

Valutazione della MDA nella caratterizzazione di rifiuti radioattivi

Fabio GUELI¹, Roberto ACCORSI², Francesco ROMANO¹

EC, Joint Research Centre, ¹Direttorato R - Safety, Security and Site Management Ispra, ² Direttorato G - Unità di disattivazione degli impianti nucleari

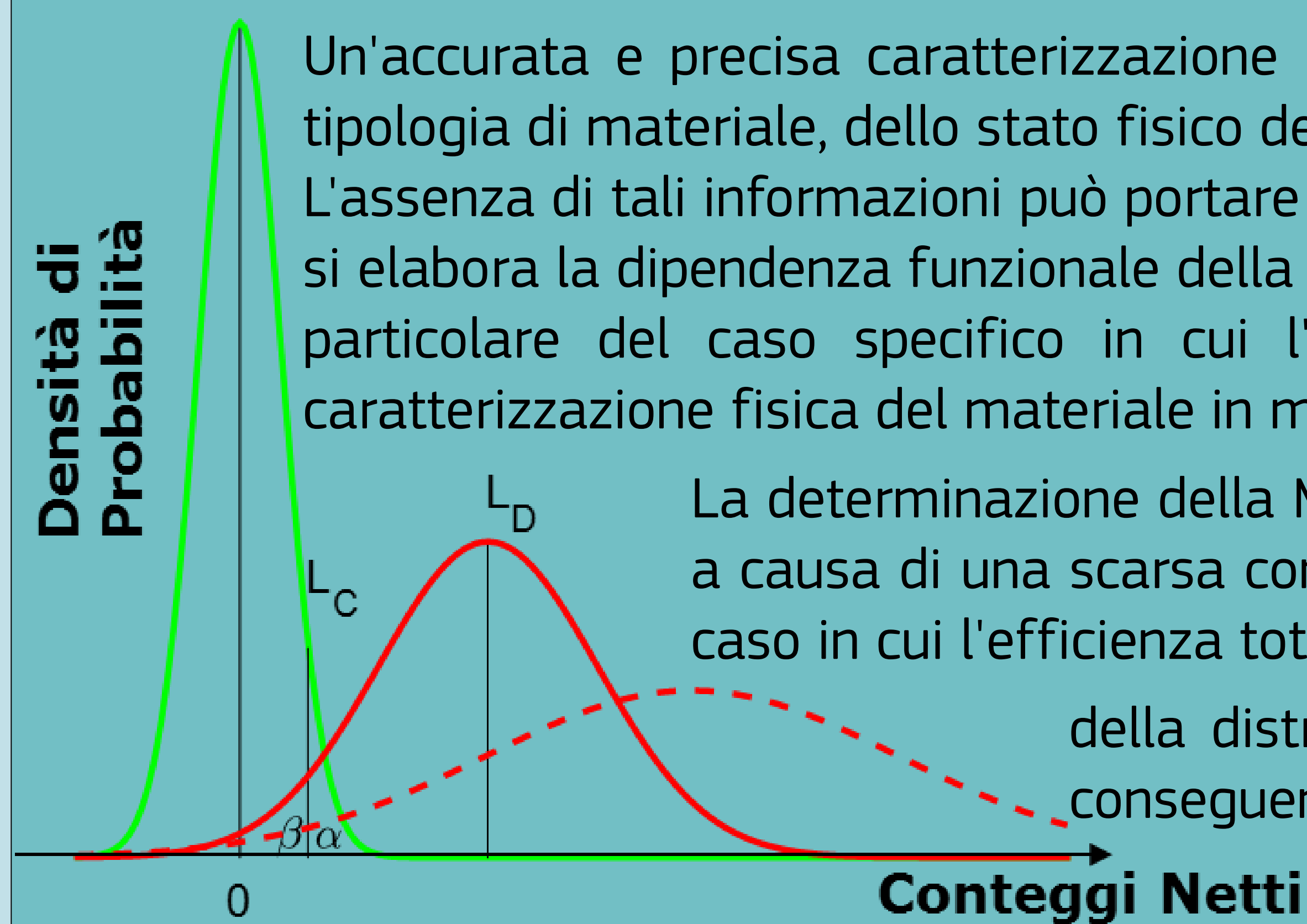
Fabio.gueli@ec.europa.eu

Introduzione

Un'accurata e precisa caratterizzazione radiologica non distruttiva di rifiuti radioattivi richiede la conoscenza dettagliata della tipologia di materiale, dello stato fisico del contenuto e delle modalità di riempimento dei contenitori.

L'assenza di tali informazioni può portare a incertezze di misura incompatibili con lo scopo delle misure stesse. Nel presente lavoro si elabora la dipendenza funzionale della MDA - Minimum Detectable Activity - dai principali parametri di misura tenendo conto in particolare del caso specifico in cui l'efficienza totale di conteggio non sia nota, per esempio a causa dell'incompleta caratterizzazione fisica del materiale in misura.

La determinazione della MDA, può risultare critica, infatti, in tutti i casi in cui l'efficienza di conteggio non sia nota a causa di una scarsa conoscenza dello stato fisico (grado di riempimento, materiali) del contenuto dei rifiuti. Nel caso in cui l'efficienza totale di conteggio non sia nota da un punto di vista qualitativo si avrà un allargamento della distribuzione relativa dei conteggi associati alla misura del campione radioattivo con una conseguente variazione dell'MDA.



Valutazione dell'MDA in caso di efficienza non nota

$$L_D = k\sqrt{2\text{var}[B_1]} + k\sqrt{\text{var}[L_D]} + 2B_1 + 2\text{var}[B_2] \implies \frac{L\bar{\epsilon}}{k} - \sqrt{2B_1} = \sqrt{L^2\sigma_\epsilon^2 + L\bar{\epsilon} + 2B_1 + 2b_2^2\sigma_\epsilon^2 + 2b_2\bar{\epsilon}}$$

$$\left(\frac{\bar{\epsilon}^2}{k^2} - \sigma_\epsilon^2\right)L^2 - \left(2\sqrt{2B_1}\frac{\bar{\epsilon}}{k} + \bar{\epsilon}\right)L - 2b_2(b_2\sigma_\epsilon^2 + \bar{\epsilon}) = 0$$

Se $\bar{\epsilon} > k\sigma_\epsilon$

$$MDA = \frac{L}{Yt} = \frac{2\sqrt{2B_1}k + k^2}{2\left(1 - k^2\frac{\sigma_\epsilon^2}{\bar{\epsilon}^2}\right)\bar{\epsilon}Yt} \left(1 + \sqrt{1 + 2\left(1 - k^2\frac{\sigma_\epsilon^2}{\bar{\epsilon}^2}\right)B_2\frac{B_2\frac{\sigma_\epsilon^2}{\bar{\epsilon}^2} + 1}{\left(\sqrt{2B_1} + \frac{k}{2}\right)^2}}\right)$$

Con:

L =fotoni emessi dalla sorgente

Y = "branching ratio"

t =tempo di conteggio

k =probabilità di errore di prima/seconda specie

B_1 =Conteggi di fondo ambientale

B_2 =Conteggi di fondo originato dalla sorgente stessa

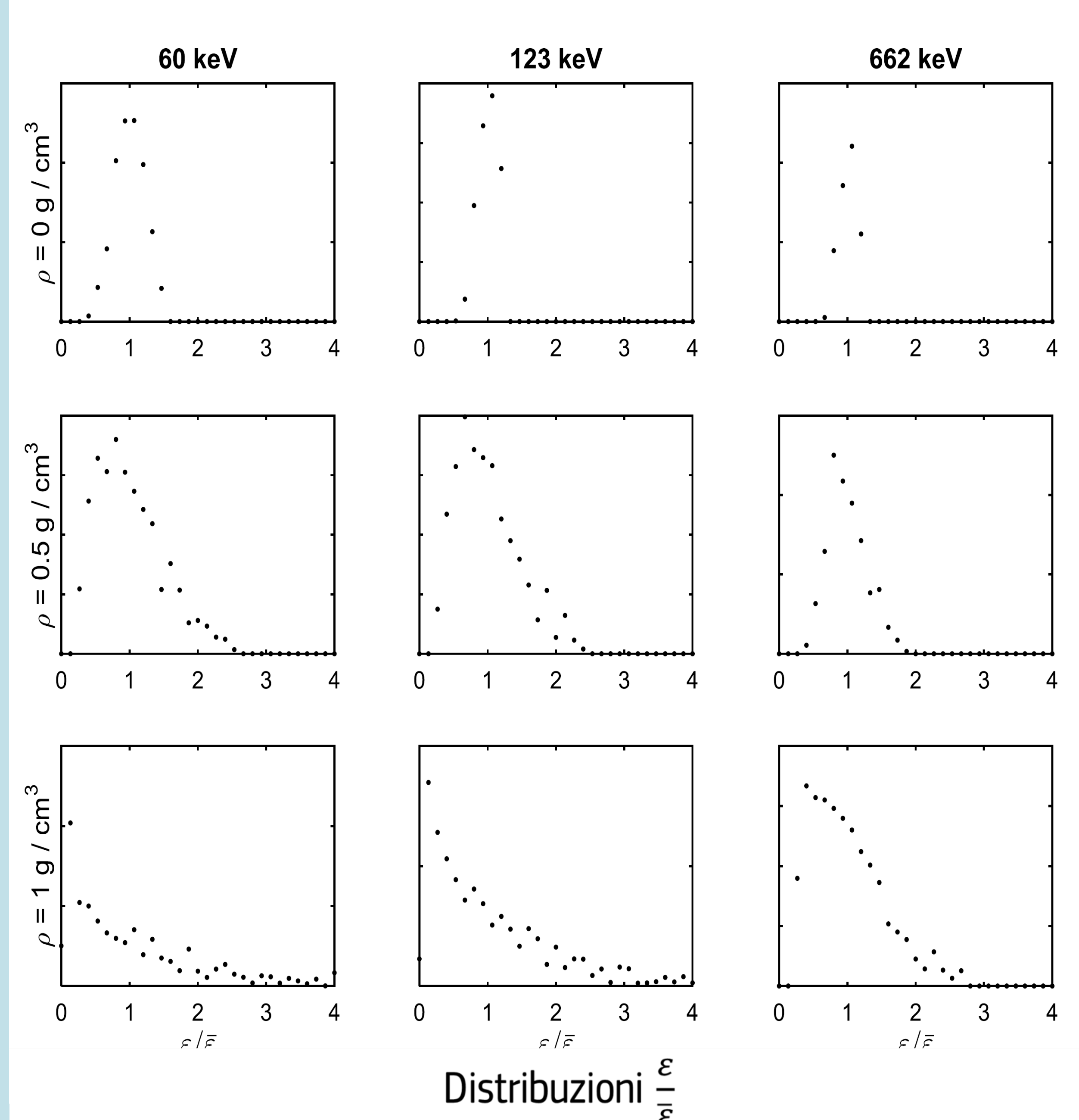
$\bar{\epsilon}$ = efficienza di conteggio

σ_ϵ^2 = varianza associata all'efficienza

Analisi Monte Carlo

Il rapporto $\frac{\sigma_\epsilon}{\bar{\epsilon}}$ varia considerevolmente al variare della densità del fusto, ne risulta che altrettanto estremamente variabile sarà l'MDA nelle diverse condizioni

Le distribuzioni $\frac{\epsilon}{\bar{\epsilon}}$ sono estremamente variabili e possono avere andamenti molto diversi da quelli previsti per distribuzioni gaussiane. In particolare a basse energie tale discrepanza diventa molto rilevante e risulta impossibile associare alla distribuzione di probabilità qualunque andamento tipico di una distribuzione centrata intorno al valore medio.



Distribuzioni $\frac{\epsilon}{\bar{\epsilon}}$

Mean of the ratio $\sigma_\epsilon / \bar{\epsilon} \pm 1$ standard deviation (1 standard deviation / mean %)

ρ [g/cm ³]	μ [cm ² /g]		
	Polyethylene 0.197 Iron 1.205 (60 keV)	Polyethylene 0.163 Iron 0.259 (123 keV)	Polyethylene 0.089 Iron 0.073 (662 keV)
0	0.229 ± 0.003 (1.4%)	0.141 ± 0.005 (3.4%)	0.124 ± 0.003 (2.6%)
0.5	0.448 ± 0.008 (1.6%)	0.46 ± 0.01 (3.0%)	0.283 ± 0.006 (2.0%)
1	0.94 ± 0.03 (3.5%)	0.86 ± 0.02 (2.8%)	0.54 ± 0.02 (2.9%)

Valori di $\frac{\sigma_\epsilon}{\bar{\epsilon}}$ per diverse energie gamma e densità dei materiali

The European Commission's science and knowledge service

Joint Research Centre

EU Science Hub: ec.europa.eu/jrc @EU_ScienceHub Joint Research Centre

EU Science Hub - Joint Research Centre EU Science Hub