

# ATHENA

A novel approach Towards the management of building materials of particular Historical-artistic interest: assessment of the radon Exhalation and the radiological risk due to Natural radioActivity content (PNRR - Missione 4, Componente 2, Investimento 1.1 - Bando Prin 2022 PNRR - Decreto Direttoriale n. 1409 del 14-09-2022)

CUP J53D23014560001  
Codice identificativo P2022CPA2K

<https://athena.unime.it/>

## Descrizione dettagliata del progetto

I materiali da costruzione contengono radionuclidi naturali che possono determinare una significativa esposizione ai raggi gamma e contribuire alle concentrazioni di radon negli ambienti indoor. I radionuclidi gamma emettitori comportano tipicamente un'esposizione esterna alle radiazioni ionizzanti, mentre il gas radon, insieme ai suoi prodotti di decadimento a vita breve, induce un'esposizione interna, che dipende fortemente dalla concentrazione di questo gas radioattivo negli ambienti indoor. Considerando che la maggior parte delle persone trascorre tra l'80% e il 93% del proprio tempo in ambienti chiusi, la qualità dell'aria interna è estremamente importante per una vita sana. Sebbene la valutazione del contenuto di radioattività naturale nei moderni materiali da costruzione sia stata ampiamente studiata, attualmente manca la conoscenza del rischio radiologico per gli esseri umani dovuto all'esposizione esterna e interna alle radiazioni ionizzanti nei materiali lapidei utilizzati per siti e monumenti storici. Tenendo conto che le pietre da costruzione subiscono diversi processi di degrado e alterazione con un tasso di deterioramento strettamente correlato alla composizione mineralogica e chimica, alla tessitura e alla struttura porosa, è ragionevole ipotizzare che l'esalazione di radon da questi materiali sia fortemente dipendente dal tipo specifico di agenti atmosferici a cui edifici e monumenti sono continuamente esposti. In questo contesto, l'applicazione di consolidanti, già ampiamente utilizzati per migliorare le prestazioni delle pietre contro tali meccanismi di alterazione naturale, potrebbe anche portare a una modifica del tasso di esalazione del radon. In questo senso, ai fini radiologici e anche conservativi, è fondamentale stabilire quali siano le migliori procedure di conservazione da adottare per preservare il più a lungo possibile il patrimonio culturale, individuando il prodotto consolidante più appropriato che riduca l'esalazione di radon mantenendo, al contempo, una sufficiente compatibilità con i substrati. La conoscenza dei suddetti aspetti consentirebbe non solo di accertare l'eventuale rischio radiologico per la salute umana, ma anche di supportare la progettazione di misure di radioprotezione nei futuri interventi di restauro.

**Milestone 1:** Valutare ogni possibile rischio radiologico per la salute umana legato all'esposizione esterna ai raggi gamma emessi dai radionuclidi presenti nei materiali da costruzione.

La milestone 1 del progetto ATHENA, da raggiungere entro il 16° mese del progetto (Febbraio 2025), è associata ai seguenti deliverables:

*Deliverable 1.1:* Misurazione dell'attività specifica degli elementi radioattivi naturali Ra-226, Th-232 e K-40, contenuti nei materiali da costruzione analizzati, utilizzando la spettrometria gamma al germanio iperpuro (HPGe) e valutazione di ogni possibile rischio radiologico per gli esseri umani attraverso il calcolo dei seguenti indici: indice di concentrazione di attività, indice alfa, rateo di dose gamma assorbita, attività equivalente del radio, indici di rischio, dose efficace annuale ed ELCR. Una relazione tecnica sui risultati ottenuti è stata prodotta entro il 16° mese del progetto ATHENA.

*Deliverable 1.2:* Identificazione dei principali minerali contenenti i radionuclidi naturali nei campioni analizzati, attraverso misure di diffrazione di raggi X (XRD) e di micro-Raman Scattering (MRS). Una relazione tecnica sui risultati ottenuti è stata prodotta entro il 16° mese del progetto ATHENA.

## Il gruppo di ricerca

### Unità 1 – Università degli Studi di Messina

Caridi Francesco (P.I.) <https://unime.unifind.cineca.it/get/person/026777>  
Venuti Valentina <https://unime.unifind.cineca.it/get/person/010171>  
Majolino Domenico <https://unime.unifind.cineca.it/get/person/009121>

### Unità 2 – Università “Mediterranea” di Reggio Calabria

Faggio Giuliana (responsabile di unità) [https://www.unirc.it/scheda\\_persona.php?id=50430](https://www.unirc.it/scheda_persona.php?id=50430)  
Messina Giacomo Domenico Savio [https://www.unirc.it/scheda\\_persona.php?id=101](https://www.unirc.it/scheda_persona.php?id=101)

### Unità 3 – Università degli Studi di Salerno

Guida Michele (responsabile di unità) <https://rubrica.unisa.it/persone?matricola=001295>

### Unità 4 – Università della Calabria

Ruffolo Silvestro Antonio (responsabile di unità) <https://www.unical.it/storage/teachers/silvestro.ruffolo/>  
Ponte Maurizio <https://www.unical.it/storage/teachers/maurizio.ponte/>

### Unità 5 – Università degli Studi di Cagliari

Da Pelo Stefania (responsabile di unità) [https://web.unica.it/unica/page/it/stefania\\_dapelo](https://web.unica.it/unica/page/it/stefania_dapelo)  
Chiriu Daniele [https://web.unica.it/unica/page/it/daniele\\_chiriu](https://web.unica.it/unica/page/it/daniele_chiriu)



## I prodotti della nostra ricerca

- F. Caridi, D. Chiriu, S. Da Pelo, G. Faggio, M. Guida, G. Messina, M. Ponte, S.A. Ruffolo, D. Majolino, V. Venuti, «Natural radioactivity content, radon exhalation and mineralogical composition assessment of the Ignimbrite Campana stone: a case study», AAPP | Atti della Accademia Peloritana dei Pericolanti, Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali, 103(2) A3 (2025) doi: 10.1478/AAPP.1032A3
- F. Caridi, D. Majolino, V. Venuti, D. Chiriu, S. Da Pelo, G. Faggio, G. Messina, M. Guida, M. Ponte, S.A. Ruffolo, «Assessment of the radon exhalation and the radiological risk due to natural radioactivity content in the “Pietra di Lecce” building material: a case study», AIP Conference Proceedings, 3308 020002 (2025) doi: 10.1063/5.0271664
- G. Faggio, F. Caridi, D. Chiriu, S. Da Pelo, M. Guida, G. Messina, M. Ponte, S.A. Ruffolo, D. Majolino, V. Venuti, «Mineralogical Analysis of Viterbo Tuff Using X-Ray Diffraction and Raman Spectroscopy», 2025 IMEKO TC26 International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (METROARCHAEO 2025), pp. 166-170 (2025)
- F. Caridi, D. Chiriu, S. Da Pelo, G. Faggio, M. Guida, G. Messina, M. Ponte, S.A. Ruffolo, D. Majolino, V. Venuti, «Radon exhalation, natural radioactivity content and radiological hazard assessment for the Viterbo tuff stone: a case study», 2025 IMEKO TC26 International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (METROARCHAEO 2025), pp. 171-175 (2025)
- F. Caridi, D. Chiriu, S. Da Pelo, G. Faggio, M. Guida, G. Messina, M. Ponte, S.A. Ruffolo, D. Majolino, V. Venuti, «Radon exhalation rate, radioactivity content and mineralogy assessment of building materials of particular historical-artistic interest», Applied Sciences, 14 11359 (2024) doi: 10.3390/app142311359
- F. Caridi, D. Chiriu, S. Da Pelo, G. Faggio, M. Guida, D. Majolino, G. Messina, M. Ponte, S.A. Ruffolo, V. Venuti, «Natural radioactivity content in the “Pietra di Modica” stone and radiological health risk assessment: a case study», 2024 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (METROARCHAEO 2024), in press
- G. Faggio, G. Messina, D. Chiriu, S. Da Pelo, M. Guida, D. Majolino, M. Ponte, S.A. Ruffolo, V. Venuti, F. Caridi, «Comprehensive Analysis of Lecce and Modica Stones Using X-Ray Diffraction and Raman Spectroscopy», 2024 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (METROARCHAEO 2024), in press

**Milestone 3:** Chiarire la correlazione tra le proprietà fondamentali delle pietre naturali analizzate e i tassi calcolati di esalazione del radon.

La milestone 3 del progetto ATHENA, da raggiungere entro il 22° mese del progetto (Settembre 2025), è associata ai seguenti deliverables:

*Deliverable 3.1:* Valutazione della porosità, della rugosità, dell'abbondanza cristallina, della profondità di penetrazione dei prodotti consolidanti e di altre caratteristiche petrografiche e tissutali dei materiali da costruzione trattati in laboratorio attraverso la microscopia elettronica a scansione (SEM), associata anche alla spettroscopia a raggi X a dispersione di energia (EDX). Una relazione tecnica sui risultati ottenuti è stata prodotta entro il 18° mese del progetto ATHENA (Maggio 2025).

*Deliverable 3.2:* Caratterizzazione dei materiali da costruzione trattati in laboratorio su scala elementale e molecolare attraverso la spettroscopia e la micro-spettroscopia IR, XRF e Raman. Una relazione tecnica sui risultati ottenuti è stata prodotta entro il 22° mese del progetto ATHENA.