



Notiziario di Radioprotezione dell'Esperto Qualificato - 2.0

**Signo' ... me sa'
ch'è n'artra multa
de STRIMS ...**





Laboratorio
certificato

ISO / IEC 17025
ISO / IEC 27001
UNI ISO 45001
ISO 14001
ISO 9001

**Scopri i nostri servizi per
dosimetria, radon e portali di gestione**
tecnorad.it

 **TECNORAD®**
Personal dosimetry service

TECNORAD S.r.l.
Via Schiaparelli, 5
37135 Verona
+ 39 045 820 1066

dosimetry.service@tecnorad.it
commerciale@tecnorad.it
radon@tecnorad.it
tecnorad.it



Anno XLIV - N. 19/2.0

Maggio – Agosto 2024

Quadrimestrale

SOMMARIO

EDITORIALE	4
FRANCESCO CAMPANELLA - NUOVO DIRETTORE ISIN.....	6
RIFIUTI RADIOATTIVI - Come li gestiamo?	8
LA CONTABILITA' DI MATERIA IN STRIMS.....	13
HOT-TEST DI CELLE CALDE: SICUREZZA E GARANZIA DI QUALITÀ PER L'ECCELLENZA IN MEDICINA NUCLEARE.....	23
REGISTRAZIONE A NORMA DEI PRINCIPALI PARAMETRI TECNICI DELLE INDAGINI E TRATTAMENTI CON RADIAZIONI IONIZZANTI AI SENSI DELL'ART. 168/D.L. 101/2020 – INTEGRAZIONE DECRETO 3 NOVEMBRE 2023	40
IAEA E L'ODONTOIATRIA.....	47
L' ACCADEMIA DI RADIOPROTEZIONE ANPEQ.....	54
RISPOSTA DI ISIN SULL'ESENZIONE DALL'OBBLIGO DI NOTIFICA DI PRATICA	58
L'IRRAGGIAMENTO DEI PRODOTTI ALIMENTARI	64
LE MULTE FACILI	74
ANALISI COMPARATIVA DI TRE METODI DI RIMOZIONE DEL CS-137 DA PERCOLATO DI DISCARICA.....	78
IL DOCUMENTO DI TRASPORTO STRADALE	97
INFO ANPEQ - CALENDARIO 2024 - ESAMI EdR	112

Immagine di copertina: Johannes Vermeer “Donna con domestica che porta una lettera



Notiziario ANPEQ

Presidente

Luisa BIAZZI

Vice Presidente

Alessandro SARANDREA

Tesoriere

PierBattista FINAZZI

Segretario

Samantha CORNACCHIA

Consiglieri

Angelo CAPRIOTTI

Annamaria SEGALINI

Davide TAGLIAFERRI

Past President

PierBattista FINAZZI

Anno XLIV – N. 19/2.0

Maggio – Agosto 2024

Quadrimestrale

ISSN 1970-9234

Direttore Responsabile

Federico MOLINA

Vice Direttore

Gabriella GUARINO

Capo Redattore

Franco CIOCE

Comitato di Redazione

Cristina Elena GHIGNONE

Daniele NUCCI

Francesco PASTREMOLI

Stampa

Tipografia Tip.Le.Co. snc

di Bragalini P. e Barbieri S. & C.

Via Salotti, 37 (San Bonico)

29122 Piacenza - Italy

Reg. Trib. Bologna n. 4861 del 22-01-1981

Pubblicazione periodica quadrimestrale

RadTech srl

distribuisce e supporta una vasta gamma di strumentazione per misure nell'ambito della Fisica Ambientale, della Fisica Medica e della Radioprotezione.

LSC per Analisi Acque D.Lgs 28/16



Dosimetria β, γ e neutroni



Misure Radiologiche



Spettrometria e rivelazione β, γ e n portatile



Spettrometria e rivelazione β, γ fissa



Camere Ionizzazione Monitoraggio Trizio



Misure di Radioprotezione



RadTech

Strumentazione per Analisi
di Fisica Ambientale e Medica



RadTech srl, Via Correggio, 19—20149 MILANO
Tel. +39 02 46.92.865 - Fax +39 02 48.51.63.70
info@radtech.it www.radtech.it

EDITORIALE

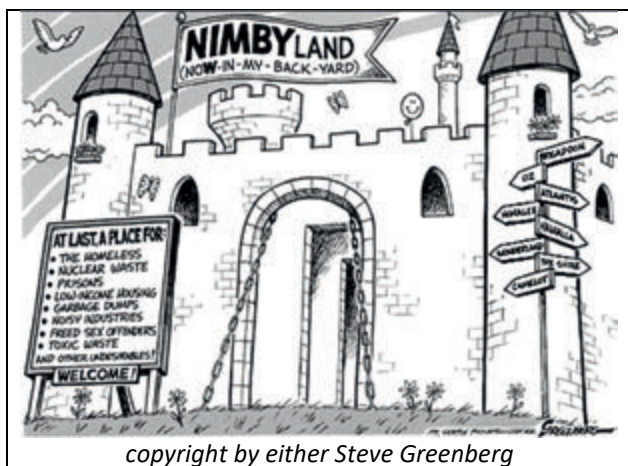
del Direttore Responsabile



Pare che a Trino Vercellese, dopo che il sindaco ha ritirato la candidatura ad ospitare il Deposito Nazionale dei rifiuti radioattivi, i comitati abbiano festeggiato. La notizia potrebbe essere l'ennesima occasione di ragionare sulla specificità italiana, dove nessuno dei comuni idonei era disponibile, e l'unico disponibile non era idoneo; o sulla tifoseria da stadio, con alcune associazioni che dichiarano letteralmente vittoria perché nel comune rimangono i rifiuti.

Già, i rifiuti rimangono: 1500 metri cubi circa. Perché l'ambiente è questione locale, anzi da sgabuzzino, visto che il sindaco ha affrontato le contrarietà dei suoi colleghi vicini, di un paio di province e della regione (con buona pace di La Hague, Sellafield e Mol, dove nel frattempo è stato inviato il combustibile).

Chi scrive, modestamente, non può certo confutare che 51 aree siano senz'altro più idonee di Trino per ospitare il Deposito: e chiunque legga queste pagine, per etica ed esperienza, si sarà abituato a rispettare ogni sensibilità, in primis quella della popolazione.



copyright by either Steve Greenberg

Ma in un momento dove il nucleare torna spesso stampato vicino alla parola minaccia, questo caso è emblematico di come, prima della politica, del tifo, del panico, di leggi sempre più tortuose, debbano arrivare la scienza, e la divulgazione.

Anche nel piccolo, anche nel quotidiano, chiunque abbia in borsa uno strumento di conoscenza, lo usi, con pazienza. Forse, prima o poi, tanti piccoli strumenti (ri)costruiranno la fiducia nella scienza, nella tecnologia e nei tanti validi professionisti che ancora le usano. Anche in Italia.



PROTEX ITALIA

45
year ANNIVERSARY

DECOMMISSIONING in AMBITO MEDICALE NUCLEARE



**PROTEX
ITALIA**

Tel. 0543 724747
protex@protexgroup.com
www.protexgroup.com

**MISURAZIONI IN CORSO
NON RIMUOVERE**



SERVIZIO DI DOSIMETRIA e ORGANISMO DI MISURA

Ex art 155 D Lgs 101/2020 e ss.mm.ii
Laboratorio di Fisica e Radiochimica
"Antonio Corberi"
Lab. N°1619L UNI EN ISO 17025:2018

PROTEX ITALIA S.R.L.

Via Cartesio, 30 - 47122 Forlì (FC) - Tel. +39 0543 724747 - protex@protexgroup.com
www.protexgroup.com

FRANCESCO CAMPANELLA - NUOVO DIRETTORE ISIN

dalla Redazione

Il Direttore e il Vice Direttore del Notiziario AN-PEQ, il Caporedattore e l'intero Comitato di Redazione porgono vive congratulazioni al **Dott. Francesco CAMPANELLA** recentemente nominato e incaricato come Direttore dell'ISIN – Ispettorato Nazionale per la Sicurezza Nucleare.

Come già verificatosi in passato, speriamo ricevere dal Dott. Campanella gli autorevoli contributi che hanno permesso a tutti noi Esperti di Radioprotezione di crescere professionalmente.

La sua competenza, partecipazione e umanità lo hanno sempre contraddistinto nel suo operato.

Caro Francesco, vive felicitazioni per te e per tutti noi che possiamo godere della tua esperienza e dei suggerimenti che non ci hai mai fatto mancare.

AD MAJORA



Il Direttore - Opera di Livio Rosignano

Monitoraggio e controllo del Radon e del Trizio, in acqua e in aria



TSR3 D: monitor radon stand-alone con display e spettrometro alfa incorporato collegamento wireless



Sistema Tera: monitoraggio e mitigazione del radon, fino a 16 sonde radon in wireless e unità centrale



Gamma completa di Strumenti e sistemi di monitoraggio Trizio, in aria e in acqua, portatili e fissi.



Radon monitor: Camera radon pulsata da 60cc o 1lt pompa d'aria a circuito chiuso con allarmi e software



SSS-22-PAL: Scintillazione liquida per Radon, Trizio, Alfa totale e Beta totale nelle acque per consumo umano

Misura e integrazione del DAP (KAP) e sistemi EAK



DAP (KAP) Wireless collegamento diretto a PC o app RX con e senza batteria ricaricabile senza necessità di rete



DAP (KAP) e AEK per radiologia anche per Arm-C e Rx mobili. Software per dosimetria del paziente



Software per l'integrazione del DAP (KAP) con o senza Pacs e con creazione e inserimento dei report RDSR, export dati...



Il Toolkit per i sistemi DAP (KAP), utile per lo sviluppo software e l'integrazione nei Pacs/RIS



EAK sistemi di controllo automatico dell'esposizione (AEC) a camere di ionizzazione

Controlli di qualità In Radiologia



DidoEasy R ++ multimetro per C.Q. in radiologia Tradizionale e mammografia kV, dose, tempo e Hvl dai 25 ai 130 kV



Cbct_ap fantoccio, Software e posizionatore per C.Q. accettazione, riferimento e costanza sui cbct, Tc, 3d



Nonius il righello elettronico ad alte prestazioni per tutta la radiologia inclusi Tc Mammo tomosintesi



Dent/Digitest fantoccio per i C.Q. accettazione, Riferimento e costanza in intraorali, Cefalo e panoramici



Fantocci anatomici per la simulazione reale nella diagnostica medica, utili per industria e formazione

Strumenti per la contaminazione



Contaminazione aria: Sistemi Spettrometri Gamma e Alpha combinati con conteggi beta



COMO: misura della contaminazione dei materiali e degli alimenti con spettrometria Gamma inopzetto



RMS Body Scan: Full-Body scan α , β/γ con scintillatori o rivelatori proporzionali software e schede ID, Lan



Graetz Como 170: area da 170 cm² facile da usare, misura α , β/γ RS 232, opzionale rivelatore esterno



SmartKONT: contaminometro industriale α , β/γ con Sonda distaccata, avvio da telecomando Usb, Rs-485 batteria a lunga durata

Survey meter, Dose rate meter e RIID



Step OD-02 misura dose e rateo H*(10) e H (0,07) 8 KeV - 15 Mev RX (nanopulstate), Gamma e beta



Active SP: nostro Survey meter e spettrometro portatile, pesa 1,9 kg con l'asta telescopica



Predator: RIID di Ultimissima generazione a base di NaI, una Matrice CZT e il GM, opzionale anche per Neutroni



HSL: hot spot Camera visualizza con precisione l'area contaminata, il rateo di dose e i radioisotopi presenti.



CENNA-500W, misura e localizzazione dei radiofarmaci marcati per i linfonodi SLNB in wireless



RIFIUTI RADIOATTIVI - Come li gestiamo?

di Celso OSIMANI e Ivo TRIPPUTI

Autori del libro

Libri sulla gestione dei rifiuti radioattivi non mancano. Ve ne sono molti: tecnici ed autorevoli, di divulgazione a volte superficiali, di antinucleari preconcetti. Alcuni vogliono dimostrare una tesi iniziale, che la gestione dei rifiuti radioattivi non presenta nessuna difficoltà, oppure, viceversa, che è impossibile da attuare in modo sicuro.

Avendo una lunghissima esperienza nel settore, gli autori hanno ritenuto di dare un contributo alla discussione sempre più "calda" sulla gestione e sullo smaltimento dei rifiuti radioattivi, partendo da basi scientifiche, ma cercando di mantenere anche un tono discorsivo e facilmente comprensibile.

Quindi il libro che abbiamo pubblicato lo scorso novembre non è un manuale tecnico e lì non si troveranno descritte tutte le tecniche attualmente utilizzate nel mondo per la gestione di questi rifiuti. Il libro si limita a raccontare le modalità più diffuse, specie in Italia, e a indicare quelle che sono alcune linee di sviluppo innovative, come, ad esempio, la separazione e la trasmutazione degli isotopi radioattivi a più lunga vita media per ridurre o eliminare la necessità di depositi geologici.

Il libro ha l'ambizione di essere oggettivo, per quanto possibile, e non sostiene che tutto quanto fatto in passato è stato perfetto. Anzi forniamo esempi di alcune pratiche che si sono sperimentate o si sono utilizzate, pur rispettando le regole dell'epoca, e che oggi non sarebbero accettabili in particolare dal punto di vista della sicurezza.

Esempi sono l'affondamento negli oceani, l'invio nello spazio, o lo smaltimento in semplici trincee dei rifiuti radioattivi. Raccontiamo di pratiche ed incidenti che hanno causato anche vittime per negligenza, indifferenza, imperizia o ignoranza. Per sottolineare la necessità di controlli, si è accennato anche ad alcuni dei maggiori incidenti che sono avvenuti per la cattiva gestione dei rifiuti radioattivi di origine civile, anche se, in effetti,



tutti gli “incidenti” riportati si riferiscono alla cattiva o imprudente gestione di sorgenti radioattive.

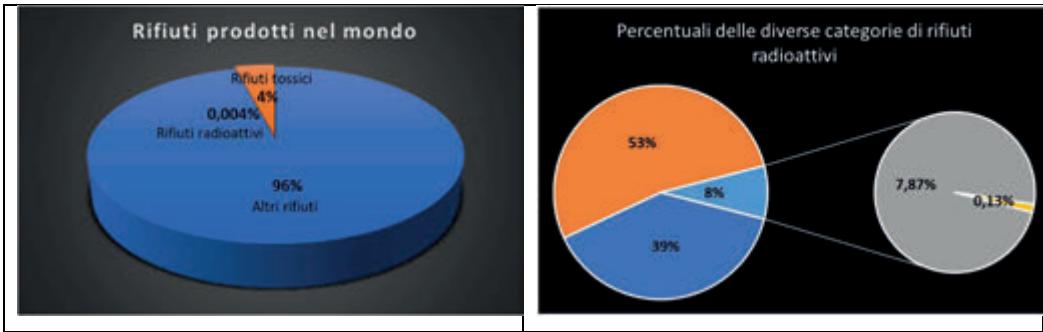
Abbiamo descritto in modo esteso un incidente tra i più conosciuti perché in un certo senso paradigmatico, cioè quello avvenuto nella città Brasiliana di Goiania nel 1987, quando il rinvenimento causale di una sorgente di Cesio 137 con una attività di circa 51 TBq in un edificio abbandonato ha causato 4 morti, che avevano ricevuto dosi tra 4,5 Gy e 6 Gy, e 249 furono trovate con contaminazione solo esterna o interna ed esterna. Sette edifici dovettero essere completamente demoliti e furono prodotti 3.500 m³ di rifiuti radioattivi.

Una percezione che si è cercato di confutare è quella che i rifiuti radioattivi sono generati solamente dalle centrali nucleari. Nel libro si parla anche del quadro delle attività umane che producono rifiuti radioattivi, ed in particolare di quelle che al momento non sono rinunciabili, perché il rapporto rischio beneficio è nettamente positivo, come le diagnosi e le terapie mediche che utilizzano prodotti radioattivi e rifiuti. Le centrali nucleari certamente producono rifiuti radioattivi, anche se in volumi modesti rispetto alle altre tipologie di rifiuti industriali, ma anche Paesi senza centrali nucleari producono i loro rifiuti radioattivi ed hanno quindi la necessità di smaltirli in sicurezza. Nel libro si parla estesamente del tema delle sorgenti radioattive, e si affronta anche il tema controverso della gestione della radioattività naturale e della produzione di rifiuti che la contengono come i NORM ed i TENORM.

Un capitolo a parte tratta i rifiuti ad alta attività ed a più lunga vita media, costituiti principalmente dal combustibile nucleare irraggiato come tale, oppure dai materiali prodotti dal suo riprocessamento. Abbiamo cercato, pur considerando lo scopo del libro, di fornire indicazioni su quelle che sono le pratiche attuali, come anche lo stato delle attuali iniziative, specie in Europa per il loro smaltimento in profondi strati geologici. In alcuni Paesi, l'individuazione di un deposito geologico non è considerata una necessità urgente visti anche i volumi relativamente modesti di questi rifiuti. L'attesa è talvolta giustificata anche dall'attesa di soluzioni positive a quelli che si chiamano depositi regionali, cioè aperti a più Stati adiacenti o vicini, onde assicurare la scelta del sito migliore ed ottimizzare gli spazi disponibili.

Quello di cui invece non si è potuto parlare è l'argomento dei rifiuti di origine militare, in quanto nella stragrande maggioranza dei casi coperto da segreto militare. Questi rifiuti non sono in genere soggetti né alle normative del Paese sull'argomento, né ai controlli delle autorità civili preposte. In Italia, invece, il centro interforze del CISAM fornisce all'ISIN gli inventari dei rifiuti presenti sul sito di San Pietro a Grado ed ha una continua collaborazione sia con l'Università di Pisa che con l'ISIN.

Una questione che fa capire come un approccio integrato e bilanciato sui rifiuti di ogni tipo manchi è il confronto tra le normative che riguardano i rifiuti radioattivi e quelle che, invece, riguardano i rifiuti tossico-nocivi.



A parità di rischio per la salute umana i limiti “accettabili” e le modalità di smaltimento sono decisamente diversi, senza che il legislatore ne giustifichi la differenza, anche se è comprensibile che la gestione dei rifiuti “convenzionali” con le regole dei rifiuti radioattivi sarebbe praticamente impossibile viste le quantità coinvolte, che sono enormemente maggiori.

E che dire dei rischi collegati al trasporto di questi rifiuti. A questo proposito si danno informazioni che sono utili a percepire, almeno, il livello di sicurezza che ha raggiunto il settore, tanto che nessun incidente rilevante è mai avvenuto nel mondo durante il trasporto dei rifiuti radioattivi, in particolare anche di quelli a maggiore radioattività e quindi potenzialmente pericolosi.

Si parla anche di futuro ed in particolare dei rifiuti radioattivi che saranno prodotti dalle centrali a fusione, che, seppure di diverso tipo da quelle generate dalle centrali a fissione, non saranno certamente inesistenti come spesso si legge in articoli semplificativi e troppo ottimistici. A parte il trizio, elemento del processo produttivo, gli intensissimi flussi neutronici che si generano attivano quantità importanti di materiali, generando anche radioisotopi a lunga vita.

Si è voluto dare anche un quadro internazionale della situazione e delle possibili evoluzioni nella produzione e gestione dei rifiuti radioattivi, sottolineando come vi siano differenze anche significative nella classificazione e nelle regole di gestione tra i vari Paesi, inclusi quelli avanzati. Anche in questo caso il dubbio che viene in mente è se sia corretto considerare la sicurezza un criterio assoluto, valido in ogni occasione ed in ogni Paese, e si debba sempre ricercare il livello maggiore possibile e l’eccellenza, oppure se altri parametri debbano avere il sopravvento, o almeno una forte influenza e sia corretto definire solamente i criteri minimi accettabili.

Ma in questi giorni la questione che spesso occupa i titoli dei giornali è quella dello smaltimento finale di questi rifiuti e quindi la localizzazione del Deposito Nazionale. Il libro vuole dimostrare come un deposito di rifiuti radioattivi è una delle installazioni forse meno pericolose tra tutte le installazioni industriali. Nessun incidente grave è mai avvenuto nei depositi numerosissimi esistenti all’estero ed in Francia il deposito dell’Aube è

collocato addirittura al centro della regione di produzione dello Champagne, senza che questo abbia portato problemi alla sua produzione ed alla vendita di quel buon prodotto. Anzi ha generato invece numerosi vantaggi di denaro e di occupazione alla regione che li ha sfruttati per migliorare la qualità della vita degli abitanti ed anche la produzione della vite. Gli autori hanno voluto sottolineare questo aspetto di sicurezza anche nella scelta della copertina, dove alcuni fusti radioattivi sono collocati nel caveau di una banca, che è una delle strutture considerate più sicure ed impenetrabili nella percezione comune.

Infine vi è un breve aggiornamento sul quadro italiano dei rifiuti radioattivi, incluse le quantità dei rifiuti radioattivi presenti, i maggiori attori e la funzione del “Servizio Integrato”, che facilita e garantisce la raccolta ed il corretto trattamento dei cosiddetti rifiuti istituzionali, cioè quelli che non sono prodotti dalle filiere energetiche.

Parlando dell’Italia, naturalmente, sono di grande attualità le informazioni sul difficile cammino intrapreso per la realizzazione di un impianto italiano per lo smaltimento quantomeno dei rifiuti a più bassa radioattività. Quest’ultimo aspetto continua a suscitare sempre un acceso dibattito ogni volta che un Governo osa nominare questo progetto. Questo genera immediatamente la sollevazione delle popolazioni e dei settori produttivi e culturali delle regioni interessate. Sulla stampa vengono riportate le giuste preoccupazioni, che tuttavia, invece di ricevere assicurazioni tecnicamente fondate, sono basate su motivazioni infondate e in qualche caso assurde. Anche per dare un contributo di chiarezza abbiamo scritto questo libro. Un capitolo del libro è proprio dedicato a fornire le risposte alle contestazioni più comuni e diffuse sul tema dei rifiuti radioattivi.

Il libro include anche due “cammei” che lo impreziosiscono. Uno è la prefazione del Prof. Marco Ricotti, che è uno dei tecnici di punta del nucleare in Italia, conosciuto anche all’estero, e che è stato anche Presidente della Sogin, la società di Stato incaricata del decommissioning degli impianti nucleari italiani, della gestione dei relativi rifiuti e della progettazione e localizzazione del deposito nazionale. Il secondo è la postfazione di Carlo Stagnaro direttore ricerche e studi dell’Istituto Bruno Leoni (che ne ha curato la pubblicazione), ingegnere che ha avuto ed ha molti incarichi prestigiosi nel campo dell’ambiente, dell’energia e dell’economia e che ha avuto anche incarichi di alto rilievo in vari staff di Governo.

Il libro forse non sarebbe uscito senza le idee, l’impulso, i consigli e l’aiuto di Federico Gianni, Presidente e Consigliere Delegato della società Campoverde, società ben conosciuta nel settore, che si occupa a tutto tondo di materiali radioattivi dalla gestione e caratterizzazione dei rifiuti, a quella delle sorgenti radioattive, alla logistica, alle analisi radiometriche e radiochimiche e a molti altri aspetti correlati.

WHAT'S NEW?



ACCU-GOLD + TOUCH

Un **Multimetro digitale** compatto con display, per misure di dose, dose rate, forma d'onda, tempi di esposizione, kV, HVL, filtrazione, mA e luminanza, con possibilità di interfaccia **wireless**.

Disponibile nuovo software AG3 che consente sessioni di misura più rapide.

Ampio spettro di rivelatori:

- ✓ Camere a ionizzazione
- ✓ Sensori a stato solido per dose e kV
- ✓ Sensore per luminanza
- ✓ mAs-metri
- ✓ Verifica della calibrazione del DAP e allineamento campo luce/campo raggi.



DIAGNOSTIC HEAD PHANTOM



Il fantoccio **CIRS ATOM MAX Dental and Diagnostic Head Phantom** è uno standard di riferimento progettato per il training del personale.

Ideale per verificare ed ottimizzare i parametri di un'apparecchiatura, valutare la performance di un tubo a raggi X, di una radiografia panoramica, CT e CBCT, ma anche utile per la corretta acquisizione delle immagini grazie ai dettagli anatomici

PELLICOLE GAFCHROMIC

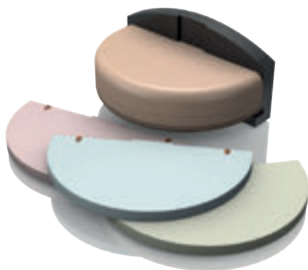
Le pellicole Gafchromic sono pellicole autosviluppanti sensibili alle radiazioni, in cui la variazione di densità ottica è proporzionale alla dose assorbita.

- LD-V1:** per QC e dosimetria in RX
- XR-M3:** per QC in mammografia
- XR-CT3:** per QC in CT



DBT PHANTOM

Fantoccio per QC in mammografia con Tomosintesi, composizione a **moduli** sovrapponibili per rispondere al meglio delle misure indicate nelle linee guida esistenti: **EUREF, AAPM, TG245, IEC.**



iTA_QA Mammo

iTA_QA Mammo permette l'analisi automatica delle immagini del fantoccio DBT QC phantom: analizza singole immagini 2D e 3D, è in grado di importare dataset di immagini.

In sviluppo nuovi moduli per QC in CT e RX.

SCOPRI DI PIÙ

www.tecnologieavanzate.com
info@tecnologieavanzate.com
tel: +39 011 660 0101

Con estremo piacere pubblichiamo il seguente lavoro che tratta in maniera descrittiva e semplice, come vuole un manuale operativo, un argomento ostico ma che riguarda la professione di molti Esperti di Radioprotezione.

LA CONTABILITA' DI MATERIA IN STRIMS

di **Alessandro AUDITORE***

** Business Unit Manager On-Field & In House RT – Bytest Srl, TÜV SÜD Group*

Introduzione

L'art. 44 del DLgs 101/2020 stabilisce l'obbligo per i detentori di materie fissili speciali, di materie grezze, di minerali e di combustibili nucleari di tenere la contabilità delle suddette materie, nonché di farne denuncia al Ministero dello sviluppo economico e di registrarsi e trasmettere dette informazioni al sito istituzionale dell'ISIN ai sensi del Regolamento Euratom n. 302/2005 della Commissione dell'8 febbraio 2005.

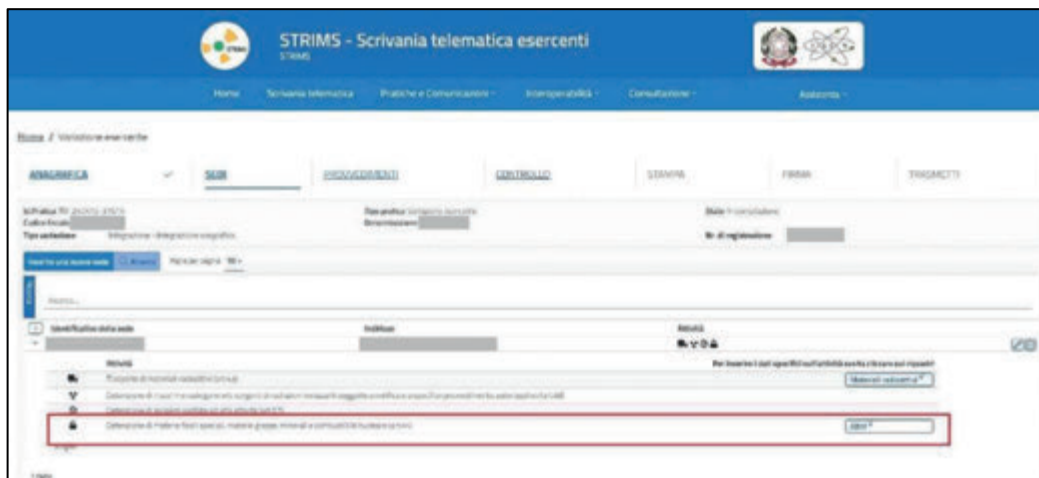
Le modalità di condivisione dei dati sono riportate nell'allegato XI del suddetto decreto dove si specifica che "la registrazione e la trasmissione delle informazioni all'ISIN sono effettuate in modalità elettronica secondo le procedure dallo stesso definite" ovvero il Sistema Tracciabilità Rifiuti Materiali e Sorgenti (STRIMS).

Vediamo quindi di capire come si procede dal punto di vista pratico.

Come compilare STRIMS

Pur partendo dal presupposto che l'esercente si sia già registrato su STRIMS, ripercorriamo brevemente i passaggi di inserimento dei dati relativi all'Azienda o Ente nella scheda Anagrafica:

Dopo aver salvato, si tornerà alla schermata precedente dove troveremo l'elenco delle sedi caricate con le attività previste per ciascuna sede. La riga relativa all'art. 44 è evidenziata nella figura che segue:



Cliccando sul tasto in basso a destra (ABM) si aprirà una maschera che si dovrà compilare con i riferimenti della registrazione ad Euratom inserendo il codice ABM/CAM o flaggando "Codice in via di assegnazione" se non ancora ricevuto; dovremo quindi caricare il relativo documento che sarà la lettera di assegnazione del codice se già ricevuto o la lettera di richiesta di assegnazione del codice nell'altro caso. Per ulteriori dettagli sulla pratica da inviare ad Euratom si rimanda al N.16/2.0 di Settembre-Dicembre 2021 del notiziario ANPEQ.

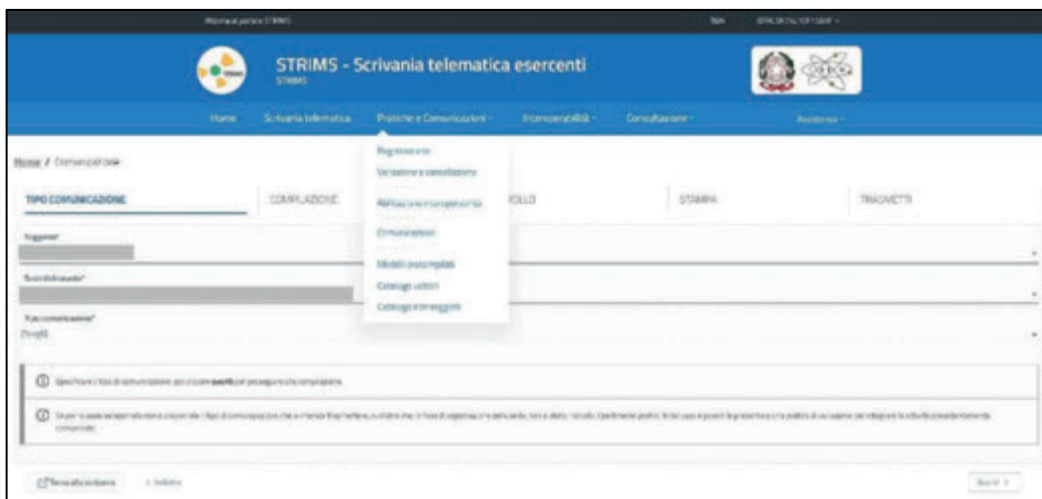


Cliccando “Avanti” passeremo alla scheda “Controllo” che segnalerà eventuali anomalie, poi la scheda “Stampa” dove potremo verificare la bozza della registrazione ed infine la schermata “Firma” dove andremo a scaricare il documento da firmare digitalmente e ricaricarlo per poi trasmetterlo (“Trasmetti pratica”):



Fatto questo, utilizzando il tasto “Torna alla scrivania” in basso a sinistra, potremo andare sul menu “Pratiche e Comunicazioni” e cliccare su “Comunicazione”.

Si aprirà la schermata che segue nella quale andremo a selezionare, dai menu a tendina, il soggetto (che sarà presente in elenco in quanto registrato in anagrafica), la sede per la quale dovremo fare l’operazione sull’inventario (anche questa inserita in precedenza) ed il tipo di comunicazione ovvero “Comunicazione al Registro delle materie fissili speciali, grezze e minerali e combustibili nucleari”:



A questo punto, nella quarta casella, avremo un menu a tendina dove sono elencate tutte le possibili operazioni che possiamo fare sull'inventario:



E cioè:

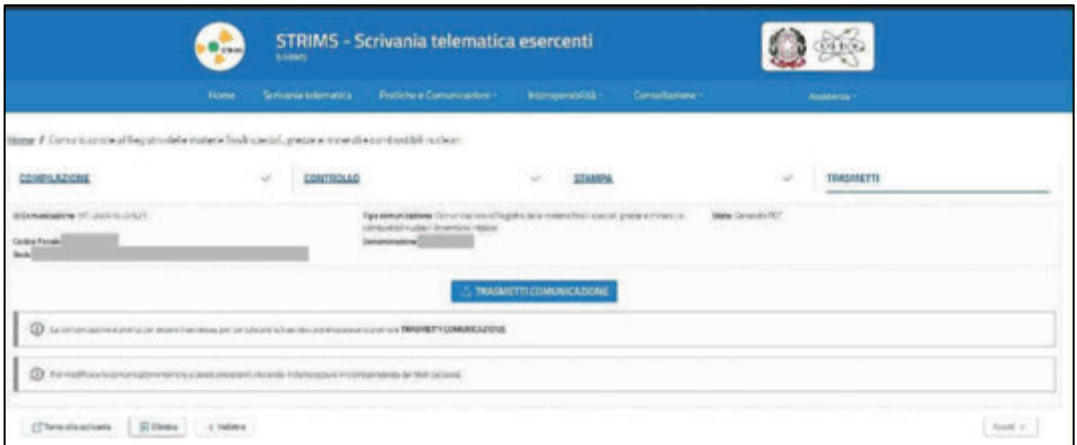
- Denuncia di detenzione, da compilare la prima volta che si accede;
- Variazione di inventario, qualora abbiamo ceduto o acquisito delle partite omogenee di materiale;

- Inventario iniziale, da compilare anche questo al primo accesso, elencando tutte le partite omogenee detenute dall' esercente, presso la sede indicata in precedenza al momento della denuncia;
- Nessuna variazione di inventario, da utilizzare qualora al 31 gennaio, non fossero intervenute variazioni di inventario entro l' anno solare precedente;
- Correzione, utile in caso di compilazione errata di campi già comunicati e salvati;
- Frazionamento, qualora abbiamo diviso una partita omogenea in due o più parti;
- Accorpamento, quando, viceversa, abbiamo unito due o più partite omogenee;
- Inventario annuale, qualora, alla compilazione del 31 gennaio, ci fossero state variazioni di inventario nell' anno solare precedente.

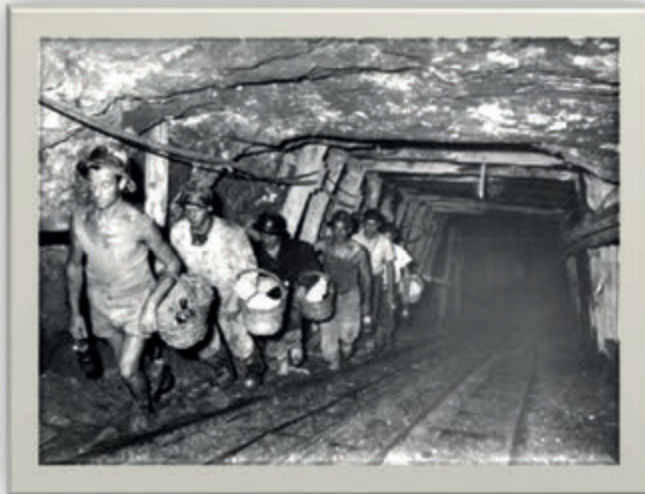
Selezionando ad esempio “Inventario Iniziale” o qualunque altra voce che implichi l' inserimento di una o più partite omogenee, si presenterà la schermata che segue nella quale dovremo specificare la data di entrata in possesso del materiale e la sua tipologia:

Cliccando poi in basso a sinistra su “Aggiungi partita omogenea” verrà generato in basso un insieme di righe ognuna corrispondente ad una partita omogenea che, di fatto, costituirà il nostro inventario nella sede.

Cliccando “Avanti” passeremo alla scheda “Controllo” che segnalerà eventuali anomalie, poi la scheda “Stampa” dove potremo verificare la bozza della comunicazione ed infine la schermata “Trasmetti” dove cliccheremo su “Trasmetti comunicazione”:



Buona compilazione!



Casarano (Le) - Il Museo del Minatore



www.techno-hse.com



Ravenna – Imola – Bologna – Milano – Trieste

HOT-TEST DI CELLE CALDE: SICUREZZA E GARANZIA DI QUALITÀ PER L'ECCELLENZA IN MEDICINA NUCLEARE

di Isolan Lorenzo^(1, 2, 3), Longo Vaschetto Vittorio^(1, 2), Martinelli Marco⁽⁴⁾, Monti Matilde⁽⁴⁾, Romano Riccardo⁽⁴⁾, Tiranti Giacomo⁽⁴⁾, Rondinini Silvio⁽⁴⁾, Nicolucci Roberto⁽²⁾, Pastremoli Francesco^(1, 2, 3)

- 1) ANPEQ
- 2) Techno Srl.
- 3) Esperto di Radioprotezione di Comecer S.p.A.
- 4) Comecer S.p.A.

Sommario

L'attenzione alla qualità e alla sicurezza nella progettazione di celle calde destinate alla manipolazione di radioisotopi in ambito di medicina nucleare, nelle fasi di test e durante i processi di installazione e manutenzione, sono aspetti imprescindibili per garantire una produttività ottimale. Il processo di test a caldo, o hot-test, è riconosciuto come metodo di verifica e garanzia di qualità di alto profilo e prende vita con la selezione, da parte dell'Ufficio Tecnico della società costruttrice, della sorgente radioattiva da utilizzare per l'esecuzione delle esposizioni. Tale scelta è determinante per garantire una simulazione accurata e preventiva di quelle che saranno le condizioni operative una volta che la cella verrà installata presso il cliente finale. Tra i diversi attori che prendono parte all'intervento, l'intervento dell'Esperto di Radioprotezione è essenziale per vagliare preventivamente l'idoneità del radionuclide scelto dal committente sia in termini di performance attese sia dal punto di vista della protezione dalle radiazioni ionizzanti, nonché per l'effettuazione operativa delle misure di radiazioni durante il test. L'analisi multidisciplinare dell'ufficio HSE risulta inoltre fondamentale per tutti gli aspetti riguardanti la valutazione del rischio specifico, dell'idoneità tecnica del fornitore della sorgente, del personale inviato ad effettuare gli irraggiamenti e degli accordi contrattuali. Superate le fasi di analisi e valutazione documentale, il processo culmina con l'esecuzione dell'hot-test, che eventualmente metterà in luce criticità da correggere preventivamente l'installazione presso il cliente finale.

Introduzione

La **medicina nucleare** ha aperto nuove frontiere nella diagnosi e nel trattamento medico, offrendo soluzioni altamente avanzate e **personalizzate**. Al centro di questa rivoluzione si trovano le **celle calde**, ambienti specializzati progettati per manipolare con precisione radioisotopi tipicamente non sigillati. La sicurezza di tali strutture, dopo la progettazione e costruzione ma preventivamente alla distribuzione presso il sito radiofarmaceutico, può essere assicurata attraverso rigorosi **test a caldo (hot-test)**, in cui

vengono utilizzati **radioisotopi solidi sigillati di alta attività** come il Selenio-75, l'Iridio-192 o il Cobalto-60, generalmente utilizzati per l'effettuazione di gammagrafie industriali. In questa fase vengono simulate le condizioni reali di esposizione dei radioisotopi medicali, consentendo la valutazione dell'**omogeneità del rateo di dose** fuori dalle schermature, del **valore assoluto del rateo di dose** e l'individuazione di **eventuali criticità** quali **punti di fuga** della radiazione dovuti a canali di penetrazione degli impianti, difetti nei materiali o errori di montaggio delle barriere o di progetto. È fondamentale sottolineare che gli isotopi impiegati negli hot-test sono generalmente specifici delle applicazioni industriali e non corrispondono a quelli destinati all'uso nelle celle calde post-vendita poiché si cerca sia di ottenere situazioni maggiormente conservative rispetto a quelle di progetto sia per praticità di fornitura ed impiego in sicurezza. Una volta superati gli hot-test, le celle calde sono pronte per ospitare radioisotopi propri della medicina nucleare. Questi radioisotopi, selezionati in base alle necessità diagnostiche e terapeutiche specifiche, consentono la produzione di radiofarmaci destinati a individuare e trattare una vasta gamma di patologie, dalla localizzazione di tumori alla valutazione della funzione organica. La costruzione delle celle calde rappresenta una combinazione di ingegneria e standard di sicurezza elevati: le strutture, progettate per garantire la massima **protezione degli operatori** e dell'ambiente circostante, svolgono un ruolo chiave nella promozione di progressi significativi in medicina nucleare. A tal fine, **ciascun progetto** è concepito **su misura** e riflette l'impegno nell'adattare le soluzioni alle esigenze specifiche dei clienti radio-farmaceutici, dimostrando l'importanza di un approccio congiunto nel garantire sistemi che soddisfino appieno le aspettative.



Figura 1. Esempi di celle calde.



Figura 2. Mattoni e componenti in piombo utilizzati per la costruzione delle celle calde.

Obiettivo proposto

L'obiettivo è approfondire la comprensione e l'importanza dell'attenzione alla qualità e alla sicurezza nelle celle calde destinate alla manipolazione di radioisotopi nell'ambito della medicina nucleare con particolare riferimento al processo degli hot-test post-produzione, riconosciuti come un metodo di **verifica e garanzia di qualità** di alto profilo. La sequenza di attività coinvolte in questo processo inizia dalla cruciale fase di **selezione della sorgente radioattiva** da parte dell'Ufficio Tecnico della Società costruttrice. Questa selezione non solo influenza direttamente la simulazione accurata delle condizioni operative durante l'hot-test, ma costituisce anche un punto di partenza cruciale per valutazioni preventive. Il ruolo dell'**Esperto di Radioprotezione** è essenziale nella **valutazione preliminare** della sorgente, sia dal punto di vista delle prestazioni attese sia per quanto riguarda la protezione dalle radiazioni ionizzanti, anche affidandosi a **strumenti di calcolo certificati**. La figura dell'Esperto di Radioprotezione è cruciale anche nell'esecuzione delle misure di esposizione durante gli irraggiamenti effettuati grazie al personale specializzato della ditta fornitrice della sorgente gammagrafica. Inoltre, di fondamentale importanza è l'analisi multidisciplinare dell'**ufficio Health, Safety, and Environment (HSE)** per valutare aspetti critici relativi alla sicurezza, al rischio specifico e agli accordi contrattuali con il fornitore della sorgente. Attraverso un approfondimento delle fasi di analisi, valutazione documentale ed esecuzione dell'hot-test, ci si propone di fornire una panoramica chiara e approfondita del processo, enfatizzando la sua rilevanza nel garantire che le celle calde soddisfino i rigorosi requisiti di sicurezza e le aspettative di qualità richieste per la produzione di radiofarmaci in medicina nucleare. **A titolo di esempio**, si considera la filiera di processo coinvolgente una cella di spessore pari a **5 cm di piombo** ed un ipotetico hot-test effettuato tramite una sorgente HASS di **Iridio-192** di attività pari a **21 GBq**, con un **vincolo** sul rateo di dose massimo permesso di $4 \frac{\mu Sv}{h}$ a contatto con la superficie esterna dello schermo.

Materiali e Metodi

I principali attori coinvolti nelle fasi operative

Società costruttrice delle celle

Ufficio tecnico:

- **progetta** la cella calda;
- ai fini dell'hot-test, **sceglie la sorgente** dal catalogo del fornitore **fissando il vincolo di rateo di dose di progetto** per lo specifico scenario, **ad esempio** $D_{R(obiettivo)} = 4 \frac{\mu Sv}{h}$ a fronte di una sorgente di Ir-192 di attività pari a 0.6 Ci ed una schermatura pari a 5 cm di piombo;
- **Verifica i risultati dell'hot-test** e valuta l'idoneità della cella calda al contenimento degli isotopi e delle attività previste;

- Altre ulteriori.

Ufficio HSE:

- **Verifica l' idoneità tecnica e professionale dell'impresa fornitrice** della sorgente ai sensi dell'Art. 26 della 81/08 attraverso acquisizione della CCIAA, del DURC e autocertificazione;
- **Verifica la presenza del Nulla Osta** per le attività specifiche ai sensi del D.Lgs. 101/2020 e s.m.i.;
- **Verifica la redazione, da parte della Società fornitrice, della relazione di radioprotezione** redatta dall'Esperto di Radioprotezione (del fornitore) per il cantiere che ospiterà la sorgente itinerante ai sensi dell'Allegato XIV del D. Lgs. 101/2020 e s.m.i.;
- **Verifica che il fornitore spedisca la relazione di radioprotezione, con anticipo di almeno 15 giorni rispetto alla data dell'intervento, alle autorità di vigilanza** locali competenti per il territorio (USL, ARPA, VVF ed ITL ed ogni altra eventualmente prevista);
- **Verifica l' idoneità alla esposizione a radiazioni ionizzanti da parte del personale che opererà la sorgente per l'esecuzione dell'hot test** (formazione di radioprotezione effettuata ai sensi dell'Art. 111 del D. Lgs. 101/2020 e s.m.i., idoneità sanitaria rilasciata dal Medico Autorizzato in corso di validità, presenza di dosimetri e presidi di emergenza, et cetera);
- **Verifica i documenti di trasporto e riferiti alla sorgente HASS;**
- **Redige il Documento Unico di Valutazione Rischi;**
- **Predisporre le Zone Classificate e le aree di lavoro;**
- Altre ulteriori.

Esperto di Radioprotezione:

- **Fornisce consulenza sulla tipologia di documentazione di radioprotezione** che deve presentare la Società fornitrice della sorgente;
- Sulla base delle informazioni trasmesse dall'Ufficio Tecnico, **verifica l' idoneità della sorgente scelta in rapporto alla cella da testare**, ai vincoli di rateo di dose e della sua omogeneità a valle degli schermi (qual è lo spessore di schermo minimo necessario ad ottenere il rateo di progetto; qual è il rateo atteso a valle della reale schermatura reale; quali criticità ci si può attendere – utilizza metodi analitici e strumenti di calcolo avanzati e certificati);
- **Effettua la valutazione della relazione di radioprotezione** fornita dalla Società fornitrice e si assicura della correttezza dei dettagli tecnici riportati;
- **Pianifica i dettagli relativi alla esecuzione dell'hot-test** (punti di misura, ingresso ed uscita sorgente, canali di penetrazione, criticità ulteriori);

- **Effettua le misure operative di radioprotezione tramite strumenti attivi idonei e opportunamente tarati;**
- Altre ulteriori.

Società fornitrice della sorgente di alta attività

Legale Rappresentante, dirigenti e preposti

- Dotati di Autorizzazione al trasporto, alla detenzione ed all'impiego di sorgenti solide sigillate di alta attività, mobili (**Nulla Osta**), **forniscono le diverse opzioni al Committente;**
- **Predispongono ed inviano la documentazione alle Autorità di Vigilanza** e relative all'intervento;
- **Si interfacciano con l'Ufficio HSE della Società Committente** per la gestione dei documenti e degli accordi contrattuali;
- **Mettono a disposizione operatori idonei ed altamente qualificati;**
- Altre ulteriori.

Esperto di Radioprotezione: **redige la relazione di radioprotezione** specifica per l'intervento;

- Altre ulteriori.

Operatore di gammagrafia: **effettua le esposizioni** durante l'hot-test;

- Altre ulteriori.

Iridio-192 ed idoneità dell'accoppiamento sorgente-schermo

L'Iridio-192, con una massa di 191.9627 uma, presenta uno spin 4+ ed è caratterizzato da un'emivita di 73.827 giorni. L'Iridio-192 decade attraverso il processo della cattura elettronica (EC, 4.87%) e la modalità di decadimento beta meno (β^- , 95.13%). Il bilancio energetico rivela caratteristiche significative, tra cui un'energia media dei raggi gamma di 806.8 keV (ovvero circa 370 keV, normalizzata), nonché una 'energia media delle particelle cariche leggere pari a 217.077 keV. Il Q-valore per il decadimento β^- è di 1440 keV. Tra i prodotti di decadimento troviamo Pt-192 ed Os-192, stabili.

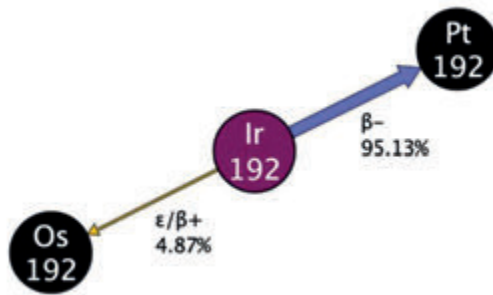


Figura 3. Schema di decadimento dell'Ir-192 (plot tramite il Janis tool utilizzando le librerie nucleari ENDF/B/VIII.0).

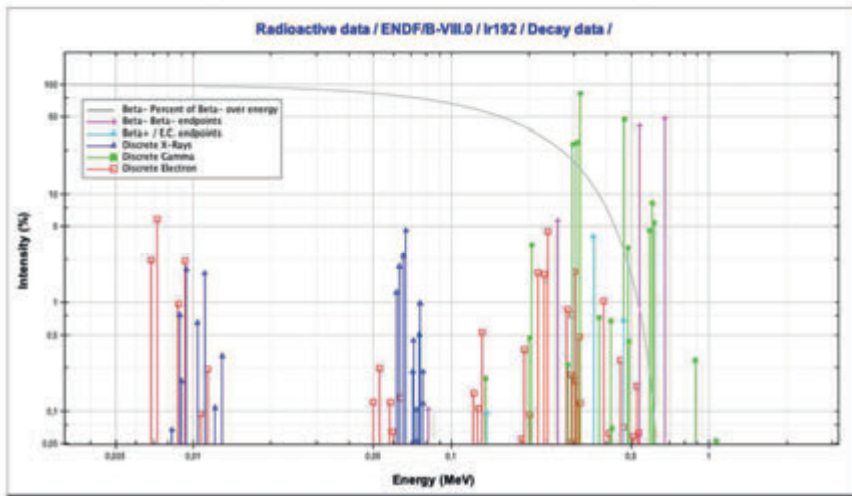


Figura 4. Radiazioni emesse dall'Ir-192 (plot tramite il Janis tool utilizzando le librerie nucleari ENDF/B/VIII.0)

Valutazione delle schermature

Approccio analitico

A seconda dello scenario con il quale ci si sta interfacciando, per l'Esperto di Radioprotezione è possibile adottare due differenti filosofie di analisi: 1) Verificare lo spessore di schermo necessario ad ottenere il rateo di dose di progetto individuato dall'Ufficio Tecnico; 2) Verificare il rateo di dose ottenuto se la sorgente è schermata dallo spessore di schermo di progetto. Nel caso in esame, viene applicata la prima opzione, determinata la tipologia di radionuclide da impiegare (Ir-192) e la sua attività (0.6 Ci), procedendo con la valutazione del fattore di attenuazione da garantire con l'obiettivo di ricavare lo spessore di schermatura in piombo tale per cui, a valle della barriera, considerando una sorgente di geometria puntiforme, è presente un rateo di dose pari a $D_{R(\text{obiettivo})} = 4 \frac{\mu S v}{h}$ a 90 cm dalla sorgente (a contatto con la superficie esterna dello schermo).

$$D_R = \frac{A\Gamma}{d^2}$$

Il fattore di attenuazione da garantire è pertanto

$$f_A = \frac{D_{R(\text{obiettivo})}}{D_R}$$

In condizioni di buona geometria, cioè un fascio collimato e uno schermo sottile, la legge di attenuazione dei fotoni può essere scritta come

$$I(x) = I(x_0)e^{-\mu x}$$

Dove $I(x)$ è l'intensità del fascio dopo lo spessore di schermatura x ; $I(x_0)$ è l'intensità del fascio prima del materiale schermante; μ è il coefficiente di attenuazione lineare del materiale schermante; x è lo spessore della schermatura. Nel caso considerato tuttavia, le condizioni di buona geometria non possono essere considerate valide e pertanto è necessario aggiungere all'equazione il termine di build-up $B(E;\mu x)$, ottenendo:

$$I(x) = B(E; \mu x)I(x_0)e^{-\mu x}$$

$B(E;\mu x)$ rappresenta il rapporto tra il fascio non collimato e quello collimato ed influenza direttamente la dose di radiazione al detector. Il fattore di build-up è una funzione dell'energia del fotone e della profondità di penetrazione, normalmente espressa in termini della grandezza adimensionale "libero cammino medio" μx (mfp, mean free path). Un libero cammino medio si riferisce allo spessore medio di un assorbitore, entro il quale si propaga un fascio di fotoni, in modo tale che l'intensità del fascio stesso sia ridotta di un fattore $1/e$. Dal momento che le stesse relazioni possono essere scritte anche in termini dosimetrici, è lecito impostare la seguente uguaglianza:

$$\frac{I(x)}{I(x_0)} = \frac{D_{R(\text{obiettivo})}}{D_R} = B(E; \mu x)e^{-\mu x}$$

Sono presenti due incognite in una singola equazione, ovvero lo spessore x e il fattore di build-up (che è anche una funzione di x), dunque per ottenere un risultato occorre procedere con un algoritmo iterativo. Si assume uno spessore al primo tentativo, si identifica il $B(E; \mu x)$ corrispondente e si calcola l'attenuazione. Se l'attenuazione è insufficiente, ovvero superiore al rapporto $\frac{D_{R(\text{obiettivo})}}{D_R}$ lo spessore viene aumentato, $(E; \mu x)$ viene ricalcolato e l'attenuazione viene rivalutata. Normalmente le tabelle di $(E; \mu x)$ sono date in funzione del libero cammino medio e quindi, alla fine del processo, sarà necessario dividere per il coefficiente di attenuazione del materiale designato per ottenere lo spessore fisico della schermatura (piombo, nel caso attuale). È pertanto necessario utilizzare l'opportuno coefficiente di attenuazione massico ($\frac{\mu}{\rho}$) per ricavare il coefficiente di attenuazione lineare ($\mu = \rho \frac{\mu}{\rho}$) e finalmente lo spessore ($x = \frac{\mu x}{\mu}$). I valori sia di $B(E; \mu x)$ sia di $\frac{\mu}{\rho}$ sono forniti generalmente in maniera discreta ed occorre interpolare

(linearmente) i dati disponibili, tenuto presente che una retta passante per (x_1, y_1) e (x_2, y_2) soddisfa le relazioni

$$y = \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} y_1 + \frac{x_1 - x}{x_2 - x_1} y_2$$

$$y_3 = \frac{(x_2 - x_3)y_1 + (x_3 - x_1)y_2}{x_2 - x_1}$$

$$x_3 = \frac{(y_2 - y_3)x_1 + (y_3 - y_1)x_2}{y_2 - y_1}$$

Ottenuto lo spessore necessario ad ottenere il rateo obiettivo, si può correggere il valore atteso dalle misure tenuto conto della reale barriera offerta dalla cella.

Tabella 1. Fattori di build-up per esposizione a fotoni di diverse energie, nel piombo, a diversi spessori μx .

E [MeV]	B(E; μx), piombo			
	μx			
	7	8	10	15
0.300	1.36	1.38	1.42	1.50
0.400	1.60	1.64	1.72	1.88

Tabella 2. Coefficienti di attenuazione massici per il piombo e per differenti energie dei fotoni. <https://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/ElemTab/z82.html>

$\frac{\mu}{\rho}$, piombo [cm ² /g]	E [MeV]	
	0.3	0.4
	4.031E-01	2.323E-01

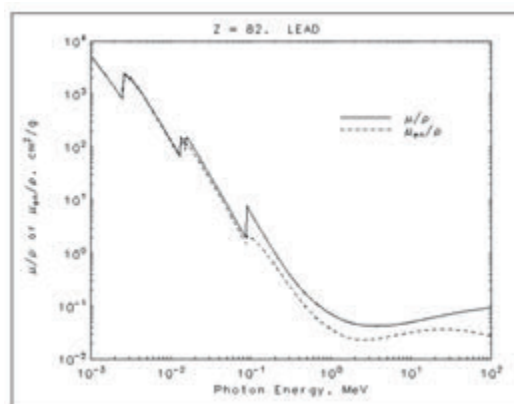


Figura 5. Coefficienti di attenuazione del piombo. <https://physics.nist.gov/PhysRefData/Xray-MassCoef/ElemTab/z82.html>

Analisi numerica mediante il codice RESRAD-BUILD

Il codice RESRAD-BUILD emerge come una risorsa significativa nella pianificazione degli hot-test, con particolare riferimento alla esposizione esterna alle radiazioni durante l'occupazione dell'edificio per l'esecuzione degli irraggiamenti. Attraverso la sua interfaccia utente intuitiva, il software consente la specifica delle condizioni del sito, inclusi dettagli sulle geometrie e le posizioni delle sorgenti di radiazioni e dei recettori. Ciò è essenziale per simulare con precisione le condizioni operative durante gli hot-test. Il software offre sia la flessibilità di condurre analisi di sensitività deterministiche su vari parametri di input (offrendo una visione chiara delle variazioni possibili nelle condizioni operative), sia la possibilità di condurre analisi dell'incertezza o probabilistiche (calcolo dell'incertezza totale presente nell'output, ovvero la dose, derivante dall'incertezza o dalla natura probabilistica dei parametri di input). Questo processo avanzato mira a determinare l'importanza relativa di ciascun input in termini del suo contributo all'incertezza complessiva. I risultati di questa analisi non solo forniscono una visione dettagliata della variabilità degli esiti dell'irraggiamento (espressa attraverso valori medi, deviazioni standard, valori minimi e massimi), ma possono anche servire come base per valutare la convenienza economica nell'acquisizione di ulteriori informazioni o dati relativi ai parametri di input. Nell'esecuzione delle analisi stocastiche, il codice offre l'applicazione di metodi Monte Carlo o Latin Hypercube per generare campioni casuali di parametri di input ed anche della loro combinazione. Per quanto concerne l'esposizione esterna, RESRAD-BUILD incorpora i coefficienti di conversione provenienti da ICRP-38 e ICRP-107, consentendo agli utenti di selezionare le librerie ed i fattori di rischio per il cancro indotto desiderati. Il codice RESRAD-BUILD ha anche ricevuto l'approvazione dalla United States Nuclear Regulatory Commission (NRC, <https://www.nrc.gov>) per valutare gli edifici contaminati coinvolti nelle attività di smantellamento e cessazione delle licenze. Può essere utilizzato in diversi ulteriori scenari, ad esempio per liberare strutture o proprietà

contaminate coinvolte nei processi di rilascio autorizzato, contribuendo a ottimizzare costi e sforzi associati a bonifica e smaltimento. Nel caso specifico, è stato utilizzato un tempo di esposizione pari ad 1 ora, un tasso di permanenza del recettore del 100%, un rateo di contaminazione interna dovuta ad inalazione ed ingestione pari a 0 ed una deposition velocity nulla. I coefficienti di conversione di dose scelti sono relativi all'ICRP-107 con la libreria DCFPAK3.02. La sorgente è di iridio-192 da 0.6 Ci è stata modellata come volumetrica e di geometria cilindrica per riprodurre fedelmente la realtà sperimentale. Sono state condotte due analisi di incertezza: la prima variando lo spessore di schermo da 0 cm a 10 cm per simulare eventuali canali di penetrazione e regioni in cui il fascio di radiazione non collide contro il piombo in maniera perpendicolare (campionamento effettuato su 5000 punti); la seconda, variando in maniera correlata diversi altri vari parametri chiave, tra lo spessore dello schermo, la densità del piombo (oscillante tra 8 e 14 g/cm³, per considerare luci, difetti di fusione o sovrapposizioni di montaggio), la densità della sorgente (varia tra 4,55 e 22,5 g/cm³, coprendo il passaggio dal titanio della capsula al puro iridio) e l'area della sorgente (con un diametro compreso tra 1 e 2,5 mm, che va dal diametro del solo iridio al diametro della capsula).



Figura 6. La famiglia di codici RESRAD, sviluppata presso il Laboratorio Nazionale di Argonne, analizza esposizioni umane e del "biota" dovute alla contaminazione ambientale da materiali radioattivi. In particolare, RESRAD-BUILD, V. 4.0, si concentra sul valutare l'esposizione di individui in edifici contaminati o con attrezzature contaminate. A sinistra, il codice utilizzato; a destra, la logica di simulazione impiegata nel caso specifico.

Campagna di misure e strumentazione utilizzata

Nell'ambito dell'esecuzione dell'hot-test per le celle calde destinate alla manipolazione di radioisotopi in medicina nucleare, è imperativo impiegare strumenti di misura accurati, preventivamente tarati presso un centro LAT ACCREDIA. Il certificato di taratura costituisce un elemento chiave per attestare l'affidabilità del test a caldo. Dato il considerevole range di ratei attesi, che può variare da poche decine di nSv/h a diversi mSv/h, gli scintillatori, quali quelli plastici o a cristallo, emergono come scelta operativa ottimale.

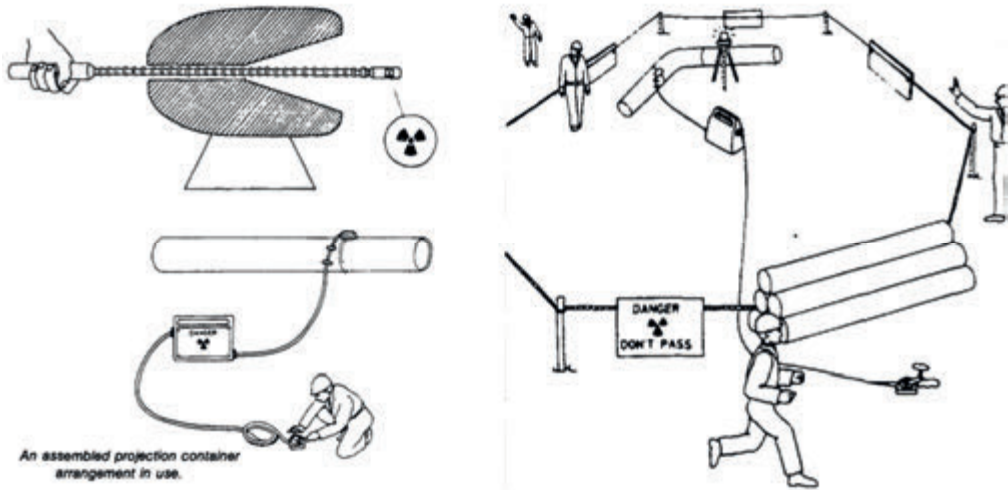


Figura 7. Tipici scenari di gammagrafia industriale. A sinistra, in alto concept dell'apparecchio gammagrafico in cui l'operatore utilizzando spinge la sorgente all'esterno del contenitore schermato. A sinistra, in basso, l'operatore che a mezzo di un lungo telecomando può eiettare la sorgente dal contenitore facendola scorrere in una guaina fino alla posizione di esecuzione della gammagrafia (su un condotto cilindrico nell'immagine). A destra, cantiere gammagrafico in cui l'area di lavoro è delimitata, segnalata e ad accesso regolamentato.

Risultati

Valutazione preliminare delle schermature

Mediante l'approccio analitico, l'Esperto di radioprotezione verifica che, nell'esempio specifico, a 90 cm il rateo di dose senza schermi risulta essere pari a circa $3616 \frac{\mu Sv}{h}$ e pertanto, considerando il rateo di dose target di $4 \frac{\mu Sv}{h}$, il fattore di attenuazione che deve fornire la barriera è pari a 0.00110. Iniziando il processo iterativo applicando le condizioni di buona geometria (non verificate), si ottiene il valore di primo tentativo di μx , ovvero

$$\mu x_0 = \ln \left(\frac{I(x_0)}{I(x)} \right) = \ln \left(\frac{3616}{4} \right) = 6.8 \Rightarrow \cong 7$$

L'energia considerata l'Ir-192, ovvero circa 370 keV, risulta compresa tra i due valori presenti nella tabella dei fattori di build-up, ovvero tra 300 keV e 400 keV e pertanto occorre interpolare linearmente per estrarre $B(E; \mu x_0) = 1.528$, da cui

$$\mu x_1 = \ln \left(B(E; \mu x_0) \frac{I(x_0)}{I(x)} \right) = \ln \left(1.528 \frac{3616}{4} \right) = 7.230$$

Tramite ulteriore interpolazione lineare multipla tra le righe e le colonne

$$B(E; \mu x_1) = 1.535$$

$$\frac{I(x)}{I(x_0)} = B(E; \mu x_1) e^{-\mu x_1} = 1.535 e^{-7.230} = 0.00111$$

Che è ancora leggermente maggiore del target di 0.00110, per cui è necessaria una ulteriore iterazione incrementando (arbitrariamente) il valore di μx , portandolo a $\mu x_2 = 7.25$ da cui $B(E; \mu x_2) = 1.536$, da cui $B(E; \mu x_2) e^{-\mu x_2} = 0.00100$, conforme al vincolo di progetto. Interpolando linearmente la tabella dei coefficienti di attenuazione lineari per il piombo per l'energia desiderata si ottiene un $\frac{\mu}{\rho} = 0.28354$, da cui $\mu = \rho \frac{\mu}{\rho} = 11.35 \frac{g}{cm^3} \times 0.28354 \frac{cm^2}{g} = 3.218179 \frac{1}{cm}$ e dunque $x = \frac{\mu x}{\mu} = \frac{7.230}{3.218179} = 2.24 \text{ cm}$ per avere $4 \frac{\mu Sv}{h}$.

Ora, tramite RESRAD-BUILD, l'Esperto di radioprotezione verifica che la schermatura stimata sia sufficiente a garantire il rispetto del rateo di dose massimo permesso e valuta il comportamento del sistema anche a fronte delle condizioni progettuali e della variabilità dei dati di input (regioni di spazio in cui il fascio gamma passa attraverso labirinti suscettibili di ridurre la schermatura totale o al contrario non incide sullo schermo in maniera perpendicolare – dimensioni e densità della sorgente dichiarate dal produttore non conformi con la realtà sperimentale o variate nel tempo a causa dell'usura e/o dei processi di decadimento – variazioni della densità della schermatura offerta dalla cella a causa di difetti di fusione dei mattoni di piombo – variazioni di distanza tra la sorgente ed il recettore che si verificano durante la realtà operativa dei test e di impiego della cella).

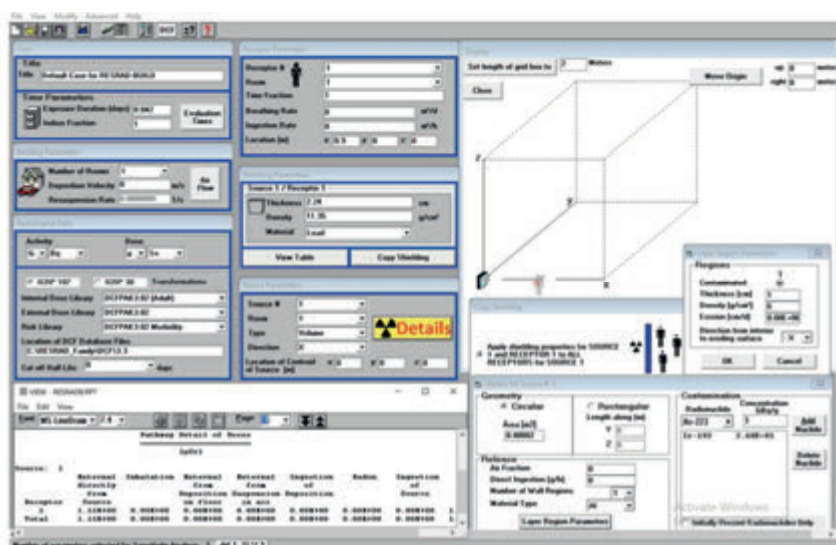


Figura 8. Schermata principale di RESRAD-BUILD in cui è possibile vedere alcuni dei parametri di input.

Dose to Receptor 1 from Ir-192 in Source 1 thru External Pathway at 0 Years vs. Thickness of shielding between source 1 and receptor 1

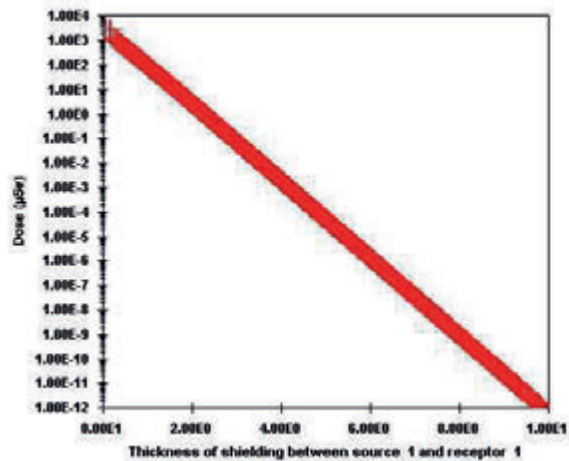


Figura 9. Simulazioni effettuate con RESRAD-BUILD su un totale di 5000 campionamenti per la valutazione del rateo di dose al variare dello spessore della schermatura.

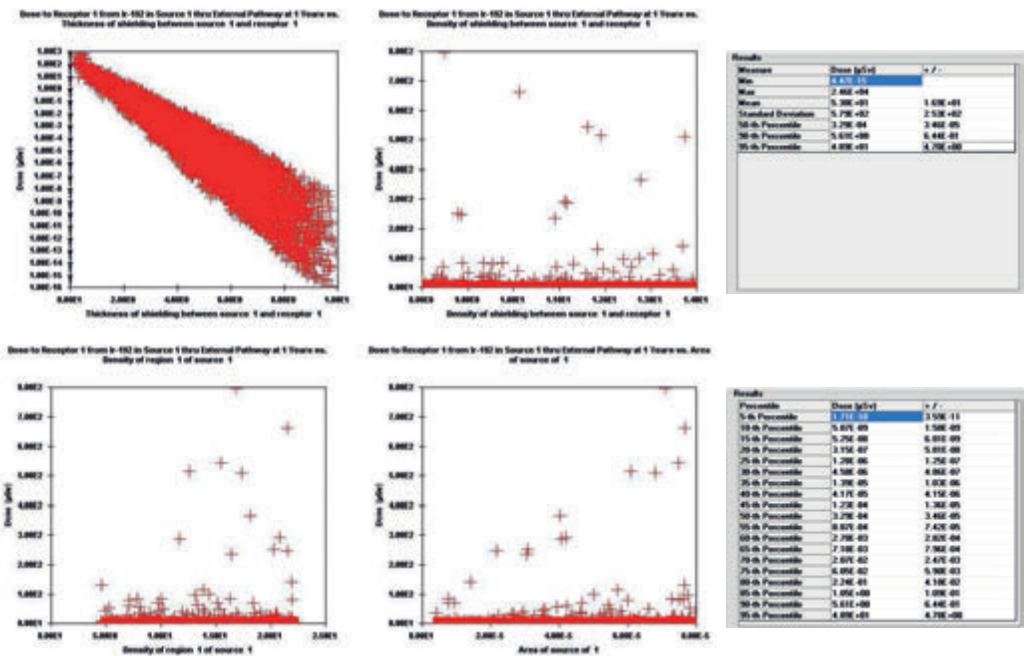


Figura 10. Analisi di incertezza effettuata tramite RESRAD-BUILD, tenuto conto anche delle correlazioni possibili tra i vari parametri. I grafici sono riferiti alla variazione dello spessore di schermo (compresa tra 0, per simulare ad esempio un canale di penetrazione e 10 cm per simulare una direzione di fascio non perpendicolare alla barriera), della densità del piombo (compresa tra 8 e 14 g/cm³, per tenere conto di luci, difetti di fusione o overlapping di montaggio), della densità della sorgente (compresa tra 4.55 e 22.5 g/cm³, passando dal titanio della capsula al puro iridio), dell'area della sorgente (diametro compreso tra 1 e 2.5 mm, ovvero

dal diametro del solo iridio al diametro della capsula). Con particolare riferimento allo spessore di schermo, è possibile vedere come i risultati siano concordi con le valutazioni analitiche. A destra, statistica generale e tabella dei percentili di tutti i 5000 campioni analizzati ed estratti utilizzando come "sampling method" la tecnica del "Latin Hypercube".

Esecuzione dell'hot-test

Durante l'attuazione dell'hot-test, l'operatore gamma-grafico adotta le pratiche operative del cantiere, posizionandosi alla massima distanza consentita dal telecomando e tramite lo stesso si esegue manualmente l'estrazione della sorgente dal contenitore (guidata da un'apposita guaina di eiezione precedentemente predisposta). Questa fase richiede un'attenta sincronizzazione per garantire il corretto posizionamento della sorgente all'interno della cella calda. Una volta posizionata la sorgente, l'operatore si allontana dalla zona operativa, permettendo all'Esperto di Radioprotezione di svolgere le misurazioni. Trascorso il tempo necessario per effettuare tutte le misurazioni, l'operatore, nel rispetto dei protocolli di sicurezza, ritorna alla massima distanza consentita dal telecomando e tramite lo stesso si esegue il rientro della sorgente nel suo contenitore. Questa fase di terminazione del processo richiede altrettanta precisione e attenzione, assicurando che la sorgente sia isolata in modo sicuro, preparando la cella calda per ulteriori fasi di produzione e garantendo la sicurezza dell'intero impianto.

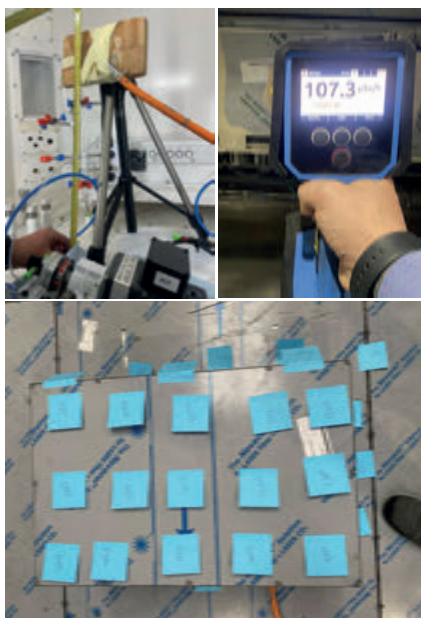


Figura 11. Esecuzione di alcuni hot-test. In alto a sinistra, esempio di posizionamento del puntale in una cella in cui viene spinta la sorgente radioattiva solida sigillata di alta attività. In alto a destra, esempio hot-spot rilevato durante una sessione di misura. In basso, esempio di mappatura dei valori misurati ed applicati direttamente nelle posizioni di rilevazione.

Conclusioni

L'esecuzione dell'hot-test per le celle calde destinate alla manipolazione di radioisotopi in medicina nucleare rappresenta un processo fondamentale per garantire standard elevati di sicurezza e qualità nella produzione di radiofarmaci. L'operato dell'Esperto di Radioprotezione della Società committente, con il supporto dell'Ufficio HSE e dell'Ufficio Tecnico, gioca un ruolo cruciale nell'analisi approfondita delle condizioni preliminari, nella verifica della documentazione e nella valutazione della conformità alle normative di sicurezza. L'impiego di codici di calcolo certificati e l'utilizzo di strumenti di misura tarati presso un centro LAT ACCREDIA sottolineano l'impegno verso elevati standard qualitativi e l'attenzione costante alla sicurezza operativa. Guardando al futuro, il ruolo degli hot-test diventerà sempre più critico, in linea con l'evoluzione delle tecnologie e delle normative nel campo della medicina nucleare. L'anticipazione di possibili criticità e la verifica accurata delle condizioni operative diventeranno elementi chiave per garantire la conformità alle normative sempre più stringenti e per assicurare la continuità di produzione affidabile di radiofarmaci.

Bibliografia

JANIS 4.0 User's Guide. Java-based Nuclear Data Information System.
<https://www.oecd-nea.org/janis/>

Decreto Legislativo 31 luglio 2020, n. 101. Attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117. (20G00121) (GU Serie Generale n.201 del 12-08-2020 - Suppl. Ordinario n. 29).

Decreto Legislativo 25 novembre 2022, n. 203. Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101, di attuazione della direttiva 2013/59/Euratom, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom e riordino della normativa di settore in attuazione dell'articolo 20, comma 1, lettera a), della legge 4 ottobre 2019, n. 117. (22G00207) (GU Serie Generale n.2 del 03-01-2023).

D.A. Brown, M.B., et al., (2018). *ENDF/B-VIII.0: The 8th Major Release of the Nuclear Reaction Data Library with CIELO-project Cross Sections, New Standards and Thermal Scattering Data*. Nuclear Data Sheets, Volume 148, Pages 1-142, ISSN 0090-3752.
<https://doi.org/10.1016/j.nds.2018.02.001>

Berger, M.J., et al., (2010). *XCOM: Photon Cross Section Database* (version 1.5). [Online] Available: <http://physics.nist.gov/xcom> [2024, gennaio, 30]. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

Hubbell, J.H. and Seltzer, S.M. (2004). *Tables of X-Ray Mass Attenuation Coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficients* (version 1.4). [Online] Available: <http://physics.nist.gov/xaamdi> [2024, gennaio, 30]. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

Shimizu, A., et al., (2004). *Calculation of Gamma-Ray Buildup Factors up to Depths of 100 mfp by the Method of Invariant Embedding, (III)*. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 41:4, 413-424. <https://doi.org/10.1080/18811248.2004.9715503>

Suteau, C., and Chiron, M., (2005). *An iterative method for calculating gamma-ray buildup factors in multi-layer shields*. *Radiat Prot Dosimetry*. 116(1-4 Pt 2):489-92. <https://doi.org/10.1093/rpd/nci192>

Environmental Science Division, Argonne National Laboratory, (2022). *User's Manual for RESRAD-BUILD Code Version 4, Vol. 1 – Methodology and Models Used in RESRAD-BUILD Code*. ANL/EVS-21/17 Vol. 1. https://resrad.evs.anl.gov/docs/RESRAD-BUILD_Users-Manual.pdf

International Atomic Energy Agency, XA9743491 (1996). *Manual on gamma radiography (incorporating: Applications Guide Procedures Guide Basics Guide)*. <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/28/027/28027979.pdf>

IAEA-TECDOC-1430 (2004). *Radioisotope handling facilities and automation of radioisotope production*. ISBN 92-0-116104-2, ISSN 1011-4289.

Isolan, L., et al., (2022). *La Pratica nel settore dei controlli non distruttivi*. https://www.portaleagentifisici.it/fo_ria_documentazione.php?lg=IT

YOUR CHALLENGE **OUR EXPERIENCE**



GMP RADIOPHARMACY GMP SOLUTIONS FOR YOUR RADIOPHARMA PRODUCTION PLANT



NUCLEAR MEDICINE SAFETY FIRST IN YOUR HOSPITAL'S NUCLEAR MEDICINE DEPARTMENT

COMECER S.p.A. - Via Maestri del Lavoro, 90 48014 - Castel Bolognese (RA) - Italy
t: +39 0546 656375 - f: +39 0546 656353 comecer@comecer.com - www.comecer.com



DISCOVER OUR SOLUTIONS

REGISTRAZIONE A NORMA DEI PRINCIPALI PARAMETRI TECNICI DELLE INDAGINI E TRATTAMENTI CON RADIAZIONI IONIZZANTI AI SENSI DELL'ART. 168/D.L. 101/2020 – INTEGRAZIONE DECRETO 3 NOVEMBRE 2023

di **Matteo CARRARESI***, **Pasquale ROMANAZZI****

* *Ceo DocOn Srl*

** *Ceo Romanazzi Consulenze*

Ci sono stati diversi pareri a seguito dell'uscita in gazzetta del decreto applicativo del 3 Novembre 2023, che, come da sua Finalità, doveva chiarire gli aspetti di trasmissione dei dati in relazione a quanto indicato nell'art 168 del D.L. 101/2020.

Con questo breve articolo cerchiamo di fornire la nostra interpretazione cercando di distinguere tra responsabilità di registrazione dei dati (comma 1) e responsabilità di trasmissione degli stessi ai fini del calcolo della dose alla popolazione (comma 3. dell' Art. 68 Dlgs 101/2020):

Per semplicità di lettura riportiamo i vari comma che impattano l'attività degli studi medici:

IL DECRETO LEGISLATIVO 31 luglio 2020 n. 101, all'art. 168, comma 1. così recita:

*“L'esercente, il responsabile dell'impianto radiologico, il medico specialista, il tecnico sanitario di radiologia medica e lo specialista in fisica medica, per quanto di competenza, provvedono affinché le indagini, i trattamenti con radiazioni ionizzanti e i principali parametri tecnici a essi relativi siano registrati singolarmente su supporto informatico, anche ai fini della predisposizione dei dati di cui al **comma 3** e del confronto rispetto ai livelli diagnostici di riferimento ove applicabili.*

IL DECRETO LEGISLATIVO 31 luglio 2020 n. 101, all'art. 168, comma 3. così recita:

“Entro tre anni dalla data di entrata in vigore del presente decreto, e successivamente con cadenza quadriennale, gli esercenti provvedono a trasmettere alla Regione o alla Provincia autonoma di competenza i dati definiti con decreto del Ministero della salute”

IL DECRETO LEGISLATIVO 31 luglio 2020 n. 101, all'art. 168, comma 4. così recita:

“L’ercente, il responsabile dell’impianto radiologico, il medico specialista, il tecnico sanitario di radiologia medica e lo specialista in fisica medica, per quanto di competenza, provvedono affinché le indagini, i trattamenti con radiazioni ionizzanti e i principali parametri tecnici a essi relativi siano registrati singolarmente su supporto informatico”.

Appare chiaro come riportato nel **Art 1 “Finalità” del DECRETO 3 novembre 2023** che tale Decreto Attuativo si riferisca al comma 3, quindi alla trasmissione dei dati e potrebbe essere previsto per sottoinsiemi degli stessi come scritto nell’Art. 12 del DL 187/2000.

Riportiamo per completezza la parte dell’articolo 1 – Finalità:

“Il presente decreto definisce, in attuazione dell’art. 168, commi 3 e 4, del decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101 di seguito denominato «decreto legislativo», definisce che i dati che gli esercenti provvedono a trasmettere alla Regione o alla Provincia autonoma di competenza nonché lo schema per la valutazione dell’entità e della variabilità delle esposizioni a scopo medico della popolazione residente, con le seguenti finalità”

Prima di addentrarci nelle more del decreto attuativo del 3 Novembre 2023, appare chiaro che i 2 obblighi restino altrettanto validi ed importanti:

- Obbligo di registrazione dei principali parametri tecnici per trattamenti con radiazioni ionizzanti come indicato nel comma 1 e comma 4 del DL 101/2020.
- Obbligo di trasmissione degli stessi parametri come indicato nel comma 3 del DL 101/2020 e nelle modalità specificate nel decreto attuativo del 3 Novembre 2023.

La registrazione su supporto informatico:

L’importanza della registrazione e trasmissione di questi parametri risulta fondamentale per la creazione di un archivio con le informazioni utili per la valutazione della dose alla popolazione da “esposizioni mediche” che tutti concordiamo essere un obiettivo importante che dovrebbe essere perseguito da tutti i professionisti interessati al settore.

Già dall’entrata in vigore del Decreto gli esercenti di attività pubbliche o private avrebbero dovuto organizzarsi in modo da poter registrare i dati richiesti. Le Aziende del SSN ed anche i privati di grandi dimensioni possono considerare le informazioni conservate nei RIS e PACS come un primo momento per il rispetto della normativa, le piccole realtà, come ad esempio gli studi dentistici, non disporranno in generale di tali risorse o comunque non in una modalità integrata e facilmente utilizzabile, difficilmente le informazioni conservate nelle singole apparecchiature potranno essere direttamente utilizzabili od integrabili tra loro (condizione necessaria per l’elaborazione delle statistiche previste nell’Allegato XXIX del citato D.L.).

L'adempimento a questa direttiva è già stata affrontata ed oggi possiamo tranquillamente dichiarare che esistono soluzioni informatiche che siano contemporaneamente a norma e di semplice uso.

Tali soluzioni dovranno garantire come previsto da AGID la sicurezza e la privacy delle informazioni registrate nonché la possibilità di poter individuare in ogni momento chi sia l'autore dell'inserimento dei dati (che dovranno essere criptati e protetti da password).

In molti casi, in attesa di soluzioni adeguate alla normativa, sono state registrate le informazioni richieste con soluzioni fatte in casa come la registrazione di file excel o CSV.

È stata sicuramente una soluzione in qualche modo obbligata, in un primo momento ma, anche se non completamente idonea è comunque utile per permettere il passaggio, in un secondo tempo, a soluzioni adeguate.

Con il decreto attuativo del 3 Novembre 2023, sono state introdotte alcune novità per la registrazione dei dati - Articolo 5 "Elaborazione dei dati da parte degli esercenti" - introducendo tre fasce di età per:

Adulti:

- minore di 16 anni
- compresa tra 16 e 60 anni
- maggiore di 60 anni

Pediatrica:

- $0 < \text{età} \leq 1$
- $1 < \text{età} \leq 5$
- $5 < \text{età} \leq 10$
- $10 < \text{età} \leq 16$

La maggiore focalizzazione sulla fascia pediatrica pone in evidenza il livello di attenzione e di accuratezza richiesto circa la registrazione dei parametri del dato dosimetrico, richiedendo ove possibile il valore medio del peso o dell'indice di massa corporea, dimostrando quanto sia importante controllare e valutare il livello di dose per singola prestazione.

Appare evidente che la responsabilità primaria dell'attuazione di tale modalità di registrazione, sia dell'*esercente* mentre il *medico specialista* ed il *tecnico sanitario di radiologia medica*, nella loro attività diagnostica, dovrebbero *operare* in modo da garantire la correttezza dei dati registrati, ma quale dovrebbe essere la *competenza* dello *specialista in fisica medica*?

Non è certamente riferibile direttamente alla specifica professionalità ma è possibile che gli venga attribuita una funzione di *stimolo* nei confronti dell'esercente affinché la norma sia applicata e forse anche di *consulenza* nella valutazione dei mezzi impiegati per la registrazione, oltre ad un possibile supporto periodico sui valori dosimetrici medi e di popolazione inseriti sui programmi in essere.

La trasmissione dei dati:

Nell'Art 3 del Decreto 3 novembre 2023, vengono introdotte le prime Categorie e sotto-categorie di procedure, che con ogni probabilità saranno poi estese a tutte le tipologie di intervento con radiazioni ionizzanti.

Tali sotto-categorie sono definite in considerazione delle indicazioni del documento della commissione europea «Radiation Protection 154» e dell'attuale panorama nazionale.

Inoltre, nell'allegato I al presente decreto, che ne costituisce parte integrante, viene indicata la corrispondenza tra le sotto-categorie di procedure definite al comma 2 e le relative prestazioni di assistenza specialistica ambulatoriale elencate nell'allegato 4 del decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 12 gennaio 2017, sulla definizione e aggiornamento dei livelli essenziali di assistenza.

Infine, devono considerarsi ~~altresì~~ oggetto del presente decreto, tutte le prestazioni diagnostiche, interventistiche e in attività complementari eseguite in regime di ricovero, ma assimilabili per terminologia ed equivalenza di protocollo alle sotto-categorie elencate nel comma 2.

Inoltre devono essere considerate anche quelle procedure non codificate nei quaderni della salute o nel nomenclatore nazionale delle prestazioni di assistenza specialistica ambulatoriale, come la tomosintesi mammaria e la mammografia digitale effettuata con mezzo di contrasto.

Leggendo entrambi gli articoli, che ricordiamo fanno riferimento alla trasmissione dei dati e non alla registrazione, possiamo capire che gli articoli se da un lato specificano le sotto-categorie cui fare riferimento evidenziano pure che il Decreto riguarda **tutte** le procedure anche se non **codificate**.

Tutto ciò lascia supporre che un prossimo Decreto attuativo imporrà l'obbligo trasmissivo di molte altre prestazioni diagnostico/interventistiche.

A titolo esemplificativo il Decreto Attuativo ha introdotto all'articolo 3 comma 1 procedure radiografiche tradizionali che devono includere le radiografie del distretto:

“le procedure radiografiche tradizionali devono includere le radiografie del distretto:

- del cranio,

- del torace,
- dell'addome,
- del rachide,
- del bacino,
- degli arti,
- delle articolazioni
- la densitometria ossea (DEXA);
- le radiografie dentali ad esclusione degli esami radiografici endorali;”

“Ma allora gli esami endorali ad uso complementare andranno registrati oppure no?”

Come si legge negli allegati al Decreto Attuativo l'unica modalità di registrazione delle radiografie ad uso complementare è l'ortopantomografia.

Di rimando non compare la registrazione delle radiografie fatte con l'uso delle Cone Beam (indicazione della DAP) e delle radiografie fatte con le apparecchiature endorali (indicazione del tempo)

Perché il 101/2020 dava la possibilità di registrare il tempo, mentre il nuovo decreto non ne fa menzione?

Per una risposta corretta dobbiamo sempre far riferimento agli obblighi di registrazione indicati nel DLgs 101/2020, nel quale tutte le prestazioni con radiazioni ionizzanti devono essere registrate e dove infatti è possibile registrarle con valori di DAP o TEMPO, pertanto l'obbligo di registrazione di tali esami resta assolutamente attuale così come la possibilità di utilizzare unità di misura quali il tempo laddove molte apparecchiature non dispongano del dato di DAP. Il nuovo decreto infatti, fa riferimenti alla trasmissione delle prime sotto-categorie con specifiche unità di misura vedi Allegato I e loro trasmissione come specificato nell'Art.7.

È poi necessario evidenziare che l'obbligo di registrazione e la richiesta di trasmissione dei dati agli organi competenti sono due fasi differenti del procedimento con attori ed obblighi differenziati:

- nella prima fase sono i professionisti già citati a dover rispettare gli obblighi di legge
- nella seconda saranno le Regioni e le Provincie Autonome a dover stabilire come procedere all'invio.

Alcune considerazioni:

i nuovi programmi informatici dovranno necessariamente prevedere la possibilità di import, dei dati già inseriti su uno *spreadsheet* ed anche la disponibilità di statistiche specificatamente dedicate all'attività di ottimizzazione per lo specialista in fisica medica, proprio per verificare la bontà dell'inserimento e non soltanto affidandosi ad un mero automatismo, ma valutando con attenzione il livello dei valori di dose registrati per singolo paziente e relativa fascia di età.

In definitiva è evidente che il Decreto Legge del 3 Novembre sta consentendo a tutti gli enti interessati di prepararsi in modo strutturato all'invio dei dati registrati e creare così un archivio completo ai fini di valutarne l'impatto degli esami diagnostici sulla popolazione ed in particolare alle fasce di età pediatrica.



Maria si presenta al censimento di Quirinio, mosaico nella Chiesa di San Salvatore in Chora a Istanbul



la soluzione per la registrazione a norma dei dati ai sensi dell'art. 168/D.L. 101/2020 per gli Studi Dentistici

Gentile Esperto di Radioprotezione,

con i programmi RadioDent (www.radiodent.it) e RadioDiagnosi (www.radiodiagnosi.it) in piena conformità con il D.lgs. 101/2020, potrà consentire al Titolare di Studio Dentistico o Clinica Medica, al Radiologo o sui collaboratori, la raccolta informatizzata e la registrazione dei parametri tecnici e dei dati dosimetrici delle prestazioni erogate per singolo paziente, andando a creare una sorta di Cartella Dosimetrica personale degli esami svolti ed elaborando il report di dose alla popolazione richiesto dal D.L 101/2020 nel rispetto di quanto indicato dal Decreto 3 novembre 2023.

RadioDent e RadioDiagnosi consentono di acquisire i principali parametri dosimetrici in modo estremamente semplice ed intuitivo. Ogni programma è nativamente dotato di strumenti che consentiranno la trasmissione dei dati archiviati e la modalità di invio degli stessi tramite l'interazione con registri istituzionali (Regioni o Province Autonome di competenza) oltre all'importazione di tutti i dati archiviati su formato Excel, consentendo agli studi medici di essere conformi all'attuale decreto legislativo in pochi semplici click, anche per gli esami effettuati negli anni passati.

Infine l'utilizzo di questi programmi consente:

- Verifica dei valori di **LDR** – elaborazione automatica LDR e di esposizioni radiologiche per singola diagnostica per range temporale, età e sesso – impostando parametri di calcolo sia per il DAP che per il Tempo
- Archiviazione dei codici identificativi **UDI** dei dispositivi medici impiantabili (impianti, membrane, biomateriali) come da regolamento europeo 745/17
- Con RadioDiagnosi è possibile registrare qualsiasi prestazione di Radiologia Convenzionale, Esami TC, Mammografia ed attività radiologica complementare, nel pieno rispetto della normativa vigente.

Per maggiori informazioni vi invitiamo visitare i nostri siti www.docon.it www.radiodent.it in alternativa scrivendo a info@radiodent.it oppure chiamando direttamente il nostro Team al **3206560194**



IAEA E L'ODONTOIATRIA

di Annamaria SEGALINI

Esperto di Radioprotezione - ANPEQ

Il report 108 AIEA “Radiation Protection in Dental Radiology” è un corposo documento di oltre 100 pagine, che offre spunti interessanti per il nostro lavoro. È stato diffuso nel 2022, quindi dopo l’emanazione del D. L.gs 101/2020 e dopo l’emanazione del rapporto ISTISAN 20 22, quindi il report, oltre che di fonte autorevole, costituisce un aggiornamento che potremmo utilizzare nella nostra attività in ambito odontoiatrico. In questa prima parte cominciamo ad esaminare alcuni punti salienti, rinviando altri approfondimenti a un lavoro successivo.

Il documento assume come fondamento il fatto che gli esami radiologici in ambito odontoiatrico, pur comportando dosi basse, interessano una popolazione molto ampia: il Report della Commissione Europea del 2015 stima 352 esami odontoiatrici per anno ogni 1000 abitanti; è molto probabile che dal 2015 a oggi questi numeri si siano incrementati e anche l’impatto dosimetrico sulla popolazione, con la diffusione degli esami cone beam, sia diventato più importante.

Il documento è rivolto ai dentisti, ai medici di medicina generale, ai tecnici di radiologia, ai fisici medici, agli esperti di radioprotezione, ai costruttori di macchine radiogene, ai legislatori. In aggiunta a questi, i pazienti e il pubblico possono trovarvi utili informazioni. Lo scopo è indicare le linee guida per la giustificazione, l’appropriatezza delle procedure, la radioprotezione e la sicurezza dei pazienti, delle persone che assistono i pazienti non collaboranti, dei lavoratori. Il documento fornisce anche linee guida in tema di attrezzature, insieme a considerazioni sull’assicurazione di qualità, la dosimetria e le modalità operative.

Siccome tra i destinatari ci sono gli esperti di radioprotezione il documento ci riguarda direttamente, quindi proviamo a disaminarlo. Nel seguito, i commenti dell’autore sono in corsivo.

In questa prima parte prendiamo in considerazione le radiografie endorali.

Le macchine impiegabili per questi esami possono essere:

1. fisse
2. mobili
3. portatili.

Mentre nei primi due casi il documento si limita ad affermare che l’unità deve consentire di effettuare qualsiasi tipo di proiezione utilizzata in odontoiatria, per le macchine portatili vengono riportate affermazioni che ci interessano: *“le unità portatili sono state*

introdotte nei primi anni 1990 per situazioni specifiche nelle quali questa funzione mobile è necessaria”.

Occorre dunque che la scelta di impiegare questa tipologia di macchina radiogena sia giustificata dalla necessità.

Quali potrebbero essere dunque le “situazioni specifiche” tali da giustificare una radiografia odontoiatrica eseguita senza far spostare il paziente? In questa prima disamina sulle macchine il documento non aggiunge altro, ma al punto 6, specificamente destinato alla radioprotezione, il documento riprende l’argomento:

“Gli apparecchi radiografici portatili dovrebbero essere usati solo per esami dove è impraticabile o non clinicamente accettabile trasferire i pazienti a un’unità fissa oppure impiegare un apparecchio mobile (per esempio nelle residenze assistenziali o nelle case di persone con disabilità; nella odontologia forense o per operazioni militari lontano da strutture di diagnosi e cura dentali)”.

Questo delimita il campo di impiego. Il documento IAEA aggiunge che, in questi casi, data la vicinanza dell’operatore al paziente, occorrono “speciali precauzioni” per la protezione dell’operatore, compresa l’adozione di uno schermo protettivo.

Ma ovviamente, utilizzare lo schermo non giustifica l’impiego di questa tipologia di macchina radiogena in un normale studio odontoiatrico. Si tratta di aggiungere un, necessario, dispositivo di protezione dell’operatore, dopo che sia stata dimostrata la giustificazione.

IL PROGRAMMA DI GARANZIA DELLA QUALITA’

Secondo il documento citato la complessità del programma di garanzia della qualità dipende dal tipo di impianto. Riporto integralmente l’enunciato di IAEA:

A dental practice that performs only intraoral radiography will have a simpler programme compared with a facility that offers all dental imaging modalities. Nonetheless, most of the elements of the programme are common, and differences exist mainly in the degree of application.

Tradotto non letteralmente: la complessità del programma di garanzia della qualità in una pratica odontoiatrica nella quale si impieghino solo apparecchi radiografici endorali sarà semplificata rispetto a quello di una struttura nella quale si impiegano tutte le modalità di produzione delle immagini, ma, di fatto, nella costruzione del “Manuale della garanzia della qualità”, la filosofia sarà la stessa.

Commento: dunque, quanto disposto dal D.L.gs 101/2020, che consente all’Esperto di Radioprotezione di stendere il manuale di qualità autonomamente nelle strutture dove si impiegano solo apparecchiature radiografiche endorali alimentate con tensione

massima di 70 kV non trova giustificazione in questo importante riferimento internazionale.

Il documento indica che gli elementi comuni per sottoporre a controllo gli impianti a intervalli regolari comprendono le prestazioni del generatore e del tubo radiogeno, la risposta del sistema di produzione dell'immagine (film o sensore digitale), la qualità dell'immagine valutata con misure quantitative, le prestazioni del sistema di visualizzazione, la misura della dose al paziente.

Quindi, non solo l'apparecchio radiografico è oggetto di verifica della qualità ma anche il sistema di visualizzazione delle immagini, che comprende per esempio la verifica che le prestazioni del video impiegato dal dentista non solo sia di buona qualità, ma venga impiegato in condizioni di illuminazione propria, ma anche di illuminazione ambientale, ottimali.

Inoltre, il sistema di assicurazione della qualità include la valutazione della qualità delle immagini cliniche. Questo è compito del dentista, ma potrebbe essere opportuno, quando predisponiamo il modulo nel quale riportiamo le nostre misure e il nostro giudizio, predisporre la firma del dentista con una frase del tipo: "visti i risultati del controllo e la qualità delle immagini, l'impianto è..... idoneo – non idoneo....".

IL PROBLEMA DEGLI ESAMI IN GRAVIDANZA

Nelle esposizioni di pazienti in gravidanza sottoposte a esami dentali le dosi al feto sono basse, per effetto della distanza tra la sorgente della radiazione diffusa (cioè il capo della paziente) e il feto. Gli studi sulla dose al feto da esami dentali sono pochi e nella tabella che segue sono riportati i valori desunti da letteratura, per esami eseguiti senza uso di schermature:

DOSE ASSORBITA ALL'UTERO PER RADIOGRAFIA DENTALE (TABELLA 6 IAEA)

Modalità di proiezione	Dose assorbita all'utero (μGy)	riferimento
intraorale	0,009-2,66	58, 59
panoramica	0,11-7,97	58, 59
CBCT	0,05-6,93	59, 61

Riferimenti:

[58] BUCH, B., FENSHAM, R., MARITZ, M.P., An assessment of the relative safety of dental x-ray equipment, S. Afr. Dent. J. 64 (2009) 348–350.

[59] KELARANTA, A., EKHOLM, M., TOROI, P., KORTESNIEMI, M., Radiation exposure to foetus and breasts from dental X-ray examinations: effect of lead shields, Dentomaxillofac. Radiol. 45 (2016) 20150095.

[61] OKANO, T., et al., Comparison of absorbed and effective dose from two dental cone beam computed tomography scanners, *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi* 68 (2012) 216–225 (in Japanese)

GIUSTIFICAZIONE DEGLI ESAMI IN GRAVIDANZA

IAEA deduce che le dosi al feto sono dell'ordine di grandezza dell'esposizione per una giornata al fondo ambientale.

Dunque, se l'esame è giustificato, non c'è necessità di rinviarlo alla fine della gravidanza. Il medico, comunque, deve essere sensibile alle preoccupazioni della paziente. Poiché la maggior parte delle radiografie dentali non è urgente, l'esame spesso può essere rinviato, se la paziente lo preferisce.

OTTIMIZZAZIONE DELLA RADIOPROTEZIONE DI INDIVIDUI SOTTOPOSTI AD ESPOSIZIONI MEDICHE

APPARECCHI RADIOGRAFICI ENDORALI

Si dovrebbero impiegare apparecchi alimentati a una tensione minima di 60 kV. Il valore nominale della macchia focale dovrebbe essere tra 0,4 e 0,7. Le dimensioni ridotte della macchia focale aumentano la definizione dell'immagine a causa della penombra più ridotta.

La distanza focale minima è di 20 cm, ma collimatori che portano la distanza a 30 cm diminuiscono sia la penombra che la dose alla cute del paziente

Commento: è frequente trovarsi a controllare macchine datate, che hanno un fuoco di dimensione 0,8 o addirittura, sulle macchine più vecchie, anche 1x1. Nell'ottica dell'ottimizzazione dovremmo incoraggiare i dentisti a programmare la sostituzione di queste macchine, soprattutto quando la distanza fuoco-pelle non è di 30 cm ma solo di 20 cm.

La filtrazione minima deve essere equivalente a 1,5 mm di alluminio per tensioni fino a 70 kV compresi ma deve essere 2,1 mm di piombo per tensioni di 71 kV o superiori.

Commento: qui abbiamo una difficoltà che può addirittura crearci problemi legali, se dichiariamo non accettabile una macchina per una tensione diversa da quella dichiarata dal produttore. In Italia non sono molti i centri di taratura della nostra strumentazione, in particolare dei multimetri e, nella maggior parte dei centri di taratura si effettua la taratura rispetto alla dose, ma non rispetto alla tensione.

Per essere autorizzato a tarare i multimetri anche per quanto riguarda la tensione il centro di taratura deve affrontare costi significativi, che non si giustificano e le richieste di taratura sono in numero esiguo. È dunque necessario che tutti noi esperti di

radioprotezione, quando richiediamo la taratura di un multimetro, richiediamo che si proceda sia i valori di dose che per i valori di tensione.

Diversamente non si potrà verificare la sufficienza della filtrazione, soprattutto sulle macchine che hanno tensione massima di 70 kV o poco superiore.

La corrente di alimentazione del tubo è di solito nell'intervallo 3,5 – 8 mA (ma frequentemente troviamo correnti di 10 mA); il selettore dei tempi fornisce tempi di 0,01 – 4 s. il prodotto corrente x tempo di impiegare (cioè i mAs) dipende dal rivelatore impiegato.

Il collimatore può essere circolare o rettangolare. L'uso del collimatore rettangolare è fortemente raccomandato, perché riduce la dose al paziente (se si usa il collimatore circolare si irradiano tessuti che non vengono visualizzati sulla pellicola o dal sensore, che sono sempre rettangolari) e migliora la qualità dell'immagine, riducendo la radiazione diffusa.

La dimensione massima del campo alla fine del collimatore deve essere non più di 4x5 centimetri se si usa il collimatore rettangolare, o di 6 cm di diametro se si usa il collimatore cilindrico.

NOTA: è possibile montare sul collimatore cilindrico un collimatore rettangolare, asportabile. Questo consente al dentista di utilizzare la sezione del fascio rettangolare ogni volta che l'anatomia del paziente lo permette, impiegando al bisogno il collimatore circolare solo quando la cavità orale del paziente non consente di utilizzare il centratore, che è indispensabile accessorio da accoppiare al collimatore rettangolare.

Per quanto riguarda il rivelatore di immagine, sebbene la risoluzione spaziale sia migliore con le pellicole, l'ampia latitudine di esposizione dei rivelatori digitali e la possibilità di elaborare e memorizzare le immagini rende preferibile la tecnologia digitale. Se si usano le pellicole, vanno utilizzate pellicole con velocità E/F piuttosto che film "D", obsoleti.

I CONTROLLI DI QUALITA' NELLA RADIOGRAFIA ENDORALE

Il documento che stiamo esaminando non indica i criteri di qualità e accettabilità, i livelli di azione e le procedure di misura: per questo rimanda ad altri lavori riportati in letteratura, tuttavia il documento riporta le prove che possono essere effettuate nella radiologia endorale.

Esaminiamole nell'ordine riportato da IAEA:

- (a) stabilità del complesso tubo-guaina dopo che è stato rilasciato dall'operatore. (*Osservazione: è il primo test citato, che si esegue disponendo l'apparecchio nelle posizioni che occuperebbe in presenza del paziente, rilasciandolo e misurando lo spostamento in 1 secondo, che deve essere minore di 0,5 cm. Non richiede strumentazione complessa, ma è importante, perché se il tubo non è stabile nel posizionamento si può dover ripetere l'esame, che non ha visualizzato il particolare anatomico necessario al medico dentista.*)

- (b) Controllo visivo della guaina e misura della radiazione di fuga se si sospetta un danno alla guaina. (*Osservazione: nei nostri protocolli è sempre riportata la misura della radiazione di fuga e noi lo facciamo annualmente. Questo documento ci indica di fare le misure solo quando la guaina appare ammaccata, o c'è perdita di olio o ci sono segni di manomissione, altrimenti basta il controllo visivo di integrità.*)
- (c) dimensione del campo alla cute e misura della distanza fuoco-pelle; (*Osservazione: anche questa prova potrebbe essere fatta solo al collaudo, ma può accadere che il dentista, dopo la rottura del collimatore, lo sostituisca con uno diverso.*)
- (d) dimensione della macchia focale; (*Osservazione: prova che potrebbe essere eseguita in collaudo e quando la definizione risulti modificata.*)
- (e) qualità del fascio e strato emivalente;
- (f) tensione e tempo di esposizione: corrispondenza con il valore nominale; (*Osservazione: necessaria la taratura in tensione*)
- (g) riproducibilità dell'esposizione:
- (h) linearità della corrente al tubo e del prodotto corrente-tempo di esposizione;
- (i) controllo di qualità della camera oscura (se si usa il film) per evitare il velo da esposizione alla luce
- (j) controllo di qualità del processo di sviluppo della pellicola (se è usata la pellicola)
- (k) valutazione dell'uniformità, della risoluzione spaziale e della risoluzione di contrasto (se si usa il sensore digitale). Tra un controllo periodico e l'altro la prestazione del sensore deve essere valutata se si sospetta un qualunque danneggiamento (sono disponibili fantocci dedicati per questo controllo).
- (l) valutazione del video impiegato per valutare l'immagine (se si producono immagini digitali)
- (m) misura della dose superficiale in ingresso, confronto con l'LDR e con le dosi raggiungibili
- (n) misura della radiazione diffusa (nel test di accettazione)

Qui ci siamo limitati all'elencazione, con qualche commento; stenderemo il protocollo proposto da questo documento e ne discuteremo, esaminando anche gli LDR indicati nel documento.



RadEye SX - NaI2''

Strumento radiometrico portatile



Strumento radiometrico portatile basato su unità di lettura RadEye SX e rivelatore NaI(Tl) da 2"x2" con asta di prolunga fissa 1,7m.

Studiato per il controllo manuale dei carichi in ingresso agli impianti di stoccaggio e trattamento rottami e metalli, Rifiuti Solidi Urbani, RAEE e rifiuti speciali.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE TECNICHE

- Sensibilità: 1400 cps/ μ Gy/h (Cs-137)
- Range di misura: 0.01 μ Gy/h – 100 mGy/h;
- Risoluzione di misura: 0.01 μ Gy/h;
- Range di energia: 20 keV – 3 MeV;
- Estrema semplicità di utilizzo;
- Quantità misurate: Conteggi (cps, cpm);
- Calibrazione per rateo di dose (Sv/h, Gy/h);
- Sottrazione del fondo naturale;
- Cavo di connessione MHV;
- Intensità allarme sonoro 80 dB a 30 cm;
- Temperatura operativa: -20°C...+50°C;
- Temperatura di stoccaggio: -25°C...+50°C;
- Alimentazione a batterie commerciali AAA;
- Tempo di integrazione: 1s;
- Incertezza max 10%.

Strumento a Norma UNI 10897:2016

Brumola Srl Tel 02 6990.0435 – Fax 02 6901.0218

V. Lincoln, 7/C - Cinisello B.mo (MI) info@brumola.com – www.brumola.com

Distributore Autorizzato per l'Italia

thermo
scientific

L' ACCADEMIA DI RADIOPROTEZIONE ANPEQ

di **Daniele NUCCI**

già Direttore della Accademia di Radioprotezione ANPEQ

Da dove eravamo partiti: *“nell’ottica di sostenere i Soci ANPEQ, l’Accademia di Radioprotezione dovrà proporre una formazione che sia di supporto all’Esperto di Radioprotezione, integrandola con la realizzazione di linee guida nei vari settori in cui opera l’EdR”.*

Attualmente, non me ne vogliono gli attuali componenti del CD Anpeq, il ruolo dell’Accademia ha perso le prerogative iniziali per la quali era stata istituita.

L’ Accademia è nata per gestire, in seno ad ANPEQ, in modo autonomo la formazione dei soci, proponendo al CD un programma annuale, ponendo attenzione che non sia in conflitto con le date delle altre Associazioni che si occupano di Radioprotezione, anzi concordarle, con un proprio budget di spesa che il CD dovrà approvare.

Un primo obiettivo ambizioso che si era proposto Accademia era quello di offrire ai soci, contemporaneamente alla formazione obbligatoria, anche un servizio di *gestione dei crediti* previsti dal D. Lgs. 101/2020, comprensiva di comunicazione dell’avvenuta formazione del Socio al MISE.

Una specie di database dei crediti formativi dei Soci, con tanto di alert nel caso in cui allo scadere del triennio ci fossero dei debiti formativi da colmare.

Altro aspetto, tutti i Corsi organizzati da Accademia prevedono, oltre i crediti formativi anche i crediti ECM e CFP per i Soci, sarebbe opportuno valutare la possibilità di divenire essa stessa Provider, con una riduzione significativa dei costi per l’ Associazione.

Se guardiamo in casa delle altre Associazioni che si occupano di Radioprotezione, AIRP ha istituito fin dal 1983 la “Scuola Superiore di Radioprotezione” dedicata successivamente alla memoria di Carlo Polvani, AIFM con la Scuola Superiore di Fisica in Medicina “P. Caldirola” si occupa di aggiornamento su argomenti di interesse scientifico e professionale. ANPEQ tramite la sua Accademia di Formazione, dovrebbe intercettare quali sono le reali necessità dei Soci nello svolgimento della professione dell’EdR, promuovendo workshop anche di un solo giorno, monotematici, che coinvolgano di volta in volta

le figure di riferimento, dagli organi di vigilanza, all' Inail piuttosto che l'Istituto Superiore di Sanità o ISIN.

Il D. Lgs. 101/2020, a quasi quattro anni dalla sua entrata in vigore, ha, a mio modesto parere, ancora aspetti che meriterebbero delle giornate di studio, quantomeno per uniformare alcuni pareri. Anche per i recenti Decreti emanati dai vari Ministeri, Norma UNI sulla gestione dei rifiuti radioattivi, l'adozione del Piano Nazionale Radon, da un punto di vista puramente "operativo" sarebbero sicuramente necessari alcuni approfondimenti.

Accademia dovrebbe avere il compito, sicuramente coraggioso, di emanare linee guida per i Soci, per non far sì che nell'esercizio della propria professione, di fronte ad una contestazione di un organo di vigilanza manchi una indicazione univoca da parte di ANPEQ.

Concludo, sentendo anche le opinioni di molti colleghi, che la professione dell'EdR in questo contesto giuridico-normativo ha delle difficoltà oggettive nel suo svolgimento, da qui la necessità di un maggiore coinvolgimento da parte di Anpeq, tramite l'Accademia, a sostegno delle attività dei propri Soci.

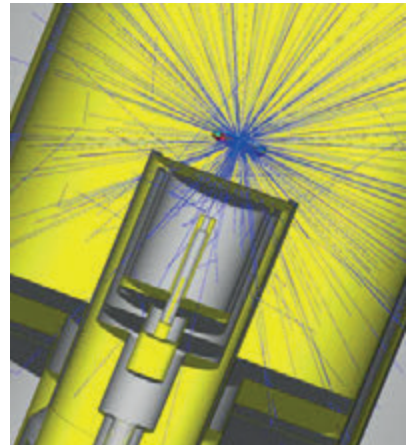


Antonio Perego, *L'Accademia dei Pugni*.

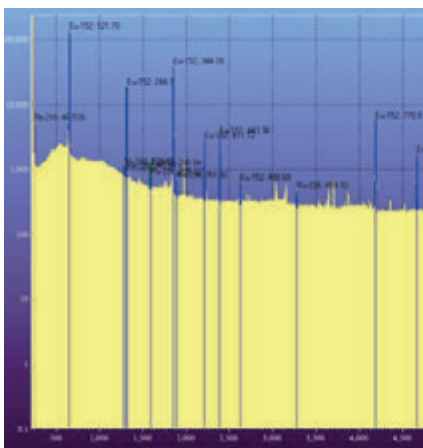
Spettrometria gamma: SOFTWARE

Monte Carlo Calculation - Multi Thread

MCC-MT è un software avanzato per la modellazione 3D e il calcolo delle risposte dei rivelatori di radiazioni basato sulla simulazione Monte Carlo. Con tecnologia multi-threading, assicura simulazioni rapide e accurate, consentendo di ottenere spettri ad elevata efficienza. È ideale per simulare spettri di radiazioni gamma, beta e alfa, tarare strumenti o calcolare limiti di rivelamento. User-friendly e ricco di funzionalità, tra cui la creazione automatica di curve di efficienza a multi-densità e la possibilità di creare sistemi di misurazione complessi, risulta essenziale per gli esperti di radioprotezione per le misure in situ e per i laboratori di analisi.



GammaPRO



GammaPRO è un software che permette di eseguire analisi qualitative e quantitative con ogni tipo di rivelatore Gamma. Dotato di strumenti completi per l'analisi dei picchi, offre funzionalità come la calibrazione in energia, la ricerca automatica dei picchi e il calcolo delle curve di efficienza. Con un'interfaccia intuitiva e la possibilità di elaborare insiemi di spettri, GammaPRO è essenziale per gli esperti di spettrometria. È in grado di ottimizzare le misurazioni di routine con funzionalità aggiuntive come i processi automatizzati o l'identificazione dei campioni tramite codice a barre.

Spettrometria gamma: STRUMENTI

Spettrometro Mobile HPGe WAM

WAM è un sistema mobile con carrello motorizzato per la spettrometria gamma e X ad alta risoluzione equipaggiato con un rivelatore al germanio raffreddato elettricamente (Stirling). Nasce per il controllo radiologico di ambienti, prodotti industriali e agricoli, nonché impianti nucleari e siti di gestione dei rifiuti radioattivi. Utilizzando MCC-MT è in grado di fare analisi quantitative in situ. Ideale per il rilascio dei materiali.

Il sistema è caratterizzato da:

- tipo rivelatore HPGe a scelta del cliente
- set di schermi in piombo da 25 mm o 50 mm
- batterie per il funzionamento in campo fino a 6 ore
- punto di misurazione massimo (pos. orizzontale) 1250 mm
- punto di misurazione minimo (pos. orizzontale) 450 mm
- punto di misurazione minimo (pos. verticale) 95 mm
- velocità variabile su due posizioni: 1.12 km/h o 4.00 km/h
- Dimensioni (L x W x H) 1498 x 722 x 1588 mm



Spettrometro Gamma All-In-One (NaI detector)



Il nostro spettrometro gamma è un sistema all-in-one che unisce cristalli di NaI(Tl) di varie dimensioni, un fotomoltiplicatore e un analizzatore multicanale in un robusto involucro. Alimentato completamente tramite l'interfaccia USB, richiede solo un cavo per collegarlo al computer, semplificando l'uso e riducendo i costi. I suoi utilizzi principali sono medicina nucleare, impianti nucleari, fonderie, laboratori di ricerca e forze armate. Per ottemperare al D. Lgs. 101 questo è diventato lo strumento di riferimento per i soci di ASSOFOND con i quali abbiamo aperto un accordo quadro.

RISPOSTA DI ISIN SULL'ESENZIONE DALL'OBBLIGO DI NOTIFICA DI PRATICA

di Franco CIOCE* e Andrea Enrico COLONNELLI **

* Esperto di Radioprotezione ** Avvocato

Alcuni soci della Lombardia ricorderanno di aver ricevuto, a ottobre 2023, una richiesta di partecipazione a una raccolta statistica, un Doodle con una domanda e due possibili risposte, riguardante l'interpretazione dell'articolo 47 del D.Lgs. 101/2020.

Ricordiamo l'oggetto della questione: se, leggendo l'art. 47, possono essere esentati dalla notifica tutti gli apparecchi elettrici che rispondono ai seguenti requisiti:

- 1) rateo di dose a 1 cm inferiore a un $\mu\text{Sv/h}$ e tensione inferiore a 30 kV; oppure,
- 2) i medesimi requisiti, ma solo se destinati a fornire immagini visive.

Molti di voi hanno partecipato mostrando perplessità, ritenendo la questione ampiamente risolta, mentre, in realtà, il 35% ha fatto una scelta e il 65% quella contrapposta.

Ergo: non la pensiamo tutti in modo uniforme.

Abbiamo quindi elaborato il seguente quesito e lo abbiamo sottoposto sia al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica che a ISIN:

Oggetto: Richiesta parere su interpretazione articolo 47 del Decreto Legislativo 101/20.

Il quesito per il quale si richiede vs parere a chiarimento della norma scritta (art. 47 comma 1 lett. d) del Decreto Legislativo 101/20), riguarda la detenzione ed impiego di macchine radiogene con tensione applicata non superiore a 30 kVp, NON destinate a fornire immagini visive e che in condizioni di funzionamento normale, non comportano, a una distanza di 0,1 m da un qualsiasi punto della superficie accessibile dell'apparecchio un'intensità di dose superiore a 1 $\mu\text{Sv/h}$.

Premesso che:

1. ai sensi dell'art. 47, comma 1 del D.Lgs. 101/2020: "Le pratiche che impiegano sorgenti di radiazioni ionizzanti sono esenti dall'obbligo di notifica se ricorre almeno una delle seguenti condizioni stabilite tenendo conto del principio di giustificazione: [...] d) gli apparecchi elettrici, soddisfano tutti i seguenti requisiti: 1) **contengono un tubo catodico destinato a fornire immagini visive, operano con una differenza di**

potenziale non superiore a 30 kV, ovvero sono di tipo riconosciuto ai sensi dell'articolo 49; 2) in condizioni di funzionamento normale, non comportano, a una distanza di 0,1 m da un qualsiasi punto della superficie accessibile dell'apparecchio un'intensità di dose superiore a 1 $\mu\text{Sv/h}$ [...];

2. in base alla definizione fornita dal vocabolario Treccani, "**ovvéro**" è la "**forma rafforzata della cong. disgiuntiva o**, usata soprattutto quando il secondo termine, a cui si premette, è costituito da un'intera proposizione [...]" (<https://www.treccani.it/vocabolario/ovvero/>);
3. secondo l'enciclopedia Treccani, "**le congiunzioni disgiuntive** (dette anche alternative) sono congiunzioni coordinative o subordinative che hanno la funzione di introdurre un'alternativa tra due parole, due concetti o due frasi, a volte escludendo uno dei due. Le congiunzioni disgiuntive più frequenti sono o, oppure, ovvero, altrimenti [...] **Quando l'alternativa riguarda più di due elementi, la o precede di solito soltanto l'ultimo.** (La busta bianca, rossa o blu: quale sceglie?)" (https://www.treccani.it/enciclopedia/congiunzioni-disgiuntive_%28La-grammatica-italiana%29/);
4. tenendo conto delle definizioni sopra riportate, il requisito di cui all'art. 47, comma 1, lett. d), punto 1 **può essere soddisfatto dal possesso disgiunto di una delle tre caratteristiche elencate**, e quindi da apparecchi elettrici che:
 - contengono un tubo catodico destinato a **fornire immagini visive**, oppure
 - operano con una **differenza di potenziale non superiore a 30 kV**, oppure
 - **sono di tipo riconosciuto ai sensi dell'articolo 49 del D.Lgs. 101/2020;**
5. precedentemente all'entrata in vigore del D.Lgs. 101/2020, **la materia era analoga-mente regolata dal punto 7. dell'Allegato I, Sezione II del Decreto Legislativo 230/1995**, che così dichiarava: "Sono soggette alle disposizioni del presente decreto le macchine radiogene che abbiano una delle seguenti caratteristiche: a) tubi, valvole e apparecchiature in genere, che accelerino particelle elementari cariche con energie: 1) superiori a 30 keV; 2) superiori a 5 keV ed inferiori o eguali a 30 keV, quando l'intensità dell'equivalente di dose, in condizioni normali di funzionamento, sia eguale o superiore a 1 $\mu\text{Sv/h}$ a una distanza di 0,1 m da qualsiasi punto della superficie esterna dell'apparecchiatura; b) tubi catodici in apparecchiature che forniscono immagini visive, quando l'intensità dell'equivalente di dose, in condizioni normali di funzionamento, sia eguale o superiore a 5 $\mu\text{Sv/h}$ a una distanza di 0,05 m da qualsiasi punto della superficie esterna dell'apparecchiatura";

si chiede di **confermare la correttezza della seguente affermazione**, anche a seguito di divergenti interpretazioni degli Organi di Vigilanza:

"Gli apparecchi elettrici con le seguenti caratteristiche:

- **differenza di potenziale non superiore a 30 kV,**
- **non destinati a fornire immagini visive né classificati come sorgenti di tipo riconosciuto ai sensi dell'articolo 49 del D.Lgs. 101/2020,**
- **non comportanti, in condizioni di funzionamento normale, a una distanza di 0,1 m da un qualsiasi punto della superficie accessibile dell'apparecchio un'intensità di dose superiore a 1 $\mu\text{Sv/h}$,**

rientrano nell'ambito di applicazione all'art.47, comma 1, lettera d) del D.Lgs. 101/2020 con conseguente esenzione dall'obbligo di notifica di pratica previsto dall'art. 46 dello stesso Decreto."

Da parte di ISIN è giunta la seguente risposta:

Oggetto: Richiesta parere su interpretazione articolo 47, comma 1, lettera d), del decreto legislativo n. 101/2020. Trasmissione parere Con nota del 15.11.2023, prot. n. 0185488, Codesto Ministero ha trasmesso una richiesta avanzata dal dott. Franco Cioce, esperto di radioprotezione, in merito all'interpretazione dell'art. 47, comma 1, lettera d), del D.lgs. n. 101/2020.

Più precisamente, il dott. Cioce prospetta a Codesto Dicastero un'interpretazione del succitato articolo in forza della quale vi sarebbe l'esenzione dall'obbligo di notifica di pratica (ex art. 46 del medesimo D.lgs. n. 101/2020) anche nei casi di impiego di macchine radiogene con tensione applicata non superiore a 30 kV, non destinate a fornire immagini visive e comportanti, in condizioni di funzionamento normale, a una distanza di 0,1 m da un qualsiasi punto della superficie accessibile dell'apparecchio, un'intensità di dose inferiore a 1 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

L'articolo 47, comma 1, lettera d) del decreto legislativo n. 101/2020 – quale attuazione dell'articolo 4 della legge delega n. 117/2019 – non riporta integralmente tutte le ipotesi descritte all'articolo 26, comma 1, lettera d) della direttiva EURATOM 2013/59, che prevede l'esonero dalla notifica, oltre che per "tubo catodico destinato a fornire immagini visive", anche per "altri apparecchi elettrici" con tensione applicata non superiore a 30 kV e comportanti, in condizioni di funzionamento normale, a una distanza di 0,1 m da un qualsiasi punto della superficie accessibile dell'apparecchio, un'intensità di dose inferiore a 1 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

Ciò premesso, sotto il profilo tecnico questo Ispettorato rileva che i rischi radiologici associabili ad "altri apparecchi elettrici" non appaiono dissimili rispetto a quelli associabili ad un "tubo catodico destinato a fornire immagini visive".

Il dubbio interpretativo è dunque risolto?

Non del tutto.

Nella risposta viene citato l'art. 26, primo paragrafo, della Direttiva 2013/59/Euratom, che afferma: "Gli Stati membri possono decidere che non devono essere notificate le

pratiche giustificate nelle quali intervengano: [...] d) qualsiasi apparecchio elettrico a condizione che: i) si tratti di un tubo catodico destinato a fornire immagini visive o di altri apparecchi elettrici che funzionano con una differenza di potenziale non superiore a 30 chilovolt (kV), o di un apparecchio di tipo approvato dall'autorità competente; nonché ii) in condizioni di funzionamento normale, non comporti, ad una distanza di 0,1 m da un qualsiasi punto della superficie accessibile, un'intensità di dose superiore a $1 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ [...]”.

Diversamente da quanto affermato nella risposta pervenuta, quindi, l'articolo 47, comma 1, lettera d) del D.Lgs. 101/2020 riporta integralmente tutte le ipotesi descritte all'articolo 26, comma 1, lettera d) della Direttiva EURATOM 2013/59, e afferma che gli Stati membri possono decidere che non devono essere notificate le pratiche svolte con apparecchi che:

- contengono un tubo catodico destinato a fornire immagini visive, oppure
- operano con una differenza di potenziale non superiore a 30 kV pur non essendo destinati a fornire immagini visive, oppure
- sono di tipo riconosciuto ai sensi dell'articolo 49 del D.Lgs. 101/2020;

Non sussistendo alcuna differenza tra le due formulazioni, non vi è alcun motivo per ritenere di poter accogliere un'interpretazione contraria al tenore letterale dell'articolo del Decreto di attuazione, che prevede il possesso **disgiunto** (come conseguenza dell'uso giuridico della locuzione “ovvero”) delle tre caratteristiche come requisito sufficiente a legittimare l'esenzione dall'obbligo di notifica di pratica.

La risposta di ISIN si conclude con un'interessante osservazione di carattere tecnico: “[...] sotto il profilo tecnico questo Ispettorato rileva che i rischi radiologici associabili ad “altri apparecchi elettrici” non appaiono dissimili rispetto a quelli associabili ad un “tubo catodico destinato a fornire immagini visive”.

A tale proposito va ricordato che l'art. 20 della Legge 117/2019 (“Delega al Governo per il recepimento delle direttive europee e l'attuazione di altri atti dell'Unione europea - Legge di delegazione europea 2018”), che contiene i principi e criteri direttivi per l'attuazione della Direttiva 2013/59/Euratom, prevedeva l'obbligo, a carico del Governo, di “provvedere alla razionalizzazione e alla semplificazione dei procedimenti autorizzativi” (comma 1, lett. h), il che non può evidentemente comportare l'introduzione di un requisito per l'esenzione dall'obbligo di notifica di pratica privo di fondamenti tecnico scientifici e non previsto né dalla precedente legislazione né dalla Direttiva

2013/59/Euratom. Pensare il contrario significa ritenere che il Governo, nel dare attuazione alla Direttiva 2013/59/Euratom, abbia agito sia in difformità rispetto ai principi della Legge delega (e con ciò violando gli artt. 76 e 77 Cost.), che in spregio dell'obbligo di coerenza della norma con la ratio, violando sia il principio di ragionevolezza (art. 3 Cost.) che di imparzialità (art. 97 Cost.).

Se, quindi, la parte tecnica della risposta di ISIN corrobora l'interpretazione letterale e costituzionalmente corretta dell'art. 47, comma 1, lettera d) del D.Lgs. 101/2020, riportata al punto 5. del quesito, non si può evitare di osservare che una futura risposta più esplicita potrebbe evitare possibili errori interpretativi e, conseguentemente, contribuire a deflazionare il contenzioso in materia.



Gli esattori - attribuito a Quentin Massys



Dosimetria al corpo intero

Card-TLD e Film-Badge



LAB N°2003 L

Per l'elenco prove accreditate si rimanda a www.accredia.it



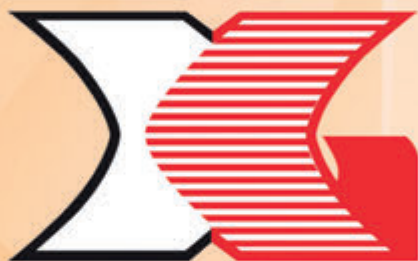
Dosimetria alle estremità

Cinturino, Anello e Polpastrello



Dosimetria al cristallino

Con spilla, fascia elastica frontale o clip



X-GAMMAGUARD

Dosimetria personale e
ambientale dal 1977



Documenti della Sorveglianza Fisica

Documento Sanitario Personale
Scheda Personale Dosimetrica
Libretto Personale di Radioprotezione



Dosimetria Radon

Dosimetro a tracce nucleari e ad elettretti



Gammalink

Software cloud per la gestione elettronica
delle schede dosimetriche personali

L'IRRAGGIAMENTO DEI PRODOTTI ALIMENTARI

di Pier Battista FINAZZI

Esperto di Radioprotezione - ANPEQ

Premessa

Da sempre l'uomo si è ingegnato per riuscire a conservare i cibi. Le tecniche sviluppate si basavano sull'osservazione. Gli alimenti si alteravano più o meno rapidamente se esposti al caldo o al freddo piuttosto che all'aria. La cottura, l'affumicatura, la conservazione al freddo e l'essiccazione furono sicuramente i primi metodi sviluppati. Sarà stato un caso fortuito quando si accorse che anche in presenza di sale o zucchero la persistenza dei cibi migliorava.

Oggi le tecniche si sono certamente affinate ma basta bazzicare tra le campagne per rendersi conto che le pratiche di un tempo sono ancora vive: l'olio stivato in anfore, oggi in contenitori d'acciaio, si mantiene a lungo senza deteriorarsi.

La trasformazione dell'uva in vino è un'altra tecnica di conservazione attuale che ha le sue radici nel passato. L'uva, che altrimenti marcirebbe rapidamente si conserva anche essiccata (uva passa) o semplicemente appesa in un ambiente fresco e ben ventilato. Responsabili del processo di decomposizione del cibo sono microrganismi (batteri, muffe, alghe) che proliferano prevalentemente nell'acqua e nel terreno. Sono loro che garantiscono la ciclicità della vita sul pianeta e sono loro che nel processo di conservazione vanno contrastati creandogli un ambiente ostile.

Il problema dell'alimentazione non riguarda solo i Paesi del Terzo Mondo ma anche quelle società che fanno parte delle Nazioni tecnologicamente più avanzate. Negli USA, annualmente, sono riconosciuti oltre 24 milioni di casi di intossicazioni alimentari. La Salmonellosi, da sola, è responsabile di circa 2 milioni di casi.

La qualità di un prodotto alimentare dipende dalla sua qualità igienico-sanitaria caratterizzata da una bassa concentrazione microbica, dall'assenza di agenti patogeni o insetti o muffe, dalla assenza di contaminanti chimici e dalla sua qualità nutrizionale.

Nei secoli i cibi sono stati: cotti, salati, affumicati, essiccati, messi in salamoia, addizionati di conservanti chimici o surgelati. Tutto per salvaguardarne le qualità e la bontà.

Perché l'irraggiamento

Il controllo della qualità degli alimenti rappresenta, oggi, per l'industria alimentare un obbligo che lo stesso produttore assume verso il consumatore per la garanzia dei propri prodotti sotto l'aspetto igienico-sanitario e nutrizionale. Obbligo peraltro stabilito dalla Legge¹.

Gli attuali metodi di trattamento delle derrate alimentari spesso presentano tempi di processo prolungati e sono esposti a “incidenti di percorso”, che possono precludere la qualità nutrizionale ed anche diventare portatori di rischi aggiuntivi. Si pensi, ad esempio, alla possibilità di scongelamento di un alimento crudo e surgelato, durante la catena di trasporto dal produttore al consumatore.

Il procedimento di irraggiamento può essere considerato un metodo alternativo ed efficace per la conservazione delle qualità nutrizionali e per l’eliminazione di microrganismi ed insetti.

L’irraggiamento ha il vantaggio di non alterare il prodotto né con la temperatura né con l’immissione di sostanze chimiche estranee al prodotto stesso. Le catene molecolari danneggiate durante l’irraggiamento risultano essere inferiori a quelle danneggiate dal processo di surgelazione².

L’Organizzazione Mondiale della Sanità, a proposito del processo di irraggiamento per il trattamento degli alimentari ha scritto²:

“Le radiazioni ionizzanti producono modificazioni chimiche che possono uccidere o inattivare i microrganismi. Nella maggior parte dei casi l’irradiazione degli alimenti viene effettuata a dosi che non bastano ad uccidere tutti i microrganismi ma che sono, comunque, sufficienti per ridurre significativamente la carica ed il numero delle varietà microbiche presenti. Dosi comprese tra 2 e 7 kGy inducono una forte distruzione dei comuni microrganismi veicolati dal cibo, eliminando pressoché totalmente organismi come *Salmonella*. Il tempo di conservazione degli alimenti viene così esteso e la minaccia di malattie causate da microrganismi patogeni può essere eliminata o fortemente ridotta. D’altro canto per eliminare le spore estremamente resistenti di organismi come *Clostridium botulinum*, sono necessarie dosi che arrivano a 50 kGy. Studi approfonditi condotti sui pollami e sul pesce trattato con inoculi estremamente concentrati di *C. botulinum* hanno dimostrato che, qualora l’alimento venga conservato in modo improprio, dopo l’irradiazione gli organismi saprofiti superstiti sono, comunque, in quantità sufficiente per produrre segni inequivocabili di decomposizione. Sebbene sia possibile che la moltiplicazione di certi organismi sia favorita a discapito di altri, ciò non rappresenta un pericolo limitato esclusivamente agli alimenti irraggiati, né tale da non poter essere efficacemente gestito con le tecniche microbiologiche o con altri interventi convenzionali. È stata espressa la preoccupazione che l’irradiazione possa causare un’umentata induzione di mutanti i quali potrebbero possedere una maggiore patogenicità, virulenza o resistenza alle radiazioni rispetto ai ceppi selvatici. Tuttavia non ci sono prove che tali mutazioni abbiano effettivamente luogo. L’irradiazione non è assolutamente l’unica procedura a poter aumentare il tasso di mutazione il cui incremento può, infatti, essere indotto anche dalle tradizionali tecniche di lavorazione degli alimenti. D’altra parte non è stato dimostrato che le radiazioni abbiano effettivamente aumentato la patogenicità o la virulenza dei microrganismi.

Infine, sono state manifestate preoccupazioni sul possibile aumento della produzione di aflatossina in seguito alla irradiazione. Le prove disponibili sono controverse ma nel

complesso le informazioni scientifiche in nostro possesso indicano che negli alimenti irraggiati, conservati in condizioni normali, non si generano elevati livelli di aflatoxina.

Riassumendo non c'è ragione di supporre che gli alimenti irraggiati debbano essere sottoposti a controlli diversi da quelli regolarmente applicati agli alimenti lavorati con tecniche tradizionali.

E ancora:

“Uno dei problemi più importanti su cui riflettere per valutare l'accettabilità degli alimenti irraggiati è quello di determinare se essi siano equivalenti, dal punto di vista nutrizionale, a quelli sottoposti a tecniche di lavorazione tradizionale.” L'irradiazione degli alimenti può causare modificazioni, sia pure di piccola entità, sia a carico dei macro che dei micro nutrienti. **Molti processi di lavorazione degli alimenti, soprattutto la cottura ed il riscaldamento in genere, causano anch'essi una perdita di sostanze nutritive. Spesso in misura superiore a quella indotta dall'irraggiamento.**

Il valore energetico degli alimenti dipende dal loro contenuto di proteine, carboidrati e grassi. A dosi di radiazioni pari od inferiori a 10kGy non è stata osservata una significativa distruzione di tali componenti. Sebbene le analisi chimico-fisiche abbiano dimostrato la presenza di effetti a seguito di trattamenti con dosi pari o superiori a quelle di sterilizzazione (da 25 a 50 kGy) si tratta, comunque, di alterazioni leggere ed aspecifiche.

L'idea che, dal punto di vista nutrizionale, i cibi irraggiati siano in genere equivalenti a quelli non irraggiati e sottoposti a processi di lavorazione tradizionali, è confermata da numerosi studi condotti sull'animale, compresi alcuni nei quali viene misurato il rapporto di efficienza proteica di molti alimenti ad alto tenore proteico sottoposti ad irradiazione. Le proteine esogene sono nutrienti di particolare interesse in quanto forniscono all'organismo gli aminoacidi essenziali per la sintesi delle proteine endogene. In seguito a irraggiamento di carni bovine, pesce, eccetera, in alcuni casi effettuato a dosi sufficienti ad indurre la sterilizzazione (25kGy), non sono stati osservati effetti significativi sul contenuto di aminoacidi essenziali.

L'effetto delle radiazioni sulle vitamine dipende dal tipo di alimento trattato, dalla vitamina in questione e dalle condizioni di conservazione e di lavorazione dell'alimento stesso. Alcune vitamine sono relativamente poco sensibili alla radiazione; altre vengono distrutte più facilmente. L'importanza della perdita di vitamine subita da un particolare alimento dipende dal contributo dell'alimento stesso alla dieta complessiva. Ad esempio la perdita di vitamine nelle spezie non dovrebbe essere fonte di preoccupazione; viceversa la perdita di tiamina (vitamina B) nelle carni suine potrebbe andare a svantaggio delle popolazioni nelle quali il maiale è un'importante componente della dieta.

Non sono state osservate perdite di minerali o di elementi di traccia in quanto tali nutrienti non sono influenzati dalla radiazione.

La temperatura di irraggiamento, l'esposizione all'aria e le condizioni di conservazione possono tutte influenzare il contenuto di nutrienti dell'alimento irradiato. In molti casi l'irraggiamento a bassa temperatura ed in assenza di ossigeno aiuta a ridurre le perdite

di vitamine subite dagli alimenti. In modo analogo la conservazione degli alimenti irradiati in confezioni sigillate a bassa temperatura contribuisce anch'essa ed evitarne la futura decomposizione.

L'analisi critica della letteratura scientifica disponibile indica che l'irradiazione degli alimenti è una tecnologia alimentare scrupolosamente sperimentata. Gli studi sugli alimenti irraggiati non hanno, sinora, dimostrato effetti nocivi. L'irradiazione contribuirà ad assicurare la disponibilità di derrate alimentari più sicure ed abbondanti, aumentando la durata, quindi il tempo di conservazione, degli alimenti trattati. Inattivando i patogeni ed eliminando insetti e parassiti. Purché vengano seguite le procedure corrette l'irradiazione degli alimenti è una prassi sicura ed efficace. I possibili rischi derivanti dalla non osservazione delle norme per l'irraggiamento dei cibi non sono dissimili da quelli derivanti dalla inosservanza delle norme negli altri metodi di lavorazione, quali l'inscatolamento, il congelamento e la pastorizzazione."

Possibili applicazioni

L'irraggiamento degli alimenti può avere numerosi effetti benefici: ad esempio può ritardare la maturazione o inibire la produzione di germogli, può controllare la moltiplicazione di insetti, parassiti, vermi, batteri, muffe, lieviti patogeni e saprofiti. Un altro effetto dell'irradiazione è la sterilizzazione che consente di immagazzinare le derrate alimentari per lunghi periodi senza la necessità della congelazione.

L'irraggiamento può prolungare il tempo di conservazione di molti tipi di frutta, ortaggi e carni, La germogliazione di tuberi, bulbi e radici può essere inibita (ad esempio per patate, carote, aglio, cipolle, scalogni, barbabietole, topinambur ecc) con l'irraggiamento a dosi comprese tra 0,05 e 0,15 kGy. L'irraggiamento di frutti tropicali e subtropicali (banana, mango, papaya, ecc) a dosi comprese tra 0,25 ed 1 kGy ne ritarda la maturazione. Nel caso di frutta tipiche delle zone temperate (mele, pere) la maturazione viene soppressa a dosi superiori ad 1 kGy ma in questo caso spesso si arreca danno alla frutta. I funghi si conservano per 5-7 giorni dopo un trattamento a dosi di circa 1kGy. Nel caso delle fragole il trattamento con 2-2,5kGy combinato ad una corretta refrigerazione può aumentare il tempo di conservazione di 1 o 2 settimane.

Nella carne avicola una esposizione di 3 kGy può ridurre la carica batterica dei saprofiti al punto da permettere il prolungamento del periodo di conservazione per 1-2 settimane. La maggior parte degli organismi saprofiti presenti nelle carni può essere eliminato trattando le carni con dosi inferiori a quella di sterilizzazione (25kGy), ciò consente un notevole incremento del periodo di conservazione. Molte carni possono sopportare dosi elevate di radiazioni. Ad esempio il trattamento mediante "blanching" (congelamento, esclusione dell'ossigeno ed irraggiamento con dosi di 25-45 kGy) può sterilizzare i prodotti permettendone una conservazione a lungo termine.

Con dosi inferiori alla soglia di sterilizzazione (25 kGy) è possibile allungare il periodo di conservazione di pesci, molluschi e crostacei.

Con dosi dell'ordine di 1 kGy è possibile disinfestare la frutta secca liberandola da moscerini, ragnetti rossi, cocciniglie, ecc.

Dosi di 3-10kGy possono migliorar notevolmente la qualità igienica di spezie ed alimenti secchi e disidratati che normalmente possono contenere grandi quantità di muffe, batteri e delle loro spore termoresistenti.

Gran parte del pollame crudo presente sul mercato è contaminato con *Salmonella* e *Campylobacter* che possono facilmente essere distrutti con dosi di 3 o 4 kGy.

Da ultimo, in ordine cronologico, l'impiego delle radiazioni per la diminuzione della carica batterica in alcuni formaggi.

Metodi ed impianti di irraggiamento

L'irraggiamento degli alimenti può essere effettuato con raggi X o con raggi γ o, anche, con radiazioni β accelerate. Il trattamento prevede l'esposizione alle radiazioni ionizzanti per un periodo di tempo che è funzione della dose richiesta e del rateo di dose offerto dall'impianto di irraggiamento.

Gli impianti per l'irraggiamento possono essere di due tipi:

- Con sorgente γ (generalmente Co_{60})
- Con acceleratore di elettroni

Il Cobalto 60 emette due radiazioni gamma da 1,17 e 1,33 MeV. L'alta energia di queste radiazioni ne garantisce la penetrazione a fondo negli alimenti da trattare.

Le sorgenti di Cobalto sono costituite da barre collocate su una rastrelliera (rack), di solito immersa in una piscina con circa 6/7 metri di acqua come schermo, dalla quale vengono poste in irraggiamento quando necessario. Nelle Figure sottostanti³ viene data una rappresentazione di come può essere realizzato un impianto per "food-irradiation" con Cobalto 60 e con acceleratore di elettroni.

La differenza principale tra i due impianti risiede nella gestione della sicurezza che è certamente più semplice con un impianto ad acceleratore di elettroni che con un impianto a Co_{60} . Infatti un acceleratore "spento" non rappresenta assolutamente una fonte di pericolo radiologico (anche perché l'energia degli elettroni è sempre limitata a 10 MeV di massimo quindi in assenza di significativi fenomeni di attivazione⁴). Una sorgente di Cobalto non può essere "spenta" quindi il livello delle sicurezze richiesto in questo caso deve essere tale da garantire l'assenza di rischio sia durante l'irraggiamento che quando l'impianto ha la sorgente in posizione di riposo.

Peraltro i raggi γ del Co_{60} hanno una notevole capacità di penetrazione che risulta molto utile per entrare in profondità nei cibi e per dare una dose uniforme ai prodotti.

Con gli acceleratori di elettroni l'irraggiamento risulta più semplice da gestire, dal punto di vista della sicurezza, tanto che possiamo avere sia sistemi di irraggiamento "in linea",

cioè posti direttamente al termine della linea di confezionamento del prodotto (Fig. 2), che impianti di sterilizzazione dove i prodotti alimentari vengono trattati nei loro imballi pronti per la distribuzione.

Il limite nell'uso degli acceleratori di elettroni è dato dalla limitata penetrazione degli elettroni stessi. Come mostrato nella Figura 4, elettroni da 10 MeV possono, al massimo, penetrare 4,5 cm di materiale a densità 1 (acqua). Questa scarsa capacità di penetrazione obbliga ad un doppio trattamento, irraggiando il prodotto da due facce contrapposte ottenendo cos' una profondità totale di trattamento pari a 9 cm di acqua equivalente.

In entrambi i casi gli alimenti vengono trattati con radiazioni con energia massima di 10 MeV con le quali non si producono fenomeni di "attivazione"⁴.

Per quanto riguarda la metodologia di analisi per riconoscere un prodotto irraggiato, ancora no c'è univocità di opinioni. Sembra essere indicata la misura dello "spin" elettronico che negli alimenti irraggiati cambia orientazione.

Figura 1 Impianto si sterilizzazione/food-irradiation con Co60

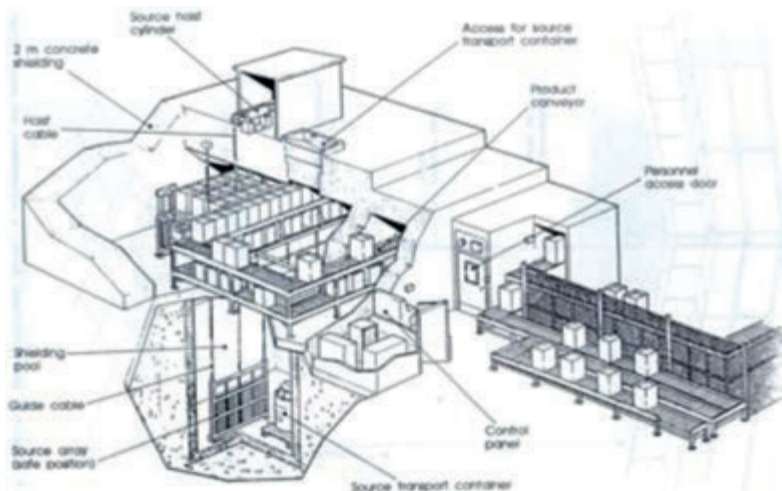


Figura 2 sterilizzazione/food-irradiation "in-line" con acceleratore di elettroni

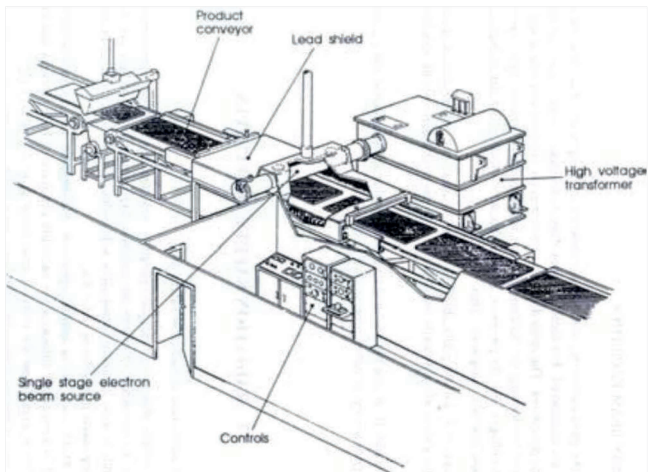


Figura 3 Impianto di sterilizzazione/food-irradiation con acceleratore di elettroni

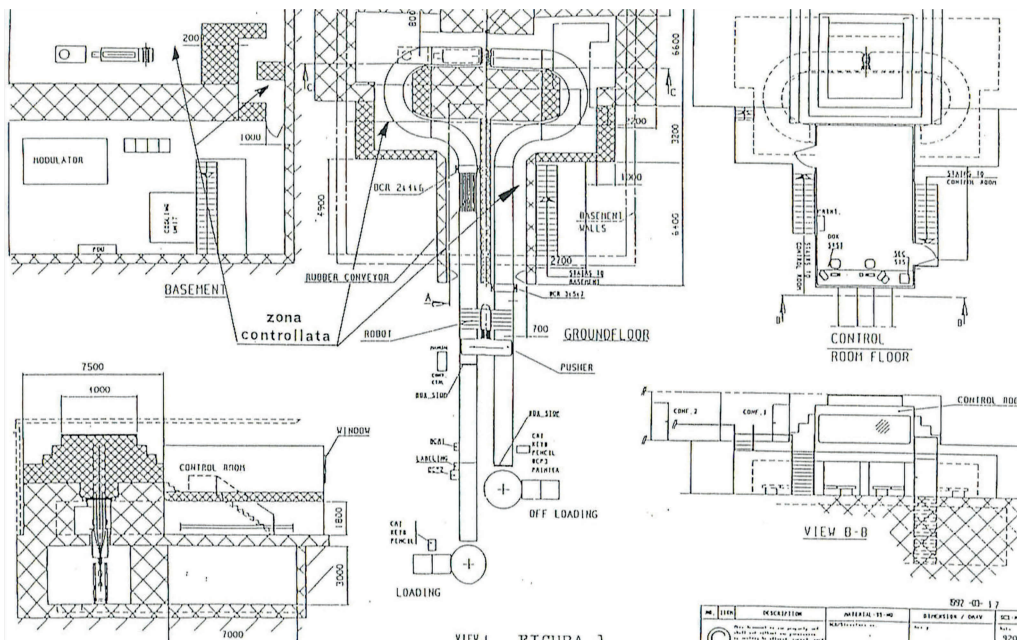
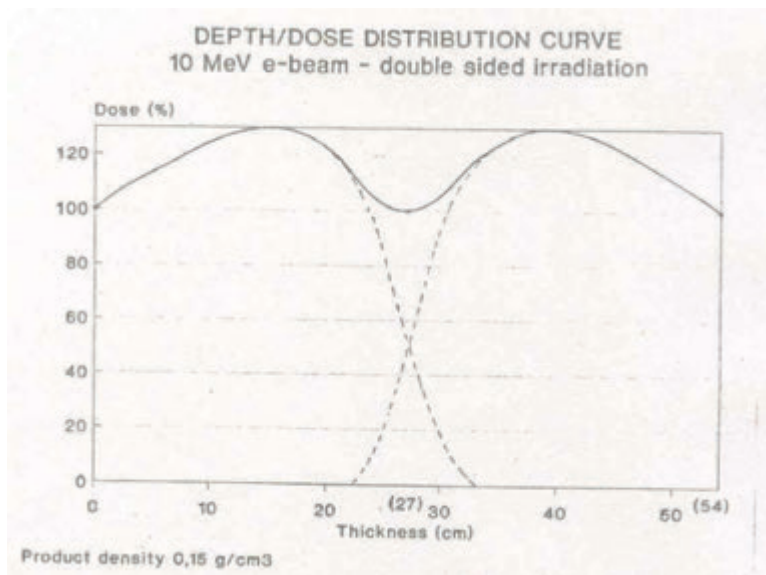


Figura 4 curva di distribuzione della dose per elettroni da 10 MeV



Cenni di Legislazione

L'Europa ha emesso, nel febbraio 1999, una Direttiva⁷ per riavvicinare le legislazioni dei vari Stati relativamente al irraggiamento dei prodotti alimentari. Esisteva, infatti, una grande disparità tra le varie nazioni: dalla Francia dove si poteva irraggiare praticamente di tutto (formaggi, pollame, carne, fragole, ecc.) alla Germania e all'Italia dove non si poteva irraggiare niente se non patate, aglio e cipolle. Inoltre viene stabilito che i prodotti alimentari irraggiati debbano sempre essere identificabili sia dalla dicitura "prodotto irraggiato" che da un apposito segnale:



In Italia tale Direttiva è stata recepita nel D.Lgs.94/2001⁸.

BIBLIOGRAFIA e letture consigliate

- 1) Decreto Legislativo 155/97 del 25 maggio 1997
 - 2) World Health Organization “Sicurezza e adeguatezza nutrizionale degli alimenti sottoposti a irradiazione” schede informative Istituto Scotti Bassanini Milano (1995)
 - 3) IAEA-TECDOC-1367 “Practice specific model regulations: radiation safety of non-medical irradiation facilities” IAEA, VIENNA, 2003
 - 4) IAEA-SafetySeries N°107”Radiation safety of gamma and electron irradiation facilities” IAEA, VIENNA, 1992
 - 5) J.P. Vasseur “La ionization des produits alimentaires” TEC&DOC (Parigi 1991)
 - 6) A.Miller et al. “Dosimetry for radiation processing” Taylor&Francis (Londra 1989)
 - 7) Dir. 1999/2/CE del 22 febbraio 1999
 - 8) Decreto Legislativo 30 gennaio 2001, n. 94 “Attuazione delle direttive 1999/CE e 1993/E/CE concernenti gli alimenti e i loro ingredienti trattati con radiazioni ionizzanti”
 - 9) G.Soldini “L’igiene degli alimenti con l’irraggiamento” Ingegneria Alimentare n.6/93
 - 10) FAO-ONU “Codex alimentarius Volume one General Requirements” Roma, 1992
 - 11) Tata et al. “la ionizzazione come metodo di risanamento microbiologico dei prodotti avicoli” ZOOTECNICA INTERNATIONAL,1995
 - 12) R. Bradley “Radiation technology handbook” MarcelDekker,inc NY (1984)
 - 13) International Consultative Group on Food Irradiation (ICGFI) –joint FAO/IAEA Division- “Regulations for the control of food irradiation facilities”(1994)
 - 14) International Consultative Group on Food Irradiation (ICGFI) –joint FAO/IAEA Division- “Code of good irradiation practice for insect disinfestations of cereal grains”
 - 15) International Consultative Group on Food Irradiation (ICGFI) –joint FAO/IAEA Division- “Code of good irradiation practice for prepackaged and poultry”(1994)
-



Servizi per
le Aziende srl
Radioprotezione
Fisica Sanitaria
Dosimetria

AFFIDATI AD LB SERVIZI PER LE MISURE DI CARATTERIZZAZIONE RADIOLOGICA



Contact Us

06 879 302 60

www.lbservizi.it

LE MULTE FACILI

El Sciür Carera¹ (dalla Redazione)

Nello scorso numero del notiziario ANPEQ, alla stregua di un buon servizio meteorologico, avevamo previsto pioggia: ... di multe da parte di ISIN.

E avevamo chiesto ai soci e utenti di segnalarci le sanzioni ricevute con lo scopo di ragionare sugli errori contestati.



Le vostre segnalazioni non ci sono state: forse, i soci sono un po' restii a svelare una "colpa" che colpa non è.

Ma le multe, lo sappiamo per certo, ci sono state e per diverse motivazioni.

Una su tutte: ritardata comunicazione del termine di un trasporto (articolo 43, c.6 indica il limite di 72 h. e l'articolo 56 c.7 indica 24 h per i rifiuti).

Cosa c'è di più facile per ISIN?

La multa (3333 €) arriva dunque a chi si autodenuncia.

Allora contiamo i paradossi:

1) Se l'utente non effettua alcuna comunicazione, "RISCHIA" di prendere la medesima multa, ma non vi è certezza mentre la denuncia, anche solo con qualche ora di ritardo, ne determina la certezza.

2) Se l'utente comunica correttamente i dati richiesti ma viaggia con un documento di trasporto sbagliato o assente

- o con etichette sbagliate o assenti, "RISCHIA" una sanzione, ma solo se viene fermato e controllato da chi ha autorità e competenze in materia.

Se paragoniamo i controlli (e le multe) erogate da ISIN alle multe che (spesso) si prendono per violazioni al codice della strada (telecamere che riprendono il passaggio col semaforo rosso o registrano velocità oltre i limiti prefissati) sovrpongono subito delle perplessità: quale è il valore aggiunto alle multe di ISIN se poi il trasporto è avvenuto nella

^{1 1} Il "Sciür Carera" è una scultura romana posta a Milano sotto i portici di corso Vittorio Emanuele e fu per Milano quello che per Roma era la statua di Pasquino – "carere debet omni vitio qui in altervm dicere paratvs est".

totale correttezza delle norme in vigore (Decreto Legislativo 101/20 , regolamento ADR, codice stradale...)

NESSUNO

Almeno, se passo col semaforo rosso, la violazione c'è. Ma la multa ISIN? Solo perché è registrata in ritardo?

Se supero la velocità stradale anche di solo 2 o 3 km/h, la multa parte da poche decine di euro (neppure 40).

Invece se comunico a STRIMS in ritardo... 3333 €; Non è un valore sproporzionato?

Soprattutto rispetto ad una violazione davvero aleatoria.

Insomma, per i trasporti di materiale radioattivo siamo passati dalla comunicazione trimestrale (ex 230/95 e rarissimamente sanzionata ma solo per totali omissioni della comunicazione stessa e non per singoli trasporti non segnalati) al controllo automatico segnalato da un PC a seguito di una autodenuncia².

Scherzosamente, immagino un funzionario ISIN che svogliatamente resta davanti al pc che gli sta segnalando con una luce rossa la violazione e che, con un po' di imbarazzo, sanziona il giorno di ritardo della comunicazione.

Dunque ci chiediamo se davvero l'Europa, con la direttiva 13/59 ha chiesto agli Stati l'implementazione di un simile, sistema? Di questa piattaforma STRIMS?

PROPRIO NO!

Anzi, la Commissione Europea ha chiesto agli Stati di attuare una "semplificazione" degli atti amministrativi.

Qualcuno ci dovrà spiegare dov'è, in questo caso, la semplificazione in un sistema come STRIMS!

Dov'è il valore aggiunto quando vengono emesse simili sanzioni a fronte di un trasporto avvenuto nella totale correttezza delle norme in vigore?.

La sensazione è che il sistema, sia ottimo per "fare cassa".

Non discutiamo di certo della validità della "tracciabilità" delle movimentazioni del materiale radioattivo ma questa deve essere più "friendly" (a chi importa sapere quanto è alto e largo un contenitore di trasporto, ecc.?) e tenere conto della reale operatività dei soggetti obbligati.

Ci vorrà un intervento legislativo, che riduca in modo significativo le sanzioni per il ritardo della comunicazione e per altre violazioni che per la maggior parte dei trasporti,

² Nelle presentazioni del collega Cioce, quando illustrava a fine 2020 l'ingresso di STRIMS, diceva proprio questo: le sanzioni saranno automatiche!

per restare in tema, non comportano alcun rischio per la salute e sicurezza della popolazione, dei lavoratori e dell'ambiente (è il caso tipico dei "colli esenti").

A tal proposito vogliamo proprio riportare quanto ha chiosato l'ex Direttore dell'ISIN, Avv. Maurizio Pernice, nella presentazione del testo tradotto della "Regolamentazione IAEA per il Trasporto in Sicurezza del Materiale Radioattivo":

"L'applicazione della Regolamentazione IAEA ha consentito che le attività di trasporto delle materie radioattive siano state effettuate e continuino ad essere svolte con elevati livelli di sicurezza e di radioprotezione. La riprova della sua efficacia sta negli oltre sessanta anni di esperienza operativa, nel corso dei quali non stati mai registrati eventi significativi in termini di esposizione dei lavoratori o della popolazione o di danni all'ambiente".

Confidiamo perciò nella ragionevolezza collettiva e confidiamo nella possibilità di redigere un documento in "avvocatese" e condiviso da ISIN per proporre una revisione di STRIMS e del sistema sanzionatorio.



Statua del Pasquino - Roma

ANPEQ. Le novità sull'RC Professionale.

Anche quest'anno ANPEQ ha deciso di rinnovare la polizza RC Professionale per tutti i soci, con un'importante novità.

La gestione e il supporto della polizza saranno affidati, come di consueto, a Giacomo Lalli, ma con il valore aggiunto della collaborazione con De Besi Di Giacomo S.p.A., realtà consolidata nel panorama italiano ed internazionale con i suoi 65 anni di esperienza e quattro sedi distribuite sul territorio nazionale, in grado di offrire soluzioni assicurative che tutelano gli interessi dei clienti garantendo competitività, eccellenza del servizio, chiarezza, trasparenza e protezione su misura.

ANALISI COMPARATIVA DI TRE METODI DI RIMOZIONE DEL CS-137 DA PERCOLATO DI DISCARICA

di *Alessandro PORTA** - *Roberto VESPA***

* Politecnico di Milano - ** MITAmbiente

1 Premessa

Questo lavoro svolto in collaborazione tra MITAmbiente e Politecnico di Milano vuole essere un'analisi comparativa delle varie tecniche attualmente disponibili o in fase di sperimentazione per la rimozione del cesio-137 dalle acque di percolazione di discarica.

La casistica prescelta trae spunto sia dalle peculiari caratteristiche radiologiche e chimico-fisiche del Cs-137 sia dalle occorrenze di eventi di contaminazione di corpi di discarica o terreni reperiti in letteratura.

Per analizzare il problema sono state considerate diverse metodiche e valutata la soluzione migliore in termini di processo e di risultato, considerando altresì la complessità chimica della matrice di partenza.

2 Il percolato

Le discariche sono strutturate con un basamento specifico per recuperare la componente liquida (percolato) che attraversa il corpo di coltivazione della discarica, e quindi i rifiuti, con la possibilità di portare in soluzioni contaminati di varia natura. Il percolato è originato principalmente dall'acqua piovana e in minor parte dai liquidi condensati già presenti nel rifiuto al momento della deposizione in discarica.

Tutti i liquidi percolanti captati dall'apposito sistema della discarica sono generalmente stoccati in cisterne o vasche situate sul sito della discarica in attesa di essere trattati e rilasciati in corpo idrico.

3 La chimica-fisica del cesio

Il cesio elemento chimico (numero atomico 55) appartenente al primo gruppo e sesto periodo.

È un metallo alcalino di colore argento-dorato, tenero e duttile, fonde ad una temperatura di poco superiore a quella ambiente (28,40°C).

È pericoloso nei mammiferi per la sua natura alcalina, appartiene infatti al primo gruppo come il sodio ed il potassio e ne condivide molte caratteristiche chimiche, seguendo

dunque il metabolismo dei metalli alcalini viene bioaccumulato principalmente nei muscoli e in minor parte nello scheletro.

Il suo comportamento molto simile a sodio e potassio rende difficile la sua rimozione selettiva, soprattutto nel caso di acque altamente saline.

Le concentrazioni degli ioni Na^+ e K^+ in un percolato rappresentativo sono:

- **Sodio:** 40.920 mg/kg
- **Potassio:** 38.661 mg/kg

Il cesio è inoltre biologicamente incorporato lungo tutta la catena alimentare, nella carne, nei vegetali, nella frutta, nel latte ed altri alimenti derivati, comportando fattori di concentrazione di centinaia o migliaia di volte ad ogni passaggio di matrice.

Composti tipici utilizzati industrialmente includono: CsCl , Cs_2CO_3 , Cs_2O , CsOH , Cs_2SO_4 .

Gran parte dei composti del cesio sono solubili in acqua ma forme meno solubili o insolubili riguardano le particelle di fall-out o frammenti di combustibile irraggiato.

4 Rassegna dei metodi di rimozione

Nei paragrafi seguenti saranno illustrati e commentati i metodi proposti per la rimozione del cesio dalle acque percolate.

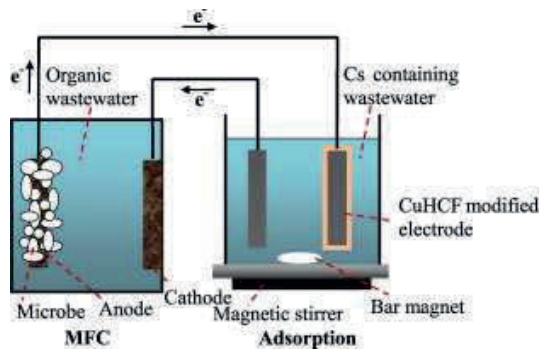
I metodi considerati sono:

- **1° metodo:** rimozione in cella galvanica con potenziale elettrico generato dal metabolismo biologico del BOD7
- **2° metodo:** adsorbimento su membrane di potassio rame esacianoferrato8
- **3° metodo:** rimozione selettiva del cesio attraverso l'utilizzo di microparticelle elettro attive.

1° metodo: rimozione in cella galvanica con potenziale elettrico generato dal metabolismo biologico del BOD7

Metodo

La rimozione del cesio si attua con uno specifico elettrodo selettivo in grado di favorire la riduzione del Cs rispetto ad altri ioni alcalini presenti in soluzione.



Schema delle celle galvaniche.

L'elettrodo modificato consiste in un elettrodo di grafite ricoperto da uno strato speciale, formato da uno ione complesso chiamato CuECF: rame(II) esacianoferrato(III):



Che è uno ione complesso molto semplice da produrre e stabile in un ampio range di pH.

Il problema principale del CuECF è che rappresenta un potenziale inquinante se disperso nelle acque, la sua dispersione però non è più rilevante se viene utilizzato come film sull'elettrodo invece che in forma polverosa come veniva usato in precedenza.

Uno degli aspetti innovativi di questa tecnica è l'utilizzo del COD (Chemical Oxygen Demand, Domanda Chimica di Ossigeno) per fornire l'energia necessaria al funzionamento della cella di assorbimento del cesio; infatti, si utilizza una tecnica detta Microbial Fuel Cell (MFC) che attraverso il metabolismo di specifici microrganismi converte la materia organica nell'elettricità usata dalla cella di rimozione del Cs. L'MFC è composto da due elettrodi di carbonio con una superficie attiva di 7cm² cad. a 0.5cm di distanza, uno dei quali è stato ricoperto dal biofilm elettrogeno mentre l'altro è stato avvolto da un filo di titanio. A causa della natura della membrana biologica il voltaggio massimo producibile dall'MFC è di circa 0.5V per cella, si utilizzano dunque più celle in serie per raggiungere voltaggi superiori.

Questa scelta è ottima nel caso di un refluo che presenta valori di BOD e COD consistenti come ad esempio:

- **BOD5:** 3232 mg/kg
- **COD:** 7723 mg/kg

La reazione RedOx che provoca l'assorbimento del cesio è:



Viene svolta in una cella elettrolitica tra due elettrodi delle dimensioni di: 1.5mm x 20mm x 20mm. L'anodo è di grafite mentre il catodo è di grafite ricoperto da CuECF.

Sono stati svolti alcuni test di prestazioni per verificare l'adsorbimento del cesio e per analizzare l'efficienza del rilascio nel processo di rigenerazione.

Durante i test è stato utilizzato per simulare l'inquinamento da cesio radioattivo il sale forte $^{133}\text{CsNO}_3$ in concentrazione 20mg/L, mentre per la rigenerazione degli elettrodi è stata utilizzata una soluzione di cloruro di potassio 1 molare (74,55 g/L di KCl). La soluzione è stata continuamente agitata per garantire una composizione costante e l'analisi finale del contenuto di cesio si è svolta con uno spettrofotometro ad assorbimento atomico.

Risultati

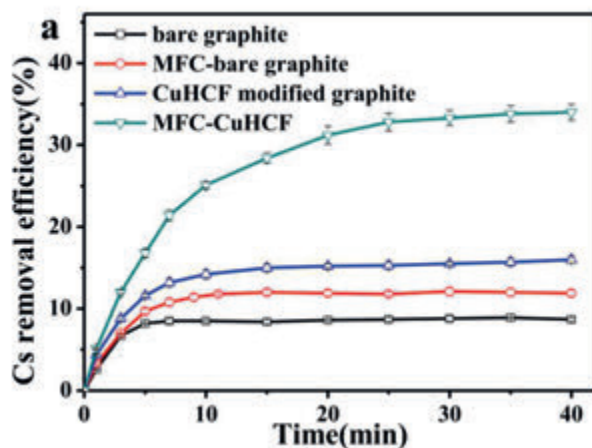
Il rapporto massimo di adsorbimento valutato come $[\text{Cs}]/[\text{Fe}]$ sull'elettrodo modificato è risultato 0.26, che è un dato significativamente maggiore rispetto allo 0.073 ottenuto con l'utilizzo di CuECF in forma polverosa.

Specie	% Peso	% moli
C	20.58	42.75
N	15.34	27.33
O	5.27	8.21
Fe	18.40	8.22
Cu	28.84	11.32
Cs	11.56	2.17

Tabella 3. Composizione del rivestimento dell'elettrodo modificato dopo l'adsorbimento del cesio

Ci sono diversi fattori che possono modificare l'efficienza di rimozione del cesio e della rigenerazione degli elettrodi.

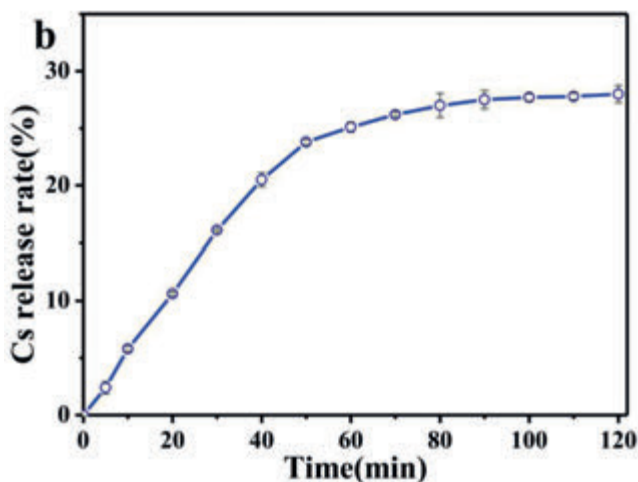
Durante i test la massima rimozione del cesio è risultata di poco superiore al 30%, secondo gli autori dell'articolo il problema potrebbe essere dovuto al basso potenziale fornito dal sistema MFC.



Paragone efficienza di rimozione del cesio con diversi accoppiamenti di celle e di elettrodi.

Per quanto riguarda la rimozione del Cs dall'elettrodo modificato, l'efficienza di rilascio con la tecnica utilizzata è risultata solo del 28%. Per la rimozione del cesio come per l'adsorbimento viene utilizzato il potenziale prodotto dal sistema di celle MFC che anche in questo caso è risultato troppo debole per garantire una buona rimozione, oltre a questo la rigenerazione consiste nel deadsorbire il cesio dall'elettrodo sostituendolo con il potassio nella soluzione di rigenerazione che è un processo sfavorito data la selettività del CuECF a legarsi preferibilmente con il cesio a discapito degli altri metalli alcalini.

L'efficienza di rimozione decresce con il tempo a causa dell'usura dell'elettrodo modificato che perde il rivestimento durante il processo di rigenerazione



Efficienza di rigenerazione dell'elettrodo modificato.

Conclusioni

È chiaro che questa tecnica sia ancora in uno stato acerbo di sviluppo, il metodo dovrebbe risultare molto più efficiente nella produzione di energia, rimozione del cesio e rigenerazione degli elettrodi per essere realmente considerato come applicabile come tecnica, sia per il caso specifico di Capriano ma naturalmente anche per ogni altra applicazione analoga.

Pro:

- Alta selettività dell'elettrodo che può garantire il funzionamento atteso anche in acque ricche di composti salini e di sostanze chimiche di svariate nature.
- Rimozione del carico inquinante del refluo attraverso i microrganismi elettrogeni.
- Autosufficienza energetica o nel caso in cui il COD non sia sufficiente si potrebbe comunque contare sull'MFC per diminuire la richiesta energetica.

Contro:

- L'efficienza di rimozione del cesio non è sufficientemente alta.
 - L'utilizzo di colonie batteriche non è adatto a portate di refluo variabili, si avrebbe la morte di gran parte delle colonie durante i periodi di bassa affluenza e lunghi periodi di acclimatazione nei periodi di maggiore affluenza di refluo.
 - L'efficienza di rigenerazione degli elettrodi è scarsa.
-

2° metodo: adsorbimento su membrane di potassio rame esacianoferrato

Metodo

Come nel metodo precedente, anche in questo caso, viene sfruttata la capacità chelante dello ione complesso: potassio rame esacianoferrato.

Il ligando esacianoferrato è in grado di essere complessato dal cesio e quindi adsorbirlo rimuovendolo dall'acqua.

Questo metodo è il frutto di test su vari tipi di membrane filtranti che ha mostrato come miglior candidato il potassio rame esacianoferrato (KCuECF) per la sua efficienza di rimozione e per la sua semplicità di sintesi.

Lo ione complesso è in grado di legarsi a diversi tipi di metalli ma nel caso sia già complessato dal rame la sua stericità si modifica e diventa preferenziale l'adsorbimento del cesio.

Per la filtrazione si usa una membrana detta ECF-PEI-rOG ovvero degli strati di grafite su cui è fissato lo ione complesso adsorbente, gli strati sono distanziati da frammenti del polimero PEI (polietilenimina) che garantisce lo spazio necessario a mantenere un alto flusso d'acqua e di conseguenza ad operare con una portata di refluo maggiore.

L'ossido di grafite (OG) viene prodotto con il metodo Hummers.

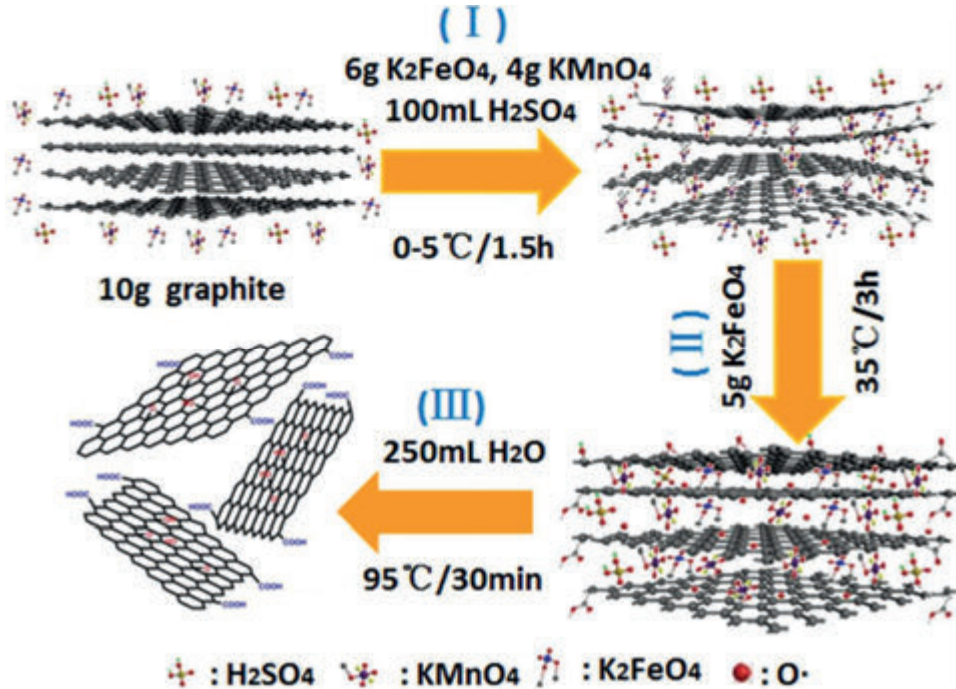


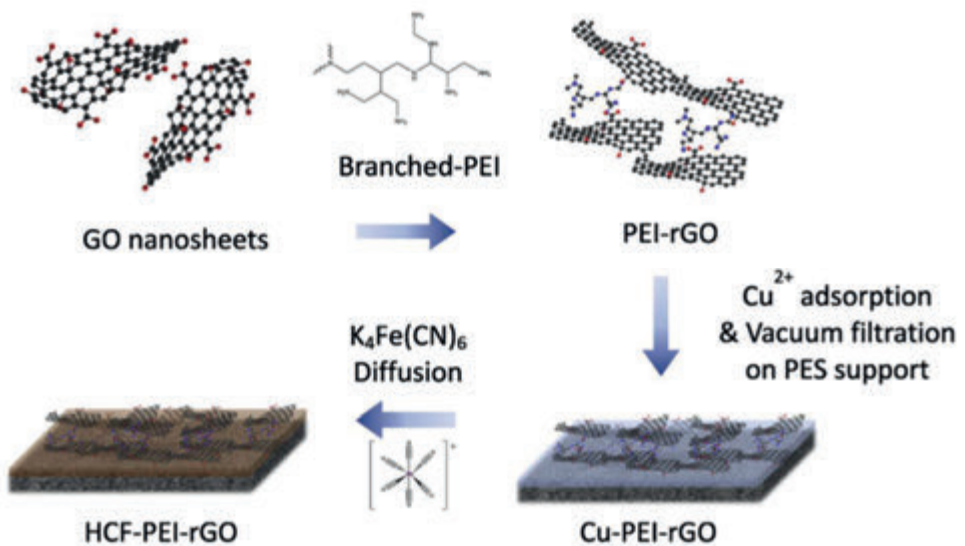
Illustrazione del metodo Hummers per la produzione di ossido di grafite.

L'ossido di grafite è un composto simile alla grafite dove però sono presenti alcuni gruppi funzionali contenenti ossigeno che distanziano i fogli.



Confronto strutturale Grafite - Ossido di Grafite (OG)

Sui gruppi sostituenti legati ai fogli di grafite viengono inseriti dei frammenti di PEI in condizioni alcaline ed in fine aggiunto il rame e il ligando esacianoferato. In base alla quantità in milligrammi di ECF-PEI-rOG depositato sulla base di PES (polietersulfone) le membrane prendono il nome di ECF-PEI-rOG-0.5, ECF-PEI-rOG-1 e ECF-PEI-rOG-2.



Schema di produzione della membrana ECF-PEI-rOG.

Per i test è stata utilizzata una membrana di 7.065 cm^2 , l'esperimento si è svolto alla pressione di 1 bar ed è stato utilizzato come rilevatore della concentrazione del Cs un sistema ICP-MS ovvero uno spettrometro di massa dove lo ionizzatore è una torcia di argon ionizzato.

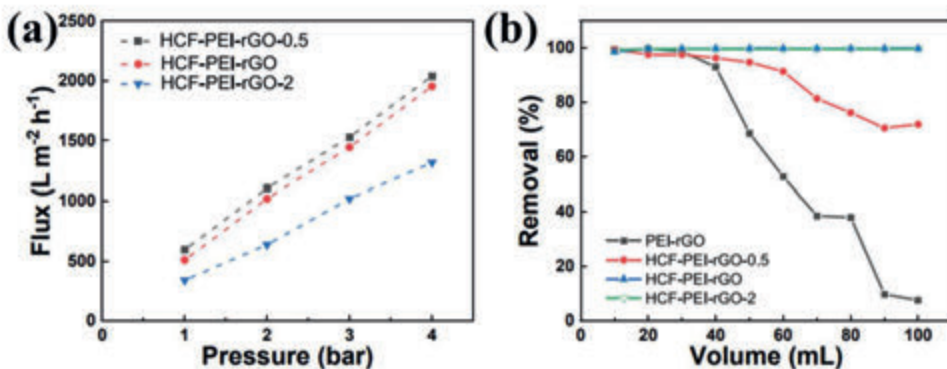
Risultati

Prima dei test di rimozione del cesio sono state svolte alcune prove sulla permeabilità della membrana con acqua distillata, come è visibile in figura (a) la portata a pressione atmosferica nel caso 0.5 è di poco inferiore a $600 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, e come era facilmente prevedibile la portata aumenta con la pressione e diminuisce con la quantità di substrato adsorbente depositata.

È importante notare che la portata specifica di queste membrane è sensibilmente maggiore rispetto alle portate specifiche di membrane di nanofiltrazione o ad osmosi inversa⁹ che sono inferiori a $100 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$.

L'adsorbimento del cesio è stato valutato misurando la concentrazione nel permeato raccolto ad intervalli regolari, la matrice preparata per la filtrazione consisteva in una soluzione di cloruro di cesio $^{133}\text{CsCl}$ in concentrazione 1ppm.

Durante le analisi si è notato come il solo substrato PEI-rOG sia in grado inizialmente di filtrare la matrice inquinata (b), una capacità che perde dopo pochi mL di filtrato dato che non è comunque in grado di ritenere il metallo. ECF-PEI-rOG-0.5 ha garantito una rimozione inferiore all'80% a causa dello scarso contatto tra il Cs^+ e le molecole di ione complesso presenti sulla membrana filtrante in piccole quantità, forse diminuendo il flusso di permeato attraverso la membrana le prestazioni del ECF-PEI-rOG-0.5 sarebbero potute aumentare. ECF-PEI-rOG-1 e ECF-PEI-rOG-2 sono risultati molto efficienti rimuovendo più del 99% del Cs^+ nella soluzione da 100 mL.



(a) permeabilità delle membrane; (b) efficienza di rimozione

Circa 130 mg di Cs possono essere rimossi da 1m² di membrana, ed è un ottimo risultato per ridurre il volume del rifiuto contaminato.

Questa tecnica presenta però un problema, ovvero la rimozione del cesio adsorbito sulla membrana, non è risultato infatti semplice la rigenerazione.

Per determinare gli effetti della selettività di adsorbimento della membrana sono state preparate alcune soluzioni contenenti 1ppm di Cs⁺ e alte concentrazioni di K⁺, Na⁺ e Ca²⁺.

Com'è visibile nella figura sono riportati i risultati dell'adsorbimento competitivo tra gli ioni metallici e si nota come vari l'efficienza a seconda della quantità e tipologia di metallo aggiunta.

Con una soluzione di sodio 1 molare (22,93 g/L) l'efficienza di rimozione del Cs è scesa all'89%, con una soluzione di calcio 1 molare (40,08 g/L) l'efficienza di rimozione del Cs è invece scesa al 92%, questi risultati sono logici dato che la dimensione dei rispettivi ioni idrati sono molto maggiori rispetto al Cs⁺.

È invece risultata significativa la riduzione di selettività con l'aggiunta di una soluzione concentrata di potassio¹⁰.

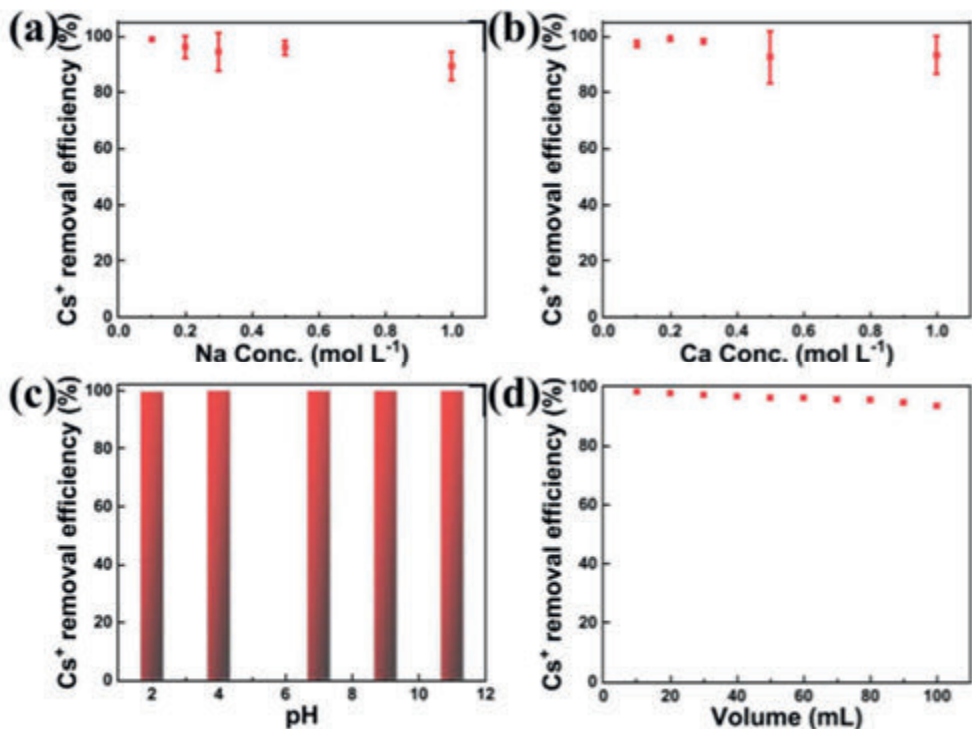
È stato analizzato anche l'adsorbimento in un range di valori di pH tra il 2 e il 12 per poter garantire l'efficienza a diverse condizioni di acidità/basicità.

La membrana si è dimostrata prestante mantenendo sempre un'efficienza di rimozione attorno al 98%, per l'acidificazione si è utilizzato acido cloridrico mentre per la basificazione idrossido di sodio, pur essendo presente lo ione sodio durante i test in condizioni basiche non si è riscontrata una diminuzione dell'efficienza.

Per la valutazione dell'efficienza anche in soluzioni saline composte da diversi sali disciolti è stata svolta un'analisi con una soluzione composta da:

Na⁺=146 ppm, K⁺=6 ppm, Mg²⁺=21 ppm e Ca²⁺= 5 ppm.

Si nota (figura (d)) come l'efficienza diminuisce con il volume di filtrato.



Efficienza di rimozione del Cs in (a) soluzione di sodio, (b) soluzione di calcio, (c) diverse condizioni di pH, (d) soluzione salina.

Conclusioni

Questa tecnica risulta essere molto promettente data l'elevatissima efficienza di rimozione ma soprattutto dalla riduzione volumetrica del refluo; infatti, questa tecnica riuscirebbe teoricamente a ridurre il volume della totalità del percolato a pochi litri.

Pro:

- Elevata efficienza di rimozione del ¹³⁷Cs.
- Elevata riduzione volumetrica del rifiuto radioattivo.
- Portata volumetrica elaborata molto superiore ad altre tecniche di filtraggio.

Contro:

- Il metodo è sensibile alla salinità delle acque trattate.
- Il metodo è sensibile ai solidi sospesi che aumentano (anche in maniera significativa) le perdite di carico attraverso la membrana.

- Complessità nella produzione della membrana filtrante.
 - Difficoltà nella rigenerazione della membrana filtrante.
-

3° metodo: rimozione selettiva del cesio attraverso l'utilizzo di microparticelle elettroattive

Metodo

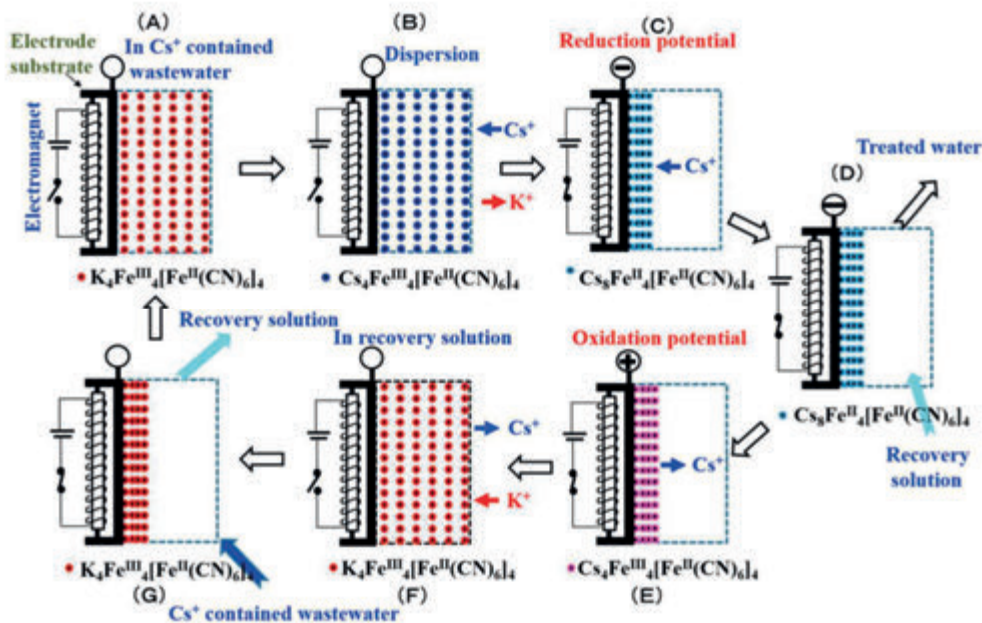
Il metodo in questione si differenzia dai precedenti per la natura della componente adsorbente, in questo caso infatti la specie chelante Blu di Prussia è dispersa all'interno della fase liquida.

Come è stato visto in precedenza le piccole dimensioni del chelante esacioferrato e la sua affinità con l'acqua lo rendono un potenziale inquinante difficile da rimuovere nella matrice liquida, per questo motivo in questo caso si utilizzano delle microparticelle magnetiche su cui è depositato un substrato adsorbente in modo da poterlo rimuovere completamente dall'acqua attraverso l'utilizzo di un'elettrocalamita.

Precisamente si utilizzano delle particelle di magnetite (ossido ferroso e ossido ferrico) con sopra depositato il chelante; la magnetite è il materiale presente in natura con grandi proprietà magnetiche ed è producibile con il metodo Schikorr:



La vasca dove avviene l'adsorbimento è costituita da un elettrodo che può essere caricato con potenziale ossidante (+) o riducente (-), l'elettrodo è poi collegato da un elettromagnete in modo da poter attirare a se le particelle di magnetite.



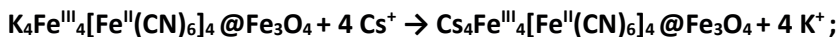
Schema di funzionamento del metodo.

Il funzionamento è illustrato chiaramente nella figura.

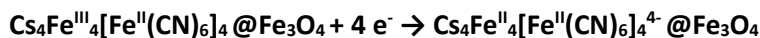
- a) Vengono disperse nel refluo le particelle magnetite con adsorbito il Blu di Prussia:



- b) Avviene la reazione di rilascio del potassio e adsorbimento del Cs⁺:



- c) Chiudendo il circuito l'elettromagnete attira le particelle con il cesio adsorbito, viene applicato un potenziale negativo che riduce il ferro ferrico a ferro ferroso:

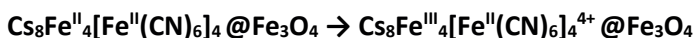


Ora le molecole cariche negativamente sono in grado di adsorbire altro cesio.

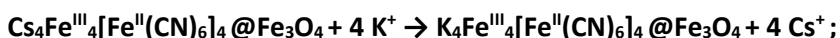


Potenzialmente ogni mole di ligando è in grado di complessare otto moli di Cs⁺

- d) Ora la soluzione liquida viene sostituita con una soluzione ricca di K⁺, la soluzione ricca di potassio servirà a rigenerare l'elettrodo e ci verranno riversati gli ioni ¹³⁷Cs⁺ adsorbiti in precedenza
- e) Il potenziale dell'elettrodo si inverte e diventa positivo, favorisce l'ossidazione del ferro ferroso che diventa ferro ferrico, in questo modo il chelante rilascia quattro moli di Cs⁺.



- f) Ora l'elettromagnete viene spento e in questo modo le particelle si possono disperdere nella fase liquida, qui avviene lo scambio con la soluzione di potassio.



- g) Per finire viene ricaricata la matrice contaminata da cesio, naturalmente durante questo passaggio l'elettromagnete viene attivato, in questo modo si trattengono nella vasca le particelle adsorbenti.

Le particelle sono completamente rinnovabili, in grado di deadsorbire gran parte del cesio, questo le rende riutilizzabili per molti cicli.

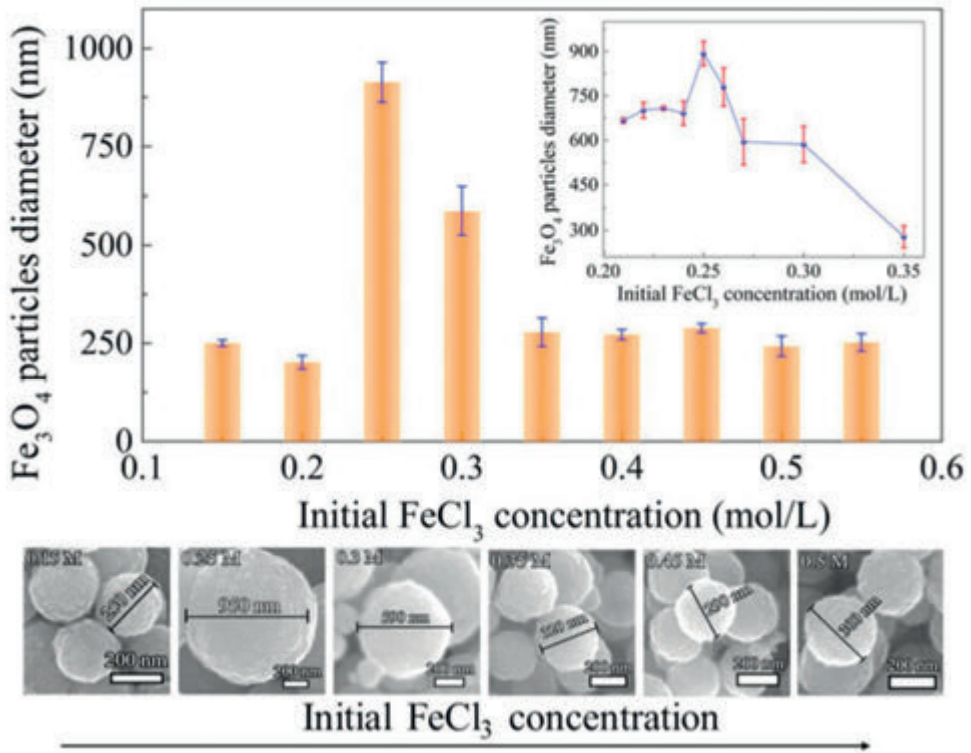
Le particelle utilizzate nei primi test erano nanosfere con un diametro di 34-36 nm, successivamente si sono utilizzate nanosfere con un diametro di 300-900nm.

Le particelle più piccole sono risultate più efficienti nell'adsorbimento, dovuto probabilmente al rapporto maggiore di superficie adsorbente per unità di volume della vasca, ma per praticità nella produzione e anche per evitare che alcune di questa possano non essere catturate dall'elettromagnete, e in questo modo rimanere nella soluzione, le particelle più grosse rappresentano una validissima alternativa.

La produzione delle sfere si svolge secondo il seguente metodo:

Una specifica quantità di cloruro ferrico va mischiata con 0,2 grammi di citrato di sodio trisodico in 20mL di glicole etilenico, dopo 30 minuti di agitazione vanno aggiunti 2g di acetato di sodio ed in fine agitato per altri 30 minuti e 12 ore di autoclave a 200°C.

La dimensione finale delle nanosfere di magnetite è dipendente dalla concentrazione iniziale di FeCl_3 (cloruro ferrico) che viene utilizzato per la sintesi, come illustrato nella figura.



Dipendenza del diametro delle particelle di magnetite dalla concentrazione iniziale di cloruro ferrico.

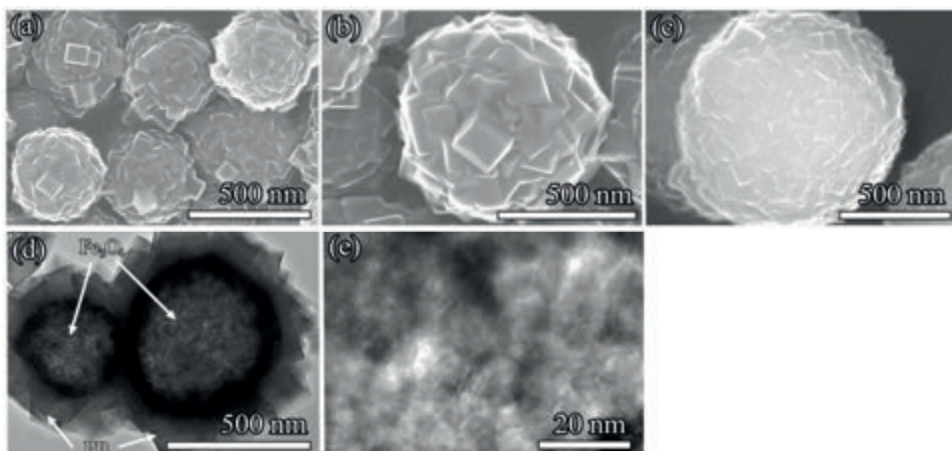


Immagine delle nanosfere adsorbenti catturate da un microscopio elettronico a scansione.

Come è visibile nella figura le particelle di magnetite sono tutte ricoperte in modo omogeneo dal complesso adsorbente; infatti, lo ione complesso ha una struttura cristallina cubica ed è facilmente riconoscibile.

Risultati

Per i test di funzionamento e delle prestazioni di questo metodo è stato utilizzato il ^{133}Cs , l'isotopo non radioattivo del cesio che, pur avendo un numero di massa differente, conserva tutte le proprietà chimiche del ^{137}Cs ed i risultati sono perfettamente analoghi.

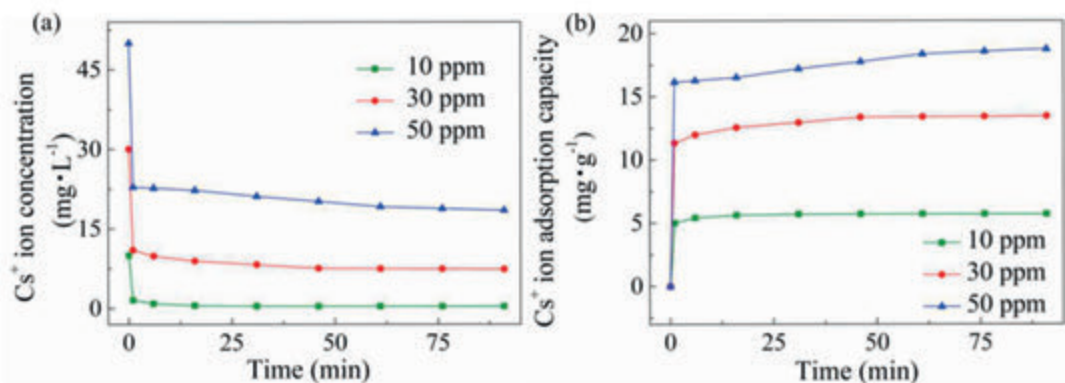
Nello specifico sono state utilizzate diverse concentrazioni iniziali di cesio: una soluzione a 10 ppm di cesio (0.014 g/L di $^{133}\text{CsNO}_3$), una soluzione a 30 ppm di cesio (0.044 g/L di $^{133}\text{CsNO}_3$) e una soluzione a 50 ppm di cesio (0.073 g/L di $^{133}\text{CsNO}_3$).

L'adsorbimento del cesio è stato testato con 50 mL della soluzione contenente l'inquinante in una vasca con tre elettrodi speciali (elettrodo-elettromagnete), sugli elettrodi invece è stata utilizzato un potenziale elettrico di 0,3 V in modo da garantire l'ossidazione e riduzione degli ioni complessi.

Tutte le analisi si sono svolte a temperatura ambiente.

Per l'analisi del contenuto finale di cesio si è utilizzata la cromatografia IC (cromatografia ionica).

Nella figura è visibile (a) il quantitativo di cesio rimosso nel tempo, la rimozione avviene principalmente nei primi minuti; infatti, il 97% del cesio viene adsorbito ed allontanato nei primi 10 minuti.



Efficienza di rimozione del cesio del 3° metodo.

La tecnica non risulta però molto efficiente sotto l'aspetto di mg di cesio adsorbiti per unità di massa delle microparticelle, per l'esattezza ogni grammo di microparticelle è in grado di adsorbire 16,13 mg di Cs⁺, questo nel caso in cui la soluzione utilizzata fosse a 50 ppm, naturalmente il dato diminuisce nel caso di 30 ppm e 10 ppm.

Adsorbent	Experiments method	Adsorption capacity	Removal efficiency	Adsorption time	Reference
PB/Fe ₃ O ₄ /GO nanocomposites	Adsorption	43.52 mg/g	80%	120 min	Yang et al. (2014a)
PB/Fe ₃ O ₄ /GO nanocomposites	Adsorption	55.56 mg/g	70.25%	30 min	Yang et al. (2014b)
Organic-inorganic adsorbent	Adsorption	97.63 mg/g	89%	35 min	Amual et al. (2016)
Modified conjugate adsorbent	Adsorption	65.06 mg/g	81%	30 min	Imasishi et al. (1999)
Conjugate adsorbents	Adsorption	50.23 mg/g	85%	40 min	Nir et al. (2017)
PB@Fe ₃ O ₄ microparticles	Electrochemical adsorption	16.13 mg/g	97%	10 min	This work

Paragone con altre tecniche di rimozione del cesio.

La cinetica dell'adsorbimento è ben rappresentata considerando l'adsorbimento del cesio sull'elettrodo carico come RDS (Rate Determining Step, stadio lento del meccanismo).

La formula adottata è:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{t}{q_e} + \frac{1}{K_2 q_e^2}$$

Equazione cinetica. q_t è il Cs⁺ adsorbito in mg/g; q_e è il Cs⁺ massimo che può essere adsorbito all'equilibrio;

K_2 è la costante cinetica; t è il tempo in minuti

Per analizzare la selettività del metodo, in modo da garantire le prestazioni anche in reflui composti da molte specie ioniche disciolte differenti, la tecnica è stata applicata ad una soluzione di 50 mL contenente 10 ppm di Li⁺, 10 ppm di K⁺, 10 ppm di Na⁺ e 10 ppm di ¹³³Cs⁺.

Le condizioni di temperatura e il potenziale applicato all'elettrodo per garantire le

ossidazioni e riduzioni, anche in questo caso di analisi della selettività, erano identiche al caso di analisi di efficienza della tecnica senza competizione.

Come è visibile nella figura l'efficienza di rimozione non è variata; infatti, al termine dell'operazione il Cs^+ era presente per 0,3 ppm, questo significa un'efficienza del 97% e dunque un'alta selettività.

È riscontrabile anche:

Una diminuzione della concentrazione degli ioni di sodio che è scesa da 10 ppm fin sotto i 5 ppm;

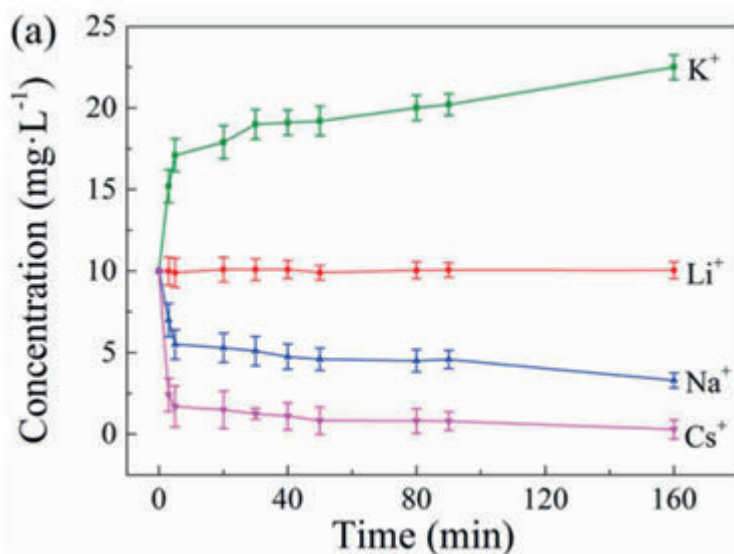
Un aumento degli ioni potassio, com'era prevedibile, dato che il cesio adsorbito sostituisce il potassio negli ioni complessi.

Tuttavia, il potassio aumenta per una quantità maggiore di moli rispetto al Cs estratto e non in rapporto stechiometrico, questo è dovuto ai lavaggi con la soluzione rigenerante ricca di K^+ che lasciano alcuni residui.

Infatti, vengono estratti circa 9,7 milligrammi di cesio ovvero 7.298×10^{-5} moli, ma il potassio non aumenta di questo quantitativo, bensì di 3.197×10^{-4} moli (12,5 mg).

In fine gli ioni di litio, il quantitativo di Li^+ risultato dalle analisi è rimasto circa costante durante il test, anche questo era prevedibile dall'analisi delle dimensioni degli ioni idrati.

Le dimensioni infatti sono K^+ (2.01 Å) < Na^+ (2.76 Å) < Cs^+ (3.25 Å) < Li^+ (3.4 Å), questo esclude il lito nella competizione, infatti le sue dimensioni, superiori agli altri ioni, non gli consentono di complessare il substrato adsorbente.



Competizione della tecnica tra specie ioniche di metalli alcalini.

Conclusioni

Il metodo si è rivelato molto efficace per la rimozione delle tracce di cesio nelle acque reflue, oltre all'altissima percentuale di rimozione del 97% questa tecnica è risultata performante in quanto riesce a raggiungere questo risultato in tempi molto brevi (circa 10 minuti).

La tecnica quindi in generale risulta efficace e abbastanza economica; infatti, la componente più costosa usata nel processo sono le nanosfere ricoperte di adsorbente che però risultano facilmente riciclabili. Questa tecnica per il funzionamento richiede il consumo di energia elettrica per il funzionamento dell'elettrocalamita-elettrodo e cloruro di potassio per produrre la soluzione rigenerante.

Pro:

- Selettività.
- Efficienza.
- Tempo di contatto.
- Economicità di gestione.

Contro:

- Poco sensibile alla presenza di ioni di Na^+ .
 - Costo di produzione del materiale adsorbente magnetico, spesa che comunque dev'essere fatta solo nella fase iniziale di costruzione.
-

IL DOCUMENTO DI TRASPORTO STRADALE

di Franco CIOCE

Esperto di Radioprotezione - Consulente ADR

Il riferimento è chiaro e ovvio: si parla del documento che accompagna il trasporto del materiale radioattivo.

Questo documento, sempre obbligatorio per qualsiasi tipologia di spedizione, è tra gli elementi fondamentali per il rispetto delle norme che disciplinano questa attività.

Attenzione!

Il Dlgs 101/2020 obbliga lo speditore a comunicare al sito istituzionale STRIMS dell'ISIN le informazioni relative ai materiali radioattivi prima dell'inizio della spedizione (Art. 43 comma 5).

La sua redazione è ad esclusivo carico dello speditore ma la verifica della correttezza formale, e la verifica della presenza della marcatura ed etichettatura dell'imballaggio è responsabilità attribuita al trasportatore (Art. 43 comma 4 Dlgs 101/2020).

Purtroppo, in molte occasioni questo aspetto è stato trattato dai soggetti obbligati con notevole superficialità, eludendo la trascrizione corretta e precisa delle informazioni richieste dalle normative vigenti tra le quali il regolamento ADR.

Di quest'ultimo, ritroviamo queste disposizioni nel § 5.4.1.1.1 delle disposizioni generali (omesse le parti non applicabili):

Il o i documenti di trasporto devono contenere le seguenti informazioni per ogni materia od oggetto pericoloso presentato al trasporto:

- a) il numero ONU preceduto dalle lettere "UN";*
- b) la designazione ufficiale di trasporto, completata, se del caso (vedere 3.1.2.8.1) ...;*
- c) ... Per il materiale radioattivo della classe 7, il numero della classe, vale a dire "7";*

NOTA: *Per il materiale radioattivo che presenta un pericolo sussidiario, vedere ugualmente la disposizione speciale 172.*

- d) ...*
- e) se del caso, il gruppo di imballaggio attribuito alla materia, ...*

NOTA: Per il materiale radioattivo della classe 7 che presenta un pericolo sussidiario, vedere la disposizione speciale 172 (d) al capitolo 3.3.

- f) il numero e la descrizione dei colli, quando questo si applica. ...
- g) la quantità totale di ogni merce pericolosa caratterizzata da un numero ONU, una designazione ufficiale di trasporto o un gruppo di imballaggio diverso (espressa in volume o in massa lorda, o in massa netta come appropriato);

NOTA 1: Nel caso in cui si applichi il 1.1.3.6, la quantità totale e il valore calcolato di merci pericolose di ogni categoria di trasporto devono essere indicati nel documento di trasporto conformemente al 1.1.3.6.3 e 1.1.3.6.4. ...

- h) il nome e l'indirizzo dello speditore;
- i) il nome e l'indirizzo del o dei destinatari. ...
- j) una dichiarazione come richiesta da ogni accordo particolare;
- k) (Riservato)
- l) per i trasporti che comportano il passaggio in gallerie a cui si applicano restrizioni al passaggio di veicoli che trasportano merci pericolose, il codice di restrizione in gallerie che figura nella colonna (15) della tabella A del capitolo 3.2, in lettere maiuscole e tra parentesi o l'indicazione "(-)" o come specificato in un accordo speciale conformemente al 1.7.4.2.

E per il materiale radioattivo sono richieste le seguenti disposizioni aggiuntive:

5.4.1.2.5.1 Le seguenti informazioni devono essere riportate nel documento di trasporto per ogni spedizione di materiali della classe 7, nella misura in cui esse si applicano, nell'ordine indicato qui di seguito, immediatamente dopo le informazioni prescritte al 5.4.1.1.1 da (a) a (c) e (k):

- a) il nome o il simbolo di ogni radionuclide, o, per le miscele di radionuclidi, una descrizione generale appropriata o una lista dei nuclidi più restrittivi;
- b) la descrizione dello stato fisico e forma chimica della materia o l'indicazione che si tratta di un materiale radioattivo sotto forma speciale o di un materiale a bassa dispersione. Per la forma chimica è sufficiente una descrizione chimica generica. Per il materiale radioattivo che presenta un pericolo sussidiario, vedere il sottoparagrafo (c) della disposizione speciale 172 del capitolo 3.3;
- c) l'attività massima del contenuto radioattivo durante il trasporto espressa in becquerels (Bq), con il simbolo prefisso SI appropriato (vedere 1.2.2.1). Per i materiali fissili, la massa del materiale fissile (o massa di ogni nuclide fissile per le miscele,

secondo il caso) in grammi (g), o in multipli del grammo, può essere indicata in luogo dell'attività;

- d) la categoria del collo, sovrimeballaggio o container, come determinata in conformità al 5.1.5.3.4, per esempio I-BIANCA, II-GIALLA, III-GIALLA;*
- e) l'indice di trasporto, come determinato in conformità al 5.1.5.3.1 e 5.1.5.3.2 (ad eccezione della categoria I-BIANCA);*
- f) per il materiale fissile:
 - i. spedito in virtù di una esenzione del 2.2.7.2.3.5 da (a) a (f), un riferimento al paragrafo pertinente;*
 - ii. spedito in virtù del 2.2.7.2.3.5 da (c) a (e), la massa totale di nuclidi fissili;*
 - iii. contenuto in un collo per il quale si applica uno dei sotto-paragrafi del 6.4.11.2 da (a) a (c) o il paragrafo 6.4.11.3, un riferimento al sotto-paragrafo o paragrafo pertinente;*
 - iv. l'indice di sicurezza per la criticità (CSI), laddove applicabile.**
- g) il marchio di identificazione di ogni certificato di approvazione rilasciato da una autorità competente (materiale radioattivo sotto forma speciale, materiale radioattivo a bassa dispersione, materiale fissile esente secondo 2.2.7.2.3.5 (f), accordo speciale, modello di collo o spedizione) applicabile alla spedizione;*
- h) per le spedizioni di più colli, le informazioni, richieste al 5.4.1.1.1 e ai punti da (a) a (g) qui sopra, devono essere fornite per ogni collo. Per i colli in un sovrimeballaggio, in un container o in un veicolo, deve essere allegata una dichiarazione dettagliata del contenuto di ogni collo che si trovi nel sovrimeballaggio, nel container o nel veicolo e, se appropriato, di ogni sovrimeballaggio, container o veicolo. Se i colli devono essere tolti dal sovrimeballaggio, dal container o dal veicolo in un punto di scarico intermedio, devono essere forniti documenti di trasporto appropriati;*
- i) quando una spedizione deve essere spedita in uso esclusivo, la menzione "SPEDIZIONE IN USO ESCLUSIVO";*
- j) per le materie LSA-II e LSA-III, gli SCO-I, SCO-II e SCO-III, l'attività totale della spedizione espressa sotto forma di multiplo di A2. Per un materiale radioattivo per il quale il valore di A2 è illimitato, il multiplo di A2 è zero.*

Per consentire una facile comprensione e successiva predisposizione del documento di trasporto, si ritiene utile proporre le specifiche per ogni voce indicata:

1	<i>il numero ONU preceduto dalle lettere "UN"</i>	è un numero di 4 cifre desumibile dalla "Tabella 2.2.7.2.1.1: Assegnazione dei numeri ONU" e si esprime come "UN ..."; , ad esempio UN 2915. i, ecc.)
2	<i>la designazione ufficiale di trasporto</i>	Sono le parti immediatamente proposte subito dopo il numero ONU della tabella citata in precedenza. Le parti scritte in minuscolo nella tabella citata sono facoltative mentre le parti in maiuscolo sono obbligatorie ma senza alcuna alterazione (sequenza, abbreviazioni, ecc.).
3	<i>Il numero della classe, vale a dire "7"</i>	il numero da riportare subito dopo la designazione ufficiale descritta al punto precedente.
4	<i>il gruppo di imballaggio</i>	Voce non applicabile per il materiale radioattivo.
5	<i>il numero e la descrizione dei colli</i>	Ogni contenitore di trasporto corrisponde ad un collo. Ad es. se si predispose un bancale con 4 fusti, occorre indicare "4 colli" (e non "un bancale": un "bancale" non è un contenitore di trasporto!).
6	<i>la quantità totale di ogni merce pericolosa caratterizzata da un numero ONU</i>	Per ogni collo e numero ONU contenente materiale radioattivo che presenta caratteristiche diverse dagli altri (ad esempio l'indice di trasporto) occorre indicare la quantità totale presente nel contenitore stesso ed espressa in peso o volume.
7	<i>il nome e l'indirizzo dello speditore</i>	Riportare il nome e l'indirizzo di chi dispone il trasporto e il luogo di prelievo: per luoghi diversi, occorrono documenti di trasporto diversi.
8	<i>il nome e l'indirizzo del o dei destinatari</i>	Riportare il nome e indirizzo del luogo destino del materiale radioattivo trasportato e relativo ad uno specifico documento di trasporto.
9	<i>una dichiarazione come richiesta da ogni accordo particolare</i>	Questa dichiarazione è richiesta per particolari condizioni come ad esempio per i colli in un sovrimezzaggio, in un container o in un veicolo, deve essere allegata una dichiarazione dettagliata del contenuto di ogni collo che si trovi nel sovrimezzaggio, nel container o nel veicolo e, se appropriato, di ogni sovrimezzaggio, container o veicolo. Inoltre, lo speditore deve allegare ai documenti di trasporto una dichiarazione concernente le misure da prendere, se il caso, da parte del trasportatore. La

		<p>dichiarazione deve essere redatta nelle lingue giudicate necessarie dal trasportatore o dalle autorità competenti e deve includere almeno le seguenti informazioni:</p> <p>a) Le misure supplementari per il carico, lo stivaggio, il trasporto, la movimentazione e lo scarico del collo, del sovrimezzaggio, del container, comprese, se il caso, le disposizioni speciali da prendere in materia di stivaggio per assicurare una buona dissipazione del calore o una dichiarazione indicante che tali misure non sono necessarie;</p> <p>b) Le restrizioni concernenti il modo di trasporto o il veicolo ed eventualmente le istruzioni per l'itinerario da seguire;</p> <p>c) Le disposizioni da prendere in caso di emergenza, tenuto conto della natura della spedizione.</p>
10	<i>Passaggio in galleria</i>	<p>La completezza della stringa ADR da riportare sul documento di trasporto prevede anche l'apporto del codice previsto per il numero ONU prescelto (per i colli esenti occorre indicare “(-)” e per tutti gli altri colli occorre indicare “(E)”.</p>

Si riportano di seguito due esempi riferiti a due diverse tipologie di spedizione: dei colli esenti e di colli non esenti

UN 2915 - materiale radioattivo, collo di tipo A, 7, (E)

UN 2910 - materiale radioattivo, colli esenti, quantità limitate, 7, (-)

A differenza delle altre merci pericolose, nel caso si spediscono rifiuti radioattivi, non bisogna riportare il termine “rifiuto” nella stringa.

Infine, nel caso la spedizione sia destinata ad un paese estero, l'intera stringa deve essere riportata in italiano e, a scelta, in inglese o francese o tedesco.


Il § 5.4.1.2.5 (*Disposizioni supplementari relative alla classe 7*) del regolamento ADR richiede l'inserimento sul documento di trasporto di ulteriori dati che di seguito vengono sintetizzati:

11	<i>il radionuclide</i>	<p>Deve essere indicato il nome o il simbolo corredato del numero di massa atomica del radionuclide presente nel contenitore.</p> <p>Nel caso si tratti di una miscela occorre indicare una descrizione ovvero i nuclidi che presentano le maggiori restrizioni. Per stabilire la priorità delle restrizioni, è possibile inserire i nuclidi che presentano il limite A2 più basso.</p> <p>ATTENZIONE, tranne nel caso dei colli esenti, ciò che viene indicato in questa voce è ciò che deve anche comparire nelle etichette apposte sul collo (bianca o gialla) nella specifica riga “Contenuto”.</p>
12	<i>Stato fisico o forma chimica...</i>	<p>È facile e comprensibile il riferimento richiesto: solido, liquido o gas e la forma chimica. Tuttavia se viene indicato lo stato di “forma speciale” è necessario essere in possesso, e renderli disponibili al trasportatore, sia di copia del certificato di “forme speciale” emessa dallo stato di appartenenza del produttore della sorgente e in corso di validità, sia della convalida del certificato di approvazione emessa da ISIN, anch’essa in corso di validità.</p>
13	<i>Attività massima...</i>	<p>Il dato richiesto deve essere corredato dalla unità di misura (in questo caso, Becquerel o suoi multipli) e si deve rigorosamente riferire alla attività riferita all’atto della spedizione. Se si riportano altri dati come ad esempio, l’attività a destino, si crea solo una confusione che può generare fraintendimenti alle Autorità di controllo durante il trasporto.</p> <p>Nel caso si tratti della spedizione di materiale fissile, in alternativa si può indicare la massa espressa i grammi o suoi multipli.</p> <p>Nel caso specifico e tipico delle spedizioni di contenitori e sorgenti per CND (controlli non distruttivi) ove il contenitore di trasporto può essere corredato di uno schermo in Uranio impoverito o depleto (Udep) occorrerà indicare sia l’attività della sorgente radioattiva, sia il peso dello schermo protettivo.</p>

		<p>Nel caso di spedizioni di più colli, sul documento di trasporto devono comparire le somme totali di ogni singolo collo e non il solo valore totale della spedizione.</p>
14	<i>categoria del collo...</i>	<p>Si tratta di specificare quale tipologia di etichetta viene applicata al collo in spedizione, indicando:</p> <ul style="list-style-type: none"> - “E” per il collo esente - “B-I” per l’etichetta Bianca-I - “G-II” per l’etichetta Gialla-II - “G-III” per l’etichetta Gialla-III <p>Anche in questo caso è necessario assicurarsi della corrispondenza del dato riportato sul documento di trasporto con le etichette applicate sul collo.</p>
15	<i>l’indice di trasporto...</i>	<p>L’indice di trasporto è un numero corrispondente al massimo rateo dosimetrico letto a 1 metro di distanza ed espresso in mSv/h e moltiplicato per 100³.</p> <p>Questo dato deve essere riportato obbligatoriamente e corrispondente al dato riportato sulle etichette Gialla-II e Gialla-III.</p> <p>I valori corrispondenti sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - G-II → da 0 a 1 - G-III → da 1 a 10 - G-III → maggiore di 10 (in uso esclusivo). <p>La tabella “5.1.5.3.4 – Categoria dei colli...” nella colonna “indice di trasporto” indica il numero “0” per l’etichetta Bianca-I.</p> <p>In modo ripetitivo, il regolamento ADR ricorda che “zero” è un valore e non è un indice di assenza o esclusione.</p> <p>È consigliabile, sul documento di trasporto, alla voce “indice di trasporto” riportare “non applicabile” (ancorché abbreviato) piuttosto che il numero “0”.</p>



³ In precedenza, prima che la normativa imponesse l’impiego delle unità di misura internazionali (attuali), l’esposizione era espressa in mrad/h e mrem/h. Ora l’espressione corretta richiede la misura in mGy/h e in mSv/h: il rapporto tra mSv/h e mrem/h è di 1 a 100.

		<p>Di fatto, sul numero “0” riferito alla etichetta Bianca-I compare il riferimento “a” che riporta “<i>Se l’IT misurato non è maggiore di 0,05, il valore indicato può essere zero in accordo al 5.1.5.3.1(c)</i>” ma occorre ricordare che il limite previsto per l’etichetta Bianca è di 5 $\mu\text{Sv/h}$ a contatto del collo ed è pertanto incongruente definire un limite di dose superiore a 1/10 misurato a 1 metro di distanza, quando questo non è espressamente richiesto e non definito.</p> <p>Nel caso di spedizioni di più colli nel medesimo veicolo, sul documento di trasporto si dovrà riportare anche la somma complessiva degli indici di trasporto presenti.</p>
16	<p><i>per il materiale fissile...</i></p> 	<p>Una chiara indicazione del § pertinente nel caso in cui venga proposta la condizione di spedizione di un “fissile esente”;</p> <p>indicando anche la massa totale in grammi (o multipli) dei nuclidi fissili e infine indicare l’indice di sicurezza (CSI) quando previsto.</p>
17	<p><i>il marchio di identificazione di ogni certificato...</i></p>	<p>Se si tratta di una spedizione che prevede l’emissione di un certificato specifico come ad esempio per un accordo speciale o per materiale radioattivo in forma speciale o per un collo di tipo B o C, sul documento di trasporto si dovrà necessariamente riproporre il “marchio di identificazione” riferito al certificato stesso e applicabile alla spedizione.</p> <p>Per quanto la fornitura del “certificato” non sia condizione obbligatoria nella fase di spedizione (non è necessario fornirlo al trasportatore) è comunque consigliabile, anche per dimostrare la validità e veridicità del dato inserito, che questo accompagni il trasporto per consentire agli organi di vigilanza di constatare la correttezza e congruenza dei dati di spedizione inseriti.</p>
18	<p><i>spedizioni di più colli...</i></p>	<p>Come già specificato in precedenza in alcuni precedenti punti, nel caso di spedizioni di più colli nel medesimo veicolo, le informazioni richieste (variabili come attività, nuclidi, indice di trasporto, ecc.) devono essere inserite per ogni singolo collo.</p>

		Nel caso in cui la spedizione del materiale radioattivo preveda una suddivisione intermedia (ossia la prosecuzione del viaggio in momenti diversi ovvero su diversi veicoli) i documenti di trasporto devono essere appropriati e considerare che devono indicare ciò che realmente viene trasportato.
19	<i>uso esclusivo ...</i>	<p>L'uso esclusivo è definito come l'uso, da parte di un singolo speditore, di un veicolo o di un grande container, per il quale tutte le operazioni iniziali, intermedie e finali di carico, di spedizione e di scarico sono eseguite in accordo con le indicazioni dello speditore o del destinatario, quando ciò sia prescritto dall'ADR.</p> <p>L'uso esclusivo è richiesto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quando si spedisce uno SCO-III; - Quando il rateo di dose superficiale misurato su un collo è superiore a 2 mSv/h (ma < 10 mSv/h); - Quando colli e i sovrimezzi presentano un TI superiore a 10 o un CSI superiore a 50; - Quando vengono spediti più di 45 g di nuclidi fissili (imballato o meno). <p>Sul documento di trasporto deve comparire la dicitura "SPEDIZIONE IN USO ESCLUSIVO"</p>

Nel solo caso della spedizione di colli esenti (UN 2908, 2909, 2910 e 2911) è consentito riportare sul documento di trasporto:

- 1) il numero ONU preceduto dalle lettere "UN"
- 2) Il nome e l'indirizzo dello speditore e del destinatario, e, se del caso,
- 3) il marchio di identificazione di ogni certificato di approvazione di una autorità competente (come già delineato al precedente punto 17).

L'autore desidera ringraziare l'amico Giorgio P. per il costruttivo confronto nella redazione dell'articolo.



We work with Energy
in Radiation Technology

dal 1990 al vostro fianco con strumentazione di alta qualità ed affidabilità per
Fisica Medica, Radiodiagnostica, Medicina Nucleare, Radioprotezione e Radioterapia

CONTAMINAMETRI

SPETTROMETRI PORTATILI

CAMERE A IONIZZAZIONE

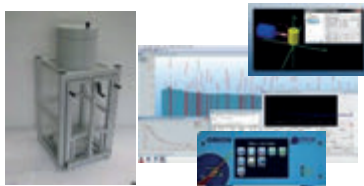
$\alpha\beta\gamma$



PORTALI PER VEICOLI

SPETTROMETRIA FISSA

SPETTROMETRI CZT



MULTIMETRI DIGITALI

FANTOCCI PER CQ



INDEPENDENT X-RAY
QUALITY ASSURANCE



Leeds Test Objects
medical imaging phantoms

PRODUZIONE ELSE SOLUTIONS

PORTE BUNKER

PORTALI OSPEDALIERI

MONITOR PER RIFUTI
CON BILANCIA

CELLE ISOLATORI

MONITORAGGIO
AMBIENTALE



ELSE Solutions S.r.l

Via Carlo Goldoni, 18, 20090 Trezzano sul Naviglio (MI)
Tel: +39 (0)2 48409290 info@elsesolutions.com www.elsesolutions.com

Dal Museo della Radioattività:



Acqua radioattiva Torretta...

Tra le sorgenti di Montecatini si ritrovano anche le acque termali #“Torretta” che sono state definite “acque minerali naturali utilizzate a fini terapeutici “Regio Decreto 28 settembre 1919 n.1924 e s.m”.

Questa bottiglia è il nostro ultimo ritrovamento: molto interessante non solo perché testimonia la presenza di radioattività (per un litro): 0,82 unità mache” e “emanazione di radio: mm³ 2,27 x 10E-10” ma per le date riportate sull’etichetta:

20 settembre #1917 – risultato di analisi batteriologiche
19 novembre #1921 – risultato di analisi chimica
30 dicembre #1927 n. 109 – decreto ministeriale che autorizza la vendita.

Si ritiene che questa bottiglia sia successiva al 1930 in quanto è di quell’anno la formulazione della unità di misura adottata (1 Unità mache = 13,46 Bq).

Dunque, una bottiglia che se non è centenaria, si avvicina molto.

Ma assai curiose le istruzioni d’uso: *“L’acqua Torretta, come tutte le acque di Montecatini è efficace in qualunque epoca dell’anno. Si deve beberla al mattino, a digiuno, nella dose di 2 o 3 bicchieri. Il primo bicchiere si beva d’un fiato, gli altri in più riprese, con brevi intervalli.*

È utile, specialmente nella stagione fredda, scaldarla a bagno-maria. Nei giorni di cura è bene seguire un regime dietetico sobrio e ben regolato, o meglio, quello prescritto dal medico”.

Per il calcolo di intake annuo:

Unità mache: 0,82

nCi/litro: 0,29

Bq/litro: 10,73

intake annuo in kBq: 7,832



Cosa c'entra l'inchiostro con le radiazioni?

Tutti, in una penna stilografica o a sfera, cerchiamo la fluidità e la scorrevolezza del tratto quando scriviamo. Il "trucco" sta nel teflon.

Partendo da un monomero, il tetrafluoroetilene (PTFE), irraggiandolo ad alte energie si produce il cross linking (la reticolazione) e di conseguenza il suo polimero PTFE (politetrafluoroetilene) noto con uno dei suoi nomi commerciali: TEFLON (Brevettato dalla DuPont).

Il teflon è stato scoperto casualmente nel 1938 e presenta proprietà che rendono antiaderente una padella (la TEFAL fu la prima nel 1956 ad introdurre le padelle antiaderenti realizzate con PTFE), guarnizioni di gomma resistenti agli attacchi chimici e gli inchiostri, addizionati con PTFE che per la sua elevata scivolosità li rende molto scorrevoli.

Ad esempio, durante la Seconda guerra mondiale, gli USA non conoscendo lo stato di avanzamento della ricerca nella Germania nazista, correvano nella fase di arricchimento dell'uranio per la produzione della bomba atomica; Il procedimento prevedeva l'uso dell'[hashtag#UF6](#) (esafluoruro di uranio) che purtroppo corrodeva tutte le guarnizioni di qualsiasi tipo esse fossero realizzate; Impiegarono così con successo guarnizioni in PTFE e risolsero il problema.

La reticolazione del TFE per ottenere PTFE avveniva inizialmente per via chimica ma questo procedimento impiegava acidi che producevano effetti negativi sulla salute dei lavoratori. Successivamente si passò alla reticolazione con alte energie, processo che richiede dosi elevate (da 10 a 100 kGy) che possono essere prodotte sia con acceleratori lineari con energie da almeno 800 keV (800 mila elettronvolt) o in impianti con il radionuclide Co60 (Cobalto 60 – energia media di 1,3 MeV).

La radiazione emessa interagisce con il monomero TFE e produce il polimero, in due modi: Scissione della catena e reticolazione. Entrambe le reazioni avvengono simultaneamente, ma solitamente una è dominante, a seconda del monomero e degli additivi coinvolti nel processo.

Ecco perché la nostra penna scorre molto bene su qualsiasi tipo di carta, liscia o ruvida!



Dal 26 marzo 2024 ci troverete anche al Museo Poleni di Padova.

A partire dal 26 marzo, sarà visitabile presso il Museo Giovanni Poleni una nuova mostra temporanea organizzata dal Museo della Radioattività.

La mostra "Radioattività. Dalla natura alla tecnologia" accompagnerà i visitatori alla scoperta avvincente del mondo radioattivo che ci circonda.

Attraverso l'itinerario, si svelerà il ruolo cruciale della radioattività nella nostra esistenza, esplorando la sua presenza naturale e le sue applicazioni tecnologiche. La consapevolezza e la comprensione del fenomeno saranno il cuore pulsante di questo viaggio tra le sale del Museo.

Dal 26 marzo al 31 ottobre - Mostra "Radioattività. Dalla natura alla tecnologia" presso Museo Poleni - via Loredan, 10 - 35131 Padova, presso Dipartimento di Fisica "Galileo Galilei" - Polo didattico.

Sono possibili visite guidate su prenotazione dal lunedì al venerdì. La mostra è inoltre visitabile la domenica nelle ore di apertura del Museo. Disponibili anche visite dedicate alle SCUOLE.



"ISTRUZIONI PER L'EMERGENZA NUCLEARE": Come salvarsi in caso di esplosione atomica. Questo piccolo volume, fornito dal collega e amico Dott. Mario Reggio, è stato edito nel 1986 e probabilmente subito dopo l'incidente di Chernobyl.

Infatti, prima di tale evento non esisteva motivo logico per affrontare un simile argomento con un piccolo volume specialistico.

Un libro autodefinito:

- autoestinguente,
- idrorepellente,
- con mascherina protettiva

I valori di dose legati al rischio di una esplosione, oppure connessi ai limiti di legge dell'epoca sono espressi in millirem, la vecchia unità di misura oramai desueta ma ancora impiegata in occidente, soprattutto negli Stati Uniti. Interessanti e ancora attuali le modalità di immediato intervento o di comportamento in caso di incidente o esplosione nucleare.

A nostro avviso è un libretto che andrebbe aggiornato e contestualizzato alle realtà attuali.



Vino all'URANIO... per la cura del diabete.

Questa era la promessa del "VINO URANE' PESQUI"; un vino definito "medicinale" e venduto in farmacie specializzate: anche in Italia (a Torino esisteva un deposito di questo prodotto).

Si trattava di una bevanda a base di vino Bordeaux nella quale era aggiunto nitrato di Uranio.

L'idea di trattare il diabete con il nitrato di uranio nasce nel 1851 seguendo i principi della omeopatia (della radioattività non si sapeva nulla e i danni a lungo termine erano ancora sconosciuti).

Fu un farmacista francese a seguire l'onda del "vino medicinale" che in quell'epoca spopolava, per promuovere appunto questo prodotto commerciale.

Si vendeva in bottiglie marroni da 750 cc con una etichetta completa di istruzioni per l'assunzione e la raccomandazione di diffidare delle imitazioni che potevano risultare molto pericolose per l'acquirente.

La confezione era corredata da un opuscolo scritto in lingua francese e dal titolo "tratamiento con il vino urané Pesqui".

Il vino "uranato" fu prodotto e commercializzato sino al 1967: le nuove normative sull'utilizzo e commercio di materiale radioattivo erano sempre più stringenti e la ricerca medica (con l'insulina) decretò la fine della Pasquì.

Le bottiglie (vuote) di vino Pasquì sono oggetto di collezione e si possono ancora trovare in negozi specializzati.



L'esperienza Argentina è terminata.

O forse ha creato un preambolo per una collaborazione con MUTEK e CNEA per la realizzazione del loro prossimo Museo fisico.

L'incontro svoltosi presso il Centro Atomico di Bariloche ha visto una nutrita e interessata partecipazione oltre a tanta curiosità.

La nostra presentazione non è rimasta fine a se stessa: ha permesso agli Amici Argentini di vedere dalle immagini e dalle descrizioni, il nostro "modus operandi" per la realizzazione del nostro Museo.

Di sicuro abbiamo lasciato "a bocca aperta" molti partecipanti per alcune notizie riportate durante l'evento.

Perchè questo è anche lo scopo del nostro Museo: riportare alla semplice conoscenza le informazioni del passato e del presente attorno al mondo della radioattività.



INFO ANPEQ - CALENDARIO 2024 - ESAMI EdR

Dalla segreteria ANPEQ

Gentili Soci, si comunica che è stato pubblicato sul sito del Ministero il calendario degli appelli per l'anno 2024 per accedere agli esami da Esperto di Radioprotezione:
<https://www.lavoro.gov.it/temi-e-priorita/salute-e-sicurezza/focus-on/esperti-qualificati/pagine/default>



Esperti di radioprotezione

Nell'ambito della legislazione in materia di salute e sicurezza sul lavoro, la Direzione Generale per la Salute e la sicurezza nei luoghi di lavoro gestisce le procedure per l'**iscrizione all'elenco degli esperti di radioprotezione**.

Gli esperti di radioprotezione sono in possesso della capacità tecnica e professionale necessaria per lo svolgimento dei compiti inerenti alla sorveglianza fisica dei lavoratori esposti a radiazioni ionizzanti, e in possesso dei requisiti di cui all'articolo 129 del decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101 e di cui al decreto del 9 agosto 2022 - Attuazione dell'articolo 129, comma 4, del decreto legislativo 31 luglio 2020, n. 101.

Calendario esami anno 2024

Gli esami di abilitazione per l'iscrizione nell'elenco nominativo degli esperti di radioprotezione della sessione 2024, si svolgeranno secondo il seguente calendario:

- **maggio** 2024 - 13 e 20;
- **giugno** 2024 - 3, 10, 17 e 24;
- **luglio** 2024 - 1 e 8;
- **settembre** 2024 - 9, 16 e 23.

A ciascun candidato sarà data comunicazione, almeno 15 giorni prima dello svolgimento delle prove, dell'ammissione all'esame, delle modalità e della data di effettuazione dell'esame di abilitazione.

Le sedute di esame si svolgeranno presso la sede della Direzione Generale per la Salute e la sicurezza nei luoghi di lavoro sita in Roma, via di S. Nicola da Tolentino, n. 1 (ottavo piano - sala riunioni).

Per i candidati e per coloro i quali volessero assistere agli esami in veste di uditori, l'accesso al piano sarà consentito previa identificazione presso l'Ufficio passi sito al quarto piano del medesimo stabile.

DA 40 ANNI AL VOSTRO FIANCO



40 ANNI
1983-2023

MIT AMBIENTE

www.mitambiente.it

A.N.P.E.Q.

Associazione Nazionale Professionale Esperti Qualificati



«Di confini non ne ho mai visto uno. Ma ho sentito che esistono nella mente di alcune persone.»

(THOR HEYERDAHL, *Esploratore*)