura di complessi di misura per radioprotezione ambientale ed individuale con raggi X filtrati di bassa energia**
Sistema di irraggiamento	Tubo a Raggi X da 160 kV
Qualità del fascio / Energia media (keV)	**Low air-kerma rate series**: L10(8,5), L20(17), L30(26). **Narrow-spectrum series**: N10(8), N15(12), N20(16), N25(20), N30(24). **High air-kerma rate series**: H10(7,5), H20(12,9), H30(19,7).
Filtrazione inerente	1 mm di Be
Normativa di riferimento	ISO 4037-1 (1996) ISO 4037-4 (2004)

SORGENTI GAMMA

Tipo di Misura	**Taratura di strumentazione di radioprotezione e d i diagnostica medica, irraggiamento di dosimetri personali con fotoni**
Sistema di irraggiamento	Sorgente di ^{60}Co(1250 keV)
Attività (TBq) (al 09-04-2010)	1,21
Normativa di riferimento	ISO 4037-1 (1996) ISO 4037-2 (1997) ISO 4037-3 (1996)

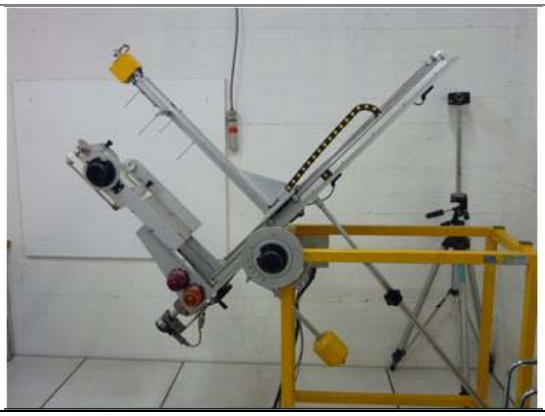
Tipo di Misura	**Taratura di strumentazione di radioprotezione e d i diagnostica medica, irraggiamento di dosimetri personali con fotoni**
Sistema di irraggiamento	Sorgente di ^{60}Co(1250 keV)
Attività (TBq) (al 09-04-2010)	16,125
Normativa di riferimento	ISO 4037-1 (1996) ISO 4037-2 (1997) ISO 4037-3 (1996)

SORGENTI GAMMA

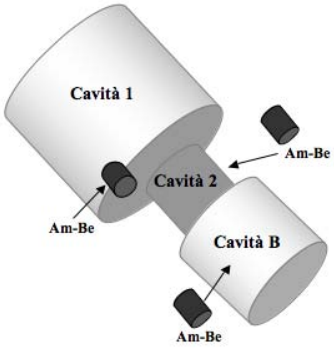
Tipo di Misura	**Taratura di strumentazione di radioprotezione e d i diagnostica medica, irraggiamento di dosimetri personali con fotoni**
Sistema di irraggiamento	Sorgente di ^{137}Cs(662 keV)
Attività (TBq) (al 09-04-2010)	0,68
Normativa di riferimento	ISO 4037-1 (1996) ISO 4037-2 (1997) ISO 4037-3 (1996)

Tipo di Misura	**Taratura di strumentazione portatile di radioprotezione**
Sistema di irraggiamento	Sorgenti: ^{55}Fe (E_{media}=6 keV) ^{109}Cd (E_{media}=25 keV) ^{241}Am (E_{media}=60 keV) ^{133}Ba (E_{media}=125 keV) ^{137}Cs (E_{media}=660 keV) ^{60}Co (E_{media}=1250 keV)
Attività (al 01-01-2010)	^{55}Fe 0,48 GBq ^{109}Cd 0,003 GBq ^{241}Am 7,0 GBq e ^{241}Am 11 GBq ^{133}Ba 0,09 GBq ^{137}Cs 0,55 GBq e ^{137}Cs 21 GBq ^{60}Co 0,004 GBq e^{60}Co 0,25 GBq
Normativa di riferimento	ISO 4037-1 (1996) ISO 4037-2 (1997) ISO 4037-3 (1996)

SORGENTI BETA

Tipo di Misura	**Irraggiatore per sorgenti beta**	
Sistema di irraggiamento	Irraggiatore	
Caratteristiche e peculiarità	Sistema che permette di effettuare irraggiamenti angolari fra 0° e 90° (da orizzontale a verticale) con continuità mantenendo orizzontale il supporto porta-dosimetro	
Sorgenti / Energia massima (MeV)	• Stronzio (^{90}Sr + ^{90}Y) ⇒ 2,274 MeV • Tallio (^{204}Tl) ⇒ 0,763 MeV • Promezio (^{147}Pm) ⇒ 0,225 MeV	
Valori di esposizione in H_p(0.07,0°) in μSv/h (al 08-04-2010)	• (^{90}Sr / ^{90}Y) da 2 mCi ⇒ 3627 μSv/h • (^{90}Sr / ^{90}Y) da 50 mCi a 30 cm ⇒ 143282 μSv/h • (^{90}Sr / ^{90}Y) da 50 mCi a 50 cm ⇒ 50784 μSv/h • ^{204}Tl ⇒ 33 μSv/h • ^{147}Pm ⇒ 2,5 μSv/h	
Normativa di riferimento	ISO 6980-1 (2006) ISO 6980-2 (2004) ISO 6980-3 (2006)	

SORGENTI NEUTRONICHE

Tipo di Misura	**Irraggiatore-moderatore per neutroni termici**
Sistema di irraggiamento	Cubo di polietilene con 3 sorgenti di Am-Be - flusso termico di 2,3 10^4 n/s
Attività (Bq) (al 12/04/2010)	Cavità 1 $\Rightarrow 1{,}66 \cdot 10^{11}$ Cavità 2 $\Rightarrow 1{,}72 \cdot 10^{11}$ Cavità B $\Rightarrow 1{,}63 \cdot 10^{11}$
Disposizione delle cavità e delle sorgenti di Am-Be all'interno dell'irraggiatore	
Caratteristiche delle cavità per irraggiamento ai neutroni	

Cavità	Diametro (mm)	Lunghezza (mm)	Neutroni veloci H* (mSv/h)	Neutroni termici MADE (mSv/h)	Gamma K_a (mGy/h)
1	170	200	7,5	0,55	0,21
2	83	110	14,7	0,79	0,38
B	120	150	7,1	0,54	0,26

Normativa di riferimento	ISO 8529-1 (2001) ISO 8529-2 (2000) ISO 8529-3 (1998)

SORGENTI NEUTRONICHE

Tipo di Misura	**Irraggiatore per neutroni veloci**
Sistema di irraggiamento	Sorgenti: ^{252}Cf $^{252}Cf/D_2O$ Am-Be
Attività (Bq) (al 12/04/2010)	$^{252}Cf \Rightarrow 2{,}35 \cdot 10^{8}$ Am-Be $\Rightarrow 1{,}55 \cdot 10^{11}$ Pu-Li $\Rightarrow 8{,}99 \cdot 10^{11}$
Normativa di riferimento	ISO 8529-1 (2001) ISO 8529-2 (2000) ISO 8529-3 (1998) ISO10647 (1996)

4.3 Qualità del servizio offerto

I servizi offerti sono svolti in conformità alle norme ISO e garantiti attraverso la riferibilità ai campioni metrologici nazionali (ENEA-Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti). L'obiettivo del Centro di Taratura è di essere accreditato secondo la normativa ISO 17025 come Laboratorio Accreditato di Tartura. Per tale motivo nel corso del 2010 sono state espletate tutte le formalità necessarie alla richiesta di tale accreditamento ad ACCREDIA.

Appendici

A.1

Pubblicazioni su rivista, rapporti tecnici e contributi a libri nel 2010

ENEA

G. Iurlaro,*"Rapporto Annuale sulla Radioattività Ambientale del Centro Ricerche ENEA Casaccia Anno 2009"* - ENEA RTI IRP (2) del 30/06/2010.
B. Morelli, **G. Baldassarre**, "*Dosimetria di criticità presso il servizio dosimetrico dell'ENEA-IRP: manuale d'uso della catena di conteggio"*- Rapporto Tecnico Interno RT/2010/1/IRP.

EURADOS

C.M. Castellani, M.A. Lopez, **A. Luciani**, J.W. Mars, T. Vrba, R. Cruz-Suarez, *Results of internal dose assessment intercomparison exercise after the 2009 EURADOS/IAEA advanced training course"*.

FUSION ENGINEERING & DESIGN

M. D'Arienzo, F. Borgognoni, A. Coniglio, A. Daniele, **S. Sandri**, S. Tosti, *"Radiation dose due to tritium release from the ITER neutral beam injector"*, Fus. Engin. and Design, 85 (2010) 2288–2291, Dec. 2010.

HEALTH PHYSICS

D. Arginelli, F. Badolato, O. Avataneo, **S. Ridone**, *"Determination of 210Pb and 210Po in sea water samples for dosimetric studies and radiation protection purposes"* - Health Physics, 2010, 99 (suppl. 1): S15-S16.
S. Ridone, D. Arginelli, M. Miranti, L. Vigna, *"Evaluation of preclinical model use in metabolic radiotherapy and imaging, with particolar consideration to [153Sm]Sm-EDTMP and iodine isotopes"*- Health Physics, 2010, 99(suppl. 1): S22.

PHYSICA MEDICA

L. Vigna, R. Matheoud, **S. Ridone, D. Arginelli**, P. Della Monica, M. Rudoni, E. Inglese, M. Brambilla,*"Characterization of the [153Sm]Sm-EDTMP Pharmacokinetics and Estimation of Radiation Absorbed Dose on an Individual Basis"*- Physica Medica: European Journal of Medical Physics.

RADIATION MEASUREMENTS

R. Bedogni, **P. Ferrari**, **G. Gualdrini**, A. Esposito, *"Design and experimental validation of a Bonner Sphere Spectrometer based on Dysprosium activation foils"* - Radiation Measurements, Volume 45, 2010, 1201-1204.
P. Ferrari, **G. Gualdrini**, P. Fattibene, I. Veronese, *"Moxel: A molar tooth voxel model for dosimetric studies"*- Radiation Measurements, Volume 45, Issue 2, February 2010, pp. 234-236.

RADIATION PROTECTION DOSIMETRY

M. Calamosca, **S. Penzo**, *"The ENEA-IRP thoron calibration facility"* – Rad. Prot. Dos. 141, 468-472, 2010.
P. Ferrari, *"Development of an integrated couple of anthropomorphic models for dosimetric studies"* - Radiation Protection Dosimetry, Volume 142, 2010, 191-200.
P. Ferrari, **G. Gualdrini**, M. Mariselli, G. Venturi, P.L. Rossi, R. Zannoli, "*Evaluation of the dose to the patient and medical staff in interventional cardiology employing computational model"* - Radiation Protection Dosimetry, Volume 141, 2010, 82-85.
G. Gualdrini, **P. Ferrari**, *"A review of voxel model development and radiation protection applications at ENEA"* - Radiat Prot Dosimetry published ahead of print April 12, 2010, doi:10.1093/rpd/ncq124.
F. Mariotti, **E. Fantuzzi**, **B. Morelli**, **G. Gualdrini**, **M.C. Botta**, **G. Uleri**, J. M. Bordy, M. Denoziere, *"ENEA extremity dosemeter based on LIF (MG,CU,P) to evaluate Hp(3,α)"* – Rad.Prot.Dosim. in press

A.2

Partecipazioni e pubblicazioni in atti di convegno ed a congressi internazionali e nazionali nel 2010

IM2010 Individual Monitoring 08-12/03 Atene (Grecia)

J J. G. Alves, P. Ambrosi D.T. Bartlett, L. Currivan J. W. E. van Dijk, **E. Fantuzzi** V. Kamenopoulou
The new European Commission technical recommendations, for monitoring individuals occupationally exposed to external radiation
J.M. Bordy, **G. Gualdrini**, J. Daures, **F. Mariotti** *Principle for the design of radiation protection dosemeters for operational and protection quantities*
E. Fantuzzi, F. Mariotti, B. Morelli, M.C. Botta, G. Uleri *ENEA whole dosemeter based on LiF(Mg,Cu,P) to measure Hp(3,α)*
G. Gualdrini, F. Mariotti, S. Wach, P. Bilski, J.-M. Bordy, **P. Ferrari, F. Monteventi, E. Fantuzzi** *Eye lens dosimetry: subtask 2 within the ORAMED project*
F. Mariotti, E. Fantuzzi B. Morelli, G. Gualdrini, M. C. Botta, G. Uleri, J. M. Bordy *ENEA Extremity dosemeter based on LiF(Mg,Cu,P) to measure Hp(3,α)*
M. Sans Merce, N. Ruiz, I. Barth, A.Carnicer, L. Donadille, **P. Ferrari**, M. Fulop, M. Ginjaume, **G. Gualdrini**, S. Krim, X. Ortega, A. Rimpler, F. Vanhavere, **F. Mariotti**, S. Baechler *Extremity exposure in nuclear medicine – preliminary results of an European study*
L. Struelens, E. Carinou, **P. Ferrari**, C. Koukorava, S. Krim *Monte Carlo calculations on extremity and eye lens dosimetry for medical staff at interventional procedures*
F. Vanhavere, E. Carinou, **G. Gualdrini**, I. Clairand, M. Sans Merce, M. Ginjaume *The ORAMED project: optimization of radiation protection for medical staff*

IRPA Europe (International Radiation Protection Association) 14-18/06 Helsinki (Finlandia)

P. Ferrari, F. Vanhavere, E. Carinou, **G. Gualdrini**, I. Clair, M. Sans-Merce, M. Ginjaume, I. Barth, J-M. Bordy, A. Carnicer, J. Daures, J. Debroas, M. Denoziere, J. Domienik, L. Donadille, **E. Fantuzzi**, C. Itié, Jankowski, C. Koukorava, S. Krim, **F. Mariotti**, **F. Monteventi**, X. Ortega, A. Rimpler, N. Ruiz Lopez, L. Struelens, "*Challenges on the radiation protection optimization of medical staff in interventional radiology and nuclear medicine: the ORAMED project"*
S. Sandri, A. Coniglio, A. Daniele, M. D'Arienzo, M. Pillon, **C. Poggi**, *"Special shielding solutions for the ITER neutral beam test facility"*
S. Sandri, M. Benassi, G. Ottaviano, L. Picardi, L. Strigari, *"Neutron field analysis for a proton therapy installation"*.

26th Symposium on Fusion Technology (SOFT) –27/09-01/10 Porto (Portogallo)

M. D'Arienzo, **S. Sandri**, F. Fellin, A. Daniele, L. Di Pace, A. Coniglio, *"Assessment of Radiation Dose Rate Resulting from Activated Corrosion Products in the PRIMA Facility Cooling Loops"*

19th Topical Meeting on the Technology of Fusion Energy (TOFE-19) 7-11/11 Las Vegas (USA)

S. Sandri, M. D'Arienzo, A. Daniele, A. Coniglio, L. Di Pace, M. Pillon, *"Personnel Dose Assessment at the PRIMA Neutral Beam Test Facility"*- Proceeding of the 19th Topical Meeting on the Technology of Fusion Energy (TOFE-19), 8-11 Nov. 2010, in via di pubblicazione su Fusion Science and Technology (FS&T).

XV Convegno Nazionale della SIRR (Società Italiana Ricerca sulle Radiazioni) 27-28/10 Roma

P. Ferrari, G. Gualdrini, F. Mariotti, E. Fantuzzi, B. Morelli, M.C. Botta *"Dosimetria delle estremità e del cristallino in radiologia e cardiologia interventistica: Il progetto EU-ORAMED"*

Convegno Nazionale di Radioprotezione AIRP - 15-17/12 Bolzano

E, Fantuzzi Le Raccomandazioni Tecniche Europee per la dosimetria individuale per radiazione esterna – Risultati del progetto EU-Trimer

P. Ferrari, **F. Mariotti**, **G. Gualdrini**, **B. Morelli**, **M.C. Botta**, **E. Fantuzzi**, M. Bonelli, A. Brusa, F. Cichocki, G. Cicoria, M. Cremonesi, A. Giostra, M. Marengo, E. Moroder, G. Poli, "*Studi dosimetrici in medicina Nucleare: il contributo italiano al progetto ORAMED"*

F. Mariotti, **E. Fantuzzi**, **B. Morelli**, **G. Gualdrini**, **M.C Botta**, **G. Uleri**, *"I dosimetri ENEA per la misura di Hp(3,α)"*

B. Morelli, F. Mariotti, M.C. Botta, E. Fantuzzi Interconfronto "EURADOS 2009" per dosimetri per estremità: partecipazione del servizio dosimetrico ENEA IRP

S. Ridone, D. Arginelli, A. Miranti, L. Vigna, *"Considerazioni sui cambiamenti nella valutazione della dose in relazione all'evoluzione dei modelli anatomici e fisiologici adottati"*

S. Sandri, M. Benassi, **G. Ottaviano,** L. Picardi, L. Strigari, **A. Morgia**, *"Analisi Del Campo Neutronico Generato Da Un Linac Per Protonterapia"*

A.3

Partecipazioni a gruppi di lavoro, comitati e incarichi di docenza per l'anno 2010

Gruppi di lavoro e comitati internazionali e nazionali

D. Arginelli

Membro del consiglio direttivo del GIR-Gruppo Interdivisionale di Radiochimica e Chimica delle radiazioni applicate all'ambiente, alla salute e all'industria, della SCI Società Chimica Italiana.

C.M. Castellani

Editor alla European Conference on individual monitoring of Ionizing Radiation per la V sessione: "Developments in internal dosimetry services" - Atene, 8-12 Marzo 2010.

Membro del gruppo di lavoro 7 "Internal monitoring" di Euraodos.

E. Fantuzzi

Rappresentante ENEA in Sottocommissione 2: Radioprotezione dell'Ente Nazionale *Italiano* di Unificazione, Commissione Energia Nucleare (UNICEN).

Membro della Main Commission dell'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU).

Membro ENEA nella Commissione Tecnica per la sicurezza nucleare e la protezione sanitaria dalle radiazioni ionizzanti di cui all'art.9 D.Lgs.230/95, istituita dalla Presidenza del Consiglio e che opera presso ISPRA.

Esperto Italiano presso IAEA -Radiation Safety Standards Committee (RSSC).

Vice-chairperson di EURADOS (EUropean RADiation DOSimetry Group).

Membro permanente del gruppo di lavoro IEC/SC 45B Radiation Protection Instrumentation.

Membro dell'Editorial Board della rivista Radiation Protection Dosimetry.

Membro permanente del Comitato Tecnico CT45/345 "Strumentazione Nucleare" del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI).

Membro del Council dell'EUropean RADiation DOSimetry Group (EURADOS).

Membro della Sottocommissione 2: "Protezione dalle Radiazioni" dell'UNICEN (Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Commissione Energia Nucleare).

Membro gruppo di lavoro WG19: Passive dosemeters for external dosimetry della ISO/TC85 (Nuclear Energy)/SC2 (Radiation Protection).

Membro del Working Group (WG2) dell'EURADOS "Harmonisation In Individual Monitoring".

P. Ferrari

Membro del gruppo di lavoro 6 "Computational Dosimetry Related Events"

Membro del gruppo di lavoro 12 "European Medical Alara Network"

G. Gualdrini

Chairman del gruppo di lavoro 6 "Computational Dosimetry Related Events" di EURADOS.

Partner di ENETRAP II per conto dell'ENEA.

Corresponding member ICRP-DOCAL on external exposure.

Full Member ICRU-26 Committee on Operational Quantities.

Membro di Consiglio Direttivo AIRP (sino a luglio 2010).

Membro di Consiglio Direttivo FIRR (sino a luglio 2010).

Membro dell'Editorial Board della rivista "Radiation Protection Dosimetry" e della rivista "Radiation Measurements".

G. Iurlaro
Membro dei Comitati/Sottocomitati del CEI: CT 45/345 “Strumentazione nucleare”.

F. Mariotti
Membro del gruppo di lavoro 12 “European Medical Alara Network”

S. Sandri
Membro del Comitato Tecnico 45 “Strumentazione di Misura per Radioprotezione” del CEI e della relativa commissione internazionale dell’International Electrotechnical Commission (IEC).
Membro del gruppo di lavoro n. 28 del SC4 dell’UNI relativo a “Radioattività nelle acque”.
Membro del OECD-NEA’s Committee on Radiation Protection and Public Health (CRPPH) e del OECD-NEA’s High Level Group on the Security of Supply of Medical Radioisotopes (HLG-MR).
Presidente dell’Associazione Italiana di Radioprotezione (AIRP).

Docenze per corsi accademici, seminari e corsi professionali

L. Florita, "Corso di Formazione in Radioprotezione per nuovi lavoratori professionalmente esposti" – Roma, 16 giugno 2010.

G. Gualdrini, docenza “Metodi di Simulazione numerica per dosimetria” presso la Scuola di Fisica Sanitaria e per il Master in Ingegneria Nucleare.
Docenza nella winter school di EURADOS AM2010 con un contributo su “Variance Reduction Techniques in Radiation Protection Dosimetry”- Frascati e Roma 2010. In pubblicazione su Radiation Protection Dosimetry.

G. Iurlaro
Docenza in “Fisica tecnica ambientale: radiazioni ionizzanti. Normativa di protezione dalle radiazioni ionizzanti negli ambienti di lavoro (ING-IND/11) presso l’Università degli Studi di Roma Tor Vergata, corso di Laurea in Tecniche della Prevenzione nell’Ambiente e nei Luoghi di Lavoro.

A.4

Personale dell'Istituto di Radioprotezione al 31/12/2010

IRP

Basta Mario
Castellani Carlo Maria
Fantuzzi Elena
Gualdrini Gianfranco
Liccione Giuseppe
Zinni Francesca

IRP-DOS

Baldassarre Giovanni
Botta Maria Chiara
Calamosca Massimo
Castelluccio Donato Maurizio
Consoli Elisabetta
Falangi Giorgio
Ferrari Paolo
Luciani Andrea
Mariotti Francesca
Monteventi Fabio
Morelli Bruna
Penzo Silvia
Uleri Giancarlo

IRP-MIR

Andreocci Leila
Arginelli Dolores
Battisti Paolo
Berton Gianfranco
Bortoluzzi Sandro
Di Marco Ivana
D'Innocenzo Fabrizio
Giardina Isabella
Lizio Domenico
Montemurro Antonio Eustachio
Morelli Giulio
Nocente Mauro
Pentivolpe Rosetta
Ridone Sandro
Salfi Francesco
Silvestri Nicola
Vegro Maurizio
Zicari Salvatore

IRP-SFA

Antonacci Giuseppe
Baiano Angelo
Baiano Daniele
Borra Enrico Maria
Cicoli Giuliano
Di Marco Nadia
Ezechia Giuseppina
Florita Lorenzo
Iurlaro Giorgia
Mancini Tiziana
Napoleone Roberto
Raule Marco
Soldano Elvio
Sperandio Luciano
Zazzaron Francesca

IRP-FUAC

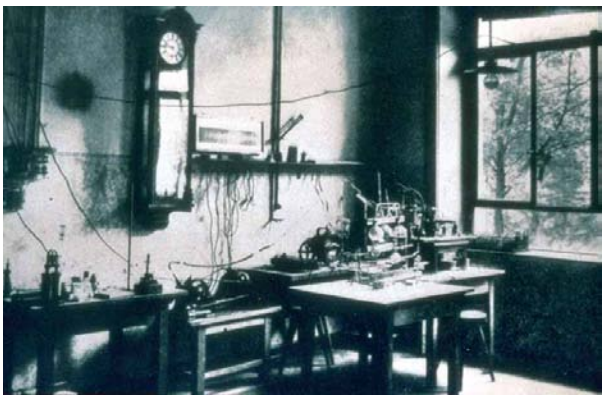
Cristofaro Massimo
Morgia Antonella
Nobili Carlo
Ottaviano Giuseppe
Pelliccioni Elisabetta
Poggi Claudio
Polenta Stefano
Sandri Sandro
Zega Anna

A.5

Radioprotezione: cenni storici, principi e quadro normativo

Breve storia della radioprotezione

La radioprotezione nasce all'inizio del secolo scorso quando nei laboratori e negli studi medici si comincia a lavorare con i raggi X e, in seguito, con alcune altre sorgenti di radiazioni ionizzanti. Verso il 1920 sono già ben noti gli effetti dannosi immediati delle alte dosi di radiazioni, mentre non si ha ancora coscienza degli effetti ritardati (essenzialmente tumori) più difficili da diagnosticare e da collegare alle radiazioni.



Il laboratorio di Röntgen all'Università di Würzburg.

L'evidenza degli effetti immediati delle radiazioni al di sopra di certe soglie da una parte impone la necessità di proteggere gli operatori e gli sperimentatori intervenendo essenzialmente con schermature e dall'altra porta a definire una dose "di tolleranza" al di sotto della quale non vi sono rischi né per i lavoratori né per la popolazione.

La dose di tolleranza è chiaramente definita solo verso la fine degli anni 30, ed è posta pari a 1 "roentgen" a settimana, ovvero all'incirca 500 millisievert all'anno in unità moderne. Per avere un'idea dell'entità di tale limite si pensi che attualmente il limite annuale per la popolazione è di 1 millisievert, cioè 500 volte più basso.

Solo negli anni '40 si comincia a notare che le radiazioni ionizzanti sono responsabili anche di effetti genetici e si pensa sia necessario limitare l'esposizione delle gonadi ovvero le dosi geneticamente significative, che possono indurre mutazioni nella progenie.

Pierre e Marie Curie nel loro laboratorio.

Il concetto di rischio anche a basse dosi, o meglio, di rischio senza soglia inferiore e direttamente proporzionale alla dose, si afferma definitivamente nel secondo dopoguerra, quando la sperimentazione avanzata su cavie da laboratorio prima e gli effetti conseguenti alle bombe di Hiroshima e Nagasaki poi, indicano l'esistenza di correlazioni tra dosi non elevate ed effetti tardivi non reversibili.

Nel 1958 sulla base dei nuovi studi, l'ICRP (International Commission on Radiological Protection) porta il valore limite di dose per i lavoratori a 5 rem (50 millisievert) e a 0,5 rem (5 millisievert) per la popolazione.

Contemporaneamente si fa strada la convinzione che sia necessario ridurre l'esposizione il più possibile o meglio quanto ragionevolmente ottenibile compatibilmente con i costi e le necessità. E' il principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable), enunciato per la prima volta dall'ICRP nel 1965 e divenuto a livello internazionale sinonimo di attuazione della radioprotezione.

I principi della Radioprotezione

L'ipotesi di linearità senza soglia equivale ad ammettere che ogni dose per quanto piccola possa comportare effetti dannosi, anche gravi, per la salute degli individui esposti. La filosofia della limitazione delle dosi, proposta dall'organismo internazionale ICRP (International Commission on R adiological Protection) e accettata dalle principali normative europee e nazionali, si basa su due esigenze :

- LA PREVENZIONE DEGLI EFFETTI DETERMINISTICI
- LA LIMITAZIONE DELLA PROBABILITA' DI EFFETTI PROBABILISTICI ENTRO VALORI CONSIDERATI ACCETTABILI

Per il perseguimento di questi obbiettivi l'ICRP ha introdotto i seguenti tre principi fondamentali della radioprotezione :

- GIUSTIFICAZIONE
- OTTIMIZZAZIONE
- LIMITAZIONE DEL RISCHIO INDIVIDUALE.

Immagini di studi medici RX agli "albori" della radioprotezione

Alla luce del primo principio *"nuovi tipi o nuove categorie di pratiche che comportano un'esposizione alle radiazioni ionizzanti debbono essere giustificati, anteriormente alla loro prima adozione o approvazione, dai loro vantaggi economici, sociali o di altro tipo rispetto al detrimento sanitario che ne può derivare"* (D. Lgs. 230/95 art. 2 comma 1).

Per ottimizzazione si intende che *"qualsiasi pratica deve essere svolta in modo da mantenere l'esposizione al livello più basso ragionevolmente ottenibile, tenuto conto dei fattori economici e sociali"* (D. Lgs. 230/95 art. 2 comma 3).

Secondo l'impostazione dell'ICRP una corretta applicazione dei primi due principi dovrebbe essere sufficiente a g arantire un'efficace protezione dalle radiazioni, soprattutto ai fini della tutela della sanità a livello generale. Poiché ciò in taluni casi potrebbe non garantire una sufficiente protezione del singolo, specie per le esposizioni dovute alla combinazione di più di una pratica, è st ato introdotto il terzo principio, secondo cui, sempre nella forma recepita dalla legislazione italiana : "*la somma delle dosi derivanti da tutte le pratiche non deve superare i limiti di dose stabiliti per i lavoratori esposti, gli apprendisti, gli studenti e gli individui della popolazione"* (D. Lgs. 230/95 art. 2 comma 4).

I livelli di esposizione

Come si può os servare dalla tabella a fianco, 5/6, circa, della quantità di radiazioni ricevuta mediamente dall'uomo nell'arco di un anno sono derivati dalle sorgenti naturali (dati tratti da UNSCEAR 2000 REPORT Vol. I – Sources and Effects of Ionizing Radiations. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation).

Sorgenti	Media mondiale (mSv / anno)
Raggi cosmici (gamma)	0.4
Radiazione terrestre (gamma)	0.5
Irradiazione interna (no radon)	0.3
Irradiazione interna da radon	1.2
Totale da sorgenti naturali	**2.4 mSv/anno**
Diagnostica medica	0.4
Test nucleari in atmosfera	0.005
Chernobyl	0.002
Industria nucleare	0.0002
Totale da sorgenti artificiali	**0.4072 mSv/anno**

Il quadro normativo

Il sistema di radioprotezione in Italia e nel resto del mondo è basato su una struttura ormai consolidata di norme che includono leggi nazionali, direttive transnazionali, raccomandazioni internazionali e normative di buona tecnica.

Attualmente l'organismo che a livello internazionale indica le linee guida sulle quali si basano poi le normative specifiche dei vari Paesi è l'International Commission on Radiological Protection (ICRP) che diffonde concetti e norme attraverso pubblicazioni periodiche in lingua inglese.

L'ICRP nasce nel 1928 con la denominazione di International X-Ray and Radium Protection Committee (IXRPC). Il primo presidente del comitato è Rolf Sievert, colui che darà poi il nome all'unità di misura della dose equivalente. Il comitato è costituito ancora oggi da vere personalità della radioprotezione nominate in base ai loro meriti scientifici e non in base a mandati governativi.

Accanto all'ICRP è necessario ricordare anche l'influenza di alcuni altri istituti internazionali che godono di analoga credibilità. Si tratta in particolare dell'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), della Nuclear Energy Agency (NEA) facente parte dell'Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) e dell'International Atomic Energy Agency (IAEA). Mentre l'ICRP si dedica in modo esclusivo alla radioprotezione, l'ICRU è orientata agli aspetti legati alla misura delle radiazioni ionizzanti e alle relative unità, mentre la NEA e l'IAEA curano soprattutto, ma non esclusivamente, la gestione dei sistemi per lo sfruttamento dell'energia atomica e le problematiche connesse.

Per quanto riguarda la diffusione e la preparazione di norme e leggi a livello delle singole nazioni europee e dell'Italia in particolare, attualmente la procedura si articola nei seguenti passaggi principali:

1. emanazione di raccomandazioni da parte dell'ICRP e degli altri organismi internazionali
2. conseguente emanazione di direttive e raccomandazioni europee collegate
3. recepimento delle direttive e/o inclusione delle raccomandazioni nelle norme e leggi nazionali

Proprio sulla base di questa procedura si è sviluppato il corpo di leggi che regolano oggi il sistema di radioprotezione nel nostro Paese, mentre sulla base delle raccomandazioni pubblicate nel 1990 da ICRP sono state emanate alcune direttive comunitarie tra cui la più importante e completa è stata la 96/29/Euratom. In recepimento di alcune di queste direttive Euratom, in Italia è stato promulgato il Decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, poi modificato e integrato con il recepimento delle direttive più recenti, tra cui la 96/29 del 1996 appunto. Attualmente (dall'anno 2001) nel nostro paese si fa pertanto riferimento al Decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230 coordinato con le disposizioni dei decreti legislativi: 26 maggio 2000, n. 187, per l'attuazione della direttiva 97/43/Euratom; 26 maggio 2000, n. 241, per l'attuazione della direttiva 96/29/Euratom; 9 maggio 2001, n. 257, di integrazione e correzione al D.L.vo n. 241/ 2000. Solitamente si fa riferimento a questo insieme coordinato di leggi con la sigla: D.Lgs. 230/95 e s.m.i..

Da un punto di vista del "mestiere del radioprotezionista" oltre alla 230/95 e s.m.i. sono di fondamentale interesse le norme di buona tecnica, emanate a livello nazionale principalmente da due organismi preposti a questo scopo che sono l'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) e il CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), referenti nazionali rispettivamente dell'ISO (International Organization for Standardization) e dell'IEC (International Electrotechnical Commission).

Nella comune pratica professionale sono inoltre impiegate anche **norme di buona tecnica** emanate da enti di altre nazioni come lo statunitense NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurements) e il britannico NRPB (National Radiological Protection Board) che dal 2005 è diventato una sezione della Health Protection Agency.