

Una procedura semplice per la valutazione delle efficienze di uno spettrometro gamma con scintillatore per la misura di wipe/smear test di contaminazione



Elio Tomarchio, Mariarosa Giardina, Salvatore Basile

Dipartimento di Ingegneria, Università di Palermo, Viale delle Scienze, Edificio 6, 90128 Palermo (Italy)

e-mail : elio.tomarchio@unipa.it

dipartimento
di ingegneria
unipa

INTRODUZIONE

L'attività di sorveglianza fisica della protezione di cui all'art. 130 del D.Lgs. 101/2020 comprende, se prevista, la misura della eventuale contaminazione superficiale che si può verificare in diverse attività con impiego di sorgenti non sigillate.

La rilevazione della contaminazione radioattiva in una data area può essere effettuata in modo diretto con impiego di adatta strumentazione di misura, tipicamente un contaminometro a larga superficie o, in particolare in presenza di altre sorgenti che possono inficiare le misure, in modo indiretto con dispositivi atti a rimuovere eventuale contaminazione in una data area quali wipe (o smear) test, ossia filtri o salviette più o meno inumidite, da strofinare sull'area di interesse.

La misura del filtro viene effettuata con impiego di un contaminometro a larga superficie ($> 100 \text{ cm}^2$), appositamente tarato, in grado di fornire - per dato radionuclide - un valore di contaminazione superficiale (in Bq/cm^2). Nei casi più complessi si associa una misura spettrometrica gamma con un adatto rivelatore per discriminare i radionuclidi eventualmente presenti e quantificarne l'attività.

In questo lavoro si è voluto elaborare una procedura semplificata per valutare l'efficienza per un filtro di qualsiasi diametro considerando l'impiego di uno spettrometro con scintillatore. Il metodo impiegato consiste nel suddividere l'area di un filtro di wipe (o smear) test in diverse porzioni di area, piccole quanto si vuole, caratterizzando ciascuna porzione con un valore di efficienza di riferimento. L'efficienza complessiva di un filtro a disco di data dimensione si può poi ottenere sommando i diversi contributi delle aree e normalizzando il risultato all'area del filtro. I valori di efficienza di riferimento sono poi computati adottando la semplificazione «Virtual Point Detector (VPD)» con valori e parametri ricavati dalla letteratura specifica. Il confronto con dati sperimentali consente di verificare l'affidabilità della procedura con risultati delle valutazioni tra loro sovrapponibili, considerando gli errori di misura.

MATERIALI E METODI

I dispositivi per la realizzazione di wipe (o smear) test a disco disponibili sono di varia natura e dimensioni. Quelli più usati sono della G/O Corporation mod.800-933-8501, forniti da Brumola ($\Phi=45 \text{ mm}$).

Per la misura dei tests è generalmente impiegato un contaminometro della Berthold mod LB124SC, area di misura 100 cm^2 , ma è previsto anche l'impiego di un sistema spettrometrico basato su uno scintillatore NaI(Tl) $3'' \times 3''$ della Bicron, associato a un multicanale portatile Ortec Nomad Plus (4095 canali) collegato direttamente a un PC via DMA. Come utile termine di confronto, è previsto l'impiego di uno scintillatore $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ della Saint Gobain $2'' \times 2''$ modello Brilliance-380, accoppiato a un multicanale portatile Digibase della Ortec (1024 canali), alimentato e collegato a un PC tramite porta USB. L'avvio delle misure, l'acquisizione degli spettri, la registrazione e l'analisi dei dati sono poi realizzate tramite il software MAESTRO della ORTEC nella sua versione per ambiente Windows. La procedura VPD di valutazione delle efficienze (in Fig. 1 è dato uno schema rappresentativo) si traduce nella relazione

$$\varepsilon(R, r) = \varepsilon(E, 0) \frac{h_0(E)^2}{r^2 + h_0(E)^2}$$

ove $h_0(E)$ è la distanza di VPD rispetto a un punto di riferimento, solitamente il centro del cappuccio del rivelatore. Per confronto e per validare la procedura VPD, sono stati misurati sperimentalmente negli stessi punti sorgenti puntiformi tarate di ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{152}Eu e ^{241}Am fornite da CEA e Amersham.

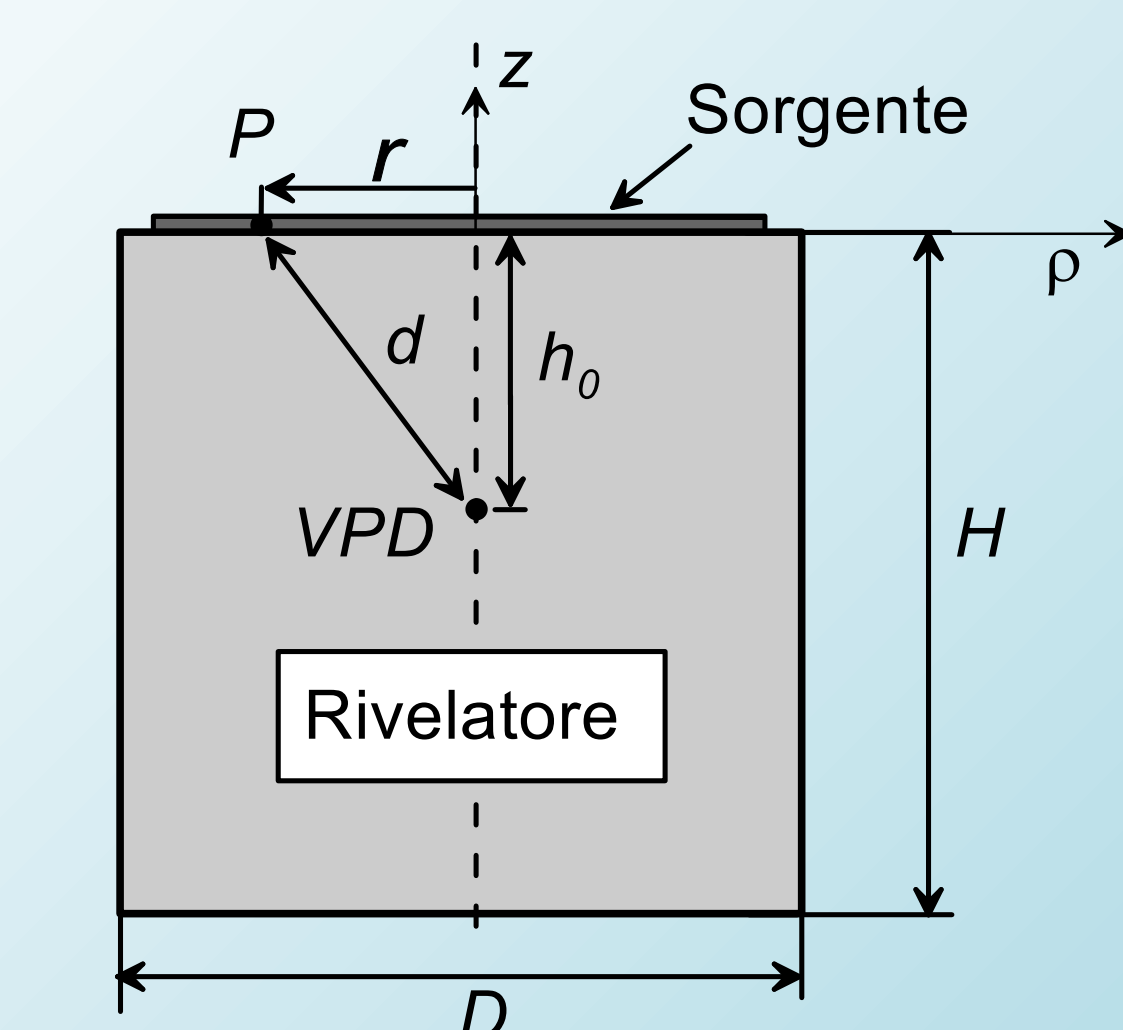


Figura 1 – schema semplificazione VPD.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Verificata la simmetria dei due rivelatori, si è proceduto al calcolo delle efficienze di riferimento nei vari punti selezionati lungo un raggio del rivelatore con la procedura VPD e alle misurazioni sperimentali negli stessi punti. A dimostrazione che l'approssimazione VPD è un valido approccio In Fig. 2 sono posti a confronto gli andamenti sperimentali e VPD delle efficienze normalizzate per il ^{137}Cs e rivelatore NaI(Tl) $3'' \times 3''$.

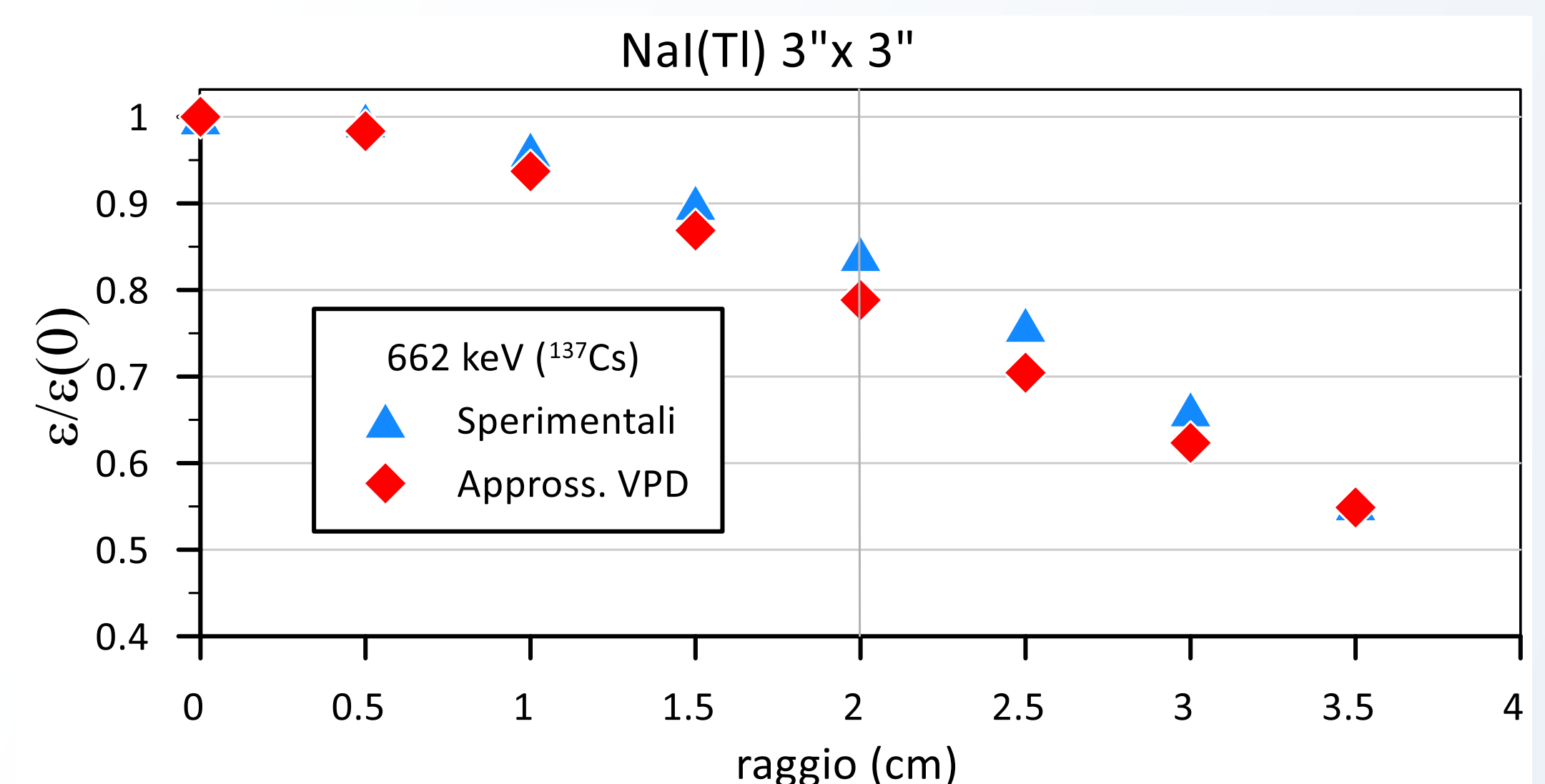


Figura 2 - Confronto tra gli andamenti delle efficienze normalizzate calcolate con l'approssimazione VPD e quelle sperimentali.

Nella Tabella 1 sono riportati per alcune energie significative, il valore della efficienza di filtro $\varepsilon_{\text{wipe}}(E)$ sperimentale e il corrispondente valore VPD, evidenziando la differenza tra i due valori.

Tabella 1 – Confronto tra i valori di efficienza di filtro per alcune energie di riferimento – Dimensioni del filtro pari alla dimensione del rivelatore NaI(Tl) $3'' \times 3''$ ($R=3,81 \text{ cm}$).

Radionuclide	Energia (keV)	Intensità (%)	$\varepsilon_{\text{wipe}}(E)$ sperim.	$\varepsilon_{\text{wipe}}(E)$ VPD	Δ (%)
^{241}Am	60	35,92	0,255	0,221	13,3
^{152}Eu	122	28,41	0,204	0,191	6,4
^{152}Eu	344	26,59	0,160	0,157	1,9
^{137}Cs	662	85,2	0,108	0,103	4,6
^{152}Eu	778	12,97	0,076	0,079	-3,9
^{60}Co	1173	99,83	0,034	0,030	11,8
^{60}Co	1332	99,98	0,033	0,034	-3,0
^{152}Eu	1408	20,85	0,030	0,031	-3,3

La procedura è stata applicata a una salvietta del diametro di 45 mm , impiegata per il maggior numero di tests, con valori di $\varepsilon_{\text{wipe}}(E)_{\text{VPD}}$ molto prossimi a quelli $\varepsilon_{\text{wipe}}(E)_{\text{sperim.}}$.

Infine, la validazione ha riguardato la misura di una foglia di Havar, irradiata in un ciclotrone medico e già caratterizzata (diametro della foglia: 30 mm) e una sorgente di riferimento IAEA di ^{133}Ba (diametro 10 mm). Le valutazioni con efficienza relativa alla dimensione di 30 mm hanno condotto a un valore di attività per il radionuclide ancora presente, ^{60}Co , di 291 Bq (contro un valore previsto di 277 Bq) e per la sorgente IAEA di 16359 Bq (valor previsto 16163 Bq), con differenze non superiori al 5%.

CONCLUSIONI

La procedura semplificata qui proposta, utilizzata per la misura di wipe (smear) test con rivelatori a scintillazione, oltre che essere di facile utilizzo, consente di valutare rapidamente i valori delle efficienze atte a determinare le attività presenti nei campioni. La procedura è immediatamente applicabile a diverse dimensioni dei wipe o smear test. Con l'adozione dei dati reperibili in letteratura per il valore della distanza $h_0(E)$ del VPD, l'unico dato sperimentale che deve essere disponibile è l'efficienza puntiforme al centro del rivelatore ($h=0$) per data energia, valore generalmente disponibile per un sistema spettrometrico di misura. Il confronto tra i valori sperimentali e quelli ottenuti con l'applicazione della approssimazione VPD evidenzia un errore accettabile in relazione alle applicazioni e agli errori di misura sperimentale.