



IRSOIL&WATER 2025

Misure di concentrazione di attività radon nel suolo e in acqua

Lecce

REPORT



ORGANIZZATORI	Associazione Italiana di radioprotezione (AIRP) c/o Museo di Storia Naturale Via Roma, 79 – 56011 Calci (PI) www.airp-asso.it ASSORADON APS Via Matris Domini n.22 24121 Bergamo (BG) www.assoradon.it	
COMITATO ORGANIZZATORE	<i>Marco Cataldo</i> <i>Andrea Gritti</i> <i>Tiziana Tunno</i> <i>Rosaria Ippolito</i> <i>Anna Prandstatter</i>	<i>Ordine degli Ingegneri di Lecce</i> <i>ASSORADON</i> <i>ASSORADON, AIRP</i> <i>ASSORADON, AIRP</i> <i>ARPA Piemonte, AIRP</i>
COMITATO SCIENTIFICO	<i>Anna Paola Caricato</i> <i>Enrico Chiaberto</i> <i>Massimo Faure Ragani</i> <i>Antonio Parravicini</i>	<i>Dipartimento di Matematica e Fisica "E. De Giorgi"</i> <i>Università del Salento</i> <i>ARPA Piemonte, AIRP</i> <i>ARPA Valle d'Aosta, AIRP</i> <i>ASSORADON</i>
DATA DI PUBBLICAZIONE	27-02-2026	
NUMERO DI PAGINE	22	
CODICE REPORT	RN_IRSOIL_2025	
ISBN	9788888648613	
EDITORE	AIRP - Associazione Italiana di Radioprotezione	
CO-EDITORE	ASSORADON APS	

AUTORI	<i>Enrico Chiaberto</i> <i>Massimo Faure Ragani</i> <i>Andrea Gritti</i> <i>Tiziana Tunno</i>	<i>ARPA Piemonte, AIRP</i> <i>ARPA Valle d'Aosta, AIRP</i> <i>ASSORADON</i> <i>ASSORADON, AIRP</i>
--------	--	---

1. Misure di concentrazione di attività di radon nel suolo

DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' IN CAMPO E PARTECIPANTI

Il giorno 4 giugno 2025 si è svolto l'interconfronto in campo della misura di radon ($Rn-222$) nel terreno (*soil radon*), nell'ambito delle attività dell'evento denominato IRSOIL&WATER 2025 organizzato dalle associazioni ASSORADON e AIRP.



Figura 1.1 *Sito durante lo svolgimento delle misure nel suolo - Complesso Ecotekne Università del Salento - Monteroni (LE)*

Le misure nel suolo, oggetto di interconfronto tra i partecipanti iscritti, sono state effettuate presso la sede dell'Università del Salento. Il sito ricade nel polo universitario Ecotekne in Monteroni (LE), città che si estende su una superficie di 16,49 km², caratterizzata da una morfologia prettamente pianeggiante; l'altitudine raggiunge l'altezza massima di 48 m s.l.m.. Monteroni rientra nella porzione di pianura, intorno al capoluogo leccese, denominata Valle della Cupa caratterizzata da una grande depressione carsica: sotto la superficie piatta e luminosa delle terre salentine domina, infatti, la roccia calcarea, formata milioni di anni fa quando quest'area era sommersa dal mare. È una roccia

chiara, porosa, facile da scavare e per questo il Salento è una delle zone carsiche più affascinanti d'Italia ricca di grotte e vuoti nascosti; molte di queste cavità non sono visibili in superficie. Da un punto di vista litologico, il sottosuolo è costituito quasi interamente da rocce carbonatiche (calcari e calcareniti) deposte in ambienti marini tra il Cretacico superiore e il Pleistocene. Le principali unità sono i calcari cretacei (compatti, massicci, a bassa porosità primaria ed elevata fratturazione); le calcareniti mioceniche e plioceniche (es. pietra leccese, più tenere, porose, facilmente erodibili); i depositi pleistocenici (sabbie, limi e calcareniti costiere). La natura carbonatica e l'elevata fratturazione favoriscono in questa parte della Puglia il fenomeno del carsismo sia superficiale sia profondo.

Nel sito di prova i partecipanti hanno effettuato campionamenti di radon nel suolo in corrispondenza di n. 6 (sei) stazioni di misura, precedentemente numerate. Ciascun partecipante ha operato utilizzando la propria sonda, la specifica tecnica di campionamento, la propria metodologia di misura e di elaborazione dei dati.

Ad ogni partecipante è stato assegnato un codice numerico identificativo ed è stato richiesto di fornire, per ciascun punto di campionamento, i risultati delle misure di radon (Rn-222) nel suolo, espressi in kBq/m³. È stata, inoltre, lasciata facoltà di riportare le eventuali concentrazioni di toron (Rn-220) misurate/valutate contestualmente.

Poiché le misure sono state eseguite a profondità di campionamento non uniformi tra i diversi partecipanti e considerata la libertà concessa nella scelta del punto di prelievo in prossimità delle postazioni numerate, non è stato possibile garantire l'omogeneità dei contenuti di radon e toron nelle aree di misura. Tale aspetto è stato ulteriormente condizionato dall'assenza di uno storico significativo di dati pregressi sul sito.

Nel giorno dedicato all'interconfronto, le condizioni meteorologiche sono risultate favorevoli e hanno consentito il regolare svolgimento delle attività di misura.

In tabella 1.1 è riportato in ordine alfabetico l'elenco dei partecipanti effettivi alle misure nel suolo.

Tabella 1.1 Partecipanti in ordine alfabetico (non di codice assegnato)

Partecipante*	Strumentazione impiegata	Tecniche per escludere il Rn-220	Tecniche per misurare il Rn-220
ARPA Piemonte	MR1 con Cella di Lucas	Sì, attesa decadimento Rn-220	Sì, attesa per differenza ante e post decadimento Rn-220
ARPA Valle d'Aosta	Alphaguard PQ2000	Sì, attesa decadimento Rn-220	Sì, attesa per differenza ante e post decadimento Rn-220
ECOGEO S.r.l.	Radon mapper Cella di Lucas	Routine radon-toron	Routine radon-toron
FIORAD S.r.l.	Alphaguard DF2000	sì	sì
Georobica Valtellinese e Lorena Rossetti	Alphaguard D/DF 552	Sì, attesa decadimento Rn-220	Sì, attesa decadimento Rn-220
mi.am S.r.l.	Radon Mapper Cella di Lucas	Routine radon toron fast	Routine radon toron fast
Misurazione-Radon S.r.l.	Radon Mapper Cella di Lucas	Routine radon toron fast	Routine radon toron fast
Protex S.r.l. - Lavoro ambiente	Alphaguard P2000F	Sì, attesa decadimento Rn-220	Sì, attesa decadimento Rn-220
Liberi professionisti Tiziana Tunno Alessandro Bonora Ernico Stella	Radon Mapper Cella di Lucas	Sì routine radon toron fast	Sì routine radon toron fast
White Lab S.r.l.-U-Series	Radon mapper Celle di Lucas (cert. LAT)	No	No

* NOTA. La numerazione assegnata ai partecipanti ha un range da 1 a 12; mancando la comunicazione delle misure relative al partecipante n.4 e al partecipante n.5, non menzionati in tabella 1.1, l'elaborazione del dato del presente report riguarda in totale 10 partecipanti.

DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI DI PERFORMANCE

Per studiare le performance di ogni partecipante sono stati utilizzati alcuni indicatori secondo la ISO/IEC 17043:2020 – annex B e ISO 13528:2005 che definiscono e descrivono i principali parametri statistici usati per tale scopo:

- x Risultato del singolo partecipante
- X Valore di riferimento (media robusta)

È quindi possibile valutare i seguenti indicatori

Rapporto "R":
$$R = \frac{x}{X}$$

Differenza "D":
$$D = (x - X)$$

Differenza percentuale "D%":
$$D_{\%} = \frac{(x - X)}{X} \cdot 100$$

ζ score
$$\zeta = \frac{x - X}{\sqrt{u^2(x) + u^2(X)}}$$

z score:
$$z = \frac{x - X}{\hat{\sigma}}$$

Dove la deviazione standard per il calcolo dello z score è $\hat{\sigma}$ e u l'incertezza con fattore di copertura k=1.

L'incertezza del valore di riferimento è stata calcolata a partire dalla deviazione standard robusta σ_{rob} e in base alla formula: $u(X) = 1,25 \cdot \frac{\sigma_{rob}}{\sqrt{p}}$, con p uguale al numero di partecipanti che hanno fornito un risultato (ISO 13528:2015).

Il comitato scientifico/organizzatore ha scelto il valore della deviazione standard $\hat{\sigma}$ pari a:

$$\hat{\sigma} = 0,20 \cdot X$$

Nella scelta del parametro $\hat{\sigma}$ sono state considerate le diverse peculiarità dell'esercizio di misura proposto:

- la complessità dell'esercizio di misura stesso, ossia di un campionamento all'aperto e in una matrice non sempre uniforme e facilmente sondabile, come il suolo;
- attività di campionamento rese specifiche dalle condizioni meteo;
- mancanza di uno storico di misure di *soil radon* nel sito di misura;
- incompletezza dei risultati comunicati: alcuni partecipanti hanno restituito risultati non per tutti i punti misura relativi alle n.6 stazioni.

Per la definizione del valore di riferimento X come media robusta il comitato scientifico/organizzatore ha valutato, per ogni punto di misura, l'eventuale esclusione di risultati anomali (*blunders*) dalla statistica robusta, secondo norma tecnica.

In accordo con le ISO/IEC 17043:2010, B.4.1.1 l'interpretazione convenzionale del valore assoluto dello z-score $|z|$ è la seguente:

- $|z| \leq 2,0$ indicates "satisfactory" performance;
- $2,0 < |z| < 3,0$ indicates "questionable" performance (warning signal);
- $|z| \geq 3,0$ indicates "unsatisfactory" performance (action signal).

RISULTATI E VALUTAZIONI

I risultati delle misure in campo comunicate dai n.10 (dieci) partecipanti sono riportate nella seguente tabella:

Tabella 1.2 Risultati delle misure di soil radon (comunicate dai partecipanti)

Concentrazione radon [kBq/m ³] comunicata dai partecipanti, con incertezza (k=1)						
IRSOIL 2025						
Partecipante	p1	p2	p3	p4	p5	p6
1	12.0	14.1	18.1	19.4	11.5	11.8
2	18 ± 3	9 ± 2	12 ± 2	18 ± 3	13 ± 2	
3	20.7 ± 3.1	10.4 ± 2.1	18.8 ± 3.8	19.1 ± 2.7		8.7 ± 1.3
6	28.7 ± 4.6	8.9 ± 1.5	14.1 ± 2.3	13.0 ± 2.1	9.9 ± 1.6	17.2 ± 2.8
7	10.3 ± 1.5	7.0 ± 2.1	8.5 ± 2.7	13.1 ± 3.1	13.3 ± 2.2	7.1 ± 1.0
8	9.0 ± 0.6	6.8 ± 0.4	11.8 ± 0.7	9.4 ± 0.8		7.9 ± 0.5
9	8.2 ± 2.0	10.3 ± 2.2	6.7 ± 2.8	15.2 ± 2.6	19.1 ± 3.2	2.1 ± 0.3
10	19.1 ± 3.0	10.9 ± 1.6	27.8 ± 4.3	29.2 ± 4.5	14.4 ± 2.2	12.8 ± 1.9
11	18.0 ± 3.5	12.5 ± 2.3	15.5 ± 2.8	19.0 ± 3.4	12.6 ± 2.6	13.0 ± 2.4
12	19.7 ± 4.0	11.0 ± 2.0	15.0 ± 3.0	20.0 ± 4.0	13.0 ± 2.6	11.3 ± 2.3

VALUTAZIONI COMPLESSIVE

Seguono in tabella 1.3 le valutazioni statistiche complessive per ogni postazione di misura

Tabella 1.3 Parametri statistici calcolati sui risultati

Statistiche per punto in kBq/m3						
IRSOIL 2025						
Indicatore	p1	p2	p3	p4	p5	p6
MAX	28.7	14.1	27.8	29.2	19.1	17.2
min	8.2	6.8	6.7	9.4	9.9	2.1
MA	16.4	10.1	14.9	17.5	13.4	10.2
σ	6.4	2.3	5.9	5.4	2.7	4.3
X	16.1	10.1	14.3	17.1	13.0	10.4
σ_{rob}	6.7	2.5	5.4	4.8	2.1	4.5
u(X)	2.7	1.0	2.1	1.9	0.9	1.9
$\hat{\sigma}$	3.2	2.0	2.9	3.4	2.6	2.1
Nmis	10	10	10	10	8	9

MAX	Valore massimo partecipanti
min	Valore minimo partecipanti
MA	Media aritmetica partecipanti
σ	Deviazione standard
X	Media robusta (valore di riferimento)
σ_{rob}	Deviazione standard robusta
u(X)	Incertezza standard del valore di riferimento
$\hat{\sigma}$	0,20·X Deviazione standard per il calcolo dello z score
Nmis	Numero di misure

Di seguito, in figura 1.2, sono mostrati i risultati dei partecipanti per ogni postazione in termini dell'indicatore ζ score e in tabella 1.4 i corrispondenti valori numerici.

Figura 1.2 ζ score dei partecipanti per ogni postazione di misura

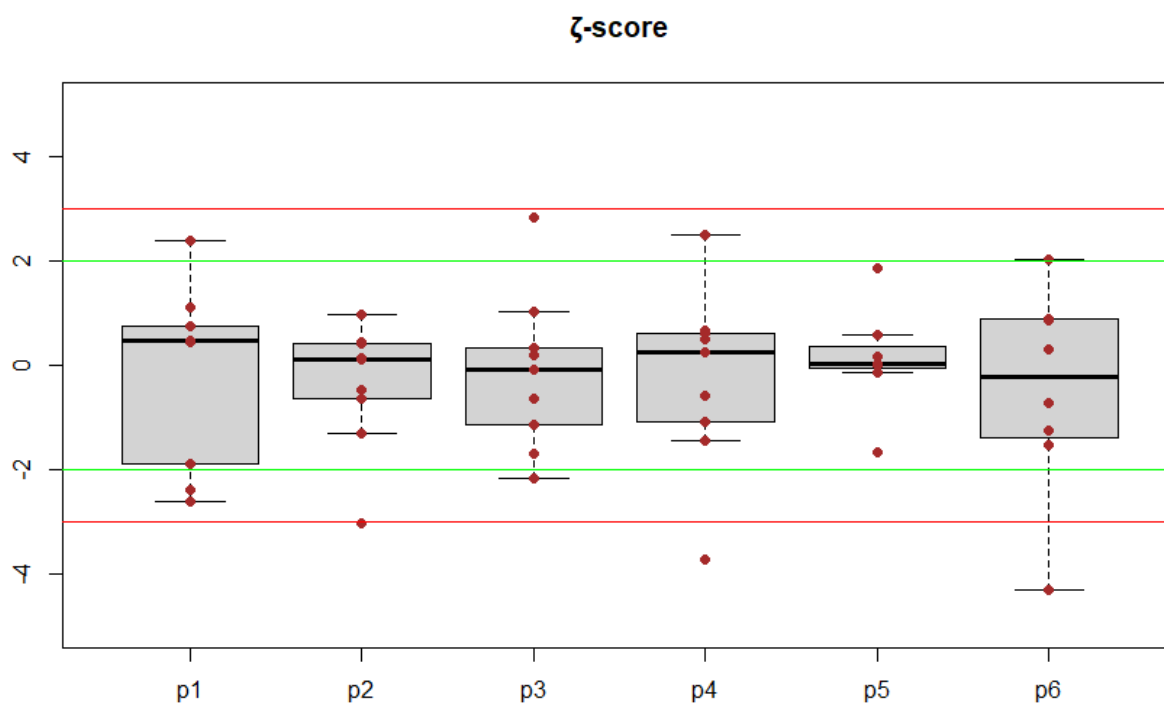


Tabella 1.4 ζ score dei partecipanti per ogni postazione di misura

(caselle bianche = dati non pervenuti, verde = satisfactory performance, gialle = questionable performance, rosso = unsatisfactory performance)

		ζ -score					
		IRSOIL 2025					
Indicatore		p1	p2	p3	p4	p5	p6
1							
2		0.47	-0.48	-0.63	0.25	0.01	
3		1.12	0.12	1.03	0.60		-0.73
6		2.37	-0.65	-0.08	-1.44	-1.67	2.03
7		-1.89	-1.32	-1.68	-1.10	0.15	-1.53
8		-2.61	-3.04	-1.13	-3.72		-1.26
9		-2.39	0.11	-2.17	-0.58	1.86	-4.31
10		0.74	0.45	2.83	2.50	0.58	0.90
11		0.43	0.97	0.33	0.49	-0.14	0.86
12		0.75	0.42	0.18	0.66	0.01	0.31

In figura 1.3, sono mostrati i risultati dei partecipanti per ogni postazione in termini di z-score e in tabella 1.5 i corrispondenti valori numerici.

Figura 1.3 z-score dei partecipanti per ogni postazione di misura

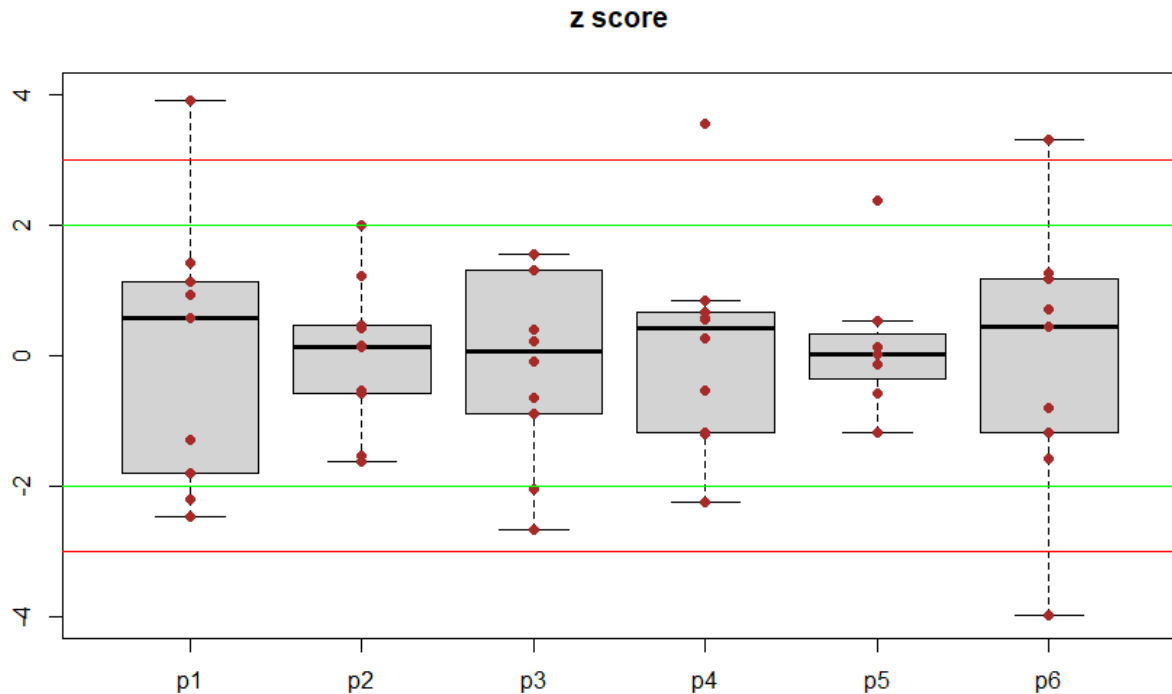


Tabella 1.5 z-score dei partecipanti per ogni postazione di misura

(caselle bianche = dati non pervenuti, verde = satisfactory performance, gialle = questionable performance, rosso = unsatisfactory performance)

		z score					
		IRSOIL 2025					
Indicatore		p1	p2	p3	p4	p5	p6
1		-1.29	1.98	1.32	0.67	-0.57	0.71
2		0.58	-0.53	-0.64	0.26	0.01	
3		1.42	0.14	1.55	0.58		-0.81
6		3.90	-0.58	-0.08	-1.20	-1.18	3.30
7		-1.80	-1.53	-2.04	-1.17	0.14	-1.58
8		-2.21	-1.62	-0.89	-2.25		-1.19
9		-2.47	0.14	-2.67	-0.55	2.36	-3.97
10		0.93	0.42	4.70	3.55	0.54	1.17
11		0.58	1.21	0.40	0.56	-0.14	1.27
12		1.12	0.46	0.23	0.85	0.01	0.43

VALUTAZIONI PER PARTECIPANTE

Tabella 1.6

Risultati partecipante 1						
IRSOIL 2025						
Indicatore	p1	p2	p3	p4	p5	p6
RnC [kBq/m3]	12.0	14.1	18.1	19.4	11.5	11.8
uRnC [kBq/m3]	NA	NA	NA	NA	NA	NA
R	0.74	1.40	1.26	1.13	0.89	1.14
D %	-25.7	39.7	26.3	13.3	-11.4	14.2
z-score	-1.29	1.98	1.32	0.67	-0.57	0.71
ζ-score	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Tabella 1.7

Risultati partecipante 2						
IRSOIL 2025						
Indicatore	p1	p2	p3	p4	p5	p6
RnC [kBq/m3]	18.0	9.0	12.5	18.0	13.0	NA
uRnC [kBq/m3]	3.0	2.0	2.0	3.0	2.0	NA
R	1.12	0.89	0.87	1.05	1.00	NA
D %	11.7	-10.6	-12.8	5.3	0.2	NA
z-score	0.58	-0.53	-0.64	0.26	0.01	NA
ζ-score	0.47	-0.48	-0.63	0.25	0.01	NA

Tabella 1.8

Risultati partecipante 3						
IRSOIL 2025						
Indicatore	p1	p2	p3	p4	p5	p6
RnC [kBq/m3]	20.7	10.4	18.8	19.1	NA	8.7
uRnC [kBq/m3]	3.1	2.1	3.8	2.7	NA	1.3
R	1.28	1.03	1.31	1.12	NA	0.84
D %	28.3	2.8	31.0	11.6	NA	-16.2
z-score	1.42	0.14	1.55	0.58	NA	-0.81
ζ-score	1.12	0.12	1.03	0.60	NA	-0.73

Tabella 1.9

Risultati partecipante 6						
IRSOIL 2025						
Indicatore	p1	p2	p3	p4	p5	p6
RnC [kBq/m3]	28.7	8.9	14.1	13.0	9.9	17.2
uRnC [kBq/m3]	4.6	1.5	2.3	2.1	1.6	2.8
R	1.78	0.88	0.98	0.76	0.76	1.66
D %	78.1	-11.6	-1.7	-24.0	-23.7	66.0
z-score	3.90	-0.58	-0.08	-1.20	-1.18	3.30
ζ-score	2.37	-0.65	-0.08	-1.44	-1.67	2.03

Tabella 1.10

Risultati partecipante 7						
IRSOIL 2025						
Indicatore	p1	p2	p3	p4	p5	p6
RnC [kBq/m3]	10.3	7.0	8.5	13.1	13.3	7.1
uRnC [kBq/m3]	1.5	2.1	2.7	3.1	2.2	1.0
R	0.64	0.69	0.59	0.77	1.03	0.68
D %	-35.9	-30.6	-40.8	-23.5	2.8	-31.7
z-score	-1.80	-1.53	-2.04	-1.17	0.14	-1.58
ζ-score	-1.89	-1.32	-1.68	-1.10	0.15	-1.53

Tabella 1.11

Risultati partecipante 8						
IRSOIL 2025						
Indicatore	p1	p2	p3	p4	p5	p6
RnC [kBq/m3]	9.0	6.8	11.8	9.4	NA	7.9
uRnC [kBq/m3]	0.6	0.4	0.7	0.8	NA	0.5
R	0.56	0.68	0.82	0.55	NA	0.76
D %	-44.2	-32.4	-17.7	-45.0	NA	-23.8
z-score	-2.21	-1.62	-0.89	-2.25	NA	-1.19
ζ-score	-2.61	-3.04	-1.13	-3.72	NA	-1.26

Tabella 1.12

Risultati partecipante 9						
IRSOIL 2025						
Indicatore	p1	p2	p3	p4	p5	p6
RnC [kBq/m3]	8.2	10.3	6.7	15.2	19.1	2.1
uRnC [kBq/m3]	2.0	2.2	2.8	2.6	3.2	0.3
R	0.51	1.03	0.47	0.89	1.47	0.21
D %	-49.4	2.7	-53.4	-10.9	47.3	-79.4
z-score	-2.47	0.14	-2.67	-0.55	2.36	-3.97
ζ-score	-2.39	0.11	-2.17	-0.58	1.86	-4.31

Tabella 1.13

Risultati partecipante 10						
IRSOIL 2025						
Indicatore	p1	p2	p3	p4	p5	p6
RnC [kBq/m3]	19.1	10.9	27.8	29.2	14.4	12.8
uRnC [kBq/m3]	3.0	1.6	4.3	4.5	2.2	1.9
R	1.19	1.08	1.94	1.71	1.11	1.23
D %	18.5	8.5	94.0	70.9	10.8	23.3
z-score	0.93	0.42	4.70	3.55	0.54	1.17
ζ-score	0.74	0.45	2.83	2.50	0.58	0.90

Tabella 1.14

Risultati partecipante 11						
IRSOIL 2025						
Indicatore	p1	p2	p3	p4	p5	p6
RnC [kBq/m3]	18.0	12.5	15.5	19.0	12.6	13.0
uRnC [kBq/m3]	3.5	2.3	2.8	3.4	2.6	2.4
R	1.12	1.24	1.08	1.11	0.97	1.25
D %	11.7	24.2	8.1	11.1	-2.9	25.5
z-score	0.58	1.21	0.40	0.56	-0.14	1.27
ζ-score	0.43	0.97	0.33	0.49	-0.14	0.86

Tabella 1.15

Risultati partecipante 12						
IRSOIL 2025						
Indicatore	p1	p2	p3	p4	p5	p6
RnC [kBq/m3]	19.7	11.0	15.0	20.0	13.0	11.3
uRnC [kBq/m3]	4.0	2.0	3.0	4.0	2.6	2.3
R	1.22	1.09	1.05	1.17	1.00	1.09
D %	22.4	9.3	4.6	17.0	0.2	8.7
z-score	1.12	0.46	0.23	0.85	0.01	0.43
ζ-score	0.75	0.42	0.18	0.66	0.01	0.31

2. Misure dell'attività di radon in acqua con prelievo in campo

DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' IN CAMPO E PARTECIPANTI

Nella medesima giornata del 4 giugno 2025 si è svolto anche l'esercizio di interconfronto sulla misura del radon in acqua, al quale hanno partecipato n. 6 (sei) laboratori, elencati in Tabella 2.1 in ordine alfabetico.

Le operazioni di campionamento sono state eseguite presso il sito *Museo Faggiano*, edificio privato aperto al pubblico e ubicato nel centro storico della città di Lecce, mediante prelievo di acqua da un pozzo situato al piano terra della struttura (fig.2.1).

Gli scavi di restauro dell'edificio hanno dato alla luce i resti di una antica struttura muraria e del pozzo profondo circa 10 metri dal quale si può osservare l'acqua dell'Idume, oggetto delle misurazioni di radon in acqua. Il corso d'acqua naturale sotterraneo si sviluppa per una lunghezza di circa 7 km e scorre in parte nel sottosuolo di Lecce, originandosi dalle sorgenti dell'Acquatina e sfociando nel Mare Adriatico. Con una portata di circa 1000 litri al secondo, è considerato uno dei principali corsi d'acqua della Puglia: più che un fiume sotterraneo classico, si tratta in realtà di una serie di falde acquifere carsiche che affiorano nel sottosuolo cittadino. Esistono solo pochi accessi visibili dell'Idume lungo il percorso sotterraneo e si tratta, generalmente, di pozzi in edifici storici localizzati nel centro cittadino.

L'acqua è stata inizialmente raccolta in un contenitore e ciascun laboratorio ha effettuato autonomamente il proprio prelievo dal contenitore, applicando la propria procedura di campionamento e preparazione del campione.

Ai partecipanti è stato richiesto di eseguire successivamente la misura di radon e di riportare il risultato alla data di campionamento. Poiché il prelievo è avvenuto da un pozzo non è stato possibile garantire né verificare a priori l'uniformità del contenuto di attività del radon nell'acqua. L'analisi complessiva dei risultati è stata condotta assumendo come valore di riferimento, ai fini del calcolo degli indicatori di performance, il valore di consenso determinato mediante media robusta dei risultati forniti dai partecipanti.



Figura 2.1 Sito del prelievo dell'acqua - Museo Faggiano Lecce

Tabella 2.1: partecipanti in ordine alfabetico e metodo di misura

Partecipante	Norma o metodica utilizzata
ARPA Piemonte	Emanometria - ISO 13164-3
ARPA Valle d'Aosta	Spettrometria gamma - UNI 11665
mi.am srl	Emanometria
Misurazione Radon S.r.l.	Emanometria
Protex Italia Srl	Scintillazione LSC - ISO 13164-4
White Lab srl - U-series	Scintillazione LSC - ISO 13164-4

DEFINIZIONE INDICATORI DI PERFORMANCE

Per studiare le performance di ogni laboratorio sono stati utilizzati gli indicatori riportati nelle norme ISO/IEC 17043– annex B and ISO 13528 che definiscono e descrivono i principali parametri statistici usati per tale scopo.

- x Risultato del singolo partecipante
- X Valore di consenso: media robusta

È stato possibile valutare i seguenti indicatori

Rapporto "R":	$R = \frac{x}{X}$
Differenza "D":	$D = (x - X)$
Differenza percentuale "D%":	$D_{\%} = \frac{(x - X)}{X} \cdot 100$
ζ score	$\zeta = \frac{x - X}{\sqrt{u^2(x) + u^2(X)}}$
z score:	$z = \frac{x - X}{\hat{\sigma}}$

dove

- $\hat{\sigma}$ Deviazione standard per il calcolo dello z score:
- u Incertezza (fattore di copertura $k=1$)

Come valore di consenso è stata considerata la deviazione standard robusta.

Il valore della deviazione standard $\hat{\sigma}$ è stata scelta come il 20% del valore di consenso, considerando la difficoltà dell'esercizio stesso (campionamento da pozzo):

$$\hat{\sigma} = 0,20 \cdot X$$

In accordo con le ISO/IEC 17043 l'interpretazione convenzionale del valore assoluto dello z-score $|z|$ è la seguente:

- $|z| \leq 2,0$ indicates "satisfactory" performance;
- $2,0 < |z| < 3,0$ indicates "questionable" performance (warning signal);
- $|z| \geq 3,0$ indicates "unsatisfactory" performance (action signal).

RISULTATI E VALUTAZIONI

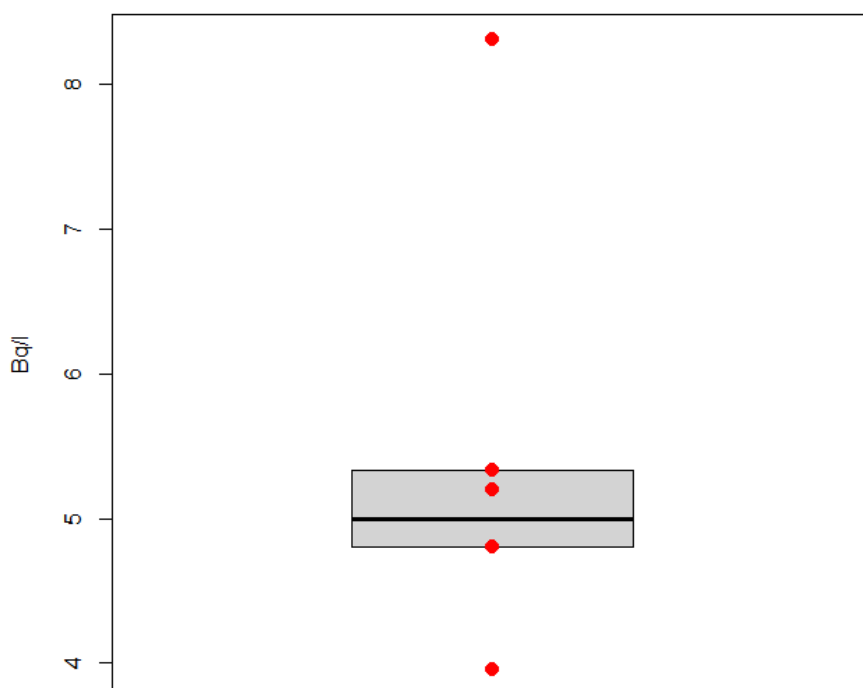
I risultati delle misure in campo comunicate dai partecipanti (n.6 laboratori) sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 2.2 Risultati delle misure di radon in acqua comunicate dai partecipanti

Codice partecipante	Concentrazione di attività di radon in acqua comunicata dal partecipante (Bq/l)	Incertezza estesa (k=2) (Bq/l)
<i>L'assegnazione del codice non è secondo l'ordine alfabetico dei partecipanti</i>	<i>x</i>	<i>U(x)</i>
1	4,8	1,2
3	4,8	1,4
6	5,33	0,9
7	8,31	1,52
11	5,2	1,0
12	3,96	1,3

I dati forniti risultano distribuiti normalmente e privi di *blunders*. Nella figura seguente è rappresentato il boxplot dei valori comunicati dai partecipanti.

Figura 2.2: box plot dei risultati comunicati dai partecipanti



Seguono in tabella 2.3 le valutazioni statistiche complessive.

Tabella 2.3 Parametri statistici calcolati sui risultati

MA	5,40 Bq/l	Media aritmetica partecipanti
s	1,50 Bq/l	Deviazione standard
\tilde{X}	5,11 Bq/l	Media robusta
s_{rob}	0,98 Bq/l	Deviazione standard robusta
$u(X)$	0,50 Bq/l	Incertezza della media robusta secondo ISO13258
$U(X)$	1,00 Bq/l	Incertezza estesa del valore di riferimento
$\hat{\sigma}$	1,02 Bq/l	$0,20 \cdot X$

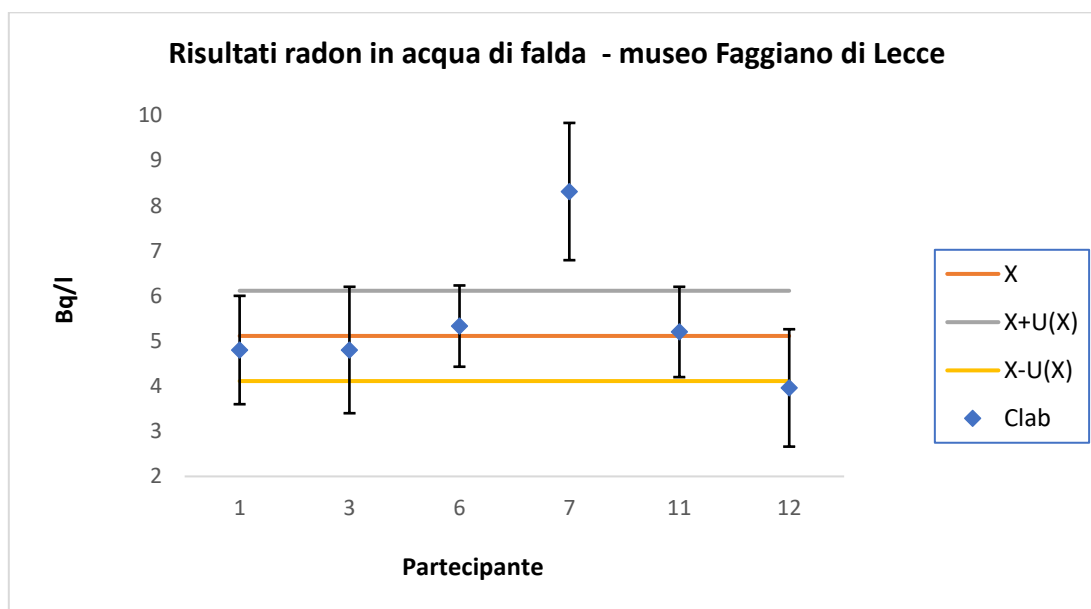
VALUTAZIONE DELLE PERFORMANCE

Tabella 2.4 Indicatori di performance dei partecipanti

Codice partecipante	R	D (Bq/l)	D%	ζ	z
1	0,94	-0,31	-6,10	-0,40	-0,31
3	0,94	-0,31	-6,10	-0,36	-0,31
6	1,04	0,22	4,26	0,32	0,21
7	1,63	3,20	62,56	3,52	3,13
11	1,02	0,09	1,72	0,12	0,09
12	0,77	-1,15	-22,54	-1,40	-1,13

Nel seguente grafico in figura 2.3 sono visualizzati i dati comunicati dai partecipanti con la relativa incertezza estesa e la media robusta.

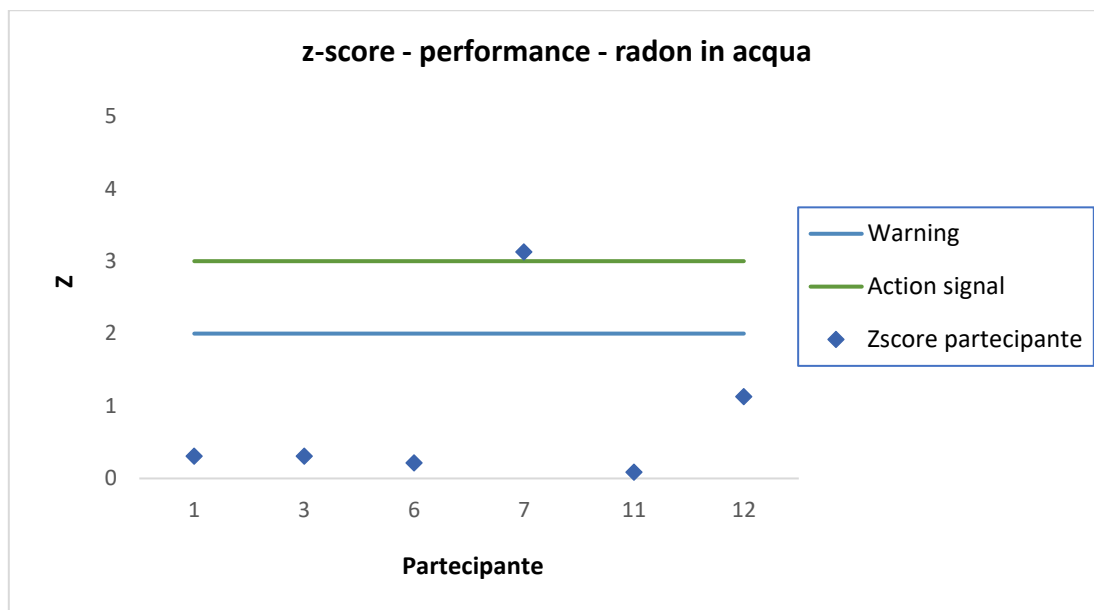
Figura 2.3 Risultati dei partecipanti e confronto con la media robusta



(partecipante= codice laboratorio partecipante)

Di seguito, in figura 2.4, sono mostrati i risultati dei partecipanti messi a confronto con le performance definite sulla base dell'indicatore z-score.

Figura 2.4 Performance dei partecipanti (z- score)



Infine, in figura 2.5, sono messe a confronto le tre tecniche di misura utilizzate dai 6 laboratori partecipanti alla prova e che mostrano risultati statisticamente sovrapponibili.

Figura 2.5: Risultati dei partecipanti e media robusta

