

AIREPSA SCHOOL

Bologna 2024

**Rischi lavorativi, organizzativi, gestionali e strutturali in sanità e
approccio sistemico per affrontarli**

**Radiazioni ionizzanti e altri cancerogeni:
parallelismi e divergenze**

Roberto Moccaldi



CANCEROGENI CHIMICI

Articolo 236 - Valutazione del rischio

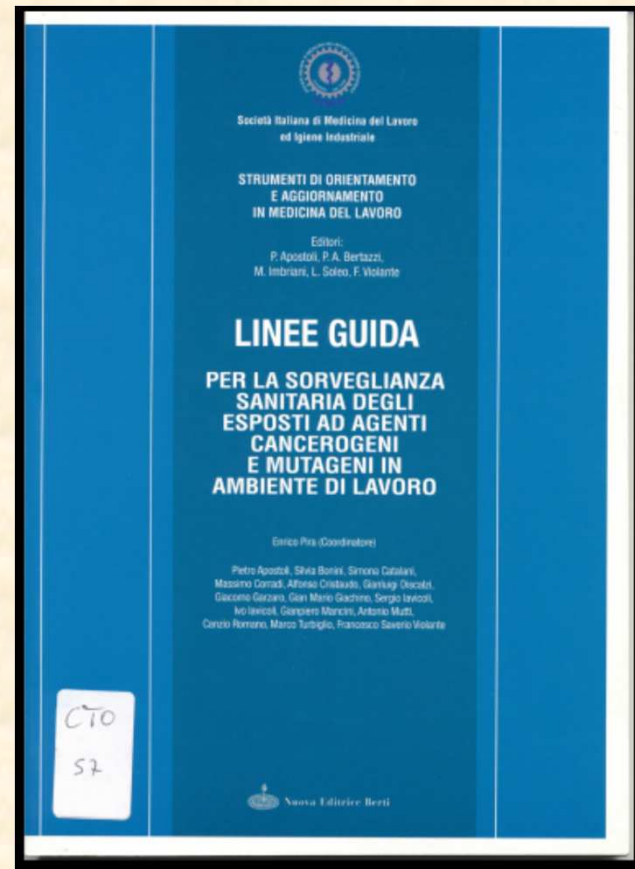
1. Fatto salvo quanto previsto all'articolo 235, il datore di lavoro effettua una valutazione dell'esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni, i risultati della quale sono riportati nel documento di cui all'articolo 17.

Articolo 242 - Accertamenti sanitari e norme preventive e protettive specifiche

1. I lavoratori per i quali la valutazione di cui all'articolo 236 ha evidenziato un rischio per la salute sono sottoposti a sorveglianza sanitaria.

**Valutazione
dell'Esposizione o
Valutazione del Rischio ?**

Linee Guida SIMLII



..... si prendeva in considerazione una **prima situazione** rappresentata dagli agenti per i quali esisteva un limite di concentrazione ambientale stabilito per la popolazione generale: tale valore assumeva il significato di valore soglia, superato il quale si configurava la condizione di esposizione professionale.

La valutazione di rischio proponeva di considerare il rischio professionale **assente** laddove, nell'ambiente di lavoro, tale soglia non venisse superata e venivano altresì suggeriti i criteri di igiene industriale adeguati per controllare la sussistenza ed il mantenimento nel tempo di tale condizione.

I lavoratori che operavano in queste condizioni ambientali venivano considerati **non professionalmente esposti a rischio cancerogeno** e, quindi, non venivano iscritti nel registro degli esposti.

- **non esposti**, se l'esposizione fosse contenuta nei limiti previsti per la popolazione generale, ove definiti
- **esposti a concentrazioni moderate**, se questa fosse inferiore a concentrazioni dell'agente inferiori al 50% del VLE, ove disponibile
- **esposti a concentrazioni elevate**, se la stessa superasse il 50% del VLE.

Altro approccio

.....allo scopo di stabilire delle soglie di rischio, **un approccio basato sulla quantità d'uso/numero di occasioni/tempo**, in un arco di calendario definito, piuttosto che le misure tradizionali di monitoraggio ambientale o biologico, la cui affidabilità diviene incerta di fronte a quantità estremamente piccole di tracciante.

Questa posizione è richiamata anche, del tutto recentemente, dall'European Agency for Safety and Health at Work

(https://osha.europa.eu/en/topics/osm/reports/finnish_system_007.stm), secondo cui un lavoratore non è considerato esposto qualora l'utilizzo di sostanze cancerogene non avvenga per più di 20 giornate lavorative all'anno

.....lo SCOEL, in base ad argomenti di ordine meccanicistico, ha definito - per quanto attiene la definizione degli Occupational Exposure Limits (OELs) - la distinzione dei cancerogeni e dei mutageni in quattro gruppi:

- **Gruppo A:** Cancerogeni genotossici senza soglia, ovvero quelli per i quali appare appropriato il modello cosiddetto LNT (Linear Non-Threshold, Lineare Senza Soglia)
- **Gruppo B:** Cancerogeni genotossici per il quali **non è adeguatamente supportata**, al presente, **l'esistenza di una soglia** (in questi casi, vista l'incertezza scientifica, si può utilizzare il modello LNT)
- **Gruppo C:** Cancerogeni genotossici (*Weak*) per i quali **è possibile definire un limite pratico**
- **Gruppo D:** Cancerogeni non genotossici e cancerogeni non DNA-reattivi, per i quali un **vero ("perfetto") limite è associato con un chiaro ed evidente NOAEL** (No Observed Adverse Effect Level, Livello cui non si osservano effetti avversi).

Lo SCOEL definisce gli OEL per i cancerogeni di gruppo C e D.

RADIAZIONI IONIZZANTI



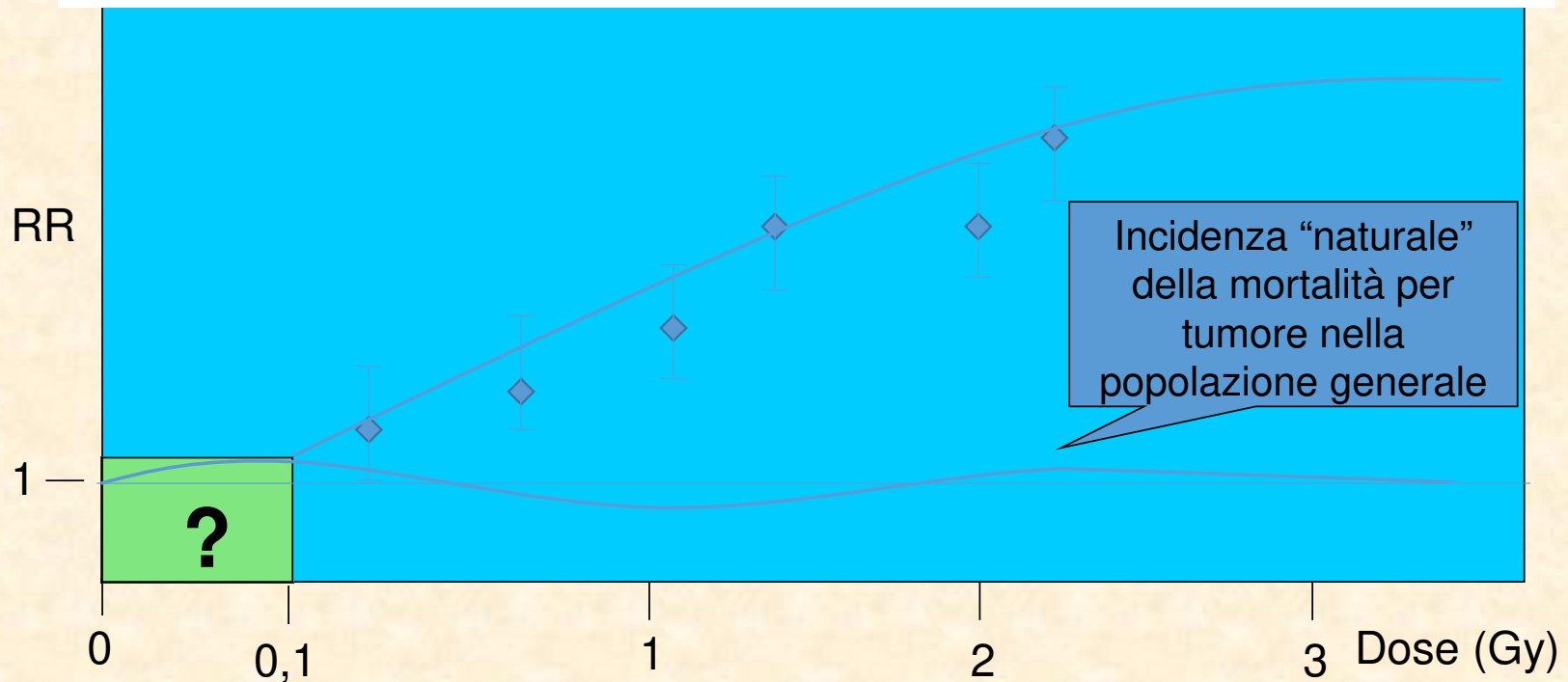
Quali sono le *peculiarità* della valutazione e gestione del rischio in radioprotezione?

- **Modello di valutazione e calcolo**
- **Grandezze dosimetriche**
- **Valori limite di esposizione**

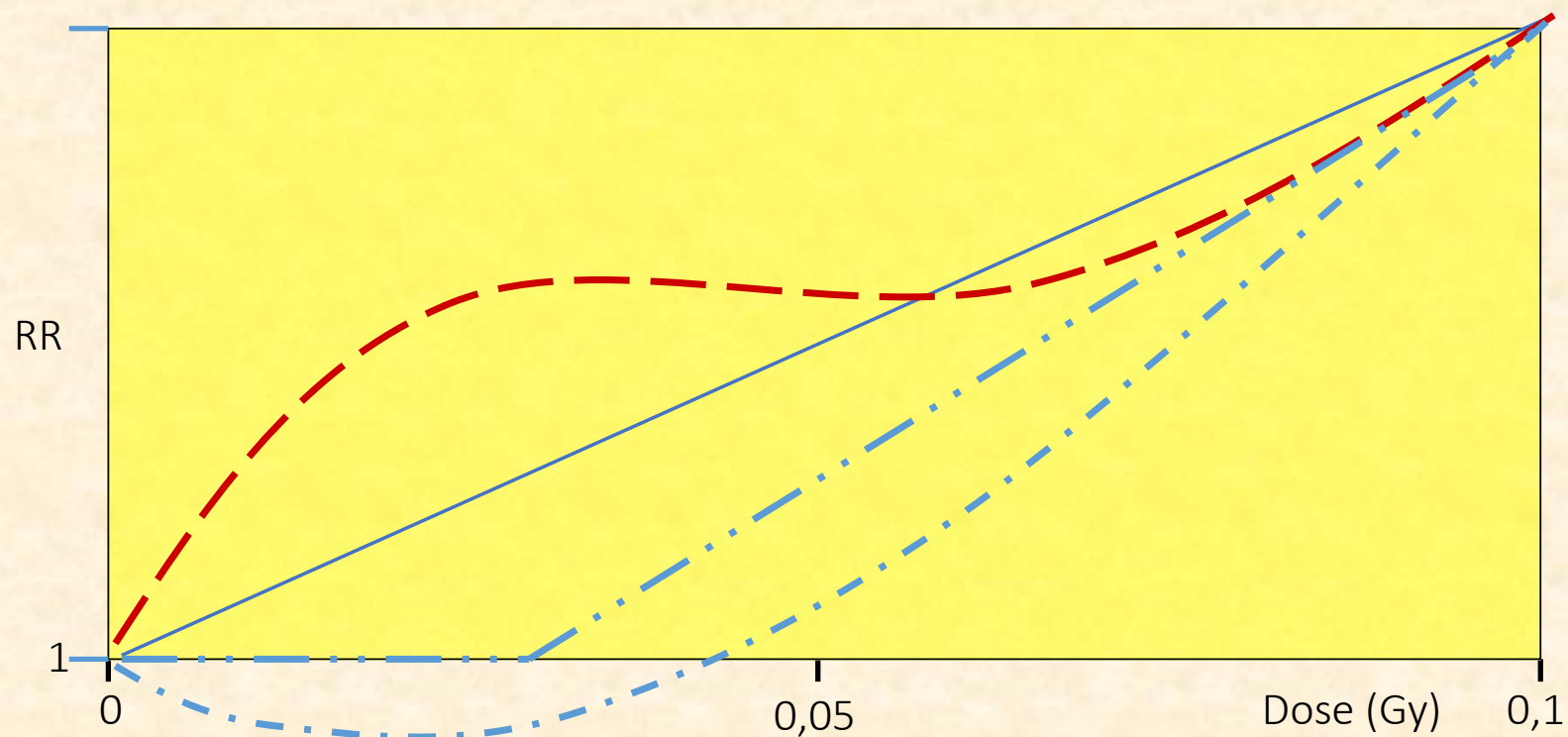
MODELLO DI VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI

Modello di valutazione del rischio

Curva dose-effetto per induzione neoplastica (come aumento del RR) osservata a dosi medio-alte di RI



Modello di valutazione del rischio



***Ipotesi sulla relazione
dose-risposta alle basse dosi***

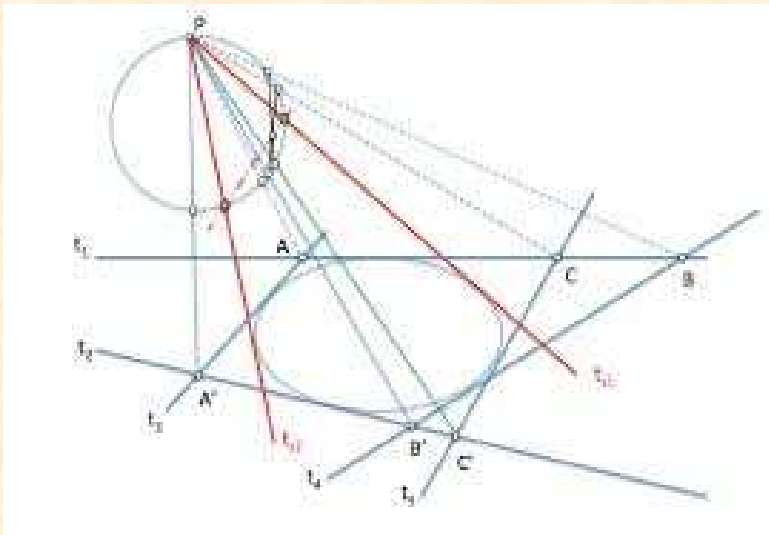
1. Abbiamo deciso di utilizzare le radiazioni ionizzanti (**beneficio**) ed accettarne il rischio
2. E' necessario implementare un **sistema** che permetta di gestire il rischio (*specialmente alle basse dosi*).

Modello di valutazione del rischio

*“Modello basato sulla ipotesi
"lineare senza soglia”
(«LNT = linear non threshold»).*

**Il modello prevede quindi una proporzionalità lineare tra
gli effetti alle dosi medio-alte (osservati)
e quelli a basse dosi (ipotizzati)**

Modello di valutazione del rischio



La LNT non è un modello interpretativo (del dato epidemiologico) ma un modello proiettivo per la gestione preventiva del rischio da radiazioni ionizzanti alle basse dosi

Modello di valutazione del rischio

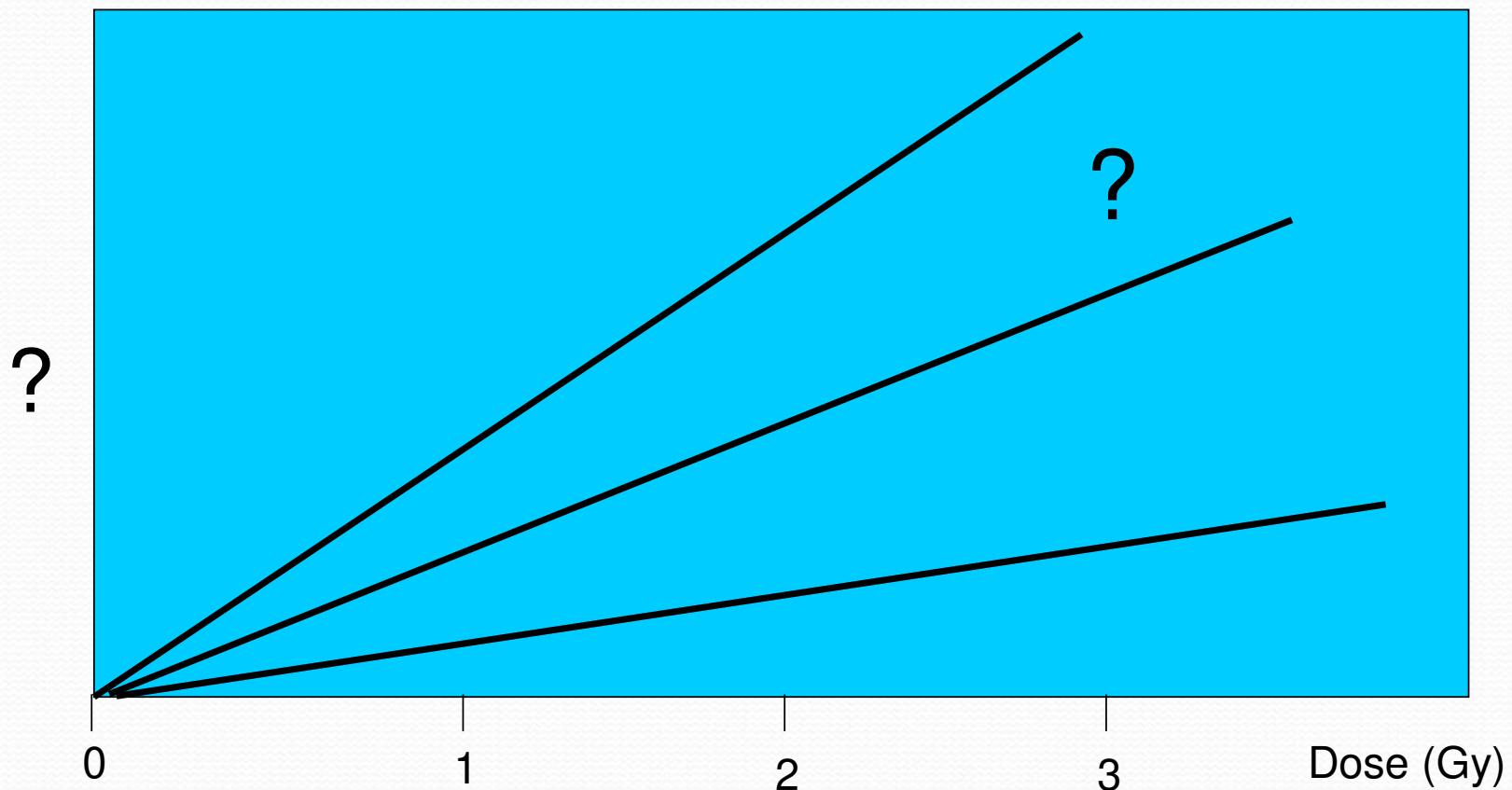


*“La Commissione ritiene che continuare ad applicare il modello LNT in associazione con un valore stimato del DDREF, fornisca una **base prudente** per gli scopi pratici della radioprotezione, cioè **la gestione in fase preventiva dei rischi da esposizione a basse dosi di radiazioni.**”*
(ICRP 103).

MODELLO DI CALCOLO DEL RISCHIO

LNT = modello proiettivo per la radioprotezione

- 1. Quale «pendenza» della retta (rapporto dose/effetto)?***
- 2. Quale «effetto» consideriamo?***





Torniamo al concetto di rischio

Una visione completa del “rischio” deve combinare: la **probabilità** dell’evento con la **severità** delle sue conseguenze. *($P \times D$)*

DETRIMENTO

Calcolo del Detrimento: Parametri

1. **Mortalità (frazione di letalità)**
2. **Anni di vita perduti (rispetto ai medi attesi)**
3. **Riduzione di qualità della vita (tumori non letali)**
4. **Effetti sulla discendenza (ereditari)**

Popolazione generale (0-89 anni all'esposizione) ICRP 103

Organo	Coefficiente nominale di rischio 10^{-4} Sv^{-1} R	Frazione di letalità k	Peso minimo per cancro non letale q_{\min}	Fattore di riduzione della qualità della vita q	Anni di vita persa I	Detrimento da radiazioni D	Detrimento relativo Wt
Esofago	15	0,93	0,1	0,937	0,87	12,99	0,023
Stomaco	79	0,83	0,1	0,847	0,88	67,71	0,118
Colon	65	0,48	0,1	0,532	0,97	47,71	0,083
Fegato	30	0,95	0,1	0,955	0,88	26,34	0,046
Polmone	114	0,89	0,1	0,901	0,8	90,21	0,157
Osso	7	0,45	0,1	0,505	1	5,09	0,009
Cute	1000	0,002	0	0,002	1	4,00	0,007
Mammella	112	0,29	0,1	0,361	1,29	78,93	0,138
Ovaio	11	0,57	0,1	0,613	1,12	10,27	0,018
Vescica	43	0,29	0,1	0,361	0,71	16,68	0,029
Tiroide	33	0,07	0,2	0,256	1,29	13,11	0,023
Midollo	42	0,67	0,1	0,703	1,63	61,75	0,108
Altri solidi	144	0,49	0,1	0,541	1,03	113,60	0,198
Gonadi (ered)	20	0,8	0,1	0,820	1,32	25,45	0,044
TOTALI	1715					573,84	

$$D_T = R * (k + q(1-k)) * I$$

dove $q = k + q_{\min} (1-k)$

Popolazione generale (0-89 anni all'esposizione) ICRP 103

Organo	Coefficiente nominale di rischio 10^{-4} Sv^{-1} R	Frazione di letalità k	Peso minimo per cancro non letale	Fattore di riduzione della qualità della vita	Anni di vita persa	Detrimento da radiazioni D	Detrimento relativo Wt
Esofago	15					12,99	0,023
Stomaco	79					67,71	0,118
Colon	65					47,71	0,083
Fegato	30					26,34	0,046
Polmone	114					90,21	0,157
Osso	7					5,09	0,009
Cute	1000					4,00	0,007
Mammella	112					78,93	0,138
Ovaio	11					10,27	0,018
Vescica	43					16,68	0,029
Tiroide	33	0,07	0,2	0,256	1,29	13,11	0,023
Midollo	42	0,67	0,1	0,703	1,83	61,75	0,108
Altri solidi	144	0,49	0,1	0,541	1,03	113,60	0,198
Gonadi (ered)	20	0,8	0,1	0,820	1,32	23,45	0,044
TOTALI	1715					573,84	

**Rischio sanitario
stocastico
complessivo da
radiazioni ionizzanti
(su 10.000 esposti ad 1 Sv al
corpo intero)**

$$D_T = R * (k + q(1-k) * I)$$

dove $q = k + q_{\min} (1-k)$

GRANDEZZE DOSIMETRICHE

Popolazione generale (0-89 anni all'esposizione) ICRP 103

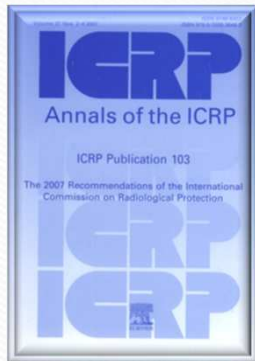
Organo	Coefficiente nominale di rischio 10^{-4} Sv^{-1} R	Frazione di letalità k	Peso minimo per cancro non letale q_{\min}	Fattore di riduzione della qualità della vita q	Anni di vita persa I	Detrimento da radiazioni D	Detrimento relativo W_t
Esofago	15	0,93	0,1	0,937	0,87	12,99	0,023
Stomaco	79	0,83	0,1	0,847	0,88	67,71	0,119
Colon	65	0,48	0,1	0,532	0,97	47,71	0,084
Fegato	30	0,95	0,1	0,955	0,88	26,34	0,046
Polmone	114	0,89	0,1	0,901	0,8	90,21	0,158
Osso	7	0,45	0,1	0,505	1	5,09	0,009
Cute	1000	0,002	0	0,002	1	4,00	0,007
Mammella	112	0,29	0,1	0,361	1,29	78,93	0,139
Ovaio	11	0,57	0,1	0,613	1,12	10,27	0,018
Vescica	43	0,29	0,1	0,361	0,71	16,68	0,029
Tiroide	33	0,07	0,2	0,256	1,29	13,11	0,023
Midollo	42	0,67	0,1	0,703	1,63	61,75	0,108
Altri solidi	144	0,49	0,1	0,541	1,03	113,60	0,199
Gonadi (ered)	20	0,8	0,1	0,820	1,32	25,45	0,045
TOTALI	1715					573,84	1,000

$$D_T = R * (k + q(1-k) * I)$$

dove $q = k + q_{\min} (1-k)$

«DOSE EFFICACE»

la dose equivalente media pesata in funzione *(del rischio % di detrimento)* degli organi o tessuti interessati dalla radiazione incidente sul corpo o, nel caso di irraggiamento interno, emessa dalla sorgente



$$E = \sum H_T \boxed{W_T}$$

Tiene conto sia della radiazione assorbita, sia dell'efficacia biologica della radiazione incidente, sia infine **dell'impatto sanitario stocastico proiettivo** sul corpo intero o sul singolo organo (in caso di esposizione parziale)

E' UNA VALUTAZIONE DEL RISCHIO!

VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE

Valori limite di esposizione

- 1. Giustificazione**
- 2. Ottimizzazione**
- 3. Il principio di applicazione dei limiti di dose:** La dose totale ad ogni individuo da sorgenti regolamentate in situazioni di esposizione programmata, all'infuori dell'esposizione medica di pazienti, non dovrebbe superare gli appropriati limiti raccomandati dalla Commissione

(..... Questi limiti hanno lo scopo di garantire che nessun individuo sia esposto a rischi radiologici che siano giudicati inaccettabili, in relazione a tali pratiche in condizioni normali.)

Valori limite di esposizione

ACCETTABILITA' DEL RISCHIO

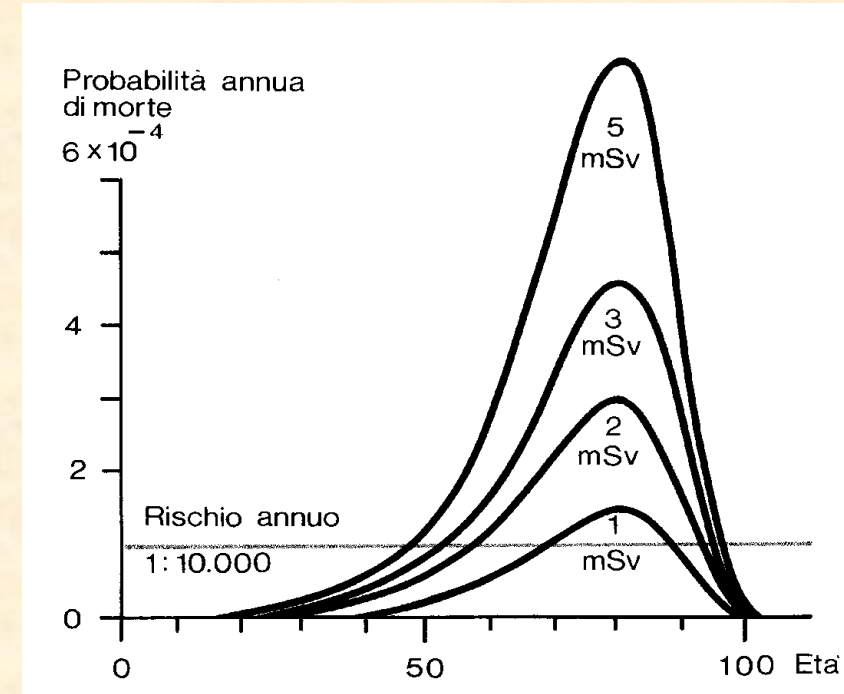
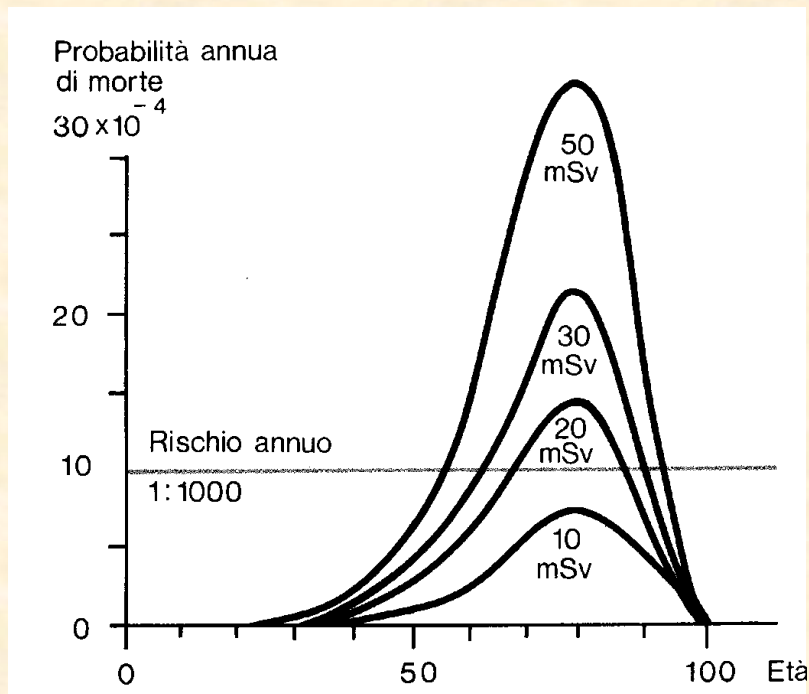
....limitare il rischio individuale al di sotto della possibilità di comparsa di effetti deterministici, ma ricondurre nel contempo entro valori di **ACCETTABILITA'** (tollerabilità sociale) il rischio stocastico.

Il riferimento principalmente, ma non esclusivo, è ad inchieste demoscopiche effettuate dalla British Royal Society, dalla Food and Drug Administration e dalla stessa ICRP per valutare il ***livello di rischio “tollerabile” di mortalità per l'introduzione nella società di nuove tecnologie.***

Questo valore è risultato di **$10^{-3}/\text{anno}$ e di $10^{-4}/\text{anno}$** rispettivamente per i lavoratori e per la popolazione

Lavoratori = “rischio accettabile” 1×10^{-3} /anno

Popolazione = “rischio accettabile” 1×10^{-4} /anno



Valore calcolato sui coefficienti nominali di rischio
ICRP 60/90