

DIPARTIMENTO TEMATICO RADIAZIONI
Struttura Semplice 21.01 – Radiazioni ionizzanti

TITOLO

Interconfronto Arpa – Consorzio Eraclito
Misure di rateo di dose gamma in campo - Cunicolo esplorativo de “la Maddalena”
Allineamento misure acquisite
Relazione tecnica n. 632/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

INDICE

	pag
1 Premessa	3
2 Caratteristiche tecniche degli strumenti e modalità di misura.	3
3 Comparazione dei risultati acquisiti e allineamento misure di rateo di dose gamma.	5
3.1 Misure in doppio di rateo di dose gamma – sorgente di ¹³⁷ Cs	5
3.2 Misure in doppio di rateo di dose all'interno del cunicolo esplorativo.	6
3.3 Misure in doppio di rateo di dose gamma su cumulo di smarino.	8
4 Conclusioni	9

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

1 Premessa

In data 18/12/2013, nel corso di un sopralluogo nell'area di cantiere del cunicolo esplorativo de "La Maddalena", era stata eseguita una comparazione tra le misure di rateo di dose sul cumulo di smarino – piazzola P2, acquisite da Arpa con scintillatore plastico Automess e quelle acquisite dal Consorzio Eraclito con rateometro Atomtex (verbale 16/IV/2013 del 18/12/2013). Risultando una differenza tra i valori di rateo di dose in aria misurati dai due strumenti pari a circa il 35% (170 nSv/h per Arpa e 110 nSv/h per CMC, Consorzio Eraclito), si provvedeva pertanto a concordare un ulteriore sopralluogo in cantiere, finalizzato all'effettuazione un interconfronto sistematico dei due sistemi di misura con lo scopo di allineare i valori misurati da Arpa e da CMC (Consorzio Eraclito).

Nella presente relazione vengono riportati i risultati di tale interconfronto, eseguito nel corso del sopralluogo effettuato da Arpa Piemonte in data 22/01/2014 (verbale in allegato) presso il cantiere con misure in doppio su una sorgente di ^{137}Cs , sul cumulo 10 di smarino – piazzola P3 e all'interno del il cunicolo esplorativo.

2 Caratteristiche tecniche degli strumenti e modalità di misura.

Le misure di rateo di dose sono state effettuate da Arpa con uno scintillatore plastico *Automess* e dal Consorzio Eraclito con rateometro *Atomtex*, le cui principali caratteristiche sono elencate in tabella 1.

	RATEOMETRO ARPA	RATEOMETRO CMC
DENOMINAZIONE	Scintillatore plastico AUTOMESS	Scintillatore plastico ATOMTEX
LETTORE	615AD	AT1117M
SONDA	615AD-b/H	BDKG-05
RANGE DI ENERGIA NOMINALE DI LAVORO	38 keV - 7 MeV	50 keV - 3 MeV
RANGE RATEO DOSE γ IN ARIA	10 nSv/h - 100 μ Sv/h	30 nSv/h - 100 μ Sv/h
CERTIFICATO TARATURA	n.565/2006 centro SIT Politecnico di Milano	/

Tabella 1:caratteristiche tecniche rateometro Arpa e CMC

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

Lo strumento Arpa, come risulta dalla tabella, è stato tarato presso il centro SIT del Politecnico di Milano. In base a tale taratura, i valori di rateo di dose forniti dallo strumento devono essere moltiplicati per un fattore di calibrazione 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 calibrazione dello strumento, variabile in funzione dell'energia dei fotoni

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

Nella seguente figura è mostrata la curva di risposta del fattore di calibrazione F_c in funzione dell'energia dei raggi gamma.

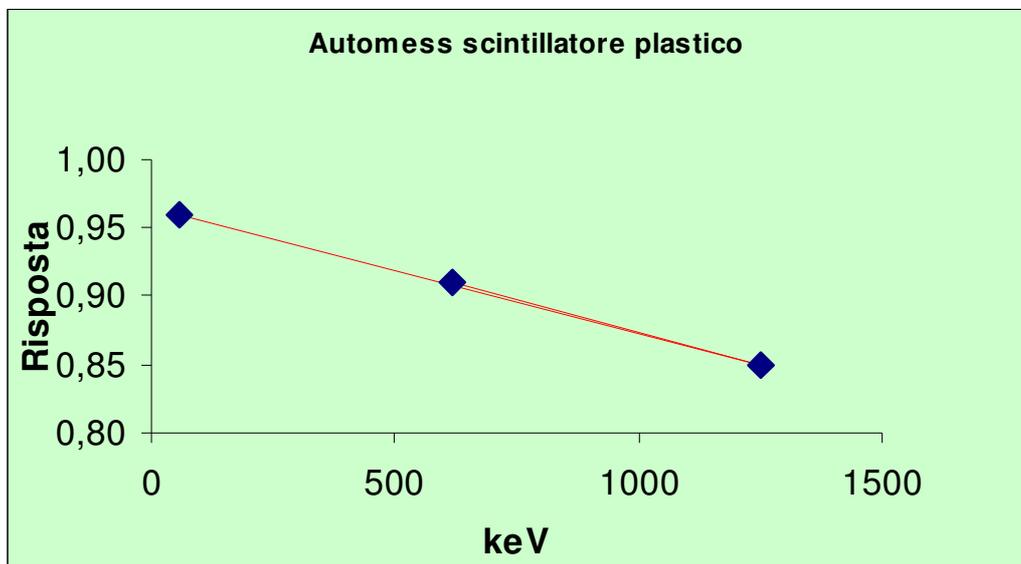


Figura 1: curva di risposta del fattore F_c in funzione dell'energia gamma – Rateometro Arpa

In particolare, nel caso dei fotoni gamma emessi dal ^{137}Cs (661,7 keV), vale $F_{C137\text{Cs}} = 0,91$.

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

L'interconfronto è stato effettuato paragonando le misurazioni registrate dai due strumenti che sono state eseguite con le seguenti modalità:

- Presso uffici cantiere: acquisizione valori di rateo di dose a distanze prestabilite da una sorgente di ^{137}Cs di attività nota (Attività iniziale: $4,03\text{E}+1 \pm 2\%$ KBq – Attività alla data sopralluogo: $3,47\text{E}+1 \pm 8,06\text{E}-1$ KBq);
- All'interno del cunicolo: acquisizione valori di rateo di dose, in varie posizioni: a pK 250 sulla parete laterale ed al centro del cunicolo e misura al fronte scavo su parete laterale (circa pK 300);
- Presso cumulo 10 di smarino – piazzola P3 (accumulo recente): acquisizione valori di rateo di dose.

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

3.1 Misure in doppio di rateo di dose gamma – sorgente di ^{137}Cs

I valori di rateo di dose rilevati sono stati trattati nel seguente modo:

- per i dati Arpa, sottrazione del valore di fondo e poi, sul valore di rateo di dose netto, moltiplicazione per il fattore di taratura $F_{C^{137}\text{Cs}} = 0,91$
- per i dati CMC, si è invece semplicemente effettuata una sottrazione del fondo; la risposta dello strumento al Cs-137 è stata assunta pari a 1.

La tabella 2 riporta il confronto dei valori rivelati dopo la correzione e la sottrazione del fondo:

Sorgente di ^{137}Cs			
distanza (cm)	rateo di dose Arpa (nSv/h)	rateo di dose Arpa (nSv/h)	rateo di dose CMC (nSv/h)
	rateometro AUTOMESS	corretto	rateometro ATOMTEX
10	227	198	177
5	565	506	507

Tabella 2: confronto valori Arpa di rateo di dose corretti con misure di rateo Atomtex - ^{137}Cs

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

Si nota un perfetto allineamento dei valori per quanto riguarda la misura a 5 cm e uno scarto di circa l'11% per la misura a 10 cm.

3.2 Misure in doppio di rateo di dose all'interno del cunicolo esplorativo.

Le misure di rateo di dose gamma rivelate da Arpa e da CMC sul cumulo 10 – piazzola P3 e nel cunicolo esplorativo sono riportate in tabella 3.

Per questi dati non si è proceduto alla sottrazione del fondo perché, trattandosi di misure effettuate nel sottosuolo, dove si ha una schermatura completa dai raggi cosmici, il rateo di dose misurato è di fatto completamente addebitabile alla radioattività presente nelle rocce.

Punto di misura	rateo di dose Arpa (nSv/h)	rateo di dose CMC (nSv/h)
	rateometro AUTOMESS	rateometro ATOMTEX
cunicolo pk250 parete	310	220
cunicolo pk250 centro	220 - 225	150
fronte scavo pk 310	185 - 190	130 - 135

Tabella 3: confronto Arpa / CMC valori di rateo di dose gamma dentro il cunicolo

In questo caso, per allineare i valori di rateo di dose, letti da i due strumenti di misura, è necessario conoscere i fattori di calibrazione degli strumenti nelle specifiche condizioni di misura. Dal momento che per lo strumento di CMC non è disponibile la curva di risposta del fattore di calibrazione in funzione dell'energia, è stato possibile eseguire il calcolo solo per lo strumento Arpa. A tal fine si è tenuto conto delle emmissione gamma di tutti i radionuclidi naturali presenti nelle rocce, per i quali ci si è riferiti ai risultati di un'analisi di spettrometria gamma eseguita con un rivelatore al Germanio iperpuro (vedi tabella 4).

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

Spettrometria gamma su campione di smarino		
Serie	Radionuclide	Concentrazione di attività Bq/Kg (incertezza 2s)
²³⁸ U	²³⁴ Pam	6,02E+1 ± 2,01E+1
	²²⁶ Ra	5,77E+1 ± 8,0E+00
	²¹⁴ Pb	5,10E+1 ± 6,1E+00
	²¹⁴ Bi	4,79E+1 ± 5,2E+00
	²¹⁰ Pb	/
	²¹⁰ Po	/
²³² Th	²²⁸ Ac	4,02E+1 ± 4,1E+00
	²¹² Pb	4,35E+1 ± 5,5E+00
	²¹² Bi	2,73E+1 ± 3,2E+00
	²⁰⁸ Tl	1,36E+1 ± 1,5E+00
²³⁵ U	²³⁵ U	< 1,62E+00
	⁴⁰ K	1,08E+3 ± 1,0E+2

Tabella 4:analisi di spettrometria gamma su campione di smarino

Noti i radionuclidi presenti nello smarino, le loro concentrazioni di attività, le energie fotoniche e le probabilità di emissione e la curva di taratura dello strumento *Automess* alle varie energie fotoniche si è ricavato il fattore di calibrazione medio relativo alle misure nel cunicolo, FC_{medio}^{Arpa} , utilizzando la seguente formula:

$$FC_{medio}^{Arpa} = \frac{\sum_{i=1}^n FC_i^{Arpa} \cdot C_i \cdot \gamma_i}{\sum_{i=1}^n C_i \cdot \gamma_i}$$

nella quale:

FC_i^{Arpa} = fattore di calibrazione Arpa corrispondente alla i-esima energia fotonica.

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

C_i = concentrazioni di attività dei radionuclidi presenti nella roccia

γ_i = i-esima probabilità di emissione di energia fotonica

Facendo i conti si ricava $F_{C_{medio}}^{Arpa} = 0,85$. Quindi, in base all'equazione (1), sono stati corretti i risultati sperimentali di Arpa che vengono quindi riportati in tabella 5.

Punto di misura	rateo di dose Arpa corretto (nSv/h) rateometro AUTOMESS	rateo di dose CMC (nSv/h) rateometro ATOMTEX
cunicolo pk250 parete	263	220
cunicolo pk250 centro	188	150
fronte scavo pk 310	160	130 - 135

Tabella 5: confronto Arpa / CMC valori di rateo di dose gamma dentro il cunicolo dopo correzione con fattore di calibrazione per i dati Arpa

A questo punto poiché vale:

$$F_{C_{medio}}^{Arpa} \overset{\bullet}{H}^{Arpa} = F_{C_{medio}}^{CMC} \overset{\bullet}{H}^{CMC}$$

si può calcolare il $F_{C_{medio}}^{CMC}$ per CMC.

Sviluppando i conti si ricava $F_{C_{medio}}^{CMC} = 1,22$ per lo strumento Atomtex. Il valore è stato ottenuto come media a partire dai dati di tabella 5.

3.3 Misure in doppio di rateo di dose gamma su cumulo di smarino.

Le misure di rateo di dose gamma rivelate da Arpa e da CMC sul cumulo 10 – piazzola P3 sono riportate invece in tabella 6. In questo caso, poiché si opera all'aperto, è necessario sottrarre il fondo.

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

Punto di misura	rateo di dose Arpa (nSv/h)	rateo di dose CMC (nSv/h)
	rateometro AUTOMESS	rateometro ATOMTEX
fondo ambientale	90	47
smarino cumulo 10	69	59

Tabella 6: confronto Arpa / CMC valori di rateo di dose gamma presso i cumuli di smarino dopo sottrazione del fondo e correzione con fattore di calibrazione per dati Arpa

Applicando il medesimo ragionamento illustrato nel precedente paragrafo 3.2, si ricava in questo caso per il fattore correttivo CMC, $F_{medio}^{CMC} = 1,17$. Si tratta di un valore molto simile a quello trovato nel caso del cunicolo.

4 Conclusioni

Dalle misure in doppio di rateo di dose gamma presso il cunicolo de “la Maddalena” in data 22/01/2014, condotte per allineare la risposta degli strumenti Automess di Arpa Piemonte e Atomtex del Consorzio Eraclito (CMC), sono stati calcolati i fattori correttivi da utilizzarsi da CMC per le misure sullo smarino e all’interno del cunicolo. Visti valori molto simili riscontrati nei due casi, si ritiene che, ai fini operativi, i dati di CMC debbano essere corretti con un unico fattore medio, da utilizzarsi sia per le misure presso i cumuli che all’interno del cunicolo. Cioè:

$$F_{medio}^{CMC} = 1,20$$

Tale valore potrà essere eventualmente variato al variare delle condizioni ambientali, cioè al variare della composizione della miscela di radionuclidi naturali presenti nella roccia. Anche per questo motivo è importante, periodicamente, verificare le concentrazioni di radionuclidi tramite l’analisi di spettrometria gamma sullo smarino, come più volte richiamato da Arpa (si veda in particolare la lettera Prot. n.533 del 22/01/2014).

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