

Problemi connessi all'esercizio della sorveglianza fisica della radioprotezione nelle installazioni in cui si impiegano sostanze radioattive non sigillate a scopo medico

Riferimenti tecnici

- I.C.R.P. Publication n. 68 “Dose coefficients for intakes of radionuclides by workers, 1995
- ICRP Publication 57, radiological protection of the worker in medicine and dentistry, 1989
- Manuale Tecnico AIRP “La radioprotezione nell’impiego medico “in vivo” di sostanze radioattive non sigillate” (1995)
- Manuale Tecnico AIRP “La radioprotezione nell’impiego “in vitro” di sostanze radioattive non sigillate nelle attività sanitarie e di ricerca medica” (1991)
- ICRP Publication 54, individual monitoring for intakes of radionuclides by workers: design and interpretation, 1987
- ICRP Publication 78, individual monitoring for internal exposure of workers (replacement of ICRP Publication 54), 1997
- NRPB-DL1, The estimation of derived limits 1979
- ANPA Livelli di riferimento per la esposizione interna dei lavoratori a sostanze radioattive, aggiornamento del 2000

Cosa controllare

Perché controllare

Come interpretare
i risultati

Cosa controllare?

- La sorveglianza fisica va orientata dalla stima del rischio effettuata
- In generale va allestito
 - Un programma di sorveglianza ambientale
 - Un programma di sorveglianza individuale
- Prestare grande attenzione alla sensibilità dei metodi impiegati

Programma di sorveglianza ambientale



```
graph TD; A[Programma di sorveglianza ambientale] --> B[Controllo della contaminazione superficiale]; A --> C[Controllo della contaminazione aeriforme]; A --> D[Controllo dei campi di radiazione ambientali (H*)];
```

Controllo della
contaminazione
superficiale

Controllo della
contaminazione
aeriforme

Controllo dei
campi di radiazione
ambientali (H*)

Programma di sorveglianza ambientale

- Non dimenticare che la sua rilevanza è legata al fatto che è uno dei mezzi con il quale allestire un programma di sorveglianza della contaminazione interna
- Controllo della contaminazione superficiale (veicolo di risospensione e ingestione)
 - Monitor per contaminazioni superficiali
 - Smear tests
- Controllo della contaminazione aeriforme
 - Aspirazione su filtri di carta e/o a carbone attivo, nel caso in serie
 - Valutazioni a partire dalla contaminazione superficiale
- Controllo dei campi di radiazione ambientali (H^*)

Controllo della contaminazione superficiale

- Tecniche di misura per la contaminazione superficiale
 - Attenzione all'impiego di monitor per contaminazioni superficiali in presenza di sorgenti di radiazione (pazienti, radiofarmaci)
 - La tecnica dello smear test ha gli svantaggi e i vantaggi delle tecniche off-line
 - Superficie di prelievo: $> 100 \text{ cm}^2$
 - Efficienza di asportazione: 10 %
- Lettura dello smear test con:
 - gamma counter (Vantaggi e svantaggi)
 - spettrometro (HPGe o NaI(Tl) (Vantaggi e svantaggi)

Controllo della contaminazione superficiale

- Frequenze di misura
 - Dimensionate su $T_{1/2}$ e radiotossicità delle sostanze radioattive impiegate
 - Dimensionate sull'organizzazione del lavoro
 - Valutazione con frequenza inferiore al mese
- In pratica può essere ragionevole
 - Controllo giornaliero con monitor su superfici predefinite al termine del lavoro
 - Controllo mensile o quindicinale o settimanale con smear test prima o dopo le pulizie

Controllo della contaminazione aeriforme

- Il controllo della contaminazione dell'aria è necessario solo nel caso in cui vengano manipolate quantità di materiale radioattivo dell'ordine di 1000 volte i limiti annuali di introduzione (ICRP 75)
 - reparti di radioterapia metabolica
- Conferme indirette possono essere ottenute dalle misure di contaminazione superficiale assumendo opportuni fattori di risospensione (10^{-5} m^{-1})

Tecniche di misura della contaminazione aeriforme

- Il controllo è spesso “formale” e legato al rispetto di un disposto di legge che in pratica non ammette deroghe
- Per la terapia metabolica è un controllo sostanziale
- Aspirazione su filtri di carta e/o a carbone attivo
- Può essere sufficiente aspirare 2 -3 m³
 - Lettura con gamma counter (vantaggi e svantaggi)
 - Lettura con Spettrometro HPGe
- Conferme indirette possono essere ottenute dalle misure di contaminazione superficiale assumendo opportuni fattori di risospensione (10⁻⁵ m⁻¹)

Controllo dei campi di irradiazione ambientali (H^*)

- Vanno valutati i campi di radiazione negli ambienti di lavoro (zone classificate e non)
- I valori vanno interpretati in dose efficace potenzialmente assorbibile e pertanto pesati sui fattori di occupazione
- Misure dirette istantanee (camere di ionizzazione)
- Misure dirette integrate (Film)
 - Attenzione alla sensibilità del metodo in relazione ai limiti di legge
 - Attenzione alla durata dell'esposizione (2-3 mesi)
- Frequenza annuale



Controllo individuale dell'irradiazione esterna (diagnostica in vivo)

- misura dell'equivalente di dose individuale $H_p(10)$ al corpo intero, mediante l'impiego di dosimetri personali portati a livello del torace
 - Frequenza mensile (trimestrale per terapia con ^{131}I)
 - attenzione all'interpretazione degli eventuali 0
- misura dell'equivalente di dose personale $H_p(d)$ alle mani, tramite dosimetri TL inseriti in anelli o bracciali; (sicuramente necessaria in fase di preparazione e somministrazione)

Controllo individuale dell'irradiazione esterna (terapia)

- misura dell'equivalente di dose individuale $H_p(10)$ al corpo intero, mediante l'impiego di dosimetri personali portati a livello del torace;
 - frequenza trimestrale per terapia con ^{131}I
 - attenzione all'interpretazione degli eventuali 0
- la misura dell'equivalente di dose personale $H_p(d)$ alle mani, tramite dosimetri TL inseriti in anelli o bracciali di norma non è necessaria se vengono impiegate capsule (autosomministrazione)

Controllo individuale dell'irradiazione esterna (diagnostica in vitro)

- valutare la necessità e l'opportunità del controllo dosimetrico individuale alla luce della stima del rischio e della classificazione
- misura dell'equivalente di dose individuale $H_p(10)$ al corpo intero, mediante l'impiego di dosimetri personali portati a livello del torace;
 - frequenza trimestrale
- misura dell'equivalente di dose personale $H_p(d)$ alle mani, tramite dosimetri TL inseriti in anelli o bracciali

Controllo individuale della contaminazione cutanea

- impiego di monitor mani piedi
- attenzione alla minima contaminazione rilevabile
- frequenza giornaliera (all'uscita dalla zona classificata)

Monitoraggio della contaminazione interna - generalità

- La stima della contaminazione interna può includere una o più delle seguenti tecniche
 - misure dirette whole body
 - misure dirette su regioni corporee
 - misure degli escreti
 - misure di aria attraverso campionatori personali
- Le misure effettuate, quando necessario, devono essere interpretate in termini di intake o di dose efficace impegnata assorbita

Monitoraggio della contaminazione interna - generalità

- **Routine monitoring:** misure regolari a frequenze predefinite
- **Operational monitoring:** monitoraggio di una particolare operazione: pertanto si hanno informazioni più precise sulla collocazione temporale della possibile incorporazione
- **Special monitoring:** monitoraggio effettuato in condizioni sospette o anomale
- **Confirmatory monitoring:** si riferisce al monitoraggio della contaminazione interna di lavoratori che non sono soggetti a significativi intakes
- **Wound monitoring:** si riferisce al monitoraggio effettuato a seguito di una ferita o una puntura con materiale radiocontaminato

Controllo individuale della contaminazione interna (diagnostica in vivo)

- una valutazione sistematica della esposizione interna non è di norma necessaria
- difficoltà operative (brevi tempi di decadimento dei radioisotopi)
- rischio di esposizione tale da comportare dosi efficaci impegnate $< 10\%$ del limite di dose (non richiede di per sé la classificazione degli operatori in categoria A)

Controllo individuale della contaminazione interna (diagnostica in vivo)

- potrebbe pertanto essere sufficiente effettuare verifiche di contaminazione ambientale e di contaminazione esterna individuale;
- possono comunque essere effettuate:
 - valutazioni della dose interna sul personale più a rischio (es. tecnico di camera calda) con frequenza settimanale
 - misure di conferma mediante misure a campione sul personale con frequenza almeno trimestrale

Controllo individuale della contaminazione interna (terapia con ^{131}I)

- una valutazione sistematica della esposizione interna è necessaria se vengono impiegate attività dell'ordine delle decine di GBq/anno
- misura delle urine o dell'attività presente in tiroide
- frequenza almeno mensile (in situazioni in cui si presentino molto spesso contaminazioni interne apprezzabili, tenendo conto delle incertezze rilevanti in gioco, la frequenza dovrebbe essere quindicinale)

Misure dell'attività presente in tiroide (terapia con ^{131}I)

- è di facile realizzazione in un ambiente di medicina nucleare (la sensibilità è dell'ordine di circa 100 Bq)
- la dose efficace impegnata è di circa 0.15 mSv (frequenza quindicinale) - 0.30 mSv (frequenza mensile) per ogni kBq di ^{131}I misurato in tiroide indipendentemente dalla modalità di incorporazione

Misure dell'attività presente nelle urine (terapia con ^{131}I)

- richiede una strumentazione abbastanza sofisticata per un ambiente di medicina nucleare (rivelatore al germanio) (la sensibilità è dell'ordine di 1 Bq/l)
- la dose efficace impegnata è di 0.15 mSv per Bq/l di ^{131}I misurato indipendentemente dalla modalità di incorporazione e dal momento dell'incorporazione (se entro l'intervallo 5-15 giorni prima della misura)

Perché controllare

- Per verificare che i rischi reali legati alla “salubrità” degli ambienti di lavoro e alla presenza dei campi di radiazione siano accettabili
- Perché lo prescrive la legge (art.79)

Gestione della strumentazione

- La strumentazione impiegata va periodicamente sottoposta a verifiche di corretto funzionamento impiegando sorgenti radioattive di riferimento
- Sorgenti estese per contaminometri superficiali
- Sorgenti di I-129 per gamma counter

Tipiche sensibilità

Finalità	Dispositivo	Sensibilità
Misura di H^*_{10}	Film	30 keV: < 10 μSv
		140 keV: < 100 μSv
		364 keV: < 200 μSv
Misura di $H_{p,10}$	Film	30 keV: < 10 μSv
		140 keV: < 100 μSv
		364 keV: < 200 μSv
Misura di $H_{p,10}$	TLD	30 keV: < 50 μSv
		140 keV: < 50 μSv
		364 keV: < 50 μSv
Misura di H^*_{10}	Camera di ionizzazione	0.5 $\mu\text{Sv/h}$ – 10 mSv/h
		$\pm 30\%$ da 50 keV a 1.2 MeV
Misura diretta della contaminazione superficiale	Proporzionale ad ampia superficie	30 keV: < 5 Bq/cm^2
		140 keV: < 5 Bq/cm^2
		364 keV: < 1 Bq/cm^2
Misura diretta della contaminazione personale	Set di contatori G.M. (Mani Piedi)	30 keV: $\approx 3 \text{ Bq/cm}^2$
		140 keV: $\approx 30 \text{ Bq/cm}^2$
		364 keV: $\approx 3 \text{ Bq/cm}^2$
Misura indiretta della contaminazione volumetrica	Pompa + Gamma counter	30 keV: < 1 Bq/m^3
		140 keV: < 1 Bq/m^3
	Pompa + Spettrometro HpGe	364 keV: < 1 Bq/m^3
Misura indiretta della contaminazione superficiale	Smear + Gamma counter	30 keV: < 1 Bq/cm^2
		140 keV: < 1 Bq/cm^2
	Smear + Spettrometro HpGe	364 keV: < 1 Bq/cm^2
Misura indiretta della contaminazione interna	Spettrometro NaI(Tl)	30 keV: < 1 Bq/l (125-I)
	Spettrometro HpGe	140 keV: < 2 Bq/l (99m-Tc)
	Spettrometro HpGe	364 keV: < 0.1 Bq/l (131-I)

Con cosa confrontare i risultati ottenuti

- I risultati ottenuti vanno confrontati con limiti derivati
 - Limiti derivati per contaminazione interna
 - Limiti derivati per contaminazione degli escreti
 - Limiti derivati per attività incorporata
 - Limiti derivati per contaminazione volumetrica
 - Limiti derivati per contaminazione superficiale
 - Limiti derivati per irradiazione esterna

Logica dei limiti derivati da adottarsi nella sorveglianza della contaminazione interna



Limiti derivati per contaminazione interna

- Sono definiti come le quantità di sostanze radioattive che incorporate annualmente comportano una dose efficace impegnata pari al limite di dose (20 mSv/anno)
- Gli A.L.I. nell'ambito della sorveglianza fisica vanno definiti
 - per inalazione
 - per ingestione

$$A.L.I.[Bq] = \frac{0.02 [Sv \text{ anno}^{-1}]}{Sv_{ina,ing} Bq^{-1}}$$

Limiti derivati per contaminazione volumetrica

- Sono definiti come le concentrazioni di sostanze radioattive che, sulla base di una esposizione di 2000 ore per anno, comportano l'introduzione di una quantità di sostanze radioattive pari all'A.L.I. per inalazione

$$D.A.C. [Bq m^{-3}] = \frac{A.L.I._{ina} [Bq]}{2000[h] \times 0.95 [m^{-3} h^{-1}]}$$

Limiti derivati per contaminazione volumetrica

Radionuclide	Limite di concentrazione media annua (Bq/m ³)
99m-Tc	3.63E+05
201-Tl	1.39E+05
67-Ga	3.76E+04
123-I	9.57E+04
111-In	3.40E+04
51-Cr	2.92E+05
59-Fe	3.00E+03
131-I	9.50E+02
89-Sr	1.40E+03
125-I	1.45E+03

Limiti derivati per contaminazione superficiale

- Possono essere calcolati in relazione a 3 possibili tipi di esposizione
 - irradiazione esterna della cute
 - inalazione
 - ingestione

Limiti derivati per contaminazione superficiale inalazione

- C'è correlazione tra la contaminazione delle superfici di lavoro e la contaminazione in aria attraverso il meccanismo della risospensione
- Il fattore di risospensione è definito come il rapporto dell'attività per unità di volume di aria e l'attività per unità di superficie
- Può essere impiegato come fattore di risospensione il valore di $5 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1} \div 5 \times 10^{-6} \text{ m}^{-1}$
- Il limite derivato può essere ricavato dalla relazione

$$\frac{DAC [Bq \text{ m}^{-3}] \times 10^{-6}}{RF [m^{-1}] \times 10^{-2}} [Bq \text{ cm}^{-2}]$$

Limiti derivati per contaminazione superficiale ingestione

- La contaminazione della cute può essere trasferita alla bocca e ingerita
- E' conservativo assumere l'ingestione di tutta l'attività depositata su 10 cm² di cute ogni giornata lavorativa
- Il limite derivato può pertanto essere calcolato come l'attività depositata sulla cute che, ingerita per ogni giornata lavorativa comporta l'ingestione di un A.L.I.

$$\frac{ALI[Bq]}{5 \times 50 \times 10} [Bq \text{ cm}^{-2}]$$

Limiti derivati per contaminazione superficiale irradiazione esterna della cute

- Si assume che la cute sia in contatto continuo con superfici contaminate durante l'attività lavorativa (2000 ore/anno)
- Limite di dose: 500 mSv/anno pari a 0.25 mSv/ora
- Per i generico radionuclide il limite derivato è dato da:

$$\frac{0.25}{D_1} [Bqcm^{-2}]$$

D_1 = rateo di dose equivalente per unità di superficie e di attività alla profondità di 70 μm [$mSv h^{-1} Bq^{-1} cm^2$]

Limiti derivati per contaminazione superficiale

- Una volta calcolati i limiti derivati vanno adottati quelli più conservativi
- In alternativa possono essere impiegati i seguenti valori (ICRP 57)

Superficie	Classe del radionuclide		
	A	B	C
Superfici e materiali in zona controllata (Bq cm^{-2})	30	300	3000
Superfici del corpo (Bq cm^{-2})	3	30	300
Zone sorvegliate e aree pubbliche, abiti personali, biancheria da letto (Bq cm^{-2})	3	30	300

Limiti derivati per irradiazione esterna

- Possono essere definiti come i valori dosimetrici individuali per irradiazione esterna che, proiettati su base annua, originano i limiti di dose
- Possono essere definiti come i valori dosimetrici ambientali per irradiazione esterna che, proiettati su base annua, originano campi di radiazione tali da comportare il limite di dose

$$\frac{20[mSv \text{ anno}^{-1}]}{F}$$

F = frequenza della valutazione o numero di giorni di esposizione di un dosimetro ambientale

Limiti derivati per irradiazione esterna

Dose efficace [mSv]	Dose equivalente assorbita dalle estremità [mSv]	Frequenza della valutazione
5.00	125	Trimestrale

Ottimizzazione della protezione

- Può ottenersi attraverso il confronto dei risultati ottenuti con frazioni dei limiti derivati
- Di solito vengono definiti tre livelli di riferimento:
 - Livello di registrazione
 - Livello di indagine
 - Livello di intervento

Livelli di riferimento generalità

- Livelli di riferimento possono essere definiti per ognuna della quantità determinate nel corso dell'esercizio di un programma di sorveglianza fisica
- Un livello di riferimento non è un limite ed è impiegato per attivare una serie di azioni nel caso di un suo superamento
- L'azione può andare dalla semplice registrazione, ad una indagine, alla richiesta sospensione delle attività
- E' importante definire lo scopo generale dell'azione intrapresa nella definizione del livello di riferimento

Livello di registrazione

- Nel caso di incorporazione di sostanze radioattive è posto pari ad 1/10 dei Limiti Derivati; il suo superamento comporta la valutazione dosimetrica che, nel caso sia superiore a $10 \mu\text{Sv}$, viene riportata sulla scheda dosimetrica. Pertanto, nel caso di contaminazione interna, valori inferiori al livello di registrazione non vengono interpretati in termini dosimetrici ma solo qualitativamente
- Nel caso dell'esposizione esterna, si assume come livello di registrazione il valore della sensibilità del metodo dosimetrico: pertanto i valori inferiori alla minima dose rilevabile vengono considerati zero a tutti gli effetti
- Nel caso delle analisi radiometriche sugli scarichi fognari, viene considerato livello di registrazione la sensibilità della metodica analitica. Tale affermazione equivale a valutare radioprotezionisticamente significativo qualunque risultato superiore alla minima attività rilevabile

Livello di indagine

- Pari ai 3/10 dei Limiti Derivati comporta, dipendentemente dai casi, un prelievo immediato di un altro campione e ripetizione della misura con la stessa metodica e/o la redazione di un verbale di intervento sull'accaduto con identificazione delle cause e delle eventuali azioni correttive intraprese
- nel caso delle analisi radiometriche sugli scarichi fognari, viene posto pari a 10 Bq/g; il suo superamento comporta un prelievo ulteriore nei 7 giorni successivi e la ripetizione della misura con la stessa metodica

Livello di intervento

Pari al Limite Derivato, comporta la richiesta di sospensione temporanea delle attività suscettibili di averne causato il superamento e, dipendentemente dai casi, la definizione di un programma di sorveglianza eccezionale della contaminazione interna dei lavoratori, e/o la redazione di un verbale di intervento sull'accaduto con identificazione delle cause e delle azioni correttive intraprese e delle modalità per la eventuale ripresa dell'attività

Logica dei livelli di riferimento da adottarsi nella sorveglianza individuale della contaminazione interna



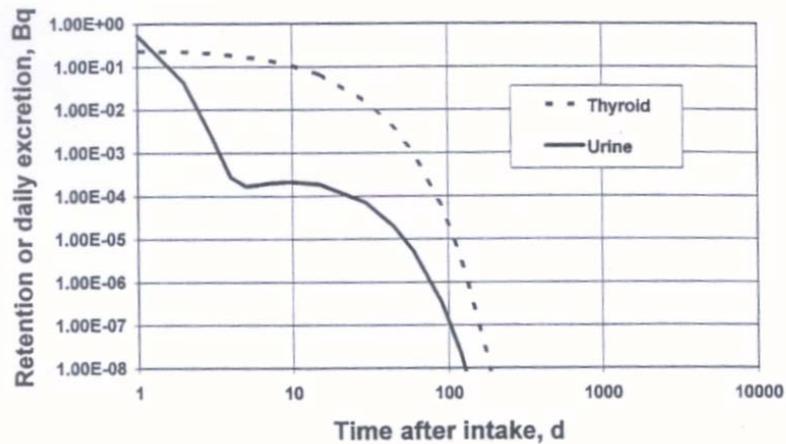
Monitoraggio della contaminazione interna

- La scelta della tecnica di misura è determinata da molti fattori
 - tipo di radiazione emessa
 - comportamento metabolico del contaminante
 - la ritenzione del contaminante in relazione alla sua clearance biologica e al suo dimezzamento fisico
 - la frequenza di misura e la sensibilità necessaria
 - la disponibilità di strumentazione adeguata
- Il routine monitoring richiede un solo tipo di misura se di sensibilità adeguata

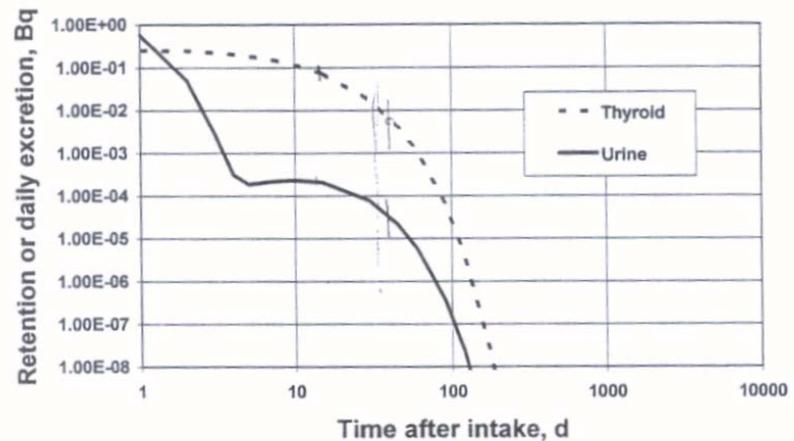
Monitoraggio della contaminazione interna

- Se sono disponibili più metodi di misura di adeguata sensibilità, l'ordine di scelta in funzione della accuratezza dell'interpretazione del risultato dovrebbe essere:
 - misure dirette di attività incorporata
 - misure sugli escreti
 - campionatori d'aria personali
- Importanti e di supporto anche le misure di decontaminazione degli ambienti di lavoro

Funzioni di escrezione (^{131}I)



^{131}I Inhalation Vapour: predicted values (Bq per Bq intake) following acute intake.



^{131}I Ingestion: predicted values (Bq per Bq intake) following acute intake.

Monitoraggio della contaminazione interna: misure di attività incorporata

- Tendenzialmente solo per gamma emettitori o per beta che possano essere rilevati attraverso il bremsstrahlung
- Attenzione a rimuovere eventuale contaminazione superficiale prima della misura
- Nel caso di isotopi dello Iodio, indicata la misura diretta dell'attività in tiroide

Monitoraggio della contaminazione interna: misure di escreti

- Analisi radiometrica delle urine
 - attenzione ad evitare la contaminazione del campione
 - raccolta delle 24 ore
 - attenzione a verificare se la sensibilità fornita dal metodo è adeguata
- Incertezza legata alla funzione di escrezione, alla possibilità di “code”, all’escrezione rapida

Monitoraggio della contaminazione interna: incertezza e frequenze

- Attenzione: è difficile ottenere incertezza migliori del 50%
- la frequenza della misura dipende dalla ritenzione e dall'escrezione, dall'incertezza ritenuta accettabile
- Nel monitoraggio di routine non è noto il momento della possibile incorporazione: si assume (in assenza di informazioni) che avvenga nel punto medio dell'intervallo di campionamento (incertezza di un fattore 3)

Livelli di riferimento per la contaminazione interna

Attraverso modelli di comportamento metabolico delle sostanze radioattive è possibile descrivere la ritenzione delle sostanze radioattive

$$R(t) = \sum_i a_i \cdot e^{-\lambda_i \cdot t}$$

e l'escrezione delle sostanze radioattive

$$E(t) = -\frac{dR(t)}{dt}$$

Livelli di riferimento per la contaminazione interna

- E' quindi possibile disporre delle informazioni relative all'attività incorporata o escreta al tempo t per unità di intake dopo l'intake [m(t)]

$$IL_R = \frac{3}{10} \times \frac{ALI}{N} \quad \longrightarrow \quad IL_R = \frac{3}{10} \times ALI \frac{T}{365} \quad \longrightarrow \quad DIL_R = IL_R \times m\left(\frac{T}{2}\right)$$

$$RL_R = \frac{1}{10} \times \frac{ALI}{N} \quad \longrightarrow \quad RL_R = \frac{1}{10} \times ALI \frac{T}{365} \quad \longrightarrow \quad DIL_R = RL_R \times m\left(\frac{T}{2}\right)$$

Per N periodi ciascuno di T giorni

ATTIVITA' DIAGNOSTICA "IN VIVO"

Esempio operativo (^{99m}Tc)

- Livelli di riferimento (2 mSv/anno)
- Misure settimanali (effettuate a fine settimana ipotizzando introduzione a metà settimana)
 - *misura urine: $\approx 60 \text{ Bq/l}$*
 - *misura "whole body": $\approx 3 \text{ kBq}$*

ATTIVITA' DIAGNOSTICA "IN VIVO"

Esempio operativo (^{99m}Tc)

- Livelli di riferimento (2 mSv/anno)
- Misure di conferma (effettuate a campione ipotizzando un'introduzione continua)
 - *misura urine: 300-3000 Bq/l*
 - *misura "whole body": 50-100 kBq*

Indicatori di rischio in attività con impiego di sostanze radioattive non sigillate

	Valore medio trimestrale (mSv)	Moda Trimestrale (mSv)	75° Percentile trimestrale (mSv)
Dosi efficaci da irradiazione esterna (Medicina Nucleare)	0.50	0.00	0.65
Dosi efficaci impegnate da incorporazione di sostanze radioattive (Medicina Nucleare)	0.15	0.00	0.10
Dosi efficaci da irradiazione esterna (Radioterapia Metabolica)	0.15	0.00	0.10
Dosi efficaci impegnate da incorporazione di sostanze radioattive (Radioterapia Metabolica)	0.14	0.00	0.10
Dosi efficaci da irradiazione esterna (Radioimmunologia)	0.05	0.00	0.00
Dosi efficaci impegnate da incorporazione di sostanze radioattive (Radioimmunologia)	0.00	0.00	0.00

Indicatori di dose efficace per alcune attività e qualifiche professionali (1997, 1998, 1999)

Attività e qualifica professionale	Numero di rilevazioni dosimetriche trimestrali	Valore medio trimestrale (mSv)	Valore modale trimestrale (mSv)	Valore massimo trimestrale (mSv)
Procedure Speciali Medici	3599	0.35	0.00	13.60
Radiologia tradizionale TSRM	7046	0.10	0.00	5.80
Endoscopia Infermieri	1138	0.20	0.00	4.80
Ortopedia Medici	3371	0.10	0.00	11.10
Chirurgia Medici	2420	0.05	0.00	5.80
Anestesia Medici	2904	0.05	0.00	6.35
Urologia Medici	1201	0.15	0.00	4.40
Med. Nucl. Diagnostica TSRM	1382	0.60	0.00	5.40
Radioterapia fasci esterni TSRM	1178	0.10	0.00	4.50

Quali indicazioni si possono ricavare dall'analisi delle distribuzioni dosimetriche ?

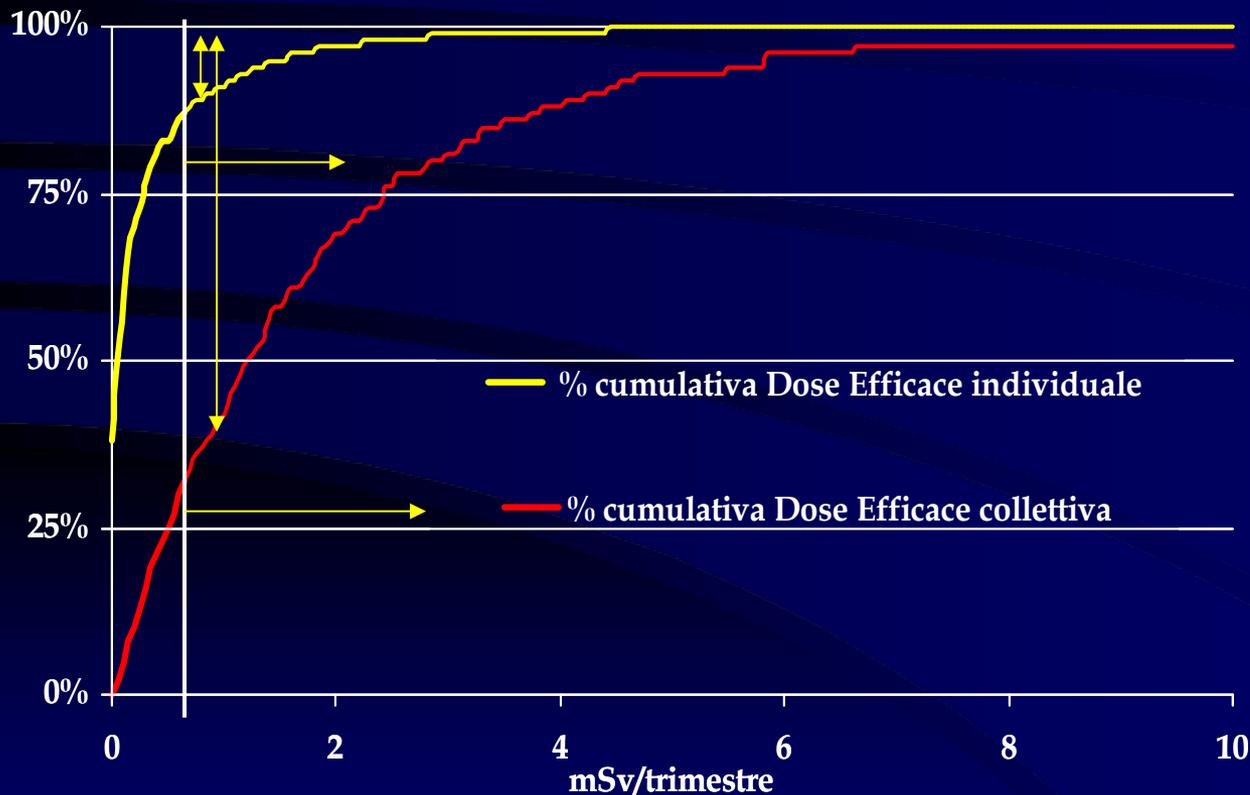
Sostanziale rispetto dei limiti di dose

Diffusa "sicurezza" radioprotezionistica

Le radiazioni ionizzanti sono una fonte di rischio ma non **"LA FONTE DI RISCHIO"**

Ottimizzare identificando tecniche e priorità

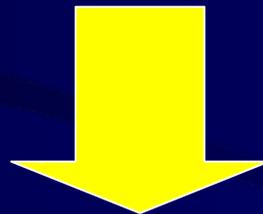
Quali indicazioni si possono ricavare dall'analisi delle distribuzioni dosimetriche ?



- una frazione relativamente modesta di lavoratori assorbe dosi significative
- questa piccola aliquota di lavoratori contribuisce in maniera rilevante alla dose efficace collettiva
- **Questi andamenti si riproducono in tutte le strutture sanitarie e per tutti i tipi di attività**

Applicazione del principio di ottimizzazione

- L'applicazione del principio di ottimizzazione implica comunque il rispetto delle norme di buona tecnica nel tempo
- Pertanto in linea di principio, tutti gli aspetti di un programma di sorveglianza fisica dovrebbero essere periodicamente sottoposti a verifica al fine di perseguire l'obiettivo della ottimizzazione della protezione

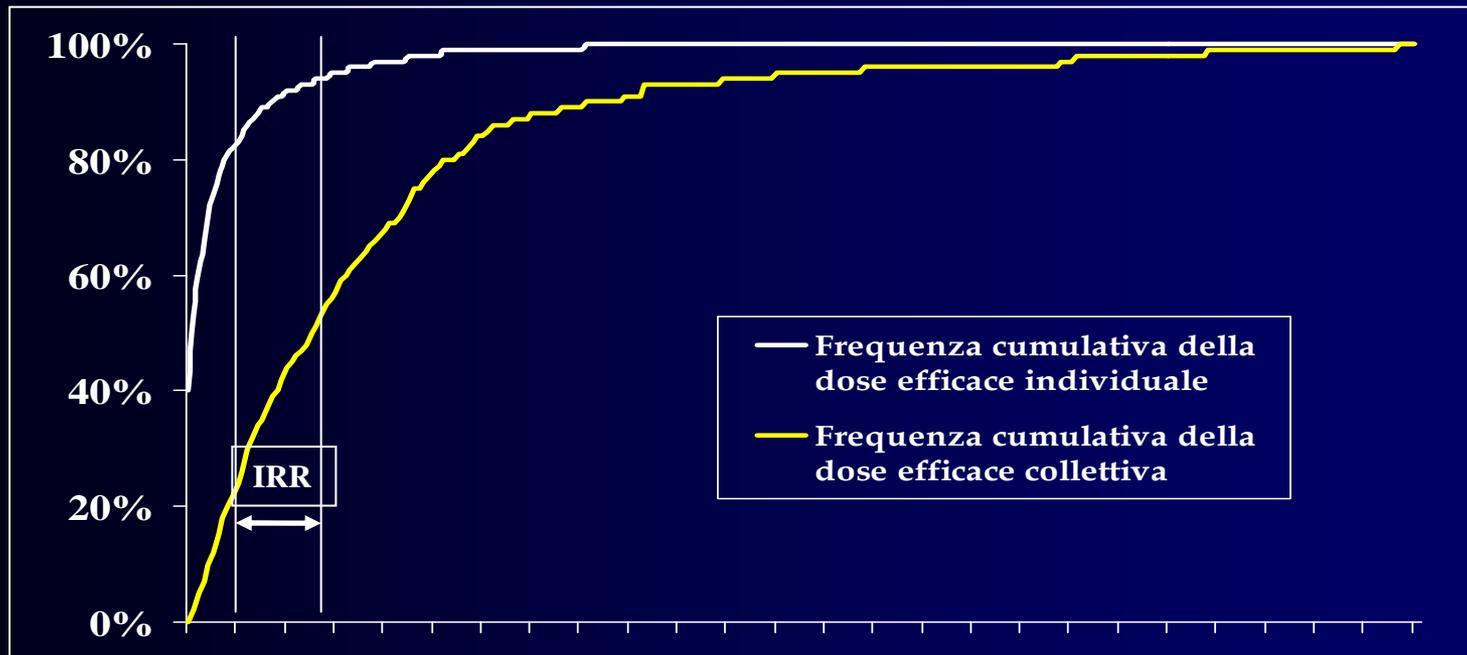


Si rischia di considerare sullo stesso piano tutti gli aspetti del programma di sorveglianza adottato, mentre alcuni elementi possono beneficiare più di altri di un processo di ottimizzazione

**Report 107
NCRP**

**Implementation of the principle
of as low as reasonably achievable
(ALARA)
for medical and dental personnel”
(1990)**

IRR
Individual
Reference
Range



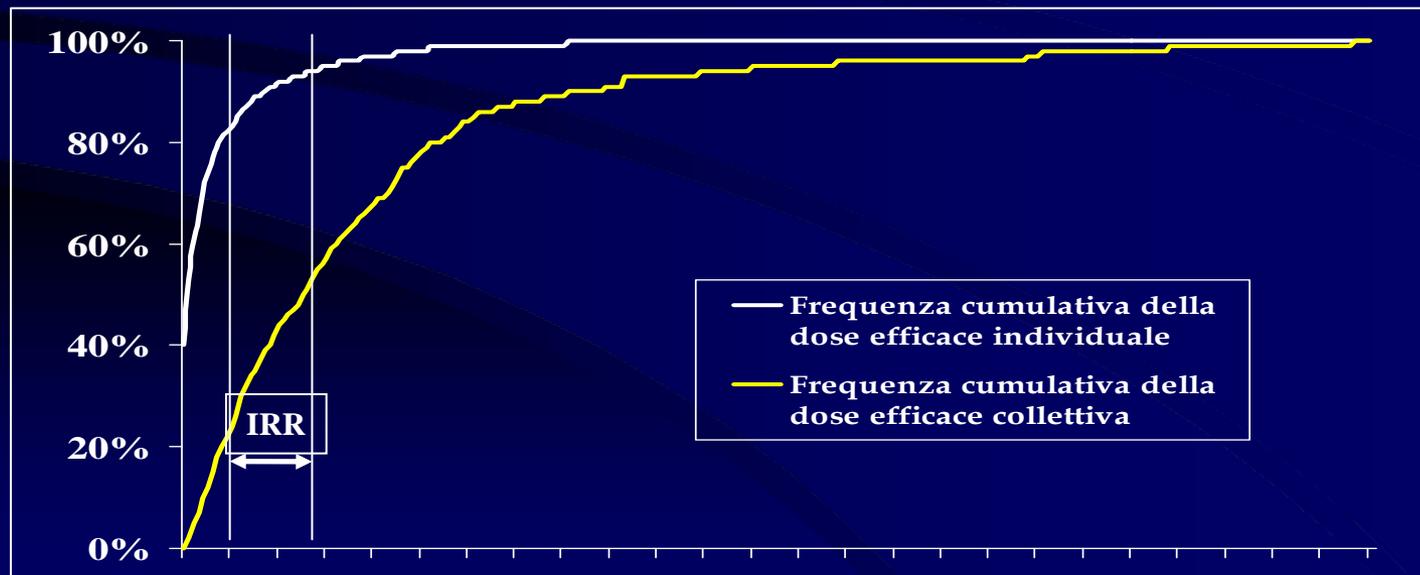
Come definire gli IRR?

**Localmente attraverso
l'analisi periodica
delle distribuzioni
dosimetriche**

**I dati dell'indagine regionale
costituiscono un utile
riferimento "esterno" ai fini
dell'ottimizzazione
(audit iniziale e periodico)**

Come definire gli IRR?

- **Limite superiore dell'IRR:** deve includere nel processo di ottimizzazione una piccola frazione di lavoratori (5-15%) che contribuiscano alla dose collettiva efficace per più del 50% (2 o 3 volte la media della distribuzione dosimetrica trovata)
- **Limite inferiore dell'IRR:** deve escludere una grande frazione (70% - 80% dei lavoratori sottoposti a sorveglianza dosimetrica) ma solo il 20% - 30% della dose collettiva



Come definire gli IRR?

- Periodo di osservazione: **trimestrale**
- Le distribuzioni dosimetriche dovrebbero essere definite per ciascuna attività e figura professionale e riferite ad una storia di 2 - 3 anni (**8 - 12 trimestri**)
- Gli IRR dovrebbero essere definiti su una popolazione di numerosità adeguata
- Problema metrologico: **attenzione alla valutazione delle misure inferiori alla sensibilità del metodo** (Alte energie con dosimetri a film)



una volta definiti

come impiegare gli IRR?

Modalità di impiego degli IRR

- L'estremo superiore dell'IRR **non va inteso come un limite**
- Il non superamento dell'estremo superiore dell'IRR **non è condizione sufficiente** ad attestare che una situazione è ottimizzata
- Non tutti i superamenti dell'estremo superiore dell'IRR richiedono necessariamente l'attivazione di un processo di ottimizzazione

- NCRP 107 propone un modo pragmatico per applicare localmente il principio di ottimizzazione
- L'applicazione del principio di ottimizzazione non dovrebbe essere un “optional” in quanto previsto da una precisa disposizione di legge (art. 72 D.Lgs. 230/95 e s.m.i.)
- Il percorso proposto è quello tipico dei sistemi di miglioramento della qualità, in questo caso applicati alla sicurezza radioprotezionistica

Il percorso proposto



Possibili interventi

- interventi sulle modalità di effettuazione degli esami
- interventi sui dispositivi di protezione individuale (grembiuli, occhiali anti-X)
- modifica, sostituzione o interventi manutentivi delle attrezzature
- interventi formativi e/o modifiche nell'organizzazione del lavoro
- interventi sulle barriere protettive (fisse o mobili)
- **in ogni caso, maggiore è la conoscenza della causa della situazione non ottimizzata migliore sarà la soluzione**

Priorità

- attività di medicina nucleare (PET?)
- terapia radiometabolica (contaminazione interna e irradiazione esterna)
- procedure speciali
- attività endoscopiche