



Atti del Workshop:
Tecniche Speciali e Avanzate di
Dosimetria e
Radioprotezione

24 | 06 | **DUEMILASEDICI**

Dipartimento di Fisica e Chimica

Viale delle Scienze, Edificio 18 - PALERMO

Presidente del Workshop
Prof.ssa Maria Brai

21 
Università degli Studi di Palermo 1806-2016

A cura di
Francesca Alberghina
Giorgio Collura
Cristina D'Oca
Salvatore Gallo
Maurizio Marrale
Stefania Nici
Salvatore Panzeca
Michele Quartararo
Luigi Tranchina

**Atti del Workshop:
Tecniche Speciali e Avanzate di Dosimetria e Radioprotezione**

CODICE ISBN: 9788894124514



SESSIONE DI DOSIMETRIA AMBIENTALE

RELAZIONE GENERALE

Valutazione della componente terrestre della radiazione gamma: aspetti sperimentali e teorici **Pag.47**
M. Magnoni

COMUNICAZIONI ORALI

Misure di Radon indoor nella Sicilia orientale e confronto con le caratteristiche radiometriche dei materiali da costruzione **Pag.51**
D. Morelli, G. Immè, R. Catalano, G. Mangano, C. Gianino

La nuova normativa europea ed italiana sulla radioattività nelle acque: problematiche tecniche e stato dell'arte dei laboratori pubblici in Sicilia **Pag.54**
A.S. Santamaria

Monitoraggio della dose ambientale in un deposito di rifiuti radioattivi **Pag.59**
S. Manenti

COMUNICAZIONI POSTER

Utilizzo di dosimetri TLD-700H per misure di dosimetria ambientale **Pag.60**
E. Bortolin, C. De Angelis, P. Fattibene, M.C. Quattrini, M.A. Tabocchini

Calcolo dei livelli di dose gamma e dei livelli di radon dovuti ai materiali da costruzione **Pag.62**
M.Brai, S.Rizzo, S.Basile, F.Alberghina, G.Collura, S.Gallo, A.Longo, M.Marrale, S.Nici, S.Panzeca, L.Tranchina



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO



Tecniche Speciali ed Avanzate di Dosimetria e Radioprotezione

24 Giugno DUEMILASEDICI, Palermo

ISBN 978-88-94124514

SESSIONE 2

Dosimetria Ambientale

Moderatore: Dr.ssa **Serena Risica***

*Dipartimento di Tecnologia e Salute
Istituto Superiore di Sanità*

**fino al 1.4.2013*



Calcolo dei livelli di dose gamma e dei livelli di radon dovuta ai materiali da costruzione

M. Brai^{1,2}, S. Rizzo⁴, F. Alberghina¹, G. Collura^{1,2}, S. Gallo¹, A. Longo¹, M. Marrale^{1,2}, S. Nici¹, S. Panzeca^{1,2}, L. Tranchina³

¹Dip. di Fisica e Chimica, Viale delle Scienze, Ed.18, 90128 Palermo, Italy.

²Sc. di Spec. in Fisica Medica, Università di Palermo, V.le delle Scienze, Ed.18, 90128 Palermo, Italy

³ATeN Center, Università di Palermo Viale delle Scienze, Edificio 18, 90128 Palermo, Italy.

⁴Dip. Di Energia, Ing. Dell'Inf. e Mod. Mat. (DEIM), Università di Palermo, V.le delle Scienze, 90128 Palermo, Italy

e-mail maria.brai@unipa.it

Introduzione

La radioattività delle famiglie di radionuclidi naturali contenuti nei materiali da costruzione è responsabile in una certa misura dell'equivalente di dose riferibile al fondo naturale delle radiazioni. Tale radioattività contribuisce a due fattori di dose: la dose gamma esterna e la dose alfa interna legata all'introduzione e all'accumulo del radon nonché ad un contributo dovuto all'inalazione di polveri nelle quali le concentrazioni dei capostipiti naturali sono alte.

I materiali da costruzione sono la sorgente principale del rateo di dose gamma nelle abitazioni. Tutti gli edifici in pietra contengono nuclei radioattivi come ^{226}Ra , ^{232}Th e ^{40}K . È noto che i livelli di radon sono legati al radio intrappolato nei grani del materiale lapideo. Negli edifici con alti livelli di radio l'esalazione di radon può diventare di grande importanza. La conoscenza dei livelli di radioattività nei materiali da costruzione è perciò importante nel definire il rischio radiologico per la salute umana. La Sicilia è un'isola con caratteristiche geologiche e litologiche specifiche. Ogni litologia presenta diverse concentrazioni di radionuclidi. Questo diventa importante sia nel caso di costruzioni in pietra che di materiali ottenuti da malte e cementi ottenuti da miscelazione dei materiali provenienti da diverse cave.

Materiali e Metodi

Per ottenere una stima del rateo di dose gamma negli interni delle abitazioni civili e dei livelli di concentrazione di radon in aria sono stati utilizzati materiali ricavati da diverse zone della Sicilia e rappresentative delle litologie presenti in Sicilia. Per analizzare il legame che esiste fra dose e concentrazione è stato impiegato un modello che permette di correlare la dose esterna ed interna con le attività specifiche dei radionuclidi naturali, contenuti nei materiali da costruzione. Le correlazioni sono state ottenute calcolando la dose ricevuta da un individuo che si trova al centro di una stanza standard, nell'ipotesi che le pareti, il pavimento ed il soffitto abbiano lo stesso spessore e la stessa composizione, anche riguardo ai radionuclidi presenti.

I dati utilizzati in questo lavoro sono quelli di 50 campioni cavati in 30 diversi siti rappresentativi delle litologie presenti in Sicilia. Il materiale siciliano di origine naturale è stato scelto tra le otto litologie più rappresentative dell'isola. I cementi prodotti in Sicilia sono miscele di rocce locali con diverse composizioni.

Per effettuare le misure di spettrometria gamma, si è fatto ricorso ad un analizzatore multicanale dotato di un rivelatore HPGe.

Questa scelta è in linea con i metodi seguiti da altri autori per misure su materiali da costruzione (mattoni, cemento, sabbia, gesso, calcare, ecc.). Il metodo impiegato permette di ottenere per i picchi ed i tempi di conteggio prescelti, valori riproducibili entro approssimazioni di qualche unità per cento. Le misure vengono

di norma effettuate su campioni a bassa granulometria, ottenuti per macinazione di polveri e di prodotti cotti monolitici finiti. I campioni vengono analizzati all'interno di un beaker "Marinelli" della capacità di 1 litro, per periodi di 1000 minuti, per permettere il conteggio di un sufficiente numero di colpi, date le basse attività dei campioni.

Le caratteristiche geologiche e litologiche dei materiali in esame sono state analizzate ricavando la composizione chimica e mineralogica attraverso la tecnica XRF.

Prima di procedere ad effettuare delle misure è stata determinata mediante l'uso di un modello di calcolo la correlazione fra attività specifica e dose (alfa e gamma).

Risultati

In tabella 1 sono riportati i prevalenti componenti chimici di tutti i campioni utilizzati per la presente indagine. In questa tabella sono mostrati la percentuale di massa e l'uso comune nelle abitazioni.

Tabella 1

Materiale (litologia)	SiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Utilizzo tipico
Calcareniti	0.01–9.7	29–56	0.2–22	0–0.17	0–0.4	Miscela cementizia, copertura, mattoni
Marmo	0.05–28	22–56	0.5–22	0	0–0.13	Copertura
Gesso	8.2–16	61–83	2.3–7.9	0–0.05	0.3–0.6	Miscele, pareti interne
Cemento	13–24	53–69	0.65–1.4	0.02–0.3	0.09–0.9	Assemblaggio
Materiale magmatico	38–53	9–16	3–12	1.6–5	0.16–2	Copertura, mattoni
Argilla	46–59	1.6–28	1.4–3.6	0.14–5	0.5–2.6	Miscela cementizia, mattoni, isolamento
Scisto	56–70	0.12–4	0.5–4.2	0.6–4.3	1.8–4.7	Miscela cementizia, mattoni
Acido magmatico	58–77	0.4–5.8	0–2.8	0.05–7	2.4–8.6	Copertura, mattoni
Sabbia silicidica	78–97	0.05–9	0–0.52	0.07–0.5	0.17–0.9	Miscele, vetri

La tabella 2 mostra l'attività specifica media di Radio, Torio e Potassio misurata con la spettrometria gamma nei materiali siciliani usati negli edifici e le attività specifiche radio-equivalenti.

Tabella 2

Materiali	Attività specifica media±S.D. (Bq kg ⁻¹)			Radio Equivalente (Bq kg ⁻¹)	
	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	range	Mean±S.D.
<i>Sedimentarie</i>					
Argilla	34±8	38±17	513±192	39–158	127±41
Calcareniti	11±8	2±2	22±33	0.7–38	14±11
Gesso	6±5	2±2	32±43	15–31	12±11
Sabbia silicidica	9±3	9±4	156±81	10–53	34±14
<i>Materiali magmatici</i>					
Basici	34±25	26±19	330±231	21–204	96±68
Acidi	168±48	157±44	1303±83	278–816	494±107
<i>Metamorfiche</i>					
Scisto	39±4	54±12	766±258	128–203	175±40
<i>Cementi</i>					
Miscela di materiali locali	38±14	22±14	218±248	39–161	92±50

La tabella 3 mostra l'attività specifica di ²²⁶Ra, i valori di emanazione e di densità di materiali siciliani. Nell'ultima colonna sono riportati i ratei di esalazione stimate.

Tabella 3

Materiali	²²⁶ Ra Attività specifica (Bq kg ⁻¹)	Emanazione media (frazione)	Densità (10 ³ kg m ⁻³)	Esalazione (Bq m ⁻² h ⁻¹)
<i>Sedimentarie</i>				
Argilla	21–42	0.04	2–2.7	2.7–7.4
Calcareniti	0.4–30	0.23	1.1–2	0.16–22
Gesso	0.6–13	0.08	2–2.4	0.15–4.1
<i>Cemento</i>				
Calcestruzzo	12–40	0.15	1.4–1.6	4.1 – 16
<i>Magmatiche</i>				
Basiche	5–64	0.01	2.7–2.7	0.22–2.8
Acide	55–225	0.08	2.4–2.7	17–79
<i>Metamorfiche</i>				
Scisti	34–42	0.02	2.6–3	2.9–4.1

Come si vede da queste due tabelle il minimo rateo di esalazione è stato trovato nei marmi (0.01 Bq m⁻² h⁻¹) e il massimo rateo nelle rocce magmatiche acide (79 Bq m⁻² h⁻¹).

Inoltre, nel caso delle calcareniti, il minimo e massimo valore di concentrazione di radon indoor sono stati rispettivamente di 1 e 140 Bq m⁻³.

Un'indagine compiuta da Brai et al. (1991) ha evidenziato che la concentrazione di radon indoor a Palermo è circa 20 Bq m⁻³, meno della metà del valore medio italiano. Inoltre, esiste una correlazione tra i parametri geochimici (quali ad esempio il Total Alkali, TA) e la radioattività dei materiali da costruzione e quindi questi parametri possono costituire un indice appropriato per selezionare i materiali a basso rischio radiologico.

Bibliografia

[1] S Rizzo, M Brai, S Basile, S Bellia, S Hauser *Gamma activity and geochemical features of building materials: estimation of gamma dose rate and indoor radon levels in Sicily* Applied Radiation and Isotopes, Volume 55, Issue 2, August 2001, Pages 259-265, ISSN 0969-8043

[2] S Bellia, M Brai, S Hauser, P Puccio, S Rizzo *Environmental radioactivity and volcanological features of three islands of the Mediterranean Sea (Pantelleria, Ustica and Vulcano)* Chem. Ecol., 12 (1996), pp. 297–302

[3] M Brai, G Teri, R Di Liberto, A Bartolotta, S Hauser *An investigation of the sources of uncertainties of an alpha-track detection system for radon monitoring*

[4] L Andreucci, A Schenone (Eds.), Topics on Biomedical Physics, World Scientific, Singapore (1991), pp. 337–340



INDICE PER AUTORI

A

B.F. Abbate	112
L. Abbene	78
F. Alberghina	62
S. Altieri	107
E. Amato	16
M.C. Angiocchi	23,26,83
G.R. Asero	16,95

B

F. Baffigi	18
A. Baldi	43
A. Barbon	74
L. Barone Tonghi	95
A. Bartoli	43
A. Bartolotta	68
A. Bazani	13
G. Benecchi	86
E. Bonanno	29
I. Bonaparte	23,26,83
E. Bortolin	60
S. Bortolussi	107
A. Botta	82
M. Brai	31,34,38,62,68,112
A. Brogna	23,83
M. Bruzzi	43
G. Burrafato	16

C

R. Caivano	86
M.C. Cantone	21
G. Caputo	16,
V. Caputo	34,38,112
S. Caracappa	112
G. Cassata	112
R. Catalano	51
N. Cavalli	29
S. Chillura Martino	97
N. Chiodini	21
S. Cialdi	21
S. Cilla	86
G. Collura	31,62,68,107,112,115
L. Cristaldi	110
T. Cucchiara	34
F. Cuccia	34
I. Cupparo	43

D

E. D'Ippolito	21
C. De Angelis	60,71
G. De Angelis	71
C. De Mattia	21
S. Della Monaca	71
F. Deodato	86
F. d'Errico	31,76,112
M. Di Carlo	110
G. Di Chiara	97,100,103
G.V. Di Martino	95
L. Di Trocchio	71
C. Dispenza	110
L.A. Ditta	110
M.C. D'Oca	68

F

D. Falco	86
M. Fasoli	21
P. Fattibene	60,66,71
M. Ferrari	107
G. Ferrera	38
G. Feti	23,83
L. Ficcadenti	71
A. Fidanzio	86
V. Figlia	38
D. Fiore	97
L. Fulgentini	18
V. Fusco	86

G

C. Gagliardo	31
S. Gallo	31,62,68,107,112,115
C. Ganci	103
M. Gargano	21
M. Garioni	13
G. Garreffa	82
G. Gerardi	78
D. Giacomazza	110
G. Giangrande	103
C. Gianino	51
M.C. Gilardi	18
A. Girlando	29
A. Giulietti	18
L.A. Gizzi	18
F. Greco	86
M. Grusio	86
A.M. Gueli	16,29,31,41,95



I

G. Iacoviello	31,34,38,107,115
I. Ielo	23,26,83
G. Immè	51
P.L. Indovina	82

K

P. Koester	18
------------	----

L

L. Labate	18
R. Lagalla	92
D. Lamia	18
A. Lo Casto	92
G. Loi	21
A. Longo	31,62,68,107
N. Luca	34
M. Lucentini	71
N. Ludwig	21

M

M. Magnoni	47
S. Manenti	59
G. Mangano	51
G. Mannino	16
N. Marchese	97
C. Marino	29
M. Marrale	31,34,62,68,92,107,112,115
F. Martorana	103
S. Menna	86
A. Micali	23,26,83
F. Midili	26
V. Militello	110
P. Milone	41
E. Mones	21
V. Mongelli	23
D. Morelli	51
A. Mostacci	71
S. Mutolo	112

N

S. Nici	31,62,68,107,112,115
E. Nicolai	89
R. Nigro	86
D. Nuzzo	110

O

L. Orlandini	86
--------------	----

P

C. Pace	97
D. Palla	18
S. Pallotta	43

S. Panzeca	34,38,62,68,107,115
A. Parlato	97,100,103
G. Pedroli	13
G. Pellegriti	95
G. Perrone	103
G. Petrillo	41
C. Petrucci	89
P. Picone	110
A. Piermattei	86
L. Piersanti	71
S. Pisa	71
P. Pisciotta	18,89
E. Pittella	71
I. Postuma	107
F. Principato	78
N. Protti	107

Q

M.C. Quattrini	60,71
----------------	-------

R

L. Raffaele	41
P. Randaccio	105
G. Raso	78
S. Rizzo	62
G. Russo	18,89

S

M.A. Sabatino	110
M.G. Sabini	89
S. Salerno	92
P. San Biagio	110
A.S. Santamaria	54
F. Santavenere	71
G. Savoca	34,38
M. Scaringella	43
L. Scopelliti	92
C. Siragusa	26,83
G. Spadaro	110
S. Spampinato	41
M. Spanò	38,112

T

M.A. Tabocchini	60
C. Talamonti	43
E. Tomarchio	38,97,100,103
L. Tranchina	31,62,112
C. Tudisca	92

V

L.M. Valastro	89
A. Vedda	21
I. Veronese	21