Istituto di Radioprotezione
Anno 2006

ENEA

Dipartimento Biotecnologie, Agroindustria e Protezione della Salute

Istituto di Radioprotezione
Anno 2006

Edizione a cura di G.Gualdrini, P.Ferrari ed E.Fantuzzi

ENEA RTI BAS-ION-IRP (2007)5

In copertina: G. Pellizza da Volpedo (1868 –1907), *Sole nascente* (part.)

Lo scopo del presente documento è quello di descrivere, in modo sintetico ma sufficientemente dettagliato, le attività svolte dall'Istituto di Radioprotezione in ENEA, nel contesto nazionale ed internazionale.
La pubblicazione consiste in un'introduzione generale e in una serie di schede illustrative delle attività svolte nel corso del 2006, presentate nel formato di *"extended abstract"*, al fine di trasmettere i contenuti salienti dei risultati ottenuti, evitando una mera elencazione degli argomenti oggetto delle ricerche e delle attività operative svolte.

INDICE

L'ISTITUTO DI RADIOPROTEZIONE NEL DIPARTIMENTO BIOTECNOLOGIE, AGROINDUSTRIA E PROTEZIONE DELLA SALUTE
E. Fantuzzi IX
L'ISTITUTO DI RADIOPROTEZIONE: LE RISORSE
E. Fantuzzi XI
L'ISTITUTO DI RADIOPROTEZIONE: LE ATTIVITÀ
E. Fantuzzi XIII

COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI, PARTECIPAZIONE A INTERCONFRONTI E A PROGETTI EUROPEI

IL RUOLO DI IRP IN EURADOS
E. Fantuzzi 3
COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI E PARTECIPAZIONE A PROGETTI EUROPEI
E. Fantuzzi 4
EURADOS WORKING GROUP 2: HARMONIZATION IN INDIVIDUAL MONITORING IN EUROPE
E. Fantuzzi 5
CONRAD WORK PACKAGE 4: COMPUTATIONAL DOSIMETRY
G. Gualdrini 6
CONRAD WORK PACKAGE 5.1 E 5.2: INTERNAL EXPOSURES
C.M. Castellani, A. Luciani 7
CONRAD WORK PACKAGE 6: COMPLEX MIXED RADIATION FIELDS AT WORKPLACES
S. Sandri, C. Nobili 8
PROGETTO EUROPEO ENETRAP: SECONDO ANNO DI ATTIVITÀ
A. Luciani 9
STANDARD ISO NEL CAMPO DELLA DOSIMETRIA INTERNA
A. Luciani 10

ATTIVITA' DI RICERCA, SVILUPPO E QUALIFICAZIONE

DOSIMETRIA INTERNA

IMPLEMENTAZIONE E INTERCONFRONTO SUL NUOVO MODELLO BIOCINETICO DELL'ICRP PER IL TRATTO GASTRO-INTESTINALE ("HAT")
A. Luciani 13
METODOLOGIE ATTUALI E IN FASE DI SVILUPPO PER LA MODELLAZIONE BIOCINETICA DEI RADIONUCLIDI "SURFACE-SEEKING" NELLO SCHELETRO
A. Luciani 14
IMPIEGO DEL MODELLO VOXEL NORMAN-05 CON IL CODICE MONTE CARLO MCNPX PER IL CALCOLO DELLE FRAZIONI ASSORBITE PER GAMMA EMETTITORI
P.Ferrari, G.Gualdrini 15
DETERMININAZIONE DI PLUTONIO E AMERICIO IN CAMPIONI BIOLOGICI TRAMITE TECNICHE DI SEPARAZIONE CROMATOGRAFICA E CONSIDERAZIONI DI DOSIMETRIA INTERNA
D. Arginelli, G. Berton, S. Bortoluzzi, G. Canuto, M.Montalto, M. Nocente, S. Ridone, M. Vegro 16
ESCREZIONE DI URANIO NELLE URINE DI LAVORATORI ESPOSTI NEL SITO ENEA DELLA CASACCIA: INDIVIDUAZIONE DEL LIVELLO DI BASELINE
R. Pettirossi, M.L. Cozzella, L. Florita e *P. Battisti 17

DOSIMETRIA ESTERNA

IMPIEGO DEL MODELLO VOXEL NORMAN-05 E DEL CODICE MONTE CARLO MCNPX PER IL CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI CONVERSIONE PER FOTONI NEL RANGE ENERGETICO 20 keV –100 MeV IN CONDIZIONI DI IRRAGGIAMENTO ESTERNO
P.Ferrari, G.Gualdrini 18
CALCOLO DELLE DOSI ASSORBITE PER IRRAGGIAMENTO ESTERNO CON NEUTRONI DI ENERGIE COMPRESE TRA IL TERMICO E I 20 MeV CON IL CODICE MONTE CARLO MCNPX E IL MODELLO VOXEL NORMAN-05
P.Ferrari, G.Gualdrini 19

SICUREZZA RADIOLOGICA

RAPPORTO PRELIMINARE DI SICUREZZA RADIOLOGICA PER IL TEST DI UN COMPONENTE DI ITER IN TERRITORIO ITALIANO
S. Sandri, C. Nobili **20**

EFFETTI DELLE RADIAZIONI

STUDIO DEL DANNO INDIRETTO INDOTTO DA BASSE DOSI DI RADIAZIONI IONIZZANTI: BYSTANDER EFFECT
A. Giovanetti, E. Basso, M. Balduzzi **21**

PERSISTENZA DI DANNO GENETICO IN TOPI ESPOSTI A BASSE DOSI DI RAGGI X
A. Giovanetti, E. Basso, T. Deshpande **22**

ESPOSIZIONE DI MODELLI ANIMALI SPERIMENTALI A CAMPI NEUTRONICI AD ALTA ENERGIA
R. Amendola **23**

RADIOATTIVITÀ NATURALE E AMBIENTALE

LABORATORIO NORM: ATTIVITÀ DI STUDIO E DI RICERCA
M. Calamosca, S. Penzo, A.O. Mustapha **24**

VALUTAZIONE DEL CONTENUTO DI PLUTONIO NEI SEDIMENTI MARINI DI CUBA
M.L. Cozzella, R.Yvelice Sibello, C. Alonso-Hernandez, M. Diaz Asencio **25**

USO DELL'ORGANISMO DI RIFERIMENTO EISENIA FOETIDA PER DETERMINARE LA BIOACCUMULAZIONE E GLI EFFETTI BIOLOGICI INDOTTI DALLA PRESENZA NEL TERRENO DI DIFFERENTI CONCENTRAZIONI DI URANIO O DI URANIO DEPLETO
A.Giovanetti, M.L. Cozzella, G. Vanga, L. Diaz Asencio, S. Fesenko, U. Sansone **26**

L'ANDAMENTO DEL FALL OUT PRESSO IL CENTRO RICERCHE TRISAIA: DA CHERNOBYL AL 2006
S. Zicari, N. Silvestri **27**

RADIOPROTEZIONE NELLE APPLICAZIONI SANITARIE

ANALISI RADIOCROMATOGRAFICHE PER STUDI DI BIODISTRIBUZIONE DEL RADIOFARMACO [186GRE]RE-HEDP DI IMPIEGO NELLE TERAPIE PALLIATIVE DELLE METASTASI OSSEE
D. Arginelli, G. Berton, S. Bortoluzzi, G. Canuto, M.Montalto, M. Nocente, S. Ridone, M. Vegro **29**

DETERMINAZIONE DI IMPUREZZE RADIONUCLIDICHE NEL RADIOFARMACO OSTEOTROPO [153SM]SM-EDTMP SOMMINISTRATO PER L'ANALGESIA DEL DOLORE METASTATICO
D. Arginelli, G. Berton, S. Bortoluzzi, G. Canuto, M.Montalto, M. Nocente, S. Ridone, M. Vegro **30**

UN PROGETTO PER LO STUDIO E L'OTTIMIZZAZIONE DI UN MODELLO BIOCINETICO E DOSIMETRICO PER IL [153SM]SM-EDTMP NELLA RADIOTERAPIA METABOLICA DELLE METASTASI SCHELETRICHE DOLOROSE
D. Arginelli, G. Berton, S. Bortoluzzi, G. Canuto, M.Montalto, M. Nocente, S. Ridone, M. Vegro **31**

OTTIMIZZAZIONE DI TECNICHE DOSIMETRICHE

ANALISI RADIOTOSSICOLOGICHE DI $^{239+240}$PU E ^{241}AM IN CAMPIONI BIOLOGICI CON TECNICHE CROMATOGRAFICHE A SCAMBIO ANIONICO E DI ESTRAZIONE PER STUDI PRELIMINARI DI CONTAMINAZIONE INTERNA DA PARTICOLATO INALATO
D. Arginelli, G. Berton, S. Bortoluzzi, G. Canuto, M.Montalto, M. Nocente, S. Ridone, M. Vegro **32**

ANALISI RADIOTOSSICOLOGICHE DI $^{239+240}$PU E ^{241}AM IN CAMPIONI BIOLOGICI CON TECNICHE CROMATOGRAFICHE A SCAMBIO ANIONICO E DI ESTRAZIONE: UNO STUDIO PRELIMINARE PER VALUTAZIONI DI CONTAMINAZIONE INTERNA
D. Arginelli, G. Berton, S. Bortoluzzi, G. Canuto, M.Montalto, M. Nocente, S. Ridone, M. Vegro **33**

APPLICAZIONE DI NUOVE TECNICHE DI DIGESTIONE DELLE MATRICI IN ANALISI DI RADIOCHIMICA
D. Arginelli, G. Berton, S. Bortoluzzi, G. Canuto, M.Montalto, M. Nocente, S. Ridone, M. Vegro **34**

AUTOMAZIONE DELLE OPERAZIONI DI ESTRAZIONE CHIMICA DEI TRANSURANICI NEGLI ESCRETI
D. Arginelli, G. Berton, S. Bortoluzzi, G. Canuto, M.Montalto, M. Nocente, S. Ridone, M. Vegro **35**

VALUTAZIONE DELL'INCERTEZZA DELLA MISURA DEL RADON A CAUSA DELL'EFFETTO DI AGEING E FADING NEL SISTEMA DI ANALISI DEL SERVIZIO RADON DELL'ENEA
M. Calamosca, S. Penzo **36**

CARATTERIZZAIONE DEL ^{226}RA NELLE ACQUE DEL SITO DI CASACCIA VIA SPETTROMETRIA DI MASSA A PLASMA INDUTTIVAMENTE ACCOPPIATO (ICP-MS)
G. Vanga, R. Stefanoni, M.L. Cozzella **37**

PROCEDURA DI RIPRISTINO DEI DOSIMETRI TL NON AZZERABILI
C. Pellegrini, E. Fantuzzi **38**

"PROCORAD ® 2006"- INTERCONFRONTO DI MISURE RADIOTOSSICOLOGICHE: PARTECIPAZIONE DEI LABORATORI BAS ION IRP
P.Battisti 39
PROFICIENCY TEST ALMERA 2006: PARTECIPAZIONE DEI LABORATORI BAS ION IRP
P.Battisti 41

SORVEGLIANZA FISICA DI RADIOPROTEZIONE

LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE PRESSO IL CENTRO DI CASACCIA
R. Stefanoni, G. Gianquitto, N. Di Marco, E. Soldano, A. Manzotti, F. Ranucci, M. Cerro 45
LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE PRESSO IL CENTRO DI SALUGGIA
D. Arginelli, G. Berton, S. Bortoluzzi, G. Canuto, M.Montalto, M. Nocente, S. Ridone, M. Vegro 46
LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE PRESSO IL CENTRO DI TRISAIA
S. Zicari, N. Silvestri, S. Guerra, E. Montemurro, R. Pentivolpe, G. Santarcangelo, S. Sasso 47
APPLICAZIONI WEB PER L'INFORMATIZZAZIONE DELL'ARCHIVIO DOSIMETRICO ENEA E DEI DATI RADIOMETRICI RILEVATI DA IRP
S.Merolli, S. Polenta 48
ATTIVITÀ DI ESPERTO QUALIFICATO
C.M. Castellani 50
RADIOPROTEZIONE PER ACCELERATORI E PICCOLE SORGENTI DI NEUTRONI
S. Sandri 51

ATTIVITA' DI SERVIZIO

ATTIVITA' DI SERVIZIO
E. Fantuzzi 55
IL SERVIZIO DI DOSIMETRIA ESTERNA PERSONALE
B. Morelli, C. Pellegrini, G. Uleri, G. Baldassarre, T. Bonarelli, G. Falangi 58
ATTIVITÀ DEL SERVIZIO DI DOSIMETRIA ESTERNA PERSONALE NELL'ANNO 2006
C. Pellegrini, B. Morelli, G. Uleri, G. Baldassarre, T. Bonarelli, G. Falangi 59
MISURE DI CONTAMINAZIONE INTERNA: ATTIVITÀ DI ROUTINE
P. Battisti, L. Andreocci, S. Bazzarri, G. Berton, G. Canuto, M.L. Cozzella, F. D'Innocenzo, V. De Stefano, I. Di Marco, S. Guerra, L. Mancini, M. Montalto, G. Morelli, R. Pentivolpe, N. Silvestri, M. Vegro, S. Zicari 61
SERVIZIO RADON: ATTIVITÀ DI ROUTINE
S. Penzo, M. Calamosca 63

ATTIVITA' DI FORMAZIONE PROFESSIONALE

TIROCINIO PER ASPIRANTI ESPERTI QUALIFICATI
S. Sandri, C.M. Castellani, M. Basta 67

CONSIDERAZIONI FINALI

RUOLO DI IRP IN ENEA E RUOLO DI ENEA IN RADIOPROTEZIONE: UN ESEMPIO, AZIONI SVOLTE IN SEGUITO A EVENTI DI CONTAMINAZIONE DA PO-210.
E. Fantuzzi 71

ELENCO DEGLI AUTORI

APPENDICE:
PARTECIPAZIONE A GRUPPI DI LAVORO
E/O A COMITATI NAZIONALI E INTERNAZIONALI

L'ISTITUTO DI RADIOPROTEZIONE NEL DIPARTIMENTO BIOTECNOLOGIE, AGROINDUSTRIA E PROTEZIONE DELLA SALUTE

Elena Fantuzzi
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

Nel luglio 2006, le attività dell'ENEA sono state organizzate con una nuova struttura che prevede oltre a 3 Direzioni centrali, 5 Dipartimenti che raccolgono le attività scientifiche e di ricerca svolte nell'Ente. L'Istituto di Radioprotezione (IRP), con l'Istituto di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti insieme al quale costituiva nella precedente struttura il Grande Servizio Paese " Protezione delle radiazioni ionizzanti", e alla Unità Tecnica Scientifica BIOTEC, è confluito nel dipartimento **Biotecnologie, Agroindustria e Protezione della Salute (BAS).**

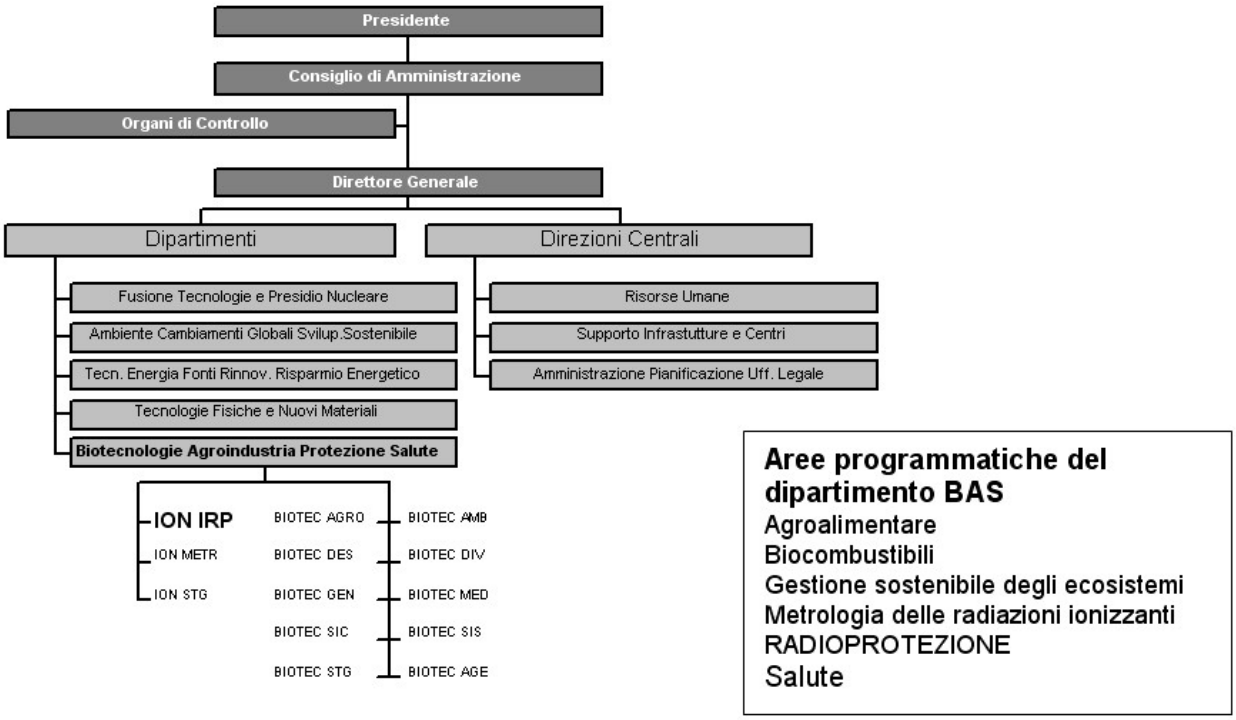


Figura 1: Posizionamento di IRP nella struttura organizzativa dell'ENEA e un dettaglio delle aree programmatiche del dipartimento BAS.

Parallelamente la direzione dell'Ente ha varato 18 progetti "inter-dipartimentali" che raccolgono competenze, tecnologie e potenzialità ENEA su 'macro-temi' attualmente oggetto di ricerca a livello nazionale ed internazionale e sul quale l'Ente può acquisire un ruolo di rilievo in accordo con gli obiettivi ministeriali e in sinergia con gli altri organi istituzionali ed enti di ricerca.

2. Il Dipartimento Biotecnologie, Agroindustria e Protezione della Salute (BAS)

Il dipartimento BAS è organizzato in 10 sezioni, 2 unità di supporto gestionale, 1 unità di agenzia e tre gruppi di lavoro. Le attività di RST&D del Dipartimento BAS si collocano all'interno delle sei seguenti principali Aree Programmatiche, suddivise a loro volta in linee di attività caratterizzate da specifici obiettivi tecnico-scientifici e progettuali:

AGROALIMENTARE

- Tecnologie omiche vegetali
- Processi e tecnologie per il sistema agro-industriale
- Metodologie e sistemi per la qualità e la sicurezza alimentare

SALUTE

- Radiobiologia per applicazioni diagnostiche, terapeutiche e di radioprotezione
- Tossicologia ambientale
- Biofarmaceutici da piante

RADIOPROTEZIONE

- Monitoraggio e dosimetria delle radiazioni ionizzanti
- Sorveglianza fisica di radioprotezione
- Criteri e metodologie di qualificazione delle tecniche di dosimetria

METROLOGIA DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI

- Sviluppo e realizzazione di campioni primari nazionali
- Servizio nazionale di taratura
- Standardizzazione e affidabilità dei metodi di misura

GESTIONE SOSTENIBILE DEGLI ECOSISTEMI

- Impatti dei sistemi produttivi ed energetici sugli agroecosistemi e controllo dei rischi
- Conservazione e uso sostenibile delle risorse naturali, biotiche ed abiotiche
- Prevenzione e mitigazione dei processi di degrado degli ambienti rurali

BIOCOMBUSTIBILI

- Biocarburanti , energia e chemicals da sistemi biologici avanzati
- Supporto alla progettazione e realizzazione di Distretti Agro-Energetici

Il Dipartimento opera, nel conseguimento delle proprie finalità, con una visione multi-disciplinare ed integrata delle sue componenti culturali e con iniziative che si ispirano alle priorità definite dal VII Programma Quadro dell'Unione Europea e dai Programmi strategici nazionali.
L'approccio metodologico seguito è quello ormai riconosciuto come il più valido anche a livello internazionale, ovvero "dalla ricerca all'innovazione". Le attività comprendono pertanto sia la ricerca di base per l'avanzamento delle frontiere della conoscenza, sia lo sviluppo di tecnologie "abilitanti" a carattere multisettoriale (le biotecnologie *in primis*) e di potenziamento della ricerca industriale, sia le metodologie e gli approcci sistemici a supporto dei processi di innovazione di definiti contesti territoriali.

3. L'Istituto di Radioprotezione in BAS

Le attività di ricerca e sviluppo di radioprotezione rientrano nelle attività di Protezione della Salute del Dipartimento BAS. Tuttavia l'attività di sorveglianza fisica di radioprotezione che IRP svolge *ex lege* per conto dei Datori di Lavoro ed Esercenti ENEA è trasversale a tutti i Dipartimenti. Infatti le esigenze di sorveglianza fisica di radioprotezione in ENEA sono presenti in 4 Dipartimenti e riguardano 2 impianti nucleari e varie pratiche di categoria A e B (ex D.lgs.230/95) svolte in circa 50 laboratori in 9 Centri. I servizi forniti alle unità dell'Ente sono di alto livello qualitativo e in alcuni casi unici a livello nazionale. Anche per questo, le tecniche di dosimetria e la taratura di strumentazione per radioprotezione sono oggetto di servizio svolto di routine per terzi (oltre 400 utenti fra aziende private e PPAA).
L'inserimento nel Dipartimento BAS ha favorito e potenziato la sinergia con la Sezione BIOTEC-MED che tradizionalmente si occupa di studi di biologia molecolare in vitro ed in vivo sui danni da radiazioni ionizzanti, capacità di riparazione dei tessuti e sulle potenzialità ed efficacia delle tecniche di diagnostica e terapia con radiazioni ionizzanti.
Infatti, l'Istituto di Radioprotezione ha partecipato allo sviluppo e la messa a punto del Progetto inter-dipartimentale *ENEA per la Salute*, che fa capo al dipartimento BAS e comprende temi quali tecniche innovative di radioterapia (e.g. Protonterapia, BNCT) sviluppo ed impiego di radioisotopi in medicina, sensori per controlli non invasivi, nuovi sistemi di rilevamento di parametri agro-ambientali.
IRP contribuirà al Progetto, oltre che per la radioprotezione di legge sulle *facilities* impiegate, anche per la parte di sviluppo di metodiche dosimetriche da applicare alle nuove ed innovative tecniche di terapia e diagnosi avvalendosi dei modelli antropomorfi sviluppati tradizionalmente per scopi di radioprotezione. Non ultimo, anche le competenze di sviluppo di modelli metabolici e più in generale di dosimetria interna saranno utili per stime di dose al paziente per nuove applicazioni di medicina nucleare e radioterapia metabolica.

4. Conclusioni

La collocazione nel Dipartimento BAS ha permesso di condividere con le altre Unità del Dipartimento non tanto le tematiche di ricerca quanto l'approccio metodologico, caratterizzato dalla multi-discliplinarietà e dalla finalizzazione degli studi di ricerca e sviluppo alla realizzazione e caratterizzazione di strumentazione tecnologica, e lo scopo ultimo di protezione della salute, che nel caso di IRP si identifica nella protezione dai rischi da radiazioni ionizzanti.

L'ISTITUTO DI RADIOPROTEZIONE: LE RISORSE

Elena Fantuzzi
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

L'Istituto di Radioprotezione è presente in 5 centri ENEA (Bologna, Casaccia, Frascati, Saluggia e Trisaia) dove sono ubicati i laboratori di misura e sperimentazione. L'attività si articola in ricerca e sviluppo (prevalentemente dedicata all'ottimizzazione delle tecniche dosimetriche ed a studi di sicurezza radiologica), la sorveglianza fisica di radioprotezione *ex lege*. Inoltre, attraverso i propri laboratori, fornisce servizi tecnici di dosimetria, monitoraggio delle radiazioni ionizzanti e taratura della strumentazione di radioprotezione per utenti interni ed esterni.
IRP contribuisce alle attività dell'AIRP (Associazione Italiana di Radioprotezione) nel cui consiglio direttivo sono presenti due membri dell'istituto.
Le attività di IRP sono in costante rapporto/confronto europeo ed internazionale attraverso la partecipazione a Commissioni (ICRP task group) e Enti di normazione (ISO, IEC working group). Inoltre, IRP come Voting member di EURADOS (EUropean RAdiation DOSimetry association) si colloca in una posizione strategica nei confronti delle attività di dosimetria e di radioprotezione svolte dai principali Istituti di ricerca europei.
Infine, IRP è rappresentante italiano e *national contact point* nella piattaforma europea EUTERP (EUropean Training and Education in Radiation Protection) Platform per l'armonizzazione della formazione in Radioprotezione.

2. Risorse umane

Il personale in organico dell'IRP ammonta a 64 unità, di cui 58 a tempo indeterminato e 4 a tempo determinato. Inoltre, nel 2006 hanno collaborato 8 ospiti in formazione a vario titolo (i.e. laureandi, borsisti, assegnisti, tirocinanti, contrattisti). Il grafico seguente mostra la ripartizione del personale IRP nel 2006 nei vari centri.

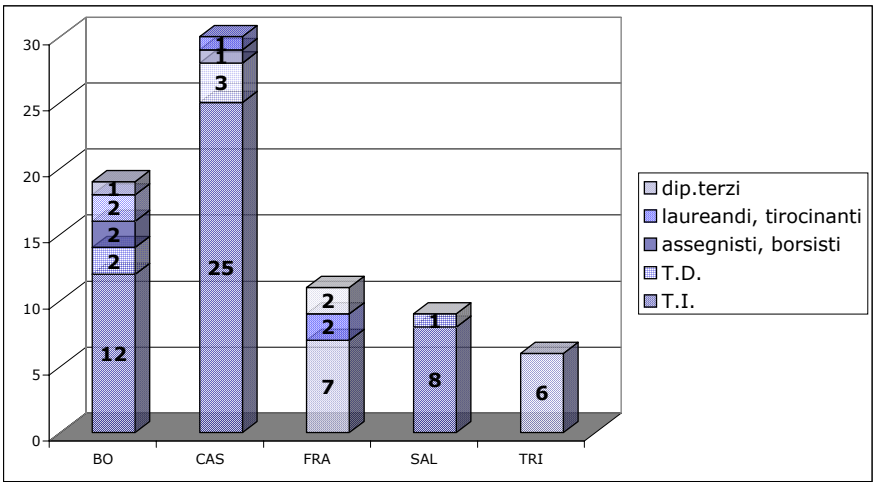


Figura 1: Personale afferente all'Istituto di Radioprotezione nel 2006

3. Risorse strumentali

Le attività di ricerca si svolgono in laboratori ben attrezzati e recentemente potenziati in tutte le sedi, seppur con diverse potenzialità, nel campo della dosimetria esterna, della dosimetria interna (WBC, radiotossicologia) e della radiometria ambientale. Sono inoltre attivi il centro di taratura per la strumentazione di radioprotezione e il laboratorio NORM per misure di radioattività naturale (e radon). Grazie a queste *facilities* IRP è in grado di fornire servizi tecnici per utenti interni ed esterni.

A *Bologna*, nella sede di Montecuccolino, sono presenti i laboratori per dosimetria personale esterna (con potenzialità di tecniche di misura a termoluminescenza, a stato solido, mediante CR39, e ad attivazione), il laboratorio/servizio per la misura della concentrazione di radon gas completato dall'attiguo laboratorio NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) per misure di radionuclidi "figli del radon" e naturali in genere, un Whole Body Counter (WBC) per la misura diretta di contaminazione interna, un centro di

metrologia per radiazioni ionizzanti (con le caratteristiche di un Centro Secondario di taratura SIT per fotoni, radiazione beta e neutroni) per la taratura di strumentazione di radioprotezione e dosimetria individuali. Inoltre è disponibile un'unità di calcolo che si avvale di avanzati metodi di modellistica numerica in grado di affrontare problemi inerenti la dosimetria e la radioprotezione, dal supporto alla caratterizzazione di strumentazione e di campi di radiazione alla valutazione di dose.
Nei centri di *Casaccia, Saluggia e Trisaia* sono presenti i laboratori che svolgono attività di misura della radioattività ambientale e di contaminazione interna per utenti interni ed esterni all'ENEA, pur con diverse potenzialità e caratteristiche.
Dal 2005 tali laboratori (descrizione dettagliata a pag. 55 e seg.)sono inseriti nella rete ALMERA (Analytical Laboratories for the Measurements of Environmental Radioactivity) della IAEA ed in questo ambito possono essere cooptati per la effettuazione di misure in caso di incidenti radiologici transfrontalieri o di altra natura..
In *Casaccia*, dove l'utenza interna ed esterna è maggiore, le misure di sorveglianza ambientale e di dosimetria interna sono effettuate da personale suddiviso in laboratori specifici:

- due WBC per alta e bassa energia,
- un laboratorio di radiotossicologia su campioni biologici
- un laboratorio di spettrometria ICP-MS
- un laboratorio di sorveglianza ambientale che discende dal tradizionale "Servizio di Fisica Sanitaria" degli anni '60.

Nei centri di *Casaccia, Saluggia e Trisaia*, l'Istituto dispone di laboratori per la preparazione ed il trattamento chimico e fisico dei campioni, per le misure chimiche, radio-chimiche e/o fisiche sul contenuto di radioattività dei campioni ambientali e/o alimentari e per le misure radio-tossicologiche sui campioni biologici.
I laboratori dei centri di *Saluggia e Trisaia* sono simili e con procedure rivolte prevalentemente alla misura radiometrica su campioni ambientali ed alimentari per tutti i tipi di radionuclidi, alla misure diretta di contaminazione interna con Whole Body Counter (WBC) e alle misure di radiotossicologia su escreti per scopi di dosimetria interna. In *Casaccia* sono inoltre presenti i laboratori per le attività di ricerca in radiobiologia (tecniche COMET-Fish e microarrays).
Presso i laboratori per campi misti (neutroni e gamma) di *Frascati* è invece possibile effettuare misure di radon in acqua, misure a termoluminescenza, misure di spettrometria gamma e misure di trizio in campioni ambientali e/o biologici.
Inoltre IRP partecipa alle iniziative di interconfronto e/o test di verifica organizzate da istituzionali nazionali e internazionali a cadenze regolari e non regolari.
In particolare **ogni anno**, per la *sorveglianza ambientale*, partecipa ai test di interconfronti organizzati dalla IAEA per i laboratori della rete ALMERA, per la *dosimetria interna* partecipa ai test di interconfronto internazionale organizzati dalla PROCORAD (società francese per la qualificazione delle misure, http://www.procorad.org), per la *misura di concentrazione di radon gas* in aria all'interconfronto internazionale organizzato dall'agenzia inglese HPA (Health Physics Agency).
IRP partecipa anche a tutte le iniziative nazionali e internazionali di interconfornto per la dosimetria esterna (che, a differenza delle precedenti, non hanno cadenza periodica).

4. Conclusioni

La dotazione strumentale insieme alle competenze scientifiche fanno di IRP un unicum nel Paese per completezza e multi-disciplinarietà nel campo della radioprotezione: un vero e proprio presidio scientifico, unico certamente per tematiche di dosimetria interna delle radiazioni ionizzanti. Non a caso, il personale dell'IRP costituisce la continuità storica delle attività di radioprotezione svolte da ENEA sin dagli albori del nucleare italiano e le competenze raccolte in IRP rispondono alle esigenze locali e nazionali su temi di dosimetria che sono identificati nel ruolo "nucleare" dell'ENEA ancora oggi. La dotazione strumentale e le potenzialità di misura dosimetriche di IRP sono anch'esse uniche nel territorio nazionale, per la completezza delle tipologie di misura di radioattività e di dosimetria fornite.

L'ISTITUTO DI RADIOPROTEZIONE: LE ATTIVITA'

Elena Fantuzzi
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

Una corretta pratica radiprotezionistica, ispirata a criteri stringenti di garanzia della qualità, si fonda sulla capacità di determinare sperimentalmente i campi di radiazione e le corrispondenti dosi rilasciate all'uomo ed all'ambiente. Alle tecniche sperimentali vengono necessariamente associati modelli per il trasporto di radiazione e per la valutazione e prevenzione dei rischi associati ad esposizioni dovute a sorgenti esterne e a contaminazioni interne, dovute in genere a inalazione od ingestione di sostanze radioattive.

2. Le attività

Le attività dell'Istituto di Radioprotezione possono essere suddivise in 3 linee principali:

- Attività di ricerca in radioprotezione e qualificazione delle tecniche di dosimetria
- Sorveglianza fisica di radioprotezione
- Servizi tecnici di dosimetria per utenti interni ed esterni

a) Attività di ricerca in radioprotezione

La ricerca in radioprotezione presuppone studi e ricerche sulle tecniche di dosimetria, sulle modalità di valutazioni di dose, sui danni delle radiazioni a basse dosi ed anche studi e simulazioni per valutazioni di sicurezza su impianti e/o facilities con presenza di rischi da radiazioni ionizzanti.

Le attività di ricerca e sviluppo che IRP svolge in dosimetria delle radiazioni vertono sulla progettazione, realizzazione e caratterizzazione di dosimetri personali o per il monitoraggio del radon in aria (su questo ultimo IRP ha registrato due brevetti italiani dal 2002 ad oggi), tecniche di misura e caratterizzazione degli aerosol radioattivi, in particolare per i radionuclidi naturali (radon e NORM) e sulla messa a punto di tecniche di misura di radiotossicologia su campioni biologici per valutazioni di dosimetria interna. Qui si inseriscono lo sviluppo e qualificazione di modelli numerici del corpo umano per il calcolo di parametri radioprotezionistici (ad esempio coefficienti di conversione fra grandezze fisiche e grandezze dosimetriche, e lefrazioni di energia assorbita dai vari organi nel caso di contaminazione interna per vari radionuclid).

IRP effettua anche ricerche sullo sviluppo di modelli metabolici per vari radionuclidi sulla base di dati di fisiologia e di informazioni sperimentali in scenari di contaminazione radioattiva (su uomo e animali). Questi ultimi studi, effettuati in pochi altri istituti di ricerca internazionali, sono utili alla comprensione del "percorso" dei radionuclidi nel corpo umano. Simili aspetti sono stati finora in un certo senso "standardizzati", attraverso la raccolta di ricerche internazionali sul tema, nelle pubblicazioni ICRP (e.g ICRP 30 e ICRP 100 per il tratto gastro-intestinale, ICRP 66 per l'apparato respiratorio, ICRP 67 per la fase sistemica, etc.). Tuttavia, proprio perché standardizzati, i modelli ICRP non sono sufficienti a descrivere tutti i casi possibili di contaminazione e pertanto sono necessari strumenti matematici, supportati da parametri ed ipotesi radioprotezionistiche, per valutazioni di dose *ad hoc*.

Tutte le attività di ricerca si avvalgono della competenza di dosimetria numerica (che in IRP sono presenti tradizionalmente e costantemente aggiornate al livello internazionale) che con l'ausilio delle tecniche Monte Carlo di trasporto delle radiazioni nella materia permettono valutazioni dosimetriche spesso impossibili sperimentalmente.

Inoltre, con studi in vitro ed in vivo di biologia molecolare e radiobiologia IRP indaga sui danni delle radiazioni a livello molecolare allo scopo di identificare le curve di rischio dose-effetto anche alle basse dosi.

La implementazione dei risultati delle ricerche nelle tecniche di dosimetria richiede una competenza ed aggiornamento sui *criteri e metodologie di qualificazione*. Infatti, anche la dosimetria come tutte le tecniche di misura deve essere sottoposta a verifiche di qualità. I laboratori di misure dosimetriche di IRP partecipano da oltre 20 anni a tutti gli interconfronti nazionali ed internazionali per misure di dosimetria.

Per esempio, agli interconfronti di misure di radiotossicologia organizzati annualmente da PROCORAD (F) a cui tutti i tecnici dei laboratori IRP sono iscritti e partecipano ai workshop annuali di discussione sui risultati e confronto delle varie tecniche di misura.

IRP partecipa regolarmente a Gruppi di Lavoro internazionali (ISO, IEC, IAEA, EURADOS) ed a progetti Europei per la definizione, la discussione e la validazione di linee guida, raccomandazioni internazionali sulle misure di dosimetria. Al momento, IRP partecipa con uno o più esperti ai seguenti gruppi di lavoro

internazionali: ICRP Task group INDOS (INternal DOSimetry), ISO WG13 ISO *Performance Requirements for internal dose evaluation of bioassay results,* ISO WG19 *Performance requirements for passive dosemeters for external dosimetry*, EURADOS WG *Assessment of internal exposures: uncertainty studies and guidelines,* WG EURADOS *Computational Dosimetry,* EURADOS WG *Harmonisation of Individual Monitoring in Europe,* EURADOS WG *Internal dosimetry: nuclear emergencies.*
Infine, i risultati delle ricerche, sviluppo e qualificazione sono disseminate regolarmente con attività di formazione a livello universitario, post-universitario e con la partecipazione a giornate di studio o convegni su temi di radioprotezione.

b) Sorveglianza fisica di radioprotezione

La normativa di radioprotezione (D.Lgs.230/95 e s.m.i.) impone a chi svolge pratiche con utilizzo di radiazioni ionizzanti la attuazione di un opportuno programma di *sorveglianza fisica di radioprotezione* e cioè specifiche azioni di monitoraggio ambientale ed individuale dei lavoratori esposti (in ENEA sono oltre 400). Ciò comporta la misura delle esposizioni alle radiazioni negli ambienti di lavoro e controlli dosimetrici individuali.
IRP svolge la sorveglianza fisica di radioprotezione per tutte le attività con rischi da radiazioni ionizzanti svolte in ENEA. L'attività è svolta attualmente presso 9 centri ENEA per 7 UTS e riguarda 3 impianti nucleari e pratiche di categoria A e B (ex D.Lgs.230/95) svolte in circa 50 laboratori. L'attività comprende:

- funzione di esperto qualificato per le attività con rischio da radiazioni ionizzanti;
- sorveglianza di radioprotezione operativa (dosimetria ambientale, sopralluoghi periodici negli impianti/laboratori, misure di caratterizzazione radiologica degli ambienti di lavoro);
- dotazione di tutti i laboratori/impianti degli idonei strumenti di monitoraggio dei campi di radiazioni e della loro intensità, (camere a ionizzazione, contatori proporzionali, rateometri, contaminametri, monitori mani-piedi, etc.)
- cura del buon funzionamento e taratura periodica dei monitori di radioprotezione;
- monitoraggio della radioattività ambientale secondo le prescrizioni tecniche ministeriali degli impianti TRIGA e TAPIRO del CR Casaccia;
- monitoraggio della radioattività ambientale intorno ai siti dei CR Saluggia e Trisaia, dove si rispettivamente trovano gli impianti EUREX e ITREC gestiti da SOGIN s.p.a.
- dosimetria individuale esterna (circa 10000 dosimetri all'anno) ed interna (quasi 1000 misure all'anno) per i lavoratori ENEA esposti alle radiazioni.

L'Esperto Qualificato assicura la sorveglianza fisica di radioprotezione per conto del Datore di Lavoro ENEA (nel caso di impianti nucleari per l'esercente dell'impianto) per le pratiche che comportino rischi con radiazioni ionizzanti nel rispetto della normativa vigente (D. Lgs.230/95 e s.m.i.). Ciò comporta, in routine, tutte le valutazioni di radioprotezione, preventive e non, relative ad una pratica, la predisposizione delle comunicazioni/relazioni per istanze di autorizzazione, la classificazione degli ambienti di lavoro e dei lavoratori, la predisposizione delle azioni necessarie per il monitoraggio dosimetrico delle aree di lavoro, le indicazioni sulla tipologia di monitoraggio dei lavoratori esposti, le valutazione dosimetriche individuali ed ambientali, nonché le comunicazioni periodica delle dosi.
Inoltre, l'Esperto Qualificato è a disposizione del Responsabile funzionale delle attività (Responsabile Macro Unità), del Datore di Lavoro e dei Referenti di laboratorio per tutte le pratiche radioprotezionistiche.
I ricercatori e gli Esperti Qualificati rispondono a richieste specifiche di valutazioni di radioprotezione per progetti che coinvolgono impianti e/o laboratori con rischi da radiazioni ionizzanti per l'ENEA.
IRP coordina le attività degli Esperti Qualificati in ENEA e fornisce assistenza alla Direzione dell'Ente per la formulazione di procedure di radioprotezione, documentazione tecnica in ottemperanza ai protocolli di sicurezza nucleare vigenti (EURATOM), nonchè per le istanze di autorizzazione a pratiche comportanti rischi da radiazioni ionizzanti.
L'attività di sorveglianza fisica e di radiprotezione per l'anno 2006 è riportata nella tabella 1.

c) Prestazioni di servizi tecnici per terzi

La necessità di svolgere funzioni tecniche di radioprotezione e di servizio dosimetrico per ENEA consente a IRP di mantenere viva una serie di competenze e di tecnologie. Tale attività di routine costituisce d'altronde uno stimolo al mantenimento e all'ottimizzazione delle tecniche adottate. Le tecniche sviluppate,

validate con gli studi sperimentali ed infine implementate in routine sono oggetto di fornitura di servizio svolto per terzi (oltre 400 utenti fra aziende private e PPAA) secondo un tariffario approvato dall'Ente.
Le attività di servizio comprendono aspetti prettamente "tecnici" e di "gestione", ovvero, formulazione di offerte, gestione dei clienti, procedure amministrative per l'emissione delle fatture, ecc.., al quale contribuisce, in larga parte, il Supporto Tecnico Gestionale (BAS ION-STG).
L'attività IRP svolta per terzi nell'anno 2006 è riportata nella tabella 2.

Tabella 1: attività di sorveglianza fisica e radioprotezione nel 2006

Attività di sorveglianza fisica di radioprotezione svolte	N. misure
Interventi di Radioprotezione Operativa (RPO) presso impianti e laboratori	2000
Dosimetria esterna (dosimetri forniti)	10000
Dosimetria interna (misure effettuate)	760
Dosimetria su campioni ambientale (misure effettuate)	4500
Monitoraggio radon: Misure	20*
Taratura strumentazione radioprotezione e dosimetri	100

**è terminata la campagna di screening ex lege con esiti di limitati obblighi di monitoraggio per l'Ente*

Tabella 2. Servizi tecnici di radioprotezione forniti per utenti esterni nel 2006

Servizio	Utenti	N. misure/anno
Dosimetria esterna	250	80 000
Monitoraggio radon	42	1 500
Dosimetria interna	10	1 500
Dosimetria su campioni ambientale	10	100
Taratura strumentazione radioprotezione	100	50

Oltre alle tre elencate linee di attività principali negli ultimi anni IRP è stata impegnata, in modo crescente nel tempo, in attività di formazione professionale per aspiranti esperti qualificati (vedi pag. 67).

3. Conclusioni

Le attività sopra descritte sono svolte in misura differente nelle diverse sedi IRP. Le attività dell'IRP di Bologna costituiscono il "motore" programmatico e (anche se non totalmente) economico di tutto l'Istituto. Anche le attività di Casaccia sono fondamentali, in particolare per la dosimetria interna e la sorveglianza della radioattività ambientale. Nella sede di Frascati non si svolgono attività di servizio, bensì sorveglianza fisica di radioprotezione ex lege e attività di ricerca in radioprotezione per impianti di grandi macchine acceleratici e di fusione nucleare.
Le sedi di Saluggia e Trisaia, a seguito della cessione degli impianti ed attività di ENEA a SOGIN, hanno subito un riassetto delle attività programmatiche, che sono in corso di ridefinizione. Ciò sta comportando una riorganizzazione delle attività. In particolare, a Saluggia sono stati avviati studi di radioprotezione per applicazioni mediche (come valutazioni dosimetriche per terapia metabolica con radionuclidi) in collaborazione con le strutture sanitarie locali.
L'insieme di competenze, risorse strumentali e prestazioni tecniche di IRP costituiscono una notevole potenzialità nel campo della radioprotezione. Certamente unica in Italia per completezza, multi-disciplinareità e capacità di rispondere anche a nuove esigenze, eventualmente in occasioni di emergenze radiologiche (come nel caso del recente episodio di contaminazione da Po-210).
La presentazione delle attività svolte ha lo scopo di fornire un sintetico quadro delle capacità di ricerca e d'intervento operativo dell'Istituto di Radioprotezione che, dislocato in cinque centri di ricerca (Bologna, Casaccia, Frascati, Saluggia e Trisaia) opera trasversalmente per tutte le Unità Macro in tutte le sedi ENEA.
Lo sviluppo contemporaneo delle componenti di ricerca insieme a quelle operative garantisce il mantenimento ed il continuo aggiornamento della qualità dei servizi di radioprotezione forniti all'interno ed all'esterno dell'Ente. Ciò permette anche un positivo impatto sulle attività di qualificazione (UNI, ISO, CEI, IEC) in cui l'Istituto è coinvolto.

COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI, PARTECIPAZIONE A INTERCONFRONTI E A PROGETTI EUROPEI

IL RUOLO DI IRP IN EURADOS

Elena Fantuzzi
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

L'Istituto di Radioprotezione è Membro Votante (Voting Member) di EURADOS (EUropean RAdiation DOSimetry Group). In quest'ambito si svolgono azioni di ricerca e studi comuni attraverso gruppi di lavoro e "concerted actions" o azioni di promozione dell'armonizzazione della radioprotezione fra tutti gli stati membri della UE.

2. ENEA-IRP come Membro Votante di EURADOS

EURADOS (http://www.eurados.org) è un'organizzazione sorta nel 1981 per iniziativa di un gruppo di ricercatori coinvolti in contratti ed azioni concertate promosse e finanziate dalla Unione Europea nel campo della dosimetria della radiazioni ionizzanti. Sin dall'inizio l'organizzazione ha promosso, e promuove tuttora, il coordinamento di programmi di ricerca, convegni, workshop, corsi di formazione specialistici e di interconfronti sulle metodiche di misura che costituiscono un riferimento di altissima qualità nel campo della ricerca europea in dosimetria delle radiazioni ionizzanti.
L'associazione, che conta attualmente 54 "*Voting Members*" (laboratori o istituti di ricerca, dipartimenti universitari, ecc.) dell'Unione Europea, ha sede legale in Olanda e costituisce di fatto un network di istituti di ricerca nel campo della dosimetria delle radiazioni ionizzanti. EURADOS, infatti, coordina numerose attività di ricerca, sviluppo e standardizzazione a cui partecipano decine di laboratori di riferimento in tutta Europa.
Per il raggiungimento dei suoi scopi EURADOS si basa sulla attività coordinata di diversi gruppi di lavoro, impegnati su una notevole varietà di temi di dosimetria (campi complessi di radiazione, dosimetria computazionale, dosimetria individuale, dosimetria in ambito medico ecc.) e nell'armonizzazione delle tecniche di monitoraggio individuale per la radioprotezione.
EURADOS agisce sulla base delle decisioni dell'*Assemblea Generale* dei *Voting Members* ed è coordinato nelle sue attività da un *Consiglio* costituito da 12 membri eletti dai Voting Members.

La partecipazione di IRP in EURADOS

Fin dalla creazione di EURADOS l'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA ha fornito un apporto continuo e incisivo alle attività della Organizzazione, ricoprendo il ruolo di *Voting Members* fin dagli anni '80.
Il responsabile dell'Istituto, Elena Fantuzzi, è dal 2004 membro del Consiglio *(Council*).
Inoltre, alcuni ricercatori dell'Istituto sono membri dei diversi working group che EURADOS finanzia direttamente o attraverso la partecipazione a progetti europei.
Nell'ambito del VI FP EURADOS e' uno dei coordinatori del progetto CONRAD che sta promuovendo un'indagine sulla necessità di fondare una rete europea di eccellenza di Laboratori coinvolti nella dosimetria delle radiazioni. CONRAD si articola in 4 Workpackages scientifici:

- Internal Dosimetry - 3 membri IRP: P. Battisti, C. M. Castellani, A. Luciani;
- Computational Dosimetry, di cui IRP detiene la Presidenza con G. Gualdrini;
- Medical Staff Dosimetry;
- Dosimetry in Complex radiation field – membro IRP S. Sandri.

EURADOS finanzia direttamente altri tre gruppi di lavoro:

- Harmonization in Individual Monitorino in EU - membro IRP: E. Fantuzzi
- Environmental dosimetry
- Aircrew Dosimetry

3. Conclusioni

La partecipazione alle attività di EURADOS permette ad IRP di essere costantemente in contatto con istituti di ricerca europei, ed in particolare con le unità e/o dipartimenti "analoghi" che si occupano della protezione dalle radiazioni ionizzanti. Ciò favorisce la formazione di gruppi di potenziali partner per progetti europei con ovbiettivi specifici in dosimetria delle radiazioni.

COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI E PARTECIPAZIONE A PROGETTI EUROPEI

Elena Fantuzzi
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

Le attività dell'Istituto sono inserite nel contesto della ricerca internazionale, in particolare europea.
Questa integrazione è garantita dalla partecipazione a gruppi di lavoro e organismi internazionali (ISO, IEC, IAEA, EURADOS) e commissioni di riferimento nel campo della radioprotezione (ICRP, ICRU) degli esperti IRP (vedi appendice), nonché dalle collaborazioni con altri "istituti di radioprotezione" europei (HPA nel Regno Unito, IRSN in Francia, PTB, GSF, KFK in Germania, CIEMAT in Spagna etc.).
Inoltre, l'Istituto oltre ad essere Membro Votante di EURADOS (EUropean RAdiation DOSimetry Group) è partner in 2 progetti europei.

CONRAD (http://www.eurados.org) - Contratto N. (FP6) 12684

Nell'ambito del *VI Framework Programme (2005-2007)* EURADOS e' promotore del progetto CONRAD che si articola in 4 *Workpackages* (WP) di coordinamento di ricerca scientifica. IRP è coinvolto nel progetto con la partecipazione a 3 WP.
Il progetto CONRAD (A Coordinated Network for Radiation Dosimetry) è finanziato dalla Unione Europea all'interno del 6° Framework Programme diretto da EURADOS, l'Università Tecnologica di Delft (Paesi Bassi) e l'Università di Sant Gallen (Svizzera).
L'Istituto di Radioprotezione:

- dirige con Gianfranco Gualdrini il *WP4-Computational Dosimetry*, che sta attualmente promuovendo un interconfronto internazionale su 8 problemi standard (con riscontro sperimentale), attraverso il quale si intende dare impulso alla analisi delle incertezze legate alla modellazione Monte Carlo in campo dosimetrico. E' inoltre stato distribuito un questionario che a livello europeo vorrebbe fare il punto della situazione sulle metodologie adottate dai gruppi sia sperimentali sia di calcolo per l'analisi delle incertezze dei risultati. IRP curerà l'organizzazione del workshop conclusivo che si svolgerà ad ottobre 2007 a Bologna.
- partecipa con Paolo Battisti, Carlo Maria Castellani, Andrea Luciani, nel *WP5-Internal Exposures*. In particolare la presenza IRP è focalizzata sul subtask 1-Incertezze associate con le valutazioni di dose da intake da radionuclidi e aggiornamento delle linee guida del progetto IDEAS, sul subtask 2-Modelli biocinetici e sul subtask 4-Interpretazione dei dati di monitoraggio dei lavoratori a seguito di esposizioni accidentali dovute anche ad attacchi terroristici.
- Partecipa con Sandro Sandri al *WP6-Complex Mixed radiation field at workplaces* in particolare per la caratterizzazione e la misura dei campi di radiazione intorno alle facility per la fusione.

ENETRAP (http://www.sckcen.be/enetrap) - Contratto N. (FI6O) 516529

L'Unione Europea ha individuato nel mantenimento di un adeguato livello di competenze nel campo della radioprotezione uno degli elementi basilari per un sicuro e corretto utilizzo delle radiazioni ionizzanti in ambito industriale, medico e della ricerca. Il progetto ENETRAP ha lo scopo di favorire l'armonizzazione dei processi di *Education and Training* (E&T) degli Esperti Qualificati nella UE. Cio favorirà in particolare il mutuo riconoscimento in ambito europeo delle qualifiche e competenze degli addetti alla radioprotezione permettendo quindi anche la libera circolazione degli stessi nell'ambito del comune mercato del lavoro.
Il progetto, avviato nel 2005, ha una durata di 2 anni e vede coinvolto l'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA (Andrea Luciani) insieme al Belgian Nuclear Research Centre (SCK•CEN, Belgio), The Institute for Nuclear Sciences and Technology (INSTN, Francia), Forschungszentrum Karlsruhe (FZK-FTU, Germania), Federal Office for Radiation Protection (BfS, Germania), The Nuclear Research & Consultancy Group (NRG, Paesi Bassi), The Research Centre for Energy, Environment and Technology (CIEMAT, Spagna), The Health Protection Agency (HPA - RPD, Regno Unito), Université Catholique de Louvain (UCL, Belgio), Université Joseph Fourier (UJF, Francia), North Highland College (NHC, Scozia).

Conclusioni

L'attività IRP è in stretta connessione con gli analoghi istituti di ricerca internazionali. Al momento le attività svolte attraverso finanziamenti (anche se limitati) della CE, costituiscono un insostituibile mezzo di aggiornamento delle attività di ricerca svolte nel campo della dosimetria, di collaborazione e di scambio di informazioni utili a mantenere la radioprotezione in ENEA adeguata allo stato dell'arte internazionale.

EURADOS WG2: HARMONIZATION IN INDIVIDUAL MONITORING IN EUROPE

Elena Fantuzzi
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

Il Working Group 2: *Harmonization in Individual Monitoring in Europe* è attivo dal 1997 grazie a finanziamenti della UE nel 5° e 6° Programma Quadro. Esso è costituito dai alcuni tra i massimi esperti europei in dosimetria individuale ed ha un rappresentante per ogni paese europeo o almeno un *contact point* per acquisire le informazioni in ciascun paese, anche di quelli che recentemente sono entrati nell'Unione Europea. Un volume dedicato della rivista Radiation Protection Dosimetry(1) ha raccolto i principali risultati delle iniziative intraprese. Tale volume raccoglie, infatti, le informazioni aggiornate sullo stato di implementazione degli standard e delle raccomandazioni internazionali, un aggiornamento del catalogo precedentemente pubblicato dei sistemi dosimetrici in uso, dettagliate informazioni riguardo la dosimetria individuale e lo stato dell'arte dei dosimetri attivi e di nuovi prototipi in studio nei paesei europei. Riporta inoltre suggerimenti e statistiche sui protocolli di qualità messi in atto dai vari laboratori allo scopo di garantire l'affidabilità della misura di dose.
I risultati ottenuti dal WG2 hanno determinato la scelta del council di Eurados di finanziarne direttamente l'attività, per il periodo giugno 2005-dicembre 2006, su alcuni aspetti importanti anche in funzione di future attività:

- Analisi e preparazione di una review delle attuali (datate) *Technical Recommendation for External Dosimetry of Exposed Workers*, pubblicate dalla Commissione Europea nel 1994.
- Studio di fattibilità per l'organizzazione di un inter-confronto europeo "auto-sostenibile", in ambito EURADOS a cui potranno partecipare tutti i servizi dosimetrici europei.

2. Attività del WG2

Il gruppo di lavoro è composto da 14 *full members* (tra cui Elena Fantuzzi), da oltre 25 *corresponding members* che sono "national contact points" per temi di dosimetria individuale.
I lavori del WG2 sono asegnati a due sottogruppi (formati principalmente da full members), ai quali ha partecipato anche Elena Fantuzzi, che hanno terminato il lavoro assegnato e presentato le conclusioni al Council di EURADOS.

<u>Sottogruppo 1:</u> il lavoro preliminare di revisione dell'attuale pubblicazione CE ha permesso di presentare una proposta alla call della DG TREN con le opportune proposte di modifiche ed integrazioni del documento (tra cui una proposta di verifica e condivisione presso i Paesi membri e commissioni e istituzioni internazionali ed europee, nonché sottomissione all'approvazione del gruppo dell'art.31 EURATOM presso la CE). Il progetto, coordinato GAEC (GR), avente EURADOS come partner, ha vinto la selezione e sarà finanziato dalla DG TREN. EURADOS fungerà come "network" sfruttando i numerosi ed efficaci contatti nazionali costruiti dal gruppo di lavoro nel corso degli ultimi 10 anni. Il progetto avrà durata di 2 anni.

<u>Sottogruppo 2:</u> è stata fornita al Council una proposta organizzativa per la realizzazione dell'interconfronto su scala europea e periodica attraverso un Task group (già individuato su base volontaria) e uno o più laboratori di metrologia con i quali EURADOS stipulerà un contratto di fornitura. La tassa di partecipazione (stimata attorno a 1500 euro su un'utenza complessiva di 40 partecipanti) potrà coprire le spese di irraggiamento ed il lavoro organizzativo e scientifico di elaborazione dati. EURADOS fungerà da organizzazione "super-partes", come già nel 1999, data dell'ultimo interconfronto europeo in tale ambito. Si prevede che il primo interconfronto potrà tenersi nel corso del 2008.

3. Conclusioni

Il WG2 ha dimostrato di costituire un'elevata potenzialità di competenza e di organizzazione, disseminazione dei risultati in ambito europeo e presso la CE stessa.

[1] J.W.E. van Dijk, T. Bolognese-Milszttajn, E. Fantuzzi, M.A. Lopez Ponte, H. Stadtmann Editors: *Harmonisation of Individual Monitoring in Europe*, Radiat Prot Dosim. 2004 112 (1) – Special issue

CONRAD WORK PACKAGE 4: COMPUTATIONAL DOSIMETRY

Gianfranco Gualdrini
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

Nell'ambito del VI Framework Programme dell'Unione Europea il Progetto CONRAD, coordinato da EURADOS (European Dosimetry Group) ed Università di St. Gallen ha svolto il suo secondo anno di attività nel 2006. Il Progetto ha l'obiettivo di coordinare attività di ricerca nell'ambito delle principali discipline della dosimetria individuale finalizzata alle attività di radioprotezione negli ambienti di lavoro. E' stata promossa una indagine conoscitiva in campo europeo per testare le modalità adottate dai diversi laboratori europei di dosimetria nel valutare le incertezze sia delle misure sia delle valutazioni modellistiche. Nel 2006 si sono svolte significative attività in collaborazione fra il WP4 (Computational Dosimetry coordinato da ENEA-IRP) con gli altri tre Task CONRAD: Dosimetria Interna, Dosimetria nei campi di radiazione complessi, Dosimetria per il personale medico.

2. Interconfronto Internazionale: misure, calcoli dosimetrici e valutazione delle incertezze

Il WP4 Computational Dosimetry (ex-QUADOS) durante il 2006 ha coinvolto circa quindici membri stabili e trenta membri corrispondenti nelle sue attività. Si è registrata una soddisfacente risposta sugli otto problemi proposti riguardanti la dosimetria e metrologia delle radiazioni ionizzanti (1). In parallelo, con la specifica collaborazione del WP5 (internal Dosimetry) è stato proposto un confronto internazionale di simulazioni Monte Carlo per le misure in vivo di attinidi osteotropi nell'osso (Am-241 in specifico) con la partecipazione di tredici laboratori (in tabella è mostrata la partecipazione per Paese alle iniziative proposte).

Paese del laboratorio	Rivelatore al silicio (neutroni)	Sfere di Bonner (neutroni)	Facility SIGMA (neutroni)	Facility metrologia fotoni	Bagno Manganese (neutroni)	Urto anelastico (neutroni)	Rivelatore RADFET (fotoni)	Fantoccio ginocchio per attinidi
AT							1	
BE								1
BR					1			1
CA								1
CH				2				
CZ				1				1
DE	3	1		1				2
ES		3	1	1	1			2
FR	1		1	2	1		1	1
IT		1						1
JP								1
KR		1						
PL	1	2	1	1				
PT		1						
RS							1	
RU		1		1				
SI						1		
UK	1	1	1	1	1		2	2
US	1	2	1	2	2	1		
totale	**7**	**13**	**5**	**12**	**6**	**2**	**5**	**13**

Inoltre WP-4 ha contribuito alla caratterizzazione dei campi intorno ad un acceleratore di ioni carbonio per uso medicale (GSI-Germania), oggetto di una campagna di misura a livello europeo (WP6: Complex Radiation Fields) ed ad una serie di studi per la radioprotezione del personale medico in scenari di radiologia interventisitca.

3. Conclusioni

Le attività del Gruppo di lavoro 4 (Computational Dosimetry) culmineranno nel Workshop Conclusivo in programma a Bologna dall'8 al 10 ottobre 2007 [1] .

[1] CONRAD Project WP4 (Computational Dosimetry: www.eurados.org)

CONRAD WORK PACKAGE 5.1 E 5.2: INTERNAL EXPOSURES

Carlo Maria Castellani, Andrea Luciani
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

Nell'ambito del 6° Programma Quadro della Comunità Europea per l'Energia Atomica (EURATOM) è stato finanziato un progetto nella forma di "Coordination Action" per sostenere il network di eccellenza finalizzato alla dosimetria delle radiazioni ionizzanti (Progetto CONRAD: A Coordinated Network for Radiation Dosimetry). Le attività di dosimetria interna a cui partecipa l'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA sono svolte all'interno del pacchetto di attività (Work Package WP) WP5 : "Internal Dosimetry" coordinato da M.A. Lopez del Centro di Ricerche del CIEMAT (Spagna). Attualmente si è al secondo anno di attività dei diversi Task:

5.1 Stima delle incertezze associate alla valutazione di dose e aggiornamento delle linee guida IDEAS.

5.2 Studi sui nuovi modelli biocinetici proposti da ICRP e NCRP;

5.4 Interpretazione delle misure di monitoraggio della contaminazione interna per i lavoratori impegnati in situazioni di emergenza in seguito a rilasci accidentali o deliberati di radionuclidi.

2. Stato di avanzamento

Task 5.1: le attività del 2006 hanno coinvoltola redazione delle metodologie di valutazione dei parametri di incertezza da associare ai diversi tipi di misure radiotossicologiche (Scattering Factor) necessari per la valutazione di dose. Nella prima parte dell'anno è stata messa a punto la procedura di calcolo che prevede l'interpolazione con funzioni esponenziali dei risultati di bioassay conseguenti ad incidenti di contaminazione interna e successiva valutazione dello deviazione del dato misurato dall'andamento interpolato. Nella seconda parte dell'anno sono state effettuate numerose valutazioni radioisotopi e modalità di introduzione di interesse, sia per urine che per feci. Come risultato si è valutato in media un valore di SF pari a 1.7 per le urine (è stato quindi confermato il valore riportato nelle linee guida IDEAS) e pari a 1.9-3.5 cioè nella parte inferiore dell'intervallo indicato nelle linee guida IDEAS [1].
Nel corso dell'anno è stata realizzata e aggiornata una pagina web all'interno del sito ENEA di Bologna per rendere disponibile tutta la documentazione preparata durante il progetto IDEAS e per seguire le fasi del WP5.1 di CONRAD. (http://www.bologna.enea.it/attivita/ideas.html.)

Task 5.2: le attività del 2006 si sono concentrate sulla qualificazione dei software utilizzati per l'implementazione del nuovo modello biocinetico del tratto alimentare (HAT: Human Alimentary Tract). A tal fine sono stati effettuati degli esercizi di simulazione della biocinetica di alcuni radionuclidi nel caso di contaminazione via ingestione e i risultati sono stati confrontati con quelli di altre istituzioni europee partecipanti al progetto. E' stato anche definito e preliminarmente studiato un parametro biocinetico (ripartizione dell'attività fra fegato e scheletro) che permetta di adattare il generale modello biocinetico per i transuranici alle possibili variazioni individuali. Sono in fase di studio gli effetti che la variazione di questo parametro ha su alcuni osservabili (ad esempio l'escrezione urinaria e fecale per il Plutonio).

[1] J. W Marsh, E. Blanchardon, C.M. Castellani et. al. *Evaluation of scattering factor values for internal dose assessment following the IDEAS guidelines: preliminary results* submitted a Radiation Protection Dosimetry: Proceedings of Workshop "Internal Dosimetry of Radionuclides Occupational, Public and Medical Exposures", Montpellier (F) 2-5 October 2006.

[2] D. Noßke, V. Berkovski, A. Birchall, E. Blanchardon, M.C. Cantone, K. Davis, A. Giussani, A. Luciani, J. Marsh, U. Oeh, H. Ratia and M.A. Lopez. *The Work of the CONRAD Task Group 5.2: "Research Studies on Biokinetic Models"* submitted a Radiation Protection Dosimetry: Proceedings of Workshop "Internal Dosimetry of Radionuclides Occupational, Public and Medical Exposures", Montpellier (F) 2-5 October 2006.

CONRAD WORK PACKAGE 6: COMPLEX MIXED RADIATION FIELDS AT WORKPLACES

Sandro Sandri, Carlo Nobili
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Frascati

1. Premessa

Il gruppo di lavoro impegnato nell'attività CONRAD WP6 [1] nel 2006 è stato di fatto coordinato da Marco Silari del CERN di Ginevra, benchè il chairman ufficiale sia David Bartlett del NRPB inglese. IRP partecipa da poco più di un anno con un corresponding member all'attività del gruppo ed ha fornito supporto alle due iniziative seguenti:

1- preparazione e pubblicazione di un volume contenente le principali metodiche di radioprotezione presso acceleratori ed impianti sperimentali per fusione nucleare in Europa;

2- interconfronto di misure in campi misti intorno ad un impianto europeo con acceleratori.

2. Il contributo IRP

Nella realizzazione del rapporto sulle metodiche di misura presso acceleratori ed impianti a fusione nucleare in Europa, IRP ha contribuito trasferendo principalmente l'esperienza maturata nella radioprotezione per gli impianti sperimentali a fusione nucleare. Tenendo conto di questa specifica esperienza, la problematica portata da IRP è diventata parte dell'attività di studio del WP6 e lo sviluppo relativo a questa parte è stato curato nel rapporto quasi esclusivamente dal corresponding member del nostro Istituto. Sono state così considerate esperienze relative alle attività svolte non solo presso il Centro ENEA di Frascati, ma anche presso l'impianto europeo Jet in Gran Bretagna e per la progettazione dell'impianto ITER, la cui costruzione inizierà presto in Francia.

IRP ha partecipato anche alla fase preparatoria ed esecutiva dell'interconfronto di misure avvenuto all'acceleratore GSI a Dresda in Germania, contribuendo con un buon numero di strumenti passivi per la misura di dose da x, gamma e neutroni. Per la dosimetria neutronica sono stati impiegati in questo caso dosimetri moderati in cilindro di polietilene e dosimetri a tracce normalmente usati nella routine della radioprotezione e gestiti completamente da IRP a Frascati o a Montecuccolino.

3. Conclusioni

Il contributo IRP all'attività del CONRAD WP6 nel primo anno di partecipazione, si è dimostrato utile nella preparazione di un rapporto pubblicato come Yellow Book del CERN [2] e nella realizzazione di una campagna di interconfronto di misure alla quale ha partecipato anche personale dell'Istituto non membro del WP. I risultati delle misure di interconfronto saranno esaminati il prossimo anno nell'ambito delle iniziative del WP6.

[1] sito web EURADOS: www.eurados.org

[2] AA.VV. *Complex workplace radiation fields at European high-energy accelerators and thermonuclear fusion facilities*. Yellow Book CERN 2006-07, 24 July 2006

PROGETTO EUROPEO ENETRAP: SECONDO ANNO DI ATTIVITÀ

Andrea Luciani
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

Le attività svolte dall'Istituto di Radioprotezione nel quadro del progetto ENETRAP [1] hanno interessato principalmente l'organizzazione e la elaborazione dei risultati di un questionario distribuito in ambito europeo circa le necessità e capacità di formazione di esperti in radioprotezione (radiation protection expert, RPE). Tali informazioni sono necessarie per dimensionare e definire le attività di formazione e training in radioprotezione in ambito europeo attraverso l'istituzione di un master (European Master in Radiation Protection) e di corsi professionali (Enetrap Training Scheme) in radioprotezione, che sono le finalità ultime a cui è chiamato a rispondere il progetto ENETRAP.

2. Risultati e analisi preliminare

Il questionario si è articolato in sezioni dedicate a diversi aspetti quali le capacità e infrastrutture presenti nei vari paesi per la formazione in campo radioprotezionistico, gli aspetti regolatori e quindi i minimi requisiti che ogni paese ritiene necessari per il mutuo riconoscimento degli esperti di radioprotezione, la struttura e le basi giuridiche che ogni paese ha posto alla base dell'attività di training in radioprotezione, l'esistenza di corsi accademici o di altro tipo esplicitamente finalizzati alla formazione in radioprotezione. Al questionario hanno risposto 28 paesi europei (25 paesi della Unione Europea più Bulgaria, Croazia e Svizzera). L'analisi delle risposte al questionario è attualemente in fase finale di elaborazione [2] ma alcune indicazioni di rilievo possono essere già illustrate. In ambito europeo lavorano circa 110.000 esperti in radioprotezione. Tuttavia vi sono delle significative variazioni nella definizione della figura di esperto di radioprotezione, anche fra quei paesi che hanno implementato nella propria legislazione nazionale la Direttiva Europea 96/29 [3] in cui è stata introdotta la figura di "esperto qualificato" (termine utilizzato anche nella legislazione italiana). A titolo di esempio la Spagna ha indicato come esperti in radioprotezione (presumibilmente quindi con incarichi in parte simili a quelli che in Italia sono propri degli esperti qualficati) gli addetti che genericamente sono impegnati nel campo della fisica medica. Di particolare importanza è anche la presenza in alcuni paesi della figura di "addetto alla radioprotezione" (Radiation Protection Officer, RPO) la cui definizione in alcuni paesi (Germania, Finlandia, Croazia) può essere considerata come equivalente a quella di un esperto qualificato, mentre in altri (Irlanda, Regno Unito) ha compiti più esecutivi e richiede solo una generale conoscenza dei principali aspetti della radioprotezione.
Per quanto riguarda l'adeguatezza, percepita da ogni paese, del numero di esperti in radioprotezione, il 40 % dei paesi indica come tale numero sia sufficiente alle esigenze e problematiche di radioportezione presenti sul proprio territorio. Tale giudizio è stato confrontato con altri dati forniti nel questionario che dovrebbero dimensionare le esigenze radioprotezionistiche nazionali (ad esempio numero e complessità delle attività con utilizzo di radiazioni ionizzanti, numero di lavoratori professionalmente esposti). Per questo motivo il numero di RPE è stato normalizzato al numero medio di lavoratori per ogni attività con utilizzo di radiazioni ionizzanti. Tal variabile così definita è risultata essere strettamente correlata (anche mediante un'analisi statistica con test di Mann-Whitney) al giudizio fornito da ogni paese circa l'adeguatezza del proprio numero di esperti di radioportezione: tutti i paesi con i valori più alti di questa variabile sono anche quei paesi che giudicano adeguato il numero degli esperti operanti nel proprio territorio nazionale.

[1] A. Luciani, *Progetto Europeo ENETRAP: European Network on Education and Training in Radiation Protection*. In "Istituto di Radioprotezione – Anno 2005", Rapporto Tecnico Interno ENEA, RTI ION-IRP (2006) 1.

[2] *Report on training needs and capabilities (WP2 and WP3: Progress report on the status of the questionnaire results)*. Report, SCKCEN (Draft), 2006.

[3] Direttiva 96/29/Euratom del Consiglio del 13 maggio 1996 che stabilisce le norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti, G.U. n. L 159 del 29/06/1996.

STANDARD ISO NEL CAMPO DELLA DOSIMETRIA INTERNA

Andrea Luciani
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

Nell'ambito del gruppo di lavoro 13 dell'ISO (ISO/TC85/SC2 WG 13 "Performance requirements for internal dose evaluation of bioassay results) sono state continuate le attività di normazione sia nel campo dei criteri di prestazione (Performance Criteria) per le tecniche di misura della contaminazione interna che nel campo della programmazione del monitoraggio della contaminazione interna e della relativa valutazione di dose.

2. Norme emanate e in fase di elaborazione

Per quanto riguarda il monitoraggio della contaminazione interna è stata completata e definitivamente pubblicata la norma ISO 20553 "*Radiation protection – Monitoring of workers occupationally exposed to a risk of internal contamination with radioactive material*". E' quindi ora disponibile una procedura normata che permette di determinare quando è necessario implementare un piano di monitoraggio della contaminazione interna e come determinarne le caratteristiche essenziali (frequenza del monitoraggio, tipologia delle misure da effettuare in relazione al radionuclide di interesse e ai livelli di dose).
Le proposte di norma NWI (New Work) "*Performance Criteria for Radiobioassay: detection limit, minimum testing level, relative bias and precision – Rationale and specific applications*" e NWI "*Dose assessment for the monitoring of workers for internal radiation exposure*" sono state sottoposte a votazione da parte dei paesi membri per poter diventare effetivamente progetti di norma. Entrambe sono state approvate come nuovi progetti norma. Per entrambe è prevista la redazione di una prima bozza entro il 30 giugno 2007.
Per quanto riguarda il primo progetto di norma è attualmente in fase di elaborazione l'appendice in cui verranno riportate tutte le equazioni base necessarie per calcolare il 'detection limit' (che sostiuirà il concetto di MDA, minimum detectable activity) per le principali tecniche di misura della contaminazione interna. Verrano anche forniti degli esempi numerici per poter agevolare l'applicazione della norma stessa e soprattutto per rendere evidente la pecularità del nuovo approccio che adotta una statistica di tipo bayesiano e considera tutte le sorgenti di incertezza (non solo quindi quelle legate alla variabilità di conteggio).
Per quanto riguarda il secondo progetto di norma, è stato per ora definito il campo di applicazione. Infatti essendo la valutazione di dose un procedimento legato al peculiare caso di contaminazione trattato (radionuclide, tipo di misura e monitoraggio, scenario della contaminazione), la normazione di questo settore può essere difficilmente realizzabile. Per questo motivo, mentre esistono delle linee guida per la valutazione di dose anche in casi estremamente complessi (progetto IDEAS [1]), il campo di applicazione della norma è stato ristretto a quei casi per cui le dosi sono inferiori a valori radioprotezionisticamente significativi (ordine del millisievert) e per cui non sono richiesti algoritmi e procedure di valutazione di dose difficilmente normabili. Tuttavia questi casi, rappresentando la maggior parte delle valutazioni di dose correntemente effettuate, restano di particolare interesse e quindi sono oggetto di una norma specifica.

3. Conclusioni

L'Istituto di Radioprotezione contribuisce significativamente alla redazione delle norme emanate o in fase di progetto di cui sopra. Esse sono strettamente inerenti alle proprie competenze e attività e allo stesso tempo vanno spesso a colmare un vuoto regolatorio nel contesto italiano dove non esistono nel campo della dosimetria interna delle linee guida e dove l'attività di armonizzazione e validazione delle metodiche usate (sia sperimentali che metodologiche della valutazione di dose) sono state espletate da questo stesso istituto mediante interconfronti conditti a livello nazionale ([2, 3]).

[1] Project IDEAS. General guidelines for the estimation of committed dose from incorporation monitoring. Contract N° FIKR-CT2001-00160, http://www.bologna.enea.it/attivita/ideas.html.
[2] G. Tarroni et al.: *An Intercomparison among the Whole Body Counter Centres Operating in Italy*, Physica Medica, XI, 103-110, 1995.
[3] C.-M. Castellani e A. Luciani *Interconfronto sulla valutazione di dose da contaminazione interna – esercizio 2001*, Rapporto Tecnico ENEA RT/2002/ION, Roma, 2002.

ATTIVITA' DI RICERCA, SVILUPPO E QUALIFICAZIONE

IMPLEMENTAZIONE ED INTERCONFRONTO SUL NUOVO MODELLO BIOCINETICO DELL'ICRP PER IL TRATTO GASTRO-INTESTINALE ("HAT")

Andrea Luciani
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

L'ICRP è in fase di adozione di un nuovo modello biocinetico del tratto gastro-intestinale (HAT: Human Alimentary Tract) che andrà a sostituire il modello risalente agli anni settanta della Pubblicazione 30 [1]. Nell'ambito del Work Package 5.2 del progetto CONRAD (vedi relativa articolo nella sezione "Collaborazioni internazionali e partecipazione a progetti Europei" del presente fascicolo), l'Istituto di Radioportezione ha implementato il modello HAT biocinetico del tratto gastrointestinale (HAT: Human Alimetary Tract) in un foglio di calcolo Mathematica [2] qualificandone le prestazioni mediante un interconfronto con altre istituzioni europee partecipanti al progetto.

2. Esericizi proposti per l'interconfronto

Il modello HAT si caratterizza per un estremo dettaglio degli organi e tessuti determinati la biocinetica dei radionuclidi introdotti per ingestione (Fig. 1). Esso è caratterizzato da specifici valori dei ratei di trasferimento in relazione all'età e al sesso del soggetto.

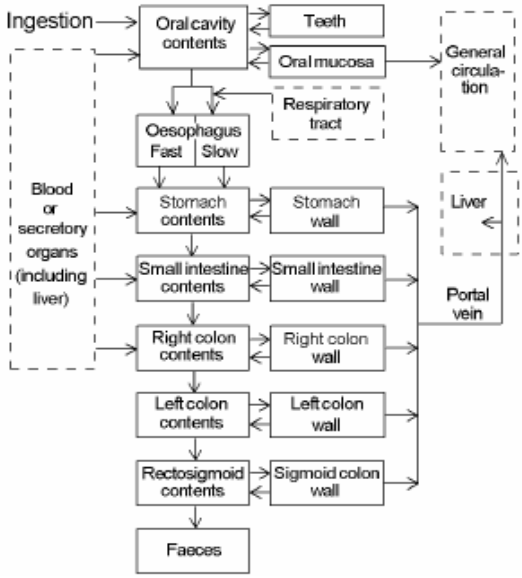


Figura 1: Nuovo modello biocinetico dell'ICRP per il tratto alimetare

Nel quadro dell'interconfronto sono state calcolate le funzioni di escrezione urinaria e il numero di trasformazioni nei vari organi e tessuti nell'arco dei 50 anni per diversi radionuclidi in diverse condizioni di assorbimento dai vari tratti del sistema gastrointestinale alla circolazione sanguigna:

- ^{133}Te, ^{18}F, ^{99m}Tc, ^{127}Te, ^{123}I, ^{111}In, ^{201}Tl, ^{141}Ce, ^{60}Co, ^{129}I, ^{238}U, con assorbimento diretto dal contenuto dell'intestino tenue;
- ^{131}I con assorbimento diretto dal contenuto dello stomaco e dell'intestino tenue;
- ^{59}Fe con assorbimento dal contenuto dell'intestino tenue attraverso le pareti dell'intestino stesso;

^{90}Sr e ^{234}Pu con assorbimento diretto dal contenuto dell'intestino tenue con valori specifici per i diversi prodotti di decadimento (^{90}Y e ^{234}Np, ^{230}U, ^{226}Th).

3. Conclusioni

I risultati circa i valori delle funzioni di escrezione urinaria e del numero di trasformazioni sono risultati essere in pieno accordo con i valori calcolati dalle altre istituzioni europee partecipanti all'interconronto. Per il prossimo anno di attività è prevista la connessione del modello del tratto gastrointestinale con il modello sistemico del Plutonio per poter qualificare il foglio di calcolo Mathenatica i cui è stato implementato anche per fini di valutazione dosimetrica.

[1] International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 30, (1979).

[2] Mathematica, by Wolfram Reserarch 100 Trade Center Drive, Champaign, IL 61820-7237 USA

METODOLOGIE ATTUALI ED IN FASE DI SVILUPPO PER LA MODELLAZIONE DELLA BIOCINETICA DEI RADIONUCLIDI "SURFACE-SEEKING" NELLO SCHELETRO

Andrea Luciani
ENEA – BAS - ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

I radionuclidi, quali l'americio e il plutonio, sono stati sempre caratterizzati di particolare interesse radioprotezionistico data la loro elevata radiotossicità e il complesso comportamento metabolico. Tali radionucldi vengono detti "surface-seeking" in seguito ad una contaminazione interna si depositano pirncipalmente sulle superfici ossee. Per questo la modellazione biocinetica dello scheletro riveste una particilare importanza nello studio del loro metabolismo.

2. Modelli biocinetici dello scheletro

A partire dalla Pubblicazione 67 dell'ICRP [1], che rappresenta ancora il riferimento per la modellazione biocinetica dei radionuclidi in questione, si sono succeduti diversi studi con lo scopo, da un lato, di migliorare l'affidabilità dei modelli nel predirre i dati di bioassay (escrezione urinaria, ecc.) usati nel monitoraggio della contaminazione interna, e, dall'altro lato, di aumentarne il realismo fisiologico affinché i modelli siano affidabili per le valutazioni di dose e quindi le stime di rischio.
Possiamo quindi individuare due tipologie principali di modelli:

- Modelli basati sull'ICRP 67 o da questo derivati, in cui la frazione di radionuclide, *f*, deposta dal sangue nei tessuti scheletrici e i ratei di rimozione, *r*, sono ottenuti in parte sui valori di rimodellazione e rigenerazione del tessuto osseo e in parte sono assunti sulla base della necessità di predirre accuratamente i dati di biossay: questo tipo di approccio, se da un lato assicura la migliore capacità predittiva del modello, dall'altra comporta spesso assunzioni che non hanno una chiara giustificazione fisiologica a scapito delle prestazioni dosimetriche del modello stesso;
- Modelli basati sull'approccio proposto da Polig [2] in cui i parametri *f* ed *r* sono calcolati sulla base delle attuali conoscenze circa la fisiologia del tessuto osseo e sulla base dei valori sperimentalmente accertati per alcuni parametri istomorfometrici: questo secondo tipo di approccio privilegia lo sviluppo di modelli che siano al massimo grado conformi alle attuali conoscenze di fisiologia del tessuto osseo con particolari vantaggi per le prestazioni dosimetriche dei modelli stessi.

A titolo di esempio si riporta come nei modelli di secondo tipo è valutata la frazione di radionuclide, deposta sulla superficie e nel volume osseo trabecolare (f_{rt} e f_{tc}) e corticale (f_{rc} e f_{fc}):

$$f_{rt} = \frac{f_{skel}}{\left(1+\frac{\sigma_{Ft}}{q_{rf}\sigma_{Rt}}\right)\cdot\left(1+q_{ct}\frac{S_c}{S_t}\right)} \quad f_{ft} = \frac{f_{skel}}{\left(1+q_{rf}\frac{\sigma_{Rt}}{\sigma_{Ft}}\right)\cdot\left(1+q_{ct}\frac{S_c}{S_t}\right)} \quad f_{rc} = \frac{f_{skel}}{\left(1+\frac{\sigma_{Fc}}{q_{rf}\sigma_{Rc}}\right)\cdot\left(1+\frac{S_t}{q_{ct}S_c}\right)} \quad f_{fc} = \frac{f_{skel}}{\left(1+q_{rf}\frac{\sigma_{Rc}}{\sigma_{Fc}}\right)\cdot\left(1+\frac{S_t}{q_{ct}S_c}\right)}$$

A parte la deposizione totale nello scheletro, f_{skel}, valutata sulla base dei dati di bioassay come nei modelli di tipo ICRP, tutti gli altri parametri sono ricavati da studi istomorfometrici (superficie dell'osso trabecolare e corticale S_t e S_c, tempi di formazione, σ_{Ft} e σ_{Fc} e quiescenza, σ_{Rt} e σ_{Rc} dell'osso trabecolare e corticale, sFt) o da analisi autoradiografiche di sezioni del tessuto osseo di soggetti contaminati (fattori di affinità q_{ct} e q_{rf}).

3. Conclusioni

Il secondo tipo di approccio si sta rilevando particolarmente promettente nel permettere di estrapolare le informazioni anche tra diverse specie animali [3]: infatti le frazioni di deposizione *f* sopra riportate possono essere calcolate per una determinata specie animale una volta che ne siano noti i dati istomorfometrici e i fattori di affinità.

[1] International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 67, (1993).
[2] Polig E. *Labels of surface-seeking radionuclides in the human skeleton*. Health Phys. 72(1):19-33 (1997).
[3] Luciani A.; Polig E.; Lloyd R.D.; Miller S.C. *Americium in the beagle dog: Biokinetic and dosimetric model*. Health Phys. 90(5):459-470 (2006).

IMPIEGO DEL MODELLO VOXEL NORMAN-05 CON IL CODICE MONTE CARLO MCNPX PER IL CALCOLO DELLE FRAZIONI ASSORBITE PER GAMMA-EMETTITORI

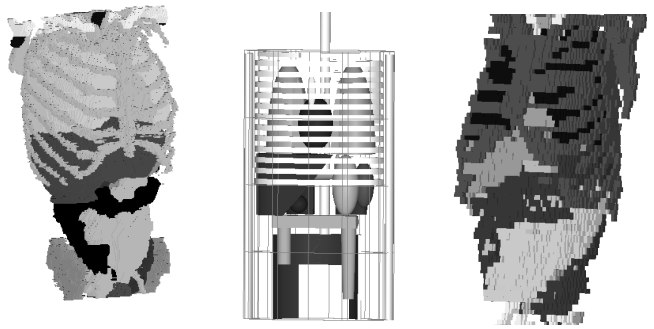
Paolo Ferrari, Gianfranco Gualdrini
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

Il modello numerico di riferimento per la dosimetria interna è il modello analitico standard MIRD-ORNL costituito da sfere, ellissoidi, cilindri e coni, rappresentanti le strutture interne degli organi e le superfici esterne del corpo sulla base del reference man[1]. Fantocci numerici più complessi (modelli voxel), in grado di descrivere più accuratamente l'individuo, sono stati ricavati utilizzando serie di immagini provenienti da indagini tomografiche. Tali modelli già impiegati in dosimetria esterna potranno essere impiegati anche nel caso della contaminazione da radionuclidi gamma-emettitori per la stima delle frazioni assorbite, date dal rapporto tra l'energia depositata in un organo "target" rispetto a quella emessa dall'organo "sorgente", contenente il radionuclide. Nel presente studio, il modello voxel NORMAN-05, avente caratteristiche simili a quelle del reference man (176 cm e 73 kg), in grado di essere rappresentativo della popolazione di riferimento, è stato impiegato con il codice MCNPX per questo tipo di valutazioni.

2. Valutazione delle frazioni assorbite per contaminazione interna

Per stimare le frazioni assorbite con sono stati considerati cinque organi (come sorgente e bersaglio): il fegato, la milza, il pancreas, i polmoni e i reni per fotoni di energia 10 keV, 50 keV, 100 keV, 500 keV, 1 MeV, 2 MeV e 4 MeV. I calcoli sono stati eseguiti in approssimazione al kerma, dopo aver valutato che la differenza con i risultati ottenuti nel caso di trasporto degli elettroni secondari era trascurabile. I risultati preliminari della valutazione delle frazioni specifiche assorbite con NORMAN-05 sono stati confrontati con i dati pubblicati in letteratura (calcolati con un modello voxel differente, Zubal[2], e con i modelli analitici standard). In figura 1 sono mostrati i modelli impiegati e in figura 2 i risultati per la coppia pancreas(sorgente)-fegato(bersaglio)



NORMAN-05 MIRD ZUBAL MODEL

Figura 1: i modelli a confronto

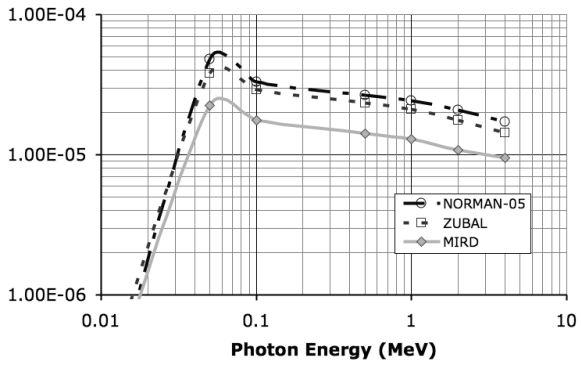


Figura 2: frazioni assorbite pancreas->fegato.

3. Conclusioni

I risultati, seppur preliminari,[3] si prestano ad una serie di interessanti considerazioni, in quanto tendono ad allinearsi in quattro gruppi di dati: accordo tra i modelli, uno dei modelli voxel dà risultati più vicini al modello analitico, miglior accordo tra i voxel (fig.2), nessun accordo tra i modelli. Su questo tipo di considerazioni dovrà misurarsi anche l'analisi dei dati che verrà fatta con il nuovo modello di riferimento dell'ICRP, quando sarà disponibile.

[1] Cristy M. and Eckerman K.F. *Specific Absorbed Fractions of energy at Various ages from internal photon sources. ORNL/TM-8381 vol 1-7* ORNL, Oak Ridge, TN, USA (1987).

[2] Yoriyaz H., dos santos A., Stabin M., Cabezas R., *Absorbed fractions in a voxel-based phantom calculated with MCNP-4b code* Medical Physics 27 (7) 299-302 (2000).

[3] P.Ferrari G.Gualdrini *MCNPX internal dosimetry studies based on the NORMAN-05 voxel model* Presentato al workshop di dosimetria interna di Montpellier 2-5 ottobre 2006.

DETERMININAZIONE DI PLUTONIO E AMERICIO IN CAMPIONI BIOLOGICI TRAMITE TECNICHE DI SEPARAZIONE CROMATOGRAFICA E CONSIDERAZIONI DI DOSIMETRIA INTERNA

Dolores Arginelli, Gianfranco Berton, Sandro Bortoluzzi, Giuseppe Canuto, Mario Montalto, Mauro Nocente, Sandro Ridone, Maurizio Vegro
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Saluggia

1. Premessa

Nell'ambito di un programma di sorveglianza radiologica i lavoratori impegnati in operazioni di decommissioning di un impianto di riprocessamento sono stati sottoposti ad un programma di raccolta annuale di feci e urine per la ricerca di una possibile contaminazione interna da ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu e ^{241}Am, quest'ultimo figlio di ^{241}Pu ($t_{1/2}$=14,35 anni). Per i radionuclidi presi in considerazione l'ICRP (International Commission on Radiological Protection) ha sviluppato dei modelli biocinetici, individuando due categorie: una ad assorbimento moderato (tipo M) e una ad assorbimento lento (tipo S) [1]. Mentre l'americio inalato rientra, generalmente nel tipo M, per il plutonio sono individuati il tipo M e il tipo S (PuO_x). Per il plutonio il rapporto tra escrezione fecale e urinaria varia a seconda della forma chimica (e quindi del tipo di assorbimento) secondo cui esso è inalato. Tale rapporto seguito sperimentalmente può essere confrontato con i rapporti delle rispettive funzioni di escrezione del tipo M e del tipo S e il paragone può fornire indicazioni sul contributo di una specie o dell'altra nell'intake del radionuclide.

2. Attività sperimentale

I campioni di urina e di feci sono stati mineralizzati e, una volta solubilizzati adeguatamente, sono stati sottoposti a separazione cromatografica in cascata con una resina a scambio anionico e una ad estrazione a base di octifenil-(N, N-diisobutil)-carbamoilfosfina ossido (CMPO) [2]. Una volta isolati, plutonio e americio sono stati elettrodeposti e misurati tramite spettrometria alfa ad alta risoluzione. Trattandosi di un periodo di monitoraggio di routine annuale, si assume l'eventuale intake come avvenuto 180 giorni prima della raccolta dei campioni. In base all'ordine di grandezza del rapporto ottenuto dai dati sperimentali è possibile valutare la preponderanza della specie S o della specie M in caso di contaminazione interna, tenendo conto della presunta data di intake. Dal confronto dei valori calcolati è emerso che essi sono tutti superiori al rapporto fra le rispettive funzioni di escrezione del ^{239}Pu di tipo M (pari a circa 3,1) e in alcuni casi superiori all'analogo rapporto del tipo S (pari a circa 231).

Tabella 1 : rapporti delle attività escrete di $^{239+240}$Pu con le feci rispetto alle attività escrete con le urine

Campione	Rapporto attività feci/urine
1	14,34
2	26,88
3	339,75
4	156,98
5	8667,30
6	97,23
7	132,34
8	596,56
9	29,38

3. Conclusioni

E' possibile pertanto ipotizzare la predominanza di ossidi di plutonio nei casi di contaminazione interna. I valori più alti potrebbero essere dovuti a specie ad assorbimento ancora più lento o all'incertezza della data esatta dell'intake dal momento che abbiamo assunto solo come ipotesi che l'evento si fosse verificato a metà del periodo di monitoraggio annuale.

[1] International Commission on Radiological Protection publication 78, (1998).
[2] S. Ridone, D. Arginelli, G. Berton, S. Bortoluzzi, G. Canuto, M. Montalto, M. Nocente, M. Vegro, *Determininazione di plutonio e americio in campioni biologici tramite tecniche di separazione cromatografica e considerazioni di dosimetria interna*, in stampa sul Bollettino della SIRR.

ESCREZIONE DI URANIO NELLE URINE DI LAVORATORI ESPOSTI NEL SITO ENEA CASACCIA: INDIVIDUAZIONE DEL LIVELLO DI BASELINE

Roberto Pettirossi, M. Letizia Cozzella, Lorenzo Florita e *Paolo Battisti.
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Casaccia
* ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Obiettivo

Obiettivo di questo lavoro è quello di fornire sulla base delle misure effettuate sui lavoratori dell'ENEA Casaccia. un livello di riferimento (baseline) per l'analisi dei dati di misura di uranio nelle urine

2. La misura dell'Uranio nelle urine via ICP-MS: analisi dei dati

I 52 soggetti esaminati (50 maschi e 2 femmine) vivono tutti nella stessa area geografica (dintorni di Roma), sono professionalmente esposti e sono monitorati trimestralmente ai fini della sorveglianza di contaminazione interna da uranio. Il range d'età è compreso tra i 27 ed i 66 anni.
Sono stati esaminati i valori relativi a 194 campioni d'urina misurati dal I° trimestre 2004 al I° trimestre 2005 nei 52 soggetti sottoposti a controllo in funzione della età.
Nella figura 1 vengono presentati, per gli stessi soggetti, i valori di concentrazione di uranio nelle urine espressi come medie degli esiti dei controlli effettuati nello stesso periodo (incertezza associata $\pm 1\sigma$).

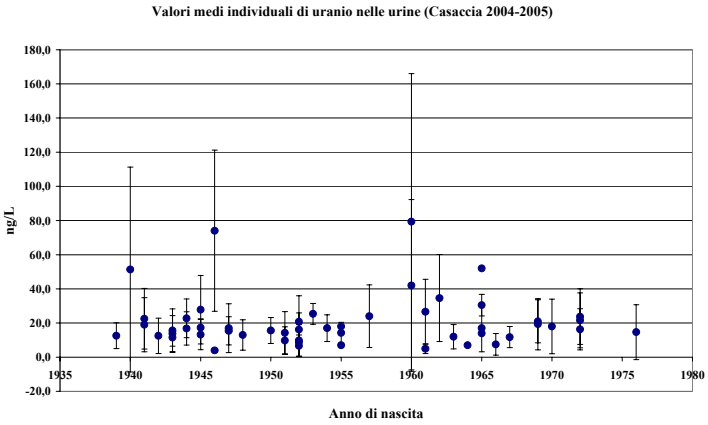


Figura 1 Valori medi individuali di concentrazione di uranio nelle urine nei 52 soggetti esaminati

3. Conclusioni

Questo studio su un gruppo di lavoratori ENEA Casaccia effettuato mediante l'utilizzo della tecnica ICP-MS mette in luce, nella valutazione del rischio da contaminazione interna da uranio, l'importanza di avere valori locali di baseline relativi alla concentrazione di uranio naturale nelle urine, nonché di una serie storica di dati di ogni soggetto potenzialmente a rischio.
Dall'esperienza maturata, si può dedurre che una delle principali vie di intake di uranio naturale è dovuto al consumo di acqua, motivo per il quale un controllo sia delle acque potabili bevute dai soggetti monitorati oltre che delle sorgenti presenti nei luoghi di residenza, fornisce informazioni assai utili per la valutazione radioprotezionistica nei casi di sospetta contaminazione interna da uranio.

[1] Ting B.G., Paschal D.C., Jarrett J.M., Pirkle J.L., Jackson R.J., Sampson E.J., Miller D.T., Caudill S.P. *Uranium and thorium in urine of United States residents: reference range concentrations*. Environmental Research A81, 45-51, 1999.
[2] Bagatti D., Cantone M.C., Giussani A., Veronese I., Roth P., Werner E. Hollriegl V. *Regional depence of uranary uranium baseline levels in non-exposed subjects with particular reference to volunteers from Northern Italy*. Jour. of Envinon. Radioact 65, 357-364, 2003.
[3] ICRP 78-*Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers.*ICRP publication 78. Pergamon Press, Oxford, 1997.

IMPIEGO DEL MODELLO VOXEL NORMAN-05 E DEL CODICE MONTE CARLO MCNPX PER IL CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI CONVERSIONE PER FOTONI NEL RANGE ENERGETICO 20 keV –100 MeV IN CONDIZIONI DI IRRAGGIAMENTO ESTERNO

Paolo Ferrari, Gianfranco Gualdrini
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

Lo sviluppo di modelli voxel (ottenuti da dati tomografici di un individui adulti), ha portato l'ICRP a porre tra le sue necessità quella di creare un nuovo modello di riferimento per l'uomo standard, basato proprio su una rappresentazione voxel che andrà a sostituite il modello analitico stilizzato fino ad ora utilizzato per il calcolo dei coefficienti di conversione tra grandezze misurabili e grandezze radioprotezionistiche. In tale ambito dovrà essere affrontato il problema dell'accuratezza e della variabilità dei dati calcolati che costituisce, inevitabilmente, l'altro lato della medaglia di una rappresentazione così accurata come quella ottenibile con un modello voxel. Per questo motivo il modello NORMAN-05, ottenuto dai dati di una risonanza di un individuo adulto, e di dimensioni prossime a quelle dell'individuo di riferimento (176 cm, 73 kg) è stato irraggiato con un fascio di fotoni monoenergetici in condizioni idealizzate (fascio parallelo, espanso e nel vuoto). I risultati sono stati confrontati con quelli ottenuti con altri modelli voxel e, nel range energetico > 10 MeV, con le stime eseguite su un modello analitico[1] non essendo disponibili per questo intervallo valutazioni su modelli voxel.

2. Confronto con altri modelli antropomorfi

I valori di dose assorbita per unità di fluenza nei vari organi di NORMAN-05 sono stati calcolati con il codice Monte Carlo MCNPX sia in approssimazione al kerma (deposizione locale dell'energia trasportata dai secondari carichi), sia seguendo il trasporto degli elettroni, per energie maggiori di 500 keV, essendo l'approssimazione al kerma non affidabile per energie superiori a 3 MeV. Per energie inferiori ai 10 MeV il confronto i dati di letteratura ottenuti da voxel ha mostrato l'affidabilità del modello impiegato. Per energie superiori NORMAN-05 rappresenta il primo set di dati ottenuti con un modello voxel (fig. 1) [2]. In questo caso è stato fatto un test di attendibilità: la dose in profondità per irraggiamento fotonico è stata valutata su un modello semplificato (un cilindro d'acqua) con il codice FLUKA e con MCNPX a 50 e 100 meV. Il test è risultato positivo come mostrato in figura (fig. 2) confermando la validità delle simulazioni fatte.

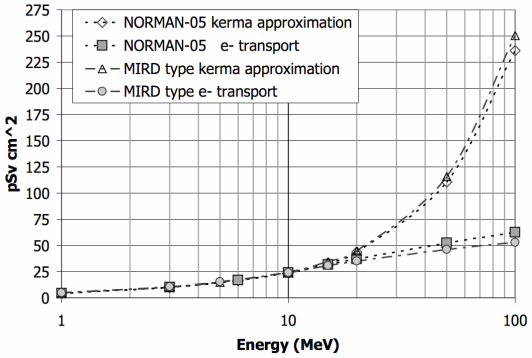


Figura 1: confronto tra NORMAN-05 e un analitico.

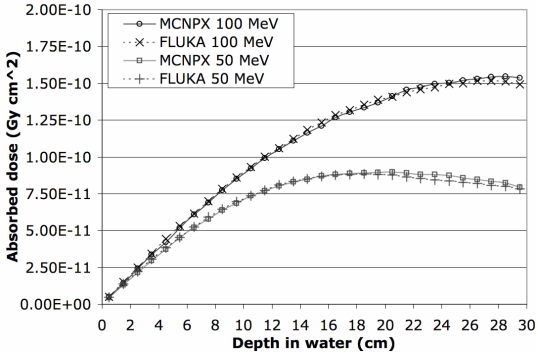


Figura 2: Dose in profondità confronto tra i codici.

3. Conclusioni

NORMAN-05 ha caratteristiche e dimensioni molto simili allo standard man e per tale motivo è in grado di fornire stime di dose molto vicine al riferimento attuale. Tali stime potranno essere utilizzate nell'analisi dei calcolati con il futuro modello voxel di riferimento, quando queste saranno disponibili.

[1] Sato, O., Iwai, S., Tanaka, S., Uehara, T., Sakamoto, Y., Yoshizawa, N., Furihata, S., *Calculations of equivalent dose and effective dose conversion coefficients for photons from 1 MeV to 1 GeV*. Radiat. Prot. Dosim. 62(3), 119-130 (1995).

[2] P.Ferrari, G.Gualdrini *Fluence to organ dose convesion coefficients calculated with voxel model NORMAN-05 and Monte Carlo code MCNPX for external monoenergetic photons from 20 keV to 100 MeV*. In stampa su Radiat. Prot. Dosim.

CALCOLO DELLE DOSI ASSORBITE PER IRRAGGIAMENTO ESTERNO CON NEUTRONI DI ENERGIE COMPRESE TRA IL TERMICO E I 20 MEV CON IL CODICE MONTE CARLO MCNPX E IL MODELLO VOXEL NORMAN-05

Paolo Ferrari, Gianfranco Gualdrini
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

Per valutare la dose efficace, la grandezza principale di radioprotezione, è necessario conoscere le dosi assorbite nei vari organi e moltiplicarli per opportuni fattori peso[1]. Tali dosi possono essere però valutate solamente per via numerica e per mezzo di opportuni modelli antropomorfi rappresentanti l'individuo adulto. Le dosi assorbite sono state calcolate[2] utilizzando modelli analitici costruiti dalla combinazione di semplici geometrie (sfere, cilindri , coni ed ellissoidi), ma l'ICRP sta verificando la possibilità di valutare nuovamente le grandezze dosimetriche su modelli voxel (ottenuti elaborando immagini tomografiche) che siano in grado di rappresentare più accuratamente l'individuo standard di riferimento. Nel presente lavoro, il modello voxel NORMAN-05[3], ottenuto dall'elaborazione di una risonanza magnetica a corpo intero di un individuo adulto, è stato impiegato con il codice MCNPX.

2. Stima delle dosi assorbite per irraggiamento neutronico

L'irraggiamento è stato simulato in condizioni standard idealizzate (fascio espanso, monidirezionale, monoenergetico e nel vuoto). Le dosi assorbite sono date da due contributi: dalle collisioni dei neutroni all'interno dei tessuti e dall'interazione dei fotoneutroni prodotti nei tessuti dai neutroni stessi (predominante per E< 100 keV). I contributi sono stati valutati in approssimazione al kerma, ovvero, senza seguire il trasporto delle particelle cariche secondarie ma supponendo che cedessero localmente tutta la loro energia. In figura 1 è riportato l'andamento delle dosi assorbite per unità di fluenza nei testicoli, per irraggiamento Antero-Posteriore, del modello NORMAN-05 confrontate con il modello analitico e con VIP-Man[4], e nello stomaco (figura 2). VIP-Man è un modello voxel ottenuto dalle microfotografie delle sezioni di un cadavere.

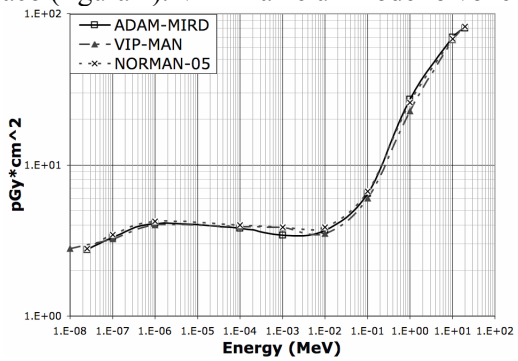


Figura 1: Dosi assorbite per unità di fluenza nei testicoli.

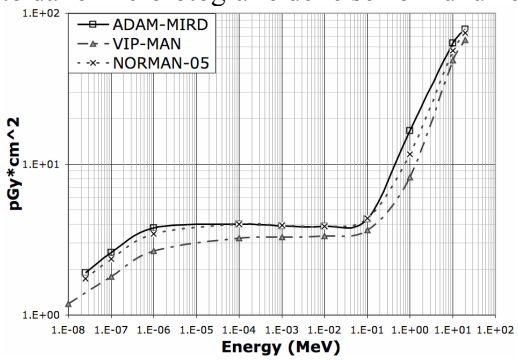


Figura 2: Dosi per unità di fluenza nello stomaco.

3. Conclusioni

NORMAN-05 ha caratteristiche e dimensioni molto simili allo standard man e per tale motivo è in grado di fornire stime di dose più vicine al riferimento attuale, rispetto a VIP-Man, che ha caratteristiche più lontane dallo standard man. Tali stime potranno essere certamente utili per l'analisi delle nuove valutazioni di dose assorbita, fatte dall'ICRP con il modello voxel di riferimento, quando queste saranno disponibili.

[1] *Recommendations of The International Commission on Radiological Protection* ICRP Publication 60, Pergamon Press Oxford, (1991).

[2] *Conversion Coefficients for use in Radiological Protection Against External Radiation*, ICRU Report 57. Bethesda-MD(USA), (1998).

[3] G.Gualdrini, P. Ferrari *Preliminary studies on neutron conversion coefficeints calculated with MCNPX in NORMAN voxel phantom* presentato al congresso NEUDOS-10 di Uppsala 12-16/06/2006 e in pubblicazione su Radiat. Prot.Dosim.

[4] Bozkurt, A. Chao, T.C., Xu, X.G. *Fluence to dose conversion coefficients from monoenergetic neutrons below 20 MeV based on VIP-Man anatomical model*. Phys. Med. Biol. 45, 3059-3079 (2000).

RAPPORTO PRELIMINARE DI SICUREZZA RADIOLOGICA PER IL TEST DI UN COMPONENTE DI ITER IN TERRITORIO ITALIANO

Sandro Sandri, Carlo Nobili
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Frascati

1. Premessa

Il lavoro condotto nel 2005 in relazione al NBTF (Neutral Beam Test Facility) [1] di prossima installazione in territorio italiano, ha avuto un seguito. EURATOM, tramite contratto EFDA TW4-THHN-IITF2, ha finanziato la continuazione degli studi relativi, con la finalità di predisporre un rapporto preliminare di sicurezza radiologica che costituisca la base per la realizzazione futura del documento tecnico descrittivo necessario per ottenere il Nulla Osta a costruire e ad esercire l'impianto in territorio italiano.

2. Studi e valutazioni

Insieme al coordinamento scientifico dell'attività, IRP ha curato anche la costituzione del gruppo di lavoro formato da personale ENEA anche di altri dipartimenti e da esponenti del consorzio RFX.
Il lavoro svolto è stato dedicato in buona parte all'aggiornamento di modelli di calcolo, in modo da adeguarli allo sviluppo del progetto, oltre alla preparazione della struttura del rapporto, tenendo conto delle recenti norme ICRP in tema di ottimizzazione della radioprotezione.
Nell'ambito dell'attività svolta, è stato preparato, tra l'altro, il programma di radioprotezione che ha tenuto conto sia delle linee guida predisposte nell'ambito del progetto ITER, sia della normativa nazionale.
Le valutazioni effettuate hanno consentito in particolare di indicare la classificazione di zone e personale in considerazione delle potenziali esposizioni nei vari luoghi e durante le diverse attività.

3. Conclusioni

Il lavoro svolto dal gruppo misto IRP-FPN-RFX ha consentito di pubblicare in forma di RTI il rapporto preliminare di sicurezza radiologica per l'impianto NBTF, rapporto che è stato diffuso a livello europeo ed internazionale e costituirà la base per il processo autorizzativo relativo all'installazione del componente di ITER in territorio italiano.

[1] AA.VV., *The ITER neutral beam test facility: Designs of the general infrastructure, cryosystem and cooling plant, Fusion Engineering and Design*, July 2005

[2] A. Coniglio, M. D'Arienzo, L. Petrizzi, M. Pillon, S. Sandri, S. Villari, *Preliminary Radiation Safety Report for NBTF*, ENEA RTI ION-IRP (2006), dicembre 2006

STUDIO DEL DANNO INDIRETTO INDOTTO DA BASSE DOSI DI RADIAZIONI IONIZZANTI: BYSTANDER EFFECT

Anna Giovanetti, Emiliano Basso, Maria Balduzzi*
ENEA-BAS-ION-IRP, *ENEA-BAS-BIOTEC-MED, C.R. Casaccia

1. Premessa

Studi recenti hanno dimostrato che basse dosi di radiazioni ionizzanti possono indurre un danno genetico anche in cellule non colpite direttamente ma vicine alle irraggiate o esposte al loro terreno di coltura (bystander effect-BE). Il BE implica una riconsiderazione della stima del rischio. La maggior parte degli studi è stata realizzata su sistemi in vitro, mentre per valutarne le implicazioni radioprotezionistiche è necessario passare *in vivo*. Nel corso del 2006 si è sono messi a punto sistemi cellulari complessi che permettono di riprodurre l'interazione cellulare a livello tissutale e si è stabilita una collaborazione per lo studio del ruolo della membrana cellulare nella trasmissione del segnale BE con l'Università "Tor Vergata" (Dr. S. Rufini). I risultati riportati sono da considerarsi preliminari. Nel corso del 2007 è prevista la verifica degli effetti del terreno condizionato da cellule irraggiate sugli indici di differenziamento e di proliferazione cellulare e su questi sistemi verrà studiato il ruolo esercitato dalla membrana cellulare.

2. Le linee di ricerca in corso sull'effetto bystander: principali risultati ottenuti.

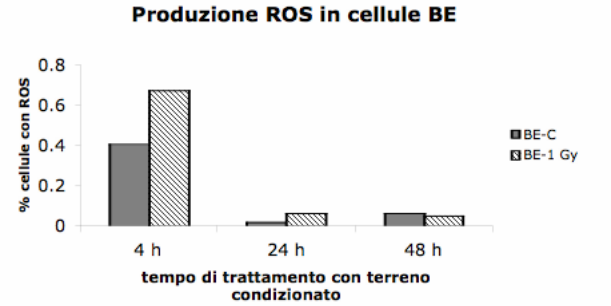


Fig 1. Percentuale di cellule con produzione di ROS in seguito al trattamento con terreno condizionato da cellule di controllo (BE-C) o iraggiate con 1 Gy di raggi X (BE-IR).

Tra gli indicatori utilizzati per determinare l'effetto BE vi è la capacità proliferativa. I test di clonogenicità realizzati indicano in'efficienza di piastramento di 33,4; 23,2; 20% per le cellule trattate con terreno proveniente da cellule irraggiate con rispettivamente: 0; 0,1 Gy, 1 Gy. Lo stress ossidativo è un marker di esposizione alle radiazioni. La produzione di radicali ossigeno (ROS), valutata mediante citometria a flusso, nelle cellule trattate con terreno condizionato da cellule di controllo (BE-C) o irraggiate con 1 Gy (BE-IR) è maggiore nelle cellule BE-IR a 4 h dall'inizio del trattamento (Fig 1).

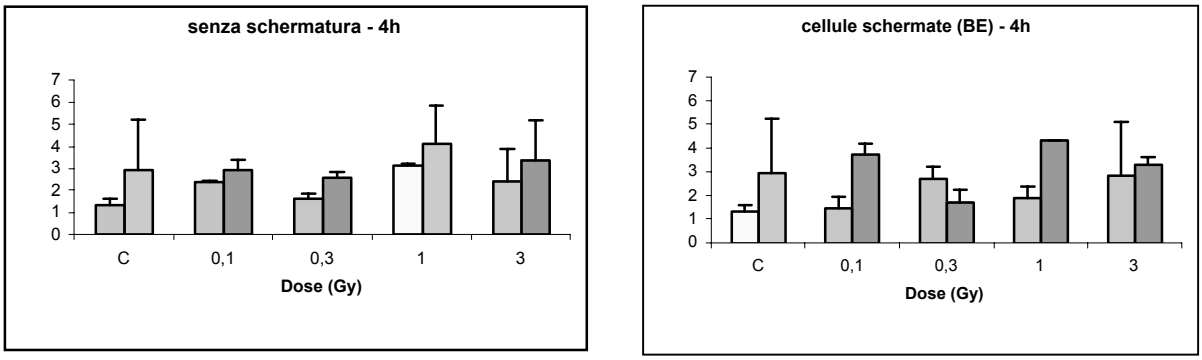


Fig 2. Cellule HaCat irraggiate direttamente con 0, 0,1. 0,3: 1; 3 Gy di raggi X **(a sinistra)** o irraggiate schermate da una lastra di piombo **(a destra),** con o senza l'inibitore P4.

Si è studiato come il terreno condizionato di cellule irraggiate influisca sul differenziamento cellulare colture di cheratinociti HaCat sono state seguite fino a 5 settimane Le colture sono state irraggiate presso l'ISS e trattate successivamente con anticorpi per la cheratina K14 (presente nelle cellule basali staminali) e la Loricrina (indice di differenziamento) che risulta essere presente solo dopo 5 settimane. Per analizzare il ruolo esercitato nella trasmissione del segnale BE dalle strutture "rafts" della membrana cellulare, è stata indotta la deplezione degli glicosfingolipidi di membrana mediante inibitore P4. L'effetto BE è stato studiato esponendo le fiasche con le cellule direttamente o schermate per metà da una lastrina di piombo a 0,1; 0,3; 1; 3 Gy, con o senza P4, analizzando poi il danno genetico indotto tramite Comet assay. La deplezione di glicosfingolipidi sembra aumentare il danno genetico in tutti i punti sperimentali con esclusione delle cellule schermate e irraggiate con 0,3 Gy.

PERSISTENZA DI DANNO GENETICO IN TOPI ESPOSTI A BASSE DOSI DI RAGGI X

Anna Giovanetti, Emiliano Basso*, Trivikram Deshpande **
ENEA-BAS-ION-IRP, C.R. Casaccia
*borsista ENEA
**Borsista ENEA-RELINT Indian Council of Medical Research, Dept of Zoology, Goa University (INDIA)

1. Premessa

Presso l'Istituto di Radioprotezione è stato realizzato uno studio per verificare l'induzione di instabilità genomica in topi irraggiati con una singola dose di 0,1 o 1 Gy, il danno genetico è stato determinato mediante Comet assay dopo 30 min, 24h, 7 g, 1, 3, 6 m dall'irraggiamnento. I risultati, precedentemente riportati, indicano per i topi esposti a 1 Gy una progressiva diminuizione del danno fino arggiungere i valori dei controlli, mentre i topi esposti a 0,1 Gy mostrano instabilità genomica. Secondo alcuni autori l'instabilità genomica sarebbe in relazione con il persistere di fenomeni apoptotici negli organi ematopoietici che causerebbero uno stato infiammatorio associato a produzione di radicali ossigeno reattivi (ROS) mutageni. Nel 2006 è stata analizzata la presenza di corpi apoptotici nei topi irraggiati.

2. Analisi morfologiche del midollo osseo e della milza

Alla fine dei 6 mesi campioni di organi ematopoietici (milza e midollo osseo) sono stati fissati e inclusi per le analisi morfologiche e ultrastrutturali.
I campioni di tessuto sono stati analizzati con il microscopio ottico per la misura dell'indice apoptotico e al microscopio elettronico (Zeiss EM 10) per l'analisi ultrastrutturale: le cellule che presentavano condensazione e marginazione della cromatina e corpi apototici sono state considerate apoptotiche.
Come mostrato in Fig 1 nei topi irraggiati con 0,1 Gy la percentuale delle cellule apoptotiche nel midollo osseo e nella milza risulta significativamente maggiore (midollo osseo P =0,0050; milza P=0,00086). Le osservazioni ultrastrutturali hanno confermato la presenza nel midollo osseo e nella milza dei topi irraggiati con 0,1 Gy di nuclei che presentavano condensazione, marginazione della cromatina e corpi apoptotici

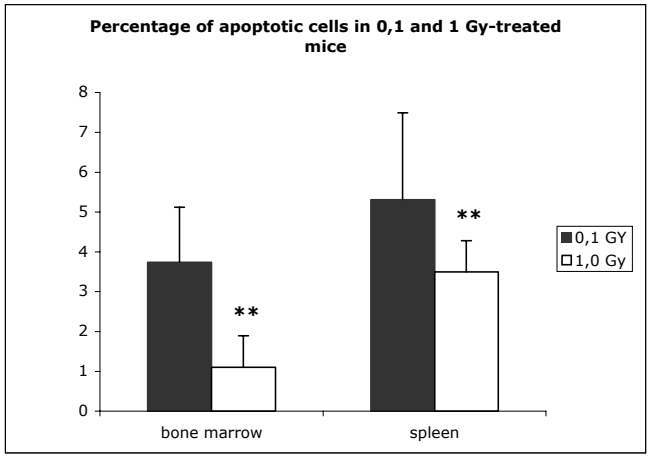


Fig 1. Percentuale di cellule apoptotiche osservate nel midollo osseo e nella milza di topi irraggiati con 0,1 e 1 Gy di raggi X.

3. Conclusioni

La presenza di instabilità genomica nei topi dopo 6 mesi una singola dose di 0,1 Gy di raggi X pone degli interrogativi sulla presenza di effetti tardivi a basse dosi. Il fenomeno del danno indiretto ha delle profonde implicazioni nel campo radioprotezionistico.

[1] A. Giovanetti, E. Basso, T. Deshpande. *Persistence of Genetic Damage in Mice Exposed to low dose of X Rays* in corso di revisione presso International Journal of Radiation Biology

ESPOSIZIONE DI MODELLI ANIMALI SPERIMENTALI A CAMPI NEUTRONICI AD ALTA ENERGIA

Roberto Amendola
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Casaccia

1. Premessa

Nell'ipotesi che l'uomo decida di colonizzare sempre maggiormente l'ambiente spaziale, sono stati finanziati una serie di progetti nazionali tra loro coordinati per la valutazione di una serie di parametri tecnico-scientifici e radioprotezionistici di interesse per la radiobiologia da esposizione a raggi cosmici.

2. Introduzione e razionale del lavoro

Si vogliono verificare espressioni geniche differenziali da esposizione di modelli animali a raggi neutronici ad alta energia. Sono stati acquisiti una prima serie di dati per l'esposizione di materiale biologico sia nel reattore Tapiro (ENEA, CR Casaccia), sia nel generatore FNG (ENEA, CR Frascati). L'utilizzo del Generatore di Neutroni (FNG) del Centro ENEA di Frascati eroga un fascio energetico di 14 MeV per le dosi d'interesse espositivo cosmico (1 Gy ed inferiore) con una bassa contaminazione di radiazioni gamma. La geometria di esposizione permette irraggiamenti multipli di animali sperimentali, anche se per compatibilità con i tempi di prelievo del materiale sperimentale (RNA) all'interno della finestra temporale scelta (4-6 ore dopo l'irraggiamento), si ritiene opportuno irraggiare max 3-4 animali a volta. Lo studio dei danni prodotti dall'esposizione a radiazione ionizzante è stata effettuata sui due ceppi murini previsti per l'esperimento (C57Bl/6 e Cba/J), sulla base di analisi automatizzate di cito-tossicità ed apoptosi

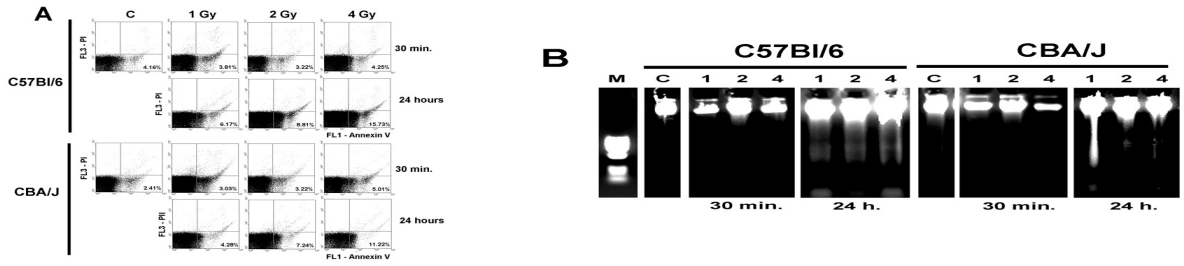


Figura 1: Analisi di Annexina V (A) e DNA Ladder (B) sui C57Bl/6 e Cba/J

3. Conclusioni

L'analisi di cito-tossicità ed apoptosi ha confermato la diversa sensibilità dei ceppi Cba/J e (C57Bl/6 per la positività al marker apoptotico Annexina V (Fig. 1A), mentre 30' risulta un tempo troppo precoce per lo studio della apoptosi indotta dalle radiazioni (Fig. 1A-B). Per lo studio di espressioni geniche differenziali effettuate *in-silico* è stato consultato il database GEO (**http://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo**) che non ha evidenziato sostanziali esperienze sovrapponibili al presente progetto (radiazioni neutroniche ad alta energia su modelli *in vivo*).

Il progetto è inserito nel Contratto ASI-MOMA di luglio 2006, scadenza 2009, WP XMAB-X2.

LABORATORIO NORM: ATTIVITA' DI STUDIO & RICERCA

Massimo Calamosca, Silvia Penzo, Amid O. Mustapha
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

Durante tutto il 2006 è proseguita l'attività del laboratorio NORM, attualmente finalizzata a studi di ricerca e sviluppo di strumenti e tecniche di qualità per la valutazione dosimetrica dell'inalazione dei NORM, con particolare interesse ai prodotti di decadimento del radon e del toron. Due linee di attività si sono intersecate, con risultati che considerando le priorità del servizio e le risorse a disposizione, si possono ritenere soddisfacenti: l'azione di implementazione e caratterizzazione del campionatore alfa spettrometrico a bassa pressione dei figli del radon e del toron e il progetto di una nuova camera radon e progenie da utilizzare come facility di taratura di atmosfere controllate, radiomarcate.

2. Camera Radon

Nel corso dell'anno si è resa disponibile per 6 mesi una borsa di studio estera (REL), con cui è stato rivisitato criticamente l'intero progetto della camera di esposizione necessaria per effettuare esposizioni controllate al radon, toron e ai loro prodotti di decadimento a vita media breve.
Il progetto è abbastanza ambizioso, in quanto per soddisfare i criteri minimi per gli scopi richiesti, occorre progettare una struttura complessa e di significativa dimensione (20 m^3). Tale sistema deve essere sottoposto a controllo climatico (temperatura, pressione, umidità), deve essere collegato a sorgenti di emanazione di radon e toron e a un sistema di generazione di aerosol in grado di produrre aerosol con diametro controllato di varie dimensioni (dal campo aerodinamico al campo ultrafine). L'impiego di tale sistema è principalmente rivolto nel campo della calibrazione strumentale, pertinente con gli scopi di valutazione di dosimetria interna per inalazione, sia di prodotti radioattivi naturali (NORM) che artificiali, ma anche per l'analisi delle componenti di particolato più tossiche che caratterizzano l'ambiente urbano.
Si considera quindi obbligatorio pervenire alla stesura di un progetto particolareggiato, sia dimensionale che funzionale di tale impianto, verificandone la fattibilità e le modalità di finanziamento.

3. Campionatore alfa spettrometrico

Anche in relazione con la progettazione dell'impianto di generazione di atmosfere controllate, è stata ripristinata parte della vecchia strumentazione di fisica degli aerosol, patrimonio del nostro Istituto, che dagli anni '60 fino agli anni '80 come Laboratorio di Fisica Sanitaria aveva conquistato posizioni scientificamente di rilievo a livello internazionale. In particolare è stato costruito un piccolo circuito chiuso controllato, composto da una camera per aerosol di circa 100 l di materiale plastico trasparente, dotata di un ventilatore motorizzato interno, collegata al generatore di aerosol (MAGE), e dalla piccola camera radon del Servizio. E' stata quindi effettuata una prova sperimentale preliminare per caratterizzare la risposta del campionatore alfa spettrometrico a bassa pressione (Prolook) già utilizzato in campo per la misurazione dei figli del radon e del toron. Dal circuito precedentemente descritto, in cui era stato immesso un aerosol di cera carnauba con un CMAD pari a 1,0 µm, è stato eseguito un campionamento di 30 min., durante il quale veniva monitorato in continuo lo spettro alfa che si accumulava sui due filtri del campionatore. Finito il campionameto si è smontato Prolook e mediante spettrometria gamma si sono valutate le perdite diffuse o concentrate di aerosol avvenute prima del primo filtro. La metodologia ed i risultati preliminari di questo test sono stati accettati per una presentazione al prossimo 5° International Symposium on Naturally Occuring Radioactive Material (NORM) (Siviglia, 19-22/03/2007) [1].

[1] M. Calamosca, S. Penzo, A.O. Mustapha *Development of a radon-aerosol system for testing radon and radon decay products measuring instruments,* Accepted at the 5° International Symposium on Naturally Occuring Radioactive Material (NORM) (Siviglia, 19-22/03/2007).

VALUTAZIONE DEL CONTENUTO DI PLUTONIO NEI SEDIMENTI MARINI DI CUBA

M. Letizia Cozzella, Rita Yvelice Libello*, Carlos Alonso-Hernandez*, Misael Diaz Asencio*
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Casaccia
* Borsista ENEA-RELINT, Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba

1. Premessa

Nell'ambito della collaborazione tra il Centros de Estudios Ambientales di Cienfuegos è stata eseguita la determinazione del ^{239}Pu su sedimenti marini raccolti nella baia di Cienfuegos.

2. Scopo del lavoro

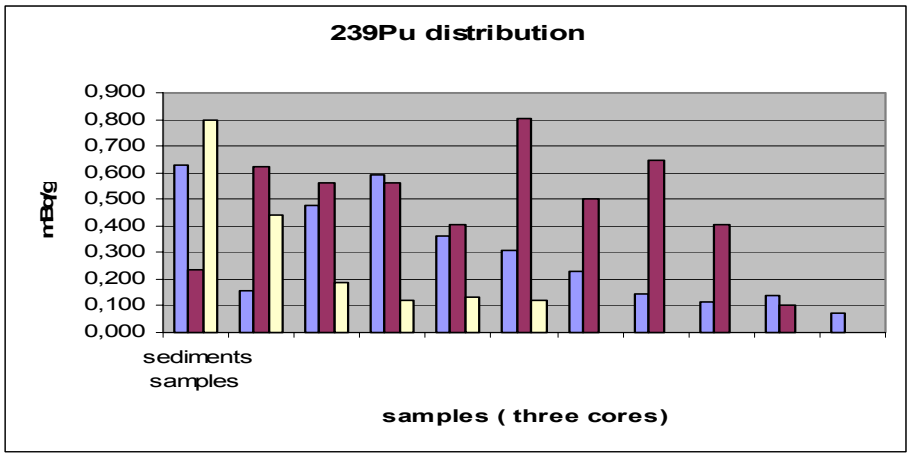
E' ben noto che le analisi di radionuclidi in sedimenti sono affette da molti problemi correlati con la inomogeinicità e la differente distribuzione delle particelle all'interno dei campioni. Ciò complica ulteriormente la determinazione di elementi in traccia e rende necessaria una purificazione chimica preliminare all'analisi via spettrometria di massa a plasma induttivamente accoppiato.
Il Q-ICP-MS è riconosciuto essere il piu' efficiente sistema di analisi per tale radionuclide poiché per mette di quantificare il ^{240} Pu ed, a fronte della purificazione chimica preliminare, è in grado di fornire un risultato in pochi minuti (1,2) con un det. lim molto basso (3.72E-14 g). E' stato determinato il contenuto di ^{239}Pu su n. 28 campioni provenienti da 3 carotaggi eseguiti nella baia di Cienfuegos previa purificazione su resina anionica Dowex (3). Tale metodo di purificazione è stato successivamente validato attraverso l'analisi di n 6 campioni di terreno certificato (n. 375 IAEA) il cui contenuto di ^{239}Pu è stato caratterizzato sia via ICP-MS che via spettrometria alfa. Il ^{239}Pu è stato determinato tenendo in considerazione l'equazione di intereferenza che nelle condizioni di analisi genera una ratio (rapporto UH+/U) dell'ordine di 5- 6 E-05.

Tabella 1 validazione del metodo

Sample soil n. 357	
$^{239+240}$Pu certif (mBq/g) (average value)	**^{239} Pu measured by ICP-MS (mBq/g) (average value)**
0.23-0.34	**0.36 ± 0.011**

3. Conclusioni

Nel grafico sottostante sono riassunti i valori ottenuti in mBq/g dell'analisi di ^{239} Pu dei campioni provenienti dai tre carotaggi eseguiti nella baia



[1] Inductively coupled plasma mass spectrometry ed. A. Montsarer Wiley-VCH, N.Y, Chicherster, Weinheim 1998.
[2] J.S. Becker and H.J. Dietze J. Anal. At. Spectrosc. **18** (1997),180.
[3] Jeng-Jong Wang, Ing-Jane Chen, Jih-Hung Chiu Appl. Rad. And Isotop 61(2004) 299-305

USO DELL'ORGANISMO DI RIFERIMENTO EISENIA FETIDA PER DETERMINARE LA BIOACCUMULAZIONE E GLI EFFETTI BIOLOGICI INDOTTI DALLA PRESENZA NEL TERRENO DI DIFFERENTI CONCENTRAZIONI DI URANIO O DI URANIO DEPLETO

Anna Giovanetti, M. Letizia Cozzella, Giuseppina Vanga, Misael Diaz Asencio*, Sergey Fesenko, Umberto Sansone****
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Casaccia
* Borsista ENEA-RELINT, Centro di Ricerca di Studi Ambientali di Ciudad Nuclear, Cienfuegos (Cuba),
** International Atomic Energy Agency (IAEA), Seibersdorf, A-1400 Vienna (Austria)

1. Premessa

Nel campo della radioprotezione sta diventando sempre più evidente come la protezione dell'ambiente sia importante sia per gli ecosistemi e che per la protezione dell'uomo. Parte integrante di un approccio sistematico è l'utilizzazione di organismi di riferimento che permettono la determinazione del livello di inquinamento e gli effetti tossici indotti. Nel corso del 2006 è continuato il programma di ricerca, condotto in collaborazione con il Laboratorio di Chimica del centro IAEA di Seibesdorf (A) e con l'apporto della Dott.ssa Lisbet Diaz Asencio del Centro di Ricerca di Studi Ambientali di Ciudad Nuclear, Cienfuegos (Cuba), borsista ENEA-RELINT. Obiettivo finale del programma è quello di verificare mediante il lombrico *Eisenia fetida*, organismo di riferimento per il suolo, il bioaccumulo e i danni genetici indotti da concentrazioni crescenti nel terreno rispettivamente di uranio naturale (U) e uranio depleto (DU).

2. Descrizione delle attività e risultati

Esemplari di *Eisenia fetida* sono stati mantenuti, in gruppi di 6, in recipienti contenenti 80 g di terreno di riferimento IAEA 375 a cui erano stati aggiunti 40 ml di acqua ultrapura contenente concentrazioni crescenti di U o DU in modo da ottenre le seguenti concentrazioni nel terreno: 1.86; 5; 9.3; 18.6; 50; 93; 150; 186; 300; 600 mg U o DU kg^{-1} terreno dry wt. Allo scadere di 7 o 28 giorni sono stati determinati il danno genetico tramite Comet assay sui celomociti e la concentrazione di U e DU nei lombrichi con ICP-MS.
Le concentrazioni di U nei lombrichi (ng/g peso fresco) dopo 7 e 28 giorni di trattamento riflettono le concentrazioni nei suoli. Infatti dopo7 giorni la concentrazione di U nei vermi aumenta da 0,15 mg kg^{-1} alla concentrazione nel terreno di 1,86 mg kg^{-1} fino a circa 116 mg kg^{-1} alla concentrazione nel suolo di 600 mg kg^{-1}. Nei vermi mantenuti in terreno contaminato per 28 giorni la concentrazione di U nei vermi aumenta linearmente fino alla concentrazione nel terreno di 50 mg kg^{-1} (5.1 mg kg^{-1}); nel range 50-150 mg kg^{-1} di terreno la concentrazione nei vermi è indipendente da quella nel terreno. Da 186 mg kg^{-1}, l'U nei vermi aumenta e rimane costante fino a 600 mg kg^{-1} (21.15 mg kg^{-1}). Questi dati fanno concludere che il rapporto tra concentrazione di U nel terreno e nei tessuti di *Eisenia fetida* dipende dal tempo per il quale il verme è stato esposto all'uranio. Un rapido uptake viene infatti dopo pochi giorni seguito da equilibrio. I nostri risultati dimostrano l'esistenza di un efficiente meccanismo per rimuovere l'uranio che satura dopo un certo livello di concentrazione.-I risultati relativi al Comet assay indicano una relazione dose-effetto non lineare. Infatti la percentuale di rotture del DNA mostra un chiaro aumento fino a 9.3 mg kg^{-1}. Nel range 9,3-150 mg kg^{-1} il numero delle rotture è indipendente dalla concentrazione di U, la percentuale torna a salire per concentrazioni superiori a 150 mg kg^{-1} . Probabilmente a A basse concentrazioni di U non sono attivati quei meccanismi alla base del danno indiretto al DNA (risposta adattativa, instabilità genomica, bystander effect). Nel range 9,3-150 mg kg^{-1} il numero di rotture è indipendente dalla dose, verosimilmente per l'attivazione dei meccanismi di difesa come sistema di riparo del DNA, apoptosi, risposta immune. Per concentrazioni di U superiori a 150 mg kg^{-1} le cellule potrebbero non essere più in grado di contrastare il danno. Una simile relazione dose-effetto viene riportata per numerose specie vegetali ed animali sottoposte a stress ambientali.

3. Conclusioni

Dai risultati finora ottenuti risulta che la relazione tra contenuto di U nel terreno e bioaccumulazione nel verme *Eisenia* segue una cinetica complessa che andrebbe approfondita analizzando i meccanismi di accumulo e di escrezione. Il test di Comet per alcuni livelli di dose risulta un efficace indicatore di danno. Restano da analizzare i dati relativi al DU per un confronto delle relative tossicità.

[1] Anna Giovanetti, Maria Letizia Cozzella[a], Giuseppina Vanga[a], Lisbet Diaz Asencio, Sergey Fesenko: *Uranium bioaccumulation by the earthworm Eisenia fetida* International Conference on Environmental Radioactivity: From Measurements and Assessments to Regulation 23-27 April 2007, Vienna, Austria

L'ANDAMENTO DEL FALL OUT PRESSO IL CENTRO RICERCHE TRISAIA: DA CHERNOBYL AL 2006

Salvatore Zicari, Nicola Silvestri
ENEA – BAS-ION-IRP, C.R. Trisaia

1. Premesa

L'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA ha gestito la rete di sorveglianza radiometrica ambientale nell'area circostante al sito della Trisaia dal 1973 fino al 2004 per conto degli Esercenti dell'Impianto ITREC. Tale Impianto è in fase di decommissioning per opera della SO.G.I.N. SpA che dal gennaio 2005 si è fatta carico della valutazione dell'impatto ambientale degli scarichi dell'impianto nucleare.
Pertanto, per l'anno 2005, i criteri guida di attuazione del monitoraggio radioattivo adottati dall'Istituto di Radioprotezione, nel territorio circostante il Centro Ricerche ENEA della Trisaia, sono stati modificati per consentire la produzione di dati sperimentali utili per approfondire la conoscenza e la caratterizzazione dal punto di vista radiologico in senso generale e non più strettamente legato ai rilasci locali provenienti dal sito nucleare. Su questa linea di principio, è stato prodotto il primo "Rapporto sul Monitoraggio della Radioattività Ambientale Sito C.R. TRISAIA – ANNO 2005", che si pone inoltre come obiettivo quello di rispondere alle indicazioni della Comunità Europea per le reti nazionali di monitoraggio della radioattività ambientale.

2. L'andamento del Fall Out presso il Centro Ricerche Trisaia: da Chernobyl fino al 2006.

Con il presente documento viene estratto dal "Rapporto sul Monitoraggio della Radioattività Ambientale Sito C.R. TRISAIA – ANNO 2005", con l'integrazione dei dati del 2006, un breve contributo riguardante i dati della matrice *Fall-Out* campionata nel territorio della Trisaia.
Per *Fall-out* si intende la deposizione atmosferica su una data superficie del suolo per effetto delle precipitazioni (deposizione umida) e della sedimentazione del particolato aerosospeso (deposizione secca).
Per il campionamento vengono utilizzati due vasche di acciaio inox, posizionati lontano da edifici o zone alberate o ricoperte da vegetazione; tali vasche presentano una superficie totale di raccolta pari a 2 m^2. Sul fondo delle vasche è mantenuto sempre un livello minimo di acqua deionizzata, che funge da trappola umida per trattenere la deposizione secca. Al termine del periodo di raccolta, che avviene mensilmente, il contenuto viene travasato in taniche di PVC a cui va aggiunta anche l'acqua distillata utilizzata per il lavaggio dei contenitori. Il campione raccolto è sottoposto ad evaporazione completa, il residuo ottenuto è pesato, ripreso con HCl 1:1 e sottoposto a specifica analisi di spettrometria γ. Nelle tabelle 1 e 2 sono riportati i valori delle attività dei radionuclidi depositatisi durante il periodo di campionamento considerato [1], [2], [3], [4], [5].

Tabella 1: Deposizione al suolo (Fall-out) – Attività dei radionuclidi (Bq/m^2) nel corso del 2005.

Periodo	Precipitazioni (mm H_2O)	(Bq/m^2) ^{7}Be	^{40}K	^{60}Co	^{137}Cs
Gennaio	95.8			Non campionato	
Febbraio	54.6			Non campionato	
Marzo	19.4			Non campionato	
Aprile	46.4			Non campionato	
Maggio	76.4			Non campionato	
Giugno	29.2			Non campionato	
Luglio	11.4	8.6	11.3	≤ 4.2E-02	9.1E-02
Agosto	15.0	14.4	12.3	≤ 7.0E-02	8.4E-02
Settembre	57.4	60.3	11.7	≤ 6.0E-02	≤ 6.9E-02
Ottobre	63.2	69.4	12.5	≤ 5.8E-02	9.5E-02
Novembre	137.0	57.7	12.9	≤ 5.6E-02	≤ 6.9E-02
Dicembre	177.0	31.9	11.5	≤ 5.6E-02	≤ 5.7E-02
Media Annuale		**40.4**	**12.0**	**≤5.7E-02**	**≤7.8E-02**

Tabella 2: Deposizione al suolo (Fall-out) – Attività dei radionuclidi (Bq/m^2) nel corso del 2006.

Periodo	Precipitazioni (mm H_2O)	(Bq/m^2)			
		^{7}Be	^{40}K	^{60}Co	^{137}Cs
Gennaio	45.6	71.0	14.5	≤ 8.5E-02	≤ 6.3E-02
Febbraio	176	103	12.5	≤ 6.1E-02	7.5E-02
Marzo	86.6	108	14.0	≤ 4.0E-02	1.6E-01
Aprile	54.4	88.0	4.6	≤ 3.4E-02	7.2E-02
Maggio	29.2	86.5	14.5	≤ 3.4E-02	7.6E-02
Giugno	77.6	81.5	4.3	≤ 3.9E-02	6.0E-02
Luglio	96.6	51.0	12.0	≤ 4.5E-02	9.0E-02
Agosto	63.2	75.0	4.2	≤ 2.2E-02	≤ 3.8E-02
Settembre	38.2	74.5	11.0	1.1E-01	7.4E-02
Ottobre	12.4	78.5	11.1	≤ 4.9E-02	≤ 7.1E-02
Novembre	24.2	22.0	4.2	≤ 3.5E-02	≤ 3.8E-02
Dicembre	255.0	17.8	11.0	1.6E-01	≤ 5.0E-02
Media Annuale		**71.4**	**9.8**	**≤6.0E-02**	**≤7.2E-02**

Nella Figura 1 sono riportate le attività del ^{137}Cs in campioni di Fall Out campionati negli ultimi quattro anni. Nei primi sei mesi del 2005 non è stato possibile effettuare il campionamento per inaccessibilità al punto di prelievo. Nella figura 2 sono riportati i valori max delle attività del ^{137}Cs in campioni di Fall Out campionati dall'anno 1987 (primo anno dopo Chernobyl) fino al 2006.

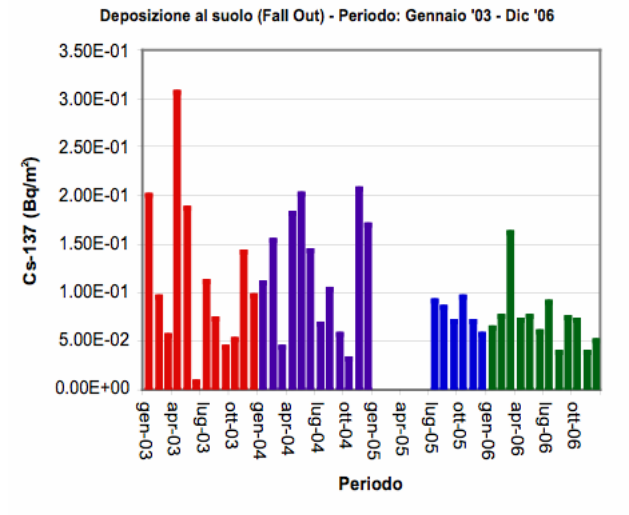


Figura 1: Attività del Cs-137 nel triennio 2003-2006

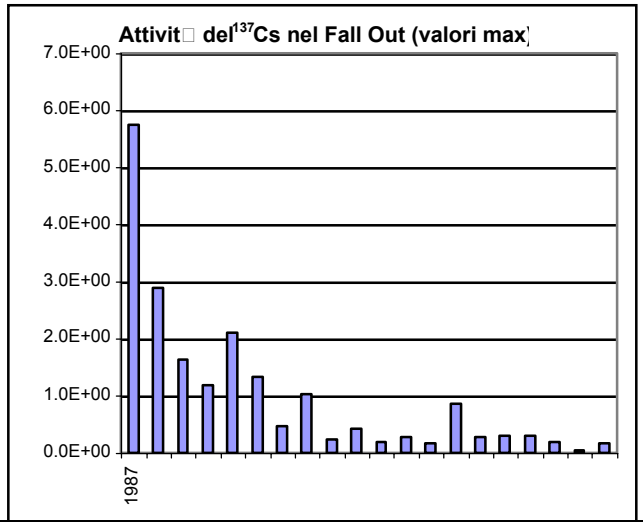


Figura 2: Valori max dell'attività del Cs-137 dal '87 al 2006

3. Conclusioni

Dall'analisi dei dati si può osservare che i valori riscontrati della radioattività naturale (^{7}Be, ^{40}K) sono confrontabili con i normali valori di attività presenti in Italia. Sono invece presenti radioisotopi riconducibili ai residui della dispersione di radioattività dovuta agli esperimenti nucleari in atmosfera degli anni 1950-60 e all'incidente al reattore di Chernobyl. Risulta ancora un debole apporto di *deposizione* da parte degli strati più alti dell'atmosfera quantificabile in 1 Bq per metro quadro annuo per il ^{137}Cs.

[1] ENEA RTI ION-IRP "Rapporti Annuali sulla radioattività ambientale Sito C.R. Trisaia" anni: 1987-2004.

[2] Zicari S., Silvestri N., Liccione G. *"Rapporto sul Monitoraggio della Radioattività Ambientale Sito C.R. TRISAIA – Anno 2005"* – ENEA RTI BAS-ION_IRP 2007(2).

[3] Zicari S., Fantuzzi E., Silvestri N. et al. "*Manuale Operativo per la sorveglianza della Radioattività Ambientale del C.R. ENEA di Trisaia*" (in corso di aggiornamento).

[4] G. Fraschetti, E. Petagna, "*Appunti di Radioattività Ambientale, Misure di Radioattività e Dosimetria*"; ENEA C.R. Trisaia – Università degli Studi Bari (Corso di Perfezionamento in Radioprotezione).

[5] M.L. Cozzella, R. Pettirossi, E. Petagna, N. Silvestri, S. Zicari, *"Performance di differenti sistemi di preconcentrazione nell'analisi di ^{232}Th via ICP-MS in matrici antropiche ed ambientali"*. Riassunti del Convegno Nazionale di Radioprotezione – "Sanità e Ambiente: Ricerca e Radioprotezione operativa", Verona, 16-18 Settembre 2004, pag.53.

ANALISI RADIOCROMATOGRAFICHE PER STUDI DI BIODISTRIBUZIONE DEL RADIOFARMACO [^{186g}Re]Re-HEDP DI IMPIEGO NELLE TERAPIE PALLIATIVE DELLE METASTASI OSSEE

Dolores Arginelli, Gianfranco Berton, Sandro Bortoluzzi, Giuseppe Canuto, Mario Montalto, Mauro Nocente, Sandro Ridone, Maurizio Vegro
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Saluggia

1. Premessa

Le metastasi ossee affliggono molti pazienti colpiti da tumori primari con un dolore che aumenta progressivamente e compromette la qualità della vita. Le terapie tradizionali comprendono la somministrazione di FANS (farmaci anti-infiammatori non steroidei) e di oppiacei, nonché l'irraggiamento esterno. Terapie alternative impiegano i bifosfonati e la radioterapia metabolica, in cui radionuclidi beta emettitori da soli o coniugati a carrier, come nel caso del [^{186g}Re]Re-HEDP, si concentrano nelle metastasi, irraggiando selettivamente i tessuti malati.

2. Metodi e risultati

La clearance del [^{186g}Re]Re-HEDP è stata determinata su campioni ematici (siero) prelevati ad intervalli regolari (2,5, 10, 30, 60, 150, 300 minuti e 24 e 48 ore), mentre l'escrezione è stata esaminata su campioni di urina raccolti a seconda della minzione spontanea. Aliquote di ogni campione sono state eluite su carta con acetone per separare il radiofarmaco dal radionuclide dissociatosi [1]. Moltiplicando la percentuale della frazione indissociata per l'attività della provetta corrispondente sono state elaborate curve che rappresentassero la distribuzione e l'escrezione in funzione del tempo. La rappresentazione matematica che meglio descrive la clearance a tempi brevi di monitoraggio è una funzione biesponenziale. Si assume che la distribuzione avviene tra un compartimento centrale (plasma e tessuti altamente perfusi) e un compartimento periferico (tessuti mediamente o scarsamente perfusi). Tuttavia per tempi più lunghi di monitoraggio (24÷48 ore) la curva potrebbe essere descritta meglio da una funzione triesponenziale con una distinzione tra tessuti mediamente e scarsamente perfusi e due fasi di eliminazione (rapida e lenta). Sfortunatamente i tempi di conteggio delle provette sono stati legati all'attività ospedaliera di routine e l'incertezza sull'attività non consente di affermare con sicurezza che anche per tempi di monitoraggio più lunghi il modello sia effettivamente triesponenziale.

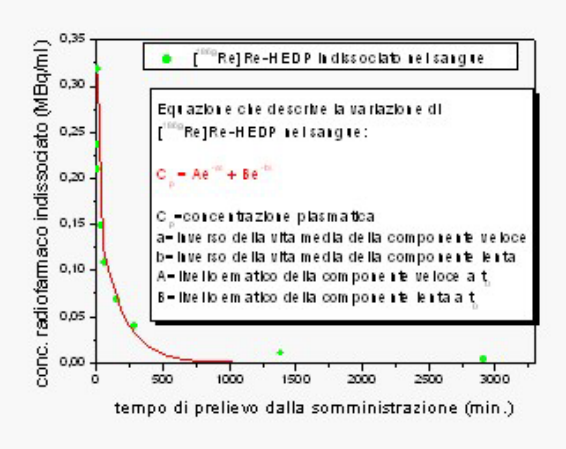


Figura 1: Clearance ematica di [^{186g}Re]Re-HEDP

3. Conclusioni

La valutazione della purezza radiochimica del [^{186g}Re]Re-HEDP ha condotto alla valutazione della clearance del radiofarmaco nella forma indissociata che è quella che veramente raggiunge il target. Sono state poste le basi per l'elaborazione di un modello biocinetico, che è il punto di partenza per una corretta dosimetria, così da ottimizzare la terapia e ridurre la dose indesiderata e gli effetti collaterali al midollo.

[1] D. Bagatti, M.C. Cantone, A. Giussani, S. Ridone, C. Birattari, M.L. Bonardi, F. Groppi, A. Martinotti, S. Morzenti, M. Gallorini, E. Rizzio, *Analytical and radioanalytical quality control of purity and stability of radiopharmaceutical compound [^{186g}Re]Re-HEDP for bone metastases pain palliation*, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2005, 263(2): 515-520.

DETERMINAZIONE DI IMPUREZZE RADIONUCLIDICHE NEL RADIOFARMACO OSTEOTROPO [^{153}Sm]Sm-EDTMP SOMMINISTRATO PER L'ANALGESIA DEL DOLORE METASTATICO

Dolores Arginelli, Gianfranco Berton, Sandro Bortoluzzi, Giuseppe Canuto, Mario Montalto, Mauro Nocente, Sandro Ridone, Maurizio Vegro
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Saluggia

1. Premessa

L'impiego della radioterapia metabolica per controllare il dolore metastatico da lesioni ossee si diffonde sempre più largamente, poiché tale approccio si è dimostrato più risolutivo delle terapie più tradizionali, esplicando nel contempo un'azione localizzata. Tra le caratteristiche che rendono un radionuclide idoneo alla somministrazione sono essenziali l'energia di emissione e il tempo di emivita. A tal proposito è importante determinare le impurezze radionuclidiche nella preparazione radiofarmaceutica, poiché queste possono comportare una dose addizionale non prevista dal piano terapeutico. Da quanto detto emerge quindi la necessità di valutare la purezza radionuclidica del radiofarmaco [^{153}Sm]Sm-EDTMP, impiegato nella palliazione del dolore da metastasi ossee.

2. Metodi e risultati

Le impurezze radionuclidiche del [^{153}Sm]Sm-EDTMP sono state determinate con spettrometria gamma ad alta risoluzione sul residuo del radiofarmaco somministrato. L'attività rivelata è stata messa in relazione con l'attività del ^{153}Sm al momento dell'iniezione. Sono state condotte eluizioni cromatografiche su carta con una miscela di acqua:metanolo:ammoniaca 4:2:0,2 per valutare la purezza radiochimica del radiofarmaco e sono stati costruiti degli istogrammi cromatografici. L'attività è stata seguita nel tempo con spettrometria beta tramite scintillazione liquida per valutare l'inclusione delle impurezze nel sale tetrakisfosfonato che veicola il radionuclide al target [1]. Campioni di urina di pazienti sotto trattamento sono stati misurati con spettrometria gamma. Le misure hanno dimostrato l'esistenza di impurezze a vita lunga (^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{155}Eu, ^{156}Eu, ^{153}Gd) nella preparazione radiofarmaceutica e nei campioni di urina. Il monitoraggio della distribuzione dell'attività nella striscia cromatografica, espressa dall'istogramma, a tempi lunghi (2÷3 mesi) dalla somministrazione ha posto in evidenza che tali impurezze sono incluse nel sale tetrakisfosfonato analogamente al ^{153}Sm, come ci aveva fatto supporre l'affinità chimico-fisica..

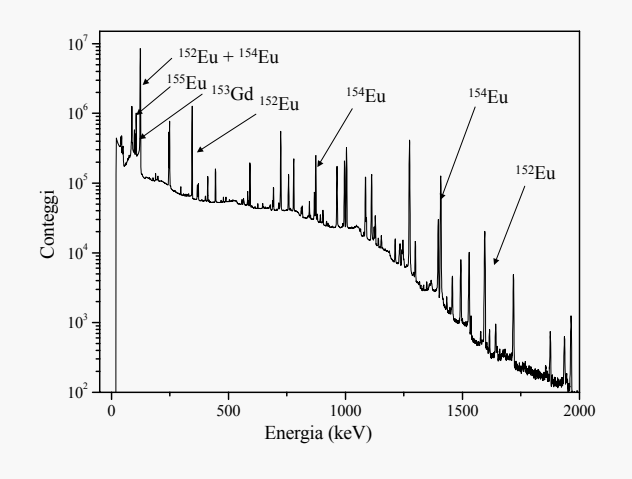


Figura 1: Spettro gamma delle impurezze

3. Conclusioni

Al momento della somministrazione il radiofarmaco presenta un elevato grado di purezza radionuclidica e radiochimica. Tuttavia le impurezze presenti a vita lunga si legano alla molecola carrier analogamente al samario e, come dimostra la loro presenza negli escreti, sembrano seguire lo stesso destino metabolico del [^{153}Sm]Sm-EDTMP. Trattamenti ripetuti possono condurre ad un accumulo di tali impurezze nello scheletro con la conseguenza che il paziente è sottoposto ad una dose addizionale non prevista per lungo tempo. Resta da valutare l'incidenza della dose nell'ambito del rapporto rischio/beneficio della terapia.

[1] A. Martinotti, S. Ridone, A. Coliva, C. Birattari, M. Bonardi, F. Groppi, S. Morzenti, M.C. Cantone, A. Giussani, F. Albertini, C. Chiesa, *Determinazione sperimentale di tempo di dimezzamento ed impurezze radionuclidiche di ^{153}Sm d'impiego in radioterapia metabolica*, Bollett. SIRR,VII(S2):69.

UN PROGETTO PER LO STUDIO E L'OTTIMIZZAZIONE DI UN MODELLO BIOCINETICO E DOSIMETRICO PER IL [^{153}Sm]Sm-EDTMP NELLA RADIOTERAPIA METABOLICA DELLE METASTASI SCHELETRICHE DOLOROSE

Dolores Arginelli, Gianfranco Berton, Sandro Bortoluzzi, Giuseppe Canuto, Mario Montalto, Mauro Nocente, Sandro Ridone, Maurizio Vegro
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Saluggia

1. Premessa

Il [^{153}Sm]Sm-EDTMP è impiegato normalmente nelle terapie palliative delle metastasi ossee dolorose, ma ha dimostrato anche un'attività curativa nelle lesioni da osteosarcoma, che colpisce più frequentemente lo scheletro degli individui giovani. La radioterapia metabolica con questo radiofarmaco sembra danneggiare significativamente la cartilagine in accrescimento delle fisi, dove l'attività osteoblastica è più alta della norma [1,2]. Pertanto è necessario valutare anche la dose e gli effetti agli organi sani, perché si può verificare un permanente arresto della crescita o predisposizione a fratture patologiche. La medesima distinzione tra tessuto sano e metastatico è auspicabile nell'ambito di un corretto piano terapeutico, per cui occorre sviluppare uno studio sulla biocinetica del [^{153}Sm]Sm-EDTMP per elaborare un modello dosimetrico e migliorare e personalizzare il trattamento radioterapico.

2. Metodi e risultati

Abbiamo individuato tre differenti approcci alla problematica:

1. clinico: definizione delle caratteristiche della malattia da tenere in considerazione e decisione sul protocollo dell'esecuzione delle scintigrafie e della raccolta dei campioni biologici (sangue e urina);
2. modellistico: misure dell'attività *in-vivo* ed *in-vitro* per ottenere informazioni sul modello biocinetico e il calcolo della dose;
3. radiochimico: controlli di qualità sulla purezza radionuclidica e radiochimica del preparato allo scopo di trovare una tecnica adatta per lo studio della stabilità *in-vivo*, poiché il monitoraggio nel tempo del radiofarmaco nell'organismo fornisce utili informazioni sulla sua cinetica.

Ogni unità ha valutato le proprie risorse e si stanno valutando i protocolli da adottare. La spettrometria gamma con NaI o HPGe e la spettrometria beta mediante scintillazione liquida sono state scelte per determinare la purezza radionuclidica, mentre la radiocromatorafia (generalmente su carta) sarà la tecnica usata per valutare la purezza radiochimica. E' contemplato l'impiego dell'elettroforesi per la stima del legame del radiofarmaco con le proteine plasmatiche. Tale progetto è stato inserito nelle attività delle Rete Oncologica del Piemonte e della Valle d'Aosta e finanziato dalla Regione Piemonte.

3. Conclusioni

I risultati previsti deriveranno dal contributo di un gruppo interdisciplinare (medici nucleari, fisici, radiochimici, ecc.) che confronterà i differenti dati ottenuti al fine di ottimizzare il trattamento. Lo scopo è elaborare un modello dosimetrico semplificato che consenta di ridurre la dose addizionale indesiderata, la quale può gravemente danneggiare gli organi critici, e che conduca alla personalizzazione della terapia nell'ambito di una corretta valutazione del rapporto rischio/beneficio, come è previsto in ogni pratica medica.

[1] W. Brenner, W.U. Kampen, A.M. Kampen, E. Henze, *Skeletal Uptake and Soft-tissue Retention of ^{186}Re-HEDP and ^{153}Sm-EDTMP in Patients with Metastatic Bobne Disease* The Journal of Nuclear Medicine, 2001, 42(2): 230-236.

[2] S.C. Essman, M.R. Lewis, W.H. Miller, *Intraorgan Biodistribution and Dosimetry of ^{153}Sm-Ethylenediaminetetramethylene Phosphonate in Juvenile Rabbit Tibia: Impilcations for Targeted Radiotherapy of Osteosarcoma*, The Journal of Nuclear Medicine, 2005, 46(12): 2076-2082.

ANALISI RADIOTOSSICOLOGICHE DI $^{239+240}$Pu e ^{241}Am IN CAMPIONI BIOLOGICI CON TECNICHE CROMATOGRAFICHE A SCAMBIO ANIONICO E DI ESTRAZIONE PER STUDI PRELIMINARI DI CONTAMINAZIONE INTERNA DA PARTICOLATO INALATO

Dolores Arginelli, Gianfranco Berton, Sandro Bortoluzzi, Giuseppe Canuto, Mario Montalto, Mauro Nocente, Sandro Ridone, Maurizio Vegro
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Saluggia

1. Premessa

Campioni di urine e di feci, tracciati con standard interni di ^{242}Pu e di ^{243}Am per controllare la resa chimica della procedura di separazione radiochimica, sono stati mineralizzati e solubilizzati per essere sottoposti a separazioni cromatografiche con cromatografia a scambio anionico con resina AG 1-X2 e con cromatografia ad estrazione con colonna TRU, prima dell'elettrodeposizione e della misura spettrometrica dell'attività alfa.

2. Attività sperimentale

Per valutare la possibile contaminazione interna da ^{238}Pu e $^{239+240}$Pu di un gruppo di lavoratori professionalmente esposti, è stata posta in atto una campagna di monitoraggio con raccolta annuale di feci e semestrale di urine. La scelta di raccogliere i campioni di urina due volte l'anno è stata determinata dalla minor fluttuazione del campione rappresentativo delle 24 ore rispetto a quello di feci. Allo scopo di fornire una più completa sorveglianza fisica di radioprotezione è stato condotto uno studio per valutare anche l'intake di ^{241}Am: infatti la presenza di ^{241}Pu ($t_{1/2}$=14,35 anni) ha generato una certa quantità del figlio ^{241}Am, essendo passato un tempo sufficientemente lungo dall'inizio dell'attività dell'impianto (1970). Abbiamo cercato di mettere a punto una tecnica che permettesse di isolare entrambi i radioisotopi (Pu e Am) a partire dallo stesso campione per minimizzare gli errori nella determinazione sia della Minimum Detectable Activity (MDA) sia della attività da contaminazione interna. Tutti i campioni sono stati tracciati con uno standard interno di ^{242}Pu e di ^{243}Am. Dopo un pretrattamento chimico specifico per ogni tipologia, i campioni sono stati sottoposti a cromatografia a scambio anionico, tramite la resina AG 1-X2, per la separazione del plutonio, e a cromatografia a estrazione tramite resina TRU per la separazione dell'americio. Questa procedura [1] è stata seguita per svolgere le analisi di campioni nell'ambito dell'interconfronto internazionale PROCORAD a cui il nostro laboratorio partecipa ormai da qualche anno.

Tabella 1: *Risultati dell'interconfronto PROCORAD 2006*

Campione	Matrice	Radionuclide	Campione Procorad attività target Bq/campione	Campione Procorad attività ENEA Bq/campione
A	**Urine**	Pu-238	2,43 E-03	2,5 E-03 ± 3,2 E-04
		Am-241	1,50 E-03	1,9 E-03 ± 3,3 E-04
B	**Urine**	Pu-238	2,43 E-03	2,4 E-03 ± 3,1 E-04
		Pu-239	4,82 E-03	4,7 E-03 ± 4,6 E-04
		Am-241	4,23 E-03	5,4 E-03 ± 5,5 E-04
		Cm-244	4,04 E-03	4,1 E-03 ± 4,7 E-04
C	**Urine**	Bianco		≤ MDA
A	**Feci**	Pu-238	4,34 E-02	4,4 E-02 ± 3,8 E-03
		Pu-239	2,16 E-02	2,2 E-02 ± 1,9 E-03
B	**Feci**	Bianco		≤ MDA
C	**Feci**	Pu-239	2,16 E-02	2,2 E-02 ± 2,4 E-03
		Cm-244	1,26 E-02	1,1 E-02 ± 1,7 E-03

3. Conclusioni

Possiamo affermare di aver messo a punto un metodo efficace per determinare la contaminazione da ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu e ^{241}Am su campioni biologici con una resa chimica costante e picchi ben risolti, utilizzando come riducente l'idrossilammina cloridrato nell'estrazione del plutonio, anziché il ferro sulfamato che introduce Fe(III) critico per l'estrazione di americio e l'elettrodeposizione.

[1] D. Arginelli, G. Berton, S. Bortoluzzi, G. Canuto, F. Groppi, M. Montalto, M. Nocente, S. Ridone, M. Vegro, *Purification and separation of $^{239+240}$Pu and ^{241}Am in biological samples by anion exchange and extraction chromatography for high resolution alpha spectrometry analyses*, in stampa su Journal of Radionalytical and Nuclear Chemistry.

ANALISI RADIOTOSSICOLOGICHE DI $^{239+240}$Pu e ^{241}Am IN CAMPIONI BIOLOGICI TRAMITE CROMATOGRAFIA A SCAMBIO ANIONICO E DI ESTRAZIONE: UNO STUDIO PRELIMINARE PER VALUTAZIONI DI CONTAMINAZIONE INTERNA

Dolores Arginelli, Gianfranco Berton, Sandro Bortoluzzi, Giuseppe Canuto, Mario Montalto, Mauro Nocente, Sandro Ridone, Maurizio Vegro
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Saluggia

1. Premessa

Molti campioni biologici (urine e feci) sono stati analizzati mediante estrazione cromatografica, utilizzando due resine differenti (AG 1-X2 e TRU), al fine di determinare la contaminazione interna, per inalazione, da ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu e ^{241}Am, per alcuni lavoratori. I risultati ottenuti mostrano da un lato la notevole adeguatezza della prima resina per la determinazione del plutonio, dall'altro la grande selettività della seconda per la determinazione dell'americio.

2. Attività sperimentale

I campioni tracciati con ^{242}Pu e ^{243}Am, sono stati trattati per distruggere la matrice organica ed ottenere la condizione ideale per la separazione cromatografica. L'uso combinato dello scambio anionico tramite la resina AG 1-X2, per il plutonio, e la cromatografia tramite colonna TRU, per l'americio, ha consentito la separazione ottimale dei due radionuclidi. In questo lavoro è stata calcolata la *Minimum Detectable Activity (MDA) a priori*, per tutti i radionuclidi di interesse, sia per le analisi di urine sia per quelle delle feci. A partire dalla MDA, calcolata *a priori* (Tabella 1) per gli isotopi di plutonio, abbiamo determinato, in base alle funzioni di escrezione dell'ICRP 78, l'*intake* relativo, I(Bq), e la dose efficace impegnata corrispondente, D(mSv), per ogni tecnica usata (Tabella 2).

Tabella 1: Minimum Detectable Activity (MDA) per gli isotopi di plutonio analizzati.

Isotopo	MDA urine (mBq)		MDA feci (mBq)
	AG	TRU	AG
^{238}Pu	0.16		0.59
$^{239+240}$Pu	0.17	0.19	0.44
R(%)	78	68	82

Tabella 2: Intake (I) e dose efficace impegnata (D) per il tipo di assorbimento M ed S di ^{238}Pu e $^{239+240}$Pu

Tecnica Analitica	Assorbimento di tipo M urine	Assorbimento di tipo M feci	Assorbimento di tipo S urine	Assorbimento di tipo S feci		Isotopo
AG	2.96E+01	3.47E+01	1.00E+03	1.59E+01	I(Bq)	^{238}Pu
AG	8.89E-01	1.04E+00	1.10E+01	1.75E-01	D(mSv)	
AG	3.15E+01	2.59E+01	1.06E+03	1.19E+01	I(Bq)	
TRU	3.52E+01		1.19E+03			$^{239+240}$Pu
AG	1.01E+00	8.28E-01	8.82E+00	9.87E-02	D(mSv)	
TRU	1.13E+00		9.86E+00			

3. Conclusioni

La MDA calcolata per le urine è più bassa di quella calcolata per le feci, pertanto il monitoraggio dell'escrezione urinaria consente di individuare più bassi livelli di contaminazione interna. Inoltre, nonostante la pubblicazione 78 dell'ICRP suggerisca la raccolta dei campioni di urina in quanto meno soggetti alla variabilità individuale, tuttavia sarebbe opportuno eseguire anche un monitoraggio dell'escrezione fecale, poiché nel primo periodo successivo all'intake per inalazione l'escrezione fecale del plutonio è di circa un ordine di grandezza superiore a quella urinaria e il rapporto tra l'attività nelle feci e quella nelle urine si inverte solo dopo alcuni mesi in maniera dipendente dal tipo di specie chimica introdotta nell'organismo [1].

[1] S. Ridone, D. Arginelli, S. Bortoluzzi, G. Canuto, M. Montalto, M. Nocente, M. Vegro, *Radiotoxicological analyses of $^{239+240}$Pu and ^{241}Am in biological samples by anion exchange and extraction chromatography: a preliminary study for internal contamination evaluations*, Atti del II European Congress on Radiation Protection 15-19 maggio 2006 Parigi.

APPLICAZIONE DI NUOVE TECNICHE DI DIGESTIONE DELLE MATRICI IN ANALISI DI RADIOCHIMICA

Dolores Arginelli, Gianfranco Berton, Sandro Bortoluzzi, Giuseppe Canuto, Mario Montalto, Mauro Nocente, Sandro Ridone, Maurizio Vegro
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Saluggia

1. Premessa

Una fase decisiva durante un'analisi di separazione radiochimica è la fase iniziale di attacco della matrice per la mineralizzazione dei costituente della stessa.. Nuove tecniche operative consentono di ottimizzare questa fase col beneficio di ottenere una buona estrazione dei radionuclidi di interesse e nel contempo la riduzione del tempo di trattamento abbassando notevolmente il numero delle operazioni manuali e quindi l'impegno ore-uomo.

2. Lavoro sperimentale svolto

Normalmente la mineralizzazione di un campione viene effettuata mediante azioni ripetute, svolte manualmente dall'analista, su piastra riscaldante con acidi concentrati ad alta temperatura.
La tecnologia ha messo a disposizione dei laboratori di analisi forni a microonde dotati di caroselli e di "vessel" di reazione in teflon che consentono di operare ad alta temperatura ed ad alta pressione. L'utilizzo di queste apparecchiature consente i seguenti vantaggi:

- azione contemporanea su più campioni anche con metodiche differenti;
- migliore uniformità azione combinata di agenti chimici con agenti fisici (temperatura e pressione);
- tempi operativi inferiori e minore aggravio di lavoro per l'analista.

Il lavoro sperimentale è rappresentato da 12 prove condotte su campioni biologici (feci) per l'analisi di transuranici, con le due tecniche poste a confronto. Dalle prove sono stati ottenuti i risultati sintetizzati nella tabella 1. Per condurre la sperimentazione su campioni aventi caratteristiche iniziali uguali, i singoli campioni dopo la calcinazione sono stati divisi in due parti uguali.

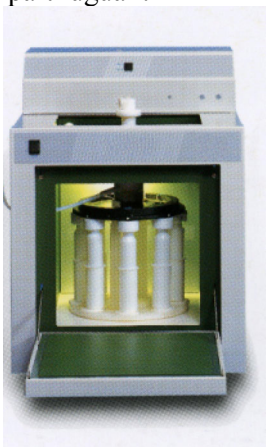


Figura 1: veduta di forno a microonde con carosello e "vessel" di reazione

Tabella 1 : Valori medi della resa chimica e del tempo necessario per la mineralizzazione.

Mineralizzazione con piastra			Mineralizzazione con forno microonde			Differenze percentuali		
Resa Am	Resa Pu	Tempo	Resa Am	Resa Pu	Tempo	Resa Am	Resa Pu	Tempo
60 %	68 %	10 ore	71 %	83 %	2 ore	+ 18 %	+ 22 %	- 80 %

3. Conclusioni

A conferma della validità del trattamento di mineralizzazione la resa chimica di separazione dell'americio e del plutonio è risultata più alta nei campioni trattati con il forno a microonde rispetto a quelli preparati su piastra riscaldante. Il tempo necessario per il trattamento si può ridurre notevolmente eliminando otto ore di lavoro, completamente manuale, con piastra riscaldante.

[1] G. Kim, W. C. Burnett, E. P. Horwitz, Anal. Chem., 72 (2000) 4882.

AUTOMAZIONE DELLE OPERAZIONI DI ESTRAZIONE CHIMICA DEI TRANSURANICI NEGLI ESCRETI

Dolores Arginelli, Gianfranco Berton, Sandro Bortoluzzi, Giuseppe Canuto, Mario Montalto, Mauro Nocente, Sandro Ridone, Maurizio Vegro
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Saluggia

1. Premessa

La determinazione del plutonio e dell'americio nei campioni biologici comporta un insieme di trattamenti lunghi e complessi che richiedono molto lavoro manuale. Il lavoro consiste nella verifica sperimentale della possibilità di eseguire il maggior numero delle manipolazioni in maniera automatica.

2. Descrizione del sistema e del procedimento di estrazione

Nel 2005 è stata verificata sperimentalmente la possibilità di automatizzare le operazioni di mineralizzazione e co-precipitazione dei campioni di urina. Il lavoro è proseguito con la realizzazione di un sistema prototipo capace di effettuare le operazioni di separazione mediante colonna cromatografica del plutonio. Il dispositivo, schematizzato nella figura, è composto da una pompa peristaltica collegata idraulicamente alla colonna, contenente la resina selettiva, ed ai serbatoi contenenti il campione ed i vari reagenti. L'unità di controllo, azionando la pompa e l'apertura e la chiusura delle valvole, provvede a regolare il flusso, attraverso la colonna, del campione e dei reagenti.

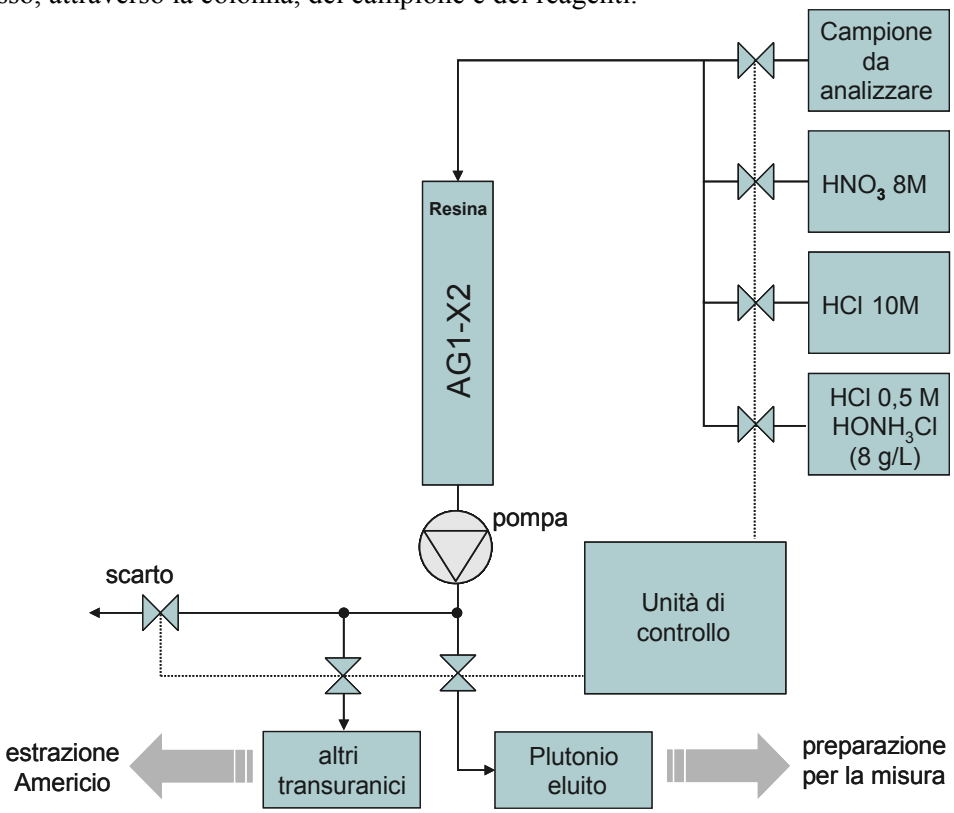


Figura 1: Diagramma del sistema

3. Conclusioni

I risultati sono stati positivi con particolare riguardo al rispetto rigoroso dei flussi dei reagenti attraverso la colonna. Il lavoro sperimentale proseguirà con la realizzazione di un dispositivo per la verifica della separazione dell'americio.

[1] O. Egorov, J. W. Grate, J. Ruzicka, J. Rad. Nuclear Chemistry, Vol. 234, Nos 1-2 (1998) 231-235.

VALUTAZIONE DELL'INCERTEZZA DELLA MISURA DEL RADON A CAUSA DELL'EFFETTO DI AGEING E FADING NEL SISTEMA DI ANALISI DEL SERVIZIO RADON DELL'ENEA

Massimo Calamosca, Silvia Penzo
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

Il Servizio Radon dell'ENEA esegue la misurazione del radon utilizzando un dispositivo di tipo passivo (DPT), con rivelatore PADC (CR-39). Come per altri elementi sensibili a stato solido per la misurazione delle radiazioni, anche il CR-39 presenta una dipendenza dall'effetto di ageing e fading. Siccome la priorità del Servizio consiste nell'assicurare e definire la qualità della misurazione anche in presenza di tali effetti, è stato portato a termine un esperimento della durata di un anno per valutare come l'ageing e il fading agiscano sulla risposta del CR-39 all'esposizione al radon e se il nuovo approccio di analisi dei rivelatori [1], che prevede l'adozione di un parametro di sensibilità dipendente dallo spessore rimosso, sia in grado di compensare tali fonti di incertezza.

2. Lo studio statistico dell'effetto di ageing e fading

I risultati completi del lavoro sono stati presentati al 23rd ICNTS (Settembre 2006, Beijing, China) [2]. Sono stati utilizzati 624 rivelatori per testare gli effetti di 3 trattamenti (Temperatura, luce e impiego nel DPT ENEA) ed il fattore durata del trattamento. Tutti i rivelatori sono stati esposti a 3600 kBq h m^{-3} (esposizione obiettivo), e le risposte, in termini di spessore rimosso e di esposizione, valutate secondo la procedura del servizio, analizzate con l'ANOVA a due fattori.

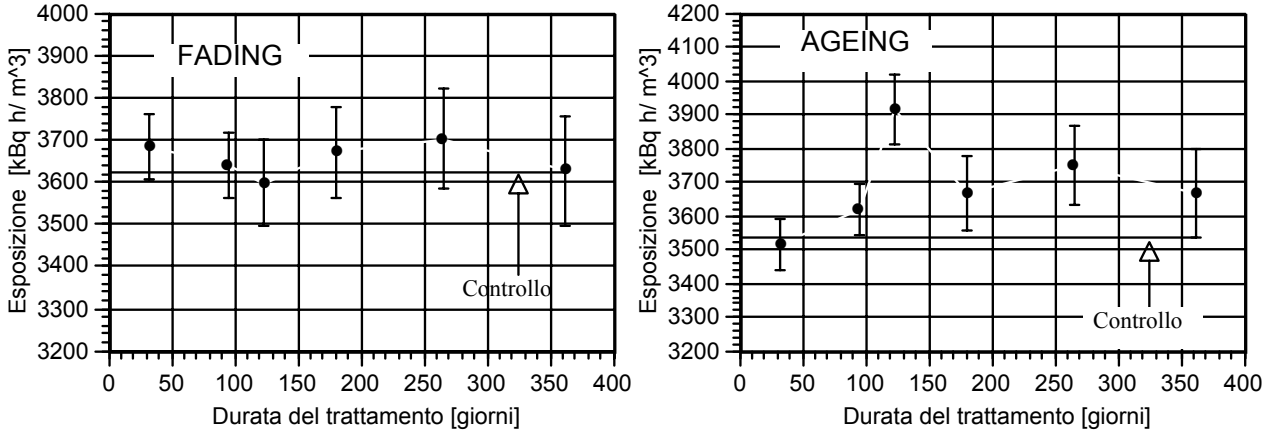


Figura 1: Effetto del fading e del ageing sulla valutazione dell'esposizione con il dispositivo ENEA-IRP

3. Conclusioni

L'effetto di ageing e del fading consiste nel ridurre il diametro della traccia, modificando sia la velocità di rimozione del materiale lungo di essa (Fading), sia quella del materiale non danneggiato (bulk) (Fading e Ageing). Il principale fattore risulta la combinazione della temperatura e del tempo di esposizione, mentre le condizioni d'illuminamento sono trascurabili. Adottando un valore di sensibilità che dipende dalla variazione della distribuzione dei diametri, l'effetto di fading è sempre inferiore al 2%, mentre l'ageing è generalmente inferiore al 6%. In condizioni normali d'uso da parte dell'utente, dove entrambi i fenomeni sono presenti, l'aumento d'incertezza nella risposta del nostro sistema di misurazione non risulta significativo.

[1] Calamosca, M., Penzo, S, Rossetti, M. and Mustapha, O.A. *Meeting New Challenges in Radon Measurements Service with Solid State Alpha Track Analysis*. Submitted to Radiation Protection Dosimetry. Proc. IM 2005, 11-15 April, 2005, Vienna

[2] Calamosca, M.and Penzo, S., 2006 *Are ageing and fading really a problem for the quality of the passive radon measurements*, XXIII ICNTS Beijing, 11-15/09/06.

CARATTERIZZAZIONE DEL ^{226}Ra NELLE ACQUE DEL SITO CASACCIA VIA SPETTROMETRIA DI MASSA A PLASMA INDUTTIVAMENTE ACCOPPIATO (ICP-MS)

Giuseppina Vanga, Roberto Stefanoni, Maria Letizia Cozzella
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Casaccia

1. Premessa

Nei campioni ambientali il ^{226}Ra può essere presente in concentrazioni molto basse, e poiché si separa con difficoltà dagli altri elementi del secondo gruppo come Calcio, Stronzio, Bario e non forma complessi che passano in fasi organiche, necessita quindi di particolari procedure chimico analitiche per la sua estrazione [3]. Esistono diversi metodi per la determinazione del Radio sia diretti come la co-precipitazione con $BaSO_4$ seguita da conteggio α totale o spettrometria α [4] oppure indiretti come la misura del ^{222} Rn (emanazione del radon); questi metodi sono o assai laboriosi, o richiedono grosse quantità di campione (emanazione del radon) e comunque necessitano tutti di tempi lunghi per la determinazione del risultato.
Lo scopo di questo lavoro è la presentazione di una metodologia per la caratterizzazione del ^{226}Ra in campioni di H_2O, basata sulla misura mediante spettrometria di massa a plasma induttivamente accoppiato (ICP-MS) preceduta da una purificazione preliminare del campione con resina a scambio cationico [1].

2. Isolamento del ^{226}Ra

La preparazione dei campioni per la misura è stata effettuata prelevando porzioni da 1 litro, concentrate fino ad un volume finale di 600 ml, acidificate con circa 5 ml di HCl concentrato e tenute sotto agitazione per dieci minuti.
Le acque così trattate sono fatte percolare su una colonna di vetro riempita con 10 grammi di resina cationica precedentemente precondizionata e purificate secondo lo schema in fig n.1

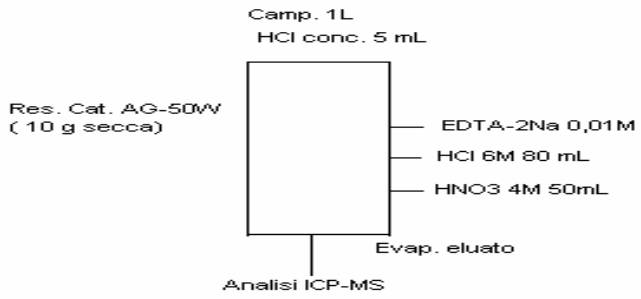


Figura 1: Purificazione del ^{226}Radio

3. Conclusioni

Il metodo proposto per la caratterizzazione del ^{226}Ra nelle acque è caratterizzato da una resa chimica elevata e sufficientemente stabile (77.6% , SD 7.5%) e permette di determinare conncentrazioni con una sensibilità ampiamente inferiore ai limiti posti dalla normativa Nazionale e Internazionale. Esso risulta sicuramente migliorativo rispetto ai metodi radiometrici tradizionalmente utilizzati sia in termini di sensibilità che di rapidità di esecuzione. Il limite di rivelabilità (0.5 mBq L^{-1}) risulta inferiore sia di quello ottenibile con la spettrometria γ che con conteggio previa separazione gravimetrica e conseguente determinazione del ^{226}Ra via α totale (D.L. 10-20 mBql^{-1}).

[1] W.C. Lawrie, J.A.Desmond, D.Spence, S. Anderson, C.Edmondson..*Determination of radium -226 in environmental and personal monitoring samples.* Applied Radiation and Isotopes (1999)
[2] Yong-Jae Kim, Chang-Kyu Kim, Cheol-Su Kim, Ju-Yong Yun, Byung-Hwan Rho. *Determination of ^{226} Ra in environmental samples using high-resolution inductively coupled plasma mass spectrometry*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. Vol.240, No.2 (1999) 613-618.

PROCEDURA DI RIPRISTINO DEI DOSIMETRI TL NON AZZERABILI

Chiara Pellegrini, Elena Fantuzzi
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

Nel corso degli anni si è riscontrato che un discreto numero di dosimetri TL, per fotoni e per neutroni termici, risultava non utilizzabile a causa di un alto valore di residuo di dose. Un'indagine più approfondita ha messo in luce che questi dosimetri subivano probabilmente irraggiamenti periodici con valori di dose presumibilmente di ordine superiore al Gray.
La procedura di ripristino dei dosimetri ha lo scopo di azzerare i rivelatori con maggiore efficacia dell'azzeramento del sistema di lettura e successiva ricaratterizzazione del dosimetro.

2. Ripristino dei dosimetri TL

La procedura di ripristino prevede, in condizioni di routine, la selezione dei dosimetri da ripristinare, $(X+\gamma)$ e $(Nt+\gamma)$, e la successiva caratterizzazione. I rivelatori GR200A e/o GR207A dei dosimetri selezionati sono azzerati nel forno e poi inseriti nel dosimetro rispettando la loro posizione di origine.
Quindi sono stati effettuati test per stabilire opportuni parametri di controllo (i.e. valori di soglia del segnale TL) ed i criteri di accettabilità sui risultati del test di caratterizzazione per la "riammissione" dei dosimetri:

$$FS_{NEW} \geq \overline{FS_{PARTITA}} - 2\sigma_{PARTITA}$$

La procedura di ripristino deve infatti essere compatibile con i tempi di lettura del servizio ($\approx 600 \text{dosimetri/giorno}$) e non alterare la riproducibilità del Sistema Dosimetrico[1].
Si procede comunque alla determinazione dei fattori di sensibilità individuali[2], solo dopo aver verificato l'avvenuto azzeramento dei dosimetri.
Dai risultati ottenuti confrontando i nuovi fattori di sensibilità dei rivelatori con quelli calcolati in precedenza (Fig.1) si ha che per letture $L_i \geq 1100\text{nC}$ solo il 20% soddisfa i criteri di accettabilità, mentre per letture $L_i < 1100\text{nC}$, un'alta percentuale ($\approx 100\%$) di dosimetri superano il test e possono essere quindi reinseriti nel Servizio.

3. Conclusioni

Questo studio, oltre che stabilire la procedura di ripristino per i dosimetri fino ad ora scartati, ha permesso di inserire un ulteriore controllo nel sistema di gestione delle seconde letture dei dosimetri di routine, migliorando l'accuratezza complessiva del Sistema Dosimetrico.

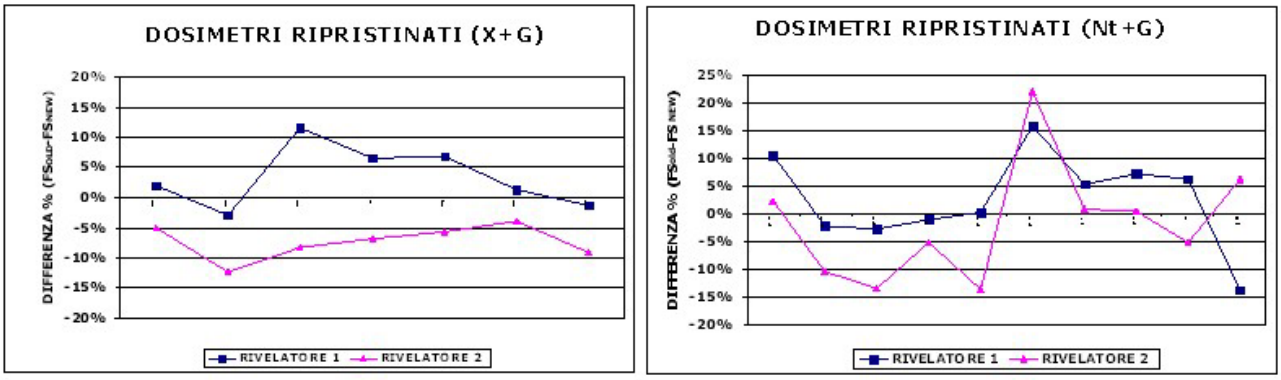


Figura 1 Confronto tra i fattori di sensibilità dei 2 rivelatori impiegati per un campione di dosimetri analizzati.

[1] Fantuzzi, E., Mariotti, F., B. Morelli, Uleri G.C. *The implementation in routine of the ENEA new personal photon dosemeter.* Rad. Prot. Dosim. 120(1-4), p.278-282, (2006).
[2] E. Argazzi, G. Baldassarre, U. De Maio, E. Fantuzzi, F. Monteventi, G.C. Uleri *Determinazione della sensibilità intrinseca di un numero elevato di dosimetri personali di LiF (Mg,Cu,P)* RT/AMB/96/6.

"PROCORAD® 2006" - INTERCONFRONTO DI MISURE RADIOTOSSICOLOGICHE: PARTECIPAZIONE DEI LABORATORI BAS ION IRP

Paolo Battisti
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Premessa

La partecipazione ad attività di intercalibrazione ed interconfronto è da anni una prassi regolarmente adottata dai Laboratori dell'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA, essendo pressoché unanimemente riconosciuta come una delle vie maestre per la qualificazione e la verifica nel tempo dell'affidabilità delle prestazioni fornite. Ciò è particolarmente vero per tipologie di misura, fra cui quelle effettuate ai fini di dosimetria interna, per le quali il disporre di idonei standard di calibrazione può risultare problematico, sia per gli elevati costi finanziari che ciò comporta, sia per la difficoltà stessa di reperire sul mercato campioni metrologicamente qualificati. Tali attività, in specie se a carattere internazionale, offrono peraltro l'opportunità di inserimento in un contesto tecnico scientifico più ampio, il che indubitabilmente favorisce lo scambio di informazioni, l'analisi critica e l'aggiornamento delle tecniche analitiche utilizzate e quindi la crescita delle competenze e delle capacità operative dei Laboratori stessi.
Nell'ambito delle misure del contenuto di radionuclidi in campioni biologici finalizzate alla sorveglianza radioprotezionistica della contaminazione interna, le cosiddette misure Radiotossicologiche, una delle iniziative più accreditate a livello internazionale è sicuramente costituita dalle campagne di interconfronto organizzate dalla PROCORAD®, società privata francese istituita allo scopo da alcuni dei maggiori esperti della materia. Gli interconfronti PROCORAD si svolgono con scadenza annuale fin dalla metà degli anni '90 proponendo un set di prove che abbraccia le principali tipologie di misure utilizzate in radiotossicologia ed hanno registrato nel tempo una partecipazione sempre più ampia e qualificata da parte dei principali Laboratori europei ed extraeuropei operanti nel campo.
L'Istituto di Radioprotezione ENEA partecipa continuativamente a PROCORAD fin dal 1996, dapprima con il solo Laboratorio di Radiotossicologia IRP Casaccia e successivamente anche con i Laboratori IRP di Frascati (dal 2000), Saluggia (dal 2003) e Trisaia (dal 2005), ciascuno per le tipologie di misura di interesse.

2. L'interconfronto PROCORAD 2006

Come nelle passate edizioni, anche nel 2006 l'interconfronto PROCORAD ha proposto 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 hanno complessivamente aderito 67 laboratori di 21 Paesi, di cui 57 provenienti dall'Europa (5 dall'Italia, di cui 4 BAS ION IRP), 4 dall'America del Nord, 3 dall'America del Sud, 1 dall'Asia e 2 dall'Africa; in Tabella 1 vengono indicati per ogni esercizio proposto, descrizione della prova (tipologia e numero di campioni, determinazione prevista), numero complessivo di partecipanti e partecipanti BAS ION IRP.

Tabella 1 : Interconfronto PROCORAD 2006: descrizione sintetica degli esercizi proposti e partecipazione.

Ex.	Tipologia campione	N° campioni	Radionuclide/i di cui determinare il contenuto	Totale partecipanti adesione	Totale partecipanti risposte	Laboratori BAS ION IRP partecipanti
1	urina	6	trizio (^{3}H)	52	49	Casaccia, Frascati
2	urina	4	carbonio (^{14}C)	31	28	Casaccia
3	Urina	3	gamma-emettitori	50	47	Casaccia, Saluggia, Trisaia
			stronzio (^{90}Sr)	40	38	Casaccia, Trisaia
4	urina	3	uranio	43	41	Casaccia
5	urina	3	attinidi	39	37	Casaccia, Saluggia
	Feci	3	Plutonio	38	37	Casaccia, Saluggia
6			Americio e Curio	36	32	Casaccia, Saluggia
7	urina	1	non specificati ("surprise")	32	28	nessuno

3. Risultati ottenuti dai Laboratori dell'Istituto di Radioprotezione ENEA

In Tabelle 2 -5 sono riportati in termini di BIAS (scarto relativo fra valore misurato e valore certificato) gli esiti forniti dai 4 Laboratori BAS ION IRP agli esercizi PROCORAD 2006 cui hanno partecipato.

Tabella 2. Esercizio 1 e 2 (determinazione contenuto di ^{3}H e ^{14}C rispettivamente in 6 e 4 campioni di urina): risultati ottenuti dai laboratori BAS ION IRP in termini di BIAS (%) rispetto al dato di attività "vero" dei radionuclidi presenti.

Laboratorio BAS ION IRP	^{3}H camp.A Blank(*)	^{3}H camp.B BIAS (%)	^{3}H camp.C BIAS (%)	^{3}H camp.D BIAS (%)	^{3}H camp.E BIAS (%)	^{3}H camp.F BIAS (%)	^{14}C camp.A Blank(*)	^{14}C camp.B BIAS (%)	^{14}C camp.C BIAS (%)	^{14}C camp.D BIAS (%)
Casaccia	NR	-3,4	-6,0	-0,9	-6,5	7,2	NR	0,0	0,7	0,1
Frascati	NR	2,1	1,5	10,3	2,1	NR	NR	-18,5	-22,7	-1,1

NR = nessun radionuclide rivelato

Tabella 3. Esercizio 3 (determinazione contenuto di radionuclidi γ-emettitori e ^{90}Sr in 3 campioni di urina): risultati ottenuti dai laboratori BAS ION IRP in termini di BIAS (%) rispetto al dato di attività "vero" dei radionuclidi presenti.

Laboratorio BAS ION IRP	campione A BIAS (%)	campione B BIAS (%)				campione C BIAS (%)		
	^{40}K	^{137}Cs	^{139}Ce	^{22}Na	^{90}Sr	^{139}Ce	^{22}Na	^{90}Sr
Casaccia	-9.2	-7,2	-4,0	-6,1	-9,4	-2,8	-5,5	-2,8
Saluggia	-1.6	1.1	-0,6	-4,4	NE	1,0	-3,7	NE
Trisaia	3.9	5,5	-0,7	-5,9	34,9	-1,2	-7,4	35,6

NE = determinazione non effettuata

Tabella 4. Esercizio 4 (determinazione contenuto di Uranio in 3 campioni di urina): risultati ottenuti dai laboratori BAS ION IRP in termini di BIAS (%) rispetto al dato di attività "vero" dei radionuclidi presenti.

Laboratorio BAS ION IRP	campione A BIAS (%)			campione B BIAS (%)			campione C BIAS (%)
	^{238}U	^{235}U	U_{totale}	^{238}U	^{235}U	U_{totale}	Blank(*)
Casaccia	-13,8	-11,0	*-29,6*	-11,7	-11,5	11,5	NR

NR = nessun radionuclide rivelato

Tabella 5. Esercizio 5 e 6 (determinazione contenuto di attinidi in 3 campioni di urina e feci): risultati ottenuti dai laboratori BAS ION IRP in termini di BIAS (%) rispetto al dato di attività "vero" dei radionuclidi presenti

Laboratorio BAS ION IRP	Urine camp. A BIAS (%)		Urine camp. B BIAS (%)				Urine camp. C BIAS(%)	Feci Camp. A BIAS (%)		Feci camp. B BIAS (%)		Feci camp. C BIAS (%)
	^{238}Pu	^{241}Am	^{238}Pu	^{239}Pu	^{241}Am	^{244}Cm	Blank(*)	^{238}Pu	^{239}Pu	^{239}Pu	^{244}Cm	Blank(*)
Casaccia	-11,1	13,3	-12,2	2,7	20,3	-24,8	NR	-14,8	-9,7	-6,9	20,6	NR
Saluggia	2,5	24,7	-1,6	-1,9	26.8	2,5	NR	1,9	0,5	1,9	-12,8	NR

NR = nessun radionuclide rivelato

Da un'analisi sintetica dei risultati effettuata sulla base del criterio di accettabilità del dato di misura proposto dall'ISO(1) (BIAS compreso nell'intervallo [-25%, +50%]), si rileva un unico dato non conforme (determinazione dell'Uranio totale nel campione A), mentre sono da segnalare le ottime performance dimostrate in generale nella misura di Plutonio sia nelle urine che nelle feci, in quella di trizio e dei radionuclidi gamma emettitori nelle urine, nonché, da parte del Laboratorio Casaccia, nella misura di carbonio (^{14}C) e di stronzio (^{90}Sr) nelle urine. Di converso si rileva, pur in un quadro di accettabilità dei risultati, la necessità di un affinamento dei metodi utilizzati per la determinazione di Americio ed Uranio e, limitatamente ai Laboratori di Trisaia e Frascati, rispettivamente di quella di Stronzio e di Carbonio.

4. Conclusioni

I risultati ottenuti in questo interconfronto PROCORAD 2006 dai Laboratori BAS ION IRP sono da considerare nel complesso ampiamente soddisfacenti. A testimonianza di ciò si sottolineano per altro le menzioni di merito inviate da PROCORAD ai Laboratori di Saluggia e Casaccia, rispettivamente per la determinazione del Plutonio e del Carbonio (^{14}C), con richiesta di pubblicazione delle metodologie adottate.

[1] ISO. *Radiation Protection – Performance Criteria for Radiobioassay – Part 1: General Principles*. ISO/FDIS 12790-1:2001.

PROFICIENCY TEST ALMERA 2006: PARTECIPAZIONE DEI LABORATORI BAS ION IRP

Paolo Battisti
ENEA – BAS-ION-IRP, CR Bologna

1. Premessa

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 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. Scopo di ALMERA è il mantenimento di una rete di Laboratori in grado di: fornire assistenza rapida per mitigare le conseguenze di una emergenza radiologica su vasta scala, sviluppare e stabilire metodi radio-chimici rapidi ed affidabili, preparare linee guida su metodi di campionamento e di analisi, conseguire la comparabilità dei risultati forniti dai Laboratori aderenti. La nomina dei membri ALMERA avviene su indicazione dei Governi Nazionali. Richiesta primaria cui essi devono soddisfare è la partecipazione ed il superamento di specifici "Proficiency Test" o prove d'interconfronto, appositamente organizzate 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 Italiano di 5 Laboratori per l'Italia, fra cui i 3 Laboratori di Sorveglianza Ambientale dell'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA (Casaccia, Saluggia e Trisaia).

2. Il Proficiency test ALMERA 2006

Il *Proficiency test 2006* prevedeva la determinazione dell'attività dei radionuclidi gamma emettitori presenti in 3 differenti matrici, terreno, erba ed acqua, per ciascuna delle quali era fornito un unico campione. La prova era divisa in due fasi: *rapida*, con invio dei risultati entro 7 giorni dalla ricezione dei campioni, ed *accurata*, con invio entro 90 giorni, così da testare capacità e qualità di risposta sia in una situazione di emergenza che di normale routine. Il criterio di valutazione adottato dagli organizzatori è basato su un'analisi differenziata di *accuratezza* e *precisione* di ogni singolo dato. Per l'accuratezza, il risultato fornito dal Laboratori (valore dell'attività di ciascun radionuclide rivelato, $Val._{LAB}$, ed incertezza associata, $Inc._{LAB}$) è considerato "accettabile" se viene soddisfatta le seguente condizione:

$A1 \leq A2$, ove: $A1 = |Val._{IAEA} - Val._{LAB}|$ $A2 = 2.58 \times \sqrt{(Inc.^2_{IAEA} + Inc.^2_{LAB})}$

Invece, la precisione, stimata con il parametro P definito come segue, è valutata "accettabile" se P risulta non superiore ai limiti (LAP%) riportati in Tabella 1.

$$P = \sqrt{\left(\frac{Inc._{IAEA}}{Val._{IAEA}}\right)^2 + \left(\frac{Inc._{LAB}}{Val._{LAB}}\right)^2} * 100$$

Tabella 1 : Valori dei parametri LAP% E MAB% utilizzati per la valutazione dei risultati forniti dai Laboratori.

Radionuclide	Campione di terreno		Campione di erba		Campione di acqua	
	LAP%	MAB%	LAP%	MAB%	LAP%	MAB%
K-40	---	---	20	20	---	---
Mn-54	20	20	---	---	15	15
Co-60	20	20	---	---	15	15
Zn-65	20	20	---	---	15	15
Cd-109	25	25	---	---	20	20
Cs-134	20	20	---	---	15	15
Cs-137	20	20	20	20	15	15
Pb-210	30	30	---	---	30	30
Am-241	25	25	---	---	20	20

Nella valutazione finale vengono infine combinati entrambi gli esiti su accuratezza e precisione. Un risultato è accettabile se soddisfa entrambi i criteri, "non accettabile" se non ne supera nessuno. Nei casi in cui solo una delle valutazioni è accettabile, il valore di BIAS% (scarto relativo fra valore fornito dal Laboratorio e valore certificato) viene confrontato con i valori limite (MAB%), anch'essi riportati in Tabella 1. Se il BIAS% è non superiore al MAB il giudizio è "warning"[1], in caso contrario "non accettabile".

[1] Il giudizio "warning" può riflettere due distinte situazioni: una precisione insufficiente associata ad valore basso di incertezza, o una buona precisione con un incertezza associata troppo elevata.

3. Risultati ottenuti dai Laboratori dell'Istituto di Radioprotezione ENEA

Nelle Tabelle 2-4 sono riportati, in termini di BIAS e precisione relativa, gli esiti forniti dai 3 Laboratori BAS ION IRP al Proficiency Test, mentre in Tabella 5 le valutazioni finali delle diverse prove.

Tabella 2. Esercizio 1: determinazione (rapida ed accurata) del contenuto di radionuclidi γ-emettitori nel campione di terreno[2].

Laboratorio	Tipo di Determ.	^{54}Mn		^{60}Co		^{65}Zn		^{109}Cd		^{134}Cs		^{137}Cs		^{210}Pb		^{241}Am	
		BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %
Casaccia	rapida	1.88	5.73	1.78	4.73	0.26	6.30	9.91	22.8	-10.1	4.51	-3.42	5.91	-14.8	24.7	**-15.2**	1.71
	accurata	3.75	3.82	1.07	3.17	4.64	3.57	**27.8**	5.42	-6.39	3.00	-2.85	4.31	**-19.9**	6.25	15.8	12.3
Saluggia	rapida	-4.79	10.9	4.63	11.2	-5.54	12.4	45.3	15.1	3.58	10.8	-2.09	10.7	-26.4	14.7	-15.5	11.3
	accurata	-0.21	7.72	3.39	8.79	-1.16	10.4	10.4	8.16	0.78	7.26	0.57	7.37	-7.90	17.6	-2.69	7.55
Trisaia	rapida	-3.96	2.39	**-8.91**	1.37	-4.64	2.03	9.80	10.3	**-15.6**	1.29	**-6.65**	1.43	-20.2	10.1	**-21.8**	3.18
	accurata	0.21	9.36	-2.14	9.47	1.29	10.1	9.80	10.3	-7.32	9.58	-1.14	10.0	-20.2	10.1	-12.3	9.56

Tabella 3. Esercizio 2: determinazione (rapida ed accurata) del contenuto di radionuclidi γ-emettitori nel campione di erba[2].

Laboratorio BAS ION IRP	Determinazione rapida				Determinazione accurata			
	^{137}Cs		^{40}K		^{137}Cs		^{40}K	
	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %
Casaccia	12.6	4.27	2.93	14.8	**12.1**	2.52	9.54	9.48
Saluggia	1.59	12.2	0.09	**15.1**	-4.59	7.41	-6.52	10.7
Trisaia	**-14.2**	0.13	**-16.4**	1.92	-3.88	1.93	3.31	3.66

Tabella 4. Esercizio 3: determinazione (rapida ed accurata) del contenuto di radionuclidi γ-emettitori nel campione di acqua[2].

Laboratorio	Tipo di Determ.	^{54}Mn		^{60}Co		^{65}Zn		^{109}Cd		^{134}Cs		^{137}Cs		^{210}Pb		^{241}Am	
		BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %	BIAS %	Inc. %
Casaccia	rapida	12.5	7.27	8.62	4.76	10.0	8.75	2.96	9.90	2.07	3.76	12.4	4.79	**90.6**	11.5	-9.84	15.1
	accurata	8.38	5.66	3.45	5.00	3.16	4.00	-14.9	8.98	4.37	2.94	6.46	3.37	**70.7**	12.3	-12.6	12.5
Saluggia	rapida	-10.0	6.14	0.52	6.00	-9.22	**12.1**	4.49	**15.1**	1.30	4.55	3.47	4.62	41.4	**32.6**	0.00	13.7
	accurata	3.89	5.51	4.14	5.63	-1.38	9.62	6.01	12.0	1.30	4.55	4.67	4.57	18.3	**25.7**	0.27	12.3
Trisaia	rapida	8.38	3.77	-3.45	3.57	3.16	4.00	4.49	5.73	**11.0**	1.72	1.08	1.78	**94.8**	10.2	1.09	13.5
	accurata	8.38	3.77	-3.45	3.57	0.41	4.11	4.49	9.76	**-11.0**	2.59	1.08	2.37	**94.8**	10.8	1.09	13.5

Tabella 5. Valutazioni finale delle prove (A= Accettabile, W = Warning, N = Non accettabile)

Campione	Laboratorio	Determinazione	^{40}K	^{54}Mn	^{60}Co	^{65}Zn	^{109}Cd	^{134}Cs	^{137}Cs	^{210}Pb	^{241}Am
TERRENO	Casaccia	Rapida	--	A	A	A	A	A	A	A	*W*
		Accurata	--	A	A	A	**N**	A	A	*W*	A
	Saluggia	Rapida	--	A	A	A	A	A	A	A	A
		Accurata	--	A	A	A	A	A	A	A	A
	Trisaia	Rapida	--	A	*W*	A	A	*W*	*W*	A	*W*
		Accurata	--	A	A	A	A	A	A	A	A
ERBA	Casaccia	Rapida	A	--	--	--	--	--	A	--	--
		Accurata	A	--	--	--	--	--	*W*	--	--
	Saluggia	Rapida	*W*	--	--	--	--	--	A	--	--
		Accurata	A	--	--	--	--	--	A	--	--
	Trisaia	Rapida	**N**	--	--	--	--	--	*W*	--	--
		Acurata	A	--	--	--	--	--	A	--	--
ACQUA	Casaccia	Rapida	--	A	A	A	A	A	A	**N**	A
		Accurata	--	A	A	A	A	A	A	**N**	A
	Saluggia	Rapida	--	A	A	*W*	*W*	A	A	**N**	A
		Accurata	--	A	A	A	A	A	A	*W*	A
	Trisaia	Rapida	--	A	A	A	A	**N**	A	**N**	A
		Accurata	--	A	A	A	A	**N**	A	**N**	A

4. Analisi dei risultati e conclusioni

Dei 108 risultati complessivamente inviati, ben 87 hanno ottenuto il giudizio finale "accettabile" e quindi la valutazione complessiva della prova è da considerarsi ampiamente soddisfacente.

Si devono tuttavia segnalare alcuni punti di criticità, in buona parte dovuti ad una non corretta valutazione della incertezza (8 dei 12 casi di "warning" dipendono da incertezze irrealisticamente basse), ma anche all'accuratezza di misura, in particolare per il ^{134}Cs, nuclide notoriamente di complessa determinazione, e soprattutto il ^{210}Pb (5 dei 9 casi di giudizio "non accettabile"). Per il ^{210}Pb la spiegazione è individuabile nella intercalibrazione precedente il test effettuata con sorgente con emissioni tra 60 keV e 2 MeV, e quindi, superiore quella di 47 keV del ^{210}Pb. Ciò ha costretto alla estrapolazione del fattore di calibrazione nella zona dello spettro γ più critica in quanto a più elevato gradiente della curva energia-efficienza. Tuttavia, fra gli scopi di tali prove vi è proprio quello di evidenziare eventuali lacune per stimolare una sempre migliore qualificazione delle metodologie adottate. Infatti, IRP ha già avviato azioni, per una revisione dei metodi di valutazione delle incertezze e di analisi spettrale ed è in preparazione una nuova campagna di intercalibrazione dei laboratori IRP nell'intervallo di energia di emissione 10-100 keV.

[2] I dati che non risultano entro l'intervallo di accettabilità sono riportati in grassetto

SORVEGLIANZA FISICA
DI RADIOPROTEZIONE

LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE PRESSO IL CENTRO DI CASACCIA

Roberto Stefanoni, Giovanni Gianquitto, Nadia Di Marco, Elvio Soldano, Alberto Manzotti, Francesco Ranucci, Marco Cerro
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Casaccia

1. Premessa

Presso il C.R. Casaccia il laboratorio svolge l'attività di Sorveglianza Ambientale in attuazione di obblighi di legge. I risultati del programma sono raccolti annualmente e pubblicati nel Rapporto Annuale di Radioattività Ambientale[1]. Il programma di campionamento delle diverse matrici ambientali per l'anno in corso è stato regolarmente completato il 15 Dicembre, mentre le misure saranno completate entro il 1° trimestre 2007. Dal 1991, su richiesta dell'APAT, allo scopo di far fronte con tempestività ad eventuali situazioni anomale di contaminazione ambientale di origine transfrontaliera il laboratorio effettua il monitoraggio continuo della radiazione da gamma emettitori nel particolato atmosferico.

2. Attività del Laboratorio nel corso dell'anno 2006

Il monitoraggio della radioattività ambientale comporta il campionamento sistematico di matrici ambientali ed alimentari in 34 punti di prelievo previsti all'interno ed all'esterno del C.R. Casaccia. I campioni raccolti nel corso dell'anno, alla data del 15 Dicembre si riassumono in:

Tabella 1 : Riepilogo dei campioni registrati e catalogati al 15 Dicembre 2006

Campioni prelevati e misurati previsti nella rete di sorveglianza ambientale		
Acqua	34	Sorgente di falda, geografica.
Aria	1085	Particolato atmosferico (3 campioni/giorno)
Latte	16	Vaccino fresco di fattoria
Sedimento	16	Organico-minerale del Fossetto della Casaccia
Terreno	10	Strato superficiale (10 cm)
Vegetale	12	Foraggio, ortaggio, cereale
Campioni misurati a seguito di richieste da utenti esterni		
Campioni da Impianti e laboratori del Centro	33	Smear test, campioni in fase liquida e solida
Campioni di utenti non ENEA	16	Smear test, campioni in fase liquida e solida
Servizio di monitoraggio per il Centro Casaccia	46	Acqua reflua dei servizi di Centro Casaccia
Servizio di monitoraggio per il Centro Casaccia	337	Acqua del Fossetto della Casaccia

I campioni descritti sono sottoposti alle diverse misure previste per la determinazione di radionuclidi alfa, beta e beta-gamma emettitori oltre che alla estrazione specifica degli isotopi del Plutonio e dello Stronzio.
Inoltre nel corso dell'anno:

- Partecipazione al "proficiency test of laboratories performing measurements of gamma-emitting radionuclides in soil, grass and water matrices" progetto ALMERA – IAEA;
- Preparazione di standard radioattivi in forma di gel di acrilammide, di sorgenti multigamma per taratura e intercomparazione dei rivelatori al Germanio per i diversi laboratori dell'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA;
- Misure su matrici metalliche e plastiche richiesti da utenti esterni specifiche per la determinazione degli isotopi del Plutonio e dello Stronzio-90
- Partecipazione al Convegno Nazionale di Radioprotezione AIRP – Catania 2006 [2] [3]

3. Conclusioni

L'attività di sorveglianza ambientale svolta da oltre 30 anni intorno al sito del CR Casaccia comporta una routine di campionamento e di misure di laboratorio molto intensa e costante. I dati del monitoraggio costituiscono la documentazione sperimentale dell'impatto dell'esercizio degli impianti e delle installazioni/laboratori del CR ENEA sul territorio circostante.

[1] E. Fantuzzi, R.Stefanoni: *Rapporto annuale sulla radioattività ambientale del Centro ricerche della Casaccia". Anno di riferimento 2005; ENEA RTI/BAS-ION_IRP(2006) 5;*
[2] G. Vanga, R. Stefanoni, Cozzella M. L.: *Caratterizzazione del Ra-226 nelle acque del sito Casaccia via spettrometria di massa a plasma induttivamente accoppiato (ICP-MS);*
[3] S. Bortoluzzi, N. Di Marco, G. Gianquitto, M. Montalto, A. Montemurro, M. Nocente, R. Stefanoni, N. Silvestri, S. Zicari, P. Battisti: *Il Servizio misure della radioattività ambientale dell'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA.*

LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITA' AMBIENTALE PRESSO IL CENTRO DI SALUGGIA

Dolores Arginelli, Gianfranco Berton, Sandro Bortoluzzi, Giuseppe Canuto, Mario Montalto, Mauro Nocente, Sandro Ridone, Maurizio Vegro
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Saluggia

1. Premessa

L'impianto pilota per il trattamento di elementi di combustibile irraggiati ad alto arricchimento in ^{235}U tipo MTR e ad uranio naturale denominato EUREX (Enriched URanium EXraction) è situato presso il C.R. ENEA di Saluggia. Nel 2003 la Licenza di Esercizio dell'impianto EUREX è stata ceduta da ENEA a SO.G.I.N. SpA (SOcietà Gestione Impianti Nucleari) e questa società ha assunto in proprio l'attuazione della rete necessaria per la valutazione dell'impatto ambientale degli scarichi dell'impianto nucleare.
Pertanto i criteri guida di attuazione del monitoraggio radioattivo, nel territorio circostante al Centro Ricerche ENEA, sono stati modificati per consentire l'acquisizione di dati sperimentali per l'effettuazione di studi scientifici che consentano una migliore conoscenza del trasferimento dei radionuclidi nell'ambiente.

2. La rete di sorveglianza ambientale

A partire dal precedente piano di monitoraggio, mantenuto nello schema generale per dare continuità con i valori storici raccolti precedentemente, i criteri guida di attuazione del monitoraggio radioattivo sono stati modificati per consentire la produzione di dati sperimentali utili per approfondire la conoscenza e la caratterizzazione dal punto di vista radiologico in senso generale e non più solo strettamente legato al rilascio del singolo impianto. Il tipo, la periodicità e le quantità dei prelievi sono stati resi compatibili con le indicazioni della Comunità Internazionale per le reti nazionali di monitoraggio della radioattività ambientale. I dati raccolti non riguardano solo le attività dei radionuclidi artificiali del ritrattamento del combustibile nucleare, ma anche alcuni dei principali radionuclidi in uso in medicina e dei più significativi radionuclidi naturali.

Tabella 1 : Schema di prelievo delle matrici ambientali.

Matrice	N° campioni o stazioni	Frequenza di prelievo	Quantità prelevata
Radiazioni	10	Trimestrale	
	1	Continua	
Latte vaccino	1 (produttore locale)	Mensile	2 l
	1 (centrale latte)	Settimanale	2 l
Cereali	1(Mais)	Annuale	3 kg
	1(Riso)	Annuale	3 kg
Vegetali a frutto	1 (Fagioli)	Annuale	3 kg
Terreno	1 (sponda sx fiume)	Semestrale	3 kg.
	1 (sponda dx fiume)	Semestrale	3 kg.
Acqua di falda	1 (interno sito)	Trimestrale	20 l
	1 (esterno sito)	Trimestrale	20 l
Acqua potabile	1 (Acquedotto Monferrato)	Semestrale	50 l
	1 (pozzi sito)	Semestrale	50 l
Acqua di fiume	1	Mensile	20 l
Sedimenti	1 (monte del sito)	Semestrale	3 kg
	1 (valle del sito)	Semestrale	3 kg
Aria	1	Continua	144 m^3/giorno
		Trimestrale	~13000 m^3
Fall-out	1	Mensile	0,56 m^2

3. Conclusioni

Atto finale del lavoro è la stesura di un Rapporto Annuale che a partire dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio dia una descrizione, la più completa possibile, dello stato radiometrico dello stesso, oltre ad una valutazione finale dosimetrica dei valori di radioattività trovati. Il lavoro pur mantenendo un carattere fortemente tecnico è sviluppato anche per la fruizione diretta da parte della popolazione.

[1] IAEA Safety Guide RS-G-1.8 *Environmental and source monitoring for purposes of radiation protection*.

[2] Bortoluzzi S., Montalto M., Nocente M. - *Rapporto di radioattività ambientale 2005* - RTI BAS-ION-IRP (2006) 7

LA SORVEGLIANZA DELLA RADIOATTIVITÀ AMBIENTALE PRESSO IL CENTRO DI TRISAIA

Salvatore Zicari, Nicola Silvestri, Stefano Guerra, Eustachio Montemurro, Rosetta Pentivolpe, Giuseppe Santarcangelo, Sergio Sasso
ENEA – BAS-ION-IRP – CR Trisaia

1. Premessa

All'interno del Centro Enea della Trisaia ha sede l'Impianto ITREC che in passato aveva lo scopo di sviluppare attività di ricerca nel campo del ritrattamento di combustibile nucleare irraggiato appartenente al ciclo Uranio-Torio. Dal 2003 l'impianto è passato in gestione a SOGIN S.p.a.

2. Le attività

Dal gennaio 2005, SOGIN provvede in proprio all'obbligo di sorveglianza ambientale della radioattività naturale intorno all'impianto ITREC. Tuttavia, IRP ha mantenuto operativo una rete di Sorveglianza Ambientale, allo scopo di vigilare sul territorio circostante il Centro ENEA. Il piano di monitoraggio ambientale svolto da ENEA, che prevede circa 60 punti di prelieve all'interno ed all'esterno del centro, ricalca sostanzialmente la rete di sorveglianza originaria dell'impianto ITREC con leggere modifiche nella frequenza di campionamenti e con l'aggiunta di alcuni punti di prelievo (Tabella 1).

Tabella 1 Rete di sorveglianza ambientale

Campione	Punti di prelievo	Frequenza	Misura
Particolato Atmosferico	1	giornaliera	β totale, Spettrometria γ
Frutta	3	trimestrale	Spettrometria γ, Sr-90
Ortaggi	4	trimestrale	Spettrometria γ, Sr-90
Foraggio	1	annuale	Spettrometria γ, Sr-90
Latte	1	Settimanale/Trimestrale	Spettrometria γ, Sr-90
Terreno	6	annuale	Spettrometria γ
Fallout	1	mensile	Spettrometria γ
Acqua di mare	3	trimestrale	Spettrometria γ , Sr-90, Th nat, H-3
Acqua potabile	1	Mensile/Trimestrale	Spettrometria γ , β totale, Sr-90
Acqua di falda	3	trimestrale	β totale, Spettrometria γ
Pesce	2	trimestrale	Spettrometria γ
Sabbia di mare	3	trimestrale	Spettrometria γ
Limo	4	trimestrale	Spettrometria γ
Limo Oxigest	1	mensile	Spettrometria γ
Dosimetri perimetrali	20	45 gg	Dose gamma in aria
Irraggiamento diretto Litorale Ionico	13	annuale	Irraggiamento diretto

Il tipo e la periodicità dei prelievi sono compatibili con le indicazioni della Comunità Europea per le reti nazionali di monitoraggio della radioattività ambientale e pertanto i dati raccolti possono essere trasmessi all'APAT che, per il Ministero dell'Ambiente, gestisce la rete italiana di monitoraggio.
Per le misure effettuate sulle matrici ambientali e alimentari, si fa riferimento ad un manuale operativo [1] predisposto in relazione al progetto SIAMESI che ha portato alla certificazione ISO14000 del CR Trisaia a cura della Direzione del Centro per il sito ENEA.

3. Conclusioni

Il Laboratorio dell'Istituto di Radioprotezione del Centro ENEA Trisaia svolge da oltre trent'anni attività radioprotezionistica nel campo della Sorveglianza Ambientale e costituisce un riferimento consolidato per l'intera Italia Meridionale.

L'analisi conclusiva dei dati radiometrici rilevati permette di affermare che lo stato radiologico nell'intorno del CR Trisaia rientra nella norma in quanto i valori di attività dei radionuclidi derivanti da attività antropiche sono nulli o trascurabili e quelli dei radionuclidi naturali sono confrontabili con i valori medi nazionali.

[1] S.Zicari, N. Silvestri. Manuale Operativo per la sorveglianza della Radioattività Ambientale C.R. ENEA di Trisaia (2006)

APPLICAZIONI WEB PER L'INFORMATIZZAZIONE DELL'ARCHIVIO DOSIMETRICO ENEA E DEI DATI RADIOMETRICI RILEVATI DA IRP

Sandro Merolli, Stefano Polenta
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Frascati

1. Premessa

L'Istituto di Radioprotezione ha avviato un'operazione di informatizzazione del proprio sistema di raccolta dei dati radiometrici rilevati sia in tempo reale che come risultato di misure di laboratorio prodotti presso i Centri ENEA. In quest'ambito è stata sviluppata una procedura web (Sistema Informativo Radiometrico SI.MO.RA) che consente l'archiviazione centralizzata dei dati, nonché la loro visualizzazione e restituzione tramite web browser. Un'analoga applicazione è stata sviluppata per consentire la centralizzazione e restituzione dei dati dosimetrici personali dei lavoratori esposti ENEA e dei dati ambientali prodotti da IRP

2.1 Sistema informativo radiometrico (SI.MO.RA)

L'Istituto di radioprotezione ENEA gestisce tutti i dati radiometrici ambentali che vengono acquisiti presso i diversi Centri ENEA dislocati sul territorio nazionale. Tale circostanza, congiunta con lo sviluppo raggiunto dagli strumenti informatici attualmente reperibili sul mercato, ha suggerito la realizzazione di un sistema informativo centralizzato, collegato in rete, per consentire l'acquisizione automatica dei dati rilevati e la loro fruizione da parte del personale ENEA interessato. Tale sistema informativo è stato realizzato includendo anche l'archivio dosimetrico di cui al successivo punto 2.2.
Il Sistema di Monitoraggio **Simora** soddisfa i seguenti requisiti: collegamento on line permanente con i centri periferici ENEA di controllo della strumentazione installata, acquisizione dei dati rilevati da laboratori mobili per misure di livelli di radioattività ambientale, da laboratori per le analisi radiometriche sulle matrici ambientali controllate (restituiti automaticamente in formato U.E.), da stazioni fisse on-line per misure d'intensità di dose γ in aria e da strumentazione installata attorno ad impianti nucleari e/o radiologici. Nell'applicazione è presente un sistema informativo geografico **(GIS)** connesso al data base, contenente i risultati delle misure. Il sistema geografico **(GIS)** costituisce un'interfaccia d'accesso al data base di monitoraggio permettendo la visualizzazione dei parametri e dei valori delle misure associati ad ogni punto geografico, nonché l'uso del territorio basato su mappe tematiche incluse nel sistema.
L'applicazione comprende inoltre un codice di diffusione atmosferica (SPADE) e la possibilità del calcolo delle dosi da inalazione alla popolazione in caso di rilasci di radionuclidi nell'ambiente.
L'architettura della rete è strutturata come applicazione web per consentire l'accesso ai dati tramite internet.
Il software è stato sviluppato facendo ampio ricorso a componenti open source quali Linux, MySQL, NetBeans, Tomcat Apache, Java, che vengono ormai utilizzati anche dalle grandi aziende nazionali. Lo sviluppo dei progetti open source ha raggiunto ormai un alto grado di affidabilità che ne consiglia l'utilizzo, anche tenendo di vista la dimensione economica e la possibilità di avere a disposizione i sorgenti delle applicazioni.
La struttura hardware della rete si basa su un centro di coordinamento presso il C.R. Frascati composto da un data base server, un application server ed un firewall nonché su server periferici installati presso i Centri ENEA connessi in rete (Saluggia, Bologna, Casaccia e Trisaia). I Centri periferici trasmettono i risultati delle acquisizioni al Centro di coordinamento di Frascati svolgendo funzioni di backup dei dati locali. Nelle fig. 1 e 2 sono rappresentati lo schema di base dell'hardware della rete IRP e del software generale del sistema.

2.2 Archivio dosimetrico

La gestione dei dati dosimetrici del personale controllato ai sensi del D.lgs 230/95 e successive modificazioni ha assunto nel tempo, anche grazie alla sensibilizzazione del pubblico verso le problematiche nucleari, una particolare rilevanza e delicatezza tali da suggerire l'impiego di moderne tecniche di elaborazione informatica, prevalentemente in funzione dei compiti degli E.Q. La decisione di avviare un progetto di informatizzazione dell'archivio è stata avvalorata anche dalla recente entrata in funzione della scheda posto di lavoro elettronica dell'ENEA, che consente l'acquisizione dei dati anagrafici e di classificazione di radioprotezione del personale in modo automatizzato.
I dati che confluiscono nell'archivio dosimetrico centralizzato vengono importati automaticamente da: scheda posto di lavoro elettronica disponibile su data base Lotus, file delle letture dei dosimetri del servizio dosimetrico IRP di Bologna disponibili su formato DBF, file dei dati RTX e WBC prodotti dai Centri ENEA, disponibili su formato File Maker. Il sistema consente l'acquisizione periodica automatica di tutti i dati di

interesse dosimetrico presenti nella rete IRP e la loro visualizzazione e restituzione via web da parte del personale autorizzato. Il sistema consente inoltre ai singoli E.Q. l'immissione, sulla base dei dati generali messi a disposizione, della valutazione finale delle dosi equivalenti, efficaci ed impegnate, la stampa della scheda dosimetrica personale nonché il controllo della avvenuta effettuazione da parte dei singoli lavoratori esposti, delle analisi prescritte in fase di classificazione di radioprotezione. L'accesso all'archivio è consentito tramite password agli E.Q. e agli incaricati formalmente dal responsabile IRP. La gestione del software e dell'hardware del sistema corrisponde ai requisiti previsti dall'attuale normativa sul trattamento di dati sensibili e personali. In fig. 3 è rappresentato lo schema logico del software dell'archivio dosimetrico centralizzato

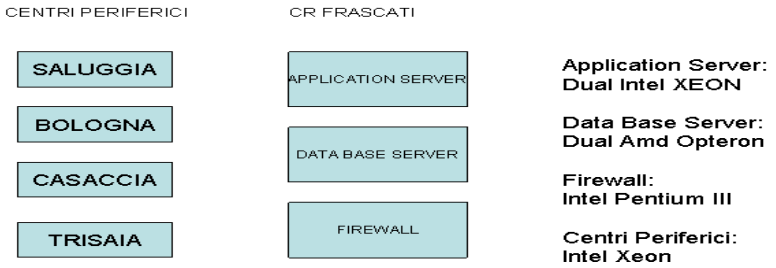


Figura 1: hardware del sistema

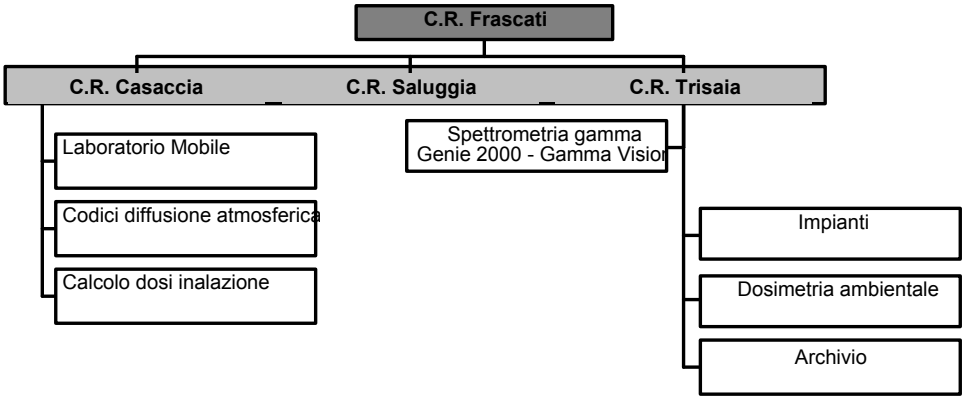


Figura 2: schema logico generale del software

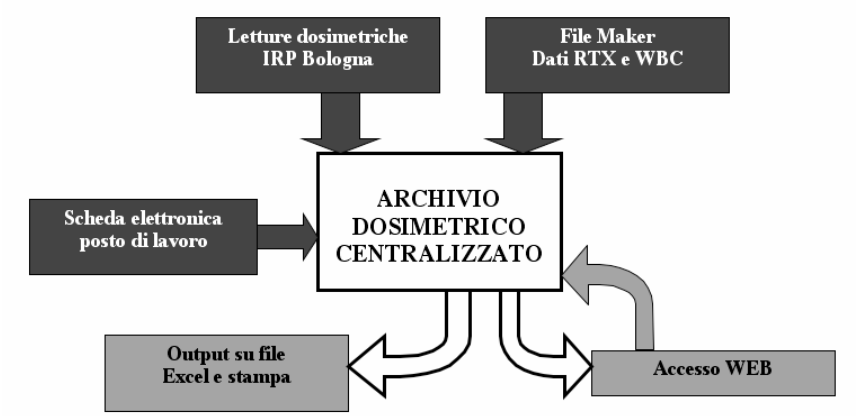


Figura 3: schema logico archivio dosimetrico centralizzato

3. Conclusioni

Il sistema informatico descritto, che impiega gli standard informatici che al momento costituiscono lo stato dell'arte in materia, si inserisce naturalmente nell'iniziativa che l'ENEA ha avviato per informatizzare le proprie strutture amministrative e tecniche. Potenzialmente l'ENEA potrebbe proporsi quale uno degli enti di riferimento nazionali per la raccolta di dati di radioattività ambientale da far confluire nella rete di controllo sulla radioattività ambientale esercitata dal Ministero dell'Ambiente ai sensi dell'articolo 104 del citato D.lgs. 230/95.

ATTIVITÀ DI ESPERTO QUALIFICATO

Carlo Maria Castellani
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

1. Attività di routine

Le attività di Esperto Qualificato sono relative alla sorveglianza fisica in radioprotezione e sono caratterizzate da attività formali e sostanziali che l'EQ incaricato è tenuto ad effettuare in relazione alle attività con utilizzo di radiazioni ionizzanti a lui affidate. Le attività in condizioni di routine sono relative a:

- Sorveglianza ambientale delle zone classificate
- Verifica della efficienza dei dispositivi di protezione
- Verifica della corretta operatività degli strumenti radioprotezionistici di misura
- Valutazione della dosimetria personale dei lavoratori esposti
- Trasmissione delle dosi assorbite dal personale esposto al DdL e al MA
- Interazione con RSPP, MA e DdL per questioni inerenti la sicurezza radiologica, partecipazione alla riunione annuale ex D.Lgs. 626/94 sui rischi convenzionali.

Queste attività sono state effettuate dall'EQ incaricato per il Centro di Taratura BAS-ION-IRP di Montecuccolino, per il Laboratorio Lifetime e Doppler del centro di Bologna Via Don Fiammelli, e per il Centro di Faenza.

2. Attività non routinarie

Nel corso del 2006 sono state altresì effettuate altre attività che non hanno carattere di routine ma che fanno comunque parte delle attività supportate dall'EQ. Esse riguardano aspetti diversi: applicazione di normativa di legge, verifica e utilizzo di strumenti informatici connessi alle attività di EQ, supervisione di tirocinio, consulenza, coordinamento degli EQ. Si possono perciò ricordare nel 2006:

- Partecipazione alla elaborazione di documenti da inviare a enti internazionali, relativi alla applicazione del Protocollo Aggiuntivo all'Accordo di Verifica,. in esecuzione del Trattato di Non Proliferazione Nucleare. (come da legge 31/10/2003 n. 332 e DM 5/5/2005) e del Regolamento Euratom dell'8.2.2005 concernente l'applicazione del controillo di sicurezza Euratom.
- Partecipazione a seminario APAT sugli aspetti della applicazione pratica del Protocollo Aggiuntivo.
- Tenuta di contatti e redazione di documetazione per la cessione definitiva a NUCLECO di sorgenti decadute o non più utilizzabili
- Verifica delle procedure per l'utilizzo della scheda posto di lavoro informatizzata, per quanto attiene alla competenza dell'EQ.
- Implementazione del codice di dispersione atmosferica per rilasci radioattivi GENII-LIN su computer dedicato, tenuta dei contatti con il DIENCA (ing. F. Teodori) per l'utilizzo del codice sia su personal computer che per l'implementazione dello stesso all'interno di una pagina web del sito di Frascati.
- Inizio della supervisione di una tirocinante per l'acquisizione del 1° grado di abilitazione con effettuazione di attività teoriche e pratiche.
- Consulenze estemporanee agli EQ in dosimetria interna e diffusione atmosferica riguardo a dosi assorbite interne con potenziali effetti deterministici.
- Partecipazione alla taratura della strumentazione elettronica portatile per neutroni EPD-N2, a sorgenti di riferimento.
- Partecipazione a riunioni relative allo smantellamento reattore di ricerca RB3 e alla qualificazione delle misure per il rilascio incondizionato del manufatto esterno all'isola nucleare.
- Partecipazione a riunioni di coordinamento degli EQ ENEA presso Montecuccolino e Frascati su problematiche di applicazione della scheda posto di lavoro, della dosimetria personale per dipendenti da terzi, e su diffusione atmosferica di materiali radioattivi.
- Visita degli studenti Corso di Laurea in Fisica, insegnamento di Laboratorio di Fisica Sanitaria della Università di Bologna, con presentazione di aspetti relativi alle attribuzioni dell'EQ.

RADIOPROTEZIONE PER ACCELERATORI E PICCOLE SORGENTI DI NEUTRONI

Sandro Sandri
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Frascati

1. Premessa

La sezione IRP del CR Frascati vanta una buona esperienza nel campo della radioprotezione intorno agli acceleratori di particelle, unita alla competenza sviluppata in parallelo relativamente alla gestione delle sorgenti di neutroni e dei campi di radiazione correlati.
Nel 2006 in particolare sono state seguite le prime fasi di funzionamento dell'acceleratore di protoni denominato TOP. L'esperienza di sorveglianza fisica in questi ambiti è stata utile anche per completare la messa a punto del sistema di irraggiamento con sorgenti neutroniche dell'istituto di meteorologia delle radiazioni ionizzanti dell'ENEA Casaccia.

2. Problematiche incontrate

Nel seguire le prime fasi di funzionamento dell'acceleratore TOP, si è verificato il livello di attivazione nei bersagli e sono state ribadite le procedure da seguire nelle fasi di manutenzione e gestione dei componenti. Il sistema di monitoraggio è stato adeguato integrando le stazioni di misura attive e confermando i punti di rilevazione passivi.
L'impianto sta attraversando una fase di adeguamento di sicurezza generale ed il contributo di IRP sarà di rilievo anche nel 2007.
L'istituto di metrologia delle radiazioni ionizzanti dell'ENEA Casaccia ha completato nel 2006 l'adeguamento dei locali dell'edificio T17 ed il trasferimento in loco delle sorgenti di neutroni. Il supporto di IRP in questa fase è stato spesso determinante sia nella definizione delle procedure, che nel seguire la realizzazione operativa.
Particolare impegno dal punto di vista della radioprotezione, ha richiesto il trasferimento del sistema di riferimento per irraggiamento neutronico costituito da sei sorgenti schermate con una particolare struttura di polietilene borato.

3. Conclusioni

La competenza nella radioprotezione presso acceleratori e sorgenti di neutroni, maturata in IRP Frascati, è stata e continuerà ad essere indispensabile per affrontare le specifiche problematiche in tutto l'Ente.

ATTIVITA’ DI SERVIZIO

ATTIVITA' DI SERVIZIO

Elena Fantuzzi
ENEA – BAS- ION- IRP C.R. Bologna

1. Laboratori, strumentazione e potenzialità di misura

Le dotazioni strumentali e le competenze di IRP nei diversi centri (Bologna, Casaccia, Saluggia e Trisaia) sono differenti e con diverse potenzialità.
Nella sede di Bologna, vi sono laboratori per misure di radioattività su campioni ambientali e/o biologici; un laboratorio di irraggiamento con fasci di radiazione (standard ISO) beta, X, gamma e neutroni; un laboratorio Whole Body Counter (WBC) per misure di contaminazione *in vivo*; un servizio/laboratorio per misura concentrazione di radon; un laboratorio NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) per lo sviluppo di tecniche di misura per la valutazione della dose da inalazione di aerosol radioattivi A Bologna ha sede il servizio di dosimetria che fornisce di dosimetri personali e ambientali per fotoni, neutroni e beta.
Nelle sedi di Casaccia, Saluggia e Trisaia vi sono laboratori per misure di radioattività su campioni ambientali e/o biologici e laboratorio Whole Body Counter (WBC) per misure di contaminazione interna *in vivo*.

2. Potenzialità di misure radiometriche , ambientali ed individuali

L'elenco delle misure radiometriche su campioni ambientali, alimentari o assimilabili a rifiuto radioattivo che IRP è in grado di eseguire è riportato nella tabella 1. IRP fonisce inoltre dosimetri per la misura della concentrazione del Radon in aria.
Le misure per scopi di dosimetria personale sono elencati invece nella tabella 2. Le prime 24 sono relative a misure di contaminazione interna e le seguenti a misure di dosimetria esterna. I dosimetri personali possono essere utilizzati anche per dosimetria ambientale.

3. Conclusioni

Il complesso delle misure elencate per il monitoraggio della radioattività ambientale, il monitoraggio individuale per esposizione esterna e contaminazione interna, nonché per la determinazione di contenuto radioattivo in campioni assimilabili a rifiuti radioattivi, rendono IRP un istituto unico in Italia per tipologia dei servizi offerti e completezza della fornitura.
Inoltre le attività di verifica a cui IRP si sottopone attraverso la partecipazione ad interconfronti nazionali ed internazionali, insieme alle attività di ricerca svolte per la ottimizzazione delle tecniche di misura, garantiscono un elevato livello della qualità dei servizi forniti.

Tabella 1. Misure radiometriche o ambientali

N.	MISURE
1	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile
2	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in matrice biotica ambientale o campione assimilabile
3	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
4	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione non metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
5	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
6	Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile
7	Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in matrice biotica ambientale o campione assimilabile
8	Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in campione di acqua, fall-out, o campione assimilabile
9	Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in campione metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
10	Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in campione non metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
11	Determinazione dell'attività alfa totale o beta totale in campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro ed assimilabile a rifiuto radioattivo
12	Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile
13	Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in matrice biotica ambientale o campione assimilabile
14	Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in campione di acqua, fall-out, o campione assimilabile
15	Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in campione metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
16	Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in campione non metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
17	Determinazione dell'attività alfa totale e beta totale in campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro ed assimilabile a rifiuto radioattivo
18	Spettrometria gamma tal quale su matrice ambientale o campione assimilabile
19	Spettrometria gamma tal quale su campione assimilabile a rifiuto radioattivo
20	Spettrometria gamma tal quale su campione assimilabile a rifiuto radioattivo
21	Spettrometria gamma con trattamento chimico-fisico, su campione assimilabile a rifiuto radioattivo
22	Spettrometria gamma per elementi in traccia
23	Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di un radionuclide beta emettitore in un campione liquido senza pretrattamento
24	Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di un radionuclide beta emettitore in un campione liquido con pretrattamento chimico-fisico
25	Determinazione dell'attività di Sr-90 in matrice abiotica ambientale o campione assimilabile
26	Determinazione dell'attività di Sr-90 in matrice biotica ambientale o campione assimilabile
27	Determinazione dell'attività di Sr-90 in un campione metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
28	Determinazione dell'attività di Sr-90 in un campione non metallico assimilabile a rifiuto radioattivo
29	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) o Torio (Th-232) in un campione ambientale liquido
30	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) o Torio (Th-232), in un campione ambientale solido
31	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) o Torio (Th-232) in un campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro
32	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione ambientale liquido
33	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione ambientale solido
34	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione ottenuto da smear test o da raccolta su filtro
35	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico non inferiore a 150 in un campione ambientale
36	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico non inferiore a 150 in un campione assimilabile a rifiuto radioattivo
37	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico inferiore a 150 in un campione ambientale
38	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
39	Determinazione mediante scintillazione liquida senza pretrattamento del contenuto di Radon (Rn-222) in un campione di acqua
40	Noleggio e lettura dosimetro per la determinazione del Radon in aria

Tabella 2. Misure dosimetriche individuali

N.	MISURE
1	Misura in vivo al polmone (o altro organo) di radionuclidi con emissione fotonica da 10 keV a 100 keV
2	Misura in vivo al corpo intero (WBC) o ad un organo di radionuclidi con emissione fotonica da 100 keV a 2 MeV
3	Misura in vivo di I-125 in tiroide
4	Misura in vivo dell'attività di I-131/Tc-99m in tiroide
5	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione di urina
6	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione di feci
7	Determinazione mediante spettrometria alfa dell'attività di un radionuclide alfa emettitore in un campione di muco nasale
8	Determinazione dell'attività del Po210 in un campione di urine
9	Determinazione mediante spettrometria gamma dell'attività dei radionuclidi gamma emettitori in un campione di urina
10	Determinazione mediante spettrometria gamma dell'attività dei radionuclidi gamma emettitori in un campione di urina
11	Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di un radionuclide beta emettitore in un campione di urina senza pretrattamento
12	Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività di un radionuclide beta emettitore in un campione di urina con pretrattamento chimico
13	Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività alfa totale o beta totale in un campione di muco nasale
14	Determinazione mediante scintillazione liquida dell'attività alfa totale e beta totale in un campione di muco nasale
15	Determinazione dell'attività beta totale in un campione di urina
16	Determinazione dell'attività di Sr-90 in un campione di urina
17	Determinazione dell'attività di Radio (totale) in un campione di urina
18	Determinazione mediante metodo fluorimetrico della massa di Uranio totale in un campione di urina
19	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) o Torio (Th-232) in un campione di liquidi biologici
20	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di Uranio (U-238 e U-235) o Torio (Th-232) in un campione di feci
21	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione di liquidi biologici
22	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di isotopi del Plutonio in un campione di feci
23	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico non inferiore a 150 in un campione biologico
24	Determinazione mediante spettrometria di massa con ICP-MS del contenuto di elementi con peso atomico inferiore a 150 in un campione biologico
25	Noleggio e lettura dosimetro individuale per corpo intero per radiazioni x e gamma
26	Noleggio e lettura dosimetro individuale CR-39 per corpo intero per neutroni veloci
27	Noleggio e lettura dosimetro individuale per corpo intero per neutroni termici e gamma
28	Noleggio e lettura dosimetro individuale per estremità per radiazione x, gamma e beta di alta energia
29	Noleggio e lettura dosimetro individuale per estremità per radiazione x, gamma e beta con rilevatore sottile
30	Noleggio e lettura dosimetro individuale per estremità per radiazione x, gamma e beta di alta energia, sterilizzabile
31	Noleggio e lettura dosimetro individuale per estremità per radiazione x, gamma e beta con rilevatore sottile, sterilizzabile
32	Noleggio e lettura dosimetro individuale per incidente di criticità
33	Noleggio e lettura dosimetro ambientale per incidente di criticità

IL SERVIZIO DI DOSIMETRIA ESTERNA PERSONALE

Bruna Morelli, Chiara Pellegrini, G. Uleri, G. Baldassarre, T. Bonarelli, G. Falangi
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna

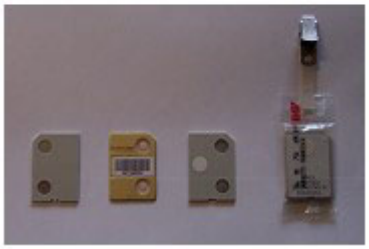
1. Premessa

Il Servizio di Dosimetria Personale dell'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA, fin dagli anni '60, fornisce dosimetri personali ed ambientali per il monitoraggio della radiazione. La sua attività si è caratterizzata da un impegno costante nello sviluppo e nell'implementazione di metodologie e procedure in grado di garantire la qualità ed affidabilità dei servizi offerti.

2. Dosimetri ENEA

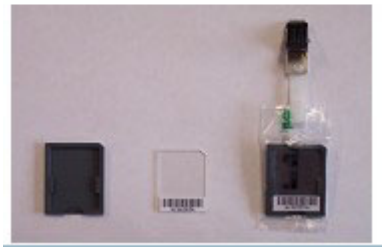
Il Servizio di Dosimetria dispone di 5 tipi di dosimetri idonei alla misura di $H_p(d)$ e H*(d) Equivalente di Dose Personale ed Ambiente come richiesto dalla normativa vigente (D. Lgs.230/95 s.m.i.) [1],[2],[3].

Dosimetro per fotoni: è costituito da una card con due rivelatori a termoluminescenza di LiF(Mg,Cu,P) – GR200A, inserita tra due supporti della stessa dimensione che contengono filtri metallici in corrispondenza della posizione dei rivelatori. La combinazione di due filtri differenti (alluminio e plastica), simmetrici rispetto alla direzione d'incidenza della radiazione, permette di misurare rispettivamente con ciascuno dei rivelatori $H_p(10)$ e $H_p(0{,}07)$.



Dosimetro per neutroni termici e gamma: è costituito da una card con 2 rivelatori a termoluminescenza di LiF(Mg,Cu,P) e ^{7}LiF(Mg,Cu,P) (GR200A e GR207A), la cui diversa composizione isotopica permette di discriminare la radiazione fotonica e neutronica incidente. Attraverso una combinazione lineare delle due letture, è possibile determinare la dose neutronica e stimare la dose fotonica associata. I rivelatori sono filtrati con Alluminio in posizione anteriore e Cadmio in posizione posteriore rispetto alla direzione d'incidenza della radiazione

Dosimetro per estremità: è costituito da un rivelatore a termoluminescenza di LiF(Mg,Cu,P), GR200A o MCP-Ns, con diversi spessore di materiale sensibile. Il rivelatore sottile migliora notevolmente le prestazioni del dosimetro in termini di accuratezza in campi beta.
Entrambi i rivelatori sono fissati su una fascetta di kapton contrassegnata da un codice numerico e a barre, e sono indicati per l'utilizzo sia in radiologia diagnostica sia in medicina nucleare. E' fornito con tre tipologie di supporto anello, bracciale e bracciale sterilizzabile.



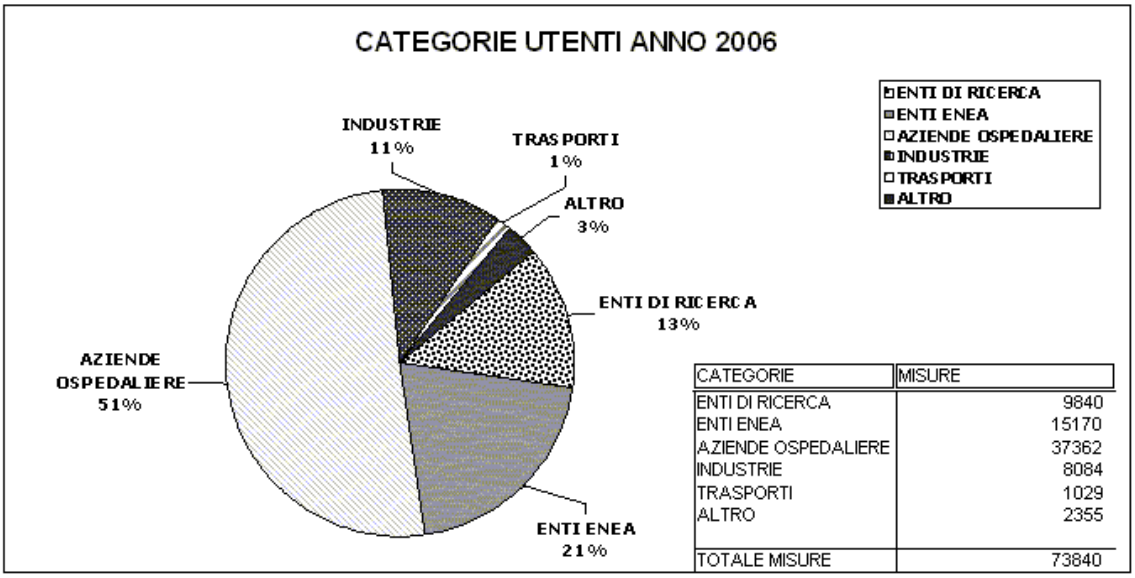
Dosimetro per neutroni veloci: è costituito da un rivelatore a tracce di CR39®. L'interazione della radiazione neutronica incidente sul materiale plastico produce particelle cariche che lungo il loro percorso all'interno del materiale producono un danneggiamento della struttura del polimero (tracce), che attraverso un trattamento chimico, sono rese visibili e conteggiabili con analizzatore di immagine.
Sono inoltre forniti **dosimetri di criticità ambientali e personali**, basati su rivelatori ad attivazione [4].

[1] Fantuzzi, E., Mariotti, F., B. Morelli, Uleri G.C. *The implementation in routine of the ENEA new personal photon dosemeter.* Rad. Prot. Dosim. 120(1-4), p.278-282, (2006).
[2] Morelli, B., Mariotti, F., Fantuzzi, E. *The ENEA neutron personal dosimetry service.* Rad. Prot. Dosim.120(1-4), p.312-315, (2006)
[3] Mariotti, F., Uleri, G.C., Fantuzzi, E., *Batch homogeneity of LiF(Mg,Cu,P)-GR200 and LiF(Mg,Cu,P)-MCP-Ns TL detectors for use as extremity dosimetry at ENEA personal dosimetry service*. Rad. Prot. Dosim.120(1-4), p.283-288, (2006)
[4] Gualdrini G., Bedogni R., Fantuzzi E., Mariotti F. *Dosimetri di criticità. Aggiornamento delle metodiche*. RT/2004/26/ION

ATTIVITÀ DEL SERVIZIO DI DOSIMETRIA ESTERNA PERSONALE NELL'ANNO 2006

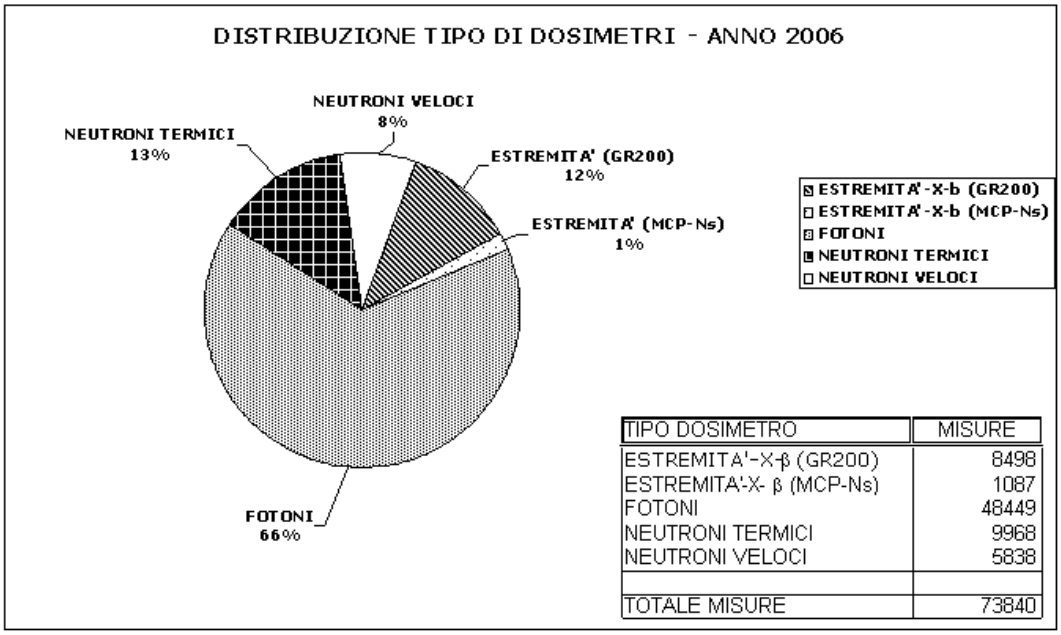
Chiara Pellegrini, Bruna Morelli, Giancarlo Uleri, Giovanni Baldassarre, Teresa Bonarelli, Giorgio Falangi
ENEA –BAS –ION-IRP, C.R. Bologna

Attualmente il Servizio di Dosimetria Personale dell'ENEA fornisce, oltre che all'interno dell'ente stesso, a più di 200 utenti esterni tra aziende ospedaliere, enti di ricerca, industrie, trasporti e altre attività (**Fig.1**), per un totale di circa 80.000 dosimetri all'anno, sia personali sia ambientali per tutti i tipi di radiazione (**Fig.2**).



CATEGORIE	MISURE
ENTI DI RICERCA	9840
ENTI ENEA	15170
AZIENDE OSPEDALIERE	37362
INDUSTRIE	8084
TRASPORTI	1029
ALTRO	2355
TOTALE MISURE	73840

Figura 1 Categorie utenti Servizio di Dosimetria ENEA per l'anno 2006.



TIPO DOSIMETRO	MISURE
ESTREMITA'-X-β (GR200)	8498
ESTREMITA'-X- β (MCP-Ns)	1087
FOTONI	48449
NEUTRONI TERMICI	9968
NEUTRONI VELOCI	5838
TOTALE MISURE	73840

Figura 2 Letture dosimetriche di routine effettuate dal Servizio di Dosimetria nell'anno 2006.

Il servizio è fornito su tutto il territorio nazionale con una prevalenza nel nord (nord 58%, centro 28%, sud 14%). In seguito è riportata un'analisi della distribuzione su scala nazionale degli utenti del Servizio di Dosimetria dell'ENEA, con una particolare attenzione alle misure effettuate con i dosimetri per neutroni termici e per neutroni veloci (**Fig. 3**) forniti unicamente dall'ENEA su tutto il territorio nazionale. L'esposizione ai neutroni, a seguito della chiusura delle centrali nucleari di potenza in conseguenza al referendum abrogativo del 1987, è limitata e legata essenzialmente ad attività di ricerca, sanitarie e alcune applicazioni industriali.

Il Servizio di Dosimetria ENEA fornisce dosimetri per neutroni, sia termici sia veloci, principalmente ad Aziende Ospedaliere ed Enti di Ricerca al Nord e Centro Italia. Inoltre, come mostrato in **Fig.3a.**, una percentuale dei dosimetri per neutroni sono forniti dal Servizio ENEA ad altri servizi dosimetrici.

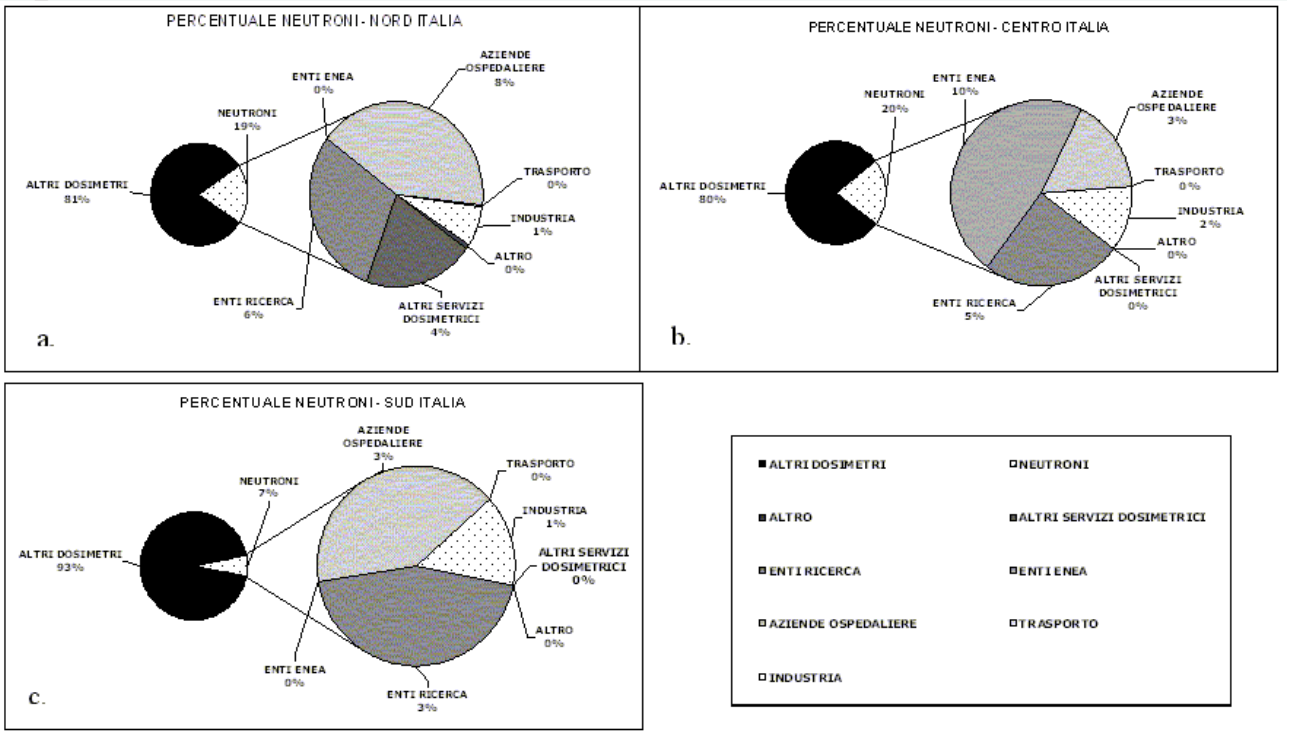


Figura 3 Misure effettuate con i dosimetri per neutroni veloci e termici nell'anno 2006.

L'Istituto di Radioprotezione è inoltre l'unico fornitore di dosimetri di criticità (ambientali e personali) a due utenti in Italia. Tali dosimetri sono basati su rivelatori ad attivazione, messi a punto e qualificati negli anni '70, successivamente aggiornati e riqualificati nel 1993 e nel 2002 presso il reattore SILENE del Centro CEA di Valduc (F) in occasione dell'International Intercomparison of Criticality Accident Dosimetry Systems [1].

Il Servizio di Dosimetria Personale dell'ENEA-IRP è validato dalla costante attività di studio e ricerca supportata dalla possibilità di utilizzo delle facility di calibrazione di cui è dotato il Laboratorio Secondario di Metrologia dell'Istituto. Il servizio è monitorato attraverso un programma di Assicurazione della Qualità (QA) sviluppato dal Servizio [2] basato su controlli e test sui parametri critici individuati per le varie fasi dei processi di misura ed archiviazione dei dati. Ciò garantisce accuratezza e affidabilità dalla fornitura del dosimetro al cliente alla comunicazione della risposta dosimetria.
Il Servizio partecipa periodicamente ad interconfronti nazionali ed internazionali (DOE (US), EURADOS, IAEA), ottenendo sempre ottimi risultati recentemente ha partecipato ad un "performance test" organizzato dal SCK-CEN nell'ambito del progetto EURADOS CONRAD (*Coordinated Network for Radiation Dosimetry*), per dosimetri ad estremità. I risultati finali non sono ancora disponibili.

[1] Gualdrini G., Bedogni R., Fantuzzi E., Mariotti F. *Dosimetri di criticità. Aggiornamento delle metodiche in uso presso l'Istituto di Radioprotezione dell'ENEA*. RT/2004/26/ION

[2] Morelli, B., Mariotti, S. Pittera, F., Fantuzzi. *Quality Assurance and quality control programme in individual monitoring of the ENEA Radiation Protection Institute*. IM2005, Vienna, Austria ,11-15 aprile (2005).

MISURE DI CONTAMINAZIONE INTERNA: ATTIVITA' DI ROUTINE

Paolo Battisti, Leila Andreocci*,Sandro Bazzarri*, Gianfranco Berton+, Giuseppe Canuto+, M.Letizia Cozzella*, Fabrizio d'Innocenzo*, Vincenzo De Stefano*, Ivana Di Marco*, Stefano Guerra°, Liliana Mancini*, Mauro Montalto+, Giulio Morelli*, Rossetta Pentivolpe°, Nicola Silvestri°, Maurizio Vegro+, Salvatore Zicari°
ENEA – BAS - ION – IRP, C.R. Bologna
*ENEA – BAS - ION – IRP, C.R. Casaccia
+ENEA – BAS - ION – IRP, C.R. Saluggia
°ENEA – BAS - ION – IRP, C.R. Trisaia

1. Premessa

L'Istituto di Radioprotezione opera da anni nel campo delle misure di dosimetria interna, fornendo prestazioni sia per utenti interni all'Ente che esterni. I laboratori dell'Istituto sono dislocati in diversi centri ENEA ma contribuiscono tutti insieme alla risposta "IRP" alle esigenze di misura richieste dagli utenti interni ed esterni. In particolare, i laboratori sono:

- Laboratorio misure in vivo (WBC) di Casaccia, Saluggia, Trisaia e Bologna
- Laboratorio misure radiotossicologiche di Casaccia, Frascati, Saluggia e Trisaia

Tenuto conto delle potenziali sinergie e della opportunità offerta dalla integrazione delle competenze e delle specializzazioni, anche in vista dell'eventuale necessità di affrontare situazioni complesse, alle attività di misura IRP contribuiscono anche i laboratori di misura della radioattività ambientale che utilizzano tecniche simili se non uguali a quelle per la contaminazione interna (Casaccia, Saluggia e Trisaia), nonché il Laboratorio misure di Spettrometria di Massa con ICP-MS (Casaccia).

Una recente riorganizzazione interna ad IRP ha avuto lo scopo di integrare i laboratori, per lungo tempo fra loro indipendenti, di uniformare metodiche e procedure operative e, non ultimo, di razionalizzare dotazioni strumentale, competenze e specializzazioni. Ciò ha permesso di potenziare le capacità di intervento e migliorato la qualità dei dati forniti. A tale proposito particolare attenzione è stata posta alle attività di qualificazione, sia mediante l'organizzazione di campagne interne di intercalibrazione, sia attraverso la partecipazione sistematica ad iniziative nazionali ed internazionali di interconfronto.

Le attività dei diversi laboratori sono organizzate attraverso l'*Unità di coordinamento* presso la sede di Casaccia. Tale Unità in particolare gestisce in modo centralizzato il rapporto con l'utenza (interna ed esterna) per gli aspetti anche non strettamente tecnici, ivi compresa compilazione, invio e archiviazione dei referti di misura.

2. Tipologia di prestazioni fornite dal servizio misure della contaminazione interna

Nelle tabelle 1 e 2 sono indicate le prestazioni fornite dai Laboratori ION IRP di misura di dosimetria interna, rispettivamente nell'ambito delle misure in vivo e di quelle radiotossicologiche, indicando per ciascun laboratorio le specifiche specializzazioni.

Tabella 1: Tipologie di misura in vivo (WBC) effettuate dal servizio misure della contaminazione interna IRP

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 coassiale	sedia di Marinelli	totale (bunker)
	tiroidea	I-131	1 riv. HPGe coassiale	in funzione di posizione organo	totale (bunker)
	organo specifico	100 keV – 2 MeV	1 riv. HPGe coassiale	in funzione di posizione organo	totale (bunker)
	polmonare	10 keV 100 keV	4 riv. HPGe planari	in funzione di posizione organo	totale (bunker)
	tiroidea	I-125	1 riv. HPGe planare	in funzione di posizione organo	totale (bunker)
	ossea	Am-241	4 riv. HPGe planari	in funzione di posizione 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 posizione 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 posizione 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 posizione organo	totale (bunker)
	tiroidea	I-131, I-125	1 riv. NaI(Tl) 3"x3"	in funzione di posizione organo	solo rivelatore

Tabella 2: Tipologie di misure radiotossicologiche effettuate dal servizio misure della contaminazione interna IRP

Lab.	Tipologia di misura	Range energia o radionuclide	Sistema di rivelazione	Geometria di misura
Casaccia	spettrometria gamma urine spettrometria alfa urine e feci determinazione Radio urine conteggio beta urine conteggio beta totale urine spettrometria di massa urine	50 keV – 2 MeV Pu-239, Pu-238, Am-241 Ra-226 H-3, C-14, Ni Sr-90, Ph-32 U-238, U-235, Th-232	1 riv. HPGe coassiale 1 riv. PIPS in vuoto conteggio alfa scintillazione liquida 1 riv. Argon-metano ICP-MS	beker di Marinelli piattello elettrodeposto piana su piattello metallico vials da 20 ml piana su piattello metallico
Frascati	conteggio beta urine	H-3	scintillazione liquida	vials da 20 ml
Saluggia	spettrometria gamma urine spettrometria alfa urine e feci	50 keV – 2 MeV Pu-239, Pu-238, Am-241	1 riv. HPGe coassiale 1 riv. PIPS in vuoto	beker di Marinelli elettrodeposizione su piattello
Trisaia	Spettrometria gamma urine	50 keV – 2 MeV	1 riv. HPGe coassiale	beker di Marinelli

3. Servizio misure della contaminazione interna nell'anno 2006

Nella tabella 3 sono riportate complessivamente le misure di monitoraggio effettuate nel corso del 2006 dai Laboratori BAS ION IRP di misura in vivo e di misure radiotossicologiche per utenti interni ENEA ed Esterni. Le società NUCLECO s.p.a. e SOGIN s.p.a. costituiscono i maggiori committenti esterni.

Tabella 3: Misure in vivo e di radiotossicologia effettuate per il servizio di contaminazione interna nel 2006

Tipologia di misura	Utenti interni ENEA	Utenti esterni	Totale
Misure con Whole Body Counter	237	579	816
Misure radiotossicologiche	418	633	1051
Misure con septtrometro ICPMS	105	228	333

SERVIZIO RADON: ATTIVITA' DI ROUTINE

Silvia Penzo, Massimo Calamosca
ENEA BAS–ION-IRP, CR Bologna

1. Premessa

Nel 2006 il Servizio Radon ha compiuto il suo quinto anno d'attività, raggiungendo alcuni importanti obiettivi: il mantenimento di un'attività di base di servizio nei confronti di un'utenza su scala nazionale ed il costante miglioramento della qualità della misura, culminato con la messa in commercio di un nuovo dispositivo oggetto di brevetto (N. MI2006A000703 del 10/4/06).

2. Descrizione sintetica delle attività del Servizio ENEA Radon

Le attività del Servizio si dividono tra attività di routine, che vedono nel 2006 un'utenza in numero pressoché uguale al 2005 (vedi Tabella 1), ed attività finalizzate a implementare la qualità della misura, sia dal punto di vista tecnico che formale, in preparazione dell'azione di accreditamento.

Tabella 1: Dimensionamento dell'attività di servizio per il 2006 e confronto con il 2005

Periodo	N° ordini	N° dosimetri	N° rivelatori
2005	46	337	1272
2006	42	489	1533

E' inoltre attiva una commessa con il Ministero delle Finanze che prevede, oltre al monitoraggio del radon in aria, le valutazioni dosimetriche del caso e l'indicazione delle eventuali azioni di rimedio necessarie. Nel 2006, terminata la prima fase di monitoraggio, è stata eseguita la valutazione, in termini di dose efficace, del rischio associato all'inalazione del radon, del toron e dei rispettivi prodotti di decadimento, completata con la valutazione del rischio di esposizione esterna dovuta ai materiali da costruzione. E' attualmente in completamento la definizione delle azioni di rimedio.
L'azione costante di controllo e verifica, prevista dal Programma di Garanzia di Qualità (PGQ) del Servizio su tutti i componenti del sistema di analisi dei rivelatori, e la parallela attività di sviluppo e ricerca permettono di fornire all'utenza un prodotto costantemente aggiornato e flessibile.
L'utente può scegliere modalità e valori di esposizione molto diversi (da 1 settimana a 1 anno) senza penalizzazioni sulla qualità delle misure, grazie al nuovo dispositivo che permette un migliore controllo del "fondo" e del "transit", la riduzione delle incertezze sulla variazione dello spessore rimosso (presenti anche nei fenomeni di ageing e fading). Il nuovo dispositivo passivo a tracce (Figura 1), disponibile dal 01/01/07 per il quale l'ENEA ha depositato la domanda di brevetto (MI2006A000703) il 10/04/06, modifica il precedente dispositivo con l'inserimento di uno speciale schermo in acciaio. Tale innovazione migliora sia la qualità della misura che le caratteristiche di praticità e semplicità d'uso da parte dell'utente [1].

Figura 1: Il nuovo dispositivo di misurazione del Servizio Radon

Nell'ambito delle azioni previste dal PGQ, il Servizio ha partecipato all'annuale Interconfronto internazionale sui rivelatori passivi a tracce c/o l'HPA ed al 1° Interconfronto Nazionale c/o APAT, ottenendo risultati buoni (classe B) a differenza di precedenti risultati di livello ottimo (classe A). Sono state individuate le cause di questo risultato ed è stato nuovamente calibrato tutto il sistema, effettuando sostanziali miglioramenti nel programma di analisi [2].

[1] Penzo, S., Calamosca, M., Mustapha, A.O. *Il nuovo dispositivo passivo a tracce nucleari per la misurazione del radon del Servizio Radon Enea*, XXXIII Cong. Naz. Rad., AIRP, Torino 20-23 /9/2006
[2] Calamosca, M, Penzo, S., Valutazione sensibilità del sistema di misurazione del radon: aggiornamento al dicembre 2006. Prot. ENEA/2006/73900/BAS-ION-IRP del 13/12/06

ATTIVITA’ DI FORMAZIONE PROFESSIONALE

TIROCINIO PER ASPIRANTI ESPERTI QUALIFICATI NEI CENTRI ENEA

Mario Basta, Carlo Maria Castellani*, Sandro Sandri**
ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Casaccia
*ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Bologna
**ENEA – BAS- ION- IRP, C.R. Frascati

1. Premessa

L'allegato V al Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 241, richiede uno specifico tirocinio per l'accesso all'abilitazione da Esperto Qualificato. Il periodo di tirocinio necessario è di almeno 120 giorni lavorativi per ognuno dei tre gradi di abilitazione, sotto la guida degli esperti qualificati incaricati della sorveglianza fisica, e deve essere notificato alla Direzione Provinciale del lavoro in modo preventivo.

I tirocini devono essere svolti:

- per l'abilitazione di 1° grado presso strutture che utilizzano apparecchi radiologici che accelerano elettroni con tensione massima, applicata al tubo, inferiore a 400 kV;
- per l'abilitazione di 2° grado presso strutture che utilizzano sorgenti costituite da macchine radiogene con energia degli elettroni accelerati compresa tra 400 keV e 10 MeV, o da materie radioattive, incluse le sorgenti di neutroni la cui produzione media nel tempo, su tutto l'angolo solido, sia non superiore a 10^4 neutroni al secondo;
- per l'abilitazione di 3° grado presso strutture che utilizzano acceleratori di elettroni di energia superiore a 10 MeV o acceleratori di particelle diverse dagli elettroni, o presso impianti di cui al Capo VII del D.Lgs 230/95 e s.m.i.

Il tirocinio deve essere accordato all'aspirante EQ dall'*Esercente* degli impianti e delle pratiche con rischi da radiazioni ionizzanti e dall'EQ che si occupa del tirocinio formativo '*on the job'*. I Centri ENEA di Bologna, Casaccia, Frascati, Saluggia e Trisaia offrono globalmente la possibilità di svolgere i suddetti tirocini nell'ambito delle attività di sorveglianza fisica di radioprotezione che l'Istituto stesso svolge attraverso gli EQ e gli addetti di radioprotezione operativa.

2. Svolgimento del tirocinio presso l'Istituto di Radioprotezione nei vari Centri ENEA

Le dotazioni strumentali e le competenze dell'Istituto di Radioprotezione in diversi Centri ENEA sono complete e danno la possibilità di svolgere tutti e tre i gradi di abilitazione da Esperto Qualificato. Questa opportunità è già stata offerta con pieno successo presso i Centri di Bologna, Casaccia e Frascati.
Presso il Centro di Frascati sono stati finora (dal 2003 al 2006) completati con successo 9 periodi di tirocinio per 3 candidati che al termine hanno effettivamente conseguito tutti i gradi di abilitazione da Esperto Qualificato, incluso il 3°, mentre presso il Centro di Bologna (Montecuccolino) sono stati invece finora completati 4 periodi di tirocinio per 3 candidati che hanno conseguito il grado di abilitazione di 1°e 2° grado.
Nel 2006, nel periodo febbraio a novembre nel centro di Casaccia l'EQ, M. Basta ha tenuto a tirocinio un aspirante EQ di 3° grado (dipendente ENEA) presso il Laboratorio radiochimico ex art. 55 DPR 185 (nulla osta cat. A). Gli argomenti maggiormente trattati e l'esperienza operativa sviluppata hanno compreso: valutazione e comunicazione della dose per il personale esposto, valutazione delle dosi potenziali, definizione e valutazioni delle Zone Controllate/Sorvegliate, misurazioni, procedure e valutazioni di radioprotezione operativa, metodiche di dosimetria interna ed esterna, modalità di tenuta della documentazione di radioprotezione (relazione ex art. 61, comunicazioni ex art. 80, registro di radioprotezione, schede dosimetriche personali, libretti di radioprotezione) ed infine una parte specifica sulla dosimetria dei neutroni.
Nel centro di Bologna-Montecuccolino, invece l'EQ C.M. Castellani ha tenuto a tirocinio una aspirante EQ di 1° grado (dipendente a tempo determinato) nel periodo giugno-dicembre presso il laboratorio di taratura delle radiazioni ionizzanti (nulla osta cat. A) e fornito formazione terorica sulla normativa vigente, sui compiti specifici dell'EQ, su tematiche di dosimetria esterna ed un addestramento pratico relativamente alla sorveglianza fisica di radioprotezione nelle zone classificate intorno ai tubi radiogeni, attraverso misure sperimentali con diverse tipologie di strumenti disponibili presso l'Istituto.

3. Conclusioni

L'attività di formazione in radioprotezione è uno dei compiti che l'organizzazione dell'ENEA prevede per l'Istituto di Radioprotezione. Tuttavia, la attività di addestramento professionale per aspiranti Esperti Qualificati è una attività piuttosto specifica e con esigenze di addestramento pratico che va oltre al compito generico di formazione, nel senso di fornitura di nozioni teoriche. Non ultimo, comporta un considerevole impegno degli EQ coinvolti considerato anche il lungo periodo di tempo richiesto dal D.Lgs.230/95 (i.e. 360 giorni lavorativi per tutti i 3 gradi). Tale attività costituisce quindi una potenzialità di offerta sul mercato professionale che si ritiene di notevole importanza. Infatti, sebbene la legge richieda per gli aspiranti EQ un periodo di tirocinio certificato dall'esercente ed EQ ospitanti, non fornisce indicazioni sulle modalità effettive con cui tale tirocinio deve svolgersi né indicazione sulle strutture presso quali rivolgersi.

Poiché IRP ritiene questi aspetti importanti e poiché considera importante il fatto che l'ENEA, attraverso IRP, costituisca una delle poche "strutture ospitanti" complete per questo tipo di tirocinio, sta svolgendo in modo sempre più sistematico questo tipo di addestramento nei vari Centri ENEA, attraverso gli EQ operanti nell'istituto stesso.

Inoltre ciò ha permesso di acquisire esperienza nel campo e contribuire, per esempio, al progetto europeo ENETRAP che *inter alia* aveva lo scopo di stabilire il contenuto e la modalità di formazione degli Esperti Qualificati nella Unione Europea.

CONSIDERAZIONI FINALI

IL RUOLO DI IRP IN ENEA E IL RUOLO DI ENEA NELLA RADIOPROTEZIONE:
un esempio, azioni svolte in seguito a eventi di contaminazione da Po-210

Elena Fantuzzi
ENEA – BAS- ION- Istituto di Radioprotezione, C.R. Bologna

1. Premessa

Il ruolo dell'Istituto di Radioprotezione in ENEA ha la caratteristica di *trasversalità*, anche rispetto a obiettivi strategici esistenti o in divenire.
L'insieme di competenze, di risorse strumentali e di prestazioni tecniche fornite fanno di IRP una realtà di risorse nel campo della radioprotezione, certamente unica in Italia per completezza, multi-disciplinarietà e capacità di rispondere anche a nuove esigenze.
Le potenzialità di IRP rappresentano una opportunità da sfruttare per potenziare il ruolo istituzionale di ENEA nel campo della radioprotezione legata al "nucleare" ma anche per attività legate alle attività sanitarie, alla pianificazione per gestione di emergenze radiologiche e, ultimo ma non meno importante, alle attività di smantellamento ora di competenza di SOGIN s. p.a.
E' da rilevare che le attività di radioprotezione dell'ENEA hanno autorevolezza e contestualizzazione quasi più a livello internazionale che nazionale, senza una ricaduta significativa sulla identità nazionale dell'Ente. Ciò anche perché la normativa vigente in materia (D. Lgs.230/95 e s.m.i.) non prevede per ENEA alcun ruolo nel campo della radioprotezione, lasciato principalmente ad APAT, ed anche all'Istituto Superiore di Sanità e all'ISPESL. Va anche tenuto presente che il Dipartimento Nucleare, Rischio Tecnologico e Industriale dell'APAT deriva in gran parte dall' ex ENEA-DISP confluito negli anni '90 in ANPA poi confluita nel 1999 in APAT.
Accade così che l'ENEA oggi non è "naturalmente" consultato dai canali istituzionali (i.e. Ministeri e altri organismi) per tematiche di radioprotezione per episodi/problematica quali, per esempio, l' "Uranio depleto" o il "Polonio 210". Ciò a differenza da come l'Enea è percepito a livello di opinione pubblica che ancora gli riconosce elevata competenza e ruolo nel campo del nucleare e anche della radioprotezione.
A titolo di esempio, si riportano di seguito del azioni che IRP ha svolto a seguito delle vicende nazionali ed internazionali legate al Po-210 nel dicembre 2006.

2. Azioni di IRP e di ENEA nella vicenda Po-210

In occasione degli eventi e delle notizie su tutti i canali di informazione connessi alla morte di Alexander Litvinenko e di sospette contaminazioni di luoghi pubblici e aerei in Inghilterra, sono pervenute all'Istituto di Radioprotezione richieste di informazioni e di intervento.
In particolare, considerato anche lo stato di allarme alimentato dalle numerose comunicazioni sulla carta stampata e trasmissioni televisive, IRP ha messo in atto una serie di azioni affinché ENEA potesse fornire un supporto competente sia ai privati cittadini che ad istituzioni nazionali, grazie agli esperti nel campo e a tutto il personale tecnico dedicato da anni ad attività legate a problematiche di misura della contaminazione interna da radionuclidi.
Infatti, IRP ha fornito informazioni rassicuranti ai privati cittadini circa la trascurabile possibilità di contaminazione di soggetti che avevano frequentato i luoghi pubblici coinvolti, ha fornito informazioni circa il tipo di misure che era possibile effettuare presso i laboratori IRP, su richiesta di un medico che lo ritenesse necessario, ed ha manifestato massima disponibilità per ulteriori informazioni.
Nel caso di privati cittadini, infatti, si poneva il problema di dimensionare l'entità della possibile contaminazione insieme alla necessità di limitare il diffondersi di un "panico" che, anche alla luce di quanto divulgato in modo rassicurante dagli organismi tecnici inglesi sui siti http://www.nhsdirect.nhs.uk/ e http://www.hpa.org.uk/hpa/news, risultava del tutto ingiustificato.
Tuttavia, nel caso fosse stata richiesta una misura a ENEA, IRP ha velocemente messo a disposizione, dando comunicazione all'Istituto Superiore di Sanità ed allo stesso Ministero della Sanità e Salute Pubblica, la possibilità di effettuare misure analoghe a quelle effettuate dall'HPA (agenzia del Ministero della Sanità inglese coinvolto nella vicenda) volte a verificare la presenza di contaminazione in individui potenzialmente esposti. Tale tipo di misura erano state messe a punto, negli anni '80 a seguito di un episodio di contaminazione con Po-210, ed erano state poi utilizzate per eseguire una campagna di misure per verificare i livelli normali di escrezione riscontrabili per il Po-210 di origine naturale (si tratta infatti di un radionuclide che appartiene alla catena dei radioisotopi naturali dell'U-238).
Tali valori sono stati considerati come termine di confronto per i risultati di alcune misure di prova e di alcune misure, radiometriche e radiotossicologiche, effettuate su campioni ambientali e biologici per

committenti nazionali istituzionali, prevalentemente nei giorni di massimo allarme quando ancora le informazioni fornite dalle autorità inglesi erano imprecise e non complete.
Infine, in data 18/12 u.s. gli esperti di IRP hanno partecipato ad un incontro tecnico a Roma presso l'APAT fra i laboratori che a vario titolo avevano effettuato test e/o misure per rilevare contaminazioni da Po-210, svoltosi in coda ad un incontro già previsto ed organizzato dall'APAT nell'ambito del suo ruolo di coordinatore della rete di sorveglianza nazionale per il controllo della radioattività ambientale, utile alla discussione tecnica delle metodiche ed al quale hanno partecipato rappresentanti di ISS, APAT, ARPA Lombardia, ARPA Piemonte, ARPA Sardegna, Università di Urbino, e dell'Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (INMRI nonché ENEA BAS ION METR). In tale occasione, IRP ha fornito informazioni sulle proprie potenzialità agli organismi istituzionali, quali APAT e ISS, chiamati per primi in casi di eventi che riguardino il rischio da radiazioni ionizzanti. A seguito di tale incontro, gli esperti IRP hanno peraltro fornito all'ISS una relazione tecnica relativa alla problematica ed alla valutazione dosimetrica di contaminazione interna da Po-210
In tale occasione è stato inoltre reso noto che il laboratorio di Seibersdorf della IAEA avrebbe organizzato in breve tempo un interconfronto sulle misure di Po-210 a cui l'Istituto di Radioprotezione ha aderito.

3. Conclusioni

Le attività e le competenze di radioprotezione in ENEA sono accorpate in un unico Istituto: ciò consente una immediata identificazione anche dall'esterno (i.e. organi istituzionali) degli interlocutori nel campo della radioprotezione e garantisce al tempo stesso l'ottimizzazione di tutte le risorse, umane e strumentali e l'omogeneità di gestione della sorveglianza fisica di radioprotezione su tutte le attività dell'Ente.
E' auspicabile che le potenzialità di IRP e dunque di ENEA siano considerate come una potenzialità "nazionale" sia dalle Istituzioni che da società come SOGIN s.p.a., al fine di ricercare una sinergia dei compiti e competenze dei vari attori nazionali nel campo della radioprotezione per una valorizzazione reciproca e una maggiore tutela del territorio e della popolazione.

ELENCO DEGLI AUTORI

Alonso Hernandez	Carlos	C.E.A. Cienfuegos (Cuba) Borsista ENEA - RELINT		*p.*	*25*
Amendola	Roberto	CR - Casaccia	roberto.amendola@casaccia.enea.it	*p.*	*23*
Andreocci	Lelia	CR - Casaccia	Lelia.andreocci@casaccia.enea.it	*p.*	*61*
Arginelli	Dolores	CR - Saluggia	dolores.arginelli@saluggia.enea.it	*p.*	*16, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 46*
Baldassarre	Giovanni	CR - Bologna	Giovanni.Baldassarre@bologna.enea.it	*p.*	*58, 59*
Balduzzi	Maria	CR - Casaccia	Maria.balduzzi@casaccia.enea.it	*p.*	*21*
Basso	Emiliano	CR - Casaccia	emiliano.basso@casaccia.enea.it	*p.*	*21, 22*
Battisti	Paolo	CR - Bologna	paolo.battisti@bologna.enea.it	*p.*	*17, 39, 41, 61*
Basta	Mario	CR - Casaccia	Mario.basta@casaccia.enea.it	*p.*	*21, 22*
Bazzarri	Sandro	CR - Casaccia	Sandro.bazzarri@casaccia.enea.it	*p.*	*61*
Berton	Gianfranco	CR - Saluggia	Gianfranco.berton@saluggia.enea.it	*p.*	*16, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 46, 61*
Bonarelli	Teresa	CR - Bologna	teresa.bonarelli@bolona.enea.it	*p.*	*58, 59*
Bortoluzzi	Sandro	CR - Saluggia	sandro.bortoluzzi@saluggia.enea.it	*p.*	*16, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 46*
Borra	Enrico	CR - Casaccia	Enrico.borra@casaccia.enea.it	*p.*	*45*
Calamosca	Massimo	CR - Bologna	massimo.calamosca@bologna.enea.it	*p.*	*24, 36, 63*
Canuto	Giuseppe	CR - Saluggia	giuseppe.canuto@saluggia.enea.it	*p.*	*16, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 46, 61*
Castellani	Carlo Maria	CR - Bologna	carlomaria.castellani@bologna.enea.it	*p.*	*7, 50, 67*
Cerro	Marco	CR - Casaccia	Marco.cerro@casaccia.enea.it	*p.*	*45*
Cozzella	Maria Letizia	CR - Casaccia	letizia.cozzella@casaccia.enea.it	*p.*	*17, 25, 26, 37, 61*
Deshpande	Trivikram	Goa University (India) Borsista ENEA - RELINT		*p.*	*22*
De Stefano	Vincenzo	CR - Casaccia	Vincenzo.destefano@casaccia.enea.it	*p.*	*61*
Diaz Asenzio	Misael	C.E.A. Cienfuegos (Cuba) Borsista ENEA - RELINT		*p.*	*25, 26*
D'Innocenzo	Fabrizio	CR - Casaccia	fabrizio.dinnocenzo@casaccia.enea.it	*p.*	*61*
Di Marco	Ivana	CR - Casaccia	ivana.dimarco@casaccia.enea.it	*p.*	*61*
Di Marco	Nadia	CR - Casaccia	nadia.dimarco@casaccia.enea.it	*p.*	*45*
Falangi	Giorgio	CR - Bologna	giorgio.falangi@bologna.enea.it	*p.*	*58, 59*
Fantuzzi	Elena	CR - Bologna	elena.fantuzzi@bologna.enea.it	*p.*	*IX, XI, XIII, 3,4,5, 38, 55, 71*
Ferrari	Paolo	CR - Bologna	paolo.ferrari@bologna.enea.it	*p.*	*15, 18, 19*
Florita	Lorenzo	CR - Casaccia	Lorenzo.florita@casaccia.enea.it	*p.*	*17*
Gianquitto	Giovanni	CR - Casaccia	giovanni.gianquitto@casaccia.enea.it	*p.*	*45*
Giovanetti	Anna	CR - Casaccia	anna.giovanetti@casaccia.enea.it	*p.*	*21, 22, 26*
Gualdrini	Gianfranco	CR - Bologna	gianfranco.gualdrini@bologna.enea.it	*p.*	*6, 15, 18, 19*
Guerra	Stefano	CR - Trisaia	Stefano.guerra@trisaia.enea.it	*p.*	*47, 61*
Luciani	Andrea	CR - Bologna	andrea.luciani@bologna.enea.it	*p.*	*7, 9,10,13, 14*
Mancini	Liliana	CR - Casaccia	alberto.manzotti@casaccia.enea.it	*p.*	*61*
Manzotti	Alberto	CR - Casaccia	alberto.manzotti@casaccia.enea.it	*p.*	*45*
Merolli	Sandro	CR - Frascati	sandro.merolli@frascati.enea.it	*p.*	*48*
Montalto	Mario	CR - Saluggia	mario.montalto@saluggia.enea.it	*p.*	*16, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 46, 61*
Montemurro	Eustachio	CR - Trisaia	Eustachio.montemurro@trisaia.enea.it	*p.*	*47*
Morelli	Giulio	CR - Casaccia	Giulio.morelli@casaccia.enea.it	*p.*	*61*
Morelli	Bruna	CR - Bologna	bruna.morelli@bologna.enea.it	*p.*	*58, 59*
Nobili	Carlo	CR - Frascati	Carlo.nobili@frascati.enea.it	*p.*	*8, 20, 51*
Nocente	Mauro	CR - Saluggia	mauro.nocente@saluggia.enea.it	*p.*	*16, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 46*
Pellegrini	Chiara	CR - Bologna	Chiara.pellegrini@bologna.enea.it	*p.*	*38, 58, 59*
Pentivolpe	Rosetta	CR - Trisaia	Rosetta.pentivolpe@trisaia.enea.it	*p.*	*27, 47, 61*
Penzo	Silvia	CR - Bologna	silvia.penzo@bologna.enea.it	*p.*	*24, 36, 63*
Petirossi	Roberto	CR - Casaccia	roberto.pettirossi@casaccia.enea.it	*p.*	*17,*
Polenta	Stefano	CR - Frascati	stefano.polenta@frascati.enea.it	*p.*	*48*
Ranucci	Francesco	CR - Casaccia	francesco.ranucci@casaccia.enea.it	*p.*	*45*
Ridone	Sandro	CR - Saluggia	sandro.ridone@saluggia.enea.it	*p.*	*16, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 46*
Sandri	Sandro	CR - Frascati	sandro.sandri@frascati.enea.it	*p.*	*8, 20, 51, 67*
Santarcangelo	Giueppe	CR - Trisaia	Giuseppe.santarcangelo@trisaia.enea.it	*p.*	*47*

Sasso	Sergio	CR - Trisaia	Sergio.sasso@trisaia.enea.it	*p.*	*47*
Silvestri	Nicola	CR - Trisaia	nicola.silvestri@trisaia.enea.it	*p.*	*27, 47, 61*
Soldano	Elvio	CR - Casaccia	elvio.soldano@casaccia.enea.it	*p.*	*45*
Stefanoni	Roberto	CR - Casaccia	roberto.stefanoni@casaccia.enea.it	*p.*	*37, 45*
Uleri	Giancarlo	CR - Bologna	giancarlo.uleri@bologna.enea.it	*p.*	*58, 59*
Vanga	Giuseppina	CR - Casaccia	Giuseppina.vanga@casaccia.enea.it	*p.*	*26, 37*
Vegro	Maurizio	CR - Saluggia	maurizio.vegro@saluggia.enea.it	*p.*	*16, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 46, 61*
Yvelice Libello	Rita	C.E.A. Cienfuegos (Cuba) Borsista ENEA - RELINT		*p.*	*25*
Zicari	Salvatore	CR - Trisaia	salvatore.zicari@trisaia.enea.it	*p.*	*27, 47, 61*

APPENDICE:
PARTECIPAZIONE A GRUPPI DI LAVORO E/O A COMITATI NAZIONALI E INTERNAZIONALI

Roberto Amendola

- Responsabile del Work Package 11311-X2 (*In vivo identification of t.m.b.*), Progetto Integrato MOMA (Molecular to Mammalian)dell'**ASI** (Agenzia Spaziale Italiana)
- Co-estensore dello Studio di fattibilità del Progetto Radiazione Cosmica e Radiobiologia dell'**ASI** (Agenzia Spaziale Italiana)
- Membro della Commissione Brevetti dell'ENEA.

Dolores Arginelli

- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualitè des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).
-

Mario Basta

Membro permanente della Sottocommissione 1 *"Terminologia nucleare"* della **UNI/CEN** (Commissione UNI Energia Nucleare).

Paolo Battisti

- Membro del direttivo **AIRP** – Associazione Italiana di Radioprotezione 2003-2006
- Membro permanente della Sottocommissione 1 *"Terminologia nucleare"* della **UNI/CEN** (Commissione UNI Energia Nucleare).
- Membro permanente della Sottocommissione 4 *"Radioecologia e Radioisotopi"* della **UNI/CEN** (Commissione UNI Energia Nucleare).
- Corresponding member del Work Plan 5.4 *"Internal dosimetry: Nuclear emergencies"*di **CONRAD** *A coordinated Network for radiation Dosimetry*
- Rappresentante ENEA presso il Comitato Operativo della **Protezione Civile** per la panificazione degli interventi in cso di emergenza radiologica.
- Membro associato di **EURADOS** (European Dosimetry Group).
-

Sandro Bazzarri

- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualitè des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).

Massimo Calamosca

- Membro Permanente del Gruppo di lavoro 11, Sottocommissione 4 (SC4) **UNI/CEN**: Determinazione di radon nell'ambiente

Carlo-Maria Castellani

- Corresponding member del Task Group **INDOS** (Internal Dosimetry) del Committee 2 (C2) dell'**ICRP**
- Coordinatore del del Work Plan Task 5.1 "*Internal dosimetry: Assessment of Internal exposures: uncertainty study and guidelines"* **CONRAD** *A coordinated Network for radiation Dosimetry*
- Membro Permanente del Gruppo di lavoro 24: Metodi di misura della contaminazione interna da radionuclidi **UNI/CEN/SC2** (Radiation Protection).
- Membro associato **EURADOS** –European Dosimetry Group.

Maria Letizia Cozzella

- Collabora con **IAEA** (International Atomic Energy Association) per uno studio di ecoradiotossicologia: *Comparison of the biological effects and bioaccumulation induced by exposure to natural or depleted uranium utilizing the earthworm Eisenia foetida*
- Coordinatrice del Gruppo di Lavoro 29: *Metodi non radiometrici per la determinazione di radionuclidi a vita lunga* **UNI / CEN** / Sc4.
- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualitè des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).

Elena Fantuzzi

- Vice-Chairman e membro del Council di **EURADOS** (EUropean RADiation DOSimetry Group).
- Membro del Working Group (WG2) di EURADOS "Harmonisation In Individual Monitoring".
- Rappresentante per il tavolo tecnico P.E.E. Itrec presso la prefettura di Matera.
- Membro **ICRU** (International Commission on Radiation Units) Report Committee "Measurement Quality Assurance for Ionizing Radiation Dosimetry".
- Membro ENEA nel comitato di coordinamento scientifico ENEA-Università di Bologna per il sito di Montecuccolino.
- Docente a titolo gratuito sulla dosimetria delle radiazioni ionizzanti per la scuola di specializzazione in Fisica Sanitaria dell'Università di Bologna.
- Membro permanente gruppo di lavoro WG19: Passive dosemeters for external dosimetry della **ISO/TC85** (Nuclear Energy)/SC2 (Radiation Protection)
- Membro permanente del gruppo di lavoro **IEC/SC 45B** Radiation Protection Instrumentation
- Membro dell'**ISSDO** (International Solid State Dosimetry Organization)
- Membro dell'Editorial Board della rivista **Radiation Protection Dosimetry**
- Membro permanente della Sottocommissione 2: "Protezione dalle Radiazioni " dell'**UNICEN**
- Membro permanente del Gruppo di Lavoro 23: Controlli di conformità e controlli periodici di buon funzionamento dei dosimetri individuali, della **UNICEN/SC2**
- Membro permanente del Comitato Tecnico **CT45/345** "Strumentazione Nucleare" del **CEI** (Comitato Elettrotecnico Italiano)

Anna Giovanetti

- Collabora con IAEA (International Atomic Energy Association) per uno studio di ecoradiotossicologia: *Comparison of the biological effects and bioaccumulation induced by exposure to natural or depleted uranium utilizing the earthworm Eisenia foetida*
- Collabora con l'Università di Tor Vergata (Roma) per una ricerca sul bystander effect : *Radiation-induced bystander effect*

Gianfranco Gualdrini

- Chairman del Work Plan 4 *Computational Dosimetry* del progetto europeo **CONRAD** *A Coordinated Network for Radiation Dosimetry*
- Membro associato di **EURADOS** – Europead Dosimetry Group
- Membro dell'Editorial Board della rivista **Radiation Measurements**
- Membro dell'Editorial Board della rivista **Radiation Protection Dosimetry**
- Segretario del comitato di coordinamento scientifico ENEA-Università di Bologna per il sito di Montecuccolino.
- Docente a titolo gratuito sulla dosimetria delle radiazioni ionizzanti per il dipartimento di Ingegneria Energetica Nucleare e del Controllo Ambientale dell'Università di Bologna.
- Membro del direttivo **AIRP** – Associazione Italiana di Radioprotezione 2006-2009.
- Partecipante esterno per il biennio 2005 –2007 al progetto INFN **DIREMO** *Dosimetry of Incorporated Radionuclides: Experimental and MOdelling techniques*

Andrea Luciani

- Membro permanente del Working Group 13 : *Performance requirements for internal dose evaluation of bioassay results* **ISO / TC 85** (Nuclear Energy) / SC2 (Radiation Protection)
- Membro permanente del Gruppo di Lavoro 24: *Metodi di misura della contaminazione interna da radionuclidi* **UNI / CEN** / Sc2 (Radiation Protection)
- Membro del Work Plan 5 per il Task 5.1 *Assessment of internal exposures: uncertainties study and guidelines* e per il Task 5.2 *Research studies on biokinetic models* del progetto europeo **CONRAD** *A Coordinated Network for Radiation Dosimetry*
- Rappresentatnte e membro dello Steering Committee member del progetto **ENETRAP** *European Network on Education and Training in RAdiological Protection*
- Membro associato di **EURADOS** – European Dosimetry Group.
- Referente italiano e rappresentante ENEA in **EUTERP** platform (European Training and Education in Radiation Protection).
- Partecipante esterno per il biennio 2005 –2007 al progetto INFN **DIREMO** *Dosimetry of Incorporated Radionuclides: Experimental and MOdelling techniques*
-

Liliana Mancini

- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualitè des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).

Mario Montalto

- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualitè des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).

Sandro Sandri

- Membro permanente del gruppo **IEC/SC 45B** *Radiation Protection Instrumentation*
- Membro permanente del *Committee on Radiation Protection and Public Health (CRPPH)* della **NEA** – Nuclear Energy Agency
- Membro permanente del Gruppo di lavoro 28: - *Metodi radiometrici di misura su acque destinate al consumo umano* **UNI / CEN** / Sc4
- Membro permanente del Comitato tecnico CT 345 del **CEI** – Comitato elettrotecnico Italiano
- Membro del direttivo **AIRP** – Associazione Italiana di Radioprotezione 2006 - 2009
- Membro del Work Plan 6 Complex mixed radiation field at workplaces del progetto europeo **CONRAD** *A Coordinated Network for Radiation Dosimetry*
- Principal investigator dal 1992 nel progetto **ITER** per sviluppi e analisi di radioprotezione nel campo della fusione nucleare, con assegnazione task Euratom.
- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualitè des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).

Nicola Silvestri

- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualitè des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).

Salvatore Zicari

- Membro **PROCORAD** (Association pour la Promotion du Controle de Qualitè des Analyses de Biologie Medicale en Radiotoxicologie).