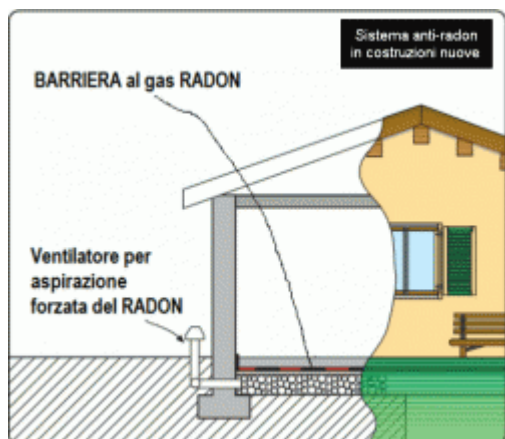


PERICOLO RADON: il killer che colpisce dal basso!

appunti schemi e rielaborazioni a cura del Prof.A.Tonini – www.andytonini.com

IL CASO:

Rilevati quantitativi superiori alla norma del pericoloso gas cancerogeno soprattutto nelle scuole e nelle Università. Attenzione anche a chi abita nei piani bassi delle case, lo rivela una recente indagine. *da Meteo & salute (Alessio Grosso) - 26/11/17.*



Gas radon, il nemico invisibile che entra nelle nostre case.

Non deriva dall'inquinamento atmosferico, si tratta infatti di un **gas radioattivo naturale**, prodotto dal decadimento dell'uranio contenuto, in quantità variabile, nella crosta terrestre.

Si mescola con l'aria e sale in superficie diluendosi rapidamente nell'atmosfera. La sua concentrazione all'aria aperta è quindi molto bassa mentre quando penetra negli **ambienti chiusi** tende ad aumentare, perché vi si accumula. La principale fonte di immissione di radon nell'ambiente è il suolo e, in minor misura, anche l'acqua.

È considerato la seconda causa di cancro al polmone (con 3.000 morti all'anno in Italia!) dopo il fumo di tabacco e ad esso sono attribuiti dal 5 al 20% di tutti i casi (da 1.500 a 5.500 stimati per la sola Italia

all'anno).

Ora, a seguito di apposite ricerche, è stato accertato che in Lombardia, Lazio e Campania **scuole e Università** hanno fatto rilevare quantitativi di gas radon superiori alla norma consentita per la salute umana. L'indagine ha evidenziato come nella maggior parte delle Università italiane non si effettuano monitoraggi per prevenire il rischio radon. Il compito spetta all'ARPA.

Il rischio di accumulo di radon avviene soprattutto nei **seminterrati, nei piani terra** e ovunque non esista l'obbligo di installare un impianto di ventilazione forzata. Attenzione quindi anche alle **nostre case**: ricordiamoci di ventilare bene le stanze, più volte al giorno, soprattutto durante l'inverno, accorgimento ancor più importante per coloro che abitano ai piani bassi.

Che rischio porta un cronico accumulo di gas radon oltre i livelli consentiti dalla legge? Durante il processo di decadimento radioattivo il gas radon si trasforma in particelle solide anch'esse radioattive, che aderiscono al pulviscolo atmosferico formando un aerosol radioattivo che **entra nei polmoni** durante la respirazione.

Da qui il legame tra **alte concentrazioni** di gas radon e l'incidenza del **tumore al polmone**, fino a 100 volte rispetto a condizioni normali. E' la seconda causa di tumore al polmone dopo il fumo di tabacco.

L'Istituto Superiore di Sanità stima dai 1.500 ai 5.500 casi di tumore attribuibili al radon: **oltre 3.000 morti** all'anno in Italia, dove le informazioni a riguardo e le norme di tutela sono ben lontane dai limiti massimi fissati dall'Unione Europea.

APPROFONDIMENTO:

1 - COS'E':

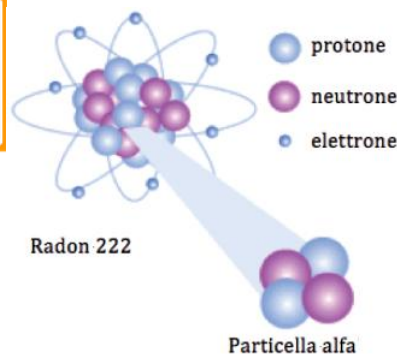
Il radon è un **gas radioattivo** [emette radiazioni] naturale: è incolore **inodore** e insapore e reagisce difficilmente con gli altri composti chimici, è otto volte più **pesante** dell'aria, moderatamente solubile in **acqua** e viene assorbito quando essa entra in contatto con **sabbia, rocce e terreno** contenenti radon.

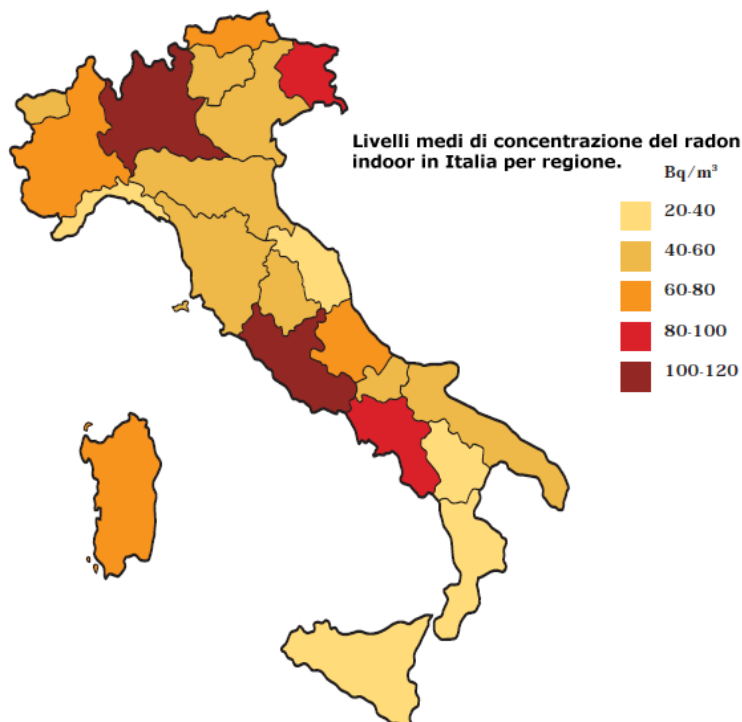
Il radon deriva dal decadimento radioattivo dell'Uranio, un elemento presente in tutte le rocce della crosta terrestre: per tale ragione è diffuso ovunque.

Attraverso un meccanismo di decadimento radioattivo, il radon si trasforma originando altri elementi radioattivi [emittitori alfa beta gamma]; sono proprio questi (i cosiddetti "figli del radon") a costituire il reale agente di **rischio** per la salute: in parte rimangono liberi in aria e in parte si attaccano al **particolato** (vapore acqueo, polveri sospese, fumo da sigarette...) e vengono respirati per **inalazione**, o si depositano sulle **pareti** dei recipienti, rendendoli a loro volta **radioattivi**.

La sua concentrazione viene misurata in becquerel su metro cubo [**Bq/m3**] dove un becquerel rappresenta una disintegrazione al secondo. Il radon ha un periodo di dimezzamento di appena **3,8 giorni**.

Il termine radon fu introdotto per la prima volta da Schimdt nel 1918 per indicare un elemento con massa atomica 222, cioè il gas associato all'uranio-238.





NORMATIVE di LEGGE:

- In Italia, una normativa sul radon esiste al momento solo per i **luoghi di lavoro** e per le **scuole**.
- La nuova **direttiva europea 2013/59/Euratom** in materia di protezione dalle radiazioni ionizzanti (approvata il 5 dicembre 2013) contiene anche disposizioni riguardanti il radon nelle abitazioni e una più stringente protezione dal radon nei luoghi di lavoro.
- I livelli di riferimento massimi previsti dalla Direttiva per la concentrazione di radon sono più bassi rispetto a quelli raccomandati a livello europeo fino a pochi anni fa, sia per le abitazioni che per i luoghi di lavoro.

Tale direttiva prevede che gli Stati Membri della Unione Europea adottino un livello di riferimento di concentrazione di radon non superiore a **300 Bq/m³**. Anche l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha

raccomandato (dal 2009) un livello di riferimento non superiore a 300 Bq/m³. Inoltre, nella nuova direttiva europea sono previste azioni di prevenzione dell'ingresso del radon nelle abitazioni **di nuova costruzione** (200 Bq/m³ per edifici di nuova costruzione), azioni non ancora disciplinate nella normativa italiana. Tuttavia, per tali azioni, dal 2008 è stata prodotta la *“Raccomandazione sull'introduzione di sistemi di prevenzione dell'ingresso del radon in tutti gli edifici di nuova costruzione”*, nell'ambito del progetto PNR-CCM.

Si evidenzia che in Italia esiste una normativa per il radon solo nei **luoghi di lavoro** (incluse le scuole), per i quali, se la concentrazione di radon supera il livello d'azione (pari a **500 Bq m⁻³ media annua**), il datore di lavoro è obbligato ad intraprendere azioni finalizzate alla riduzione dell'esposizione al radon dei lavoratori.

ESEMPIO: a seguito dell'entrata in vigore della Legge regionale PUGLIA n. 30/2016 e s.m.i. la misurazione dei livelli del gas radon è diventata **obbligatoria per gli edifici aperti al pubblico**. La normativa identifica **300 Bq/m³ come livello limite di riferimento** per concentrazione di attività di gas radon in ambiente chiuso misurato con strumentazione passiva. In particolare la misurazione **deve essere effettuata in edifici destinati all'istruzione ed edifici non destinati all'istruzione**; se l'esito delle misurazioni dovesse superare il livello di concentrazione massimo di 300 bq/m³, previsto dalla legge, il proprietario dell'immobile dovrà presentarsi al comune interessato, **entro e non oltre sessanta giorni, un piano di risanamento**.

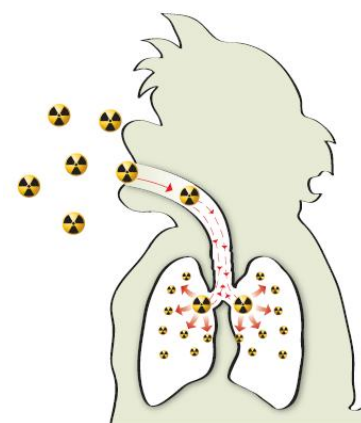
2 - QUALI EFFETTI:

Il radon rappresenta la seconda causa di morte per tumore ai polmoni dopo il fumo di sigaretta. La pericolosità del radon è dovuta alle sue peculiarità chimico-fisiche di estrema **mobilità**, in quanto penetra facilmente all'interno dei polmoni e qui agisce con la sua **azione degenerativa**.

Il Radon da un punto di vista chimico è poco reattivo; inoltre, essendo un gas, oltre che inalabile è facilmente eliminabile per via respiratoria. Non altrettanto si può dire dei suoi **“figli”** (Pb Po Bi...**prodotti** di decadimento radioattivi) che sono da un punto di vista sia chimico che elettrico molto più reattivi e una volta formati vengono veicolati all'interno del corpo umano grazie a particelle di fumo, vapore acqueo, polveri etc.

I **figli del radon** una volta giunti a livello polmonare si **fissano** ai tessuti e continuano ad emettere particelle **alfa** [α], in grado di danneggiare le cellule dell'apparato polmonare in modo irreversibile, e possono danneggiare il DNA e RNA delle cellule portando alla formazione di tumori. I fumatori sono i soggetti più a rischio in quanto esiste un effetto sinergico tra il fumo di sigaretta e la presenza del radon.

Per prevenire il rischio di contrarre malattie sono state fissati livelli di riferimento per le abitazioni e per l'ambiente di lavoro, al di sotto dei quali il rischio si ritiene accettabile, anche se per le sostanze radioattive il rischio non potrà mai essere ridotto a zero.



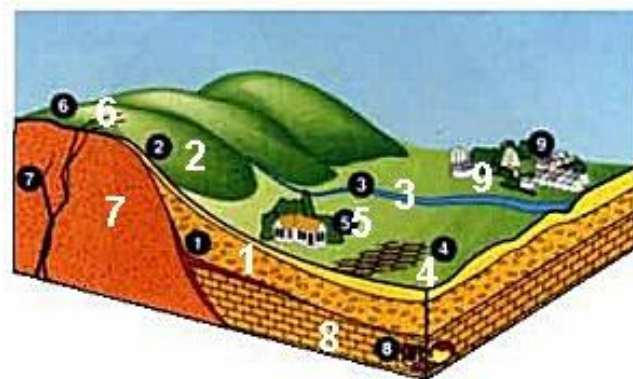
3 - PERCHE' ENTRA IN CASA:

Il **suolo** è responsabile dell'80% del Radon presente nella atmosfera, l'**acqua** del 19% e le altre fonti solo dell'1%
Dalla conoscenza della **caratteristiche geologiche** e dei suoli di un'area e' possibile risalire alla **potenziale presenza di Radon nelle abitazioni**:

1. Rocce ricche di Uranio nei suoli [tufi pozzolane graniti...]
2. Elevata permeabilita' dei suoli [graniti,gneiss,...]
3. Suoli ben drenati o asciutti durante lunghi periodi dell'anno
4. Presenza di profonde fratture di trazione nei mesi estivi
5. Collocazione di pendio o versante
6. Basamento roccioso fratturato
7. Basamento roccioso ricco di cavitata' e caverne anche carsiche
8. Ambienti termali chiusi
9. Elevati livelli di Radon che sono noti in abitazioni vicine.
10. Pavimentazione della **casa** poco isolata, o con pareti dell'edificio a diretto contatto con il terreno, o con cantina poco ventilata con pavimento naturale; vecchio edificio storico con mura di pietrisco.

Il radon è moderatamente solubile in **acqua** e viene assorbito quando essa entra in contatto con **sabbia, rocce e terreno** contenenti radon.

Il radon **penetra** negli edifici attraverso le crepe al contatto diretto con il sottosuolo, attraverso le tubature e le giunture dei muri. Quanto maggiore è la permeabilità del suolo e quanto maggiore sarà la concentrazione di radon liberata all'aria aperta. Anche gli agenti atmosferici come vento e temperatura diversa tra interno ed esterno della casa, rendono la **pressione** atmosferica all'interno dell'edificio **più bassa** di quella del sottosuolo favorendo l'entrata del gas dentro l'edificio.



4 - MISURAZIONE DEL RADON:

Per una misura significativa del livello di radon medio cui si è esposti all'interno di un'abitazione è necessario tener conto che la **concentrazione** del radon varia, oltre che da **zona** a zona del territorio e da casa a casa, anche nel **tempo**, a causa dei numerosi fattori che condizionano questo fenomeno; essa varia continuamente sia nell'arco della giornata (generalmente di notte si raggiungono livelli più alti che di giorno) sia stagionalmente (di norma in inverno si hanno concentrazioni maggiori che in estate). Pertanto, è importante che la misura si protragga per tempi lunghi, generalmente **un anno**, e nell'ambiente più **frequentato**: il livello di radon varia generalmente anche tra un piano e l'altro degli edifici: ai piani più **bassi** o interrati, dove il contatto con il suolo è maggiore, è probabile trovare concentrazioni di radon più elevate.



La tipologia di monitoraggio è distinta secondo la **durata temporale** del campionamento:

- **Istantanea**: il campionamento è effettuato con un unico prelievo di durata inferiore ad 1 h. Questo tipo di campionamento permette di eseguire una misurazione estremamente definita nel tempo ed è utile, per esempio, al fine di caratterizzare puntualmente vie di accesso o di riflusso dell'aria.
- **Continua**: il campionamento è effettuato mediante una serie di prelievi contigui tra loro. Le misurazioni eseguite permettono di rilevare le variazioni temporali delle grandezze in osservazione.
- **Ad integrazione**: il campionamento è effettuato senza soluzione di continuità temporale per periodi compresi, generalmente, tra qualche giorno e diversi mesi, fino ad un anno. La misurazione fornisce il valore dell'esposizione al radon e quindi della concentrazione media nel periodo monitorato.

La modalità di campionamento è distinta secondo il tipo di **dispositivo** utilizzato:

- **Passivo**: l'aria diffonde spontaneamente nell'elemento sensibile senza richiedere l'apporto di energia esterna; per evitare l'ingresso dei prodotti di decadimento del radon, l'aria entra per diffusione attraverso un mezzo filtrante o per permeazione attraverso una membrana.
- **Attivo**: l'aria viene prelevata ed introdotta nell'elemento sensibile mediante dispositivi che richiedono l'apporto di energia esterna al sistema (es. pompe da vuoto o da flussaggio).

● MISURA DI TIPO PASSIVO con DOSIMETRI DIFFUSORI – [statici, senza alim.elettrica]

- **rivelatori a tracce nucleari:** sono basati su una resina di materiale sensibile a rad.alfa [nitrato di cellulosa, CR-39 poliallilidiglicol carbonato, Makrofol policarbonato]. La camera di diffusione e filtro è un contenitore di plastica di forma cilindrica e possiede un tappo di chiusura; la fessura esistente tra tappo e contenitore (20-30 micrometri) è tale per cui è possibile l'ingresso, al suo interno, del solo gas radon; il decadimento del radon rilascia particelle alfa che urtano e danneggiano microscopicamente la struttura del rivelatore, creando così delle "tracce".

Il rivelatore danneggiato verrà poi trattato con una soluzione di NaOH al fine di allargare i "buchi" provocati dall'urto delle particelle alfa. Le tracce verranno successivamente contate da un software che ne determinerà la concentrazione tenendo conto anche del tempo di misurazione.

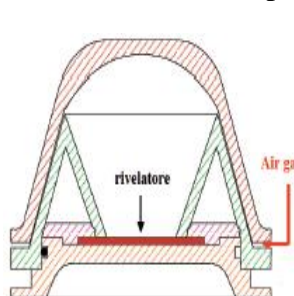
- **camere a ionizzazione ad elettrete:** uso di materiale dielettrico, **disco di teflon** (elettrete), caricato elettricamente a potenziale iniziale noto; per effetto del campo elettrostatico prodotto dall'elettrete all'interno della camera a ionizzazione gli ioni negativi, generati dal decadimento del radon e raccolti dall'elettrete, provocano una diminuzione della carica elettrostatica mentre gli ioni positivi vengono raccolti e neutralizzati dalle pareti della camera. La differenza di carica elettrostatica dell'elettrete, misurata prima e dopo il posizionamento del dosimetro, risulta proporzionale alla concentrazione di radon nell'ambiente di misura e al tempo di esposizione. Indicato per brevi [alcuni giorni] e lunghi periodi di esposizione [mesi]. Necessarie precauzioni e accorgimenti d'uso.



dosimetro CR-39



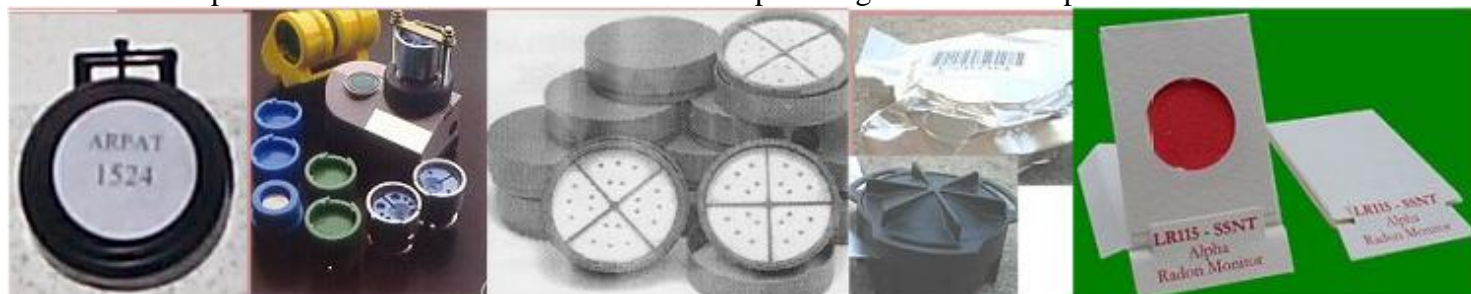
- modello ENEA – [per ambienti chiusi]



dosimetro ad elettrete con disco di teflon

- **assorbimento con canestri a carbone attivo** [canister], posizionati per massimo un mese nell'ambiente da monitorare: i carboni vengono quindi analizzati in spettrometria gamma con rivelatore a scintillazione (cristalli NaI), ottenendo un risultato di concentrazione, anche per valori < 20 Bq/mc; i campionatori sono spesso influenzati dalle condizioni ambientali (Temperatura e umidità).

- **dosimetri RadonAlpha:** sono misuratori di tracce alfa che registrano il contenuto di radioattività alfa presente in locali, stanze, ambienti, pozzi e costruzioni di ogni genere; essi sono basati su pellicola Kodak LR-115 SSNT (Solid State Nuclear Track) che ha un coating di speciale nitrocellulosa da 12 micron su una base di poliestere da 100 micron. Le pellicole Dosi-Film contenute nei RadonAlpha vengono analizzate presso laboratori attrezzati.



● MISURA DI TIPO ATTIVO:

sono costituiti da strumenti dotati di un particolare sensore (Geiger...) sensibile prevalentemente alla radiazione alfa. I risultati sono più attendibili ma il costo per l'analisi è più elevato e richiedono collegamento elettrico. Vanno usati per determinazioni accurate dove i rivelatori passivi hanno determinato concentrazioni preoccupanti di Radon. La scelta del metodo di misura, (tecnica, durata e condizioni di misura) dipende dallo scopo e dalle informazioni che si desiderano ottenere. Per un test preliminare può bastare una misura SHORT TERM. Per la valutazione dell'esposizione delle persone nei luoghi di lavoro è necessaria una misura LONG TERM. Per valutare l'efficacia di un risanamento è utile integrare tecniche diverse.

- **camere a ionizzazione:** il radon si diffonde all'interno di un determinato volume e decadendo ionizza l'aria. Gli ioni prodotti vengono quindi attratti da un catodo, collegato ad un sistema elettronico che registra le variazioni di carica e le traduce nel valore di concentrazione di radon in aria;

- **camere a scintillazione** (“cella di Lucas”): la misura avviene grazie ad un apposito cilindro cavo (cella) le cui pareti interne sono ricoperte da solfuro di zinco. In tale cella viene raccolta l'aria da esaminare. Il materiale che ricopre l'interno della cella è detto scintillante perché se colpito dalle particelle alfa del radon emette dei fotoni. La cella deve essere quindi accoppiata ad un tubo detto fotomoltiplicatore che trasforma i fotoni in segnale elettrico. Da tale segnale si ricava l'informazione sulla concentrazione di attività di radon in aria.[molto preciso]
- **dispositivi a barriera di superficie**: l'aria dell'ambiente di misura viene campionata su di un apposito filtro, posizionato all'interno dello strumento di misura. Di fronte al filtro c'è un rivelatore a barriera di superficie che dopo un determinato tempo registra le **particelle alfa (α)** emesse dal radon e con un algoritmo di calcolo ricava la concentrazione di attività di radon in aria.

STRUMENTI MISURATORI di RADON in CONTINUO:



5 – RIMEDI E PROTEZIONE:

Una volta misurato lo stato di inquinamento, se esso supera 300 Bq/mc è necessario bonificare l'ambiente, riducendo l'ingresso di RADON nella abitazione e intervenendo, con ditte specializzate, per la rimozione eventuale delle cause.

SISTEMI DI INTERVENTO:

■ VENTILAZIONE DELL'APPARTAMENTO - DEL VESPAIO

permette una diluizione della concentrazione del gas, utile per concentrazioni interne non elevate e come intervento immediato e preventivo; questa soluzione è molto semplice, ma non sempre utilizzabile in inverno; inoltre non consente di ridurre la concentrazione quando i livelli sono molto elevati.

Negli edifici dove è presente un **vespaio**, la soluzione più semplice è aumentare la ventilazione naturale del vespaio, e se ciò non è sufficiente, installare un sistema di ventilazione forzata.



Schema dell'intervento di ventilazione forzata delle cantine.



Schema dell'intervento di ventilazione forzata del vespaio.

■ DEPRESSURIZZAZIONI DELLE FONDAZIONI e ASPIRAZIONE SOTTO GUAINA:

negli edifici con fondazione a platea, la tecnica più utilizzata è la depressurizzazione del suolo sotto l'edificio con l'installazione di un pozzetto radon sotto/vicino all'edificio, collegato ad impianto di estrazione dell'aria; riduzione del radon prevedibile circa 90%; migliore l'aspirazione sotto guaina, quella muraria se i muri sono a blocchi forati con continuità di collegamento, l'aspirazione da pozzo di drenaggio in presenza di opportune fondazioni.

■ **PRESSURIZZAZIONE DELL'EDIFICIO:**

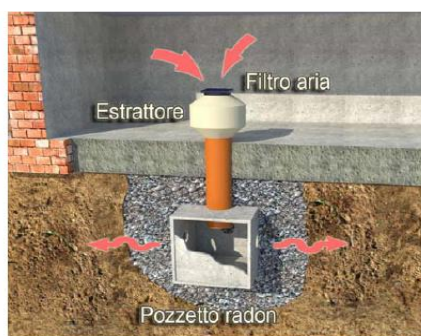
riduzione varia (media 75%), buona solo se scantinati sono isolati dall'edificio e dall'esterno;



Schema del pozzetto di estrazione radon collocato all'interno della base dell'edificio.



Esempio di realizzazione dello scavo esterno per l'estrazione del radon dal suolo.



Dettaglio del pozzetto per la pressurizzazione del sottosuolo.

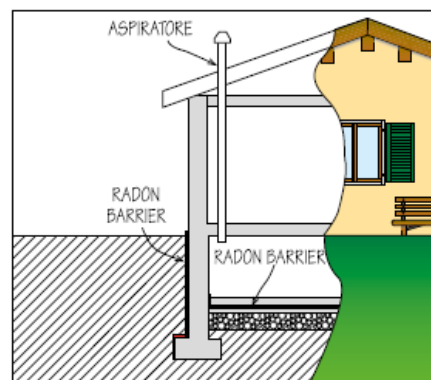
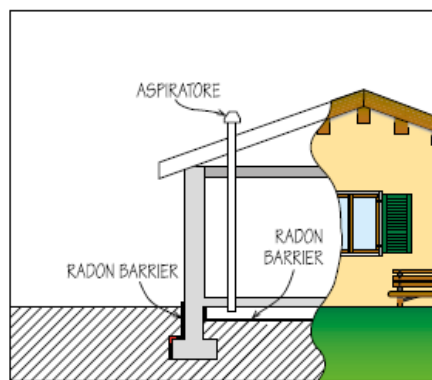
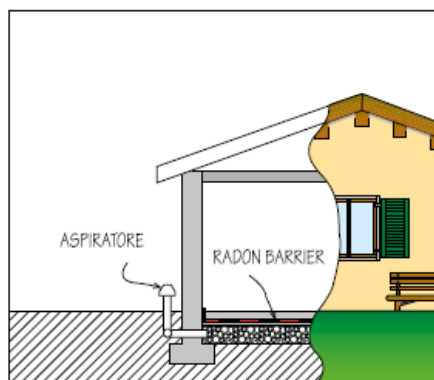


Schema di realizzazione del sistema di pressurizzazione dell'intero edificio.

■ **SIGILLATURA:**

La sigillatura delle vie di accesso del radon deve essere sempre realizzata, a prescindere dal tipo di intervento scelto, in quanto contribuisce a ridurre le infiltrazioni del gas all'interno; riduzione comunque bassa, usata insieme ad altri metodi, costosa per l'uso di materiali opportuni.

Esempio barriere di poliestere RADON BARRIER [INDEX SpA], costituita da una particolare miscela elastoplastomerica a base di bitume distillato, plastomeri ed elastomeri, estremamente compatta, priva di volumi liberi, e quindi impermeabile ai gas.



APPENDICI:

DIRETTIVA EUROPEA:

<http://www.bibliotema.it/index.php/normativa/item/811-direttiva-2013-59-euratom-del-consiglio-norme-di-sicurezza-sulla-protezione-contro-i-pericoli-da-esposizione-alle-radiazioni-ionizzanti>

Filmati ENEA

ENEA WebTV

Radon e rischi per la salute: l'Organizzazione Mondiale della Sanità

lancia l'allarme

ENEA WebTV

Toron, un nemico ancora sconosciuto per la salute dell'uomo

