

Contenuto radiometrico delle acque sotterranee: Il caso di Parabiago (Milano)

Panzeri P.^{1*}, Bellinzona S.², Danieli W.¹, Forte M.^{2**}, Gatti A.P.¹, Rusconi R.², Russo M.¹ e Sgorbati G.³

¹ARPA Lombardia – Dipartimento sub-provinciale di Parabiago, via Spagliardi 19, 20015 Parabiago (Mi)

²ARPA Lombardia – Dipartimento sub-provinciale Città di Milano e Melegnano, via Juvara 22, 20129 Milano

³ARPA Lombardia – Dipartimento provinciale di Milano, via Juvara 22, 20129 Milano

* p.panzeri@arpalombardia.it ** m.forte@arpalombardia.it

Abstract

È stata effettuata una indagine sul contenuto di radioattività naturale nelle acque di falda della città di Parabiago e in alcuni comuni limitrofi. Sono stati misurati i più importanti parametri radiometrici (attività alfa e beta totale, ⁴⁰K, ²³⁴U e ²³⁸U, ²²²Rn e ²²⁶Ra). Le acque sono state caratterizzate da un punto di vista chimico-fisico ed i pozzi georeferenziati e classificati in base alla falda a cui afferiscono.

In alcuni casi sono state riscontrate concentrazioni degli isotopi dell'uranio superiori alla media lombarda, anche se privi di rilievo dal punto di vista radioprotezionistico. Sono state evidenziate correlazioni tra i parametri radiometrici e chimico-fisici delle acque mediante l'uso di tecniche statistiche.

Particolarmente evidente è risultata la dipendenza dell'attività radiometrica dal tipo di falda e dalla posizione geografica del pozzo. Dal momento che è stato riscontrato un aumento della concentrazione degli isotopi dell'uranio sia nella seconda falda che procedendo in direzione est-ovest, si è tentato di offrire una spiegazione considerando la natura e la storia geo-litologica dell'area.

I. INTRODUZIONE

Nell'ultimo trimestre del 2001 è stata avviata la prima campagna di monitoraggio radiometrico delle acque di rete in Lombardia realizzata mediante il prelievo e l'analisi, limitatamente alle attività alfa e beta totali, di campioni prelevati presso le tredici sedi ARPA lombarde ai punti finali di erogazione, normalmente da rubinetti all'interno dei laboratori.

Nel campione prelevato presso la sede del Dipartimento ARPA di Parabiago erano stati misurati valori di attività nettamente superiori alla media regionale; ciò ha reso di interesse un approfondimento di indagine volto a chiarire l'estensione e le ragioni di questa anomalia.

È stata perciò realizzata una campagna di misure sulle acque di falda della città di Parabiago e dei comuni circostanti, effettuando il prelievo ai singoli pozzi di captazione ed in particolare sui 7 pozzi afferenti all'acquedotto di Parabiago e su 10 pozzi afferenti agli acquedotti di alcuni dei comuni vicini, in maggior parte riferibili alla seconda e alla terza falda. Per completare il quadro conoscitivo sono stati, inoltre, campionati 3 pozzi di prima falda destinati ad usi industriali.

I dati ottenuti sono stati interpretati sia mediante l'uso di tecniche statistiche che grazie all'esame della geologia ed idrogeologia locale.

II. METODI DI CAMPIONAMENTO ED ANALISI

I campioni sono stati prelevati ai rubinetti di spillamento dei singoli pozzi con modalità differenziate in relazione alle caratteristiche degli analiti.

L'aliquota per la determinazione del ²²²Rn è stata raccolta in recipienti in vetro da 500 ml dotati di tappo con setto in teflon. Il prelievo è stato effettuato introducendo completamente nel recipiente un tubo in plastica collegato al rubinetto di erogazione e flussando il liquido per alcuni minuti per consentire numerosi ricambi all'interno del contenitore. Quest'ultimo è stato poi accuratamente chiuso evitando la formazione di un battente d'aria all'interno. La procedura impedisce, come dimostrato in numerose prove comparative, perdite di gas radon che tende ad essere spontaneamente desorbito dall'acqua.

L'aliquota per le altre determinazioni radiometriche e chimiche è stata raccolta in recipienti da 10 litri in polietilene. La scelta del polietilene è volta a minimizzare i fenomeni di adesione dei soluti sulle pareti.

Le determinazioni radiometriche ed in particolare la misura delle attività alfa e beta totali, dell'attività dell'uranio totale e delle concentrazioni in attività dei suoi isotopi ²³⁴U e ²³⁸U, del ²²⁶Ra e del ²²²Rn sono state realizzate mediante la tecnica della scintillazione liquida con procedure messe a punto dal Dipartimento ARPA di Milano e testate in confronti nazionali ed internazionali [1].

Le misure chimico-fisiche sulle acque, corrispondenti alle analisi cosiddette di tipo C3 routinariamente effettuate sulle acque di rete, sono state realizzate dalla U.O. Risorse Idriche e Naturali del Dipartimento di Milano. In particolare la determinazione

del residuo fisso è stata effettuata per conduttimetria e quella delle concentrazioni di anioni e cationi per cromatografia ionica. L'attività di ^{40}K è stata ricavata per calcolo dalla concentrazione dello ione K^+ .

Le analisi chimiche e la preparazione delle aliquote per le misure radiometriche sono state effettuate nel minor tempo possibile (48 ore circa dal campionamento) per evitare alterazioni dei campioni.

III. RISULTATI

In Tabella 1 sono presentati i risultati delle analisi radiometriche. L'attività alfa totale presenta un intervallo di variazione più ampio di quella beta; 7 campioni presentano attività superiori a 100 mBq/kg e, di questi, 2 superiori a 300 mBq/kg. Un simile andamento si nota per l'attività dell'uranio totale. Il rapporto degli isotopi ^{234}U e ^{238}U varia tra 1,18 e 2,12. Le concentrazioni di ^{226}Ra , quando rivelabili, appaiono modeste. Le variazioni delle concentrazioni di ^{222}Rn sono comprese tra 5,3 e 18,9 Bq/kg.

Tabella 1: Risultati delle analisi radiometriche

Comune	Indirizzo	Falda	Alfa tot mBq/kg	Beta tot mBq/kg	Uranio tot mBq/kg	U-234/U-238	Ra-226 mBq/kg	Rn-222 Bq/kg
Lainate	v. XXV aprile	1	15,6 ± 6,1	63,8 ± 24,1	11,1 ± 2,7	1,34 ± 0,88	< 7,3	10,00 ± 1,50
Cerro M.	v. Vercelli	3	22,9 ± 6,8	88,4 ± 25,4	20,4 ± 2,6	1,68 ± 0,47	< 7,3	5,31 ± 0,88
Parabiago	fr. S.Lorenzo 1	3	26,9 ± 7,2	54,7 ± 23,6	31,4 ± 3,5	1,80 ± 0,39	< 7,2	13,60 ± 2,00
Rho	c.so Europa	1	28,5 ± 7,3	61,8 ± 23,9	41,1 ± 4,2	1,22 ± 0,21	< 7,2	n.d.
Lainate	v. Caronasca	3	29,8 ± 7,5	88,3 ± 25,6	20,6 ± 2,8	2,12 ± 0,67	< 7,3	12,31 ± 1,84
Rescaldina	v. Melzi	1	97,4 ± 28,2	85,9 ± 25,3	111,7 ± 9,7	1,35 ± 0,13	< 7,3	14,70 ± 2,19
Parabiago	fr. S.Lorenzo 2	3	47,8 ± 9,2	79,3 ± 25,0	52,5 ± 5,1	1,72 ± 0,25	< 7,9	10,88 ± 1,63
Rho	v. Capuana	2	54,9 ± 10,0	58,5 ± 23,8	62,1 ± 5,8	1,67 ± 0,22	< 7,3	n.d.
Rho	v. B.D'Este	3	70,0 ± 11,5	111,5 ± 27,1	64,6 ± 6,2	1,75 ± 0,26	< 7,3	n.d.
Legnano	v. Quasimodo	3	71,1 ± 11,6	101,1 ± 26,4	80,1 ± 7,4	1,76 ± 0,22	< 7,3	10,93 ± 1,63
Parabiago	v. Sempione	1	82,9 ± 12,8	81,5 ± 25,1	129,6 ± 11,0	1,18 ± 0,10	10,4 ± 5,9	18,91 ± 2,71
Parabiago	v. Butti	1	83,2 ± 12,9	142,5 ± 29,3	69,2 ± 6,3	1,22 ± 0,14	< 7,3	9,96 ± 1,49
Inveruno	v. Rosselli	3	98,7 ± 14,5	117,5 ± 27,6	123,1 ± 10,8	1,76 ± 0,16	< 7,3	6,99 ± 1,10
Parabiago	p.zza Vittoria	2+3	129,4 ± 17,7	128,6 ± 28,3	158,5 ± 13,5	1,61 ± 0,13	< 7,2	11,42 ± 1,68
Marcallo	v. Jacini	1	134,8 ± 18,3	130,8 ± 28,4	169,6 ± 14,2	1,34 ± 0,10	< 9,3	19,77 ± 2,86
Lainate	v. Caronasca	2	170,9 ± 32,7	75,9 ± 36,5	120,2 ± 10,5	1,78 ± 0,17	< 7,2	10,42 ± 1,58
Parabiago	v. Borromini	2+3	228,6 ± 35,6	86,0 ± 38,9	219,3 ± 18,9	1,43 ± 0,09	12,1 ± 6,0	11,61 ± 1,73
Parabiago	fr. S.Lorenzo 3	2	249,9 ± 41,5	187,4 ± 45,1	267,2 ± 21,8	1,31 ± 0,07	21,9 ± 6,6	9,53 ± 1,45
Parabiago	fr. S.Lorenzo 4	2	326,6 ± 45,4	117,5 ± 43,6	341,0 ± 27,6	1,36 ± 0,07	19,3 ± 6,4	13,58 ± 2,00
Parabiago	v. D. Gnocchi	2	388,3 ± 60,8	74,5 ± 43,8	374,8 ± 30,1	1,28 ± 0,06	29,5 ± 7,2	10,2 ± 1,54

Dall'esame della tabella si può immediatamente osservare che l'attività alfa osservata è principalmente attribuibile agli isotopi dell'uranio. La correlazione tra questi due parametri risulta essere molto stretta ($R^2=0,94$). Raggruppando i valori dell'attività alfa totale (o dell'uranio totale) in base alla falda di appartenenza si nota che la media più alta di concentrazioni di attività è riferibile alla seconda falda (Figura 1).

Il rapporto $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ viceversa decresce gradualmente dalla terza alla prima falda (Figura 2). Le concentrazioni di ^{222}Rn sono leggermente maggiori in media nella prima falda, mentre poco si può dire a proposito del ^{226}Ra dal momento che la maggior parte dei campioni risulta al di sotto del limite di rivelabilità.

Analoghe considerazioni sono state ripetute sui parametri chimici, per i quali il dato più evidente è il decremento del residuo fisso medio dalla prima alla terza falda. Tuttavia, data la molteplicità dei parametri in gioco, una visione globale delle relazioni tra di essi necessita dell'applicazione di metodi di analisi statistica più raffinati.

L'applicazione dell'analisi delle componenti principali (PCA) ha consentito di individuare gruppi di parametri in relazione tra di loro, con i seguenti risultati: al primo gruppo appartengono la maggior parte dei parametri chimico-fisici (pH, residuo fisso, durezza, concentrazione della maggior parte degli anioni e cationi) oltre che, con relazione inversa, la falda e il rapporto $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$, evidentemente correlato alle caratteristiche generali dell'acqua piuttosto che al contenuto di radioattività. Al secondo gruppo (o componente principale) appartengono: l'attività alfa totale e le concentrazioni di uranio totale, ^{234}U e ^{238}U . L'attività

beta totale e il radon vengono collocati in gruppi distinti, anche tra di loro, cui è associata una “varianza spiegata” minima: sono quindi sostanzialmente scorrelati sia dai parametri radiometrici che chimico-fisici.

Un altro risultato di interesse si ottiene mettendo in relazione le concentrazioni di uranio, distinte per falda, con le coordinate Gauss Boaga orizzontali (x); risulta evidente l’incremento dell’attività in ciascuna delle tre falde procedendo in direzione est-ovest, cioè verso il bacino del Ticino (Figura 3).

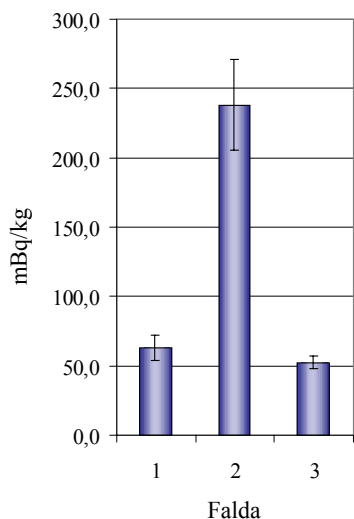


Figura 1: Attività alfa totale medie in funzione della falda

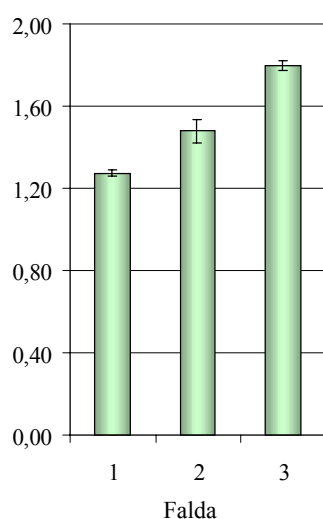


Figura 2: Rapporti $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ medi in funzione della falda

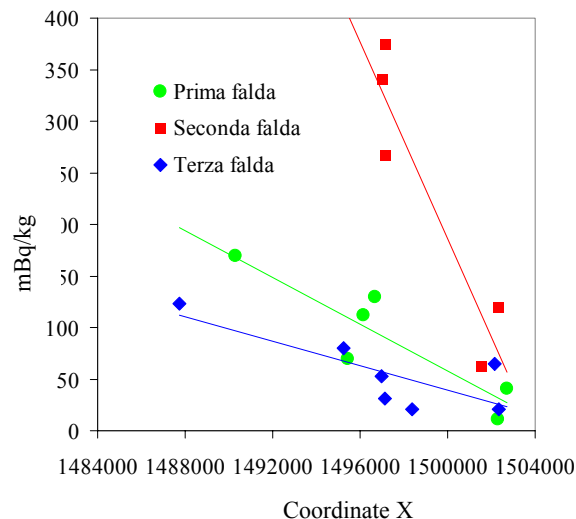


Figura 3: Attività dell’uranio totale in funzione delle coordinate Gauss-Boaga

IV. CONSIDERAZIONI GEO-LITOLOGICHE

La descrizione della struttura idrogeologica nel sottosuolo della provincia di Milano, e in generale della Pianura Padana, ampiamente riportata in letteratura [2] e basata prevalentemente su criteri litologici di permeabilità e vulnerabilità della risorsa, non permette di avanzare ipotesi sull’origine delle differenze osservate nel contenuto radiometrico delle acque analizzate. Tuttavia, è verosimile che tali differenze siano spiegabili in base alla composizione degli acquiferi, in quanto è noto che la geologia della zona e la composizione petrografica dell’acquifero hanno un’influenza fondamentale sul contenuto di radioattività naturale nelle acque. La maggior parte degli elementi radioattivi disciolti, infatti, proviene dall’erosione delle rocce a contatto con l’acqua [3].

Studi recenti [4] effettuati nell’alta valle del Fiume Olona, immediatamente a Nord dell’area oggetto della presente relazione, hanno consentito di ricostruire la struttura geologica di dettaglio dei depositi pre-quadernari e quadernari e la loro evoluzione paleogeografica. In particolare, si evidenzia la presenza dei paleoalvei del Fiume Olona e del Fiume Ticino. Il primo risulta posizionato in prossimità e parallelo all’attuale corso del fiume, mentre il secondo si colloca molto più ad est della posizione del corso attuale. Sino al Pliocene superiore, infatti, il fiume Ticino scorreva in direzione Ovest - Est, dal Lago Maggiore al Lago di Varese, per poi puntare verso Sud in prossimità di Gazzada (Va) percorrendo l’attuale valle del Fiume Arno. Le due pianie fluviali, nella zona a valle di Castel Seprio (Va), formano un unico corpo sedimentario costituito dalla sovrapposizione dei sedimenti dei due fiumi e, data la predominanza del Ticino sia per portata che per carico sedimentario, si rinvennero graniti provenienti dalla zona ticinese anche in Valle Olona [4]. Tali depositi sedimentari vengono identificati come Allogruppo di Cairate (ghiaie, sabbie con livelli di limo sabbioso e/o limo argilloso più o meno frequenti) la cui successione (prisma sedimentario) è ben visibile nei profili sismici eseguiti dall’Agip all’altezza e a sud di Busto Arsizio.

Si può quindi ipotizzare che l’antico alveo del Ticino (delta-conoide del paleo-Ticino), approfondendosi ed ispessendosi verso sud, si spingesse almeno sino all’area di studio contribuendo a formare parte del secondo acquifero. Considerando che l’area di alimentazione dei sedimenti trasportati dal Ticino è costituita principalmente da graniti, ortogneiss e scisti (Duomo Lepontino), tutte rocce ricche di uranio, con un contenuto sino a 3.9 g/t, rispetto alle rocce basiche che presentano un massimo di 0.96 g/t [5], si può ragionevolmente supporre che il contenuto radiometrico delle acque di seconda falda e la sua variabilità areale siano legati alla presenza o meno del paleoalveo del fiume Ticino sepolto dai depositi fluvio-glaciali. Di contro i depositi legati all’attuale corso del Ticino potrebbero giustificare la variabilità del contenuto radiometrico in prima falda.

V. CONCLUSIONI

Una prima, importante, considerazione sui dati risultanti da questa indagine riguarda le stime di dose per ingestione collegate alle acque esaminate. Utilizzando i criteri ed i coefficienti di dose previsti dalla normativa vigente e dalle linee guida più attuali, il valore di parametro per la dose totale indicativa riportato nel Decreto Legislativo 31/01 (0,1 mSv/anno) [6] non viene mai superato: il valore massimo di dose efficace calcolato è stato di 0,016 mSv/anno (Parabiago, via Don Gnocchi). Ciò è causato dal fatto che l'attività radiometrica è sostanzialmente dovuta agli isotopi dell'uranio che presentano una modesta radiotossicità. Non è quindi associabile alcuna rilevanza radioprotezionistica al consumo di acqua di rete anche nei casi in cui l'attività totale è più elevata della media.

Le conclusioni tratte dall'analisi dei dati chimici, radiometrici e geografici delle acque in esame si possono così riassumere:

- nell'ambito di questo gruppo di campioni, gli isotopi dell'uranio sono i radionuclidi più abbondanti in termini di concentrazione di attività;
- l'attività alfa totale e la concentrazione di attività dell'uranio sono fortemente correlate; un solo parametro radiometrico (ad esempio l'attività alfa totale) è quindi sufficientemente descrittivo da un punto di vista radiometrico;
- l'attività alfa varia in funzione sia della falda (le attività più elevate si registrano nella seconda) che della posizione geografica del pozzo (aumentano in direzione ovest), anche se quest'ultimo dato necessita di ulteriori riscontri;
- l'analisi statistica dei dati chimico-fisici e radiometrici permette di raggruppare le acque in modo efficace. Un ampio gruppo di parametri chimici (ed il rapporto isotopico $^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}$) permette di classificarle secondo un criterio coerente con la falda prevalente;
- le attività di ^{222}Rn disciolto rientrano tra quelle normalmente riscontrate nelle falde padane e appaiono dipendere scarsamente dalla profondità di captazione dell'acqua e dalla posizione del pozzo; non sono comunque correlate agli altri parametri chimici o radiometrici delle acque;
- la geologia del sottosuolo sembrerebbe suggerire una relazione diretta tra il contenuto radiometrico delle acque di falda e la presenza dei depositi fluviali del Ticino, che risultano composti da frammenti di rocce granitiche e gneissiche notoriamente ricche in elementi radioattivi. In particolare la posizione del paleoalveo del Ticino potrebbe spiegare la variabilità radiometrica osservata in seconda falda.

VI. RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano:

il Dr. Robles della U.O. Risorse Idriche Naturali e la U.O. Laboratorio del Dipartimento A.R.P.A. di Milano per la analisi chimico-fisiche.

la Dr.ssa Arianna Azzellino del Dipartimento Ingegneria Ambientale del Politecnico di Milano per il contributo alle elaborazioni statistiche.

il Prof. Alfredo Bini della Facoltà di Scienze Geologiche dell'Università degli Studi di Milano per le informazioni sulla geologia e l'idrogeologia dell'area.

VII. REFERENZE

- [1] M. Forte, R. Rusconi, E. Di Caprio, S. Bellinzona and G. Sgorbati: "Natural radionuclides measurements in Lombardia drinking water by liquid scintillation counting" - 9th Symposium on Environmental Radiochemical Analysis - Maidstone (Kent- GB), 18-20 settembre 2002.
- [2] Provincia di Milano: Sistema Informativo Falda: "n° 4 - Osservazioni sulla geometria della base dell'acquifero tradizionale nella Provincia di Milano" - Quaderni Direzione Centrale Ambiente - Settore Suolo e Sottosuolo e Industrie a Rischio, 2001.
- [3] J.K. Osmond, J.B. Cowart in: "Uranium series disequilibrium" - 2° Edition, Clarendon Press - Oxford, 1992.
- [4] A. Bini, L. Zuccoli: "Geologia della Valle Olona tra Malnate e Lonate Ceppino (VA)" - Geologia Insubrica 6/2, 2001.
- [5] G. Carobbi: "Trattato di Mineralogia" 3° Edizione - USES Edizioni Scientifiche Spa Firenze, 1971.
- [6] Decreto Legislativo 2 febbraio 2001, n. 31 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alle acque destinate al consumo umano".