

RELAZIONE TECNICA

RAM 23/02 del 14/02/2023

Misure di radioattività in campioni di acqua prelevati
presso lo stabilimento termale di Arta Terme

1. INFORMAZIONI GENERALI

Richiedente	ASU FC – DIPARTIMENTO DI PREVENZIONE – S.O.C. Igiene e Sanità Pubblica
Comunicazioni	Richiesta di ASU FC disponibilità campionamento e analisi Protocollo Arpa FVG n. 39686-A del 16/12/2021 Risposta di Arpa FVG disponibilità campionamento e analisi Protocollo Arpa FVG n. 40347-P del 22/12/2021 ASU FC Comunicazione avvio monitoraggio qualità dell'acqua termale Protocollo Arpa FVG n. 5402-A del 24/02/2022 ASU FC Comunicazione nuova data campionamento acqua termale Protocollo Arpa FVG n. 16414-A del 01/06/2022 ASU FC Comunicazione nuova data campionamento acqua termale Protocollo Arpa FVG n. 26399-A del 25/08/2022
Oggetto dell'indagine	Acqua termale
Date dell'intervento	8 marzo 2022 – 7 giugno 2022 – 6 settembre 2022 – 28 novembre 2022
Luogo dell'intervento	Stabilimento termale, via Nazionale 1 – Arta Terme
Personale Arpa intervenuto	Massimo Garavaglia, Lucia Tramontin, Luca Piccini

2. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

A	Materiale per campionamento: bottiglie da 1 l in vetro, bottiglie da 1 l in plastica, fiale in vetro da 20 ml contenenti liquido scintillatore, tubo in gomma, imbuto, siringhe da 20 ml
B	Contatore a Scintillazione Liquida Hidex 300 SLL (n. di serie 2180743) dotato di sistema di rivelazione TDCR
C	Apparato per la spettrometria γ in laboratorio formato da: - rivelatore HPGe mod. GX3020 avente le seguenti caratteristiche: dimensioni del cristallo: 61 mm di diametro e 45 mm di lunghezza, efficienza percentuale relativa a 1332 keV: 30%, risoluzione (FWHM): 1,9 keV a 1332 keV - analizzatore multicanale CANBERRA Inspector 2000 mod. IN2K s.n. 13000381 - computer con software di analisi GENIE2K

3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Nei giorni 8 marzo 2022, 7 giugno 2022, 6 settembre 2022 e 28 novembre 2022, in accordo con i tecnici della S.O.C. Igiene e Sanità Pubblica di ASU FC e con il responsabile della struttura termale, i tecnici di Arpa FVG si sono recati presso lo stabilimento di Arta Terme per procedere al prelievo di campioni di acqua in punti significativi del sistema di distribuzione indicati nella Tabella 1 di seguito riportata.

I punti e la frequenza dei campionamenti sono stati definiti allo scopo di ottenere una completa caratterizzazione radiometrica dell'acqua. In particolare il campionamento per la determinazione del radon è stato eseguito ogni trimestre al fine di valutare un eventuale andamento stagionale.

I campionamenti sono finalizzati alla misura di radioattività con la tecnica della scintillazione liquida (SL) che permette di valutare il contenuto di radon e il contenuto totale di radionuclidi alfa e beta emettitori nell'acqua utilizzata nello stabilimento termale.

Per quanto riguarda la misura di radon, i campioni sono stati prelevati e preparati nelle fiale di misura in situ (10 ml di acqua in fiale da 20 ml contenenti liquido scintillatore) mentre per le analisi della radioattività alfa/beta totale le fiale sono state preparate in laboratorio prelevando l'aliquota necessaria da una bottiglia in plastica riempita con 1 litro di acqua durante il sopralluogo.

Tabella 1. Punti di campionamento e tipo di prelievo effettuato

Codice punto	Descrizione punto prelievo	Campionamento per Radon				Campionamento per α/β totale			
		1° trim	2° trim	3° trim	4° trim	1° trim	2° trim	3° trim	4° trim
ATo1	Rubinetto ingresso impianto - sala pompe	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
ATo2	Rubinetto fontanella atrio stabilimento	✓	✓	✓	✓		✓		
ATo3	Rubinetto pozzo esterno			✓					

Sia il campionamento che le misure di radon e alfa e beta totale in acqua sono state condotte secondo le rispettive norme tecniche di riferimento:

- ISO 13164-4 (2015) "Water quality – Radon-222 – Part 4: Test method using two-phase liquid scintillation counting"
- UNI EN ISO 11704 (2019) "Water quality – Gross alpha and gross beta activity – Test method using liquid scintillation counting"

4. RISULTATI DELLE ANALISI

4.1 RADON

In tabella 2 sono riportati i valori della concentrazione di attività di radon. L'incertezza associata alla misura è l'incertezza estesa con $k=2$. Tutti i valori sono superiori alla minima attività rilevabile (MAR) pari a 0.2 Bq/l.

Come termine di confronto è riportato il valore di parametro di 100 Bq/l (Allegato I del D. Lgs. 15 febbraio 2016, n. 28) applicabile alle acque destinate al consumo umano secondo la definizione di cui all'art 2 del citato decreto. Si precisa che le acque termali non rientrano in tale definizione.

Tabella 2. Concentrazione di attività di Radon (Bq/l)

Campione	Radon (Bq/l) 1 trimestre	Radon (Bq/l) 2 trimestre	Radon (Bq/l) 3 trimestre	Radon (Bq/l) 4 trimestre	Valore di parametro (Bq/l)
AT01	6.4 ± 0.9	6.8 ± 1.0	6.4 ± 1.0	6.4 ± 0.8	100
AT02	6.8 ± 1.0	6.2 ± 0.8	6.3 ± 0.9	6.5 ± 0.9	100
AT03			4.9 ± 0.5		100

La concentrazione massima di radon rilevata è pari a 6.8 ± 1.0 Bq/l di molto inferiore al valore di parametro.

Non si osservano variazioni dell'attività di radon legate alla stagionalità, né variazioni legate al punto di prelievo all'interno dello stabilimento termale.

All'esterno dello stabilimento è stato effettuato un campionamento al rubinetto del pozzo. In questo caso le difficoltà logistiche hanno impedito il prelievo del campione in modo accurato e probabilmente una frazione del radon contenuto nell'acqua si è disperso in aria. Per questo motivo il contenuto di radon nel campione AT03 risulta leggermente inferiore al contenuto degli altri campioni.

Visti i risultati delle misure effettuate, l'acqua utilizzata nello stabilimento termale non può fornire un contributo significativo alla concentrazione di radon indoor.

4.2 ALFA/BETA TOTALE

Per la misura di alfa/beta totale i campioni d'acqua sono stati prelevati presso lo stabilimento in una bottiglia di plastica da 1 litro. Una volta in laboratorio, è stata preparata una fiala di misura da 20 ml con 6 ml di acqua prelevata dalla bottiglia di plastica a cui sono stati aggiunti 14 ml di liquido scintillatore. Non si è potuta applicare la tecnica della pre-concentrazione: durante il riscaldamento del campione si sono formati precipitati che hanno impedito di utilizzare tale preparativa a cui solitamente si ricorre per aumentare il volume effettivo di analisi e ridurre di conseguenza la minima attività rilevabile (MAR).

Le misure sui tre campioni analizzati (uno del primo trimestre e due del secondo) hanno fornito valori inferiori alle Minime Attività Rilevabili sia per il parametro alfa totale che per il beta totale.

In tabella 3 sono riassunti i risultati. Come termini di confronto sono indicati i livelli di screening (Allegato III del D. Lgs. 15 febbraio 2016, n. 28) applicabili alle acque destinate al consumo umano secondo la definizione di cui all'art 2 del citato decreto legislativo. Si precisa che le acque termali non rientrano in tale definizione.

Tabella 3. Concentrazione di attività alfa/beta totale (Bq/l)

Campioni AT01-AT02	Concentrazione (Bq/l)	MAR (Bq/l)	Livello di screening (Bq/l)
Alfa totale	< MAR	0.3	0.1
Beta totale	< MAR	2.0	0.5

Sia per alfa totale che per beta totale le MAR sono di 3-4 volte superiori ai rispettivi livelli di screening.

Questi livelli sono stabiliti dalla normativa in modo da garantire il rispetto del valore di parametro di 0.1 mSv/anno della Dose Indicativa per le acque destinate al consumo umano, ai sensi del D. Lgs. 15 febbraio 2016, n. 28, nell'ipotesi di consumo annuale per ingestione pari a 730 litri per individuo adulto.

Nel caso in esame l'ingestione di acqua per scopi terapeutici è ragionevolmente inferiore al suddetto valore.

Nel paragrafo 4.3 viene calcolata la quantità massima che può essere assunta per garantire il rispetto della Dose Indicativa di 0.1 Sv/anno, mentre nei paragrafi 4.4 e 4.5 sono riportate le analisi radiometriche, condotte a titolo conoscitivo, su radionuclidi specifici di origine naturale e artificiale.

4.3 RISPETTO DELLA DOSE INDICATIVA

Ponendo come limite per la Dose Indicativa (DI) il valore di parametro di 0.1 mSv/anno, si vuole stimare la quantità di acqua termale ingeribile perché tale limite sia rispettato.

Non potendo condurre una analisi esaustiva di tutti i radionuclidi potenzialmente presenti nei campioni prelevati, sono state fatte alcune assunzioni adottando un approccio cautelativo.

La valutazione riguarda la fascia di età adulta (> 17 anni), che rappresenta l'utente tipo di uno stabilimento termale; si è inoltre ipotizzato che i radionuclidi alfa e beta emettitori presenti nell'acqua siano quelli maggiormente critici in termini di dose all'individuo.

I valori di concentrazione di attività alfa e beta totale utilizzati nel calcolo sono quelli misurati che corrispondono alle Minime Attività Rilevabili di tabella 3 e rappresentano un limite superiore. Il limite di Dose Indicativa è posto pari a 0.1 mSv/anno. La dose efficace impegnata per unità di attività è quella più cautelativa estratta dalla tabella dell'Allegato A dove sono indicati i radionuclidi di origine naturale più comuni (Tabella I dell'Allegato III del D. Lgs. 15 febbraio 2016, n. 28).

Il risultato del calcolo fornisce la seguente indicazione: un individuo adulto può ingerire fino a **56 litri** di acqua termale all'anno senza che venga superato il limite di dose. In questo calcolo non viene considerata la dose per inalazione.

Utilizzando i coefficienti della fascia di età dei neonati (< 1 anno), il massimo volume di acqua ingeribile in un anno perché sia rispettato il valore di parametro è pari a **1 litro**.

In tabella 4 sono riassunti i parametri utilizzati nella valutazione.

Tabella 4. Calcolo del volume massimo di acqua ingeribile affinché sia rispettato il parametro di Dose Indicativa

ALFA (Bq/l)	h ALFA (Sv/Bq)	BETA (Bq/l)	h BETA (Sv/Bq)	DI (mSv/anno)	AI (l/anno) (*)
Concentrazione attività misurata (Bq/l)	Dose efficace impegnata per unità di attività (Sv/Bq)	Concentrazione attività misurata (Bq/l)	Dose efficace impegnata per unità di attività (Sv/Bq)	Dose Indicativa (mSv/anno)	Numero massimo di litri ingeribili all'anno
0.3	1.20E-06	2.0	6.90E-07	0.1	56

(*) AI: Annual Intake (litri/anno)

Le valutazioni in questo paragrafo sono estremamente cautelative perché si basano su un doppio assunto altamente improbabile: la concentrazione dei radionuclidi è posta pari al valore della Minima Attività Rilevabile e i radionuclidi che producono questa concentrazione sono quelli con i coefficienti di dose peggiori.

4.4 DETERMINAZIONE URANIO TOTALE E RADIO-226

Come ulteriore approfondimento, svolto a titolo conoscitivo, è stata determinata la concentrazione dei radionuclidi naturali più comunemente presenti nelle acque: Uranio totale e Radio-226. Per fare ciò ci si è avvalsi di un laboratorio esterno e precisamente del laboratorio del CRR di Arpa Lombardia il quale ha fornito il rapporto di prova che si allega alla relazione.

Il campione esaminato è stato prelevato nel punto AT01 (al rubinetto di ingresso impianto nella sala pompe) il giorno 7 giugno 2022 e inviato al laboratorio esterno che ha iniziato le analisi il giorno 23 giugno 2022.

I risultati delle prove, per maggiore evidenza, sono riassunti nelle tabelle 5A e 5B.

I valori di attività alfa totale e beta totale di tabella 5A sono inferiori alle Minime Attività Rilevabili (MAR) come è risultato anche per le misure effettuate presso il laboratorio del CRR di Arpa FVG. I risultati dei due laboratori sono confrontabili a meno di differenze dovute alla diversa capacità analitica della strumentazione.

Anche i livelli di U totale e Ra-226 riportati in tabella 5B sono inferiori ai limiti di rivelazione che a loro volta sono inferiori alle concentrazioni critiche.

La concentrazione critica è la concentrazione massima consentita per lo specifico radionuclide tale per cui non è superata la dose di 0.1 mSv/anno tramite ingestione. Tale valore è calcolato per diverse fasce di età.

Le concentrazioni critiche sono estratte dalle tabelle del Rapporto ISTISAN 00/16 "Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption: calculation of derived activity concentrations" di S. Risica e S. Grande.

I dati sono riportati in Bq/kg oppure in Bq/l e sono tra di loro confrontabili assumendo che la densità dei campioni sia ragionevolmente pari a 1.

Tabella 5A. Concentrazione di attività alfa/beta totale (Bq/kg) misurati da CRR Arpa Lombardia

Campione AT01	Concentrazione (Bq/kg)	MAR (Bq/kg)	Livello di screening (Bq/l)
Alfa totale	< MAR	0.32	0.1
Beta totale	< MAR	1.3	0.5

Tabella 5B. Concentrazione di attività di Uranio totale e Radio-226 (Bq/kg) misurati da CRR Arpa Lombardia

Campione AT01	Concentrazione (Bq/kg)	MAR (Bq/kg)	Concentrazione Critica (Bq/l)
U totale (U-234 + U-235 + U-238)	< MAR	0.026	1.1 ⁽¹⁾
Radio-226	< MAR	0.016	0.085 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Valore cautelativo stimato per U-234 per la fascia di età inferiore a 1 anno

Sia l'Uranio totale che il Ra-226 sono presenti nel campione in quantità inferiore alle rispettive concentrazioni critiche e pertanto la Dose Indicativa di 0.1 mSv/anno dovuta a questi radionuclidi risulta rispettata.

4.5 RICERCA RADIONUCLIDI ARTIFICIALI TRAMITE SPETTROMETRIA GAMMA

Come ulteriore approfondimento è stata effettuata una misura in spettrometria gamma per la ricerca di eventuali radionuclidi artificiali.

Durante il sopralluogo del 7 giugno 2022 è stata prelevata al punto AT01 (rubinetto ingresso sala pompe) la quantità di acqua necessaria per tale analisi.

Nel laboratorio di Udine di Arpa FVG circa 6 litri di acqua sono stati acidificati, evaporati e infine portati a volume di misura (65cc) impiegando gel di silice. Ciò ha consentito di aumentare la capacità di rilevazione e di conseguenza diminuire la MAR (Minima Attività Rilevabile).

In tabella 6 sono riportati i risultati della misura eseguita in spettrometria gamma ad alta risoluzione con rivelatore al Germanio ad alto grado di purezza (HPGe).

Tutti i radionuclidi artificiali elencati in tabella sono risultati inferiori ai rispettivi limiti di rivelazione, i quali sono a loro volta inferiori ai valori critici di concentrazione derivati dalle tabelle del Rapporto ISTISAN

00/16 "Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption: calculation of derived activity concentrations" di S. Risica e S. Grande.

Questo implica che è sempre rispettato il valore della Dose Indicativa di 0.1 mSv/anno.

Tabella 6. Risultati della misura in spettrometria gamma

Radionuclide	Attività (Bq/l)	MAR (Bq/l)	Concentrazione critica (Bq/l)
Co-60	< MAR	2.57E-03	7.4E+00 (età ≤ 1 anno)
Nb-95	< MAR	1.80E-02	8.7E+01 (età ≤ 1 anno)
Zr-95	< MAR	1.33E-02	4.7E+01 (età ≤ 1 anno)
Ru-103	< MAR	1.46E-02	5.6E+01 (età ≤ 1 anno)
Ru-106	< MAR	2.39E-02	4.8E+00 (età ≤ 1 anno)
Cd-109	< MAR	3.48E-02	1.9E+01 (età ≤ 1 anno)
Ag-110m	< MAR	3.54E-03	1.7E+01 (età ≤ 1 anno)
Sb-125	< MAR	6.81E-03	3.6E+01 (età ≤ 1 anno)
Cs-134	< MAR	2.63E-03	7.2E+00 (età > 17 anni)
Cs-137	< MAR	2.39E-03	1.1E+01 (età > 17 anni)
Ba-140	< MAR	2.72E+00	1.3E+01 (età ≤ 1 anno)
La-140	< MAR	8.70E-01	2.0E+01 (età ≤ 1 anno)
Ce-141	< MAR	2.91E-02	4.9E+01 (età ≤ 1 anno)
Ce-144	< MAR	1.64E-02	6.1E+00 (età ≤ 1 anno)
Hg-203	< MAR	1.04E-02	2.6E+01 (età 1-2 anni)

5. CONCLUSIONI

La radioattività nei campioni di acqua prelevati presso lo stabilimento termale di Arta Terme è stata misurata con la tecnica della Scintillazione Liquida, valutando la concentrazione di attività di radon e di alfa e beta totale.

La concentrazione di attività delle acque ad uso termale non è soggetta a limitazioni normative specifiche, tuttavia, per avere dei termini di confronto, si è fatto riferimento ai valori di parametro del Decreto Legislativo 15 febbraio 2016, n. 28, attuativo della Direttiva 2013/51/EURATOM e applicabile alle acque destinate al consumo umano.

Per quanto riguarda il contenuto di radon, la concentrazione di attività massima misurata è pari a 6.8 ± 1.0 Bq/l, di molto inferiore al valore di parametro di 100 Bq/l.

Per quanto riguarda la concentrazione di alfa totale e beta totale, i risultati delle misure sono inferiori alle Minime Attività Rilevabili che a loro volta sono superiori ai livelli di screening. Si è quindi adottato un approccio indiretto per valutare il rispetto della Dose Indicativa, determinando la quantità massima di acqua termale assumibile per ingestione: si può affermare che per un individuo adulto (>17 anni), considerato come tipico frequentatore di uno stabilimento termale, il valore di parametro di 0.1 mSv/anno per la Dose Indicativa è rispettato per ingestione di acqua inferiore a 56 litri/anno.

Ulteriori approfondimenti su radionuclidi specifici hanno evidenziato che l'Uranio totale e il Radio-226 sono presenti in concentrazioni inferiori alle rispettive concentrazioni critiche e analoga evidenza si ha per i radionuclidi artificiali esaminati.

I tecnici

dott. Massimo Garavaglia

dott. ssa Lucia Tramontin

La Dirigente responsabile della
SOS Centro Regionale di Radioprotezione
dott.ssa Concettina Giovani
(documento informatico sottoscritto con firma digitale
ai sensi del d.lgs. 82/2005)

ALLEGATO A

Radionuclidi naturali più comuni e rispettivi coefficienti di dose (Sv/Bq) suddivisi per fasce di età. I coefficienti sono tratti dall'allegato III, tabella A, della Direttiva 96/29/Euratom così come riportati nel Rapporto ISTISAN 00/16.

Radionuclidi	Tipo di decadimento	$f_1 \leq 1 \text{ y}$	$h(\leq 1 \text{ y})$	$f_1 \text{ for } > 1 \text{ y}$	$h(1-2 \text{ y})$	$h(2-7 \text{ y})$	$h(7-10 \text{ y})$	$h(> 17 \text{ y})$
U-238	Alfa	4.0E-02	3.4E-07	2.0E-02	1.2E-07	8.0E-08	6.8E-08	4.5E-08
U-234	Alfa	4.0E-02	3.7E-07	2.0E-02	1.3E-07	8.8E-08	7.4E-08	4.9E-08
Ra-226	Alfa	6.0E-01	4.7E-06	2.0E-01	9.6E-07	6.2E-07	8.0E-07	2.8E-07
Ra-228	Beta	6.0E-01	3.0E-05	2.0E-01	5.7E-06	3.4E-06	3.9E-06	6.9E-07
Pb-210	Beta	6.0E-01	8.4E-06	2.0E-01	3.6E-06	2.2E-06	1.9E-06	6.9E-07
Po-210	Alfa	1.0E+00	2.6E-05	5.0E-01	8.8E-06	4.4E-06	2.6E-06	1.2E-06

In rosso i valori dei coefficienti in assoluto più elevati. In grassetto i valori più elevati per la fascia di età degli adulti (> 17 anni).

Fascia di età adulti:

Valore massimo per radionuclidi beta emettitori: 6.9e-7 (Sv/Bq) per Radio-228 e Piombo-210

Valore massimo per radionuclidi alfa emettitori: 1.2e-6 (Sv/Bq) per Polonio-210