



PROGETTO CLUSTER:

“RADIOATTIVITÀ NEI MATERIALI DA COSTRUZIONE”

Piano di lavoro

Soggetto attuatore:

Sardegna Ricerche – Sede locale Sulcis Iglesiente

Soggetto esecutore:

Dipartimenti di Fisica – Università degli Studi di Cagliari

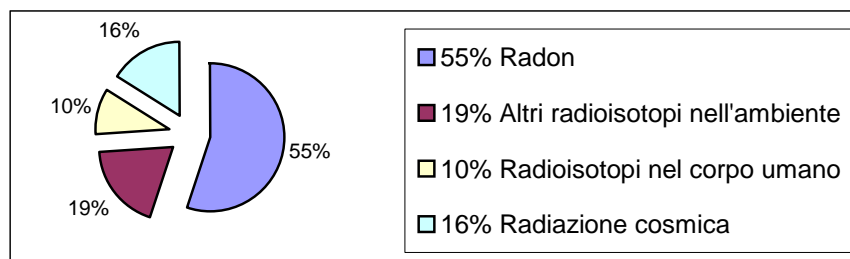
1) Relazione generale di impostazione del progetto

Nella crosta terrestre è presente una quantità piccola ma non trascurabile di radioattività naturale dovuta alla presenza dei tre principali radioisotopi, Uranio 238 (U-238), Torio 232 (Th-232) e Potassio 40 (K-40). **Nei materiali da costruzione** sono presenti gli stessi radioisotopi in concentrazioni variabili a seconda della tipologia e della provenienza. Ad esempio nei graniti e nei tufi si riscontrano a volte notevoli concentrazioni di radioisotopi naturali, mentre nei marmi la radioattività è raramente presente in quantità significative. Anche il cemento e vari tipi di sabbie, come per esempio le sabbie zirconifere, presentano quantità di radioattività significativa.

In tabella sono indicati dei valori indicativi di Attività per alcuni materiali da costruzione utilizzati in Europa, i dati sono ricavati dal documento *Radiation Protection 112*, “*Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials*” che può essere considerato il documento guida per la impostazione di una procedura di valutazione dei rischi connessi all’impiego di materiali da costruzione con elevato contenuto di radioattività naturale. Il documento è disponibile in rete web all’indirizzo http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/112_en.pdf

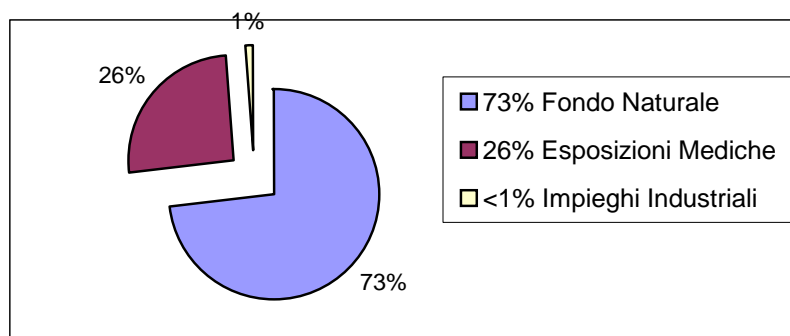
Materiale	Valori tipici di concentrazione espressi in Bq/kg			Valori massimi di concentrazione espressi in Bq/kg		
	U 238	Th 232	K 40	U 238	Th 232	K 40
Cemento	40	30	400	240	190	1600
Cemento poroso	60	40	430	260	190	1600
Mattoni di argilla	50	50	670	200	200	2000
Mattoni di fango	10	10	330	25	30	700
Pietre da costruzione	60	60	640	500	310	4000
Gesso	10	10	80	70	100	200
Fosfogesso	390	20	60	1100	160	300
Ceneri volanti	180	100	650	1100	300	1500

La radioattività contenuta nei materiali da costruzione è responsabile per una frazione variabile tra il 20% e il 50% della dose riferibile al fondo naturale delle radiazioni. Tale radioattività dà luogo a due contributi di dose: la dose gamma esterna e la dose alfa interna legata all'emanazione e all'accumulo del Radon. Se si include anche il contributo dovuto alla radioattività presente nel sottosuolo la frazione di dose dovuta alla radiazione gamma e alfa supera il 70% del fondo naturale.



Il diagramma a torta mostra i contributi derivanti dalle varie fonti di radiazione naturale, è evidente come il Radon emanato dal sottosuolo e dai materiali da costruzione insieme alla radiazione gamma proveniente dai radioisotopi presenti nei materiali da costruzione costituiscano il principale contributo alla dose del fondo naturale.

E' altresì interessante osservare che il fondo naturale costituisce la principale causa di assorbimento di dose da radiazioni da parte della popolazione nel suo insieme. Nel diagramma successivo sono mostrate le percentuali di dose provenienti da indagini mediche, da impieghi industriali e militari e dal fondo naturale.



E' evidente che, contrariamente a quanto viene divulgato dai mezzi di informazione, il maggiore rischio deriva dal fondo naturale, mentre il contributo dovuto all'industria e in particolare alle centrali nucleari è molto modesto.

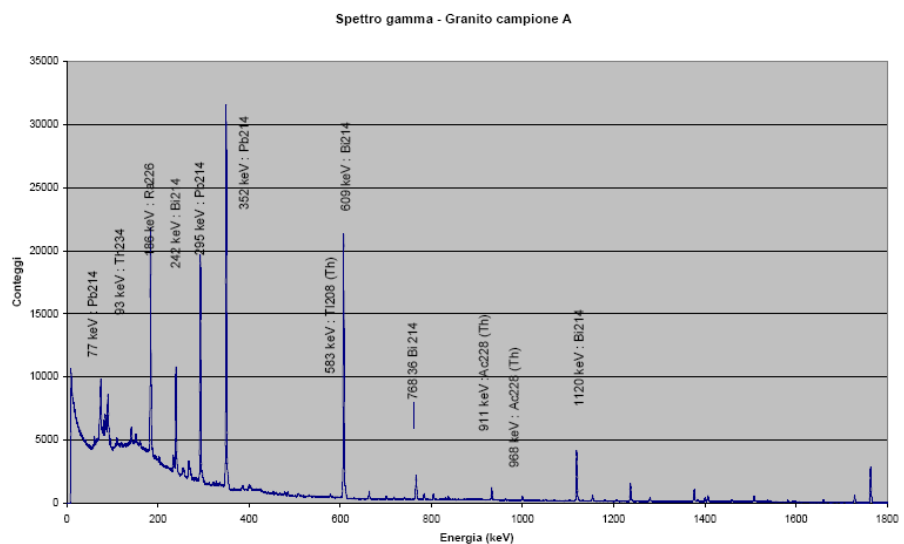
Al fine di evitare allarmi eccessivi legati all'impiego di materiali da costruzione non idonei o al contrario sottovalutare il problema è necessario effettuare un'indagine conoscitiva sul contenuto di radioattività in tutti i materiali da costruzione per poter eventualmente individuare situazioni critiche.

1.1) – Materiali di interesse per l'indagine. A titolo di esempio si riportano tre tipologie:

a) Graniti

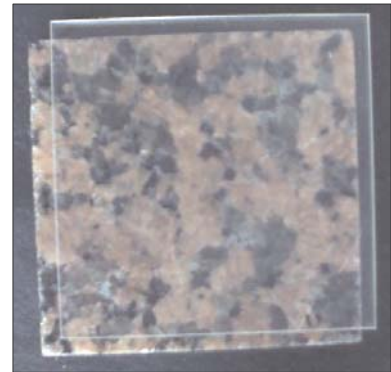
La attenzione va focalizzata in modo particolare sull'analisi dei graniti dato il loro rilevante impatto economico e la forte variabilità di contenuto radioattivo a seconda dell'area di provenienza. Nel caso dei graniti è inoltre possibile correlare la radioattività naturale ai minerali costituenti dato che i vari componenti del granito sono facilmente distinguibili non essendo miscelati tra loro ma presenti sotto forma di singoli cristalli inglobati in una matrice di silice.

Il grafico presenta lo spettro di un campione di granito con una elevata concentrazione di U-238 e discendenti, in particolare sono facilmente riconoscibili i picchi gamma emessi dal Bi-214 e dal Pb-214, al confronto la presenza di Th-232 e di K-40 è trascurabile. La analisi è stata effettuata con un sistema di spettroscopia gamma ad alta risoluzione con rivelatore al Germanio.



Un altro tipo di analisi da effettuare sui graniti è la individuazione dei cristalli con elevata concentrazione di radioattività. Questo tipo di indagine è effettuata con metodi autoradografici utilizzando dei materiali sensibili alle particelle alfa emesse dai radioisotopi naturali, il materiale più comunemente utilizzato è un policarbonato individuato con il nome commerciale di CR39.

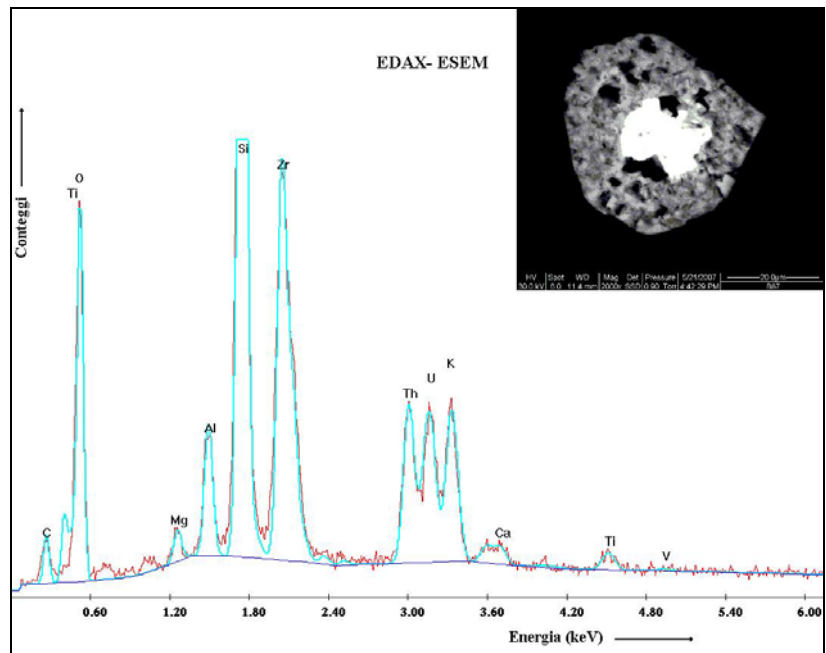
Sovrapponendo ad una lastra di granito di dimensioni 5x5 cm² una lastra di CR39 di identiche dimensioni si ottiene in alcune ore di esposizione, variabili tra 10 e 50, una immagine formata dalle particelle alfa emesse dai radioisotopi presenti su alcuni cristalli. La posizione e la forma delle immagini ottenute dal CR39 consentono di individuare il cristallo anche in maniera visiva dato che il CR39 è trasparente e può essere sovrapposto alla lastra. Per mettere in evidenza le tracce lasciate dalle particelle alfa è necessario effettuare un trattamento chimico con un bagno corrosivo costituito da una soluzione di idrossido di sodio.



La prima delle tre foto seguenti corrisponde alla immagine di un granulo radioattivo visto al microscopio (20 ingrandimenti). Nella seconda foto si osserva la sovrapposizione tra il granulo e la lastra del CR39 impressionata dalle particelle alfa, nella terza foto la sola lastra di CR39. La emissione di particelle alfa è dovuta alla inclusione di atomi di Uranio in un cristallo di Zirconio.

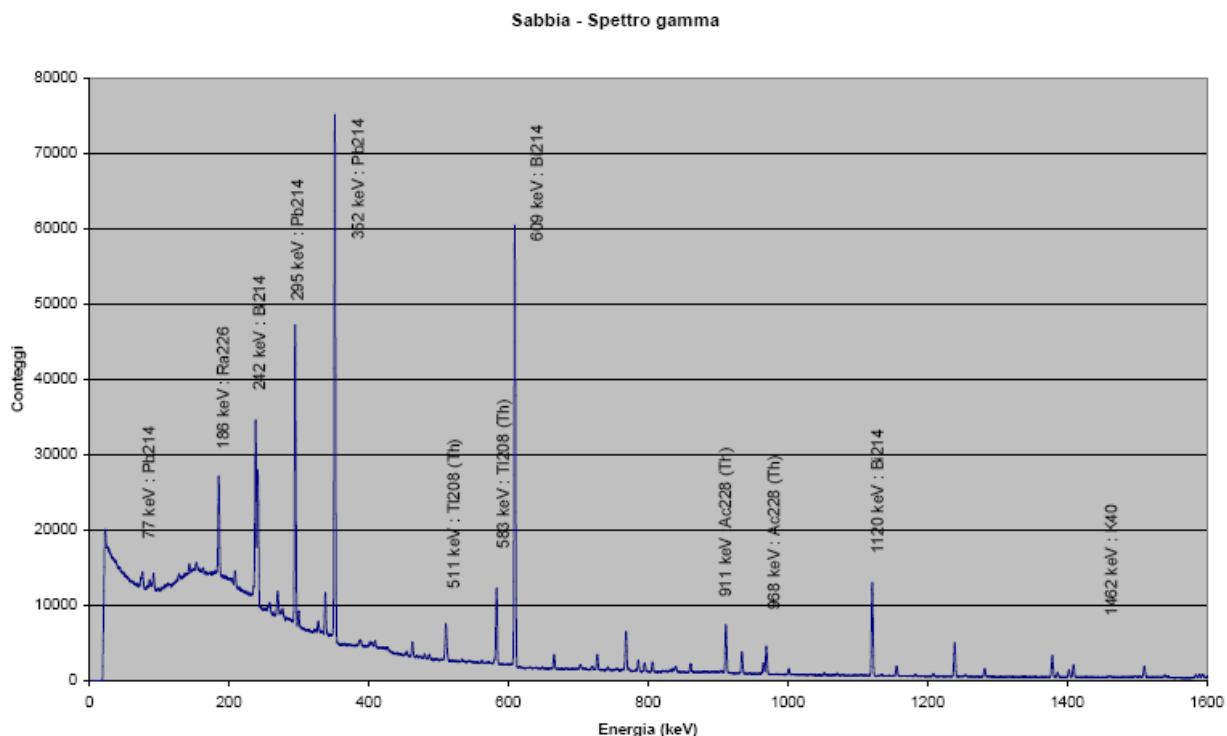


Una analisi più raffinata effettuata con un microscopio elettronico consente di mettere in evidenza la presenza di atomi di Uranio e Torio in un cristallo di Zirconio. Si deduce che alcuni ioni Zr⁴⁺ siano stati sostituiti, per sostituzione isomorfa o vicarianza, da ioni U⁴⁺ e Th⁴⁺.



b) Sabbie

Normalmente la sabbia presenta una concentrazione di radioisotopi naturali simile a quella delle rocce e dei materiali da cava, dato che la sua origine è riconducibile alla fine frantumazione di rocce varie e di graniti. In alcuni casi particolari si osservano forti concentrazioni di radioattività naturale in sabbie con elevata presenza di Zirconio sotto forma di cristalli di Zircone, che come è stato già fatto osservare, ingloba spesso atomi di Uranio e Torio. Occorre porre particolare attenzione a questo tipo di materiale il cui impiego è regolamentato dalla normativa attualmente vigente in materia di protezione dalle radiazioni.



b) Cementi

Il cemento viene prodotto miscelando un notevole numero di componenti provenienti da cava o da lavorazioni industriali. In alcuni casi nei materiali che subiscono processi di separazione chimica si possono ottenere aumenti di concentrazione della radioattività, è il caso tipico delle ceneri di carbone, in particolare le cosiddette *bottom ashes* ovvero le ceneri che si depositano alla base delle ciminiere degli impianti che sfruttano la combustione del carbone fossile. Sebbene la concentrazione di Uranio e Torio nel carbone fossile sia molto bassa, la combustione elimina la quasi totalità degli elementi di basso peso atomico conservando gli elementi di peso atomico elevato, quali appunto l'Uranio e il Torio. Anche le *fly ashes* o ceneri volanti, utilizzate nella produzione industriale del cemento, presentano una elevata concentrazione di Uranio e Torio ma in misura inferiore rispetto alle *bottom ashes*.

Nelle tabelle successive sono riportate delle stime della concentrazione di radioattività naturale presente nei materiali di base per la produzione del cemento e successivamente della radioattività presente nel prodotto finito. Queste analisi devono essere considerate come una stima preliminare, riferita a pochi campioni, una valutazione più attenta dovrebbe richiedere una ripetizione di più analisi effettuate con materiali provenienti dai vari siti di estrazione dei materiali e con i differenti prodotti finiti.

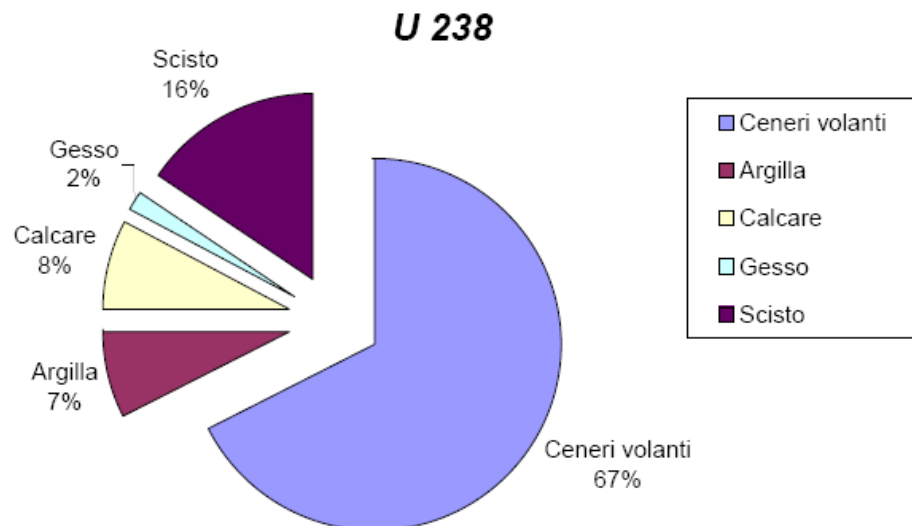
Materiale	Valori di concentrazione espressi in Bq/kg		
	U 238	Th 232	K 40
Argilla	14	26	326
Calcare	15	3	31
Ceneri Volanti	126	119	150
Gesso	3	2	15
Scisto	29	55	790
Minerali di Ferro	14	5	40
Farina Forno	10	6	140
Clinker	20	12	260

Per quanto riguarda il prodotto finito una stima preliminare ha prodotto i seguenti risultati.

Prodotto	Valori di concentrazione espressi in Bq/kg		
	U 238	Th 232	K 40
Cemento premiscelato	4	2	40
Cemento pozzolanico	30	25	190

Sorprende la bassa attività nel cemento premiscelato, i valori risultano inferiori a quelli dei materiali componenti di base.

Un diagramma a torta mette meglio in evidenza che il contributo maggiore alla radioattività nel cemento è dovuto alle ceneri volanti che sono usate come additivo nella preparazione del cemento

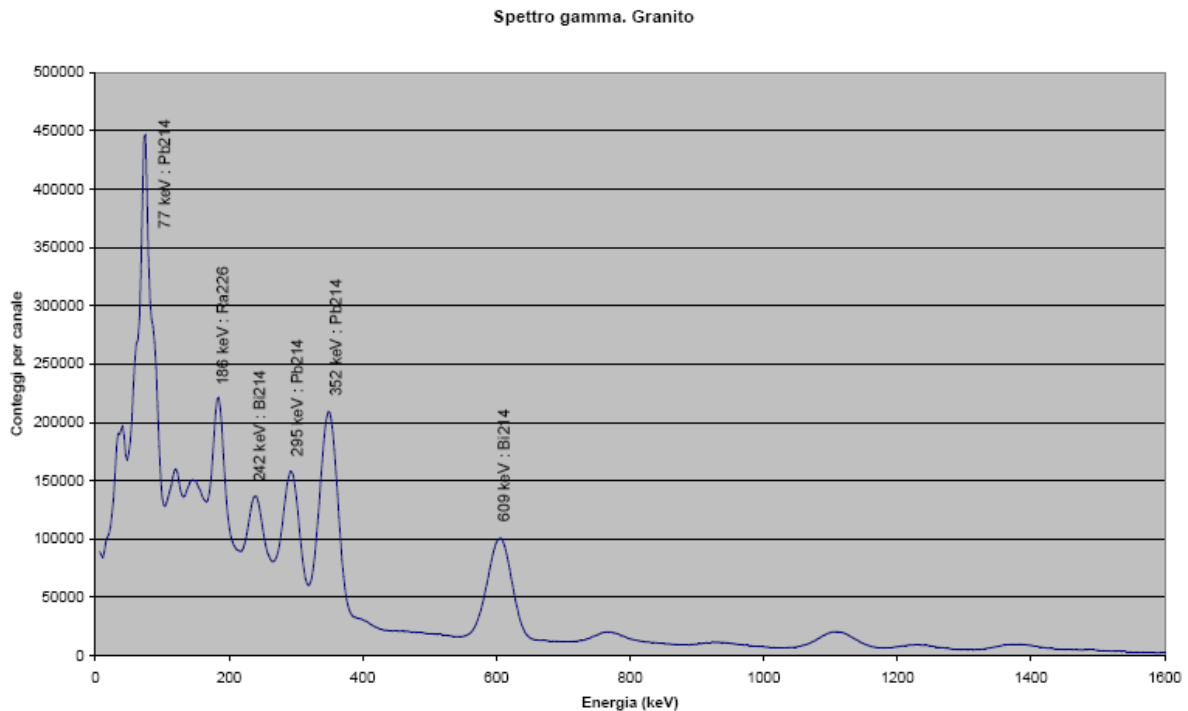


1.2) – Modalità di effettuazione dell'indagine

L'indagine deve essere svolta secondo due direttive fondamentali

- analisi speditiva presso le aziende che producono e/o commercializzano materiali da costruzione o hanno concessioni per la estrazione di materiali da cava
- analisi dettagliata presso laboratori attrezzati per le verifiche nei casi sospetti e per la effettuazione di analisi di composizione chimica e mineralogica.

Come strumento per analisi speditive di spettrometria gamma si propone un rivelatore con cristallo di NaI (Ioduro di Sodio). I vantaggi di questo strumento sono soprattutto la elevata sensibilità e la semplicità operativa. Ovviamente la qualità della analisi risulta inferiore rispetto alla strumentazione professionale da laboratorio che utilizza tipicamente rivelatori al Germanio ad alta purezza. Come confronto tra i due strumenti può essere utile paragonare lo spettro seguente ottenuto con un rivelatore a NaI con quelli mostrati precedentemente. Si nota che i picchi sono meno definiti e non è possibile riconoscere i picchi più bassi.



I componenti principali di uno strumento per spettroscopia gamma con rivelatore a NaI sono i seguenti:

- cristallo NaI da 2x2" (cilindro di 2 pollici di diametro e 2 pollici di altezza)
- fotomoltiplicatore
- schermatura in piombo
- alimentatore ad alta tensione tra 1000 e 2000 V
- elettronica di acquisizione
- programma di analisi su computer
- campioni di riferimento

Sulla sinistra è visibile la schermatura in piombo realizzata con due moduli di forma cilindrica di massa complessiva intorno a 30 kg. Inserito nella schermatura compare in alto un tubo che alloggia rivelatore e fotomoltiplicatore.

Sulla destra è visibile in basso l'alimentatore ad alta tensione e sopra di esso il sistema di acquisizione degli impulsi realizzato con un modulo da oscilloscopio digitale. Lo strumento è interfacciato con un PC (non mostrato nella foto) tramite collegamento USB.

Ecco come si presenta il rivelatore (elemento a sinistra nella foto) costituito da un cristallo di NaI di forma cilindrica alloggiato in una custodia ermetica di metallo e vetro. La parete di vetro va posta a contatto con la finestra di ingresso del fotomoltiplicatore (elemento a sinistra nella foto) e il tutto va mascherato dalla luce. Una custodia cilindrica (visibile in alto a sinistra nella foto precedente) alloggia il rivelatore, il fotomoltiplicatore e lo zoccolo (parzialmente visibile in alto a sinistra).



Il campione da analizzare va posto in un alloggiamento all'interno della schermatura inferiore, il rivelatore risulta appoggiato e a diretto contatto con il campione. E' opportuno che il campione venga macinato in modo da assumere la forma dell'alloggiamento porta-campione.

Insieme alla apparecchiatura vengono forniti dei campioni di riferimento contenenti valori noti di U-238, Th-232 e K-40 che rappresentano i principali radioisotopi naturali presenti nei materiali della crosta terrestre, altri radioisotopi naturali hanno concentrazioni molto basse non facilmente rivelabili con tale apparato e comunque non rilevanti per quanto riguarda il contributo alla dose da fondo naturale.

In base a quanto previsto dalla *scheda progetto* saranno effettuate le attività concordate con i soggetti aderenti al Cluster, consistenti in:

- 1) fornitura ai soggetti aderenti al Cluster, durante lo svolgimento delle attività progettuali, di una strumentazione di base utile per effettuare le misure speditive di radioattività (massimo 7 kit strumentali). Questa strumentazione resterà in capo ai soggetti aderenti anche successivamente alla conclusione delle attività del Cluster. Non verrà fornito il computer indispensabile per il funzionamento dell'apparato.
- 2) misura della radioattività nei materiali da costruzione forniti dai soggetti aderenti al Cluster (massimo 50 campioni);
- 3) realizzazione di un database sulla radioattività nelle materie prime e seconde della Sardegna;
- 4) correlazione della radioattività naturale con la composizione chimica e mineralogica dei materiali da costruzione;
- 5) confronto tra le misure di radioattività dei materiali provenienti dalla Sardegna e un numero significativo di campioni di materiali provenienti da altri mercati.

Le attività 1) e 2) verranno svolte in collaborazione tra le aziende del Cluster e il Dipartimento di Fisica che fornirà la strumentazione e metterà le aziende in condizione di operare autonomamente per la effettuazione delle singole analisi. Alcune analisi saranno effettuate anche con la strumentazione del Dipartimento di Fisica, in particolare con lo spettrometro gamma al Germanio, per verificare la corrispondenza tra la calibrazione dei diversi strumenti.

La attività 3) verrà svolta centralmente dal proponente del progetto e sarà fruibile tramite la rete Internet a tutte le aziende aderenti al Cluster. I vari campioni saranno descritti in base alla provenienza, il trattamento subito, la composizione chimica e mineralogica, la concentrazione dei radioisotopi U-238 Th232 K-40; sarà inserito nel database anche lo spettro gamma memorizzato secondo un formato prestabilito.

La attività 4) sarà studiata presso il Dipartimento di Fisica utilizzando tecniche XRF (Fluorescenza con raggi X) e microscopia elettronica con microanalisi.

La attività 5) verrà svolta in collaborazione con le aziende del Cluster e potrà dare **interessanti riscontri anche di natura commerciale** qualora si riscontrassero (come ci si attende) che alcune tipologie di graniti provenienti da importazione hanno valori di concentrazione di radioattività naturale molto più elevati rispetto ai graniti sardi.

2) - Strutturazione del piano di lavoro in FASI

Fase 1 – Realizzazione della strumentazione di analisi

Descrizione: Acquisto del materiale di base per la realizzazione dei rivelatori e delle schermature, lavorazione meccaniche per l'assemblaggio dei componenti, collaudo della strumentazione realizzata

Durata: 4 mesi, dal mese 1 al mese 4

Fase 2 – Consegna e addestramento all'uso della strumentazione di analisi

Descrizione: Stage di formazione presso il Dipartimento di Fisica del personale addetto alle analisi, installazione e collaudo presso le aziende aderenti al Cluster o presso la sedi di Sardegna Ricerche.

Durata: 2 mesi, dal mese 5 al mese 6

Fase 3 – Analisi con spettrometria gamma ad alta risoluzione

Descrizione: Analisi da effettuare presso il Dipartimento di Fisica per la taratura dei campioni di riferimento e la validazione delle misure effettuate presso le aziende.

Durata: 6 mesi, dal mese 5 al mese 10

Fase 4 – Analisi XRF e EDAX-ESEM con microscopio elettronico

Descrizione: Analisi da effettuare presso il Dipartimento di Fisica per il riconoscimento della composizione chimica dei materiali ad elevata concentrazione di radioattività

Durata: 6 mesi, dal mese 5 al mese 10

Fase 5 – Analisi mineralogiche

Descrizione: Analisi da effettuare presso il Dipartimento di Fisica utilizzando le sezioni analizzate con il microscopio ottico polarizzatore

Durata: 6 mesi, dal mese 5 al mese 10

Fase 6 – Analisi autoradiografiche

Descrizione: Analisi da effettuare presso il Dipartimento di Fisica impiegando lastre per tracce nucleari del tipo CR39, realizzazione di 7 kit per analisi speditive

Durata: 6 mesi, dal mese 5 al mese 10

Fase 7 – Realizzazione del Data Base

Descrizione: Realizzazione di un data base consultabile via Internet con accesso regolamentato e con vari livelli di autorizzazione in lettura e scrittura

Durata: 3 mesi, dal mese 10 al mese 12

Fase 8– Presentazione dei risultati finali

Descrizione: Presentazione dei risultati al Convegno di chiusura attività.

Durata: 1 giorno