



ASSOCIAZIONE NAZIONALE PROFESSIONALE  
ESPERTI QUALIFICATI IN RADIOPROTEZIONE



Ministero dell'Interno  
DIPARTIMENTO DEI VIGILI DEL FUOCO  
DEL SOCCORSO PUBBLICO E DELLA DIFESA CIVILE

## ***Convegno***

### **La gestione delle Emergenze NR**

Collaborazione tra VV.F. e GER - ANPEQ

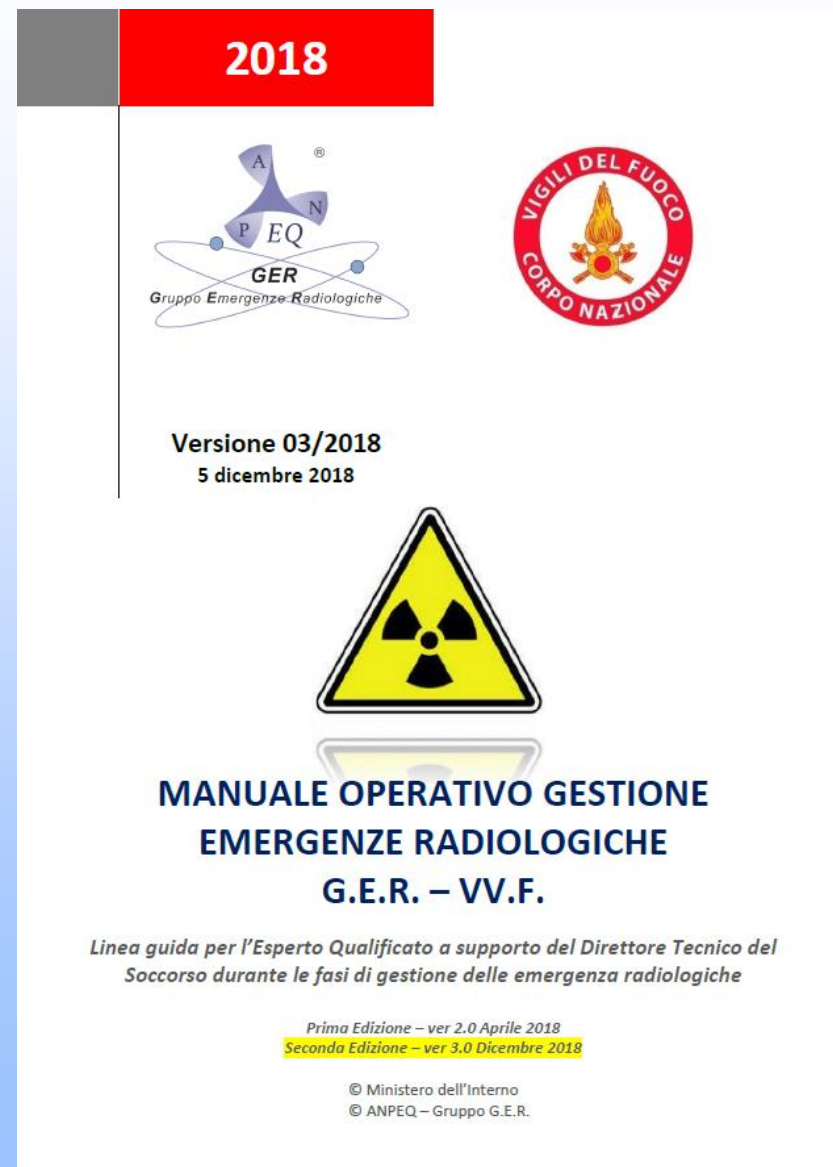
***Esempi di valutazione di alcuni parametri di  
radioprotezione  
in caso di emergenze NR***

Carlo-Maria Castellani (GER - ANPEQ)  
[casteuti@inwind.it](mailto:casteuti@inwind.it)

*Istituto Superiore Antincendi*  
**17 Novembre 2020**

# Scopi del Manuale operativo

- Lo scopo del manuale è quello di “formare” i componenti del GER per rendere sufficientemente omogenei i comportamenti e le risposte degli EdR chiamati a supportare in campo i VVF.
- Dare un supporto al personale VVF nella **definizione delle zone** (operazioni di zonizzazione);
- Fornire un ausilio nell'identificazione di **operazioni** atte a **mitigare** i rischi nei vari scenari;
- Valutazione dei **rischi per la salute** degli operatori delle varie agenzie presenti (VVF, ASL, PS etc.);
- Valutazione dei rischi per la **salute della popolazione**;
- Collaborazione con il personale sanitario nell'individuazione delle procedure migliori per il **trattamento di pazienti contaminati** e/o irraggiati.



# Finalità

- La finalità principale del Manuale ANPEQ GER è quella di fornire uno **strumento aggiornato** per la presa in carico del problema radiologico da parte del EdR GER
- Finalità sono quindi:
  - **Aggiornamento** delle procedure in relazione alla più aggiornata bibliografia.
  - **Omogeneità** di intervento su tutto il territorio nazionale
  - Struttura per **tre** diverse **tipologie** di valutazioni richieste per eventi NR.
  - **Esemplificazioni** da utilizzare in campo per affrontare le diverse tipologie di eventi NR
- È stato elaborato da un gruppo di lavoro VVF – ANPEQ-GER

## Tipologie di interventi presenti nel manuale

- Le tipologie di valutazioni sono riconducibili a tre grandi macro aree:

- A. Valutazioni da effettuare durante l'intervento**
- B. Valutazioni relative alle operazioni per personale di soccorso, feriti, popolazione**
- C. Casi particolari : Incendio e sversamento**

- Paragrafi 5, 6 e 7 del manuale.



# Metodologie di VALUTAZIONE dell'EdR

Nei tre paragrafi 5 6 e 7 vengono presentate in relazione alla tipologia di intervento e alle valutazioni da eseguire, le metodologie pratiche raccomandate agli EdR che intervengono in campo in relazione alle diverse fattispecie che si vengono a presentare.

**Nota : tutte le valutazioni eseguite sono basate sui valori numerici misurati in campo dal personale VVF e quindi hanno la affidabilità connessa alla tipologia degli strumenti impiegati ed alla loro taratura.**

Modalità di utilizzo delle tabelle. In ogni tabella vengono riportati :

- Nella prima colonna la **descrizione** della valutazione a cui si è chiamati a rispondere
- Nella colonna successiva sono riportati i **documenti di riferimento** e le procedure ivi presentate per poter soddisfare le valutazioni richieste
- Nell'ultima colonna la descrizione di un **esempio di richiesta di valutazione** specifica, con valori numerici, e che può servire da guida al singolo EdR.

# Tabelle presenti nel manuale

## Esempio di stime di attività

Azione	Descrizione della valutazione a cui si è chiamati a rispondere	Fonti e materiali (procedure)	Esempio da risolvere
4	<i>Fare stime di attività (ordine di grandezza) sulla base delle misure di rateo di dose alle distanze indicate</i>	<p>Verificare se la strumentazione legge in Ka (Kerma in aria) o in H*(10) (equivalente di dose ambientale).</p> <p>Reperire i valori corretti delle costanti gamma specifiche per H*(10) (da Agenda Protex). Costante gamma per dose assorbita Gy/h per sorgente puntiforme è reperibile in Tab. 6.2 pag. 35 Manuale CeVAD. Oppure utilizzare i coefficienti CF6 o CF7 di Table E1 pag. 88 di IAEA-TECDOC-1162. -APPENDICE - A -</p> <p>Valutazione di A/D: Table II-2 pag. 45 di IAEA RS-G-1.9. Per <math>^{60}\text{Co}</math> D = 0.03 TBq o Table 1 pag. 3 di EPR D- Values-2006.</p> <p>Verifica della tipologia della sorgente mediante valore di A/D e Table 1 pag. 6 di IAEA RS-G-1.9.</p>	<p>Valutare l'attività A di una sorgente di <math>^{60}\text{Co}</math> che determina un rateo di equivalente di dose ambientale di 45 mSv/h (in termini di H*(10)) a 5 m.</p> <p>Quale è il suo valore D? Quanto vale A/D? È una sorgente pericolosa? Che tipo di sorgente è?</p>



# Valutazioni da effettuare durante l'intervento

L'EdR avrà a disposizione un “**VF sentinella**” che fornirà tutte le info necessarie come:

- Disposizione delle sorgenti
  - Distanze tra addetti e sorgente
  - Disposizione dei mezzi di soccorso
  - Personale di accesso diretto alla sorgente
  - Tempi di intervento delle squadre di primo intervento
- E fungerà da tramite tra EdR GER e scenario incidentale.

- **Stime di attività**
- **Stima di schermature**
- **Stime di rateo di dose**
- **Stime di tempi**



## Esempio 1 – Tipologia 1

Valutazione di attività da una misura di equivalente di dose ambientale

- Valutare l'attività  $A$  di una sorgente di  $^{60}\text{Co}$  (cioè supposto noto il radionuclide) che determina un rateo di equivalente di dose ambientale di **45 mSv/h** (in termini di  $H^*(10)$ ) a **5 m**.
- Quale è il suo valore  $D$ ?
- Quanto vale  $A/D$ ?
- È una sorgente pericolosa?
- Che tipo di sorgente è?



## Esempio 1

Recuperare i parametri utili

- Reperire i valori corretti delle costanti gamma specifiche per H\*(10) (da Agenda Protex). oppure APPENDICE - A del manuale .

Valutazione mediante coefficiente di dose per H\*(10) da Agenda Protex . Valore per  $^{60}\text{Co}$  =  $0.3564 \text{ (mSv.m}^2\text{)/(h.GBq)}$  .

Rateo di dose a 1 m = 25 volte il rateo di dose ad 5 m . Da cui :

$$45 * 25 = 1125 \frac{\text{mSv}}{\text{h}} @ 1\text{m}$$

Considerando il coefficiente di dose

$$\frac{1125}{0.3564} = 3157 \text{ GBq}$$

Il valore della sorgente in Ci vale

$$\frac{3157 \text{ GBq}}{37 \text{ GBq / Ci}} = 85.3 \text{ Ci}$$

# Esempio 1

Il valore di  $D$  per il  $^{60}\text{Co}$  vale da Tabella II-2 pag. 45 di IAEA RS-G-1.9,  $D = 0,03 \text{ TBq} = 30 \text{ GBq}$ .

Il valore di  $A/D$  vale

$$\frac{A}{D} = \frac{3157 \text{ GBq}}{30 \text{ GBq}} = 105$$

TABLE II-2. ACTIVITY<sup>a</sup> CORRESPONDING TO A DANGEROUS SOURCE ( $D$  VALUE<sup>b</sup>) FOR SELECTED RADIONUCLIDES, AND MULTIPLES THEREOF

Radionuclide	$1000 \times D$		$10 \times D$		$D$		$0.01 \times D$	
	TBq	Ci <sup>c</sup>	TBq	Ci <sup>c</sup>	TBq	Ci <sup>c</sup>	TBq	Ci <sup>c</sup>
Am-241	6.E+01	2.E+03	6.E-01	2.E+01	6.E-02	2.E+00	6.E-04	2.E-02
Am-241/Be	6.E+01	2.E+03	6.E-01	2.E+01	6.E-02	2.E+00	6.E-04	2.E-02
Au-198	2.E+02	5.E+03	2.E+00	5.E+01	2.E-01	5.E+00	2.E-03	5.E-02
Cd-109	2.E+04	5.E+05	2.E+02	5.E+03	2.E+01	5.E+02	2.E-01	5.E+00
Cf-252	2.E+01	5.E+02	2.E-01	5.E-00	2.E-02	5.E-01	2.E-04	5.E-03
Cm-244	5.E+01	1.E+03	5.E-01	1.E+01	5.E-02	1.E+00	5.E-04	1.E-02
Co-57	7.E+02	2.E+04	7.E+00	2.E+02	7.E-01	2.E+01	7.E-03	2.E-01
Co-60	3.E+01	8.E+02	3.E-01	8.E+00	3.E-02	8.E-01	3.E-04	8.E-03

## Esempio 1

Il valore  $A/D$  vale 105.  
Dalla Tabella 1 di pag. 6 di IAEA RS-G-1.9 si evince che ci si trova di fronte a una sorgente di Categoria 2 ( $A/D$  tra 10 e 1000) e si tratta di una sorgente di gammagrafia industriale o di una sorgente di brachiterapi con **rateo di dose medio/alto**.

TABLE 1. RECOMMENDED CATEGORIES FOR SOURCES USED IN COMMON PRACTICES

Category	Source <sup>a</sup> and practice	Activity ratio <sup>b</sup> ( $A/D$ )
1	Radioisotope thermoelectric generators (RTGs) Irradiators Teletherapy sources Fixed, multi-beam teletherapy (gamma knife) sources	$A/D \geq 1000$
2	Industrial gamma radiography sources High/medium dose rate brachytherapy sources	$1000 > A/D \geq 10$
3	Fixed industrial gauges that incorporate high activity sources <sup>c</sup> Well logging gauges	$10 > A/D \geq 1$
4	Low dose rate brachytherapy sources (except eye plaques and permanent implants) Industrial gauges that do not incorporate high activity sources <sup>c</sup> Bone densitometers Static eliminators	$1 > A/D \geq 0.01$
5	Low dose rate brachytherapy eye plaques and permanent implant sources X ray fluorescence (XRF) devices Electron capture devices Mossbauer spectrometry sources Positron emission tomography (PET) check sources	$0.01 > A/D$ and $A > \text{exempt}^d$

## Esempio 2 – Tipologia 1

- **Schermare** la sorgente di  $^{60}\text{Co}$  di attività valutata in precedenza mediante Pb, Fe , acqua o calcestruzzo in modo che il rateo di equivalente di dose ambientale sia uguale a **1  $\mu\text{Sv/h}$  ad 1 metro** dalla sorgente
- Quanti strati emivalenti (HVL) devono essere interposti ?
- A cosa corrispondono in termini di Pb, Fe, acqua e calcestruzzo ?

## Esempio 2

- Per calcolare la schermatura della sorgente da  $3157 \text{ GBq} = \mathbf{85.3 \text{ Ci}}$  valutata in modo che il rateo di equivalente di dose ambientale a 1 m (dopo schermatura  $\dot{H}_S^*$ ) sia pari a  $\mathbf{1 \text{ } \mu\text{Sv/h}}$  si dovranno interporre il numero di HVL valutati dalla seguente equazione
- (si consideri che il rateo di equivalente di dose ambientale a 1 m dalla sorgente ( $\dot{H}_0^*$ ) è stato valutato pari a  $1125 \text{ mSv/h}$ )

$$\dot{H}_S^* = \dot{H}_0^* \cdot \frac{1}{2^{n_{HVL}}} \quad \frac{\dot{H}_S^*}{\dot{H}_0^*} = 2^{-n_{HVL}} \quad \ln\left(\frac{\dot{H}_S^*}{\dot{H}_0^*}\right) = -n_{HVL} \ln(2) \quad n_{HVL} = -\frac{\ln\left(\frac{\dot{H}_S^*}{\dot{H}_0^*}\right)}{\ln(2)}$$

- Da cui  $n_{HVL}$  vale

$$n_{HVL} = -\frac{\ln\left(\frac{0.001 \text{ mSv/h}}{1125 \text{ mSv/h}}\right)}{\ln(2)} = 20.1$$

## Esempio 2

- Usare i vari valori di HVL per i diversi radionuclidi in Pb e altri materiali (es. acqua, calcestruzzo o Fe). Valori di HVL sono espressi in **cm** in Tab. E2 pag. 90 di IAEA- TECDOC-1162.
- APPENDICE - A

TABLE E2. HALF VALUE LAYER (HVL)  $d_{1/2}$

The  $d_{1/2}$  is the thickness of a substance that, when introduced in the path of a beam of radiation, reduces the exposure rate by one-half. Values are given for "good geometry" for which build-up of secondary radiation is not important.

Radionuclide	$d_{1/2}$ [cm]					
	Lead <sup>a</sup>	Iron <sup>a</sup>	Al <sup>a</sup>	Water <sup>a</sup>	Air <sup>b</sup>	Concrete <sup>a</sup>
H-3	0	0	0	0	0.00E+00	0
Fe-59	0.94	1.59	4.51	10.58	9.10E+03	5.02
Co-60	1	1.66	4.65	10.99	9.42E+03	5.2
Ni-63	0	0	0	0	0.00E+00	0

## Esempio 2

- ▶ I valori di 1 HVL sono quindi pari a 1 cm, 1.66 cm , 10.99 cm e 5.2 cm rispettivamente per Pb. Fe, acqua e calcestruzzo.
- ▶ Per la schermatura totale occorrono quindi :
- ▶ **20.1** cm di **Pb**
- ▶ 33.4 cm di Fe
- ▶ **220.9** cm di **acqua**
- ▶ 104.5 cm di calcestruzzo.
- ▶ Indicare questo al Direttore tecnico del soccorso e lasciare a lui la scelta sul materiale più facilmente approvvigionabile in loco.



## Esempio 3 – Tipologia 1

- Stimare la dose al personale di supporto presente a 200 m dalla sorgente di  $^{60}\text{Co}$  stimata in precedenza per tempo di attività 3 ore.
- Il rateo di dose a 1 m della sorgente di  $^{60}\text{Co}$  valutata in precedenza è pari a 1125 mSv/h. Si considera la sorgente puntiforme per cui il rateo di  $H^*(10)$  a 200 m sarà

$$\dot{H}_{200}^* = 1125 * \frac{1^2}{(200)^2} = 0.028 \text{ mSv/h}$$

- Per un complessivo di 3 ore la dose assorbita dal personale di supporto vale :

$$H_{200}^* = \dot{H}_{200}^* \cdot t = 0.028 \text{ mSv/h} * 3 = 84 \text{ }\mu\text{Sv}$$

- Non si sono tenute qui in conto eventuali schermature interposte tra sorgente puntuale e personale di supporto.
- La dose è **più di 12 volte inferiore** al limite annuale per gruppo particolare della popolazione pari a 1 mSv

## Esempio 3

- **Stimare il tempo di accesso alla sorgente indicata per la sua messa in sicurezza, entro schermatura, operando a 80 cm (pinze da 30 cm + braccio).**
- Il tempo è compatibile con l'operazione da fare (massima dose pari a 1 mSv)?
- Occorre fare l'operazione con tele-pinze (distanza complessiva 1.5 m) o con metodologie remotizzate?

## Esempio 3

- Per posizionare la sorgente entro la schermatura si permane a 0.8 m. Se non bisogna superare 1 mSv in tutta l'operazione si valuta il tempo necessario per operare in modo che il corpo permanga a **80 cm** (con pinze da 30 cm + braccio).
- Il rateo di equivalente di dose ambientale a 80 cm vale =

$$\dot{H}_{0.8}^* = 1125 * \frac{1^2}{(0.8)^2} = 1758 \text{ mSv/h}$$

- Il tempo per assorbire 1 mSv vale :

$$t_1 = \frac{1}{(1758)} = 5.7E-4 \text{ h} = 2.05 \text{ s}$$

## Esempio 3

- Cioè **circa 2 secondi** ! L'operazione di messa in sicurezza **non possibile** !
- L'operazione sarebbe più agevole con una tele-pinza da 1.5 m + 50 cm braccio per cui il corpo rimane a **2 m**.
- Il **tempo per 1 mSv** sarebbe in tal caso pari a **12.8 s** : tempo ragionevole per operare in sicurezza.
- Occorre fare prove a freddo e prendere dimestichezza con tele-pinze così lunghe.

## Tipologia 2

20

# Valutazioni relative alle operazioni per personale di soccorso, feriti, popolazione

- ➡ Stime di dose alla pelle
- ➡ Stime di dose al midollo osseo rosso.



## Esempio 4 – Tipologia 2

- Un infortunato ha una concentrazione **superficiale sulla pelle** ( $100 \text{ cm}^2$ ) pari a  $2000 \text{ Bq/cm}^2$  di  $^{137}\text{Cs}$ . (occorre conoscere la contaminazione in termini di  $\text{Bq/cm}^2$ )
- Valutare la **dose alle cellule basali** (ipotesi 2 ore di permanenza prima della decontaminazione).
- Verificare le **azioni da intraprendere**.
- Usare tabella del coefficiente di dose in ( $\text{Gy}/(\text{Bq.s/cm}^2)$ ) allo strato basale delle cellule come indicato da colonna 5 di Tab. 16 pag. 80 di EPR-D-Values-2006 (es.  $4.4\text{E}-10 \text{ Gy}/(\text{Bq.s/cm}^2)$  per  $^{137}\text{Cs}$ ).
- Confrontare con valori di Occupational Intervention Levels (OIL) di Tab. D12 pag .87 IAEA-EPR-Medical-2005. In particolare con OIL2.

## Esempio 4

- Il contaminato ha sulla pelle una concentrazione superficiale di 2000 Bq/cm<sup>2</sup>.

TABLE 16. INHALATION COMMITTED ABSORBED DOSE AND CONTAMINATION  
ABSORBED DOSE CONVERSION FACTORS

Radionuclide <sup>a</sup>	Inhalation			Contamination
	Red marrow	Respiratory tract Low LET	Respiratory tract High LET	Basal membrane of the skin
	DF <sub>2,III</sub> <sup>L+H</sup> (Δ) <sup>b</sup>	DF <sub>3E,III</sub> <sup>L</sup> (Δ) <sup>c</sup>	DF <sub>3E,III</sub> <sup>HS</sup> (Δ) <sup>d</sup>	DF <sub>6E,V</sub> <sup>L</sup> <sup>e</sup>
	(Gy/Bq)	(Gy/Bq)	(Gy/Bq)	(Gy/(Bq×s/cm <sup>2</sup> ))
H-3	2.2E-12	5.4E-12	NG <sup>f</sup>	0.0E+00
C-14	6.5E-12	1.1E-09	NG	8.8E-11
Cs-134	1.1E-10	2.3E-09	NG	3.0E-10
Cs-137+	6.5E-11	2.9E-09	NG	4.4E-10

- Il coefficiente di dose è pari a 4.4E-10 Gy/(Bq.s.cm<sup>-2</sup>)
- La concentrazione superficiale integrata nel tempo vale

$$2000 \frac{\text{Bq}}{\text{cm}^2} * 2 \text{ h} * 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 1.44E+7 \frac{\text{Bq} * \text{s}}{\text{cm}^2}$$



## Esempio 4

- E la dose allo strato basale vale :

$$1.44E+7 \left[ \frac{Bq * s}{cm^2} \right] * 4.4E-10 \left[ \frac{Gy}{\frac{Bq * s}{cm^2}} \right] = 6.34E-3 \text{ Gy} = 6.34 \text{ mGy}$$

- Il limite di dose annuale per la **dose alla pelle** nella popolazione è **50 mSv** in un anno : il valore pertanto è circa **8 volte inferiore** al limite annuale.
- Dalla Tabella di EPR-Medical del 2005 si ha che la concentrazione misurata è superiore al livello di intervento operativo 2 (OIL2) : 1000 Bq/cm<sup>2</sup>

## Esempio 4

- Oil2 è il limite operativo di intervento che per i radionuclidi beta –gamma è pari a **1000 Bq/cm<sup>2</sup>**

TABLE D12. SKIN CONTAMINATION OPERATIONAL INTERVENTION LEVELS (OILS)

OIL	Alpha	Beta/gamma		Low toxicity beta/gamma <sup>10</sup>	Actions
	Bq/cm <sup>2</sup>	Bq/cm <sup>2</sup>	mSv/h <sup>11</sup>	Bq/cm <sup>2</sup>	
OIL-2	>1E2	2.5 1E3	0.2-0.3 μSv/h measured in low background area	>1E5	<p>particular for pregnant women).</p> <p><b>Advisable</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prevent inadvertent ingestion.</li> <li>- Limit spread of contamination.</li> <li>- Decontaminate.</li> <li>- Give stable iodine prophylaxis if radioiodine is involved.</li> <li>- Consider registry for long term medical follow-up.</li> <li>- Perform comprehensive psychological counselling (in particular for pregnant women).</li> </ul>

- Una azione è “Advisable” : **Decontaminare e prevenire lo spread della contaminazione. Considerare un follow-up protratto.**

## Esempio 5 - Tipologia 2

- Valutare **dose per effetti deterministici al RBM** (midollo osseo rosso) da irraggiamento esterno del personale intervenuto, da comunicare al medico curante.
- **Gli addetti del primo intervento sono stati 30 minuti mediamente a 1 m dalla sorgente  $^{60}\text{Co}$  di cui all'esempio 1.**
- Che dose (in Gy-eq) hanno ricevuto al RBM ?
- Sono a rischio di effetti immediati ?

## Esempio 5

- Gli addetti sono stati mediamente per 30 minuti = **0.5 h** a **1 m** dalla sorgente di 3.16 TBq = **85.3 Ci**.
- Il coefficiente di dose al RBM per effetti deterministici è presente in Table 15, pag. 71 col. 3 di EPR-D-Values-2006

Radionuclides <sup>a</sup>	Adjacent source	Distant source
	Soft tissue	Red marrow
	AF <sub>1,I</sub> <sup>b</sup>	AF <sub>2,II</sub> <sup>c</sup>
	((Gy-Eq)/ (Bq×s))	((Gy-Eq)/ (Bq×s))
Ca-41	0.0E+00	0.0E+00
Co-58	1.0E-14	1.7E-17
Co-58m +	1.0E-14	1.7E-17
Co-60	2.4E-14	<b>4.1E-17</b>

<sup>c</sup> RBE-weighted dose rate in the red marrow at a distance of 1 metre from the source.

- Vale **4,1E-17 (Gy-eq/(Bq\*s)) @ 1 m**

## Esempio 5

- L'esposizione totale a 1 m vale :

$$3,16E+12 \text{ Bq} * 0,5 \text{ h} * 3600 \text{ s} / \text{h} = 5.69E+15 \text{ Bq} * \text{s}$$

- La dose al RBM vale :

$$5.69E+15 \text{ [Bq} * \text{s]} * 4.1E-17 \text{ [Gy} - \text{eq} / (\text{Bq} * \text{s})] = 0.23 \text{ [Gy} - \text{eq]}$$

- Il Limite di dose da EPR D-Values – Pag. 27 vale : 1 Gy . **Si è a più di 4 volte al di sotto del limite.** Non si è a rischio di reazioni tissutali immediate.

TABLE 7. ACTION LEVELS OF PROJECTED ABSORBED DOSE TO THE ORGAN OR TISSUE IN LESS THAN 2 DAYS

Target organ or tissue	Action level
	(Gy)
Whole body (red marrow)	1
Lung	6
Skin	3
Thyroid	5
Lens of the eye	2
Gonads	3

## Tipologia 3

# Valutazioni relative a casi particolari quali incendio o sversamento

- Stime di **concentrazione in aria** sulla base del rateo di equivalente di dose ambientale (unico radionuclide)
- Stima di **concentrazione superficiale sul terreno** sulla base del rateo di dose al suolo.
- Stima dell' **attività superficiale** di uno sversamento (spillage) sulla base del rateo di equivalente di dose ambientale misurato sopra di esso.



# Tabella delle costanti più utilizzate : $^{60}\text{Co}$

Tabella dei coefficienti da utilizzare per le varie azioni indicate nel manuale ANPEQ GER				
				Radionuclide
Paragrafo	Azione	DESCRIZIONE	Unità	Co-60
5	4	Costante gamma specifica per H*(10) Agenda PROTEX	(mSv.m <sup>2</sup> )/(GBq.h)	3,564E-01
5	4	Costante gamma specifica Tabella 6.2 pag 35 Manuale CEVAD	(mGy.m <sup>2</sup> )/(kBq.h)	3,60E-07
5	4	Valore D Tabella II-2 pag. 45 di IAEA-RS-G-1.9	TBq	2,00E-02
5	6	HVL per Pb Tab. E2 pag. 90 di IAEA-TECDOC-1162	cm	1
5	6	HVL per Fe Tab. E2 pag. 90 di IAEA-TECDOC-1162	cm	1,66
5	6	HVL per Calcestruzzo Tab. E2 pag. 90 di IAEA-TECDOC-1162	cm	5,2
5	6	HVL per H2O Tab. E2 pag. 90 di IAEA-TECDOC-1162	cm	10,99
6	1	Procedura E4 a pag 102 di IAEA-TECDOC-1162 skin beta dose rate	(uSv/h)/(Bq/cm <sup>2</sup> )	0,78
6	1	Livelli operativi intervento OIL 1 da Tabella D12 pag. 87 IAEA - EPR Medical per richiesta intervento	Bq/cm2	10000
6	2	dose strato basale della pelle Col. 5 Tab. 16 Pag. 80 EPR-D-Values	(Gy)/(Bq.s/cm <sup>2</sup> )	2,90E-10
6	3	Dosi a RBM col 3 Tab. 15 pag. 71 EPR-D-Values	(Gy-Eq)/(Bq.s)	4,10E-17
6	4	Dosi RBM assorbite da inalazione (30 d) Col. 2 Tab. 18 pag. 85 di EPR-D-values	(Gy-Eq)/(Bq)	7,20E-10
6	4	Dosi LUNG assorbite da inalazione (30 d) Col. 3 Tab. 18 pag. 85 di EPR-D-values	(Gy-Eq)/(Bq)	9,30E-09
6	4	Dosi COLON assorbite da inalazione (30 d) Col. 4 Tab. 18 pag. 85 di EPR-D-values	(Gy-Eq)/(Bq)	1,80E-09
6	4	Dosi Tiroide assorbite da inalazione (30 d) Col. 5 Tab. 18 pag. 85 di EPR-D-values	(Gy-Eq)/(Bq)	NA
7	1	rateo di dose nube per concentrazione in aria col 3 Tab. 6.3 pag 36 di CEVAD	(Sv h-1)/(Bq m-3)	4,30E-10
7	1	Dose non-stocastica al LUNG per inalazione ai diversi organi : da EPR Medical 2005 Table XII-B2-2 pag. 229 in 30 d dopo inalazione : Tipo assorbimento F	(Gy-Eq)/(Bq)	-
7	1	Dose non-stocastica al LUNG per inalazione ai diversi organi : da EPR Medical 2005 Table XII-B2-2 pag. 229 in 30 d dopo inalazione : Tipo assorbimento M	(Gy-Eq)/(Bq)	3,80E-09
7	1	Dose non-stocastica al LUNG per inalazione ai diversi organi : da EPR Medical 2005 Table XII-B2-2 pag. 229 in 30 d dopo inalazione : Tipo assorbimento S	(Gy-Eq)/(Bq)	4,50E-09
7	2	Intensità di dose per unità di deposizione Tabella 6.4 colonna 3 pag. 37 manuale CEVAD	(Sv h-1)/(Bq m-2)	8,30E-12



## CONCLUSIONI

- Sono stati presentati alcuni esempi con le soluzioni delle **valutazione dosimetriche** richieste nel Manuale Operativo GER sulle 14 presenti (2 delle quali sono solo descrittive)
- Per effettuare con la dovuta calma le valutazioni necessarie in effettivo caso incidentale, si consiglia di **prendere dimestichezza** con le diverse tipologie di valutazioni presentate, effettuando le valutazioni richieste in colonna 4 delle tabelle «Esempio da risolvere».
- Sarà utile poi **consultare assiduamente i documenti di riferimento**, primo fra tutti il Manuale CEVAD.

# Documenti di riferimento

- Agenda PROTEX: <http://www.protex-app.com/app/#/tab/home>
- Manuale CeVAD: [http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida/3447\\_MLG\\_57\\_2010.pdf](http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida/3447_MLG_57_2010.pdf)
- IAEA RS-G-1.9: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1227\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1227_web.pdf)
- IAEA-TECDOC-1162: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te\\_1162\\_prn.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1162_prn.pdf)
- IAEA EPR-Medical-2005: [http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/epr-medical-2005\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/epr-medical-2005_web.pdf)
- IAEA EPR-D-Values-2006: [http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/epr\\_d\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/epr_d_web.pdf)
- Handbook Delacroix : [http://www.nuc.berkeley.edu/sites/default/files/resources/safety-information/Radionuclide\\_Data\\_Handbook.pdf](http://www.nuc.berkeley.edu/sites/default/files/resources/safety-information/Radionuclide_Data_Handbook.pdf)

Grazie per l'attenzione.

Carlo-Maria Castellani

EdR 3° Gr. N. 323.

casteuti@inwind.it

2018



Versione 03/2018  
5 dicembre 2018



## MANUALE OPERATIVO GESTIONE EMERGENZE RADIOLOGICHE G.E.R. – VV.F.

*Linea guida per l'Esperto Qualificato a supporto del Direttore Tecnico del  
Soccorso durante le fasi di gestione delle emergenza radiologiche*

Prima Edizione – ver 2.0 Aprile 2018  
Seconda Edizione – ver 3.0 Dicembre 2018

© Ministero dell'Interno  
© ANPEQ – Gruppo G.E.R.