

Definizioni tecniche

- *Attività* (art.4,1° DLgs 230): quoziente di dN diviso per dt in cui dN è il numero atteso di transizioni nucleari spontanee di una determinata quantità di un radionuclide da uno stato particolare di energia in un momento determinato, nell'intervallo di tempo dt ; unità di misura: becquerel, 1 Bq, un becquerel equivale ad una transizione per secondo: $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$ ($1 \text{ pCi} = 0,037 \text{ Bq}$).
- *Concentrazione*: attività specifica per unità di volume; unità di misura: Bq/m^3 ; $1 \text{ pCi/L} = 37 \text{ Bq/m}^3$.
- *Concentrazione di energia potenziale alfa in aria, PAEC* (p.0.3 All.IV DLgs 230): somma dell'energia potenziale alfa di tutti i prodotti di decadimento a breve tempo di dimezzamento del ^{222}Rn o del ^{220}Rn presenti nell'unità di volume di aria. L'unità di misura è il $\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$ o MeV/m^3 . Rappresenta l'energia rilasciata in uno specifico volume isolato di aria da una miscela qualsiasi di prodotti a vita breve di decadimento del radon o del toron attraverso il completo decadimento α di ciascuno degli atomi presenti.
- *Concentrazione equivalente all'equilibrio, EEC* (p.0.3 All.IV DLgs 230), (di una miscela non in equilibrio dei prodotti di decadimento a breve tempo di dimezzamento del ^{222}Rn o del ^{220}Rn): concentrazione in aria del ^{222}Rn o del ^{220}Rn in equilibrio radioattivo con i relativi prodotti di decadimento a breve tempo di dimezzamento che ha la stessa concentrazione di energia potenziale alfa della miscela non in equilibrio dei prodotti di decadimento del ^{222}Rn o del ^{220}Rn . Rappresenta la concentrazione ipotetica di radon in aria che produrrebbe una PAEC pari a quella realmente esistente (con i figli che non sono in equilibrio con il progenitore). In letteratura si può trovare indicata come EER, EEC, EC(Rn), EEC(Rn), EEDC(Rn). Unità di misura: Bq/m^3 . La EEC di radon e toron, in Bq/m^3 , espressa in funzione della concentrazione in aria, $C(\text{Bq/m}^3)$ dei rispettivi prodotti di decadimento a vita breve è:
 - $\text{EEC}(^{222}\text{Rn}) = 0,106 \cdot C(^{218}\text{Po}) + 0,513 \cdot C(^{214}\text{Pb}) + 0,381 \cdot C(^{214}\text{Bi})$;
 $1\text{WL}(\text{PAEC}) = \text{EEC}(^{222}\text{Rn})/3740$.
 - $\text{EEC}(^{220}\text{Rn}) = 0,913 \cdot C(^{212}\text{Pb}) + 0,087 \cdot C(^{212}\text{Bi})$; $1\text{WL}(\text{PAEC}) = \text{EEC}(^{220}\text{Rn})/276$.
- *Diametro aerodinamico*: diametro di una particella a densità unitaria che abbia, in aria, la stessa velocità della particella in esame; unità di misura: μm .
- *Dose assorbita* (art.4,1° DLgs 230): energia assorbita per unità di massa e cioè il quoziente di dE diviso per dm , in cui dE è l'energia media ceduta dalle radiazioni ionizzanti alla materia in un elemento volumetrico e dm la massa di materia contenuta in tale elemento volumetrico; indica la dose media assorbita in un tessuto o in organo. L'unità è il gray, $1 \text{ Gy} = 1\text{J/kg}$.
- *Dose equivalente, H* (art.4,1° e p.0.1 all.IV DLgs 230): dose assorbita media in un tessuto o organo T, ponderata in base al tipo e alla qualità della radiazione. La dose equivalente $H_{T,R}$ nel tessuto o nell'organo T dovuta alla radiazione R è data da: $H_{T,R} = w_R \cdot D_{T,R}$, dove: $D_{T,R}$ è la dose assorbita media nel tessuto o nell'organo T, dovuta alla radiazione R; w_R è il fattore di ponderazione per la radiazione R, che dipende dal tipo e dalla qualità del campo di radiazioni esterno, oppure dal tipo e dalla qualità delle radiazioni emesse da un radionuclide depositato all'interno dell'organismo. Per le particelle beta, raggi gamma ed X w_R è unitario, per le particelle alfa vale 20. Unità di misura: sievert, $1\text{Sv} = 1\text{J/kg}$.
- *Dose efficace* (p.0.2 all.IV DLgs 230): somma delle dosi equivalenti ponderate nei tessuti ed organi del corpo causate da irradiazioni interne ed esterne ed è data dalla relazione sottoindicata, dove: H_T è la dose equivalente nell'organo o tessuto T; w_T è il fattore di ponderazione per l'organo o il tessuto T; w_R è il fattore di ponderazione per la radiazione R; $D_{T,R}$ è la dose assorbita media, nel tessuto o nell'organo T, dovuta alla radiazione R. Per la regione bronchiale w_T vale 0,06 e per quella alveolare 0,06, per un totale per i polmoni pari

Elio Giroletti - Radon – definizioni

a 0,12. Unità di misura: sievert, 1Sv = 1J/kg. Per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori a partire dalla concentrazione di attività di radon si applica il fattore convenzionale di conversione $3 \cdot 10^{-9}$ Sv di dose efficace per unità di esposizione espressa in $\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$ (all.I-bis del DLgs 230/95). Se si suppone, per le abitazioni civili, che $F=0,4-0,5$ e 19 ore/g di occupazione, il coefficiente di conversione tra concentrazione di radon diventa 1 mSv/y di dose efficace per $20 \text{ Bq}/\text{m}^3$ ($6 \text{ nSv}/(\text{Bq} \cdot \text{h}/\text{m}^3)$) –vedasi anche oltre-.

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$$

- *Energia potenziale alfa* dei prodotti di decadimento del ^{222}Rn e del ^{220}Rn (p.0.3 all.IV DLgs 230): l'energia totale alfa emessa durante il decadimento dei discendenti del ^{222}Rn fino al ^{210}Pb escluso e durante il decadimento dei discendenti del ^{220}Rn fino al ^{208}Pb stabile. L'unità di misura dell'energia potenziale alfa è il joule, J, o MeV (essendo 1 Mev = $1,602 \cdot 10^{-13}$ J). L'energia potenziale alfa di un atomo appartenente alla catena di decadimento del radon o del toron, è l'energia totale alfa emessa durante il decadimento dell'atomo stesso e dei suoi figli fino al ^{210}Pb o ^{208}Pb , rispettivamente. Per esempio, per il ^{218}Po essa è 13,7 MeV (6,00+7,68).
- *Epitelio bronchiale*: superficie ricoprente i dotti di adduzione di aria ai polmoni – lo spessore diminuisce con le generazioni bronchiali da circa 80 nm nella trachea fino a 15 nm nelle zone finali.
- *Esposizione (a energia potenziale alfa o attività)*: integrale nel tempo della concentrazione di PAEC (o attività) a cui un individuo (o un dosimetro) è esposto; se la PAEC è indipendente dal tempo, l'esposizione è il prodotto tra la sua durata e la PAEC stessa. Di solito è riferita ad una miscela in equilibrio. Unità di misura: per EEC è $\text{Bq} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ (o $\text{Bq} \cdot \text{h}/\text{m}^3$) e per PAEC è $\text{J} \cdot \text{s}/\text{m}^3$ (o $\text{J} \cdot \text{h}/\text{m}^3$) o $\text{MeV} \cdot \text{h}/\text{m}^3$, mentre la misura tradizionale era il WLM.
- *Fattore di equilibrio, F*: rispetto all'energia potenziale alfa rappresenta il rapporto tra la concentrazione equivalente all'equilibrio, EEC, e la concentrazione di radon gas presente in aria, $C(\text{Rn})$; è adimensionale. Valori tipici sono: negli ambienti ad uso domestico o tipo ufficio $F=0,5$; all'esterno $F=0,8$ e nelle miniere (ambienti molto polverosi) $F=0,3$. Il fattore di equilibrio, rappresenta anche il rapporto tra la PAEC presente in aria e quella che si avrebbe se il radon fosse in equilibrio con i figli. Inoltre, $F=WL \cdot 3700/C(^{222}\text{Rn}, \text{Bq}/\text{m}^3)$ e $F=EEC(\text{Rn})/C(\text{Rn})$.
- *Frazione libera (in aria), fp*: frazione dei prodotti di decadimento a vita breve del radon che non sono legati alle particelle di aerosol presenti in aria. Viene riferito alla energia potenziale alfa della miscela e non alla concentrazione di ogni singolo radionuclide.
- *Pascal, Pa*: unità di misura della pressione. Nel sistema SI $1\text{Pa}=1 \text{ newton}/\text{m}^2$.
- *Potere di esalazione*: allo stato stazionario, rappresenta la frazione di radon prodotta all'interno di un solido che esala dal solido stesso.
- *Prodotti di decadimento del radon*: radionuclidi a vita breve prodotti come risultato del decadimento del ^{222}Rn ; essi sono: ^{218}Po (RaA), ^{214}Pb (RaB), ^{214}Bi (RaC) e il ^{214}Po (RaC').

nuclide	sinonimo	T ½	λ [1/ore]	atomi [nro/Bq]	energ, α MeV	PAE, MeV/atomo
Rn222		3,824 g	0,00755	47600	5,5	
Po218	RaA	3,05 min	13,6	260	6	13,68
Pb214	RaB	26,8 min	1,55	2300	--	7,68
Bi214	RaC	19,7 min	2,11	1700	--	7,68
Po214	RaC'	164 μsec	1,52E7	2,4E-4	7,68	7,68

Elio Giroletti - Radon – definizioni

- *Radon* (All.I-bis del DLgs 230): per radon e toron si intendono rispettivamente gli isotopi 222 e 220 del Rn.

Due grandezze molto utilizzate nel passato, per la misura dell'esposizione sono:

- *Working Level, WL*: corrisponde ad una concentrazione di energia potenziale in aria, PAEC, dei figli a vita breve del radon (fino al ^{214}Po , RaC) o toron (fino al ^{208}Pb , ThD) quando questi siano in equilibrio con una concentrazione in aria di 3700 Bq/m^3 (100 pCi/l) di radon o di 275 Bq/m^3 (7,43 pCi/l) di toron. Riferito al radon rappresenta qualsiasi combinazione dei suoi prodotti di decadimento in 1 lt aria che dia una emissione di emissione PAE pari a $1,3 \cdot 10^5 \text{ MeV}$ ($2,08 \text{ J/m}^3$). 3700 Bq/m^3 di EEC(Rn) producono 1WL.
- *Working Level Month, WLM*: esposizione cumulativa equivalente a 1 WL per un mese lavorativo, 170 ore. $1 \text{ WL} = 1 \text{ WL} \cdot 170 \text{ h} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ J} \cdot \text{h/m}^3 = 22,1 \cdot 10^{-6} \text{ MeV} \cdot \text{h/m}^3$. L'esposizione a 1WL per un intero anno dà 51,5 WLM. $1 \text{ WLM} = \text{EEC}(\text{Rn})/6,29 \cdot 10^5$.

Altre definizioni

- *Datore di lavoro* (art.2,1°,b del DLgs 626): soggetto titolare del rapporto di lavoro con il lavoratore o, comunque, il soggetto che, secondo il tipo e l'organizzazione dell'impresa, ha la responsabilità dell'impresa stessa ovvero dell'unità produttiva, quale definita ai sensi della lettera i), in quanto titolare dei poteri decisionali e di spesa. Nelle pubbliche amministrazioni... per datore di lavoro *si intende* il dirigente al quale spettano i poteri di gestione, ovvero il funzionario non avente qualifica dirigenziale, nei soli casi in cui quest'ultimo sia preposto ad un ufficio avente autonomia gestionale.
- *Esercente* (art.2 DLgs 187/00 e s.m.i. –non c'è altra definizione nella normativa di radioprotezione-): soggetto che, secondo il tipo e l'organizzazione dell'impresa, ha la responsabilità dell'impresa stessa ovvero dell'unità produttiva, intesa come stabilimento o struttura finalizzata alla produzione di beni o servizi, dotata di autonomia finanziaria e tecnico-funzionale.
- *Esperto qualificato* (art.4,1°,u del DLgs 230): **persona che possiede le cognizioni e l'addestramento necessari sia per effettuare misurazioni, esami, verifiche o valutazioni di carattere fisico, tecnico o radiotossicologico, sia per assicurare il corretto funzionamento dei dispositivi di protezione, sia per fornire tutte le altre indicazioni e formulare provvedimenti atti a garantire la sorveglianza fisica della protezione dei lavoratori e della popolazione.**
- *Lavoratore* (subordinato) (art.60,1° del DLgs 230): ogni persona che presti il proprio lavoro alle dipendenze di un datore di lavoro, esclusi gli addetti a servizi domestici e familiari.... Sono equiparati i soci lavoratori di cooperative o di società, anche di fatto, e gli utenti dei servizi di orientamento o di formazione scolastica, universitaria e professionale avviati presso datori di lavoro per agevolare o per perfezionare le loro scelte professionali. Sono altresì equiparati gli allievi degli istituti di istruzione e universitari, e i partecipanti ai corsi di formazione professionale, nonché coloro i quali, a qualsiasi titolo, prestino presso terzi la propria opera professionale.
- *Livello di azione* (All.I-bis DLgs 230): Livello di concentrazione di attività di radon in aria o di dose efficace, il cui superamento richiede l'adozione di azioni di rimedio che riducano tale grandezza a livelli più bassi del valore fissato. Per i luoghi di lavoro di cui all'art.10-bis,1° lettere a) e b), il livello di azione è fissato in termini di 500 Bq/m^3 di concentrazione di attività di radon media in un anno solare... Per le terme il livello di azione è riferito alla dose efficace, 1 mSv per anno solare.
- *Luogo di lavoro* (art. 30,1° del DLgs 626): luogo destinato a contenere posti di lavoro, ubicati all'interno dell'azienda ovvero dell'unità produttiva, nonché ogni altro luogo nell'area della medesima azienda ovvero unità produttiva comunque accessibile per il lavoro.

Elio Giroletti - Radon – definizioni

- *Organismo riconosciuto* (artt.10-ter,4° e 107,3° del DLgs 230): organismo che rilascia una relazione tecnica contenente il risultato della misurazione sulla concentrazione di radon nei luoghi di lavoro e che è riconosciuto idoneo, nell'ambito delle norme di buona tecnica, da istituti previamente abilitati. Le modalità per l'abilitazione dei predetti istituti sono dovute essere stabilite con un decreto del Ministro del lavoro e della previdenza sociale, non ancora stato emanato; nelle more dei riconoscimenti, gli esercenti si possono avvalere di *organismi idoneamente attrezzati* (che non sono definiti nella normativa).
- *Persona del pubblico* (art.3,3°,c del DLgs 230): individui della popolazione, esclusi i lavoratori, gli apprendisti e gli studenti esposti in ragione della loro attività e gli individui durante l'esposizione di cui all'art.2,5°, lettere a) e b) del DLgs 230.
- *Pratica* (art.4,2° DLgs 230): attività umana che è suscettibile di aumentare l'esposizione degli individui alle radiazioni provenienti da una sorgente artificiale, o da una sorgente naturale di radiazioni, nel caso in cui radionuclidi naturali siano trattati per le loro proprietà radioattive, fissili o fertili, o da quelle sorgenti naturali di radiazioni che divengono soggette a disposizioni del presente decreto ai sensi del capo III-bis. Sono escluse le esposizioni dovute ad interventi di emergenza;
- *Screening*: qualunque indagine atta a selezionare qualcosa o qualcuno.
- *Seminterrato* (Tit.III Regol. locale di igiene tipo, Regione Lombardia, 1989): locale che per parte della sua altezza si trova sotto il piano del marciapiede del fabbricato.
- *Sotterraneo* (Tit.III Regol. locale di igiene tipo, Regione Lombardia, 1989): locale che si trova completamente sotto il piano del marciapiede del fabbricato.

Bibliografia (in ordine cronologico)

- Swedjemark Gun A, *Radon and radon daughters indoors, problems in the determination of the annual average*, National Institute of radiation Protection, Sweden, 1984
- National Radiological Protection Board and Measurements, *Exposure from the uranium series with emphasis on radon and its daughters*, ed. NCRP, Washington DC, 1984
- National Radiological Protection Board and Measurements, *Exposure of the population on the United States and Canada from natural background radiation*, ed. NCRP, Washington DC, 1987
- Bruce Henschel D, *Radon reduction techniques for detached houses, Technical guidance*, Iind ed., US Env. Protect. Agency, EPA/625/4-87/019, Washington, 1988
- National Council on Radiation Protection, *Measurement of radon and radon daughters in air*, NCRP Report 97, ed. NCRP, Washington DC, 1988
- National Council on Radiological Protection and Measurements, *Control of radon in houses*, NCRP Report 103, ed. NCRP, Washington DC, 1989
- Nazaroff W.W, Nero A.V, *Radon and its decay products in indoor air*, Wiley J. and sons, New York, 1988
- BEIR IV, National Research Council, *Committee on the radiological effects of ionizing radiations. Health risks of radon and other internally deposited alpha emitters*, Washington DC, National Academy Press, 1990
- International Commission on Radiological protection, *Protection against radon-222 at home and at work*, ICRP Publ. 65, Pergamon Press, London, 1993
- Shleien B., *The health physics and radiological health handbook*, ed. Shinta inc, Silver spring, MD, 1992 II ed.
- AAVV, *Indagine nazionale sulla radioattività nelle abitazioni, Rapporto finale*, a cura di ISS e ANPA, ITISAN congressi n.34, Roma, 1994

Elio Giroletti - Radon – definizioni

- BEIR VI, National Research Council, *Committee on the radiological effects of ionizing radiations. Health effects of exposure to radon*, Washington DC, National Academy Press, 1999
- UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *Sources and effects of ionising radiation, 2000 Report to the General Assembly, Vol. I e II, with Annexes*, New York, 2000
- Dept. of Environment, Transport and the Regions UK, *Radon: a guide to reducing levels in your home*, DETR Public., London, 2000
- Dept. of Environment, Transport and the Regions UK, *Radon: a guide for homebuyers and sellers*, DETR Public., London, 2000
- Dept. of Environment, Transport and the Regions UK, *Radon: a householder's guide*, DETR Public., London, 2000
- BOCHICCHIO, F., – RISICA, S., *Esposizione della popolazione italiana a radiazioni ionizzanti di origine naturale*, in Atti del Convegno nazionale di radioprotezione: dosimetria personale e ambientale, La Maddalena, 26-28 settembre 2001 (cd-rom), AIRP 2001
- Conferenza Permanente Stato, Regioni e Province Autonome, *Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati*, G.U. S.O. n.276 del 27 febbraio 2001

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- DLgs 230, *Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 92/3/Euratom e 96/29/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti*, DLgs n.230 del 17 marzo 1995 e successive rettifiche, correzioni, modificazioni ed integrazioni (l'ultima del 1 marzo 2002, legge comunitaria).
- DLgs 626, *Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE e 99/38/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*, DLgs n.626 del 19 settembre 1994 e successive rettifiche correzioni, modificazioni ed integrazioni (l'ultima del 9 aprile 2002 sui rischi chimici).
- Raccomandazione della Commissione delle Comunità Europee del 21 febbraio 1990 sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi, 90/143/Euratom, GU comunità Europee 90/26

ALCUNI LINK UTILI

- IAEA, Austria, www.iaea.org
- ARPA Veneto, www.arpa.veneto.it/radon/default.asp
- AARST – American Association of Radon Scientist and Technologists, USA, www.aarst.org
- ERRICA, European Research into Radon in Construction concerted Action, Greece, www.arcas.nuclear.ntna.gr/~errica/
- High-Radon Project Home Page, EO Lawrence Berkley National Laboratory, USA, www.eande.lbl.gov/iep/high-radon
- NCRP, National Council on Radiation Protection, USA, www.ncrp.org
- National Radiological Protection Board, UK, www.nrpb.org
- National Radon Proficiency Program, National Environmental Health Association, USA, www.radongas.org
- Radon, RPII, Radiological protection Institute of Ireland, www.rpii.ie/radon/index.htm
- Radon, Environmental Health Center, USA, www.nsc.org/ehc/radon.htm
- Radon, EPA, Environmental Protection Agency, USA, www.epa.gov/iaq/radon
- Radon links, USA, <http://radon-links.com>
- Radon Project, Columbia University, USA, www.stat.columbia.edu/radon