

stabilisce (artt. 104, 105, 106) che il Ministero della Pubblica Istruzione svolga attività di educazione alla salute e di informazione sui danni derivanti dall'alcoolismo, dal tabagismo, dall'uso di sostanze stupefacenti o psicotrope. I suddetti obiettivi sono perseguiti attraverso l'organizzazione di corsi di studio per gli insegnanti e attraverso l'attività dei centri di informazione e consulenza (CIC), istituiti nelle scuole secondarie superiori, in collaborazione con operatori delle unità sanitarie locali.

L'art. 107 stabilisce, inoltre, attività di formazione e informazione promosse dal Ministero della Difesa. Attraverso tali strumenti i giovani dovrebbero essere informati anche sul problema *fumo* e sulle sue implicazioni nei confronti della salute.

Tabella 1. - Legislazione italiana in materia di divieto di fumo.

1) La regolamentazione del fumo di tabacco nei locali pubblici e sui mezzi di trasporto:	<ul style="list-style-type: none"> - Legge 11 novembre 1975 n.584 - DPR 11 luglio 1980 n.753, art.28 - DIRPCM 14 dicembre 1995 (GU n.11 del 15-1-1996)
2) La pubblicità dei prodotti di tabacco	<ul style="list-style-type: none"> - Legge n. 165 del 1962 (abrogata) - Legge 22 febbraio 1983 n.52 - DM 30 novembre 1991 n.425
3) Le avvertenze sulle confezioni dei prodotti di tabacco	<ul style="list-style-type: none"> (Direttive CEE 89/622 e 92/4) - DM 31 luglio 1990 - Legge 29 dicembre 1990 n.428 - DM 16 luglio 1991 - DM 11 novembre 1991 - DM 26 luglio 1993 - Legge 22 febbraio 1994 n.146, art.23
4) Il controllo del contenuto di catrame nel tabacco	<ul style="list-style-type: none"> (Direttiva CEE, la n.90/239) - Legge 29 dicembre 1992 n.142, art.37
5) Disponibilità di prodotti di tabacco a buon mercato	<ul style="list-style-type: none"> - Legge 18 gennaio 1992 n.50
6) L'educazione-informazione nelle scuole e nelle forze armate	<ul style="list-style-type: none"> - DPR 309/90 - (artt. 104, 105, 106, 107)

IL RADON *INDOORS*: STATO ED EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA

Gloria Campos Venuti (a), Silvana Piermattei (b)

(a) *Laboratorio di Fisica, Istituto Superiore di Sanità, Roma*

(b) *Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Roma*

Introduzione

Il problema dell'esposizione della popolazione alla radioattività naturale, dal punto di vista della radioprotezione, fu affrontato dagli organismi internazionali solo attorno agli anni '80 (1), mentre erano da tempo ben noti i rischi per i lavoratori derivanti dall'esposizione al radon e ai suoi prodotti di decadimento.

Per la valutazione del rischio da esposizione al radon in ambienti chiusi, domestici e lavorativi, sono stati utilizzati approcci sia dosimetrici che epidemiologici. L'approccio dosimetrico porta alla valutazione, attraverso modelli generalmente piuttosto complessi, della dose ricevuta dall'apparato respiratorio. Questi modelli tengono conto delle caratteristiche sia fisiologiche degli individui che fisiche dell'ambiente interessato (presenza di aerosol e loro diametro aerodinamico, ventilazione, etc.). Dalla dose assorbita all'organo si stima la dose efficace alla persona e da questa il rischio, basandosi essenzialmente sugli studi epidemiologici condotti sui sopravvissuti di Hiroshima e Nagasaki.

L'approccio epidemiologico è più diretto e analizza direttamente le frequenze di mortalità per tumore polmonare ottenute negli studi condotti su coorti di minatori (2). Considerata la difficoltà di estrapolare i risultati ottenuti in ambiente minerario, profondamente diverso da quello domestico, per livelli di polverosità, tipo di ventilazione, granulometria degli aerosol, etc. e per le condizioni fisiologiche degli individui coinvolti (sesso, età, salute, abitudine al fumo), recentemente sono state avviate ricerche epidemiologiche in ambiente residenziale. La Comunità europea e il Dipartimento dell'energia degli Stati Uniti coordinano questi studi favorendo l'uso di protocolli comuni, anche in relazione alle tecniche di ricostruzione della dose, in modo da poter aumentare la potenza statistica dell'indagine (3). In questo contesto può essere menzionato lo studio caso-controllo condotto da un gruppo svedese (4) che ha coinvolto 1360 casi e 2847 controlli. I primi risultati sembrano confermare le stime di rischio ottenute negli studi sui minatori.

Va comunque sottolineato che entrambi gli approcci utilizzati presentano notevoli incertezze.

Raccomandazioni internazionali

La Commissione Internazionale per le Protezioni radiologiche (ICRP) ha affrontato in modo completo il problema della radioprotezione per quel che riguarda il radon 222 in un recente rapporto dal titolo *Protection against radon at home and at work* (5).

La Commissione, dopo un *excursus* di carattere storico sugli effetti derivanti dall'esposizione al radon, raccomanda l'utilizzo dell'approccio epidemiologico per la valutazione del rischio - sia nel caso di ambienti domestici che lavorativi - e l'adozione dello stesso coefficiente di probabilità di effetti letali (tumori polmonari) associata ad una unità di esposizione cumulata, sia per la popolazione che per i lavoratori. Il valore del coefficiente, calcolato per una popolazione di riferimento (abitanti di Giappone, Stati Uniti, Porto Rico, Regno Unito e Cina), è pari a $8 \cdot 10^{-5}$ per $\text{m Jh} \cdot \text{m}^{-3}$ ($\sim 3 \cdot 10^{-4}$ per WLM).

Al fine di elaborare una politica coerente di radioprotezione per la radioattività naturale e per quella artificiale, è opportuno stabilire un fattore di conversione che consenta di passare dall'esposizione al radon alla dose efficace. Per questa operazione l'ICRP confronta il detrimento associato ad una dose efficace unitaria a quello dovuto ad una esposizione unitaria al radon.

Nella Tabella 1 sono riportati i valori di detrimento per dose efficace suggeriti dalla ICRP 60 (6).

Tabella 1. - *Detrimento associato alla dose efficace ($10^{-5}/\text{mSv}$).*

	Tumori letali	Tumori non letali	Effetti genetici	Totale
Lavoratori adulti	4.0	0.8	0.8	5.6
Popolazione	5.0	1.0	1.3	7.3

Eguagliando il detrimento totale riportato nella Tabella 1 con quello valutato per una esposizione cumulata al radon si ottiene, assumendo un fattore di equilibrio $F = 0.4$, che 1 WLM corrisponde a 5.06 mSv per i lavoratori e 3.88 mSv per la popolazione. Di conseguenza $1 \text{ Bq} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ di radon gas corrisponde a $\sim 3 \text{ nSv}$ per i lavoratori e $\sim 1.1 \text{ nSv}$ per la popolazione.

Questa procedura è, secondo l'avviso delle AA., quanto meno discutibile: viene infatti eguagliato il detrimento da radiazioni in generale (effetti letali, non letali e sulle generazioni future) con il detrimento dovuto ad esposizione al radon (solo tumori polmonari con esito letale). Ne consegue, paradossalmente, che per una stessa esposizione al radon il rischio per le persone della popolazione è inferiore a quello per i lavoratori.

Va inoltre sottolineato che nel corso degli ultimi anni il fattore di conversione dalla esposizione cumulata al radon alla dose efficace annua, ha subito notevoli cambiamenti: si è passati infatti da 7 nSv a 4 nSv per 1 Bq·h/m³ di radon gas (7, 8).

Livelli di riferimento per la riduzione della concentrazione di radon *indoors*

Per limitare l'esposizione al radon negli ambienti chiusi sono stati suggeriti dalle Autorità internazionali livelli di riferimento oltre i quali si ravvisa l'opportunità di intraprendere azioni atte a ridurre la concentrazione di radon *indoors*. Storicamente erano stati proposti due livelli diversi di concentrazione per le nuove e le vecchie abitazioni, tenuto conto delle maggiori difficoltà che comporta l'intervento su abitazioni esistenti.

Attualmente l'ICRP suggerisce (5) per gli ambienti domestici l'adozione di un livello compreso entro un intervallo di concentrazione di radon gas tra 200 e 600 Bq/m³, cui corrisponderebbe una dose efficace annua per una permanenza di 7000 h/y *indoors* da 3 a 10 mSv. Per gli ambienti di lavoro, per una permanenza di 2000 h/y si raccomandano concentrazioni entro l'intervallo 500-1500 Bq/m³.

Non rientra negli scopi di questo lavoro una discussione critica sui livelli di riferimento adottati a livello internazionale: è utile però sottolineare che le variazioni dei fattori di dose suggeriti negli anni hanno determinato variazioni di tali livelli, il che, se pur giustificabili da un punto di vista tecnico, ha ingenerato quantomeno confusione e perplessità nella pubblica opinione e in una certa parte del mondo scientifico.

Per quanto riguarda l'esposizione alla radioattività naturale, l'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica (IAEA) nei *Basic Safety Standards for Radioprotection* (9) raccomanda per i luoghi di lavoro un livello di azione pari a 1000 Bq/m³ (per una esposizione annua di 2000 h) al di sopra del quale adottare misure per la riduzione della concentrazione.

L'Unione Europea e il radon *indoors*

Negli ultimi dieci anni i Paesi europei hanno dedicato un'attenzione via via crescente ai problemi associati all'esposizione delle persone ai discendenti del radon negli ambienti chiusi. Nel novembre 1988, nell'ambito della *European Concerted Action on Indoor Air Quality and its Impact on Man*, fu preparato un rapporto (10) per fornire un quadro sintetico sulle conoscenze allora esistenti sul radon *indoors*. Esso rappresentava il primo contributo della Comunità Europea sul delicato e complesso problema della qualità dell'aria in ambienti chiusi. Più recentemente, sulla base di più ampie attività di ricerca in campo internazionale, sia sugli effetti dei discendenti del radon che sui livelli di concentrazione esistenti in ambienti chiusi, è stato pubblicato nell'ambito dello stesso progetto un nuovo rapporto (11), più completo e approfondito. Tale iniziativa è partita

dalla coscienza che "the exposure to indoor radon is now considered by most public health agencies as being, after smoking, the second most common cause of lung cancer" (cfr. ref.11).

Le iniziative di studio e divulgazione sono state accompagnate in ambito europeo da attività normative di rilevanza crescente con gli anni. Nel febbraio 1990 venne emanata una Raccomandazione (7) sulla protezione del pubblico dal radon nelle abitazioni, suggerendo di sviluppare appropriati sistemi per ridurre l'esposizione indoors. A tal fine veniva raccomandato di realizzare misure affidabili, con tecniche idonee e per tempi lunghi, e di elaborare criteri efficaci per identificare le aree potenzialmente ad alta concentrazione di radon *indoors*, nonché le tipologie edilizie più critiche. I livelli di riferimento da utilizzare, sia per intraprendere le cosiddette azioni di rimedio nelle abitazioni esistenti, che come obiettivo da realizzare nelle nuove abitazioni, erano indicati in termini di dose (20 mSv l'anno nel primo caso e 10 mSv l'anno nel secondo). Tali valori, secondo le valutazioni di quegli anni della Commissione Internazionale per le Protezioni Radiologiche (cfr ref.1), corrispondevano ad una concentrazione di radon media annua *indoors* pari rispettivamente a 400 Bq/m³ e 200 Bq/m³.

La raccomandazione comunitaria venne utilizzata da molti Paesi (UK, RFT, Irlanda, etc.) come base per iniziative legislative, ma non aveva, ovviamente, veste imperativa. Più recentemente, in seguito ad un dibattito lungo e molto complesso, durato, nelle varie sedi tecniche e politiche, circa sei anni, è stata approvata una nuova Direttiva dell'Unione Europea con nuovi standard di base per la radioprotezione (12). Oltre a numerose altre novità, fra cui l'abbassamento dei limiti di dose per i lavoratori professionalmente esposti (di un fattore medio annuo pari a 2.5) e per le persone della popolazione (di un fattore medio annuo pari a 5), sono state introdotte norme relative alla protezione in ambiente di lavoro anche nella esposizione a radioattività di origine naturale. Per quanto invece riguarda il radon nelle abitazioni, il problema viene esplicitamente escluso nella Direttiva e quindi rinviato a quanto detto nella Raccomandazione del 1990, anche se, come si vedrà più avanti, alcune iniziative per affrontare il problema in ambienti lavorativi non potranno non avere conseguenze anche per quelli domestici.

Le norme previste nella nuova Direttiva si applicano ad attività lavorative in cui la presenza di sorgenti naturali comporta un significativo aumento - che non può essere trascurato dal punto di vista della radioprotezione - della esposizione di lavoratori e di membri del pubblico.

Limitandoci in questa sede al problema del radon, ogni Stato Membro deve assicurare l'identificazione delle attività lavorative da prendere in considerazione in cui lavoratori, ed eventualmente anche individui della popolazione, sono esposti a discendenti del radon o del toron, quali: stabilimenti termali, grotte, miniere non uranifere (quelle uranifere sono esplicitamente menzionate negli articoli sul ciclo nucleare), luoghi di lavoro sotterranei e quelli in superficie in aree specificamente individuate.

Una volta identificate, a priori, le attività dove effettuare controlli, va quindi realizzato un sistema di sorveglianza e, ove possibile, vanno attuate azioni correttive per ridurre le esposizioni. Ove tali riduzioni ritenute necessarie non siano state ottenute, vanno applicate le misure di radioprotezione previste in presenza di sorgenti artificiali: dalla notifica e autorizzazione della pratica ai principi base di giustificazione, ottimizzazione e limitazione delle dosi ed alla protezione operativa.

Al fine di facilitare e omogeneizzare l'applicazione delle nuove norme sulla radioattività naturale, la Commissione dell'UE, con il sostegno del Gruppo di esperti di cui all'articolo 31 del trattato EURATOM e di un gruppo di lavoro da esso coordinato integrato con alcuni esperti sul problema, sta preparando una guida tecnica operativa (13). Tale guida, in fase assai avanzata di elaborazione, è assai completa per quanto riguarda in particolare il problema del radon, e si pone l'obiettivo preliminare di trovare soluzioni per le attività lavorative che siano coerenti con quelle da adottare negli ambienti domestici (sul cui merito, evidentemente, non può entrare). Vengono dati suggerimenti sulle grandezze da misurare, sulle ipotesi da adottare (in merito, ad esempio, al fattore F di equilibrio fra le concentrazioni dei discendenti e quelle del gas o alle dimensioni degli aerosol che caratterizzano gli ambienti), sui fattori di conversione da usare per passare dalla concentrazione media di radon alla dose efficace annua alla persona, etc. Molte di tali scelte si basano su quelle contenute nel Rapporto n.65 dell'ICRP (5).

La guida suggerisce, inoltre, di realizzare indagini differenziate per gli ambienti in superficie (uffici, industrie, negozi) e quelli sotterranei, di basarsi su misure su tempi lunghi che tengano conto delle variazioni giornaliere del radon nelle 24 h e della loro influenza sull'esposizione reale dei lavoratori, di definire e identificare le *radon prone areas*, etc.

Un punto assai rilevante e complesso è quello relativo ai livelli di azione da adottare, superati i quali le Autorità Nazionali debbono richiedere interventi. Il *range* di valori proposto, entro il quale scegliere sulla base delle situazioni caratteristiche di ogni Stato Membro, è dato in termini di concentrazione media annua di radon gas, ed è pari a (500-1000) Bq/m³. Tale *range* è inferiore a quello proposto dall'ICRP a livello mondiale, volendo infatti tener conto dei limiti di dose fissati nella nuova Direttiva europea per diverse categorie di lavoratori. Esso, corrisponde infatti, usando i fattori di conversione dell'ICRP, ad una dose efficace annua fra circa 3 e 6 mSv. Ove eventuali azioni di bonifica non migliorino le situazioni, il superamento del limite adottato comporta, come scritto esplicitamente nella Direttiva, l'applicazione dei criteri operativi della radioprotezione. È evidente che il rispetto dei limiti di dose deve tener conto di tutte le eventuali fonti di esposizione indoors: ²²²Rn, ²²⁰Rn, γ dalle pareti, con esclusione, ovviamente, della radiazione cosmica, e di eventuali sorgenti artificiali.

Un problema particolarmente delicato si pone ove persone della popolazione trascorrono tempi particolarmente lunghi in ambienti classificati come lavorativi (ospedali, collegi, cfr ref.5), nonché in quegli ambienti, non residenziali, frequentati

normalmente da persone in giovane età (scuole, in particolare materne o asili). Soluzioni soddisfacenti e chiare non sono per ora state contemplate o individuate nella guida tecnica in fase di stesura.

La situazione italiana

1. Per quanto riguarda lo stato delle conoscenze sui livelli di radon esistenti negli ambienti chiusi nel nostro Paese, notevoli progressi sono stati fatti negli ultimi anni. Dopo molte misure di radon realizzate negli anni '80 da diverse istituzioni a fini esplorativi, l'Indagine Nazionale (1989-1993) ha permesso di valutare il valor medio annuo della concentrazione di radon nelle abitazioni (pari a 75 Bq/m³), nonché la percentuale di abitazioni ove vengono mediamente superati 200 Bq/m³ e 400 Bq/m³ (rispettivamente pari al 5% e all'1% del patrimonio edilizio italiano) (14). Per quanto riguarda gli ambienti di lavoro, sono state fatte alcune stime sui livelli medi (15), nonché un grande numero di misure in scuole, terme, negozi, uffici, senza coordinamento né obiettivi di rappresentatività statistica (cfr. ad esempio, ref.16). L'insieme delle conoscenze acquisite sull'esposizione della popolazione italiana permette di valutare le dosi efficaci medie ricevute dalle diverse sorgenti di radioattività naturale, come mostrato in Tabella 2, usando la classificazione dell'UNSCEAR 93 (8).

Tabella 2 - Dosi efficaci medie annue da sorgenti naturali in Italia.

Radiazione cosmica	0.30	mSv
γ terrestri (indoors+outdoors)	0.60	mSv
radiazioni nel corpo umano	0.23	mSv
radon e prodotti di decadimento	2.0	mSv
TOTALE	3.13	mSv

Il valore totale di 3.1 mSv può essere confrontato con quello medio mondiale stimato dall'UNSCEAR pari a 2.4 mSv l'anno.

Per quanto riguarda il contributo del radon, anche esso è più elevato in Italia di quello medio mondiale (stimato pari a 1.2 mSv) ed è certamente sottostimato, per l'assenza di valutazioni rappresentative del contributo del ²²⁰Rn che in alcune grandi aree italiane non può essere trascurato.

2. Per quanto riguarda la situazione normativa, ai primi mesi del 1996 non esistono, di fatto, leggi nazionali che impongano limiti, o richiamino l'attenzione dei cittadini e delle autorità sanitarie sui rischi connessi con l'esposizione al radon in ambienti chiusi. Del resto, gli stessi mass media dedicano molta più attenzione, talora con toni scandalistici, su altri agenti (quali le radiazioni em ed alcuni inquinanti chimici), per i

quali le valutazioni sui rischi sono assai meno accertate sul piano scientifico e comunque di minore rilevanza in termini di frequenza di eventi sanitari associati ai livelli cui le persone sono comunemente esposte.

Possono essere citate due sole iniziative ufficiali che interessano il radon: 1) le conclusioni, mai rese ufficialmente pubbliche, di una Commissione del Ministero dell'Ambiente, che affrontò nel 1990 il problema del radon nell'ambito più generale dell'inquinamento negli ambienti confinati non industriali; 2) una Circolare della Regione Lombardia del 1991, che condizionava la destinazione ad attività lavorative di nuovi locali chiusi, sotterranei o semisotterranei, al non superamento dei livelli di concentrazione suggeriti per le abitazioni dalla CCE nel 1990 (7).

Va aggiunto per completezza che il DPR 216/93 sui prodotti da costruzione cita tra le cause che possono minare la salute degli abitanti nelle case l'emissione di radiazioni pericolose.

Per quanto riguarda il recente DLgs 230/95, emesso in attuazione delle Direttive 80 e 84 in materia di radioprotezione, esso prevede che, con decreti del Presidente del Consiglio, vengano stabilite condizioni e modalità di applicazione per quanto riguarda l'esposizione al radon e ai suoi prodotti di decadimento in ambienti di lavoro e in altri ambienti, anche in relazione alle direttive e raccomandazioni dell'UE. Non risulta che i dicasteri competenti abbiano iniziato tale *iter*.

Situazione in altri Paesi industrializzati

In alcuni Paesi un notevole lavoro è stato svolto per limitare l'esposizione al radon, sia dal punto di vista conoscitivo, sia da quello normativo generale. Nel seguito vengono riportati alcuni esempi di tale attività.

Regno Unito. La protezione dei lavoratori dall'esposizione al radon è prevista nel regolamento sulle radiazioni ionizzanti (*Ionising Radiation Regulations*) del 1985. Tale regolamento si applica quando il livello medio della concentrazione di radon gas (misurata nel periodo invernale) supera 400 Bq/m³. Misure sono state eseguite in numerosi ambienti di lavoro nelle aree ad elevata concentrazione di radon, secondo un protocollo generale proposto dal National Radiological Protection Board. Una guida, *Radon in the work place* (17), diretta agli operatori incaricati delle misure di radon e dell'esecuzione delle azioni di rimedio, è stata preparata dal *Building Research Establishment* in collaborazione con il NRPB e il *Cornwall Country Council*.

Stati Uniti. Per quanto è a conoscenza, l'attività dell'*Environmental Protection Agency* (EPA) nel campo della protezione dall'esposizione al radon nei luoghi di lavoro si è concentrata principalmente nelle scuole. In numerosi Stati sono state fatte indagini in ambienti scolastici ed emanate guide sulle azioni da intraprendere per ridurre la concentrazione laddove necessario e sui provvedimenti da adottare in caso di nuove costruzioni (cfr., ad es. ref.18). È opportuno ricordare che in base all'*Indoor Radon Abatement Act* del 1989 è stato stabilito che l'obiettivo nazionale da raggiungere negli

ambienti domestici e lavorativi è la riduzione dei livelli di concentrazione media di radon indoors fino a quelli esistenti *outdoors*.

Germania. Con la riunificazione delle due Germanie il problema del radon indoors ha assunto una notevole importanza, causa l'alto contenuto di uranio di alcuni territori della ex RDT. Numerose abitazioni, infatti, erano state costruite su *code* di miniere uranifere dove esistono elevate concentrazioni di radon anche nell'aria esterna. L'esposizione nei luoghi di lavoro è stata regolamentata in 5 *Ländern* limitatamente agli ambienti minerari, nei quali le concentrazioni di radon non devono superare 3700 Bq/m³.

Svizzera. L'ordinanza di radioprotezione del 22 giugno 1994 (19) ha stabilito un valore limite per il radon nelle abitazioni pari a una concentrazione media annua di 1000 Bq/m³ e una media mensile di 3000 Bq/m³ nei luoghi di lavoro. Va tenuto presente che per i lavoratori professionalmente esposti, se la concentrazione di radon negli ambienti di lavoro è superiore a 1000 Bq/m³, la dose supplementare dovuta al radon va inclusa nel calcolo della dose annua soggetta a limiti. L'ordinanza fissa inoltre un valore operativo di 400 Bq/m³ di concentrazione di radon per le nuove costruzioni o per le operazioni di bonifica.

Se i valori limite sono superati le operazioni di risanamento sono a carico dei proprietari e devono essere intraprese entro un termine di tre anni. Nelle aree che i Cantoni hanno identificato ad alta concentrazione di radon le misure di risanamento devono essere realizzate in funzione dell'urgenza del caso, tenuto conto anche degli aspetti economici e comunque non più tardi di 20 anni dalla data dell'ordinanza.

Conclusioni

Appare evidente, da quanto illustrato nei paragrafi precedenti, che esistono oggi in Italia le premesse indispensabili per l'avvio di una politica di protezione dall'esposizione al radon: 1) le conoscenze scientifiche acquisite confermano infatti la rilevanza sanitaria del problema in particolare nel nostro Paese; 2) un certo numero di laboratori, sia nazionali che regionali, hanno acquisito negli anni soddisfacenti capacità sperimentali; 3) a livello comunitario sono state elaborate posizioni coerenti con quelle internazionali, che alcuni Paesi dell'UE hanno già trasformato in provvedimenti normativi.

Lo strumento da utilizzare è certamente quello dei decreti esplicitamente previsti dal DLgs 230/95. Per quanto riguarda le abitazioni, va applicata nella sostanza quanto suggerito nella Raccomandazione europea del 1990: richiamare l'attenzione dei cittadini, dei costruttori e degli amministratori sul problema, definire d'accordo con i costruttori criteri operativi da rispettare per le nuove abitazioni, fissare protocolli per validare le misure di concentrazione di radon, suggerire dei livelli da non superare di concentrazione media annua di radon pari a (200-400) Bq/m³, introdurre incentivi finanziari per le azioni di bonifica delle situazioni preesistenti.

Per quanto riguarda gli ambienti di lavoro, si tratta di dare rapidamente avvio al recepimento degli articoli sulla radioattività naturale della nuova Direttiva dell'UE, basandosi sulla guida tecnica operativa in fase di approvazione.

È evidente che tale attività legislativa, alla cui elaborazione vanno chiamati a partecipare esperti del settore, deve essere accompagnata da una essenziale attività di ricerca che va quindi promossa e finanziata. Studi sulla definizione delle *radon prone areas* sul territorio nazionale vengono esplicitamente richiesti nella recente Direttiva europea, così come l'individuazione delle caratteristiche lavorative ed ambientali che possono portare ad esposizioni a radon "che non possono essere accettate dalla radioprotezione". Come più volte ricordato dalle AA, è inoltre necessario promuovere capacità operative per la riduzione delle concentrazioni indoors, ovunque ciò sia necessario. Infine, non va trascurato il fatto che nel nostro Paese molti materiali di origine naturale sono ricchi di uranio e torio e possono quindi contribuire alle dosi delle persone anche con l'emissione di radiazione γ e con l'emanazione di Rn-220. Vanno quindi completati, ampliati ed estesi gli studi esistenti sui materiali da costruzione, come utile azione di prevenzione per le future abitazioni.

È infine evidente che attività di ricerca finalizzate ad una migliore quantificazione dei rischi associati alle esposizioni - in particolare indagini epidemiologiche ed elaborazione di modelli dosimetrici - vanno previsti anche in Italia, il cui contributo scientifico in questo settore è stato negli anni sicuramente carente.

Bibliografia

1. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP). Principles for Limiting Exposures of the Public to Natural Sources of Radiation, ICRP Publication 39. *Ann. ICRP* 1984, 14 (1).
2. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP). Lung Cancer Risk from Indoor Exposures to Radon Daughters. ICRP Publication 50. *Ann. ICRP* 1987, 17 (1).
3. US DEPARTMENT OF ENERGY/COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (DOE/CEC). *International Workshop on Residential Radon Epidemiology*. Proc.of CONF-8907178, 1989.
4. PERSHAGEN, G., ÅKERBLOM, G., AXELSON, O., CLAVENSJÖ, B., DAMBER, L., DESAI, G., ENFLO, A., LAGARDE, F., MELLANDER, H., SVARTENGREN, M., SWEDJEMARK, G.A. Residential Radon Exposure and Lung Cancer in Sweden. *N.Engl.J.Med.* 1994, 330 (3): 159-164.
5. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP). Protection Against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65. *Ann. ICRP* 1993, 23 (2).
6. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Ann. ICRP* 1991, 21 (13).
7. COMMISSIONE DELLE COMUNITÀ EUROPEE (CEE). *Raccomandazione della Commissione del 21 febbraio 1990 sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi*. GU delle Comunità Europee L80 del 27 marzo 1990. 3 p.

8. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR). *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly, with Annexes*. United Nations, 1993.
9. INTERNATIONAL AGENCY FOR ATOMIC ENERGY (IAEA). *Basic Safety Standards*, 1996 (IAEA Safety Series n. 115).
10. EUROPEAN CONCERTED ACTION (ECA). *Indoor Air Quality and its Impact on Man. Radon in Indoor Air*. Report No.1. Brussels: Commission of the European Communities, 1988 (EUR 11917 EN).
11. EUROPEAN COLLABORATIVE ACTION (ECA). *Indoor Air Quality and its Impact on Man. Radon in Indoor Air*. Report No.15. Brussels: Commission of the European Communities, 1995 (EUR 16123 EN).
12. CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA. *Direttiva 96/29/Euratom, del 13 maggio 1996, che stabilisce le norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i pericoli derivanti dalle radiazioni ionizzanti*. GU delle Comunità Europee L.159 del 29 giugno 1996.
13. Le considerazioni riportate si basano su un draft, a circolazione riservata, sulle "Recommendations for the Implementation of Title VII of the European Basic Safety Standard Directive, Concerning Significant Increase in Exposure due to Natural Radiation Sources".
14. BOCHICCHIO, F., CAMPOS VENUTI, G., NUCCETELLI, C., PIERMATTEI, S., RISICA, S., TOMMASINO, L., TORRI, G. Results of the Representative Italian National Survey on Rn indoors. *Health Phys.* 1996, 71 (5): 743-750.
15. BOCHICCHIO, F., CAMPOS VENUTI, G., NUCCETELLI, C., PIERMATTEI, S., RISICA, S., TOMMASINO, L., TORRI, G. *Indagine Nazionale sulla radioattività naturale nelle abitazioni*. Roma: Istituto Superiore di Sanità, 1994 (ISTISAN Congressi 34).
16. BOCHICCHIO, F., CAMPOS VENUTI, G., NUCCETELLI, C., PIERMATTEI, S., RISICA, S., TOMMASINO, L., TORRI, G. *Scenario of Radon Indoors in Italy and Regulatory Policy*. In: *Proceedings of Healthy Buildings '95, an International Conference on Healthy Buildings in Mild Climate*, Milano, 10-14 September 1995, M.Maroni (ed.). Milano, 1995, p. 653-663.
17. SHIVYER, C.R., GREGORY, T.J. *Building Research Establishment Report Radon in the Workplace*. 1994.
18. STATE OF WASHINGTON DEPARTMENT OF HEALTH. *School Radon Action Manual*. 1993.
19. CONFEDERAZIONE SVIZZERA. *Ordinanza sulla radioprotezione (ORaP) 1994*.