

**DIPARTIMENTO TEMATICO RADIAZIONI**  
**Struttura Semplice 21.01 – Radiazioni ionizzanti**

**TITOLO**

**Misure in doppio di rateo di dose gamma in campo - Cunicolo esplorativo de “la Maddalena”**

**Allineamento misure acquisite ARPA/Venaus scarl**

**Relazione tecnica n.677 /IR**

Il sistema di gestione qualità è certificato ISO 9001:2008 da SAI GLOBAL ITALIA

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

## INDICE

	<b>pag</b>
1 Premessa	3
2 Caratteristiche tecniche degli strumenti di misura e metodo applicato.	3
3 Comparazione dei risultati acquisiti e allineamento misure di rateo di dose gamma.	5
3.1 Misure in doppio di rateo di dose all'interno del cunicolo esplorativo e sul cumulo di smarino.	5
4 Conclusioni	8

### **ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

## 1 Premessa

Nella presente relazione viene descritto il metodo applicato per l'allineamento delle misure di rateo di dose gamma ambientale acquisite in doppio nel corso del sopralluogo presso il cantiere de "la Maddalena", da Arpa con uno scintillatore plastico *Automess* e da Venaus scarl con un rateometro *Atomtex* (vedi verbale Arpa n.11/IV/2015 del 28/05/2015). Vengono, pertanto, riportate le misure di rateo di dose acquisite sia internamente al cunicolo che sui cumuli di smarino presso l'area di deposito temporaneo dello stesso e calcolati i fattori moltiplicativi da utilizzarsi per la correzione delle misure sperimentali.

## 2 Caratteristiche tecniche degli strumenti di misura e metodo applicato.

Per confrontare ed allineare le misure di rateo di dose acquisite in campo da strumenti diversi è necessario conoscere la loro risposta in funzione dell'energia fotonica dei raggi gamma emessi

Il rateometro *Atomtex* è stato tarato presso il centro di taratura "Comecer" di Castel Bolognese (RA) – certificato di taratura Lat 065 15231/S/06/15 del 15/06/2015 mentre l'*Automess* è stato tarato presso il centro LAT del Politecnico di Milano in data 07/05/2014 (Certificato di taratura LAT104 349/2014).

In base ai certificati di taratura, i valori di rateo di dose sperimentali devono essere moltiplicati per un fattore di taratura  $F_c$ , il cui valore dipende dall'energia dei raggi gamma, cioè:

$$\dot{H} = F_c \dot{H}_{MIS} \quad (1)$$

dove:

$\dot{H}$  = valore corretto di rateo dose

$F_c$  = fattore di taratura dello strumento, variabile in funzione dell'energia dei fotoni

$\dot{H}_{MIS}$  = valore misurato dallo strumento

### **ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)

Nelle figure 1 e 2 sono riportate, rispettivamente per i due strumenti “Automess” e “Atomtex”, le curve di risposta del fattore di taratura  $F_c$  in funzione dell’energia dei raggi gamma, ottenute mediante interpolazione parabolica dei valori sperimentali.

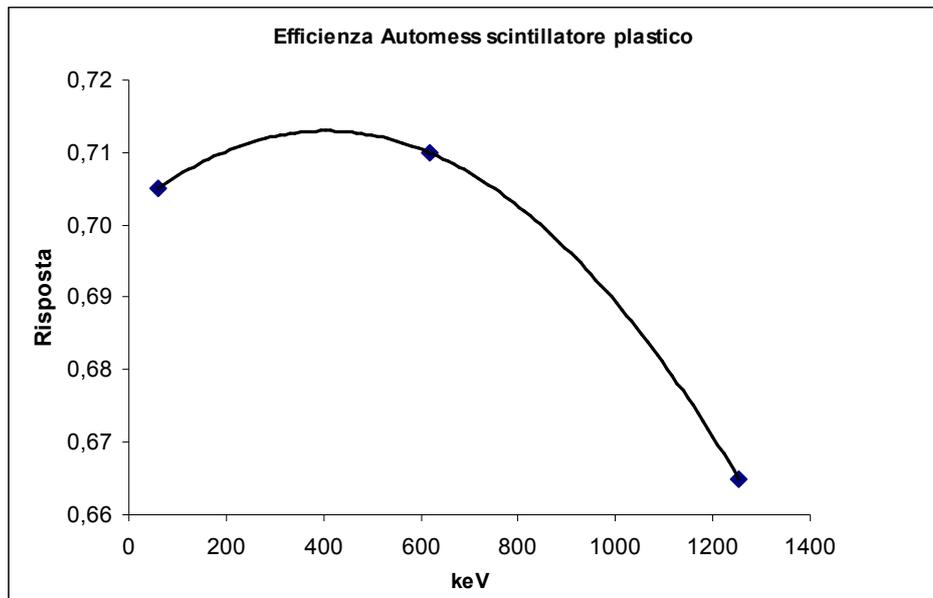


Figura 1: curva di risposta del fattore  $F_c$  in funzione dell’energia gamma – “Automess”

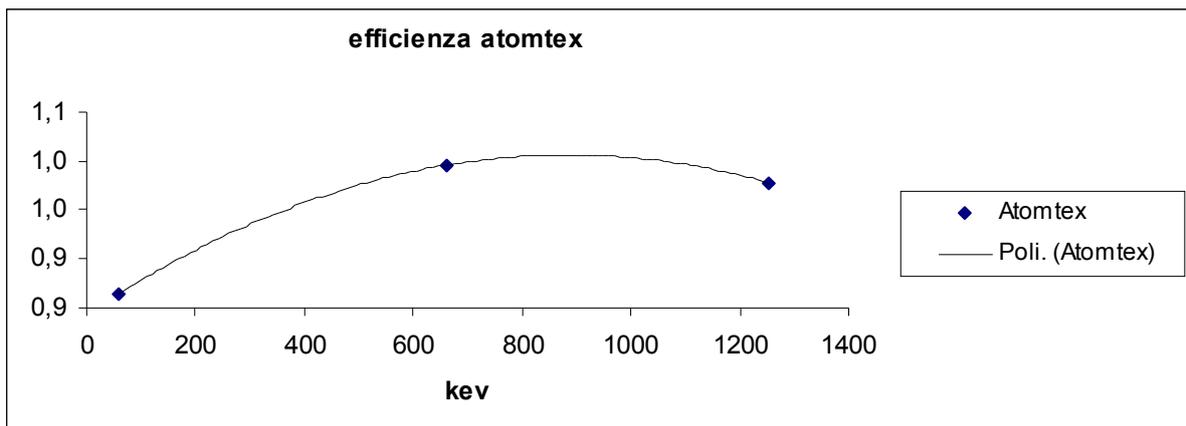


Figura 2: curva di risposta del fattore  $F_c$  in funzione dell’energia gamma – “Atomtex”

### 3 Comparazione dei risultati acquisiti e allineamento misure di rateo di dose gamma.

#### 3.1 Misure in doppio di rateo di dose all'interno del cunicolo esplorativo e sul cumulo di smarino.

Le misure di rateo di dose gamma rivelate da Arpa e Venaus entro il cunicolo esplorativo e sul cumulo 64 di smarino – piazzola P2 sono riportate in tabella 1.

Punto di misura	rateo di dose Arpa (nSv/h) rateometro AUTOMESS	rateo di dose Venaus (nSv/h) rateometro ATOMTEX
Fondo su piazzale	80	47
smarino	173	99
smarino	182	100
cunicolo - geiger pk 3 + 172 m	122	86
cunicolo pk 1 + 560 m	163	116
cunicolo pk 1 + 200 m	185	133
cunicolo pk 0 + 900 m	230	160
cunicolo pk 0 + 550 m	254	180
cunicolo pk 0 + 200 m	121	94

Tabella 1: confronto Arpa / Venaus - valori di rateo di dose gamma dentro il cunicolo e sui cumuli di smarino

Per poter allineare i valori di rateo di dose acquisiti dai due strumenti di misura Arpa e Venaus scarl, in primo luogo, si è operata la sottrazione del fondo per le misure effettuate sui cumuli di smarino, mentre sono stati considerati tali e quali i valori di rateo misurati all'interno del cunicolo, dove si ha una completa schermatura dai raggi cosmici.

Si è quindi calcolato, per entrambi gli strumenti, il fattore correttivo  $F_{c_{medio}}$  relativo alle emissioni gamma di tutti i radionuclidi naturali presenti nel materiale di scavo.

Il fattore  $F_{c_{medio}}$  è stato stimato conoscendo i radionuclidi presenti nello smarino, le loro concentrazioni di attività (tabella 2: analisi di spettrometria gamma su un campione di

#### ARPA Piemonte

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

smarino prelevato in data 28/05/2015 dal cumulo 64 - Piazzola P2), le energie fotoniche, le probabilità di emissione e le curve di taratura degli strumenti alle varie energie fotoniche (Figure 1 e 2) in base alla seguente formula:

$$FC_{medio} = \frac{\sum_{i=1}^n FC_i \cdot C_i \cdot \gamma_i}{\sum_{i=1}^n C_i \cdot \gamma_i} \quad (2)$$

nella quale:

$FC_i$  = fattore di calibrazione corrispondente alla i-esima energia fotonica.

$C_i$  = concentrazioni di attività dei radionuclidi presenti nella roccia

$\gamma_i$  = i-esima probabilità di emissione di energia fotonica

Spettrometria gamma su campione di smarino		
Serie	Radionuclide	Concentrazione di attività Bq/Kg (incertezza 2s)
$^{238}\text{U}$	$^{234\text{m}}\text{Pa}$	2,66E+1 ± 1,24E+1
	$^{226}\text{Ra}$	2,90E+1 ± 4,4E+00
	$^{214}\text{Pb}$	2,65E+1 ± 3,1E+00
	$^{214}\text{Bi}$	2,55E+1 ± 2,7E+00
	$^{210}\text{Pb}$	/
	$^{210}\text{Po}$	/
$^{232}\text{Th}$	$^{228}\text{Ac}$	3,13E+1 ± 3,2E+00
	$^{212}\text{Pb}$	2,68E+1 ± 3,3E+00
	$^{212}\text{Bi}$	2,24E+1 ± 2,7E+00
	$^{208}\text{Tl}$	1,06E+1 ± 1,1E+00
$^{235}\text{U}$	$^{235}\text{U}$	2,54E+1 ± 1,3E+00
	$^{40}\text{K}$	8,49E+2 ± 7,8+1

Tabella 2:analisi di spettrometria gamma sul campione di smarino prelevato in data 28/05/2015.

Applicando l'equazione (2) si ottiene:

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

- $FC_{medio}^{Arpa} = 0,647 \pm 4\%$  per il rateometro di Arpa\*
- $FC_{medio}^{Venaus} = 0,936 \pm 4,6\%$  per il rateometro di Venaus\*

\*l'incertezza di  $F_c$  è stata stimata con Metodo Montecarlo di Inferenza Statistica

La consistenza del metodo applicato trova riscontro assumendo per  $FC_{medio}^{Arpa}$  il valore di cui sopra e imponendo la condizione:

$$FC_{medio}^{Arpa} \overset{\bullet}{H}^{Arpa} = FC_{medio}^{Venaus} \overset{\bullet}{H}^{Venaus} \quad (3)$$

si ottiene per il rateometro *Atomtex* il seguente fattore correttivo:

$$- FC_{medio}^{venaus} = 0,90$$

che risulta confrontabile, entro l'incertezza di misura, con il fattore calcolato utilizzando la sua curva di taratura.

Correggendo, pertanto, i risultati sperimentali acquisiti da Arpa e da Venaus, a confronto nella tabella 3, si evidenzia un soddisfacente allineamento delle misure acquisite con diversa strumentazione.

Punto di misura	Rateo di dose Arpa corretto (nSv/h)	Rateo di dose Venaus corretto (nSv/h)
smarino	60	49
smarino	66	50
cunicolo - geiger pk 3 + 172 m	79	81
cunicolo pk 1 + 560 m	106	109
cunicolo pk 1 + 200 m	120	125
cunicolo pk 0 + 900 m	149	150
cunicolo pk 0 + 550 m	164	169
cunicolo pk 0 + 200 m	78	88

Tabella 3: confronto Arpa / CMC valori di rateo di dose gamma corretti con fattore di calibrazione per i dati Arpa e Venaus –acquisizioni entro il cunicolo e su smarino.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Dipartimento Tematico Radiazioni

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it

#### 4 Conclusioni

L'allineamento delle misure di rateo di dose gamma acquisite in doppio presso il cunicolo de "la Maddalena" in data 28/05/2015 con i due strumenti indipendenti: *Automess* di Arpa e *Atomtex* di Venaus, è stato ottenuto calcolando i rispettivi fattori di taratura corrispondenti alle emissioni gamma presenti in campo. Il metodo applicato consiste nell'utilizzo dei dati riportati sul certificato di taratura per ottenere, tramite interpolazione lineare, la risposta dello strumento in funzione delle varie energie fotoniche. Il fattore di taratura  $Fc_{medio}$  corrispondente ad un valore di energia associato al materiale di scavo è stato calcolato considerando i contributi di tutte le emissioni dei radionuclidi naturali, presenti nello smarino, che vengono pesati sulle probabilità di emissione e sulle concentrazioni di attività.

Quindi, al fine di avere una corretta risposta dell'*Atomtex* alle misure in campo, occorrerà utilizzare per la strumentazione in uso da Venaus scari  $Fc_{medio}^{Venaus} = 0,936$  come fattore moltiplicativo per i valori di rateo di dose acquisiti sia internamente al cunicolo che sui cumuli di smarino, in quest'ultimo caso dopo aver operato la sottrazione del fondo.

Per quanto riguarda la taratura del geiger - Mueller collocato sulla TBM, una stima approssimativa potrà essere ottenuta confrontando i valori forniti con quelli rilevati dall'*Atomtex*.

**ARPA Piemonte**

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

**Dipartimento Tematico Radiazioni**

Struttura Semplice Radiazioni Ionizzanti

Via Jervis 30 – 10015 Ivrea – Tel. 0125 64511 – fax 0125645384 - E-mail: [radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it](mailto:radiazioni.ionizzanti@arpa.piemonte.it)