UILTEC
TESSILE ENERGIA CHIMICA

Il gas radioattivo in ambiente di lavoro e confinato

DI PAOLO BARONCINI
Esperto Salute e Sicurezza sul Lavoro UILTEC

Sommario

Il Radon che cos'è 3
Gli studi 5
La radioattività ambientale e il fondo naturale 6
Gli effetti sulla salute 8
Indagini nazionali 10
Concentrazione del radon a livello regionale 10
Come si misura e si fa protezione e prevenzione 11
I limiti di esposizione 17
La legislazione 17
Decreto legislativo 26 maggio 2000, n.241 19
Raccomandazione Euratom n. 143/90 24

Premessa per il RLS

Su quest'argomento, ancora **non ben conosciuto** e **diffuso** in **ambiente di vita** e **di lavoro**, ma sicuramente **maturo per essere tenuto sotto controllo** e, considerato il fatto che la **misura del radon** (e della sua componente radioattiva) si effettua con un **piccolo** specifico **apparecchio portatile** (non è un investimento impegnativo), il **RLS può intervenire efficacemente chiedendo** (ed ottenendo) che:

- Che il gas Radon **sia inserito nel percorso di analisi e valutazione dei rischi lavorativi** e quindi **riportato** nel previsto **Documento di valutazione dei Rischi** (**DVR**) come da: **articolo 2**, comma 2, lettera "q" «valutazione dei rischi», **articolo 17** «obblighi del datore di lavoro non delegabili», **articolo 28** «oggetto della valutazione dei rischi» e **articolo 29** «modalità di effettuazione della valutazione dei rischi» del D.Lgs. **81/2008**.
- Per la **verifica della presenza**, **misurazione della quantità**, eventuale **intervento di bonifica** o **riduzione**, nonché il controllo del **mantenimento** dell'**efficacia** delle **misure migliorative attuate**, si adotti un preciso **monitoraggio degli ambienti di lavoro**, in questo caso facilmente assimilabili agli ambienti vita, quali **uffici**, **magazzini**, **seminterrati**, comunque luoghi dov'è **presente la forza lavoro**, prima eseguendo una **mappatura generale**, un'**analisi ambientale** e da qui **individuare** le **situazioni a rischio** ed inserendo l'indagine nei piani di rilevamento previsti nel **Registro Dati Ambientali** (**RDA**) e il **Registro Dati Biostatistici** (**RDB**), entrambi previsti nel **CCNL chimico** e comunque **proposti in occasione della riunione periodica** prevista all'**articolo 35 del D.Lgs. 81/2008** – **Testo unico sulla sicurezza sul lavoro**).
- Il **Medico Competente** (**MC**) tenga una **lettura statistica** delle **situazioni ambientali** e che concentri l'attenzione sulle **possibili** evidenze "**medico-sanitarie**" collegate.
- Che l'**analisi preventiva della presenza del gas Radon** sia effettuata **anche** in occasione dei **lavori in ambiente confinato e non**, sia a **titolo preventivo**, sia quando queste attività siano svolte in **fosse**, **seminterrati**, **scavi**, ovvero nelle **situazioni dove la presenza del radon sia prevedibile**.
- In occasione dei **progetti di nuovi edifici** o per **ristrutturazione** dei luoghi **destinati al permanere di lavoratori**, sia **valutata** e **misurata** la presenza d'**esalazioni di radon** dal **terreno**, dai **materiali da costruzione** o dall'**acqua**, e siano adottate **efficaci tecniche d'isolamento verso il suolo**, **eliminate le possibilità di ristagno** e **migliorati i sistemi di ventilazione**.
- Siano adottate **attività di formazione**, **informazione** e forme di **coinvolgimento** attivo dei lavoratori.

Il Radon che cos'è

Il radon è stato **scoperto** all'inizio del **1900** e il termine "**radon**" gli è stato dato nel **1918** per indicare l'**elemento con la massa atomica 222 ed il numero atomico 86**, cioè l'**isotopo**[1] **Rn-222**.

[1] Da Wikipedia in https://it.wikipedia.org/wiki/Isotopo - Un isotopo è un atomo di uno stesso elemento chimico, avente perciò lo stesso numero atomico "Z", e differente numero di massa "A", e quindi differente massa atomica "M". La differenza dei numeri di massa è dovuta ad un diverso numero di neutroni presenti nel nucleo dell'atomo, a parità di numero atomico.

La **classificazione chimica** lo vede tra i **gas rari** (gas nobili o inerti, come l'elio o l'argon, neon, kripton e xeno), porta il **simbolo chimico** "**Rn**" ed è **il più pesante tra i gas conosciuti** (densità 9,72 g/l a 0°C, cioè circa **8 volte più denso dell'aria**) e non reagisce con altri elementi chimici.
Dato che l'**uranio** è **presente** in **tutti i suoli** ed in **tutte le rocce** (anche se in quantità variabile), **praticamente ogni terreno emana del radon**.

Va detto che, in totale, esistono **26 isotopi del radon**, compresi tra il Rn-199 ed il Rn-226 ma **solo tre di questi si riscontrano in natura**:

1. il **Radon** (**Rn-222**) della serie di decadimento dell'**Uranio 238** - responsabile della produzione da decadimento dell'**isotopo Radon Rn 222.** Quando generalmente si parla di **inquinamento** da "**Radon**" si fa riferimento quasi esclusivamente al "**Radon 222**" sia per la sua maggiore diffusione in natura e sia per il fatto che il tempo di decadimento degli altri isotopi è notevolmente più breve: meno di 1 minuto contro i 3,8 giorni del Radon 222. Il decadimento naturale dell'uranio (U-238) produce in totale altri tredici prodotti radioattivi dai quali la catena di decadimento termina con il piombo (Pb206) stabile.
2. l'**Attinon** (**Rn-219**) della serie di decadimento dell'**Uranio 235**
3. il **Toron** (**Rn-220**) della serie di decadimento del torio **Thorio 232**

Il radon è:

Un **elemento chimico radioattivo** incolore, inodore, e insapore ed è prodotto dal decadimento di **tre nuclidi**[2] capostipiti prima elencati, che danno luogo ad altrettante diverse famiglie radioattive presenti in quantità variabile in tutta la crosta terrestre
Generato continuamente da alcune rocce della crosta terrestre - per questa sua caratteristica **è nota la sua presenza anche in alcuni materiali da costruzione** - e può essere **presente nelle falde acquifere come gas disciolto**, quindi veicolato dall'acqua anche a grandi distanze dal luogo di formazione
Un gas e **si muove attraverso i pori del terreno** per **raggiungere** la **superficie.**

In spazi aperti il radon è diluito dalle correnti d'aria, quindi **l'impatto negativo maggiore avviene prevalentemente al chiuso**, in pratica **negli edifici dove l'uomo vive** o **lavora** in quanto, una volta arrivato in superficie, il radon può **penetrare negli edifici abitativi** e **lavorativi** attraverso:

- Le fessure dei pavimenti, anche se invisibili, che sono sempre presenti;
- Le giunzioni pavimento-parete;
- I passaggi degli impianti termici, idraulici, delle utenze elettriche, del gas, ecc.;
- Può fuoriuscire anche dai materiali di costruzione in cui è contenuto contribuendo così ad innalzare la percentuale presente nell'aria.

Una volta "permeato", vista la sua alta densità ed in condizioni d'insufficiente ricambio d'aria, **si concentra prevalentemente nelle parti basse dell'edificio** - l'edificio intrappola il gas radioattivo limitandone la dispersione in atmosfera e per questo motivo la sua concentrazione aumenta nel tempo -.

[2] Da Wikipedia in https://it.wikipedia.org/wiki/Nuclide – il Nuclide, costituito di protoni, neutroni, e del loro conseguente contenuto energetico, è un termine introdotto nel 1947 da Truman Kohman per indicare una singola specie nucleare, caratterizzata da un numero atomico "Z"(Il numero "Z" è il numero di protoni presenti nel nucleo e definisce la specie), da un numero di massa "A" (Il numero di massa "A" è il numero totale di protoni e neutroni presenti nel nucleo) e da un particolare stato energetico. Ci sono circa 1440 nuclidi noti, tra i quali 280 sono stabili.

La sua **concentrazione** nell'ambiente abitativo e lavorativo può dipendere:
- Dalla quantità "permeata";
- Dalla possibilità di ristagnare verso il basso;
- Dal grado e tipo di ventilazione e ricambio d'aria;
- Dalla posizione del piano calpestabile rispetto al terreno.

Anche le **acque sotterranee possono costituire una minaccia**: pur essendo la solubilità del radon nell'acqua estremamente bassa, vi si discioglie e da questa è **veicolato in superficie**; successivamente, nel momento in cui queste acque sono utilizzate, sia per lavoro che per uso igienico-alimentare, si **libera nell'aria e va a contaminare gli ambienti interni**.

Ciò si spiega perché il radon è un gas solo moderatamente solubile nell'acqua. Ad una temperatura di 20 °C il coefficiente di solubilità è di 0.25, ciò significa che il radon preferisce distribuirsi in aria piuttosto che in acqua. Perciò il radon fuoriesce facilmente dall'acqua facendovi gorgogliare attraverso dell'aria oppure semplicemente agitandola vigorosamente. Anche nel caso di una sorgente dove l'acqua scaturisce dalla roccia, la maggiore parte del radon si volatilizza velocemente. Contrariamente all'acqua, il radon è molto solubile nei liquidi organici p. es. per l'olio d'oliva, il coefficiente di solubilità e di 29,0 (a 18 °C).

Questa sorgente di inquinamento è **comunque molto piccola** e, praticamente, irrilevante dato che, solitamente, le acque prelevate dalle fonti sotterranee sono utilizzate dopo molti giorni, quando la maggior parte del radon è oramai decaduta però, a titolo **precauzionale**, sarebbe comunque opportuno effettuare una sua **misurazione preventiva**.

Non solo l'abitazione civile ma anche l'ambiente lavorativo è occupato dall'uomo per molto tempo e quindi è importante, e previsto dalla legge (**D.Lgs. 230/1995** ss.mm.ii), attuare un **monitoraggio specifico e mirato anche a tutelare il lavoratore e il cittadino**, nonché a **diffondere la cultura della convivenza in sua presenza**, in modo da riuscire ad avere un **diffuso controllo sul territorio**.

Gli studi

→ Nel **1967** il Congresso Federale per la Ricerca degli Stati Uniti ha proposto raccomandazioni inerenti al radon per controllare i rischi correlati alle radiazioni in miniera.
→ Nel **1988** L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS o WHO), attraverso l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha classificato il Radon nel gruppo 1, in cui sono elencate quelle sostanze (per ora 75) fino ad oggi classificate come cancerogene - questo significa che c'è un'evidenza scientifica di cancerogenicità sull'uomo -.
→ L'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente americana (EPA) ha fatto lo stesso.
→ Nel **1993**, la Commissione Internazionale per la Protezione Radiologica (ICRP) rileva la vastità del problema per la salute pubblica e formula specifiche raccomandazioni nella pubblicazione identificata con il n° 65.
→ Nel **1995**, uno tra i più recenti ed autorevoli studi americani, eseguito dal National Accademy of Science (NAS), ha confermato che il radon rappresenta, dopo il fumo di sigaretta, la seconda

causa di morte e contribuisce alla formazione dei tumori polmonari all'incirca del 10% sul dato generale.

La radioattività ambientale e il fondo naturale

La **radiazione** di "**fondo**"[3] è la **radiazione ionizzante** "**normalmente**" **presente nell'ambiente**[4], derivante da una varietà di **fonti**, sia **naturali** che **artificiali**, grossolanamente elencabili in: **radiazioni cosmiche** e **radioattività ambientale** (ad esempio quella prodotta dai materiali radioattivi naturali tipo radon e radio), dalle **attività nucleari** (per esempio dagli incidenti avvenuti in alcune centrali nucleari, oppure dai test delle bombe atomiche e nucleari), dall'utilizzo di **attrezzature radiogene** (per esempio le onde radio, o apparecchiature per diagnostica sanitaria, nei laboratori di ricerca o, in campo industriale, per il rilevamento di masse o livelli nei serbatoi) o dalla **sommatoria delle micro emissioni** di **apparecchiature tecniche di uso comune** (per esempio i monitor, l'asciugacapelli, i forni di svariate tipologie e parecchio di tutto ciò che ci circonda quotidianamente).
In pratica, se **nessuna fonte specifica di radiazioni ionizzanti risulta preoccupante se presa singolarmente**, la **misura totale della dose di radiazioni riferite all'ambiente**, quindi presa in un determinato sito (questa "sommatoria" di radiazioni "normalmente" presenti, comunque varia, sia con la posizione, sia con il tempo), è generalmente chiamata "**radiazione di fondo**", o "**tasso di dose ambientale**", o "**intensità della dose**" a fini ambientali che, in definitiva, è la **quantità di radiazione alla quale si è esposti**, espressa in **microSievert** (**µSv**) [5], in riferimento alla **quantità di tempo di un'ora**.

Più precisamente, se vogliamo **misurare una sorgente di radiazione specifica**, la **radiazione di fondo**, dovuta a tutte le fonti diverse da quella in analisi (un esempio può essere la rilevazione di una contaminazione radioattiva in un fondo di raggi gamma, il quale potrebbe aumentare la lettura totale rendendola superiore a quella dovuta alla sola contaminazione stessa), **può influenzare tale misurazione**: quindi il **corretto rilevamento** del **reale impatto** della sorgente in analisi, potrà avvenire solamente **sottraendo dal dato totale** quello "**di fondo**".

L'esposizione alle **radiazioni provenienti dalle fonti naturali** è praticamente diventata, sia negli **ambienti lavorativi** che in quelli **pubblici**, una **caratteristica inevitabile della vita quotidiana** (per esempio si pensi che il materiale radioattivo si trova nel suolo, nelle rocce, nell'acqua, nell'aria e nella vegetazione, ed in ciò che viene inalato e ingerito dal nostro corpo) e, proprio per questo, nella maggioranza dei casi **genera scarsa** o **nessuna preoccupazione per la società**, in quanto

---

[3] Da Wikipedia in https://it.wikipedia.org/wiki/Fondo_di_radioattivit%C3%A0_naturale - Il fondo di radioattività naturale è la quantità di radiazioni ionizzanti dovuta a cause naturali, osservabile e rilevabile ovunque sulla Terra. Il fondo di radioattività naturale è di origine sia terrestre (dovuto a isotopi radioattivi di elementi naturali contenuti nella crosta terrestre), sia extraterrestre (i raggi cosmici).
[4] Vedasi https://www.lnf.infn.it/lnfadmin/radiation/radioattivitanaturale.html
[5] Da Wikipedia in https://it.wikipedia.org/wiki/Sievert - Il sievert (simbolo Sv), il cui nome deriva da quello dello scienziato svedese Rolf Sievert, è l'unità di misura della dose equivalente di radiazione nel Sistema Internazionale (la dose equivalente ha le stesse dimensioni della dose assorbita, ovvero energia per unità di massa), ed è una misura degli effetti e del danno provocato dalla radiazione su un organismo. Come per tutte le unità di misura del Sistema internazionale (SI), i sottomultipli sono il millisievert (mSv, 1 Sv = 1000 mSv) ed il microsievert (µSv, 1 mSv = 1000 µSv). Il sievert ha sostituito l'unità tradizionale, il rem (1 Sv = 100 rem).

tutti gli esseri viventi, nel corso del tempo, si sono "**evolutivamente adattati**" a tale livello di esposizione.

La **media mondiale** della "**dose equivalente**" assorbita dagli esseri umani dovuta alla **radiazione di fondo naturale** è di circa **2,4 millisievert** (**mSv**) all'**anno**. In **Italia**, la dose equivalente media valutata per la popolazione è di **3,3 mSv/anno** (si veda la tabella proposta a seguire), ma varia molto da regione a regione (questo valore è di riferimento per stimare eventuali valutazioni di rischio radioprotezionistico).

Dose efficace media individuale, espressa in mSv/anno su esposizione da sorgente naturale esterna e interna al corpo vista come dato medio in Italia:

Esposizione esterna	Esposizione interna	Dose in mSv/anno
Raggi cosmici		0,4
Radiazione gamma terrestre		0,6
	Inalazione (**Radon** e Toron)	**2,0**
	Inalazione (no gas precedenti)	0,006
	Ingestione (cibi e acqua)	0,3
Totale		**3,3**

Tabella di stima dei contributi della radiazione di fondo naturale alla dose efficace media individuale annua della popolazione italiana.
Fonte: ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/radioattivita-ambientale
http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/radioattivita-ambientale/radioattivita/radioattivita-naturale-e-artificiale

La **dose efficace individuale media annuale per la popolazione italiana** risente del contributo della esposizione al **radon** "**indoor**" (in ambiente chiuso), **superiore alla media mondiale**, e della esposizione a radiazioni gamma terrestri, legate entrambe alla presenza di radionuclidi di origine naturali presenti nella crosta terrestre.
La **dose equivalente** di **2,4 mSv/anno** che si ha, in media, a **livello mondiale** è pari a **quattro volte la media mondiale della dose equivalente dovuta invece alle radiazioni ionizzanti artificiali**, che nel 2008 ammontava a circa **0,6 mSv all'anno**.

La più **grande fonte di radiazioni del fondo naturale è il radon**, e i suoi prodotti di decadimento contribuiscono a una **dose media mondiale inalata di 1,26 mSv/anno**.

Comunque, a livello mondiale, il **radon** è presente **in modo non uniforme** e la sua distribuzione, oltre al **tempo di accumulo**, varia notevolmente con la **direzione del vento** e con le **condizioni meteorologiche** - può essere rilasciato dal suolo anche in episodi improvvisi, formando "nubi di radon" in grado di viaggiare per decine di chilometri -.
Il radon viene **prodotto di continuo con un decadimento radioattivo dell'isotopo Rn-222 presente nelle rocce**. Pertanto, anche alcune sorgenti di acqua sotto terra contengono quantità significative di radon.

A causa della sua **ubiquità** il **radon** è considerato la **fonte dominante** dell'**esposizione umana** alle **radiazioni ionizzanti**.

Gli effetti sulla salute

Cronistoria sanitaria essenziale:

• Agli **inizi del XVI secolo** si era già constatato che alcuni **minatori** erano affetti da una **patologia polmonare cronica**, denominata la "**malattia dei minatori**".
• Nella **prima metà del XIX secolo**, nella regione mineraria della Sassonia tale patologia veniva chiamata "**malattia dello Schneeberg**". Nel **1879**, per la **prima volta** fu ipotizzata la **diagnosi** relativa al "**cancro ai polmoni**", anche se la causa rimaneva ancora sconosciuta.
• Intorno al **1900** si individuò l'**elemento** "**radon**" e si fecero le **prime scoperte sul principio della radioattività**: in seguito si osservò anche che **le radiazioni ionizzanti possono provocare tumori**.
• Solo negli **anni '50** si svelò il mistero dei minatori dello Schneeberg: grazie ad **indagini epidemiologiche su lavoratori di miniere d'uranio** si scoprì che il **radon** e i suoi **prodotti di decadimento sono in grado di provocare il cancro polmonare**.
• Già dal **1988** l'**Organizzazione Mondiale della Sanità** (**WHO-OMS**) ha dichiarato, attraverso l'**Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro** (**IARC**), che il **radon** è una delle 75 **sostanze cancerogene per l'uomo** assieme al benzene, all'amianto, al fumo di tabacco.
Dagli anni 2000 ad oggi, il **radon** è **chiaramente considerato** un **pericolo per la salute dell'uomo** perché **aumenta il rischio di cancro polmonare**[6]**:** • in **Germania**, secondo il Bundesamt für Strahlenschutz si può parlare di un **incremento significativo del rischio relativo di neoplasie polmonari per esposizione al radon a partire da 250 Bq/m³**. Nel settembre 2000 sono stati presentati i risultati preliminari ufficiali di uno studio secondo cui **il rischio relativo aumenta circa del 10% se la concentrazione di radon aumenta di 100 Bq/m³**. Questa stima approssimativa è in accordo con BEIR VI, come è stato ribadito nell'ambito della "**5th International Conference on High Levels of Natural Radiation and Radon Areas: Radiation Dose and Health Effects**" tenuta a **Monaco** dal **4 al 7 settembre 2000**.
• Per l'**Italia**, sul supplemento ordinario n.252 della G.U. n. 278 del **27/11/2001** è stato pubblicato l'**accordo tra il Ministro della salute**, le **Regioni** e le **Province autonome** sul documento concernente: "Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati". Nel rapporto si afferma che **in Italia, l'esposizione al radon è responsabile di un numero di casi di tumore polmonare compreso tra 1500 e 6000 per ogni anno**. Comunque, per l'**Italia** il **radon** è **considerato** un **gas ubiquitario** e perciò **non è possibile eliminarlo totalmente**; di conseguenza **tutte le normative in materia** hanno come caratteristica generale quella di **fissare dei cosiddetti livelli di azione o intervento**, ossia dei **valori di concentrazione di radon** superati i quali **raccomandare (o imporre)** delle **azioni di rimedio** per **ridurne la concentrazione** fino ad arrivare "**sotto**" questi livelli, dove **il potenziale rischio** è considerato "**accettabile**".

[6] Vedasi:
- National Research Council, Health Effects of Exposure to Radon, BEIR VI, Committee on Health Risks of Exposure to Radon (BEIR VI), Board on Radiation Effekts Research, Commission on Life Sciences, National Academy, Washington, DC (1998).
- H.Lubin et al. Estimating lung cancer mortality from residential radon using data for low exposures of miners, Radiation Research 147, 126 – 134 (1997).
- R.Wiiam Field, Philippe J. Duport, Exposure to residential radon causes lung cancer. Medical Physics 30, pp.485 – 488 (2003).

Il **radon** (**Rn**), e in particolare i suoi "figli" discendenti, sono **importanti dal punto di vista radioprotezionistico** in quanto **decadendo emettono particelle α-alfa** e **β-beta**.
Soprattutto le **particelle alfa** sono caratterizzate da un'**elevata energia ed efficacia biologica.** Inalati, i prodotti da decadimento del radon che si **depositano sul tessuto polmonare**, causano un **irraggiamento delle cellule epiteliali**, in particolare nella **regione bronchiale**.

Come visto precedentemente, il radon è un **elemento inerte** ed **elettricamente neutro**, per cui non reagisce con altre sostanze e, di conseguenza, così com'è inspirato, viene espirato tuttavia, com'è noto, **tutte le sostanze radioattive sono instabili** e per questo motivo subiscono un processo detto di "**decadimento**", che comporta la liberazione di particelle ed energia e la trasformazione degli atomi iniziali in altri elementi o "**prodotti di decadimento**" - in gergo detti anche "**figli**" - che sono a loro volta **radioattivi** nonché **elettricamente carichi**.
Questi prodotti di decadimento, presenti in quantità molto variabile in tutta la crosta terrestre, si depositano in parte sul **pulviscolo atmosferico**. Il risultato è un **particolato[7] che può essere facilmente inalato** con la capacità, derivata dalla carica elettrica e una volta **penetrato** all'**interno** dei **polmoni**, di riuscire a **fissarsi** sulle superfici dei **tessuti polmonari**.
A questo punto, le **radiazioni emesse nella sede bronchiale** e **polmonare** possono danneggiare le cellule: i danni prodotti sono generalmente riparati dai meccanismi biologici ma c'è anche una **probabilità che il danno cellulare sia di tipo degenerativo**, dando così inizio ad un **processo cancerogeno a carico dell'apparato polmonare**.

Per questi motivi, il **radon** è un **gas radioattivo naturale** considerato **pericoloso** e rappresenta la **seconda causa di morte per tumore ai polmoni dopo il fumo di sigaretta** - si stima che causi, ogni anno, il decesso di più di **50 mila persone in tutto il mondo** (più di **mille solo in Italia**).

Nella valutazione degli effetti sanitari è molto importante tenere in considerazione il fumo di tabacco, difatti, **la contemporaneità di questi due fattori aumenta la possibilità di contrarre il tumore polmonare**.
L'ipotesi che il rischio di contrarre questa malattia sia proporzionale alla concentrazione ed al tempo d'esposizione ha permesso, soltanto nell'**ultimo trentennio** e dopo l'evoluzione delle ricerche e dei dati a loro correlati, di delineare una precisa connotazione di **pericolosità** del **radon**: per i suoi effetti è stato inserito dalla **Commissione Internazionale per la Ricerca sul Cancro** (**IARC**) nel **Gruppo 1** degli **agenti cancerogeni riconosciuti**.

A seguire una tabella essenziale che mette a confronto alcuni dati della **malattia** in **funzione della popolazione residente** e confrontando i **tumori generali** con quelli **imputabili** al **radon**:

Nazione	**Popolazione**	**Tot. Tumori polmonari**	**Tumori attribuiti al radon**
USA	220 milioni	157.000 (1/1400)	15.000 (1/14670 – 1/112)
UK	57,7 milioni	40.000 (1/1440)	2.000 (1/28850 – 1/20)

[7] Da Wikipedia in https://it.wikipedia.org/wiki/Particolato - In chimica ambientale particolato, particolato sospeso, pulviscolo atmosferico, polveri fini, polveri totali sospese (PTS), sono termini che identificano l'insieme delle sostanze sospese in aria sotto forma di aerosol atmosferico (fibre, particelle carboniose, metalli, silice, inquinanti liquidi o solidi), presenti nell'atmosfera terrestre per cause naturali e antropiche o in luoghi di lavoro industriali, composte da tutte quelle particelle solide e liquide disperse nell'atmosfera, con un diametro che va da pochi nanometri fino ai 500 µm e oltre (cioè da miliardesimi di metro a mezzo millimetro. Il PM10 e il PM2,5 sono definiti come il materiale particolato avente un diametro aerodinamico medio inferiore, quindi il PM2,5 è una frazione del particolato totale interamente contenuta nella frazione di PM10.

Svezia	8,7 milioni	3.000 (1/2900)	900 (1/9666 – 1/3)
Italia	57,1 milioni	36.000 (1/1586)	4.000 (1/14275 – 1/9)

Fonte: Agenzia per la Protezione Ambientale americana (EPA)

Dalla tabella emerge come la **Svezia** presenti la casistica **tumorale generale più bassi**, ma **attribuibili al radon più alti**, tra USA, UK e Italia il rapporto tra la popolazione residente e i tumori polmonari si mantiene sostanzialmente stabile tra le 1400 e 1500 unità, mentre per la **causa da esposizione al radon**, **Svezia** e **Italia** forniscono un **dato negativo nettamente peggiore** del **Regno Unito** e **molto lontano dagli USA**.

Indagini nazionali

In **Italia** è stata effettuata un'**indagine**, a cura del **Servizio Sanitario Nazionale**, sull'esposizione al radon nei **luoghi di residenza e di vita**: il valore della **concentrazione media è risultato di 75 Bq/m^3**, tale valore è relativamente elevato rispetto alla **media mondiale**, valutata attorno a **40 Bq/m^3** - è importante tenere presente, però, che dai sondaggi eseguiti sul territorio della Comunità Europea, avvenuti nell'ultimo trentennio, è stato rilevato come un basso livello medio nazionale non escluda l'esistenza d'aree limitate ad alta concentrazione -.

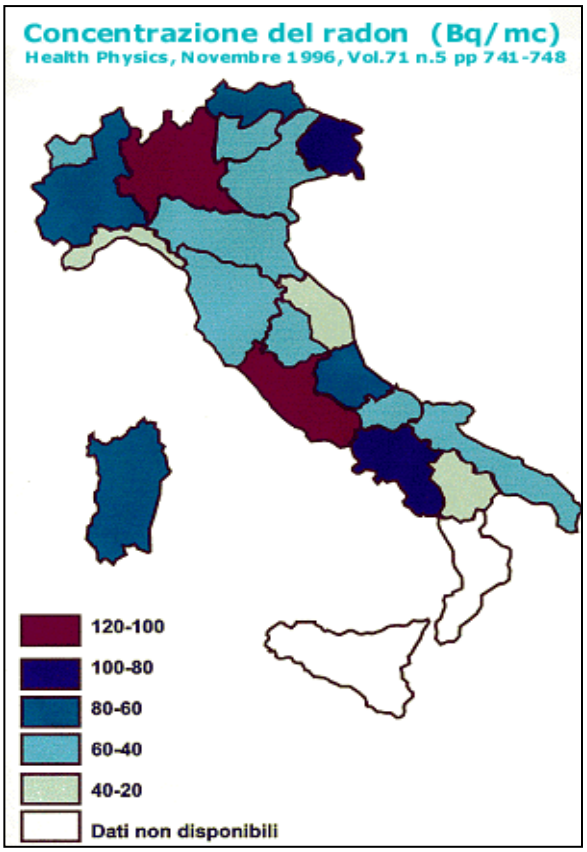
→ Se consideriamo che **50 Bq/m^3** corrispondono ad una **dose di radiazioni circa tre volte maggiore a quella che mediamente si riceve nel corso della propria vita per lo svolgimento d'indagini mediche radiologiche**, si può ben comprendere come questo **prodotto radioattivo costituisca un potenziale pericolo per l'uomo**.
Purtroppo, **l'influenza sulla carcinogenità** riferita alla **durata** ed **intensità** dell'**esposizione**, della **relazione che tra loro intercorre** nonché la **diversa distribuzione** secondo l'**età** del soggetto e **precise quantificazioni del rischio non sono state ancora chiaramente valutate**: non è certo che l'essere esposti, per esempio, a 400 Bq/m^3 per 10 anni comporti gli stessi rischi e conseguenze che essere esposti a 4000 Bq/m^3 per un anno

Concentrazione del radon a livello regionale

Nell'ambito delle **regioni italiane la situazione è molto diversificata**:
Lombardia, **Friuli V.G.** e **Lazio** 100-120 Bq/m^3, **Piemonte**, **Campania** e **Sardegna** 80-100 Bq/m^3
Liguria, **Alto Adige**, **Marche**, **Abruzzo**, **Molise** e **Basilicata** 60-80 Bq/m^3
Resto del territorio 20-60 Bq/m^3.

In ambito nazionale, proprio per la particolare conformazione vulcanica del terreno, l'**ENEA** (**Ente Nazionale per l'Energia Atomica**) ha svolto una serie di ricerche mirate in alcune zone di **Roma** e dell'**alto Lazio**, evidenziando una presenza di **radon molto variabile**: tra i 100 e 400 Bq/m^3 con punte di 1000 Bq/m^3.

Il grado di emanazione non dipende solamente dalla concentrazione dell'uranio, ma anche dalla **particolare struttura del terreno stesso**, in modo particolare in presenza di **rocce di origine vulcanica** come le **lave**, le **pozzolane**, i **tufi**, il **granito** ed il **porfido**.



Le aree più a rischio sono in effetti quelle che presentano formazioni geologiche originatesi da **fenomeni di vulcanesimo**, frequenti soprattutto nelle aree collinose e montuose del Lazio, della Lombardia, del Friuli e della Campania.
In ogni caso si possono ritrovare alte concentrazioni di radon anche in **rocce sedimentarie** come i **marmi**, le **marne** e i **flysh**[8].

Il radon può presentarsi ad elevati livelli in **suoli calcarei** posti al di s**opra di rocce di origine vulcanica** perché dalle numerose fenditure del terreno può esalare in superficie l'aria contaminata proveniente dalle rocce sottostanti.

Un **particolare inquinamento** da radon si verifica soprattutto in **alcune zone del Lazio** e della Campania a causa dell'utilizzo di materiali da costruzione di origine vulcanica (per lo più tufo): dai muri viene liberato del radon che va ad incrementare la già elevata contaminazione all'interno degli edifici.

Mentre la **concentrazione del radon nell'aria del sottosuolo può raggiungere dei valori estremamente elevati**, in casi eccezionali anche di alcune centinaia di migliaia di Becquerel per metro cubo, **la concentrazione di questo gas all'aria aperta è notevolmente più bassa**.

In effetti una volta **liberatosi dal terreno viene rapidamente disperso in atmosfera** dove **supera raramente il valore di qualche decina di Becquerel**.
Una situazione di pericolo si può invece verificare in tutti quei casi in cui **questo naturale fenomeno di dispersione viene ostacolato** e per ovvi motivi la concentrazione di questo gas può raggiungere dei livelli molto elevati nelle **miniere sotterranee** (le morti per cancro polmonare fra i minatori sono 5 volte superiori alla media della popolazione).

Come si misura e si fa protezione e prevenzione

La grandezza presa a riferimento è la **concentrazione di radon gas** (o **radon 222**) misurata in **Bequerels** (**Bq**) su **metro cubo**, dove un Becquerel rappresenta "il tempo necessario perché la metà della massa di un elemento radioattivo decada" ed è chiamato "**tempo di dimezzamento**", ovvero una **disintegrazione al secondo.**

[8] Da Wikipedia in https://it.wikipedia.org/wiki/Flysch - Il flysch (voce dialettale della Svizzera tedesca che significa "china scivolosa") è un complesso sedimentario composto da roccia sedimentaria clastica, di origine sinorogenetica (ovvero che si svolge contemporaneamente all'orogenesi, alla formazione delle catene montuose), depostasi in ambiente marino tramite meccanismi deposizionali di tipo gravitativo: principalmente frane sottomarine e correnti di torbida

Il dato di **1 Bq/m^3 significa** rilevare una **disintegrazione di una particella α-alfa**, **β-beta** o **γ-gamma** (disintegrazioni nucleari che per il radon sono generalmente di **tipo α**) per **ogni secondo** in **1 m^3 di materia** (in questo caso **aria**); spesso nei paesi anglosassoni è utilizzata l'unità di misura picoCurie su litro (pC/l) dove 1 Curie=$3{,}7 \cdot 10^{10}$ Becquerel.

Comunque, il **primo passo** da effettuare è individuare **se il problema esiste** nella zona di riferimento e, soprattutto, occorre **stabilire se** ed **in quale quantità** il **radon sia presente nei luoghi di permanenza dei lavoratori**.

Va precisato che, in questa fase, **non è possibile escludere la presenza del radon per** "**prossimità**", in quanto l'essere a conoscenza che altri edifici nelle vicinanze risultano esenti dal problema, **non è sufficiente a liberarci da ogni preoccupazione**. Infatti il **tipo di contatto tra edificio e suolo**, l'**uso di particolari materiali da costruzione** e la **tipologia edilizia sono elementi variabili** e per questo motivo rendono alquanto **difficile una valutazione teorica della concentrazione del radon**.
L'unico **metodo sicuro per accertarne la presenza e la quantità è effettuare la misura**, tramite **appositi rivelatori**.

Gli strumenti di misura v**anno posizionati preferibilmente nei locali dove si soggiorna più a lungo** (tipicamente l'ufficio). Poiché **la concentrazione di gas radon nei locali abitati**, in genere, **diminuisce con l'aumentare della distanza dal suolo**, i piani superiori al primo raramente presentano concentrazioni elevate.
La concentrazione di radon negli edifici varia durante la giornata (i valori sono più elevati di notte rispetto al giorno) e nel corso dell'anno e per questo motivo **sono preferibili misure con rivelatori passivi** che forniscono **valori mediati su un periodo di tempo sufficientemente lungo** (**da 3 a 6 mesi**).

Dato che le **concentrazioni di radon sono soggette a notevoli fluttuazioni stagionali** (mediamente le concentrazioni di radon d'inverno sono il doppio di quelle estive e, in alcuni casi, il radon è presente solo nella stagione fredda), per ottenere un **dato rappresentativo**, soprattutto riguardo alla media annuale, è necessario **ripetere le misure per diverse volte nell'arco dell'anno** o, se ciò fosse difficoltoso, di **programmare** le **misure** soprattutto **durante il periodo invernale** (freddo), da **ottobre** a **marzo**, poiché in questa stagione, anche a causa della minor aerazione dei locali, le concentrazioni di radon in ambienti chiusi sono più elevate.

La **misura della radioattività del radon si effettua in diversi modi**, ma il **metodo più diffuso ed economico richiama i dosimetri personali degli addetti ai reparti di radiologia sanitari**. Il "dosimetro" è posizionato per un tempo preciso (di solito per almeno tre mesi, perché l'obiettivo della misura è quello di stimare la concentrazione media annuale) nell'ambiente che si vuole misurare.

Il dosimetro passivo
Per **misurare la concentrazione di radon** in **ambiente di lavoro**, generalmente si usano dei **rivelatori di tracce nucleari a stato solido** che hanno le dimensioni di una scatola di fiammiferi, il cui **funzionamento è completamente** "**passivo**" (comportandosi come una "spugna" non

richiedono alimentazione elettrica e non sono nocivi) e sono comunamente definiti "**dosimetri**".
Il dosimetro può essere richiesto, e inviato per posta, e **collocato nell'ambiente** in cui misurare la carica radioattiva presente (per esempio collocandolo su uno scaffale) per alcuni mesi.

Alla fine dell'esposizione il dosimetro viene rispedito al Laboratorio per la valutazione.
Come **risultato si ottiene la concentrazione media di radon in Becquerel per metro cubo** (**Bq/m³**).

Il **principio di misurazione** del dosimetro è costituito da una **speciale pellicola** (LR115 o CR39) **sensibile al radon** collocata all'interno di un **contenitore** (**camera di diffusione**).
La **misura ha inizio con l'apertura della busta protettiva** in cui è contenuto in quanto, il radon ed i suoi prodotti di decadimento, emettendo radiazioni alfa che "colpendo" la pellicola vi formano dei fori microscopici (tracce).
Al **termine del periodo di esposizione** il dosimetro viene ricollocato nel contenitore protettivo e inoltrato al laboratorio messo nella busta d'alluminio e rispedito al laboratorio.

La misura attiva

Nel caso si presenti la necessità di effettuare un **rilevamento e misurazione individuale** (**misura attiva**), l'elemento di misurazione dovrà accompagnare l'operatore in tutte le sue attività e solamente per il periodo collegabile.
In questo caso la persona in analisi potrà portare il **dosatore** "**passivo**", avendo cura di posizionarlo nel **contenitore protettivo nei periodi extra attività**.

Comunque, per **evitare misurazioni non attendibili**, oltre ai metodi passivi descritti esistono anche **sistemi di misura attivi**: si tratta di sistemi di **monitoraggio elettronici portatili**, che hanno il **vantaggio di dare un risultato in tempo quasi reale e permettono un'analisi degli andamenti giornalieri** (per esempio sulla base delle medie orarie) e la **misura attiva** ha il **vantaggio di poter rilevare in pochi giorni elevate concentrazioni di radon**.

Comunque, la misura attiva è **indicata per confermare le misure eseguite con i dosimetri passivi** inoltre, **misurando nelle diverse stanze di uno stabile lo strumento permette di individuare i punti d'ingresso del radon**. In questo modo è possibile **pianificare meglio le contromisure**. In seguito, **la misura attiva sarà indispensabile per verificare l'efficacia delle contromisure adottate**.

Indicazioni aggiuntive:

Il **primo fattore** importante, che determina l'**ingresso del radon nei luoghi di lavoro in edificio,** è costituito dall'**infiltrazione**.
Essa può verificarsi in corrispondenza di:
• **crepe** e **giunti** in **pavimenti** e **pareti**, **fori** di passaggio cavi (soprattutto in tubi vuoti), **tubazioni** e **fognature**;
• **pozzetti** ed **aperture** di controllo;
• prese di **luce** e altre **aperture** nelle **pareti** (soprattutto a partire dagli interrati e seminterrati), **camini**, **montacarichi** e g;
• **componenti costruttivi permeabili** (solai in legno, a laterizi forati, muri in pietra e simili);

• **zone critiche di grande estensione** anche **adiacenti ai locali**, come pavimenti naturali in terra battuta, in ghiaia, in lastre di pietra o ciottoli, in grado di veicolare il gas (che si ricorda essere più pesante dell'aria), attraverso vie preferenziali al suolo o pozzetti e condutture di collegamento.

La seconda **causa principale** della **diffusione** del radon negli edifici è la **depressione**[9] che si viene a creare **tra i locali abitati ed il suolo**. Questa depressione è indotta, in primo luogo, dalla **differenza di temperatura tra l'edificio ed il suolo** che, alle nostre latitudini, in particolare in inverno quando gli edifici vengono riscaldati, **può essere significativa**.
La differenza di pressione è **influenzata anche da aperture** come trombe delle scale, camini, finestre, lucernari, nonché da impianti di aspirazione dei luoghi di ristoro, bagni e altro che provocano un "**tiraggio**" **aggiuntivo a quello dovuto alla semplice differenza di temperatura.**
Questa **depressione** (solo pochi Pascal) è **causata** soprattutto da **due fenomeni**: l'**effetto camino** (dove le aperture producono un effetto di risucchio dell'aria e possono far aumentare le concentrazioni di radon all'interno degli edifici) e l'**effetto vento** (l'effetto vento è invece dovuto alla differenza di velocità dell'aria tra esterno ed interno della casa).
Gli effetti di questa depressione si traducono nell'**aspirazione dell'aria dal suolo** e con essa del **radon contenuto**.

Indicazioni generali per gli interventi di risanamento:

Nell'eventualità che le **misurazioni effettuate rivelino una concentrazione di radon superiore ai livelli di riferimento** diventa opportuno **intervenire sugli edifici**.
A livello tecnico, sono abbastanza conosciuti **interventi volti a limitare** o **eliminare** i **punti di infiltrazione** ed altri che, **depressurizzando il suolo**, **impediscono la risalita del gas**.
Le esperienze finora condotte hanno mostrato che **i risultati degli interventi effettuati per sigillare le vie di ingresso sono spesso estremamente incerti** e, da soli, non sono sufficienti a ridurre sensibilmente e in maniera stabile la concentrazione di radon. Tali azioni vanno quindi accompagnate da interventi di **depressurizzazione del suolo rispetto all'edificio** o di **ventilazione del vespaio**.

Di seguito, in linea generale, sono descritte alcune **possibili modalità di intervento per le tre tipologie costruttive più diffuse in ambiente civile e di lavoro**.

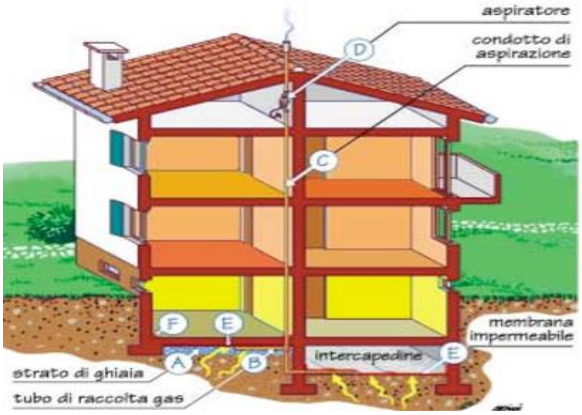
Punti d'infiltrazione del radon nell'edificio a diretto contatto con il suolo

[9] Bibliografia: M. Woolliscroft. "The principles of radon remediation and protection in UK dwellings". Rad. Prot. Dos. Vol. 42 No.3 pp. 211 – 216 (1992) W.W. Nazarof, A.V.Nero "Radon and ist Decay Products in Indoor Air" 1988 ISBN 0-471-62810-7 (p.92-106) BRE Report: Radon Sumps: ISBN 0851255388 (1992)

1. Nel caso in cui il **piano più basso dell'edificio sia a diretto contatto con il terreno**, l'intervento consiste nel mettere in depressione l'aria del sottosuolo tramite uno o più pozzi di raccolta ad una profondità di 0.6-1 m. L'aria del sottosuolo viene raccolta in questi pozzi scavati sotto il pavimento e dispersa verso l'esterno tramite aspirazione forzata. La posizione del pozzo di raccolta dovrebbe essere centrale rispetto all'edificio. Qualora ciò non fosse realizzabile è comunque possibile intervenire con più pozzi in posizioni diverse anche all'esterno dell'edificio. E' necessario inoltre verificare che la zona di raccolta dei pozzi non sia ostacolata da setti verticali che si estendono nel sottosuolo quali, ad esempio, fondazioni o pareti portanti con parte interrata.
2. Edifici **con vuoto sanitario** o **vespaio** Il vespaio ed il vuoto sanitario sono costruiti per proteggere l'edificio dall'umidità. Normalmente queste intercapedini sono dotate di aperture di aerazione. La creazione di nuove aperture, una loro opportuna disposizione (per esempio Nord-Sud) e/o l'allargamento di quelle esistenti può essere sufficiente per disperdere verso l'esterno l'aria ricca di radon che qui si accumula. In presenza di intercapedini riempite di materiali di riporto o suddivise da setti verticali questo potrebbe non bastare. Diventa allora necessaria l'installazione di un aspiratore applicato ad una o più prese di aerazione che aiuti la dispersione verso l'esterno.
3. Edifici con **vuoto sanitario** o **vespaio** e **locali interrati** o **seminterrati** Anche in questo caso valgono le indicazioni per l'aerazione del vespaio o vuoto sanitario sopra illustrate. Tali interventi potrebbero non essere risolutivi, però, per la presenza di locali interrati o seminterrati a diretto contatto con il suolo. Questi ambienti infatti potrebbero diventare zone di accumulo, e quindi di diffusione agli altri ambienti, del radon. Oltre ad una corretta aerazione degli ambienti seminterrati e ad un isolamento dalla restante parte dell'edificio, potrebbe essere necessario applicare le tecniche di depressurizzazione illustrate per gli edifici a diretto contatto con il suolo.

Protezione delle nuove costruzioni

Per la protezione dal radon delle nuove costruzioni, si stanno diffondendo **tecniche** che, in linea di principio, si basano sulla **ventilazione ed aspirazione naturale o forzata dell'aria del suolo** e sono **diversificate in funzione della tipologia costruttiva e delle caratteristiche geologiche del terreno**.



Nella figura è evidenziato:
(E) Intercapedine o "vespaio", o (A) uno strato di ghiaia permeabile al gas sotto la soletta controterra per permettere al radon di raggiungere facilmente il tubo perforato di raccolta del gas (B) che si collega al condotto di aspirazione (C) fissato lungo una parete della casa che oltrepassa il tetto e che può essere dotato di un aspiratore elettrico (D); Tutti i giunti (F) tra

muri e solette di fondazione, fori di passaggio, tubi, ecc. sono accuratamente sigillati con appositi mastici.

I limiti di esposizione

La normativa italiana, con il **Decreto Legislativo del 26/05/00, n.241**, ha stabilito un **livello di riferimento per l'esposizione al radon negli ambienti di lavoro di 500 Bq/m^3**.

Comunque, come per tutte le sostanze cancerogene, **non esiste una concentrazione** (**TLV**) "**sicura**", al di sotto della quale la probabilità di contrarre il tumore è nulla, tuttavia, considerato come non sia possibile eliminare completamente il radon dagli ambienti di vita (all'esterno degli edifici è facile trovare concentrazioni di 10-15 Bq/m^3), **molte organizzazioni internazionali** e scientifiche, l'**Organizzazione Mondiale della Sanità** (**OMS**), la **Comunità Europea** e **singoli Paesi**, hanno fissato dei **livelli di riferimento per le abitazioni ed ambienti di lavoro** - per quanto riguarda le **abitazioni** (quindi edifici facilmente **assimilabili gli uffici, magazzini, vani operativi sul lavoro**), non esiste in Italia una normativa specifica, però una **raccomandazione della Comunità Europea indica i valori di 200 Bq/m^3** per le **nuove abitazioni** e **400 Bq/m^3 per quelle esistenti -**, **al di sotto dei quali si ritiene il rischio accettabile** ma oltre i quali, alcuni suggeriscono e altri impongono, l'adozione di provvedimenti per la riduzione dell'esposizione o adottare azioni di rimedio.

La legislazione

Dal **1 gennaio 2001** è entrato in vigore il **Decreto Legislativo n. 241 del 26/05/2000** (che recepisce la **Direttiva Europea 96/29/Euratom**) però, in Italia, non esiste una legge specifica sulla tutela della popolazione negli **edifici residenziali**, come prima detto **igienicamente paragonabili agli ambienti di lavoro**, in quanto la **Raccomandazione 90/143/Euratom del 21/02/90** (più "vecchia" di 6 anni rispetto alla Direttiva precedentemente citata) non è ancora stata recepita.

Questa Raccomandazione consiglia come **soglia d'intervento per gli edifici residenziali** esistenti il valore di **400 Bq/m^3**, mentre per **quelli in progettazione il valore di 200 Bq/m^3** e, nella considerazione che lavoratore (o lavoratrice) trascorre, in media, nella propria abitazione più o meno lo stesso tempo quotidiano (festivi esclusi), di quello dedicato all'attività professionale, **queste indicazioni si potrebbero utilizzare almeno come linea guida**.

Comunque:

→ La **Comunità Europea**, con la **raccomandazione del 21 febbraio 1990**, ha stabilito **criteri per la protezione contro l'esposizione** "**indoor**" al radon.

→ La **direttiva quadro 89/106/CEE** disciplina anche l'**impiego dei materiali edilizi nelle opere di costruzione** (anche questa Direttiva CEE non è stata ancora recepita in Italia).

Situazione normativa in Europa e nel Mondo [10]

[10] Riferimenti bibliografici
• "Radon:Guida tecnica". Ufficio federale della Sanità pubblica – Divisione Radioprotezione – Servizio tecnico e d'informazione sul radon – 3003 Berna.

Si pensi che a questi valori si attiene la **maggior parte degli Stati Europei** - in **Inghilterra** e **Irlanda** il valore di riferimento (in questi casi unico e non differenziato) è 200 Bq/m^3, **Olanda** 20 Bq/m^3, **Lussemburgo** 150 Bq/m^3, **Germania** 250 Bq/m^3 e **Svizzera** 400 Bq/m^3 (entrambi con un limite massimo imposto di 1000 Bq/m^3), **Belgio** e **Slovenia** 400 Bq/m^3 - mentre per gli ambienti di lavoro i limiti suggeriti sono 500 Bq/m^3 e imposti 1000 Bq/m^3. In altri Stati, per l'edilizia civile il **Canada** prevede 800 Bq/m^3, in **Australia** 200 Bq/m^3, in **USA** gli edifici sono invendibili se si rilevano valori $\geq$ a 150 Bq/m^3, mentre per gli edifici di nuova costruzione il radon all'interno degli stessi non deve superare la concentrazione rilevata all'esterno.
Per quanto riguarda l'**acqua potabile** la **Raccomandazione 2001/928/Euratom** consiglia di intraprendere delle **azioni correttive** nel caso in cui si superi un **livello limite di 1000 Bq/litro**.

Situazione normativa in Italia

Ambienti di lavoro

Si è detto come la legislazione italiana sia molto carente sul radon tuttavia, per questi ambienti, in Italia, il **01.01.2001** è entrato in vigore il **Decreto Legislativo 26.05.2000 n. 241** (pubblicato sulla G.U. n. 203 del 31.08.2000 N.140/L) dal titolo "**Attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti**"; così recependo la **direttiva Euratom del 1996** la quale, in materia di **protezione sanitaria** della **popolazione** e **dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti**, riguardo alle **sorgenti naturali di radiazioni** (per esempio il **radon**) chiede agli **stati membri** di **individuare le attività lavorative a rischio**, di **eseguire adeguati controlli** e di **imporre dei limiti per gli ambienti di lavoro**.

Il **D. Lgs. n.241/2000**, con le considerazioni della **Circolare n. 5/2001 del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale**, va ad **integrare** il **D.L. 17.03.1995 n. 230** (in materia di **radiazioni ionizzanti**) nel quale inserisce il **Capo III bis** introducendo gli **articoli da 10 bis a 10 octies** per **disciplinare**, ai fini della **sicurezza dei lavoratori** e, ove occorra, della popolazione, le **attività lavorative nelle quali sono presenti sorgenti naturali di radiazioni** (in particolare prodotti di decadimento del radon, del toron o radiazioni gamma). Contemporaneamente individuando **alcune attività** (in tunnel, sottovie, grotte, stabilimenti termali, eccetera, nonché **ambienti di lavoro interrati**) per cui vige l'**obbligo** d'effettuare anche le **misurazioni della concentrazione di Radon**.

→ Il Decreto stabilisce che, entro 5 anni dal **1 gennaio 2001** (data di entrata in vigore), le **Regioni devono individuare le zone geografiche**, naturalmente di loro competenza, che presentano caratteristiche tali da richiedere l'**applicazione anche per gli ambienti di superficie**. Poi il decreto fissa alcuni livelli d'azione, riferiti alla **concentrazione media annuale**

• "Radon-Handbuch Deutschland" – SSK – Geschäftsstelle beim Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) Postfach 120629, 53048 Bonn, Görrestrasse 30, 53113 Bonn.
• "A Physician's Guide - Radon: The Health Threat with a Simple Solution" United States Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation (6604J), EPA Document /402-K-93008, September 1993
• "A Radon Guide for Tenants" Environmental Law Institute (ELI) and the U.S. Environmental Protection Agency, 1996, EPA /402-K-98-004
• "Model Standards and Techniques for Control of Radon in New Residential Buildings" U.S. Environmental Protection Agency, Air and Radiation (6604-J), 1994, EPA 402-R-94-009
• "Building Radon Out. A step-by-step guide on how to build radon-resistant homes" U.S. Environmental Protection Agency, 2001, EPA /402-K-01-002

rilevata, dove il **raggiungimento dei 500 Bq/m^3 obbliga ad intervenire sul problema**, per esempio, adottando azioni di **bonifica dell'edificio** o intervenendo sui **sistemi di ventilazione**.

In conseguenza di ciò, il **6 febbraio 2003** a Roma, in occasione della **Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome** si è approvato il documento dal titolo: "**Linee guida per le misure di concentrazione di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei**" dove, in **Premessa** si legge:
«Le modifiche e integrazioni apportate dal D. Lgs. 26 maggio 2000, n. 241 al D. Lgs. 17 marzo 1995, n. 230 in **materia di radiazioni ionizzanti** comportano, tra l'altro, l'**introduzione della tutela dei lavoratori nei confronti dei rischi da esposizione a sorgenti di radiazioni naturali**; le **attività lavorative considerate** sono:
- quelle durante le quali i **lavoratori** e, eventualmente, **persone del pubblico** sono **esposti** a **prodotti di decadimento del radon** e del **toron**, o **radiazioni gamma** o ogni altra esposizione in **particolari luoghi di lavoro** qu ali tunnel, sottovie, catacombe, grotte e, comunque, **in tutti i luoghi di lavoro sotterranei**, oppure **in superficie** in **zone ben individuate** o in **luoghi di lavoro con caratteristiche determinate**;
- quelle che implicano l'**uso** o lo **stoccaggio** di **materiali abitualmente non considerati radioattivi** ma che **contengono radionuclidi naturali**, o che comportano la **produzione di residui** abitualmente non considerati radioattivi ma che **contengono radionuclidi naturali**, e che provocano un aumento significativo dell'esposizione dei lavoratori e/o di persone del pubblico;
- quelle in stabilimenti termali o quelle connesse ad attività estrattive non disciplinate dal Capo IV;
- quelle su aerei, per quanto riguarda il personale navigante».

Decreto legislativo 26 maggio 2000, n.241

Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di **protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti**.

▶ Articolo 1

Comma 1. Il **titolo** del decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, è sostituito dal seguente:
"Attuazione delle **direttive 89/618/Euratom**, **90/641/Euratom**, **92/3/Euratom** e **96/29/Euratom** in **materia** di **radiazioni ionizzanti**".

▶ Articolo 2

Comma 1. All'articolo 1 del decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, sono apportate le seguenti modifiche:
[…]
Lettera c) dopo il comma 1 è inserito il seguente:
"**Comma 1-bis**. Il **presente decreto non si applica all'esposizione al radon** nelle **abitazioni** o al **fondo naturale di radiazione**, ossia non si applica né ai **radionuclidi contenuti nell'organismo umano**, né alla **radiazione cosmica presente al livello del suolo**, né all'**esposizione in superficie ai radionuclidi presenti nella crosta terrestre non perturbata.** […]".

▶ **Articolo 3**
Comma 1. L'articolo 2 del decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, e' sostituito dal seguente:
"Articolo 2. Principi concernenti le pratiche: […]
Comma 3. Qualsiasi pratica deve essere **svolta in modo da mantenere l'esposizione al livello più basso ragionevolmente ottenibile**, tenuto conto dei fattori economici e sociali.
Comma 4. La **somma delle dosi derivanti da tutte le pratiche non deve superare i limiti di dose stabiliti per i lavoratori esposti**, gli apprendisti, gli studenti e gli individui della popolazione. […]

▶ **Articolo 4**
Comma 1. Gli articoli 4, 5 e 6 del decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, sono sostituiti dal seguente:
"Art. 4. Definizioni
Comma 1. Ai fini dell'applicazione del presente **decreto valgono le seguenti definizioni**: […]
Lettera f) becquerel (Bq): nome speciale dell''unità di attività (A); un becquerel equivale ad una transizione per secondo. 1 Bq = 1/s […]
Lettera h) contaminazione radioattiva: **contaminazione** di una **matrice**, di una **superficie**, di un **ambiente** di vita o di **lavoro** o di un **individuo**, **prodotta da sostanze radioattive**. Nel caso particolare del corpo umano, la contaminazione radioattiva include tanto la contaminazione esterna quanto la contaminazione interna, per qualsiasi via essa si sia prodotta […]
Lettera l) detrimento sanitario: stima del rischio di riduzione della durata e della qualità della vita che si verifica in una popolazione a seguito **dell'esposizione a radiazioni ionizzanti**. Essa include la riduzione derivante da effetti somatici, cancro e gravi disfunzioni genetiche;
Lettera m) dose: grandezza radioprotezionistica ottenuta moltiplicando la dose assorbita (D) per fattori di modifica determinati a norma dell'articolo 96, al fine di qualificare il significato della dose assorbita stessa per gli scopi della radioprotezione […]
Lettera o) dose efficace (E): somma delle dosi equivalenti nei diversi organi o tessuti, ponderate nel modo indicato nei provvedimenti di applicazione, **l'unità di dose efficace è il sievert** […]
Lettera r) dose equivalente (HT): dose assorbita media in un tessuto o organo T, ponderata in base al tipo e alla qualità della radiazione nel modo indicato nei provvedimenti di applicazione; **l'unità di dose equivalente è il sievert** […]
Lettera u) esperto qualificato: 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. La sua qualificazione è riconosciuta secondo le procedure stabilite nel presente decreto;
Lettera v) esposizione: qualsiasi esposizione di persone a radiazioni ionizzanti. Si distinguono:
1) l'esposizione esterna: esposizione prodotta da sorgenti situate all'esterno dell'organismo;
2) l'esposizione interna: esposizione prodotta da sorgenti introdotte nell'organismo;
3) l'esposizione totale: combinazione dell'esposizione esterna e dell'esposizione interna;
z) esposizione accidentale: esposizione di singole persone a carattere fortuito e involontario.
Comma 2. Inoltre si intende per: […]
Lettera o) lavoratori esposti: persone sottoposte, per l'attività che svolgono, a un'esposizione che può comportare dosi superiori ai pertinenti limiti fissati per le persone del pubblico. Sono lavoratori esposti di categoria A i lavoratori che, per il lavoro che svolgono, sono suscettibili di ricevere in un anno solare una dose superiore a uno dei pertinenti valori stabiliti con il decreto di cui all'articolo 82; gli altri lavoratori esposti sono classificati in categoria B;

Lettera p) limiti di dose: limiti massimi fissati per le dosi derivanti dall'esposizione dei lavoratori, degli apprendisti, degli studenti e delle persone del pubblico alle radiazioni ionizzanti causate dalle attività disciplinate dal presente decreto. I limiti di dose si applicano alla somma delle dosi ricevute per esposizione esterna nel periodo considerato e delle dosi impegnate derivanti dall'introduzione di radionuclidi nello stesso periodo […]
Lettera r) livello di intervento: valore di dose oppure valore derivato, fissato al fine di predisporre interventi di radioprotezione;
Lettera s) materia radioattiva: sostanza o insieme di sostanze radioattive contemporaneamente presenti […]
Lettera v) matrice: qualsiasi sostanza o materiale che può essere contaminato da materie radioattive; sono ricompresi in tale definizione le matrici ambientali e gli alimenti;
Lettera z) matrice ambientale: qualsiasi componente dell'ambiente, ivi compresi aria, acqua e suolo.
Comma 3. Inoltre, si intende per:
Lettera a) medico autorizzato: medico responsabile della sorveglianza medica dei lavoratori esposti, la cui qualificazione e specializzazione sono riconosciute secondo le procedure e le modalità stabilite nel presente decreto […]
Lettera c) persone del pubblico: 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'articolo 3, comma 5;
Lettera d) popolazione nel suo insieme: l'**intera popolazione**, ossia i **lavoratori esposti**, gli apprendisti, gli studenti e le persone del pubblico […]
Lettera f) radiazioni ionizzanti o radiazioni: **trasferimento di energia in forma di particelle** o **onde elettromagnetiche** con lunghezza di onda non superiore a 100 nm o con frequenza non minore di 3·1015 Hz in grado di produrre ioni direttamente o indirettamente […]
Lettera l) servizio riconosciuto di dosimetria individuale: struttura riconosciuta idonea alle rilevazioni delle letture dei dispositivi di sorveglianza dosimetrica individuale, o alla misurazione della radioattività nel corpo umano o nei campioni biologici. L'idoneità a svolgere tali funzioni è riconosciuta secondo le procedure stabilite nel presente decreto […]
Lettera p) sorgente artificiale: sorgente di radiazioni diversa dalla sorgente naturale di radiazioni;
Lettera q) sorgente di radiazioni: **apparecchio generatore di radiazioni ionizzanti** (macchina radiogena) o materia radioattiva, ancorché contenuta in apparecchiature o dispositivi in genere, dei quali, ai fini della radioprotezione, non si può trascurare l'attività, o la concentrazione di radionuclidi o l'emissione di radiazioni;
Lettera r) sorgente naturale di radiazioni: **sorgente di radiazioni ionizzanti di origine naturale**, sia **terrestre** che **cosmica** […]
Lettera u) sorveglianza fisica: l'**insieme dei dispositivi adottati**, delle valutazioni, delle misure e degli esami effettuati, delle indicazioni fornite e dei provvedimenti formulati dall'esperto qualificato al fine di **garantire la protezione sanitaria dei lavoratori e della popolazione**;
Lettera v) sorveglianza medica: l'**insieme delle visite mediche**, delle indagini specialistiche e di laboratorio, dei provvedimenti sanitari adottati dal medico, al fine di **garantire la protezione sanitaria dei lavoratori esposti**;
Lettera z) sostanza radioattiva: ogni specie chimica contenente uno o più radionuclidi di cui, ai fini della radioprotezione, **non si può trascurare l'attività o la concentrazione** […].
Comma 4. Inoltre, si intende per: […]
Lettera c) zona classificata: ambiente di lavoro sottoposto a regolamentazione per motivi di **protezione contro le radiazioni ionizzanti**. Le zone classificate possono essere **zone controllate**

o **zone sorvegliate**. È **zona controllata** un **ambiente di lavoro**, sottoposto a regolamentazione per motivi di protezione dalle radiazioni ionizzanti, in cui si verifichino le condizioni stabilite con il decreto di cui all'articolo 82 ed in cui l'accesso è segnalato e regolamentato. È **zona sorvegliata** un **ambiente di lavoro** in cui può essere superato in un anno solare uno dei pertinenti limiti fissati per le persone del pubblico e che non è zona controllata.

▶ **Articolo 5**
1. Dopo il capo III del decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, è inserito il seguente:
Capo III-bis - esposizioni da attività lavorative con particolari sorgenti naturali di radiazioni

▶ **Articolo 10-bis** - Campo di applicazione
Comma 1. Le disposizioni del presente capo si applicano alle **attività lavorative** nelle quali la **presenza di sorgenti di radiazioni naturali** conduce ad un s**ignificativo aumento dell'esposizione dei lavoratori o di persone del pubblico**, che non può essere trascurato dal punto di vista della **radioprotezione**.
Tali attività comprendono:
Lettera a) attività lavorative durante le quali i **lavoratori** e, eventualmente, persone del pubblico sono **esposti a prodotti di decadimento del radon o del toron o a radiazioni gamma o a ogni altra esposizione** in particolari luoghi di lavoro quali tunnel, sottovie, catacombe, grotte e, comunque, in **tutti i luoghi di lavoro sotterranei**;
Lettera b) attività lavorative durante le quali i lavoratori e, eventualmente, persone del pubblico sono **esposti a prodotti di decadimento del radon o del toron, o a radiazioni gamma o a ogni altra esposizione** in **luoghi di lavoro diversi da quelli di cui alla lettera a) in zone ben individuate o con caratteristiche determinate** […]

▶ **Articolo 10-ter** - Obblighi dell'esercente
Comma 1. Nei luoghi di lavoro nei quali si svolgono le attività lavorative di cui **all'articolo 10-bis, comma 1, lettera a)**, l'esercente, **entro ventiquattro mesi dall'inizio dell'attività, procede alle misurazioni** di cui all'allegato I-bis, secondo le linee guida emanate dalla Commissione di cui all'articolo 10-septies.
Comma 2. Nei luoghi di lavoro nei quali si svolgono le attività lavorative di cui **all'articolo 10-bis, comma 1, lettera b)**, in zone o luoghi di lavoro con caratteristiche determinate individuati dalle regioni e province autonome, ai sensi dell'articolo 10-sexies, ad elevata probabilità di alte concentrazioni di attività di radon, l'esercente procede, **entro ventiquattro mesi dall'individuazione o dall'inizio dell'attività**, se posteriore, alle misurazioni di cui all'allegato I-bis secondo le linee guida emanate dalla Commissione di cui all'articolo 10-septies e **a partire dai locali seminterrati o al piano terreno** […]
Comma 4. Per le **misurazioni previste** dai commi 1 e 2, l'esercente si avvale di **organismi riconosciuti** ai sensi dell'articolo 107, comma 3, o, nelle more dei riconoscimenti, di **organismi idoneamente attrezzati**, che rilasciano una **relazione tecnica** contenente il risultato della misurazione […].

→ **Nota:** per le attività lavorative in superficie in zone ben individuate, quindi anche in luoghi confinati a lunga permanenza come tratturi, fosse, seminterrati: il datore di lavoro è tenuto ad effettuare le misure di concentrazione di radon, a partire dai locali seminterrati o al piano terreno, entro 24 mesi dall'inizio dell'attività

▶ **Articolo 10-quinquies** - Livelli di azione
Comma 1. Per i luoghi di lavoro di cui all'articolo 10-bis, comma 1, lettere a) e b), **le grandezze misurate non devono superare il livello di azione fissato** in allegato I-bis.
Comma 2. Nel caso in cui le grandezze di cui al comma 1 **non superino il livello di azione ma siano superiori all'80 per cento del livello di azione**, l'esercente assicura nuove misurazioni nel corso dell'anno successivo.
Comma 3. Nel caso di **superamento del livello di azione di cui all'allegato** I-bis, l'esercente, **avvalendosi dell'esperto qualificato**, pone in essere **azioni di rimedio** idonee a ridurre le grandezze misurate al di sotto del predetto livello, tenendo conto del principio di ottimizzazione, e **procede nuovamente alla misurazione** al fine di verificare l'efficacia delle suddette azioni […]

→ **Nota:** esistono **due livelli d'azione dove**:
- Primo livello - la **concentrazione di radon** (Rn-222), **misurata come media annuale**, **non deve superare il livello d'azione fissato in 500 Bq/m³**.
- Secondo livello - se si supera questo livello si valuta un **secondo livello d'azione di 3 mSv/anno per 2000 ore lavorative** (3x10-9 Sv/Bqhm³ x 2000h x 500 Bq/m³ = 0,003 Sv/a) quindi, contrariamente al primo, questo secondo livello d'azione **tiene anche conto del tempo di permanenza**.
Però, il datore di lavoro, in caso di superamento del livello d'azione per il radon di 500 Bq/m³, **può non adottare azioni di rimedio** se **dimostra**, tramite un esperto qualificato, che **nessun lavoratore è esposto ad una dose superiore a 3 mSv/anno** (ad esempio in base alle limitate ore annue di permanenza nei locali ove si superano i predetti 500 Bq/m³).
- In entrambi i casi si può presumere che la **sorgente di maggiore emissione è il suolo**, pertanto la legge interessa in particolare gli ambienti di lavoro sotterranei in zone considerate a rischio.

▶ **Articolo 10-septies** - Sezione speciale della Commissione tecnica per le esposizioni a sorgenti naturali di radiazioni
Comma 1. Nell'ambito della Commissione tecnica di cui all'articolo 9 è **istituita una sezione speciale per le esposizioni a sorgenti naturali di radiazioni** con i seguenti compiti: […]

▶ **Articolo 24**
Comma 1. All'articolo 107 del decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, sono apportate le seguenti modifiche:
Lettera a) nella rubrica, le parole: "Apparecchi di misura individuali" sono sostituite dalle seguenti: "**Servizi riconosciuti di dosimetria individuale**";
Lettera b) al comma 2 sono aggiunte, in fine, le seguenti lettere:
"**d-bis) rilevamenti con apparecchi, diversi da quelli di cui al comma 3, a lettura diretta assegnati per la rilevazione di dosi"** […]

▶ **Allegato III**: Determinazione, ai sensi dell'articolo 82 del presente decreto, dei criteri per l'adozione della sorveglianza fisica nonché dei criteri e delle modalità per la classificazione dei lavoratori, degli apprendisti, degli studenti e delle aree di lavoro - pubblicato alla pagina 43 del S.O. 140/L

▶ **Allegato IV**: Determinazione, ai sensi dell'articolo 96, dei limiti di dose per i lavoratori, per gli apprendisti, gli studenti e gli individui della popolazione nonché dei criteri di computo e di utilizzazione delle grandezze radioprotezionistiche - pubblicato alla pagina 48 del S.O. 140/L

▶ **Allegato V**: Istituzione degli elenchi degli esperti qualificati e dei medici autorizzati e determinazione ai sensi degli articoli 78 e 88 delle modalità, titoli di studio, accertamento della capacità tecnico-professionale per l'iscrizione - pubblicato alla pagina 147 del S.O. 140/L

▶ **Allegato VI**: Determinazione, ai sensi dell'art. 74, delle modalità e dei livelli di esposizione professionali di emergenza - pubblicato alla pagina 154 del S.O. 140/L […]

Raccomandazione Euratom n. 143/90

Raccomandazione della Commissione del 21 febbraio 1990 sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi.

La **Commissione delle Comunità europee**, visto il trattato che istituisce la Comunità europea per l'energia atomica, […] considerando quanto segue:
In molti Stati membri si fa sempre più forte la consapevolezza del **pericolo dell'esposizione della popolazione al radon in ambienti chiusi**; che diversi paesi hanno già impostato o stanno impostando politiche di controllo delle dosi.
È compito della Commissione **armonizzare le disposizioni degli Stati membri** sull'applicazione delle norme di sicurezza di base per la tutela della salute delle persone nei confronti dei rischi provocati da radiazioni ionizzanti.
La Commissione ha pertanto chiesto al **gruppo di esperti**, istituito ai sensi dell'articolo 31 del trattato Euratom, di **esaminare il problema e di elaborare proposte per l'adozione di adeguati provvedimenti**. Detto gruppo ha ora presentato alla Commissione una **relazione sulla quale è basata la presente raccomandazione**. […]

Il **radon è un gas radioattivo presente in natura**, il suo **isotopo più importante è il radon-222** con un **tempo di dimezzamento di 3,82 giorni**. Si tratta di un membro della serie degli elementi derivati dal **decadimento dell'uranio-238** e la sua presenza nell'ambiente è sovente connessa a quella di tracce del suo parente più prossimo, cioè del radio-226, nelle rocce e nei terreni.
La **causa principale della concentrazione di radon nelle abitazioni è il gas emanato dai terreni che si insinua nell'atmosfera degli ambienti chiusi attraverso i pavimenti in seguito a flussi dovuti a pressione o a concentrazione**; in quasi tutti i paesi, fatti salvi casi particolari, l'incidenza dei materiali edilizi è di solito minore.
Recenti controlli effettuati negli Stati membri hanno dimostrato **concentrazioni medie all'interno delle abitazioni oscillanti tra i 20 e i 50 Bq/m^3**, mentre i **valori esterni erano nettamente inferiori**. Se raffrontata ad altre forme di radiazioni naturali, la **caratteristica principale dei livelli di radon in ambienti chiusi è la loro variabilità**; in molti paesi alcune abitazioni presentano livelli di radon molto superiori alla media. […]
L'esposizione al radon non è un fenomeno recente e **studi epidemiologici condotti su diversi gruppi di minatori esposti ad elevate concentrazioni durante il lavoro hanno evidenziato un notevole numero di decessi dovuti al cancro polmonare**. Per il momento **non si hanno prove sicure sugli effetti che l'esposizione al radon in ambienti chiusi** ha sulle persone, ma sulla base degli indizi raccolti la Commissione ritiene **prudente formulare raccomandazioni volte a limitare tale esposizione**, come del resto è già stato fatto dalla CIPR («Principles for limiting exposure of the public to natural sources of radiation». Annals of the ICRP, vol. 14, n. 1, 1984, Publication 39, Pergamon Press.).

Va osservato che **il radon in ambienti chiusi è controllabile sotto il profilo fisico o tecnico**. […]

RACCOMANDA:

1. che sia istituito un **sistema adeguato per ridurre qualsiasi esposizione a concentrazioni di radon in ambienti chiusi**. In questo sistema particolare attenzione deve essere rivolta all'**adeguata informazione della popolazione** e ad una congrua reazione alle preoccupazioni della stessa.

2. Per quanto riguarda gli **edifici esistenti**:

a) che sia stabilito un **livello di riferimento per l'adozione dei provvedimenti correttivi**: qualora esso venga **superato si adotteranno provvedimenti semplici ma efficaci** volti a **ridurre il livello di radon**;

b) che il **livello di riferimento sia pari ad una dose effettiva equivalente di 20 mSv annui**, la quale, ai fini pratici, può essere considerata **equivalente ad una concentrazione media annua di gas radon di 400 Bq/m^3**;

c) che l'**urgenza dei provvedimenti** correttivi sia **proporzionale alla misura** in cui tale **limite** di riferimento viene **superato**;

d) che, laddove siano ritenuti **necessari provvedimenti correttivi**, la popolazione interessata sia **informata sui livelli di radon ai quali è esposta** e sui **provvedimenti adottabili** per ridurre tali livelli.

3. Per quanto riguarda gli **edifici da costruire**:

a) che sia **applicato un livello di progettazioni** cui le competenti autorità possano **far riferimento** nell'adottare disposizioni, norme e codici di tecniche costruttive per i casi in cui il livello di progettazione rischi di venir superato;

b) che il **livello di progettazione sia pari a una dose effettiva equivalente di 10 mSv annui**, la quale, ai fini pratici, può essere considerata **equivalente a una concentrazione media annua di gas radon di 200 Bq/m^3** […]

4. che, nella determinazione dei **provvedimenti correttivi** o **preventivi**, i **principi di ottimizzazione siano applicati in armonia con le fondamentali norme comunitarie di sicurezza** (Comunicazione della Commissione relativa all'applicazione delle direttive 80/836/Euratom del Consiglio, del 15 luglio 1980, che modifica le direttive che stabiliscono le norme di sicurezza di base per la tutela della salute delle persone e dei lavoratori contro i pericoli provocati da radiazioni ionizzanti, e 84/467/Euratom del Consiglio, del 3 settembre 1984, che modifica la direttiva 80/836/Euratom. GU n. C 347 del 31. 12. 1985, pag. 9);

5. che, a motivo delle **variazioni giornaliere e stagionali dei livelli di radon in ambienti chiusi**, le decisioni relative alla **protezione contro le radiazioni siano in linea di massima basate su misurazioni della media annua di gas radon** o dei **suoi prodotti di decadimento negli edifici**; che tali misurazioni siano effettuate con l'**applicazione di tecniche complementari;** che le **autorità competenti garantiscano l'adeguatezza della qualità e dell'affidabilità di tali misurazioni**;

6. che siano definiti **criteri per** l'**identificazione** di **regioni**, **località** e **caratteristiche costruttive** probabilmente **connesse con alti livelli di radon in ambienti chiusi**. I livelli d'indagine per i parametri di riferimento (ad es. attività del suolo e dei materiali edilizi, permeabilità del terreno, ecc.) possano essere impiegati per identificare tali fattori d'esposizione.

La presente raccomandazione è rivolta agli Stati membri.
Fatto a Bruxelles, il 21 febbraio 1990.