

**IL RISCHIO DA ESPOSIZIONE AD AGENTI FISICI: AGGIORNAMENTO TECNICI, SCIENTIFICI E NORMATIVI
CASERTA 10-11 OTTOBRE 2019**

INAIL

Esposizione alle radiazioni ionizzanti da sorgenti naturali

Rosabianca Trevisi

DiMEILA _ INAIL Settore Ricerca e Certificazione

GENERALITA' SULLE RADIAZIONI

Radiazione: trasferimento di energia da un punto ad un altro nello spazio senza che vi sia movimento di corpi macroscopici e senza il supporto di mezzo materiale



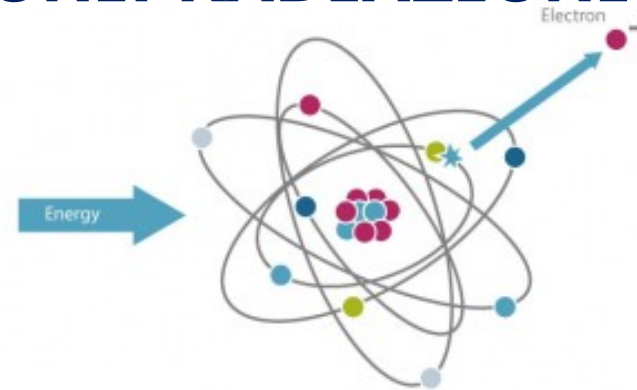
Sono costituite da particelle sub-atomiche che si muovono a velocità elevate (spesso prossime alla velocità della luce)

- Particelle cariche leggere (elettroni e positroni - β)
- Particelle cariche pesanti (protoni e particelle α)
- Particelle neutre

GENERALITA' SULLE RADIAZIONI: RADIAZIONI IONIZZANTI

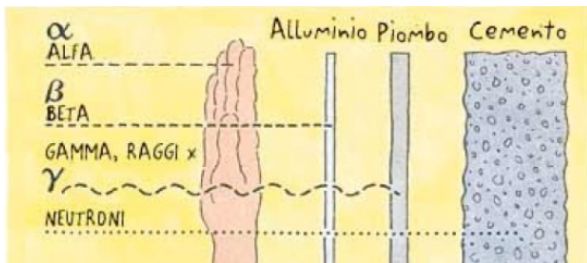
Interagiscono con il mezzo che attraversano tramite forze di natura elettrica.

Se interagiscono con una energia sufficiente abbiamo la ionizzazione degli atomi o molecole del mezzo attraversato



RADIAZIONE IONIZZANTE

Direttamente:
Particelle cariche la cui energia è sufficiente a produrre una ionizzazione per collisione (elettroni, protoni, particelle α)



Indirettamente:
Particelle prive di carica elettrica (raggi X, raggi γ , neutroni) possono mettere in moto particelle direttamente ionizzanti

DECADIMENTO RADIOATTIVO- TEMPO DI DIMEZZAMENTO

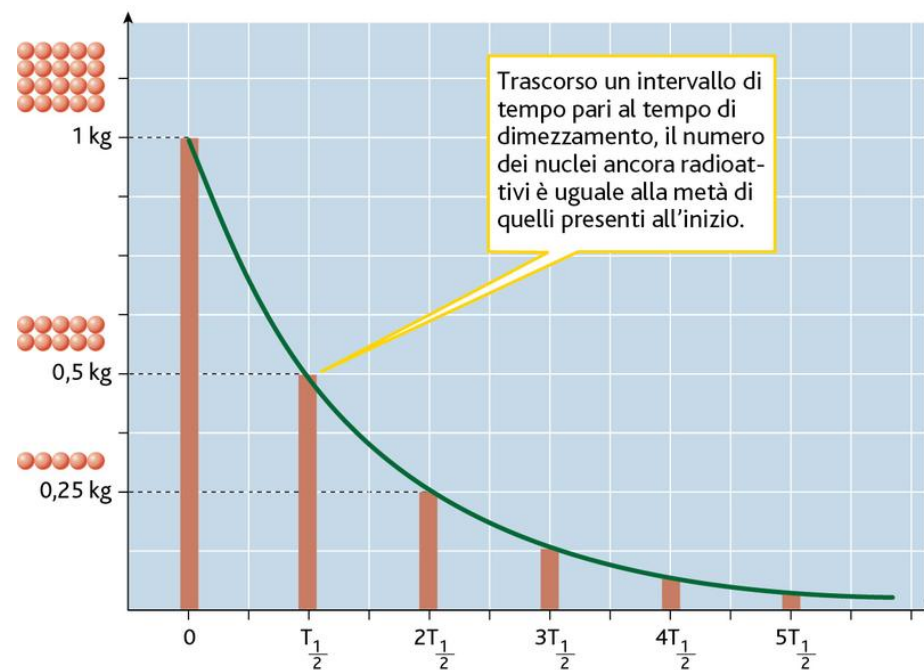
Un nucleo non stabile è destinato a decadere in un altro nucleo con minore massa mediante l'emissione di una radiazione. Il decadimento radioattivo è un insieme di processi tramite i quali dei nuclei atomici instabili (nuclidi) emettono particelle subatomiche per raggiungere uno stato più stabile



processo puramente casuale

Tutti i processi di decadimento, evolvono nel tempo secondo uno stesso schema, descritto da una curva, con andamento esponenziale decrescente: **curva di decadimento**.

Particolarità: a intervalli di tempo uguali corrisponde sempre la stessa percentuale di sostanza radioattiva che decade.



EFFETTI SANITARI

Le radiazioni quando colpiscono la materia cedono in tutto o in parte la loro energia; l'interazione con la materia vivente è alla base degli effetti sanitari connessi all'esposizione alle radiazioni ionizzanti.



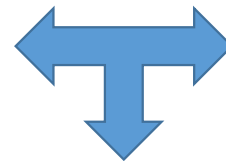
Nel corpo umano la ionizzazione può causare fenomeni chimici come la rottura di catene molecolari, la formazione di radicali liberi ecc.

Tali fenomeni possono portare lesioni sia a livello cellulare che dell'organismo

LA DOSE

Necessità di definire una grandezza in grado di mettere in relazione

l'**energia** rilasciata dalla radiazione nella materia



gli **effetti** radiobiologici prodotti nella materia stessa



DOSE ASSORBITA

E' la grandezza più importante nell'esprimere gli effetti delle radiazioni

Dose assorbita $D = d\varepsilon / dm$ (J/kg = 1 Gray)

$d\varepsilon$ = energia media ceduta dalla radiazione alla massa dm

LA DOSE

A parità di dose assorbita non tutti i tessuti biologici riportano lo stesso danno, ma hanno reazioni molto disparate fra loro.

In **radioprotezione** si definisce la

Dose assorbita in un tessuto (T) o organo

$$D_T = \varepsilon_T / m_T$$

ε_T = energia totale ceduta al tessuto (T) o all'organo

m_T = massa del tessuto (T) dell'organo

Sono stati definiti quindi dei fattori di ponderazione sulla base del tessuto/organo bersaglio W_T

Organo o tessuto	Fattore di ponderazione (W_T)
Gonadi	0,20
Midollo osseo (rosso)	0,12
Mammelle	0,05
Pelle	0,01

LA DOSE

- Per diversi campi di radiazione i tessuti non si comportano nello stesso modo, anche a parità di dose assorbita.



Si utilizza un fattore

Queste grandezze, che non sono **grandezze fisiche** ma

DOSE EFFICACE

esclusivamente **radioprotezionistiche**, si determinano a

La radiazione alfa
avendo un fattore

partire dalla dose assorbita e da considerazioni di penetrazione della radiazione.

La **DOSE EFFICACE**

In pratica si ricavano da simulazioni su modelli.

ciascun organo o tessuto alla data radiazione

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

La radioattività naturale

L'uomo è costantemente esposto alle radiazioni ionizzanti

Sorgenti naturali

- di origine cosmica
- di origine terrestre

Sorgenti artificiali

- diagnostica medica
- test nucleari in aria
- conseg. incidente di Chernobyl
- produzione di energia nucleare

La radioattività naturale

di *origine cosmica* → raggi cosmici
radionuclidi cosmogenici (ad es. ^3H , ^{14}C)

di *origine terrestre* → radionuclidi primordiali (ad es. ^{238}U , ^{232}Th)
radionuclidi inalati (^{222}Rn , ^{220}Rn)
radionuclidi ingeriti (ad es. ^{40}K)

Alcune modalità di esp. sono costanti ed uniformi (es. ingestione di ^{40}K presente nei cibi); altre invece variano con la localizzazione geografica, ecc.

Il Comitato Scientifico delle Nazioni Unite sugli Effetti della Radiazione Atomica (UNSCEAR) stima che la popolazione mondiale riceve una dose efficace media da sorgenti naturali pari a circa **2,4 mSv/anno** (Rapporto 2008), mentre il range tipico è **1 – 13 mSv/anno**.

Dose efficace media da esposizione a sorgenti naturali – stime alla popolazione mondiale

Fondo naturale terrestre

UNSCEAR 1982 Report	2.0 mSv/anno
UNSCEAR 1988 Report	2.4 mSv/anno
UNSCEAR 1993 Report	2.4 mSv/anno
UNSCEAR 2000 Report	2.4 mSv/anno
UNSCEAR 2008 Report	2.4 mSv/anno

La radioattività naturale *confronto con esposizione a sorgenti artificiali*

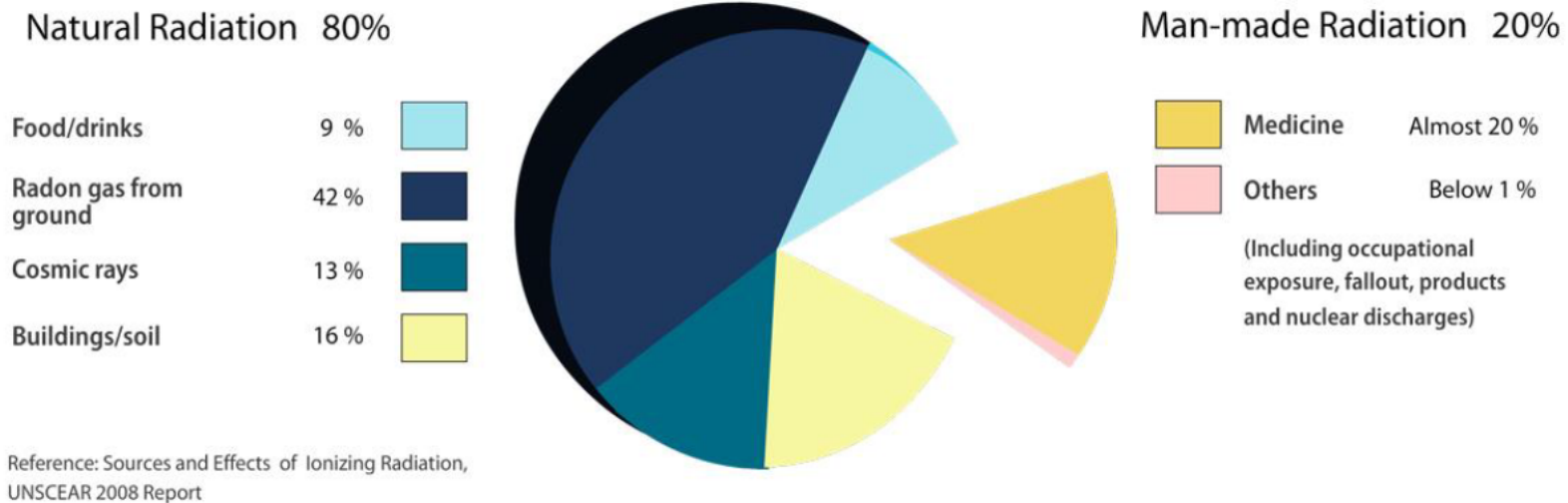
Contributo da sorgente o modalità	Dose media mondiale	Range
Dose efficace media da diagnostica o terapie mediche	0,6 mSv/anno	Da 0 fino ad alcune decine di mSv/anno
Dose efficace per test nucleari in aria	0,005 mSv/anno	
Dose efficace media da esposizione occupazionale	0,005 mSv/anno	~0-20 mSv/anno
Dose efficace media da incidente di Chernobyl	0,002 mSv/anno	
Dose efficace media da uso pacifico dell'energia nucleare	0,0002 mSv/anno	Dosi fino a 0,002 mSv per gruppi critici a 1 km da siti nucleari
Dose efficace media da sorgenti artificiali	0,6 mSv/anno	Da 0 fino ad alcune decine di mSv/anno

La radioattività naturale *confronto con esposizione a sorgenti artificiali*

Contributo da sorgente e/o modalità	Dose media mondiale	Range
Dose efficace media da sorgenti naturali	2,4 mSv/anno	1 - 13 mSv/anno
Esposizione esterna da radiaz. gamma terrestre	0,48 mSv/anno	0.3 – 1.0 mSv/anno
Esposizione esterna da raggi cosmici	0,39 mSv/anno	0.3 – 1.0 mSv/anno
Esposizione interna per ingestione	0,29 mSv/anno	0.2 – 1.0 mSv/anno
Esposizione interna per inalazione (radon)	1,26 mSv/anno	0.2 – 10 mSv/anno

La radioattività naturale *confronto con esposizione a sorgenti artificiali*

Sources of Radiation



~ 2.4 mSv/anno

~ 0.6 mSv/anno

La radioattività naturale terrestre

- ❖ E' la principale fonte di irraggiamento esterno (fondo gamma terrestre *outdoor* = 58 nGy/h; range 50-59 nGy/h)
- ❖ Il contributo più rilevante è dato dal decadimento del ^{40}K e delle famiglie radioattive del ^{238}U e del ^{232}Th – *radionuclidi primordiali*

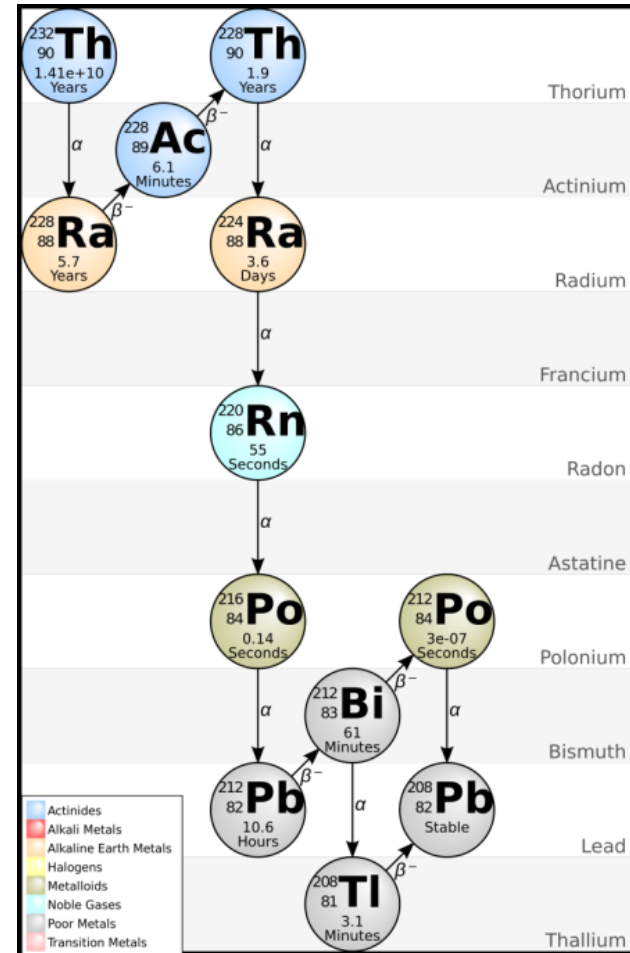
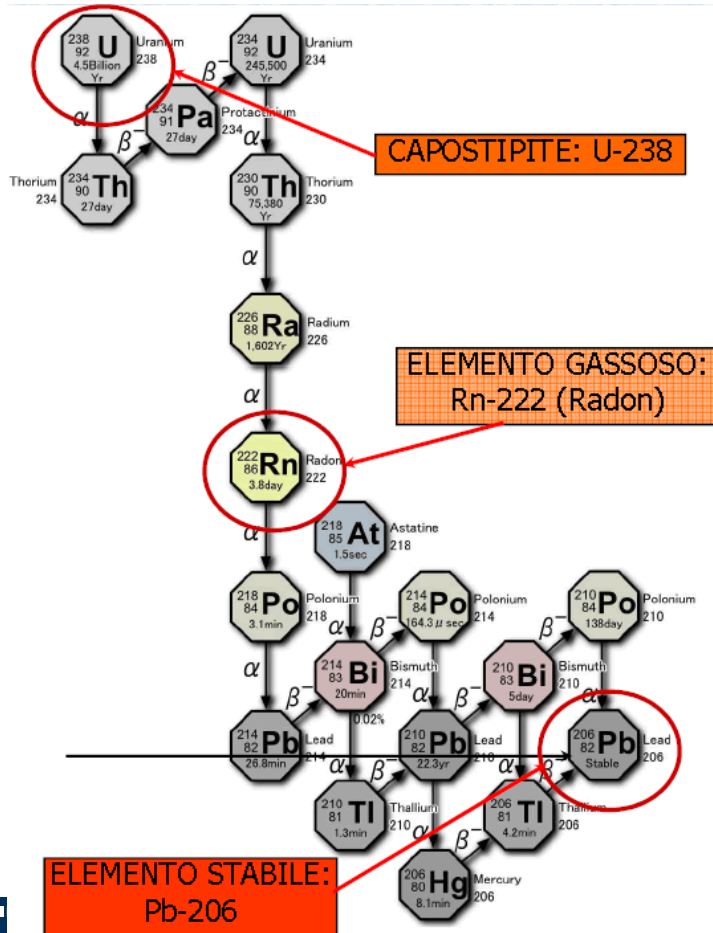
Ratei di dose per irraggiamento esterno sulla base dei contenuti medi dei radionuclidi primordiali nei suoli (da UNSCEAR 2000)

Radionuclide	Concentrazione nel suolo (Bq/kg)		Coeff. di dose (nGy/h per Bq/kg)	Dose assorbita in aria (nGy/h) – mediana
	Mediana	Media pesata sulla pop.		
^{40}K	400	420	0,0417	17
Serie del ^{232}Th	30	45	0,604	18
Serie del ^{238}U	35	33	0,462	16

Radionuclidi primordiali

Nuclide	Emivita (anni)	Abb.za isotopica (%)	Decadimento	Energia di emissione primaria (MeV)
^{40}K	$1,28 \cdot 10^9$	0,0118	β, γ	1,32
^{50}V	$6 \cdot 10^{14}$	0,24	β, γ	----
^{87}Rb	$4,75 \cdot 10^{10}$	27,85	β	0,27
^{115}In	$6 \cdot 10^{14}$	95,72	β	0,6
^{138}La	$1,05 \cdot 10^{11}$	0,089	β, γ	0,205
^{142}Ce	$5 \cdot 10^{15}$	11,07	α	1,5
^{144}Nd	$5 \cdot 10^{15}$	23,85	α	1,8
^{147}Sm	$1,06 \cdot 10^{11}$	14,97	α	2,24
^{148}Sm	$1,2 \cdot 10^{13}$	11,24	α	2,14
^{149}Sm	$4 \cdot 10^{14}$	13,83	α	1,84
^{152}Gd	$1,1 \cdot 10^{14}$	0,200	α	2,15
^{174}Hf	$4,3 \cdot 10^{15}$	0,18	α	2,5
^{176}Lu	$3,73 \cdot 10^{10}$	2,59	β, γ	0,42
^{187}Re	$7 \cdot 10^{10}$	62,93	β	0,008
^{190}Pt	$7 \cdot 10^{11}$	0,0127	α	3,11
^{192}Pt	10^{15}	0,78	α	2,6
^{204}Pb	$1,4 \cdot 10^{17}$	1,48	α	2,6
^{232}Th (serie); ^{235}U e ^{238}U (serie)				

Catena di decadimento dell' ^{238}U e del ^{232}Th



Radionuclidi Primordiali

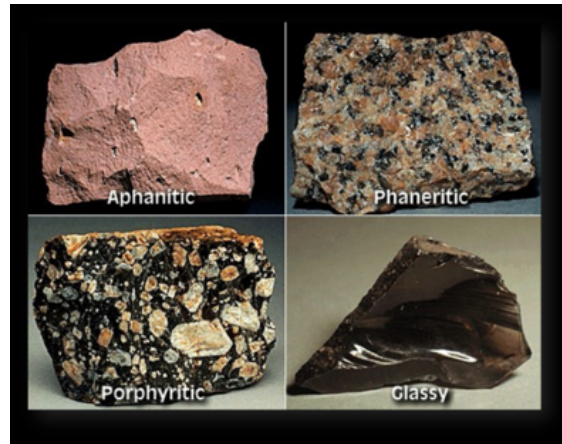
Il ^{40}K e gli elementi provenienti dalle catene di decadimento di ^{238}U , ^{232}Th , ^{235}U sono presenti in tracce nei suoli e nelle rocce.

L'abbondanza dei radionuclidi primordiali è direttamente responsabile dei ratei di dose assorbita in aria



FONDO NATURALE TERRESTRE

Rocce Ignee: concentrazioni elevate



Rocce Sedimentarie: tracce



Radiazione Gamma Outdoor

Sono state effettuate numerose campagne per valutare l'entità del fondo terrestre mediante misure dirette



E' stata effettuata una comparazione con i livelli di concentrazione media dei radionuclidi primordiali misurati con spettrometria gamma



Algoritmi che permettono di stimare il rateo di dose assorbita in aria (nGy/h) a partire dal contenuto di radionuclidi del suolo

$$D=0,0417 \cdot C(^{40}\text{K})+0,462 \cdot C(^{238}\text{U})+0,604 \cdot C(^{232}\text{Th}) \quad (\text{nGy/h})$$

Radiazione Gamma Outdoor

Dose assorbita



Dose efficace

Coefficiente di conversione

0,7 Sv/Gy (*)

Fattore di occupazione

0,8 indoor
0,2 outdoor

Rateo di dose assorbita da exp. a radionuclidi primordiali

$$D = 0,0417 C_{K-40} + 0,462 C_{U-238} + 0,604 C_{Th-232}$$

Dose assorbita in aria *outdoor* (*) **58 nGy/h**

Dose efficace *outdoor* (*) **0,07 mSv/anno**

Dose assorbita in aria *indoor* (*) **84 nGy/h**

Dose efficace indoor (*) **0,41 mSv/anno**

(*) valore medio mondiale da Rapp. UNSCEAR 2008

La radioattività naturale

Le attività umane causano un incremento oltre l'esposizione "di fondo". A seconda delle attività



Attività estrattive
Attività di volo su aerei
Produzione di energia con carbone
Attività in stabilimenti termali
Geotermia
Altre attività industriali (NORM)

Exp alle sorgenti artificiali

INDUSTRIE NORM

Cosa sono i NORM?

Naturally Occurring Radioactive Materials

materiali naturalmente ricchi di radionuclidi, utilizzati in alcuni processi industriali come **materie prime** (es. fosforiti, bauxite, ecc) oppure **sottoprodotti dei processi** (ceneri di carbone, fosfogesso, scorie metallurgiche, ecc.)

Le **attività NORM** o **industrie NORM** sono quelle che utilizzano tali materiali NORM per le loro caratteristiche chimiche o fisiche, **NON** per la presenza di radionuclidi, quindi non per le loro proprietà radiologiche (fissili o fertili).

Problema??

L'uso di enormi quantità di **materie prime NORM** fa sì che, malgrado la presenza di radioattività sia in tracce, non si possa trascurare il loro impatto radiologico sui lavoratori.

In alcuni casi, poi, il processo, porta ad un aumento di concentrazione di radionuclidi nei residui industriali (**residui NORM**), per cui non si può trascurare il loro impatto radiologico sui lavoratori e sulla popolazione.

Materie prime/residui NORM

I materiali NORM contengono una miscela di radionuclidi, ciascuno dei quali contribuisce all'esposizione del lavoratore. I materiali NORM interessano in molte attività industriali sia come materia prima che come residui.

I principali sono:

- Rocce (es. fosforiti, bauxite)**
- Sabbie (es. sabbie di zirconio)**
- Ceneri (es. ceneri di carbone)**
- Scorie metallurgiche**
- Morchie da prodotti petroliferi**

Quali le industrie sono attività NORM?



cementificio



Impianti di produzione dell'acido fosforico



Produzione di refrattari

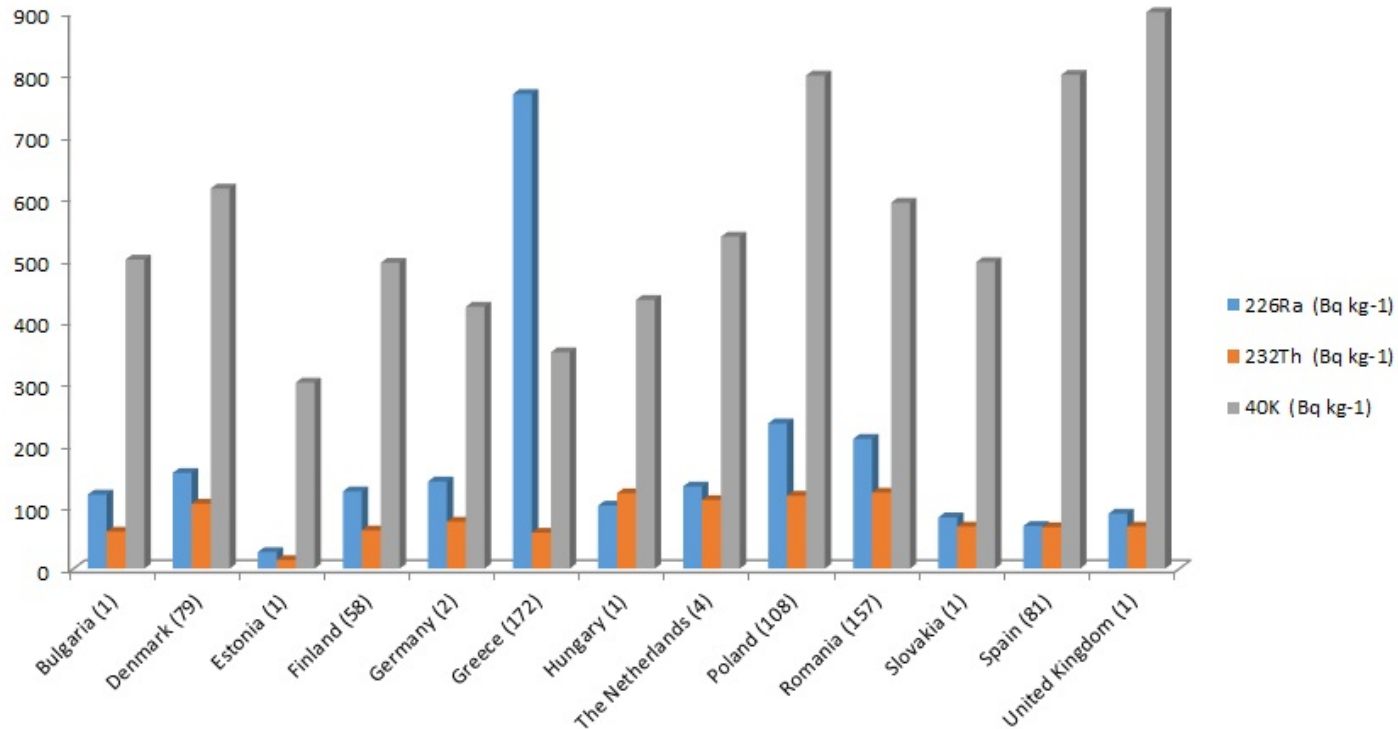
Industria petrolifera

Table 1: Examples of industries for which materials with enhanced concentrations of naturally occurring radionuclides may be of concern

Industry/product	Radionuclides and typical activity concentrations
Phosphate industry (fertiliser production) Phosphoric acid (detergents and food)	By-product gypsum: 1kBq kg ⁻¹ Ra ²²⁶ High concentrations of Ra (100kBq kg ⁻¹) may precipitate in the plant (scales)
Sulphuric acid production	Pyrites: slag containing > 1kBq kg ⁻¹
Coal mine de-watering plants	Sludge may contain 50-100 kBq kg ⁻¹ (disposal)
Coal and fly-ash	Fly-ash: typically 0.2 kBq kg ⁻¹ U, Th Levels up to 10 kBq kg ⁻¹ have been reported in special circumstances. Re-use of fly-ash as construction material
Metal production: smelters	Activity may concentrate in slags and furnace dusts. Re-use of waste (~ 100 kBq kg ⁻¹)
Magnesium/Thorium alloys	Up to 4% Th in final alloys. Typically 20% Th in the master alloy
Rare earths: processing of monazite sands, etc	Rare earth ores for cerium, lanthanum, etc: up to 10 kBq kg ⁻¹ U, up to 1000 kBq kg ⁻¹ Th. Activities in waste streams and dusts may be very high
Foundry sands	Zircon sands (1-5 kBq kg ⁻¹) Monazite sands (up to 1000 kBq kg ⁻¹)
Refractors, abrasives and ceramics	Zirconium minerals: 5kBq kg ⁻¹ U, 1 kBq kg ⁻¹ Th
Oil/gas industry	Radium in scales (normally 1-100 kBq kg ⁻¹ , but up to 4000 kBq kg ⁻¹), possibly also Th and daughters (up to 50%)
TiO ₂ pigment industry	Feed material: ilmenite and rutile ores: 1kBq kg ⁻¹ U, Th; waste streams up to 5 kBq kg ⁻¹
Thoriated welding rods and gas mantels	Thoriated welding rods: up to 500 kBq kg ⁻¹ ; Th Gas mantels: thorium oxide 95%
Porcelain teeth	Up to 0.03% U
Optical industry and glassware	Rare earth compounds (e.g. cerium) in some polishing powders: Th, U. Some glassware up to 10% of U or Th. Ophthalmic glass for eyeglasses and eyepieces: added U or Th for tinting. Some optical lenses: up to 30% of Th; some lens coating materials

da Radiation Protection (RP) 122 - Part II

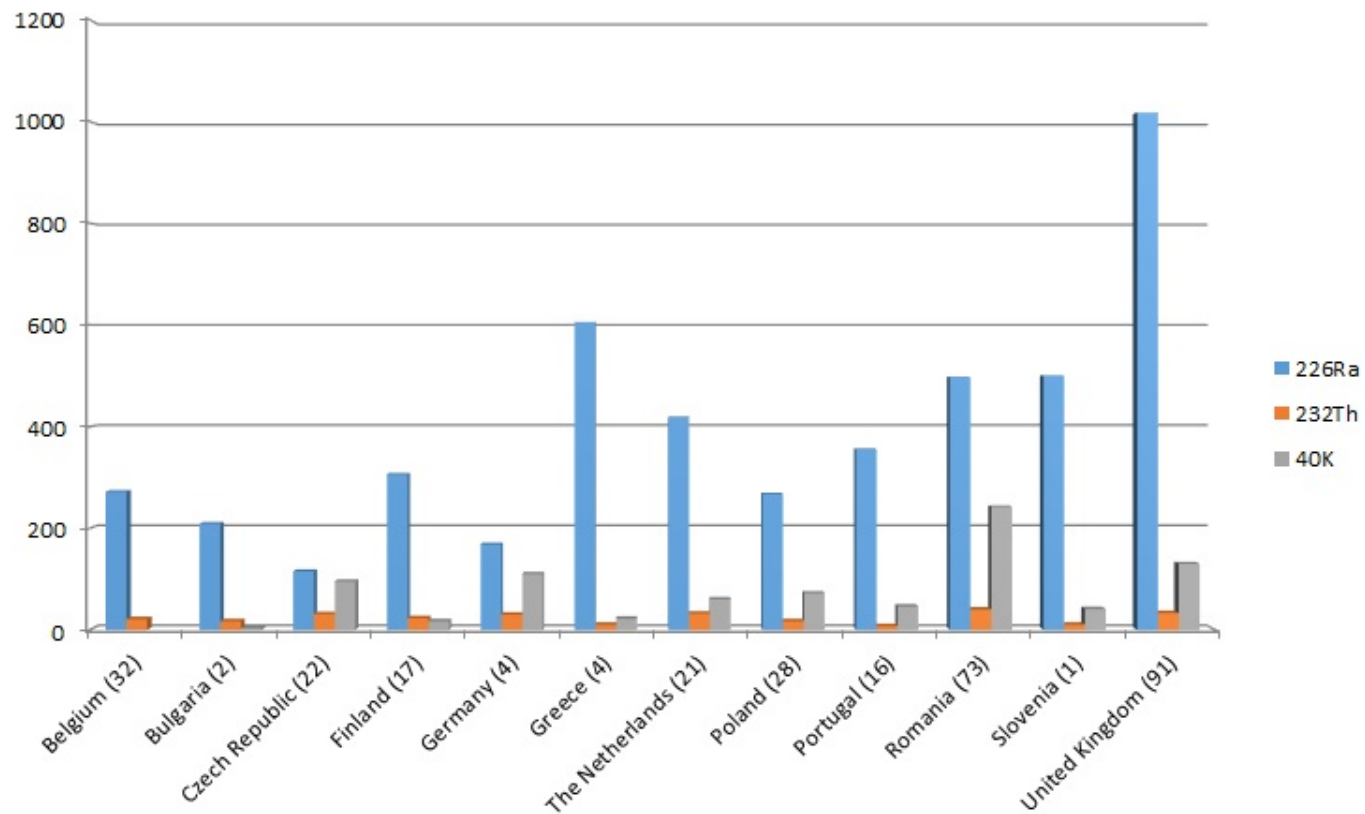
Ceneri di carbone: conc. Media $^{226}\text{Ra}=174$ Bq/kg
 conc. Media $^{232}\text{Th}=81$ Bq/kg
 conc. Media $^{40}\text{K}=557$ Bq/kg



**Dati relativi a 666
campioni in 13 MS**

Tratto da C.Nuccetelli, Y.Pontikes, F.Leonardi, R.Trevisi, 2015. *New perspectives and issues arising from the introduction of (NORM) residues in building materials: a critical assessment on the radiological behavior.* Construction and Building Materials 82 (2015) 323–331.

Fosfogessi: conc. Media ^{226}Ra = 394 Bq/kg
 conc. Media ^{232}Th = 23 Bq/kg
 conc. Media ^{40}K = 76 Bq/kg



**Dati relativi a 311
campioni in 12 MS**

Tratto da C.Nucetelli, Y.Pontikes, F.Leonardi, R.Trevisi, 2015. *New perspectives and issues arising from the introduction of (NORM) residues in building materials: a critical assessment on the radiological behavior.* Construction and Building Materials 82 (2015) 323–331.

Attuale quadro normativo italiano

La legge attuale (D.Lgs 230/95 e s.m.i.) definisce le Attività NORM:

- **Attività NORM:** attività lavorative implicanti l'uso o lo stoccaggio di materiali o la produzione di residui abitualmente non considerati radioattivi, ma che contengono radionuclidi naturali e provocano un aumento significativo dell'esposizione dei lavoratori e, eventualmente, di persone del pubblico;
- **Elenco** delle lavorazioni soggette in Allegato I-bis.

Elenco attività lavorative - All. I-bis D.lgs. 230 s.m.i.

- ✓ Industria che utilizza minerali fosfatici e depositi per il commercio all'ingrosso di fertilizzanti
- ✓ Lav. di minerali nella estrazione di stagno, ferro-niobio da pirocloro e alluminio da bauxite
- ✓ Lav. di sabbie zirconifere e produzione di materiali refrattari
- ✓ Lavorazione di terre rare
- ✓ Lav. ed impiego di composti del torio, per quanto concerne elettrodi per saldatura con torio, produzione di lenti o vetri ottici e reticelle per lampade a gas
- ✓ Produzione di pigmento al biossido di titanio
- ✓ Estrazione e raffinazione di petrolio ed estrazione di gas, per quanto concerne presenza e rimozione di fanghi e incrostazioni in tubazioni e contenitori

Livello di azione - All. I-bis Dlgs 230 s.m.i.

Livello di azione (LdAz): Valoredi dose efficace, il cui **superamento** richiede l'adozione di **azioni di rimedio** che riducano tale grandezza a livelli più bassi del valore fissato

Nel caso delle attività NORM

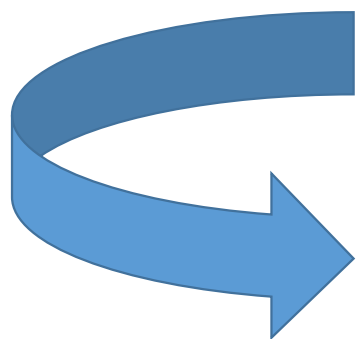
1 mSv/anno per i lavoratori, senza tener conto del contributo del radon indoor (per il quale si applica il LdAz 500 Bq/m³)

0,3 mSv/anno per le persone del pubblico (gruppi di riferimento).

Livello di azione - All. I-bis Dlgs 230 s.m.i. (cont.)

Per le attività NORM:

..Se, nonostante l'adozione di modifiche al ciclo produttivo, non è possibile scendere sotto i Livelli di azione si applicano



Protezione dei lavoratori

Protezione della popolazione

Se, nonostante le azioni di rimedio, sono superati i livelli di azione l'attività deve essere trattata come una **pratica** (ingresso nel sistema di radioprotezione)

QUADRO REGOLATORIO EUROPEO

DIRETTIVA 2013/59/EURATOM (BSS)

Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio, del 5 dicembre 2013, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom

INAIL

ESPOSIZIONE ALLE RADIAZIONI IONIZZANTI DA SORGENTI NATURALI

Gazzetta ufficiale ^{ISSN 1977-0107} L 13
dell'Unione europea



Edizione
in lingua italiana

Legislazione

57° anno
17 gennaio 2014

Sommario

II Atti non legislativi

DIRETTIVE

- * Direttiva 2013/59/Euratom del Consiglio, del 5 dicembre 2013, che stabilisce norme fondamentali di sicurezza relative alla protezione contro i pericoli derivanti dall'esposizione alle radiazioni ionizzanti, e che abroga le direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom e 2003/122/Euratom

Prezzo: 4 EUR

IT

Gli atti i cui titoli sono stampati in caratteri chiari appartengono alla gestione corrente. Tutti sono adottati nel quadro della politica agricola e hanno generalmente una durata di validità limitata.
I titoli degli atti sono stampati in grassetto e preceduti da un asterisco.

Attività NORM nella nuova regolamentazione Dir. 2013/59/Euratom (BSS)

Questa direttiva è fortemente basata sull' **ICRP 103 (2007)**

Non più *pratiche e interventi* ma **Situazioni di Esposizioni:**

- **pianificate** / pratiche limiti di dose, liv. di esenzione/allontanamento
- **esistenti** livelli di riferimento (ex livelli di azione)
- **di emergenza** livelli di riferimento (ex livelli di intervento)

Contrariamente alla normativa precedente (Direttiva 96/29/Euratom)
per le BSS **le attività NORM sono situazioni di esposizione
pianificata (pratica radiologica)**

ALLEGATO VI - Elenco dei settori industriali che comportano l'impiego di materiali NORM

Nell'applicare l'articolo 23 si tiene conto del seguente elenco di settori industriali ...:

- estrazione di terre rare da monazite;
- produzione composti di torio e prodotti contenenti torio;
- lavorazione del minerale niobite-tantalite;
- produzione di gas e petrolio;
- produzione di energia geotermica;
- produzione del pigmento TiO_2 ;
- produzione di fosforo - processo term.;
- industria zircone e zirconio;
- produzione di fertilizzanti fosfatici;
- produzione di acido fosforico;
- produzione di cemento, manutenzione di forni per la produzione di clinker;
- centrali elettriche a carbone, manutenzione caldaie;
- produzione di acido fosforico;
- produzione primaria di ferro;
- fusione di stagno/piombo/rame;
- impianti filtrazione falde freatiche;
- estrazione minerali non uranio.

Radionuclidi naturali - Valori per l'esenzione o l'allontanamento dei radionuclidi naturali presenti nei materiali solidi in equilibrio secolare con i loro prod. Di dec.

	Criterio di esenzione allontanamento	Livelli di esenzione / allontanamento (clearance)		
		Radionuclidi della serie dell' ^{238}U	Radionuclidi della serie del ^{232}Th	K-40
Direttiva 96/29/Euratom (da RP122)	Lav. 1 mSv y^{-1} Pop. $0,3 \text{ mSv y}^{-1}$	$0,5 \text{ Bq g}^{-1}$	$0,5 \text{ Bq g}^{-1}$	5 Bq g^{-1}
Direttiva 59/13/Euratom (da IAEA - Safety Guide RS-G-1.7)	Lav. 1 mSv y^{-1} Pop. 1 mSv y^{-1}	1 Bq g^{-1}	1 Bq g^{-1}	10 Bq g^{-1}

- I valori di conc. di att. si applicano ai materiali solidi per il loro riutilizzo, riciclo, smaltimento tradizionale o incenerimento. Ma **non** possono essere usati per esonerare l'incorporazione nei materiali da costruzione di residui NORM.

Il passaggio a valori doppi per allinearsi alle BSS-IAEA ha portato, durante il processo di preparazione della BSS UE, inevitabilmente e "coerentemente" a 1 mSv y^{-1} .


- I valori si applicano singolarmente ad esempio Po-210 o Pb-210, per il caso di miscela di radionuclidi si sceglie il solo radionuclide (quello più abbondante). Laddove sono presenti miscele di radionuclidi si sceglie il solo radionuclide (quello più abbondante).

I MATERIALI DA COSTRUZIONE COME SORGENTE DI RADIAZIONE GAMMA E RADON


LA RADIOATTIVITÀ NEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

I materiali da costruzione derivati dalle rocce o dal suolo contengono principalmente radionuclidi naturali della serie dell' ^{238}U ranio, del ^{232}Th torio e del potassio (^{40}K).

A causa di ciò i materiali da costruzione possono fornire un significativo contributo in termini di esposizione esterna ed interna



dose gamma indoor: presenza di elementi della catena dell' ^{238}U (^{226}Ra), della catena del ^{232}Th e del ^{40}K nel materiale.



esalazione di radon (^{222}Rn , dalla catena del ^{226}Ra), che va ad incrementare la concentrazione di radon indoor, ed eventualmente del toron (^{220}Rn , dalla catena del ^{232}Th).

I MATERIALI DA COSTRUZIONE COME FONTE DI RADIAZIONE GAMMA

In passato i materiali edili erano costituiti dai suoli o dalle rocce prelevate localmente (*materiali da costruzione di origine naturale*).

La loro composizione in termini di contenuto di radionuclidi naturali riflette pertanto la natura geologica e morfologica del territorio al quale appartengono.

Le rocce di origine ignea di solito sono quelle più ricche di radionuclidi naturali

Seguono le rocce metamorfiche

Infine, le rocce sedimentarie

(Dati da Rapporto UNSCEAR 2008)

	Conc. di attività (Bq/kg)				Gamma dose rate (nGy/h)		Dose efficace alla popolazione (mSv/y)	
	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor
Suolo medio mondiale	33	32	45	412	84	59	0,41	0,07

In Italia il valore medio di dose gamma indoor assorbita è di 100 nGy/h, con valori medi regionali ancora più elevati, ad esempio nel caso di Lazio e Campania >200 nGy/h.

(Dati da Indagine Nazionale ISS-ANPA 1994)

I MATERIALI DA COSTRUZIONE ITALIANI

Dati relativi a 1082 campioni di materiali da costr. italiani (Nuccetelli et al. 2017)

Valori di riferimento UNSCEAR 2008 (suolo)

$C_{Ra-226} = 32 \text{ Bq/kg}$

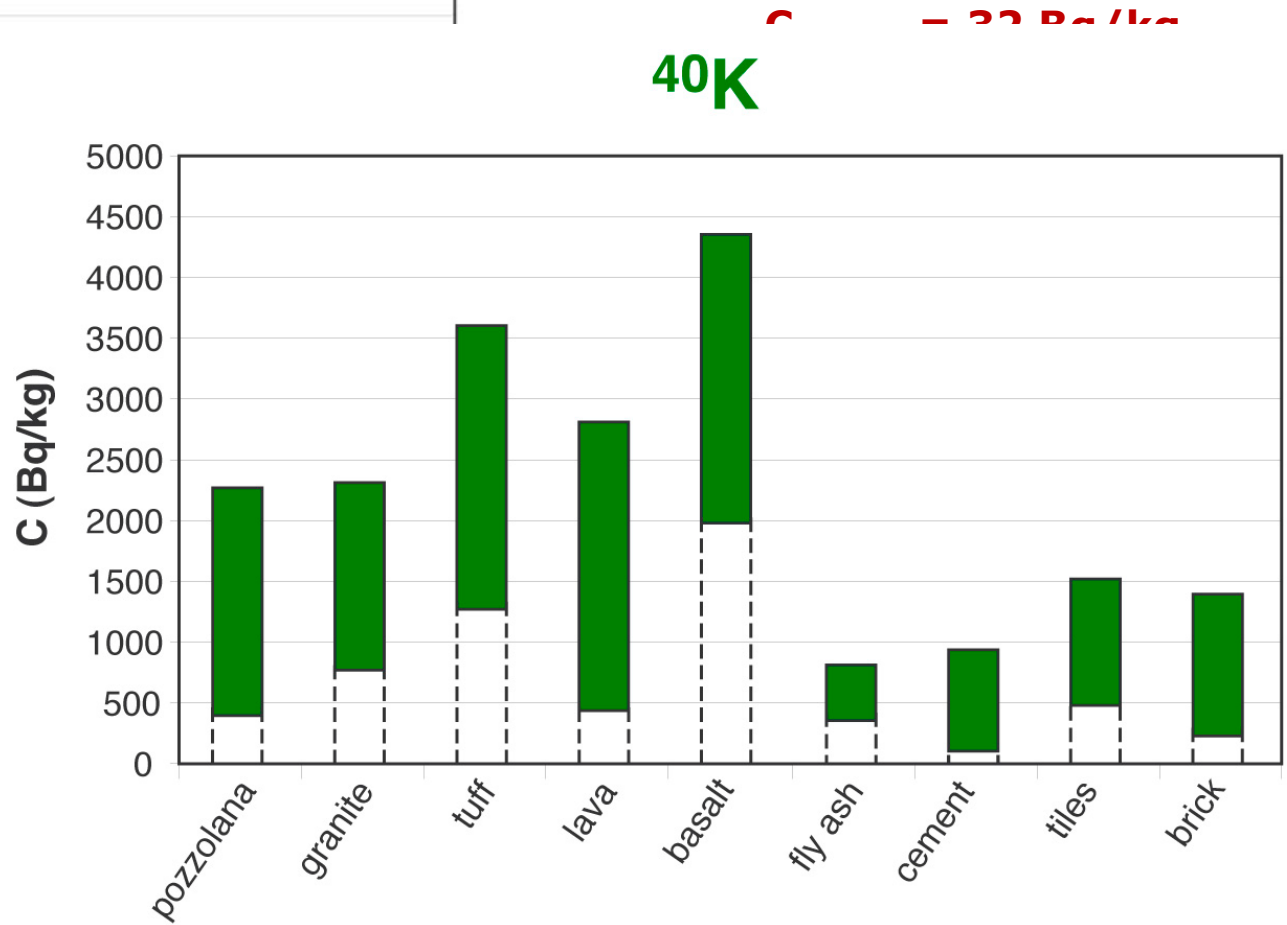
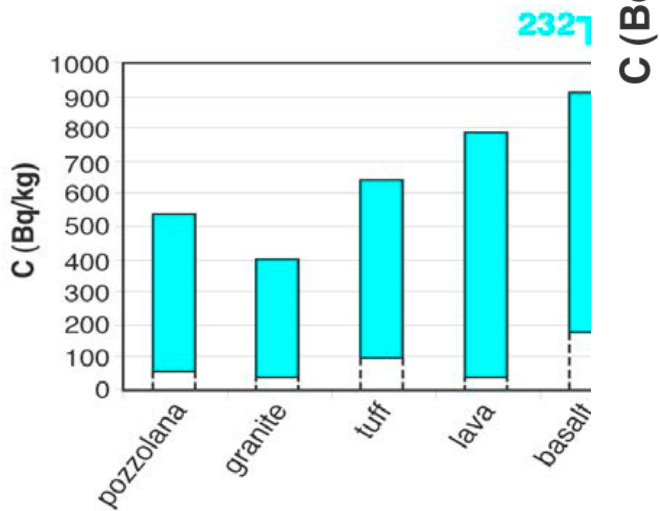
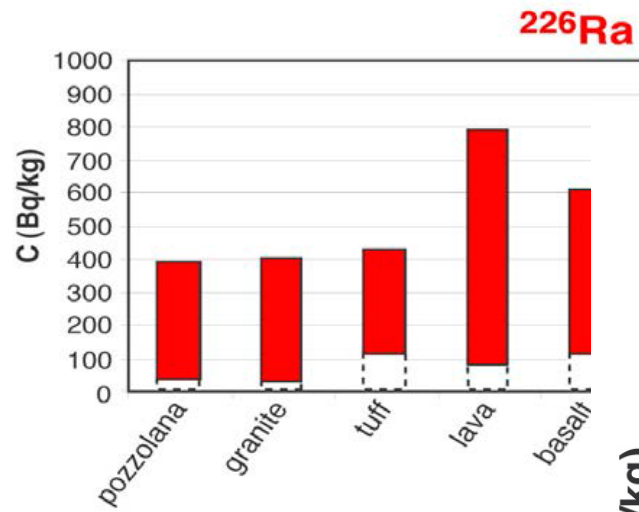
$C_{Th-232} = 45 \text{ Bq/kg}$

$C_{K-40} = 412 \text{ Bq/kg}$

materiale da costruzione	campioni misurati	$C^{226}\text{Ra}$ Bq/kg			$C^{232}\text{Th}$ Bq/kg			$C^{40}\text{K}$ Bq/kg		
		media	max	min	media	max	min	media	max	min
Laterizi	197	40	110	4	40	99	5	542	879	67
Calcestruzzi	21	15	19	7	12	20	3	269	474	58
Cementi	182	37	83.4	9.5	46	168	9.6	313	667	125
sabbia	116	16.1	24.0	7.4	16	27.0	4.0	357	611	10
ghiaia	11	15	21	11	14	16	13	157	248	100
Piastrelle	54	67	230	12	46	76	9.1	603	1026	150
calcare	35	31	76	9	3	8	0.7	28	47	5
pietra	5	25	38	5	2	4	1	11	29	4
arenaria	2	23	33	13.6	22	32	12.8	380	530	230
argilla	18	94	316	28.6	137	537	30.3	1042	2521	412
pozzolana	30	182	352	33	263	481	53	1251	1888	85
tufo	62	163	316	12	241	542	4	1473	2335	55
calce	18	11	17	7.1	7	12	2.2	192	305	77
gesso	21	9	16	6	3	5	1	90	197	32
basalto	5	181	494	41	287	733	26	1689	2354	340
beola	4	63	101	34	48	82	14	1432	1891	1199
gabbro	1	11.7			19			240		
ceppo	1	64			1			3		
gneiss	6	92.6	166	29	73	114	11.5	1108	1480	498
granito	46	64	360	24	86	360	33	1042	1600	260
lava	7	405	704	79	237	750	36	1777	2350	426
marmo	26	3	13	0.53	1	5.5	0.2	10	30	2
peperino	20	159	256	97	181	231	152	1265	2118	128
porfido	7	88	388.5	25	53	71	45	1240	1633	858
scisti	6	45.5	52	39	52	54	50	846	925	766
ardesia	1	46			47			942		
tracheite	2	38.5	41	36	47	52	41	1127	1154	1100
travertino	12	0.8	2.9	0.1	1	8	0.1	5	18	1
ceneri di carbone	151	157	170	130	127	150	100	423	470	330
scorie metallurgiche	1	70			30			97		
fanghi rossi	1	97			118			15		

I MATERIALI DA COSTRUZIONE ITALIANI

Valori di riferimento
UNSCEAR 2008 (suolo)



TECNICHE DI VALUTAZIONE PER VALUTARE I MATERIALI DA COSTRUZIONE COME SORGENTE DI RADIAZIONE GAMMA

Per i materiali da mettere in opera (misure preventive):

Spettrometria gamma su campioni di materiale per valutare la concentrazione di attività di ^{226}Ra , ^{232}Th e ^{40}K (Bq/kg).

L'INDICE DI CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ (I)

In diversi paesi ci sono normative specifiche sull'uso dei materiali da costruzione contenenti radioattività naturale.



criterio di dose riferito alla popolazione



dose efficace esposizione indoor alle radiazioni gamma emesse dai radionuclide naturali contenuti nei materiali in aggiunta rispetto al fondo gamma outdoor.



limitazioni al contenuto di tali nuclidi

L'INDICE DI CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ (I)

Per ogni materiale si calcola un indice di concentrazione di attività (I), definito come

$$I_{\text{gen}} = C_{\text{Ra}} / A_{\text{Ra}} + C_{\text{Th}} / A_{\text{Th}} + C_{\text{K}} / A_{\text{K}}$$

dove:

C_x (Bq/kg) = concentrazione di attività del radionuclide X presente nel materiale

A_x (Bq/kg) = parametro prefissato per la concentrazione di attività dello stesso radionuclide.

adimensionale

a seconda del modello adottato - deve essere uguale o minore ad un certo valore perché non sia superato il criterio di dose

Gli A_x sono valutati attraverso modelli matematici (*room model*).

- ❑ scelta nel limite di dose efficace (*criterio di dose*)
- ❑ *room model* utilizzato
- ❑ ipotesi usate per il calcolo (spessore e densità delle pareti, bilancio costo-beneficio nel divieto di utilizzare alcuni materiali, ecc.)

DIRETTIVA 59/2013/EURATOM - Articolo 75

Radiazioni gamma emesse da materiali da costruzione

1. Il livello di riferimento applicabile all'esposizione esterna in ambienti chiusi alle radiazioni gamma emesse da materiali da costruzione, in aggiunta all'esposizione esterna all'aperto, è fissato a 1 mSv all'anno.

2. Per i materiali da costruzione che sono stati individuati dagli Stati membri come oggetto di attenzione dal punto di vista della radioprotezione, tenendo conto dell'elenco indicativo di materiali di cui all'allegato XIII in riferimento alle radiazioni gamma emesse da tali materiali, gli Stati membri garantiscono che, prima dell'immissione sul mercato di tali materiali:

Il livello di riferimento è pari a 1 mSv/anno.

Si considerano solo **alcuni** tipi di materiali individuati dai MS. Su questi si effettuano controlli prima dell'immissione sul mercato, anche ai fini dell'attribuzione del marchio CE.

DIRETTIVA 59/2013/EURATOM - Articolo 75

Radiazioni gamma emesse da materiali da costruzione

Diagramma di flusso

Individuazione dei materiali di interesse



Misurazione della concentrazione di attività di ^{226}Ra , ^{232}Th e ^{40}K



Calcolo dell'indice di concentrazione di attività ("*a conservative screening tool for identifying materials that may cause the reference level (i.e. 1mSv/y) laid down in Article 75(1) to be exceeded*")

Elenco di materiali da costruzione che rientrano nel campo di applicazione a partire dalla lista indicativa –Annex XIII

La UE affida al WG3 del gruppo CEN/TC351 *Radiation from construction Products* la stesura dello standard per fornire *indicazioni sulla determinazione di radionuclide naturali in campioni di materiale mediante spettrometria gamma*

<https://standards.cen.eu>

Si applica il calcolo dell'indice, così come indicato nell'Annex VIII (indice I definito nella RP112)

DIRETTIVA 2013/59/EURATOM - ANNEX XIII

Elenco indicativo dei tipi di materiali da costruzione considerati in riferimento alle radiazioni gamma emesse da tali materiali di cui all'articolo 75

1. Materiali Naturali o additivi di origine naturale ignea tra cui:

(a) Alum-shale (cemento contenente scisti alluminosi)

(b) Materiali da costruzione granitoidi (quali graniti, sienite e ortogneiss);

- porfidi;
- tufo;
- pozzolana;
- lava.

2. Materiali, che incorporano residui dalle industrie che lavorano materiali radioattivi naturali tra cui:

- ceneri volanti;
- fosfogesso;
- scorie di fosforo;
- scorie di stagno;
- scorie di rame;
- fanghi rossi (residui della produzione dell'alluminio);
- residui della produzione di acciaio.

DIRETTIVA 2013/59/EURATOM - ANNEX VIII

Definizione e uso dell'indice di concentrazione di attività per le radiazioni gamma emessa dai materiali da costruzione di cui all'articolo 75

$$I = \frac{C_{Ra-226}}{300Bqkg^{-1}} + \frac{C_{Th-232}}{200Bqkg^{-1}} + \frac{C_{K-40}}{3000Bqkg^{-1}}$$

Se il valore dell'indice I è inferiore o uguale ad 1, il livello di riferimento di 1 mSv/y non è stato superato.

L'indice I intrinsecamente tiene conto dei parametri del calcestruzzo (in termini di densità e spessore).

DIRETTIVA 59/2013/EURATOM - Articolo 75

Radiazioni gamma emesse da materiali da costruzione

Se $I > 1$

Stima accurata della dose, tenendo conto di **altri fattori**, come la **densità e lo spessore** nonché fattori relativi al tipo di edificio e all'uso previsto del materiale (sfuso o superficiale).

La UE affida al CEN/TC351/WG3 la stesura dello standard *Construction products - Assessment of release of dangerous substances - Radiation from construction products - Dose assessment of emitted gamma radiation*

Il documento è disponibile sul sito <https://standards.cen.eu> dal 18 ottobre 2017

L'indice I si applica al materiale da costruzione e non ai suoi componenti.

Per l'applicazione dell'indice ai componenti, in particolare nel caso dei **residui NORM**, si deve utilizzare un appropriato fattore di partizione.

La radioattività naturale: PROSPETTIVE FUTURE

Quale sostegno alla nuova normativa su radioattività naturale (radon nei luoghi di lavoro, industrie NORM, materiali da costruzione) si vuole rendere disponibile un

sistema integrato
corretta applicazio
chiamate a svolgere

PAF; www.portaleagentifisici.it
efficace veicolo di trasfer
tecnico-scientifico. Già fo
occupazionali da **rumor**
elettromagnetici. Nell'ult
rispetto all'anno preceder

PAF
PORTALE
AGENTI
FISICI
PREVENZIONE E
SICUREZZA

MACCHINARI IN BANCA DATI 4.096 - MISURE IN BANCA DATI 8.633

Benvenuto nel Portale Agenti Fisici

Le Banche Dati "Vibrazioni Mano Braccio" e "Vibrazioni Corpo Intero" sono vaevoli ai fini della valutazione dei rischi ai sensi del D.Lgs. 30 aprile 2008 n. 81 (art. 202, comma 2; Allegato XXXV).
Le banche dati su Campi Elettromagnetici sono vaevoli ai fini della valutazione dei rischi ai sensi degli artt. 28, 181 e 209 del D.Lgs.81/2008.

Le sessioni su Radiazioni ottiche naturali ed artificiali sono utilizzabili per la Valutazione dei rischi ai sensi del D.lgs.81/2008.

Le Banche Dati ospitate nella sessione rumore sono vaevoli ai fini della valutazione dei rischi ai sensi del D.Lgs. 30 aprile 2008 n. 81 (art. 190, comma 5bis; art. 192, art. 193).

Il Portale Agenti Fisici è realizzato dal Laboratorio di Sanità Pubblica dell'Azienda Sanitaria USL Toscana Sud Est (ex Azienda USL 7 Siena) con la collaborazione dell'INAIL e dell'Azienda USL di Modena, al fine di mettere a disposizione uno strumento informativo che orienti gli attori aziendali della sicurezza e gli operatori della prevenzione ad una risposta corretta ai fini della prevenzione e protezione da AGENTI FISICI. Il Portale è in corso di sviluppo e aggiornamento nell'ambito del Piano delle Attività di Ricerca 2016-2018 dell'INAIL e nell'ambito del progetto finanziato dal Decreto RT 2165 del 09/04/2015 Regione Toscana "Rischio di esposizione da Agenti fisici negli ambienti di lavoro: sviluppo e adeguamento del Portale Agenti Fisici per promuovere la valutazione del rischio e gli interventi di prevenzione in tutti i comparti lavorativi". L'utente dovrà consultare i documenti di "Guida all'utilizzo della Banca Dati" per ogni singolo Agente Fisico al fine di poter utilizzare in maniera appropriata i dati in essa contenuti. Si declina qualsiasi responsabilità derivante da un utilizzo improprio dei dati e delle informazioni contenute nelle Banche Dati e nel Portale.

RUMORE
VIBRAZIONI MANOBRACCIO
VIBRAZIONI CORPOINTERO
CAMPI ELETTROMAGNETICI
RADIAZIONI OTTICHE ARTIFICIALI
RADIAZIONI OTTICHE NATURALI

INAIL
Regione Toscana
Servizio Sanitario della Toscana
Servizio Sanitario Regionale EMILIA-ROMAGNA
Azienda
Unità Sanitaria Locale di Modena
Newsletter
Per essere aggiornato iscriviti alla newsletter PAF
eventi
CONGRESSO ATMOSFERE IPERBARICHE: Fattori di rischio e Modelli di Prevenzione
Roma 14 ott 2019
Strumenti WEB per la valutazione dell'esposizione occupazionale alle Radiazioni Non Ionizzanti
CNR di Firenze 27 e 28 nov 2019
news
Monografia INAIL Rischio Vibrazioni 16 set 2019

INAIL

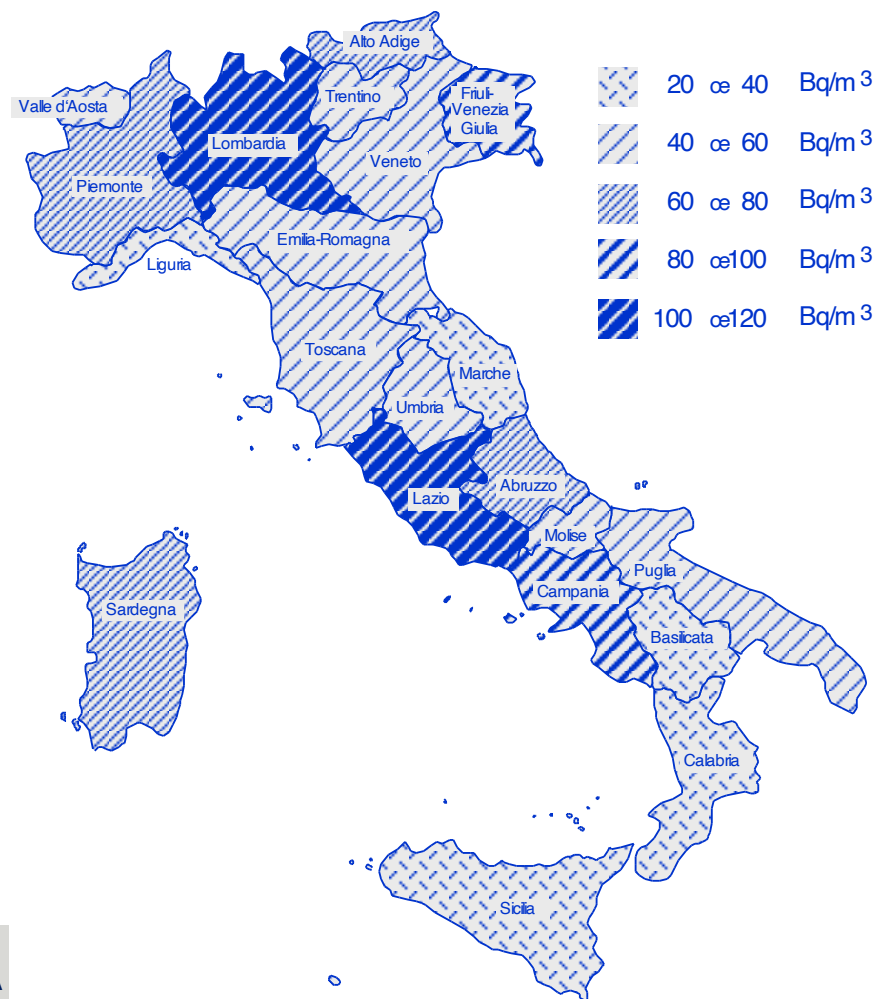
IL RADON

LIVELLI MEDI RADON INDOORS IN ITALIA

- La concentrazione media di radon nelle abitazioni italiane è 75 Bq/m^3 , circa il doppio rispetto alla media mondiale pari a 40 Bq/m^3 (dato UNSCEAR, 2000).
- Dall'indagine nazionale** è risultato che il 5% delle abitazioni ha livelli di radon superiori a 200 Bq/m^3 e l'1% superiori a 400 Bq/m^3 .
- Lazio e Lombardia ($100 - 120 \text{ Bq/m}^3$), seguiti da Friuli Venezia Giulia e Campania ($80 - 100 \text{ Bq/m}^3$), sono le regioni con i valori medi più alti.
- Necessità di attenzione ai materiali da costruzione di origine naturale. In Lazio e Campania sono stati riscontrati valori particolarmente alti di dose gamma indoor.

IL RADON INDOOR IN ITALIA

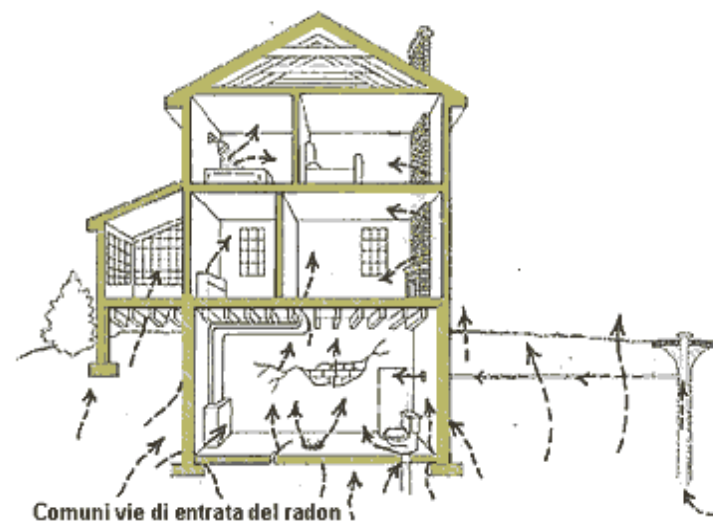
Risultati
dell'Indagine
nazionale sulla
radioattività naturale
nelle abitazioni
(1989 - 1997)
da Bochicchio et al.
1999



VIE DI INGRESSO DEL RADON SORGENTI DEL RADON INDOOR

Le principali sorgenti del radon in un edificio sono:

- suolo
- materiali edili
- acqua
- aria esterna e gas



Modello UNSCEAR:
per una casa tipica con una conc.
di Rn al pianoterra di 50 Bq m^{-3} ,
60% proviene dal suolo
20% dai materiali edili
20% da acqua, aria esterna e gas.

Per edifici multipiano ai piani sup. si
stima una conc. media di 20 Bq m^{-3} .
I contributi relativi ad ogni sorgente
sono di 0%, 50% e 50%.

ESPOSIZIONE AL RADON NEI LUOGHI DI LAVORO

Il radon e i suoi prodotti di decadimento forniscono il contributo più rilevante (circa il 50%) alla dose che gli individui ricevono dalle sorgenti naturali di radiazioni ionizzanti.

La diffusione ubiquitaria del radon fa sì l'esposizione possa avvenire sia qualunque ambiente interno.

Nelle abitazioni

Esposizione della popolazione

Nei luoghi di lavoro

Esposizione dei lavoratori

L'esposizione al radon indoor può verificarsi in qualunque luogo di lavoro, indipendentemente dal tipo di attività svolta

ESPOSIZIONE AL RADON NEI LUOGHI DI LAVORO (cont.)

Rispetto alle abitazioni

1. A parità di area geografica, i livelli medi annui di radon possono risultare leggermente più elevati (circa il 14%, secondo un'indagine condotta* in 2000 case e 1200 luoghi di lavoro della Toscana).
2. Il tempo di permanenza è minore (si stima un fattore di occupazione pari a 2000 ore/anno nei luoghi di lavoro; 7000 ore/anno nelle abitazioni).
3. Presenza di un gruppo di popolazione con una fascia di età più ristretta (no bambini – ad eccezione delle scuole -, no anziani, no malati).
4. Maggior uso dei locali ai piani più bassi dell'edificio.

Radiation Protection Dosimetry (2011), Vol. 145, No. 2-3, pp. 202-205

doi:10.1093/rpd/ncr040

*

RADON IN WORKPLACES: FIRST RESULTS OF AN EXTENSIVE SURVEY AND COMPARISON WITH RADON IN HOMES

Silvia Bucci^{1,*}, Gabriele Pratesi¹, Maria Letizia Viti¹, Marta Pantani¹, Francesco Bochicchio² and Gennaro Venoso²

ESPOSIZIONE AL RADON NEI LUOGHI DI LAVORO *(cont.)*

Tipicamente sono più a rischio i luoghi di lavoro, se sono:

Interrati

Seminterrati

Al piano terra

In particolare quando ubicati in aree del territorio considerate a rischio per le loro *caratteristiche geologiche* (RPA: *Radon Prone Areas* o *Radon Priority Areas*)

Esistono **particolari attività lavorative** di interesse dal punto di vista del radon:

- **Stabilimenti termali**
- **Impianti di trattamento delle acque**
- **Attività di manutenzione di impianti situati in locali interrati**
- **Attività lavorative in siti archeologici sotterranei** (es. catacombe):
restauro, manutenzione, custodia, guide turistiche, ecc.)

ESPOSIZIONE AL RADON NEI LUOGHI DI LAVORO (*cont.*)

Negli anni passati è stata realizzata un'indagine su scala nazionale in quasi 1000 locali interrati di oltre 300 filiali di banche, un campione rappresentativo anche di altre tipologie di luogo di lavoro interrati (supermercati, centri commerciali, palestre, ecc.)

Gli esiti dell'indagine hanno evidenziato:

- Concentrazione di radon indici pari a **153±8 Bq/m³** (circa abitazioni italiane, pari a 70
- **Range** di valori molto **ampi**
- Grande **variabilità tra** le re
- Grande **variabilità all'inter**
- **Scarsa variabilità interna** in impianti di ventilazione forzata

Table 1

Summary of annual average radon concentrations in underground workplaces.

N° workplaces surveyed	933
Min (Bq/m ³)	27
Max (Bq/m ³)	4851
AM ± SE (Bq/m ³)	153 ± 8
SD (Bq/m ³)	252
Median (Bq/m ³)	88
GM (Bq/m ³)	103
GSD	2.11
% <200 Bq/m ³	83.1 (775) ^a
% 200–400 Bq/m ³	11 (103)
% 400–500 Bq/m ³	1.5 (14)
% >500 Bq/m ³	4.4 (41)

^a In parenthesis the number of workplaces is given.

LA PROTEZIONE DEI LAVORATORI DALL'ESPOSIZIONE AL RADON: SITUAZIONE ATTUALE

Decreto Legislativo n.241/00:

Capo III bis – art 10 bis

- Radon nelle attività lav. nei luoghi di lavoro sotterranei
- Radon nelle attività lav. nei luoghi di lavoro in «aree a rischio radon» - *radon prone areas*



Strumento decisionale = Livello di azione (LdAz) = soglia pari a conc. media annua di 500 Bq/m³

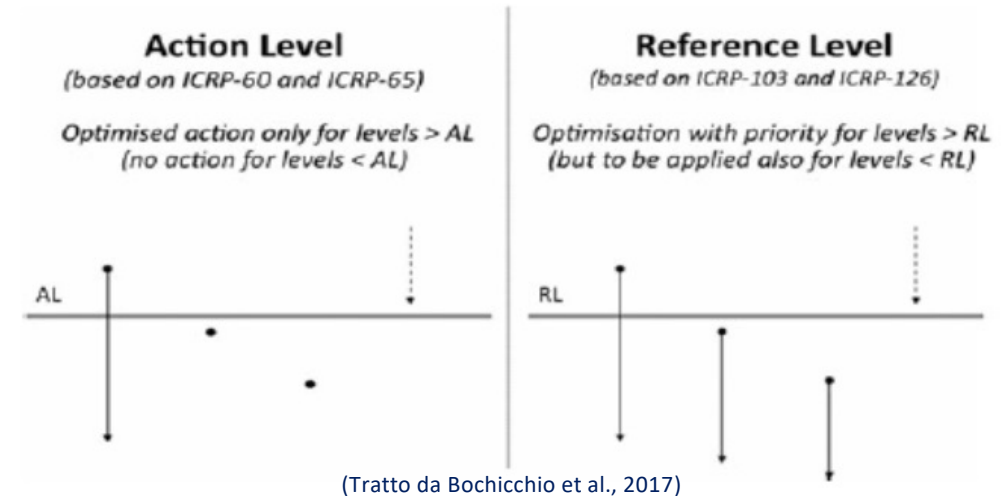
Se **C Rn > 500 Bq m⁻³** → obbligo di interventi di risanamento (misura di protezione)

Nota: *Di fatto questo decreto è stato applicato solo alle attività lavorative nei luoghi di lavoro sotterranei*

EVOLUZIONE DELLA PROTEZIONE DALLA EXP AL RADON INDOOR LIVELLI DI RIFERIMENTO (LdR) - Direttiva 2013/59/EURATOM

Il **Livello di Riferimento (LdR)** va a sostituire il **Livello di Azione (LdA)**

Livello di Azione (LdA) = la dose o la concentrazione di attività oltre la quale è richiesto di intervenire per ridurre le esposizioni.



Livello di Riferimento (LdR) = ..In situazioni di esposizione esistente controllabile, i livelli di riferimento (LdR) rappresentano il livello di dose o rischio, al di sopra del quale si ritiene **inappropriato** consentire il verificarsi delle esposizioni, e per il quale dunque dovrebbero essere programmate ed ottimizzate le azioni protettive. (tratto dalle BSS)

Non è un limite!

Il valore di LdR scelto dipenderà dalle circostanze esterne... ma
l'ottimizzazione della protezione si applica anche al di sotto del LdR.

CONTROLLO DELL'ESPOSIZIONE AL RADON INDOOR: PROSPETTIVE FUTURE

Direttiva 2013/59/EURATOM (*Basic Safety Standards, BSS*): [molte novità](#)

Per l'exp al radon nei luoghi di lavoro

- Introduzione di nuovi obblighi secondo un **approccio graduale e flessibile** e il principio di **ottimizzazione della protezione**.
- Dal LdAz al **Livello di Riferimento** (LR=300 Bq/m³).
- Introduzione di obblighi per la protezione dal radon nei luoghi di lavoro interrati e PT in **zone individuate** e in **specifiche tipologie di luoghi di lavoro**.

LA PROTEZIONE DEI LAVORATORI DALL'ESPOSIZIONE AL RADON

A chi è assegnata la responsabilità dell'esposizione?

A **nessuno**: questa, in radioprotezione, si configura come una ***situazione di esposizione esistente***



A chi è assegnata la responsabilità della protezione?

Al datore di lavoro

Cosa può fare un datore di lavoro per proteggere i lavoratori dai rischi connessi dal radon indoor?

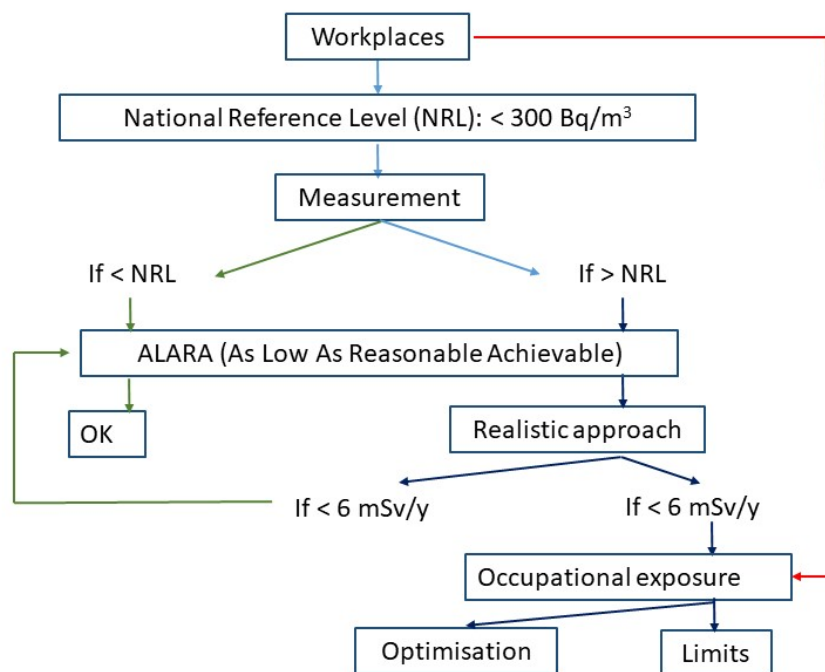
La normativa di radioprotezione prevede azioni di **prevenzione** di **protezione**, che partono dalla misura della concentrazione media di attività di radon in aria (Bq/m^3) - **valutazione del rischio**

CONTROLLO DELL'ESPOSIZIONE AL RADON INDOOR NEI LUOGHI DI LAVORO – cont.

- se $\text{Conc Rn} > \text{LR} = 300 \text{ Bq/m}^3$  obbligo di adozione di **interventi di risanamento** (*misure di protezione*)
- Se $\text{Conc Rn} < \text{LR} = 300 \text{ Bq/m}^3$  **ottimizzazione della protezione** (*misure di prevenzione*)

**Incentivazione all'adozione di
interventi di risanamento anche
a livelli di radon $< 300 \text{ Bq/m}^3$**

CONTROLLO DELL'ESPOSIZIONE AL RADON INDOOR NEI LUOGHI DI LAVORO – cont.



Adattamento della fig. 1 tratta da Marsh et al, 2017

- **Ottimizzazione della protezione** anche al di sotto del LdR – step 1
- Laddove anche dopo il risanamento, la Conc Rn > LdR – step 2,
 - Si richiede la notifica
 - Se l'exp dei lavoratori può comportare una dose efficace $\leq 6 \text{ mSv/y}$ (il corrispondente valore di exp Rn media annua) → obbligo di tenere sotto controllo le esposizioni
 - Se l'exp dei lavoratori può comportare una dose efficace $> 6 \text{ mSv/y}$ (il corrispondente valore di exp Rn media annua) → gestione come *planned exposure situation*

Siti e documenti consigliati

UNITED NATIONS, Sources and Effects of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN, New York (2000) www.unscear.org

International Atomic Energy Agency (IAEA), 2004. *Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance*. SAFETY GUIDE RS-G-1.7 https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1202_web.pdf

R. Trevisi, C. Nuccetelli and S. Risić, 2013. Screening tools to limit the use of building materials with enhanced/elevated levels of natural radioactivity: analysis and application of index criteria. *Construction and Building Materials*, **49**:448–454.

C. Nuccetelli, Y. Pontikes, F. Leonardi, R. Trevisi, 2015. New perspectives and issues arising from the introduction of (NORM) residues in building materials: a critical assessment on the radiological behavior. *Construction and Building Materials* **82**:323–331.

C. Nuccetelli, F. Leonardi, R. Trevisi, 2015. A new accurate and flexible index to assess the contribution of building materials to indoor gamma exposure. *J. Environ. Radioact.* **143**:70–75.

C. Nuccetelli, G. de With, R. Trevisi, N. Vanhoudt, S. Pepin, H. Friedmann, G. Xhixha, W. Schroeyers, J. Aguiar, J. Hondros, B. Michalik, K. Kovler, A. Janssens, R. Wieggers, 2017. Legislative aspects, in “Naturally Occurring Radioactive Materials in Construction Integrating Radiation Protection in Reuse (COST Action Tu1301 NORM4BUILDING)” 1st Edition. Editors: Wouter Schroeyers; eBook ISBN: 9780081020081; ISBN: 9780081020098; Woodhead Publishing; Published Date: 29th May 2017.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Rosabianca Trevisi

DiMEILA _INAIL

Via Fontana Candida 1

00078 Monteporzio Catone (RM)

Tel. 06/94181264

Email r.trevisi@inail.it

Attività NORM nella Dir. 2013/59/Euratom (BSS) – Introduzione (cont.)

Peculiarità delle attività NORM rispetto alle pratiche in generale

1. Grandi quantità di materiali utilizzati e di residui prodotti.
2. Grande disomogeneità nei livelli di radioattività naturale presenti nelle diverse tipologie di attività NORM e nell'ambito del medesimo tipo di materiale NORM.

Per le BSS **le attività NORM sono pratiche**, alle quali si applicano i seguenti **limiti di dose**:

- **20 mSv y^{-1} per i lavoratori**
- **1 mSv y^{-1} per la popolazione**

DIRETTIVA 59/2013/EURATOM - Articolo 75

Radiazioni gamma emesse da materiali da costruzione

...gli stati membri garantiscono che, prima dell'immissione sul mercato di tali materiali:

- a) siano determinate le concentrazioni di attività dei radionuclidi specificati nell'allegato VIII e che
 - b) siano fornite su richiesta alle autorità competenti informazioni sui risultati delle misurazioni e il corrispondente indice di concentrazione di attività, nonché altri fattori pertinenti come definito nell'allegato VIII.
3. Per i tipi di materiali da costruzione determinati in base al paragrafo 2 che possono comportare dosi superiori al livello di riferimento, gli Stati membri decidono in merito alle misure appropriate da adottare, che possono comprendere obblighi specifici nell'ambito di norme edilizie pertinenti o restrizioni specifiche sull'uso previsto di tali materiali.