

Milano, 27 giugno 2008

Raccomandazione 2007 ICRP Publication n.103

“Le nuove raccomandazioni e l'attività dell'Esperto qualificato

Luisa Biazzi

Università di Pavia – Fisica medica

Vicepresidente ANPEQ

luisa.biazzi@unipv.it

Caratteristiche principali della racc. ICRP n.103/2007 per l'attività dell'E.q.

- 1-Aggiornamento dei **fattori di ponderazione per le radiazioni e per i tessuti** che compaiono nelle grandezze dose equivalente e dose efficace
- 2-Aggiornamento del **detrimento da radiazioni con nuovi coefficienti nominali di rischio** (effetti stocastici = tumori ed ereditari) basati sulle info scientifiche più recenti della biologia e della fisica dell'esposizione alle radiazioni
- 3-Mantenimento degli attuali limiti di dose individuali per la dose efficace e la dose equivalente dovuti alle sorgenti nelle situazioni di esposizioni controllate ("from all regulated sources in planned exposure situation")

4-Detti limiti rappresentano la massima dose accettabile in ogni situazione espositiva controllata

5-Non più "pratiche" and "intervention"
ma tre tipi di situazioni:

Evoluzione dall'approccio precedente di protezione basato sul processo che usava pratiche e interventi (ICRP 60,1990 e Dir.UE 96/29) verso l'adozione di un approccio basato sulle situazioni di esposizione applicando i principi fondamentali di giustificazione e ottimizzazione della protezione a tutte le situazioni di esposizione controllabili ("controllable exposure situation")

6-Le situazioni di esposizione controllabili sono:

-planned situations=esposizioni programmate/controllabili

-emergency " = " di emergenza

-existing exposure " = " pre-esistenti (es. naturali)

Ciò potrebbe comportare un diverso approccio
progettuale per l'E.q..

NB Solo "sorgenti controllabili" = danno dosi agli individui
controllabili con mezzi idonei

Fuori: "sorgenti non controllabili" (es. raggi cosmici, K-40 nel corpo umano, ecc.):

- o perché non è possibile controllarle con strumenti e quindi sono escluse dal sistema di protezione radiologica perché non possono essere sottoposte a regole
- o perché non ne vale la pena e quindi sono esenti perché non necessitano di essere regolate

DLgs.230/95 All.1 "criterio di non rilevanza radiologica delle pratiche":

- quando la dose efficace a un qualunque individuo a causa della pratica esente è $\leq 10 \mu\text{Sv/a}$ (dose cut-off)
- la dose collettiva efficace impegnata in un anno di esecuzione della pratica è $\leq 1 \text{ Sv-persona}$ oppure la valutazione relativa dell'ottimizzazione della protezione mostra che l'esenzione è l'opzione ottimale

7-Mantenimento dei 3 principi fondamentali di protezione radiologica (ICRP 60):

giustificazione, ottimizzazione, limiti di dose

e spiegazione più chiara sulla loro applicazione alle sorgenti di esposizione alle radiazioni e ai soggetti esposti

8-Rafforzamento del principio di ottimizzazione della protezione che dovrebbe essere applicato a tutte le situazioni espositive con restrizioni alle dosi individuali e ai rischi

-Definizione più rigorosa dei vincoli di dose ("dose constraints") che andrebbero introdotti per qualunque sorgente (no app. mediche) e in tutte le situazioni

-Introduzione di nuovi concetti di rischio per le situazioni di esposizione programmate e di **livello di riferimento** ("reference level") atto a prendere decisioni operative (No limiti di dose!) per le situazioni di esposizione di emergenza ed esistenti (incl.applicazioni mediche: 1°+2°pr., dosi efficaci, gravide, incidenti con fascio e brachiterapia/rilascio dei pazienti, volontari,...)

Confermati ICRP 73 (diagn.), 85 (interv), 87, 93 (digit), 44(RT)

9-Influenze per E.q. dovute al nuovo approccio alla protezione radiologica dell'ambiente ("Protection of the environment")

10-Interesse ampio per:

umani e non (animali, piante) - pazienti - ambiente

Annex A: info biologiche ed epidemiologiche sui rischi per la salute attribuibili alle radiazioni ionizzanti

Annex B: basi per le grandezze dosimetriche

11-Effetti delle radiazioni: due categorie

11.a-Effetti non stocastici (ICRP27)

-Effetti deterministici (ICRP60)

-**Reazioni dei tessuti** ("tissue reactions") (ICRP103)

dovuti soprattutto al malfunzionamento/morte delle cellule a seguito di dosi elevate (a soglia).

Prevenzione: LIMITI DI DOSE x lavoratori e pubblico

11.b-**Effetti** stocastici. Meglio: **cancerogeni ed ereditari** ("cancer/heritable effects") che determinano sia lo ⁸

sviluppo del cancro negli individui esposti a seguito di mutazioni delle cellule somatiche sia malattie ereditarie dovute a mutazioni delle cellule riproduttive (germinali).

Effetti stocastici: %/Sv **valori cambiati**

Effetti delle radiazioni: due categorie ma anche dati su:

-**Effetti su embrione e feto**

-**Malattie diverse dal cancro**: malattie cardiache, infarto, gravi problemi digestivi e respiratori

Per cancro, studi epidemiologici e sperimentali danno evidenze dei rischi intorno a 100 mSv

Per i danni ereditari si applica sistema di protezione (modello lineare senza soglia, anche a basse dosi, con proporzionalità tra aumento della dose e aumento del rischio).

Ipotesi lineare: estrapolabile a basse dosi?

2 problemi (in particolare per sorv.sanitaria)::

-supra-linear low dose

-dose thresholds

Adaptive responses (ormesi delle radiazioni: NO)

12-Effetti su embrione e feto (simili a ICRP 60):

danni ai tessuti e cambiamenti nello sviluppo: periodo critico=max radiosensibilità in utero: organogenesi

C'è dose soglia ~ 100 mGy per induzione di malformazioni.

Quindi per valori inferiori si escludono effetti non cancerogeni (aborto non giustificato)

n.2 fantocci computazionali (ICRP89) per uomo e donna 3D

Rn-222 "existing exposure situation":

-domestic dwelling 600 Bq m⁻³

-workplaces 1500 Bq m⁻³

Fattori di ponderazione per le radiazioni W_R (ICRP103)

| Radiation type | Radiation weighting factor, W_R |
|--|-----------------------------------|
| Photons | 1 |
| Electrons and muons | 1 |
| Protons and charged pions (già 5!!) | 2 |
| Alpha particles, fission fragments, heavy ions | 20 |
| All values relate to the radiation incident on the body or, for internal radiation sources, emitted from the incorporated radionuclide(s). | |

Fattori di ponderazione per le radiazioni W_R (ICRP60) (D.Lgs.230/95)

| | Energia | W_R |
|---|-------------------|-------|
| Fotoni | | 1 |
| Elettroni e muoni | | 1 |
| Neutroni | < 10 keV | 5 |
| | 10 keV - 100 keV | 10 |
| | > 100 keV - 2 MeV | 20 |
| | > 2 MeV - 20 MeV | 10 |
| | > 20 MeV | 5 |
| Protoni, esclusi i protoni di rinculo | > 2 MeV | 5 |
| Particelle alfa, frammenti di fissione, nuclei pesanti | | 20. |

Radiation weighting factor W_R for neutrons

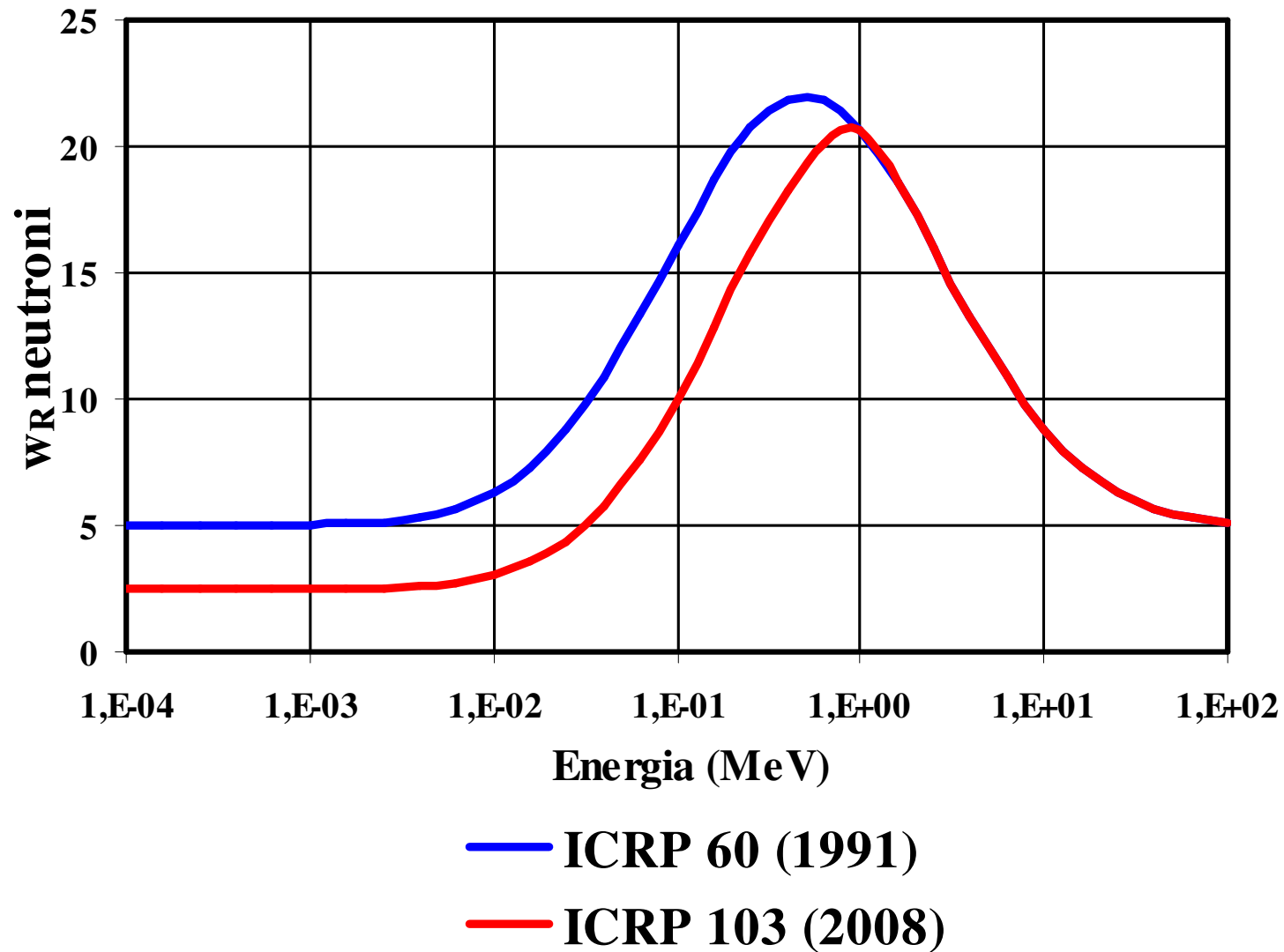


Table 4.1: Summary of Gender-Averaged Nominal Risks and Detriment

a) Whole population

| Tissue | Nominal Risk Coefficient (cases per 10,000 persons per Sv) | Lethality fraction | Nominal risk adjusted for lethality and quality of life* | Relative cancer free life lost | Detriment (relating to column 1) | Relative detriment ⁺ |
|---------------------|--|--------------------|--|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Oesophagus | 15 | 0.93 | 15.1 | 0.87 | 13.1 | 0.023 |
| Stomach | 79 | 0.83 | 77.0 | 0.88 | 67.7 | 0.118 |
| Colon | 65 | 0.48 | 49.4 | 0.97 | 47.9 | 0.083 |
| Liver | 30 | 0.95 | 30.2 | 0.88 | 26.6 | 0.046 |
| Lung | 114 | 0.89 | 112.9 | 0.80 | 90.3 | 0.157 |
| Bone | 7 | 0.45 | 5.1 | 1.00 | 5.1 | 0.009 |
| Skin | 1000 | 0.002 | 4.0 | 1.00 | 4.0 | 0.007 |
| Breast | 112 | 0.29 | 61.9 | 1.29 | 79.8 | 0.139 |
| Ovary | 11 | 0.57 | 8.8 | 1.12 | 9.9 | 0.017 |
| Bladder | 43 | 0.29 | 23.5 | 0.71 | 16.7 | 0.029 |
| Thyroid | 33 | 0.07 | 9.8 | 1.29 | 12.7 | 0.022 |
| Bone Marrow | 42 | 0.67 | 37.7 | 1.63 | 61.5 | 0.107 |
| Other Solid | 144 | 0.49 | 110.2 | 1.03 | 113.5 | 0.198 |
| Gonads (Hereditary) | 20 | 0.80 | 19.3 | 1.32 | 25.4 | 0.044 |
| Total | 1715 | | 565 | | 574 | 1.000 |

| Tissue | Nominal Risk Coefficient (cases per 10,000 persons per Sv) | Lethality fraction | Nominal risk adjusted for lethality and quality of life* | Relative cancer free life lost | Detriment (relating to column 1) | Relative detriment ⁺ |
|---------------------|---|--------------------|--|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Oesophagus | 16 | 0.93 | 16 | 0.91 | 14.2 | 0.034 |
| Stomach | 60 | 0.83 | 58 | 0.89 | 51.8 | 0.123 |
| Colon | 50 | 0.48 | 38 | 1.13 | 43.0 | 0.102 |
| Liver | 21 | 0.95 | 21 | 0.93 | 19.7 | 0.047 |
| Lung | 127 | 0.89 | 126 | 0.96 | 120.7 | 0.286 |
| Bone | 5 | 0.45 | 3 | 1.00 | 3.4 | 0.008 |
| Skin | 670 | 0.002 | 3 | 1.00 | 2.7 | 0.006 |
| Breast | 49 | 0.29 | 27 | 1.20 | 32.6 | 0.077 |
| Ovary | 7 | 0.57 | 6 | 1.16 | 6.6 | 0.016 |
| Bladder | 42 | 0.29 | 23 | 0.85 | 19.3 | 0.046 |
| Thyroid | 9 | 0.07 | 3 | 1.19 | 3.4 | 0.008 |
| Bone Marrow | 23 | 0.67 | 20 | 1.17 | 23.9 | 0.057 |
| Other Solid | 88 | 0.49 | 67 | 0.97 | 65.4 | 0.155 |
| Gonads (Hereditary) | 12 | 0.80 | 12 | 1.32 | 15.3 | 0.036 |
| Total | 1179 | | 423 | | 422 | 1.000 |

Table A1: Values for lethality factors, non-fatal case weights, and relative life lost values used in the current computations, together with the corresponding values in ICRP Publication 60

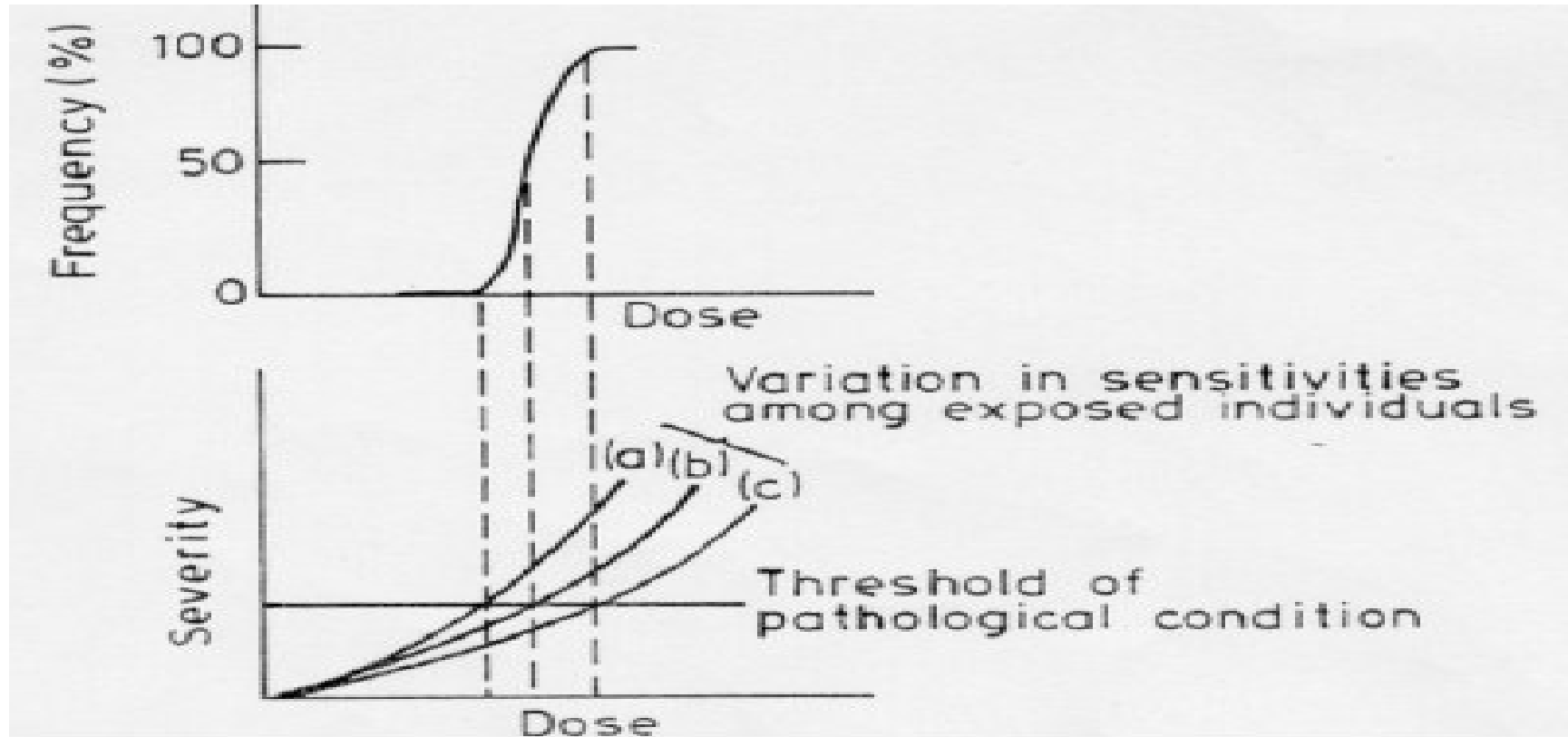
| Site | Current | | | ICRP 60 | |
|-------------|---------------|---------------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| | Lethality (k) | Non-fatal case weight (q) | Relative life lost | Lethality (k =q) | Relative life lost |
| Oesophagus | 0.93 | 0.935 | 0.87 | 0.95 | 0.65 |
| Stomach | 0.83 | 0.846 | 0.88 | 0.90 | 0.83 |
| Colon | 0.48 | 0.530 | 0.97 | 0.55 | 0.83 |
| Liver | 0.95 | 0.959 | 0.88 | 0.95 | 1.00 |
| Lung | 0.89 | 0.901 | 0.80 | 0.87 | 0.90 |
| Bone | 0.45 | 0.505 | 1.00 | 0.72 | 1.00 |
| Skin | 0.002 | 0.002 | 1.00 | -- | 1.00 |
| Breast | 0.29 | 0.365 | 1.29 | 0.50 | 1.21 |
| Ovary | 0.57 | 0.609 | 1.12 | 0.70 | 1.12 |
| Bladder | 0.29 | 0.357 | 0.71 | 0.50 | 0.65 |
| Thyroid | 0.07 | 0.253 | 1.29 | 0.10 | 1.00 |
| Bone Marrow | 0.67 | 0.702 | 1.63 | 0.99 | 2.06 |
| Other Solid | 0.49 | 0.541 | 1.03 | 0.71 | 0.91 |
| Gonads | 0.80 | 0.820 | 1.32 | -- | 1.33 |

Recommendations of the ICRP 2008

Detriment adjusted nominal risk coefficients for stochastic effects [10^{-2} Sv^{-1}]

| Exposed population | Cancer | | Heritable effects | | Total | |
|-----------------------|---------|--------|-------------------|--------|---------|---------|
| | Present | ICRP60 | Present | ICRP60 | Present | ICRP 60 |
| Whole | 5.5 | 6.0 | 0.2 | 1.3 | 5.7 | 7.3 |
| Adult | 4.1 | 4.8 | 0.1 | 0.8 | 4.2 | 5.6 |

Figure 3.3: Relationships between dose and the frequency and severity of tissue reactions. From ICRP (1991).



Upper panel - expected sigmoidal increase in frequency in a population of individuals with varying sensitivities.

Lower panel – expected dose-severity relationships for three individuals with different sensitivities.

Table 3.4: Projected threshold estimates of the acute absorbed doses for 1% incidences of morbidity and mortality involving adult human organs and tissues after whole body gamma ray exposures

| Effect | Organ/tissue | Time to develop effect | Absorbed dose (Gy) ^a |
|-------------------------------------|--------------------|------------------------|---------------------------------|
| <i>Morbidity:</i> | | | <i>1% Incidence</i> |
| Temporary sterility | Testes | 3-9 weeks | ~0.1 ^{a,b} |
| Permanent sterility | Testes | 3 weeks | ~6 ^{a,b} |
| Permanent sterility | Ovaries | < 1week | ~3 ^{a,b} |
| Depression of blood-forming process | Bone marrow | 3-7 days | ~0.5 ^{a,b} |
| Main phase of skin reddening | Skin (large areas) | 1-4 weeks | <3-6 ^b |
| Skin burns | Skin (large areas) | 2-3 weeks | 5-10 ^b |
| Temporary hair loss | Skin | 2-3 weeks | ~4 ^b |
| Cataract (visual impairment) | Eye | Several years | ~1.5 ^{a,c} |

a ICRP (1984c); b UNSCEAR (1988); c Edwards and Lloyd (1996);

e ranges indicate area dependence for skin;

f thresholds at lower doses are expected for lens opacities that are not associated with overt 20 visual impairment.

Valori di dose soglia per l'insorgenza di mortalità nell'1% dei casi, per esposizione acuta di organi e tessuti di adulti.

| Effect | Organ/tissue | Time to develop effect | Absorbed dose (Gy) ^e |
|----------------------------------|-----------------|------------------------|---------------------------------|
| <i>Mortality:</i> | | | <i>1% Incidence</i> |
| Bone marrow syndrome: | | | |
| - without medical care | Bone marrow | 30-60 days | 1 ^b |
| - with good medical care | Bone marrow | 30-60 days | 2-3 ^{b,d} |
| | | | |
| Gastro-intestinal syndrome: | | | |
| - without medical care | Small intestine | 6-9 days | 6 ^d |
| - with conventional medical care | Small intestine | 6-9 days | >6 ^{b,c,d} |
| Pneumonitis | Lung | 1-7 months | 6 ^{b,c,d} |

b UNSCEAR (1988); c Edwards and Lloyd (1996); d Scott and Hahn (1989), Scott (1993); 21
e ranges indicate area dependence for differing medical support for bone marrow.

Fattori di ponderazione per i tessuti (W_T) (ICRP 103)

$$[E \equiv \sum_T W_T * H_T]$$

| Tissue | W_T | $\sum W_T$ |
|---|-------|------------|
| Bone-marrow (red), Colon, Lung, Stomach, Breast, Remainder tissues (già 0,05)* | 0,12 | 0,72 |
| Gonads (già 0,20) | 0,08 | 0,08 |
| Bladder, Oesophagus, Liver, Thyroid | 0,04 | 0,16 |
| Bone surface, Brain, Salivary glands, Skin | 0,01 | 0,04 |
| | Total | 1 |

*Remainder tissues:

Adrenals, Extrathoracic (ET) region, Gall bladder, Heart, Kidneys, Lymphatic nodes, Muscle, Oral mucosa, Pancreas, Prostate, Small intestine, Spleen, Thymus, Uterus/cervix

(nuova def. di "remainder tissues" con nuovi organi per maschi e femmine (13 e non più 10): cistifellea-gall bladder e cuore-hearth)

Fattori di ponderazione per i tessuti (W_T)
(ICRP 60) D.Lgs. 230/95, Allegato IV

| | | | |
|------------------|------|--------------|------|
| Gonadi | 0,20 | Esofago | 0,05 |
| Colon | 0,12 | Fegato | 0,05 |
| Midollo rosso | 0,12 | Mammella | 0,05 |
| Polmone | 0,12 | Tiroide | 0,05 |
| Stomaco | 0,12 | Vescica | 0,05 |
| Pelle | 0,01 | Altri organi | 0,05 |
| Superficie ossea | 0,01 | | |

Altri organi: ghiandole surrenali, cervello, vie respiratorie extratoraciche, intestino tenue, reni, tessuto muscolare, pancreas, milza, timo e utero .

Grandezze radioprotezionistiche

- Absorbed Dose $D = d\varepsilon/dm$ (Gy)
- Mean absorbed dose in a tissue or organ T
 $D_T = \varepsilon_T/m_T$ (Gy)
- Equivalent dose in an organ or tissue T
 $H_T = \sum_R W_R D_{T,R}$ (Sv)
- (Committed Equivalent dose in an organ or tissue T) ($H_T(50)$) ($H_T(70)$)
- Kerma $K = dE_{tr}/dm$ (Gy)
- Fluence $\Phi = dN/d_a$
- Activity (Bq)

- DLgs.230/95 deriva da Dir.96/29 e 97/43 che a sua volta deriva da ICPR 60
- Diverso approccio progettuale nelle varie situazioni di esposizione (ICRP103) piuttosto che su pratiche e interventi (ICRP60)
- Limiti di dose, vincoli di dose, livelli di riferimento
- Alcuni fattori di ponderazione W_R e W_T modificati incidono nel DLgs.230/95
- Viene scoraggiata la classificazione dei lavoratori
- Viene incoraggiata la classificazione delle aree
- Viene incoraggiato l'incident reporting
- Da ICRP27 a ICRP60: molti cambiamenti
- Da ICRP60 a ICRP103: meno
- Da ICRP60/90 a Dir.UE a D.Lgs.230/95
- Da ICRP10/07 a Dir.UE a D.Lgs. 5 anni ??