

Le acque da bere in Italia: analisi e valutazione di qualità

M. IMPERATO¹, M. GUIDA², M. TRIFUOGGI³

¹ CERAM, Centro Europeo di Ricerca Acque Minerali,
Centro Direzionale Isola E3, Napoli

² Dipartimento delle Scienze Biologiche, Università Federico II, Napoli

³ Dipartimento di Chimica "P. Corradini", Università Federico II, Napoli

INTRODUZIONE

Le problematiche igienico-sanitarie legate all'uso dell'acqua suscitano da anni l'interesse della comunità scientifica e soprattutto del fruitore. In questo campo la letteratura scientifica italiana fa riferimento soprattutto allo stato di contaminazione delle acque sotterranee destinate ad uso potabile per fattori geoambientali ed antropici evidenziando, spesso, un significativo depauperamento qualitativo delle risorse idriche alla fonte (1-4).

Il presente lavoro, condotto su scala nazionale, ha lo scopo di valutare la qualità delle acque "bevute" dagli italiani, sulla base di elementi caratterizzanti, elementi in traccia e contaminanti. I risultati ottenuti non sono comparati con i limiti dettati dalle normative vigenti (d.lgs. 31/2001, d.m. 542/1992 e s.i.e m.). Il rispetto di tali limiti è verificato da organismi statali attraverso un rigoroso e capillare sistema di monitoraggio e controllo. Tuttavia, i piani di sorveglianza idrica possono risultare insufficienti in tutti i paesi indipendentemente dal loro sviluppo socio-economico soprattutto nella valutazione del rischio microbiologico e chimico. Pertanto già da alcuni anni si punta ad utilizzare quello che viene definito il *Water Safety Plan* (5), un piano integrato che è diretto a prevenire ed individuare le criticità dell'intero sistema al fine di raggiungere non solo gli obiettivi minimi richiesti dalle norme vigenti, ma soprattutto il miglioramento continuo della qualità dell'acqua utilizzata.

A tale scopo il presente lavoro, attraverso una fotografia della qualità delle acque effettivamente "bevute" in Italia, tende a individuare gli elementi di criticità, considerando anche tutte le modificazioni peggiorative determinate da variabili imprevedute.

MATERIALI E METODI

Campo d'applicazione

Nel presente lavoro sono state considerate le acque bevute in Italia: acque potabili (AP) di rete e acque minerali in bottiglia (AM). Le AP sono state prelevate direttamente al punto d'uso, il rubinetto di casa, mentre le AM sono state acquistate in punti vendita al dettaglio distribuiti sul territorio nazionale.

Campionamento

Nel periodo compreso tra novembre 2008 e febbraio 2009 sono stati prelevati 209 campioni d'acqua potabile di rete in 17 regioni italiane. In particolare i prelievi hanno interessato 50 città, con una popolazione stimata totale residente di 12.055.969 di abitanti così distribuiti: Piemonte (1.051.611), Liguria (701.698), Lombardia (1.704.272), Trentino alto Adige (199.935), Veneto (779.440), Friuli Venezia Giulia (306.214), Emilia Romagna (1.513.832), Toscana (636.280), Umbria (254.143), Marche (167.152), Lazio (2.448.519), Abruzzo (184.789), Molise (21.152), Campania (1.214.896), Basilicata (69.060), Puglia (673.768), Calabria (129.208). Il numero dei campioni per ogni città è stato considerato in modo da rispettare una densità di prelievo rispetto al numero di abitanti di 1:60.000.

Nello stesso periodo sono stati prelevati presso punti vendita al dettaglio 144 campioni d'acqua minerale, confezionati in bottiglie in PET da 1, 1,5 e 2 litri, appartenenti a 24 diversi brand, in modo da ricoprire il 73% della quota di mercato totale italiana (6). In questo caso, i prodotti usati come campione sono stati acquistati sempre in regioni diverse dal sito di produzione.

Analisi chimiche e chimico-fisiche

Tutte le analisi chimiche e chimico-fisiche sono state eseguite in accordo con le metodologie standard (7, 8).

In particolare il cloro residuo, e tutte le specie affini (cloro residuo libero, combinato e totale; monocloroammina; dicloroammina; biossido di cloro e clorito) sono state determinate dopo reazione con N,N,-dietil-p-fenilendiammina (DPD), mediante dosaggio spettrofotometrico alla lunghezza d'onda di 510 nm. Le misure *in situ* sono state effettuate mediante spettrofotometro Hach-Lange.

La determinazione degli anioni è stata effettuata mediante un sistema cromatografico Metrohm, basata su un centro di separa-

zione 733 IC, unità di dialisi per soppressione 754 IC, soppressore di CO₂ 853 e doppio sistema di rivelazione (rilevatore conduttimetrico 819 IC e rilevatore UV Lambda 1010), dotato di colonna Metrosep A SUPP 5 250 (4,0 mm x 250 mm), resina stirene/divinilbenzene con gruppi di ammonio quaternario e precolonna A SUPP 1 GUARD costituita dallo stesso materiale; eluente NaHCO₃ 1,0 mM e Na₂CO₃ 3,2 mM.

La determinazione dei cationi è stata effettuata mediante un sistema Metrohm 761 IC, dotato di colonna Metrosep C2 150 (4,0 mm x 150 mm), in silice con gruppi carbossilici e precolonna Metrosep C2 GUARD dello stesso materiale; eluente acido tartarico 4,0 mM e acido dipicolinico 0,75 mM.

La determinazione dei metalli ed elementi in tracce è stata effettuata mediante l'utilizzo della tecnica di accoppiamento induttivo al plasma con rivelatore quadrupolare a spettrometria di massa (ICP-QMS); a tale scopo è stato utilizzato un apparecchio Agilent Technologies 7500 ICP-MS, dotato di nebulizzatore tipo Babbington, camera spray in vetro e torcia monoblocco in quarzo, dotato di autocampionatore.

La determinazione dei THM e dei composti organoalogenati volatili è stata effettuata mediante gas-cromatografia con rivelatore ECD e FID (HP Agilent 6890 EPC con micro-ECD e HP Agilent 6890 EPC con FID), colonne Zebron ZB 624 (0,25mm id, 1,4 µm fase stazionaria legata). Il campione prelevato in vials da 20 ml è stato preriscaldato a 60°C per 45'; lo spazio di testa (0,5 ml) iniettato nel gascromatografo con temperatura programmata T = 30°C per 5'; da T = 30°C a T = 180°C a 4°C/min; a T = 180°C fino alla fuoriuscita dell'ultimo analita, per complessivi 40'. Le analisi sono state effettuate tra 1 e 5 giorni dopo il campionamento, su campioni conservati a 4°C.

Analisi microbiologiche

Le attività microbiologiche hanno interessato un'aliquota del campionamento totale (5 regioni per un totale di 64 campioni). Le analisi sono state eseguite secondo quanto previsto dalle norme vigenti per il controllo igienico sanitario delle acque destinate al consumo umano (d.lgs. 31/01) e delle acque minerali (d.m. 542/1992, modificato dal decreto del Ministero della Sanità del 31/05/2001 e 29/12/2003 e s.m. e i.).

Analisi statistiche e mappa di distribuzione spaziale

I dati sono stati sottoposti ad analisi statistica e descrittiva per definire le loro frequenze di distribuzione. La valutazione del grado di associazione fra variabili normalmente distribuite, è stata basata sul calcolo del valore del coefficiente di correlazione (r) testato al 5% di livello significativo secondo al seguente relazione:

$$|t\text{-test}| = |r| \sqrt{(n-2)/(1-r^2)} > t(n-2; \alpha/2); 5\% \text{ SL}$$

L'analisi della dispersione geometrica di tutte le variabili è stata effettuata per controllare la distribuzione dei dati ed aiutare l'interpretazione dei risultati.

Le concentrazioni totali di alcuni analiti sono state usate per costruire *contour map* mediante rappresentazione geostatistica *Kriging* (9).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Elementi caratterizzanti

La statistica descrittiva delle analisi condotte su AP e AM relativamente agli elementi caratterizzanti, è riportata in Tabella 1. La concentrazione in bicarbonato è compresa per le AM in un range da 4 a 1345 mg/L e per le AP da 31 a 555 mg/L, con valori mediani molto prossimi, pari rispettivamente a 270 e 275 mg/L. Analogamente valori mediani molto simili si riscontrano per il potassio, la silice e il calcio nei quali, i valori minimo e massimo sono rispettivamente variabili da 0,10 a 53 mg/L per le AM e da 0,20 a 26,4 mg/L per le AP, da 1,80 a 80 mg/L per le AM e da 1,10 a 46 mg/L per le AP ed infine da 0,90 a 353 mg/L per le AM e da 5,90 a 141 mg/L per le AP.

Sodio e cloruri mostrano una distribuzione statistica abbastanza simile. Per il primo la concentrazione è compresa, per le AM tra 1,10 e 69 mg/L e per le AP tra 1,70 e 178 mg/L, con valori mediani pari rispettivamente a 4,80 e 11,25 mg/L, per il secondo la concentrazione è compresa tra 0,30 e 74 mg/L per le AM e tra 0,40 e 112 mg/L per le AP, con valori mediani pari rispettivamente a 7 e 17,35 mg/L.

Inoltre, nell'analisi della distribuzione geometrica dei dati visualizzata mediante box plot (Figura 1) è possibile riconoscere la possibilità dopo il 75° percentile per le AM di reperire sul mercato

Tabella 1 - Caratterizzazione delle acque campionate, vengono riportati i valori minimo, massimo, mediana, media e deviazione standard.

	UM	AM					AP					d.St
		min	max	mediana	media	d.s.	min	max	mediana	media		
C.E.	µS/cm	20	1698	423	569	501	48	1066	491	506	190	
Bicarbonato	mg/L	4	1345	270	342	366	31	555	275	287	102	
Silice	mg/L	1,80	80,00	9,30	17,66	22,44	1,10	46,00	12,00	13,08	7,93	
Cloruro	mg/L	0,30	74,00	7,00	12,28	18,50	0,40	112,00	17,85	23,08	22,21	
Solfato	mg/L	0,80	380,00	13,00	38,31	82,82	0,50	180,00	29,80	37,01	36,33	
Sodio	mg/L	1,10	69,00	4,80	14,43	19,61	1,70	178,00	11,25	18,90	23,92	
Potassio	mg/L	0,10	53,00	1,00	7,33	15,22	0,20	26,40	1,70	2,83	3,44	
Calcio	mg/L	0,90	353,00	56,00	92,60	107,98	5,90	141,00	69,00	74,79	29,24	
Magnesio	mg/L	0,50	48,50	10,40	13,97	13,43	0,80	37,10	16,20	17,09	8,09	

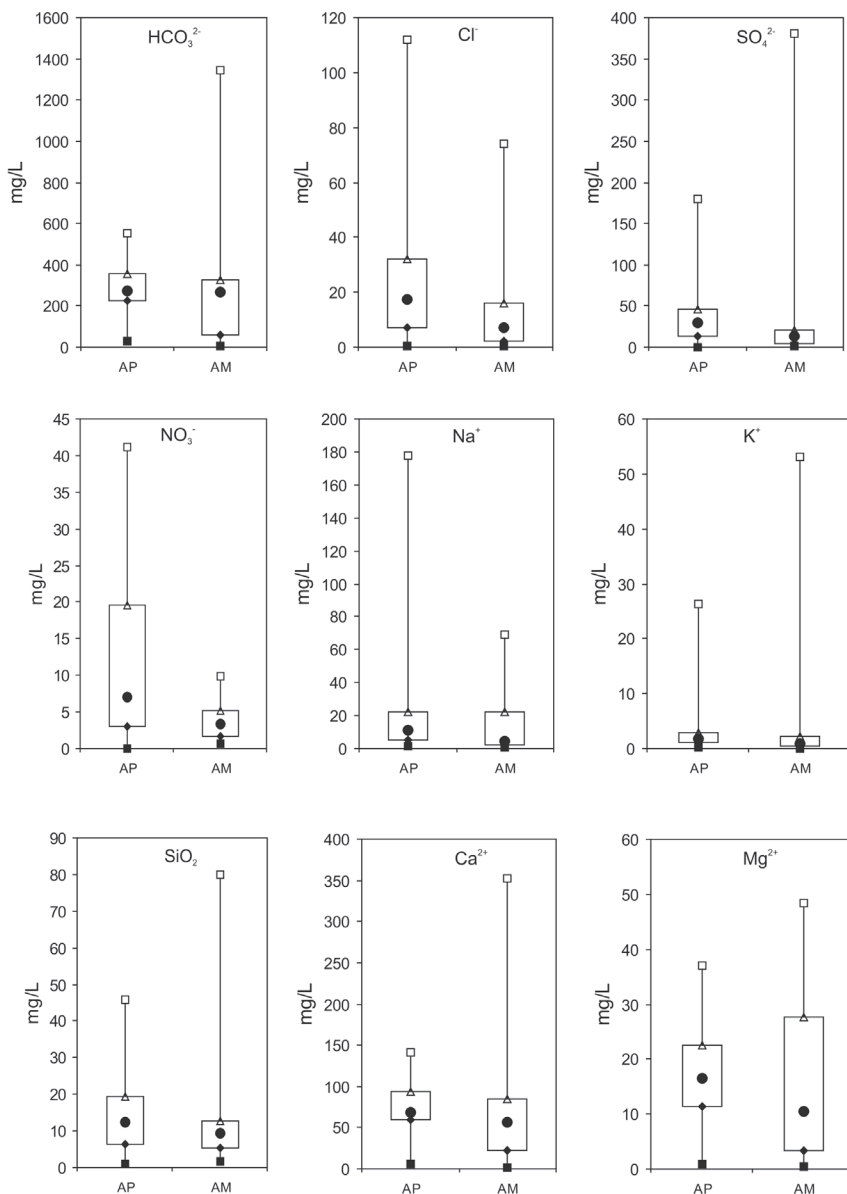


Figura 1 - Box plot della distribuzione degli elementi caratterizzanti delle AM e AP. Il box rappresenta il 25^{mo} e 75^{mo} percentile. Il cerchio pieno rappresenta la mediana.

acque con rilevanti tenori in elementi minerali nutrienti (potassio, calcio, magnesio, bicarbonato, solfato e silice). La distribuzione geometrica dei nitrati evidenzia concentrazioni nettamente inferiori per le AM nei quattro percentili, come testimonianza di un ambiente geologico maggiormente protetto nelle zone di approvvigionamento.

Elementi in traccia

La statistica descrittiva per gli elementi in traccia è riportata in Tabella 2. Le concentrazioni degli elementi esaminati potrebbero essere attribuite a condizioni idrogeochimiche locali e dunque relazionate agli ambienti naturali di approvvigionamento. Non si escludono fenomeni di inquinamento locale, relativamente alle concentrazioni di cromo, piombo, mercurio e cadmio, per le AP in alcuni siti campionati. Non sono state evidenziate altre particolari condizioni di inquinamento se non quella attribuibile alla solubilizzazione di rame e zinco probabilmente derivante dalle tubazioni di distribuzione in ferro zincato delle acque di rete. Lo zinco è un metallo pesante non ritenuto tossico dall'OMS. La concentrazione non è discriminata dalle normative in vigore che disciplinano le caratteristiche delle acque minerali e potabili, tuttavia la presenza nelle acque potrebbe essere indicatore dello stato d'uso e conservazione delle reti di distribuzione.

Contaminanti microbiologici

Dall'analisi dei dati ottenuti è possibile evidenziare che in nessun caso è stata rilevata la presenza di indicatori di contaminazione fecale nelle acque imbottigliate per cui il rischio igienico-sanitario sotto quest'aspetto può essere considerato minimo, se tutte le normali procedure di minimizzazione del rischio nella filiera vengono rispettate (10).

Altra situazione invece è apparsa dalle analisi effettuate sulle AP dove il 24,83% dei campioni mostra indicazioni di contaminazione fecale. In particolare si riscontra nel 5,56% dei campioni la presenza di *Escherichia coli*, nel 18,52% la presenza di coliformi totali, nel 2,00% la presenza di *Pseudomonas aeruginosa*, nel 15,09% di *Aeromonas hydrophila* e nel 11,11% di *Enterococcus faecalis*; ciò probabilmente è relazionabile alla scarsa manutenzione delle emergenze domestiche o serbatoi di accumulo, dove è possibile la presenza di indicatori di contaminazione in concomitanza di una concentrazione limitata, se non nulla, di cloro residuo libero.

Tabella 2 - Analisi degli elementi in traccia, vengono riportati i valori minimo, massimo, mediana, media e deviazione standard.

	UM	AM					AP					d.St
		min	max	mediana	media	d.s.	min	max	mediana	media		
Alluminio	µg/L	<20	314	20	34	64	<20	276	82	106	46	
Ferro	µg/L	<20	47	20	21	6	<20	124	29	39	18	
Manganese	µg/L	<1	305	1	19	66	<1	68	3	5	6	
Bario	µg/L	<10	500	30	76	114	<10	324	40	51	56	
Boro	µg/L	<100	800	100	171	182	<100	200	100	126	54	
Rame	µg/L	<1	1	1	1	0	<1	185	6	10	15	
Zinco	µg/L	<1	15	1	2	3	<1	2480	31	85	210	
Litio	µg/L	<1	254	6	37	68	<1	47	5	8	9	
Stronzio	µg/L	8	7763	282	944	1785	15	2312	409	539	426	
Arsenico	µg/L	<1	9	2,0	3,2	3,2	<1	9	2,1	2,8	1,7	
Cadmio	µg/L	<0,3	0,3	0,3	0,3	0,0	<0,3	0,6	0,4	0,4	0,1	
Cromo	µg/L	<1	5	2,0	1,7	1,0	<1	12	3,2	3,7	2,1	
Mercurio	µg/L	<0,2	<0,2	-	-	-	<0,2	0,5	1,0	0,4	0,0	
Nichel	µg/L	<1	2	1,0	1,0	0,2	<1	6	1,6	1,9	1,0	
Piombo	µg/L	<1	<1	-	-	-	<1	92	2,0	10,0	6,6	
Antimonio	µg/L	<0,5	2,0	0,5	0,7	0,4	0,7	1,2	1,1	1,1	0,3	
Selenio	µg/L	<1	3	1,0	1,1	0,5	<1	4	2,0	1,7	0,7	
Uranio	µg/L	<1	7	1,0	1,9	1,9	<1	8	2,0	2,5	1,8	

Contaminanti chimici

Tutti i campioni sono stati sottoposti ad analisi di alcuni composti di provenienza antropica, indicativi di inquinamento delle acque. In nessun campione analizzato è stata rilevata presenza significativa di benzene, cloruro di vinile, clorometano e bromometano. Mentre dall'analisi dei risultati si evince per le AP che il 32,82% dei campioni analizzati è affetto dalla presenza di composti organoalogenati (COA: tricloroetilene e tetracloroetilene), il 72,82% dei campioni è affetto da presenza di trialometani (THM: bromoformio, bromodichlorometano, cloroformio, dibromoclorometano), mentre il 77,44% dei campioni mostra la presenza di COA o THM. Per tutte le AM analizzate non è stata evidenziata la presenza di tali composti con il limite di rilevabilità strumentale pari a 0,1 µg/L. In Tabella 3 viene riportata la descrizione statistica degli analiti risultati positivi per le AP.

A tal proposito, è opportuno sottolineare che recentemente l'attenzione della comunità scientifica si è rivolta al complesso sistema di pratiche di disinfezione delle acque condottate e delle loro possibili conseguenze sulla salute umana (11-15). La procedura maggiormente adottata è la clorazione sotto forma di ipoclorito sodico seguito dal biossido di cloro, ma anche l'impiego del cloro gassoso (Cl₂) è abbastanza diffuso, mentre, l'ozono è utilizzato soprattutto negli impianti di potabilizzazione di acque superficiali con il ruolo di ossidante primario. L'utilizzo del cloro, in tutte le

Tabella 3 - Analisi degli elementi contaminanti risultati positivi nelle AP, vengono riportati i valori minimo, massimo, mediana, media e deviazione standard.

	AP					
	UM	min	max	mediana	media	d.s.
<i>Composti organo alogenati</i>	µg/L	0,2	7,0	1,60	2,12	1,59
Tetracloroetilene	µg/L	0,1	4,0	1,20	1,35	1,10
Tricloroetilene	µg/L	0,1	2,9	0,60	0,92	0,66
<i>Trialometani totali</i>	µg/L	0,2	40,0	2,80	6,11	7,92
Bromoformio	µg/L	0,1	11,2	1,00	1,91	2,34
Bromodichlorometano	µg/L	0,1	14,6	1,05	2,64	3,45
Cloroformio	µg/L	0,1	15,8	1,60	3,14	3,84
Dibromoclorometano	µg/L	0,1	12,1	0,50	1,52	2,36

sue forme, allo scopo di controllare la carica microbica, è accettata da tutte le autorità sanitarie, anzi imposto dalle norme passate (d.P.R. 236/88) e consigliato da quelle attualmente vigenti in Italia (d.lgs. 31/01). Inoltre è utilizzato con successo per assicurare la disinfezione delle acque a valle del processo. Tuttavia, nonostante la sua grande utilità, la clorazione da origine a una serie di sottoprodotti che si formano durante il trattamento di disinfezione come risultato della reazione tra le sostanze presenti nell'acqua (sostanza organica, carica batterica e/o organismi patogeni) e additivi. Tali composti sono indicati generalmente con il termine di DBP (sottoprodotti della disinfezione delle acque) tra cui i trialometani sono quelli più diffusi. La pericolosità per la salute umana dei composti neoformati è oggetto di numerosi studi epidemiologici e ricerche scientifiche ma le risposte alle sollecitazioni sanitarie sono spesso contraddittorie (16-19).

Dall'analisi della distribuzione geografica dei contaminanti (Figura 2) è possibile osservare una netta prevalenza dei composti organo alogenati (tetracloroetilene e tricloroetilene) nel nord del paese (Figure 2a, 2b, 2c) probabilmente da mettere in relazione con le zone idriche di approvvigionamento, mentre nelle regioni del sud (Puglia e Calabria) prevalgono i trialometani totali ed in particolare il cloroformio (Figure 2e, 2f, 2h). Quest'ultimo dato potrebbe essere relazionabile al rapporto tra carico di clorazione e stato di manutenzione delle reti di distribuzione e/o lunghezze dei circuiti distributivi. Il bromoformio mostra una maggiore rappresentatività nelle zone costiere della Toscana e bassa Liguria e della Puglia ionica (Figura 2g), probabilmente per una maggiore concentrazione di bromuri nelle acque di origine.

I dati ottenuti per ciascun sito di campionamento sono stati usati per la computazione di un fattore di arricchimento (p) definito come il rapporto:

$$p = (C_C - C_{AM}) / C_{AM}$$

dove C_C è la concentrazione di un determinato analita nel campione esaminato e C_{AM} è la concentrazione dello stesso analita, relativa al background naturale riscontrato nelle acque minerali, pari al limite inferiore della rilevabilità del metodo.

I valori medi di p (\bar{p}) sono riportati in Tabella 4 dalla quale si individuano gli analiti che maggiormente risentono dell'attività antropica con valori ben superiori all'unità. Basandoci sul valore

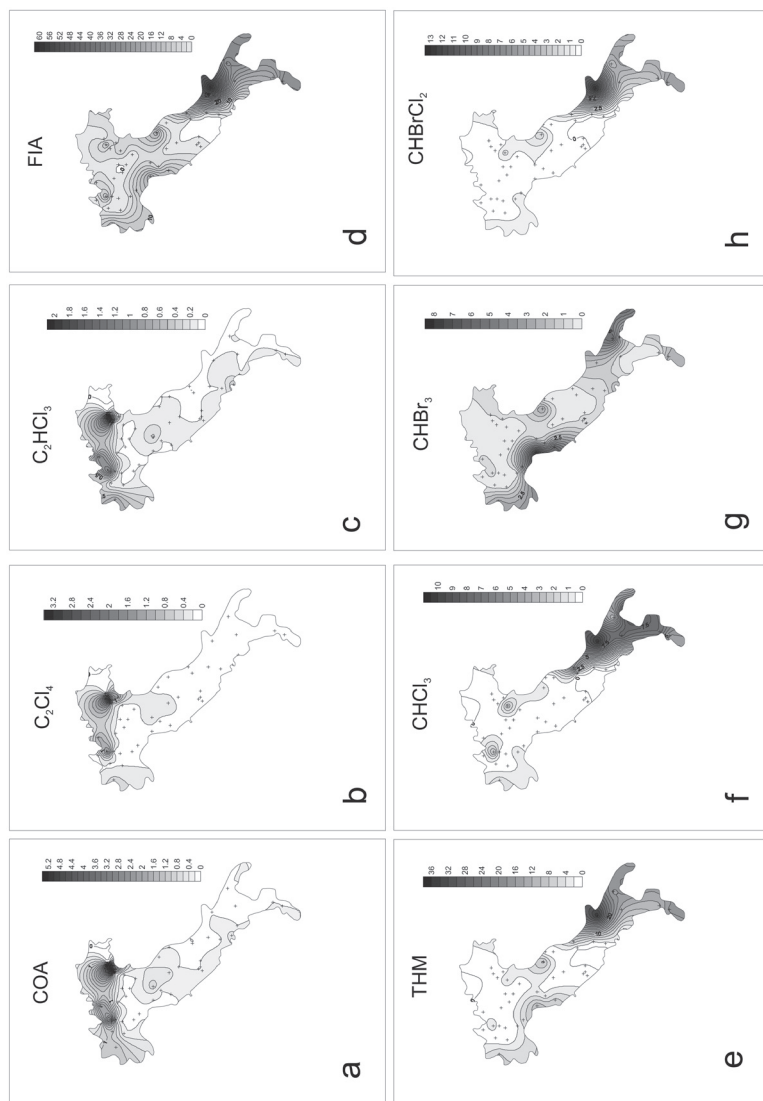


Figura 2 - Grafici "Contour map" mediante rappresentazione geostatistica Kriging, relativi agli elementi contaminanti: (a) $\mu\text{g/L}$ Composti Organo Alogenati totali, (b) $\mu\text{g/L}$ Tetracloroetilene, (c) $\mu\text{g/L}$ Tricloroetilene, (d) Fattore di Impatto Antropico, (e) $\mu\text{g/L}$ Trialometani totali, (f) $\mu\text{g/L}$ Cloroformio, (g) $\mu\text{g/L}$ Bromoformio, (h) $\mu\text{g/L}$ Bromurodiclorometano.

Tabella 4 - Valore medio di \bar{p} , minimo, massimo e deviazione standard, calcolato sulla totalità delle AP campionate. In evidenza gli analiti che mostrano impatto antropico nelle acque analizzate.

Analita	\bar{p}	min	max	d.s.
Benzene	0,00	0	-	-
Cloruro di vinile	0,00	0	-	-
Clorometano	0,00	0	-	-
Bromometano	0,00	0	-	-
Cloroformio	13,27	0	157	29,43
Tricloroetilene	2,55	0	28	5,26
Bromodichlorometano	8,54	0	145	23,30
Tetracloroetilene	3,51	0	39	8,08
Dibromoclorometano	7,67	0	120	18,70
Bromoformio	11,38	0	111	20,52

di \bar{p} , le acque analizzate sono affette dalla presenza di elementi antropici nel seguente ordine: cloroformio > bromoformio > bromodichlorometano > dibromoclorometano > tetracloroetilene > tricloroetilene.

Gli analiti con \bar{p} maggiore di 1 possono essere considerati come indicatori di inquinamento antropico e usati per valutare il livello di qualità delle acque mediante il “fattore di impatto antropico”, FIA definito come:

$$FIA = (\sum \bar{p})/n$$

dove n è il numero degli analiti considerati (nel nostro caso n = 6).

Una vista sintetica della distribuzione di questo indicatore è ottenuta in Figura 2d (*contour map*) dove si osserva una sostanziale ed omogenea distribuzione di elementi indicatori di contaminazione in quasi tutte le regioni analizzate.

THM: variazioni stagionali

Recenti studi mostrano forti variazioni nella concentrazione di trialometani in relazione alla stagionalità nelle acque potabili (20). Gli autori evidenziano il forte incremento della formazione di trialometani con l'aumento delle temperature estive; durante i periodi cal-

di le reazioni più veloci renderebbero necessarie dosi più consistenti di cloro per la disinfezione delle acque, ciò comporterebbe una maggiore formazione di sottoprodotti della clorazione. A tal proposito, i dati ottenuti e discussi nel presente lavoro, relativi alla campagna di campionamento novembre 2008 - febbraio 2009 sulle AP, sono stati comparati con un'analisi preliminare fatta su 5 città campione con prelievi effettuati tra giugno e luglio 2008. In Figura 3 sono riportati i dati medi ottenuti nelle due campagne di prelievo relativamente ai cinque siti considerati (2 città del nord, 2 città del centro, 1 città del sud). Dagli andamenti medi è possibile osservare una significativa riduzione delle concentrazioni in trialometani totali nel periodo invernale, in accordo con quanto dimostrato da Fayad (21). Quest'ultimo dato potrebbe suggerire al legislatore la necessità di effettuare su questi parametri, ritenuti critici, almeno 4 controlli annui di verifica, con particolare frequenza nelle stagioni calde.

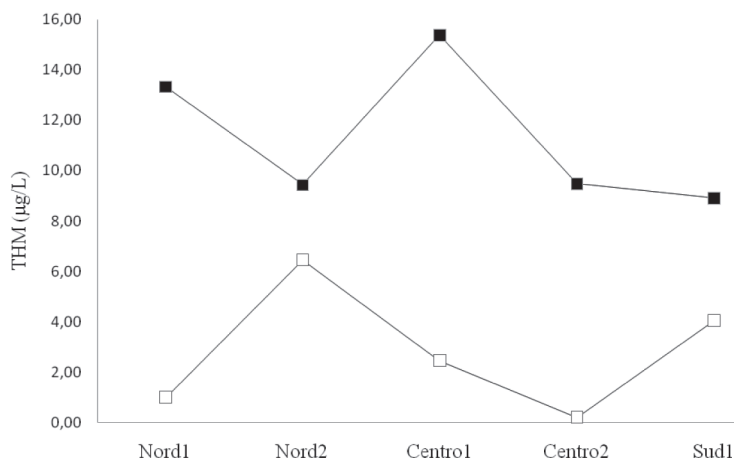


Figura 3 - Confronto tra i dati medi ottenuti in cinque città italiane, 2 del nord, 2 del centro, 1 del sud. I quadrati pieni si riferiscono al periodo giugno-luglio 2008; i quadrati vuoti al periodo novembre 2008 - febbraio 2009.

CONCLUSIONI

Lo studio condotto esamina la qualità delle acque emergenti dai rubinetti delle abitazioni (AP) di 50 città italiane in 17 regioni e la qualità delle acque minerali imbottigliate (AM) in PET relativamente a 24 differenti brand.

I risultati ottenuti indicano elementi di criticità per valenza igienico-sanitaria nelle AP, dovuti soprattutto alla presenza di contaminanti antropici, di natura chimica (composti organo alogenati e trialometani) e microbiologica.

Infatti nel 77,44% dei casi analizzati è stata evidenziata la presenza di composti organo alogenati e trialometani nel seguente ordine: Cloroformio > Bromoformio > Bromodiclorometano > Dibromoclorometano > Tetracloroetilene > Tricloroetilene. Il fenomeno è probabilmente connesso con la formazione di sottoprodotti della clorazione ed in subordine con le zone di approvvigionamento idrico. Non sono esclusi fenomeni di arricchimento che intervengono nell'ambito di reti e serbatoi condominiali.

L'analisi delle variazioni stagionali registrate su 5 città campione mostra una significativa riduzione delle concentrazioni in trialometani totali nel periodo invernale.

Per quanto riguarda gli aspetti microbiologici, il 24,83% dei campioni mostra indicazioni di contaminazione fecale, probabilmente per la scarsa manutenzione delle emergenze domestiche o serbatoi di accumulo in concomitanza di una presenza limitata, se non nulla, di cloro residuo libero.

Per tutte le AM analizzate non è stata evidenziata la presenza di contaminanti antropici. Ciò è probabilmente determinato dalla protezione geologica delle zone di approvvigionamento e dall'evoluzione tecnologica nei siti di imbottigliamento e produzione.

RIASSUNTO

Lo studio condotto esamina la qualità delle acque emergenti dai rubinetti di abitazioni (AP) di 50 città italiane in 17 regioni e la qualità delle acque minerali imbottigliate (AM) in PET relativamente a 24 differenti *brand*.

I risultati ottenuti indicano una relativa omogeneità degli elementi caratterizzanti, mentre si evidenziano significative differenze considerando gli altri analiti:

- *Elementi in traccia*. Le concentrazioni degli elementi in traccia rilevate sia nelle AP che nelle AM potrebbero essere attribuite a condizioni

idrogeochimiche del sito e dunque relazionate agli ambienti naturali di approvvigionamento. Per alcune AP analizzate non si escludono fenomeni di inquinamento locale, relativamente alle concentrazioni di cromo, piombo, mercurio e cadmio. Particolari arricchimenti di zinco e rame riscontrati nelle AP potrebbero essere indicatori dello stato d'uso e conservazione delle reti di distribuzione.

- *Contaminanti di origine chimica.* L'analisi degli elementi contaminanti di origine antropica ha evidenziato per le AP che il 32,82% dei campioni è affetto dalla presenza di composti organoalogenati (COA), il 72,82% dei campioni è affetto da presenza di trialometani (THM), mentre il 77,44% dei campioni mostra la presenza di COA o THM. La distribuzione geografica dei contaminanti mostra una netta prevalenza dei composti organoalogenati (tetracloroetilene e tricloroetilene) nel nord del paese mentre nelle regioni del sud (Puglia e Calabria) prevalgono i trialometani totali ed in particolare il cloroformio. Il bromoformio mostra una maggiore rappresentatività nelle zone costiere della Toscana e bassa Liguria e della Puglia ionica. La comparazione tra i dati relativi alla campagna di prelievo novembre 2008 - febbraio 2009 sulle AP ed un'analisi fatta su 5 città nel periodo giugno e luglio 2008 mostra una significativa riduzione delle concentrazioni in trialometani totali nel periodo invernale, in accordo con quanto mostrato da Fayad e Ristoiu et al.
- *Contaminanti di origine microbiologica.* Indicazione di contaminazione fecale è stata riscontrata nel 24,83% delle AP analizzate. In particolare nel 5,56% dei campioni è stata rilevata la presenza di *Escherichia coli*, nel 18,52% la presenza di Coliformi totali, nel 2,00% la presenza di *Pseudomonas aeruginosa*, nel 15,09% di *Aeromonas hydrophila* e nel 11,11% di *Enterococcus faecalis*. In nessun caso è stata rilevata la presenza di indicatori di contaminazione fecale nelle AM.

BIBLIOGRAFIA

- (1) CATENACCI V. – *Il dissesto geologico e geoambientale in Italia dal dopoguerra al 1990*. Serv Geol Naz. Mem Descr Carta Geol It, 47. Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, 1992.
- (2) MINISTERO DELL'AMBIENTE – *Relazione sullo stato dell'Ambiente*. Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, 1992.
- (3) MINISTERO DELL'AMBIENTE – *Relazione sullo stato dell'Ambiente*. Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, 1997.
- (4) GIULIANO G., CARONE G., CORAZZA A. – *Lo stato di contaminazione delle acque sotterranee utilizzate a scopo potabile in Italia*. Roma, CNR Quaderni (111), 1999.
- (5) WORD HEALTH ORGANIZATION (WHO) – *Guidelines for drinking-water quality*. 3rd ed. (1): recommendation. Geneva, WHO, 2004.

- (6) BEVERFOOD – *Acque minerali, bibite & succhi*. Milano, Beverfood edizioni, 2007.
- (7) APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION AND WATER ENVIRONMENT FEDERATION – *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th edition. American Public Health Association, Washington, DC, 1998.
- (8) APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION AND WATER ENVIRONMENT FEDERATION – *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21st edition. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.
- (9) Surfer Version 8.00 – *Surface Mapping System*. Golden Software Colorado, 2002.
- (10) CALÀ P. – *Acque minerali naturali, evoluzione del controllo ufficiale*. Ind. Bev., 213: 1-22, 2008.
- (11) NIEUWENHUIJSEN M.J., TOLEDANO M.B., BENNETT J., BEST N., HAMBLY P., DE HOOGH C., WELLESLEY D., BOYD P.A., ABRAMSKY L., DATTANI N., FAWELL J., BRIGGS D., JARUD L., ELLIOTT P. – *Chlorination disinfection by-products and risk of congenital anomalies in England and Wales*. Environ. Health Perspect., 16: 216-222, 2008.
- (12) HWANG B.-F., JAAKKOLA J.J.K., GUO H.-R. – *Water disinfection bi-products and the risk of specific birth defects: a population-based cross-sectional study in Taiwan*. Environ. Health, 7: 23, 2008.
- (13) DODDS L., KING W.D. – *Relation between trihalomethane compounds and birth defects*. Occup. Environ. Med., 58: 443-446, 2001.
- (14) BING-FANG H., MAGNUS P., JAAKKOLA J.J.K. – *Risk of specific birth defects in relation to chlorination and the amount of natural organic matter in the water supply*. Am. J. Epidemiol., 156: 374-382, 2002.
- (15) RICHARDSON S.D., PLEWA M.J., WAGNER E.D., SCHOENY R., DEMARINI D.M. – *Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research*. Mutat. Res., 636 (1-3): 178-242, 2007.
- (16) NIEUWENHUIJSEN M.J., TOLEDANO M.B., EATON N.E., FAWELL J., ELLIOTT P. – *Chlorination disinfection by-products in water and their association with adverse reproductive outcomes*. Occup. Environ. Med., 57: 73-85, 2000.
- (17) JAAKKOLA J.J.K., MAGNUS P., SKRONDAL A., HWANG B.-F., BECHER G., DYBING E. – *Foetal growth and duration of gestation relative to water chlorination*. Occup. Environ. Med., 58: 437-442, 2001.
- (18) TIBBETS J. – *What's in the water: the disinfection dilemma?* Environ. Health Perspect., 103: 30-34, 1995.
- (19) GRAVES C.G., MATANOSKI G.M., TARDIFF R.G. – *Weight of evidence for an association between adverse reproductive and developmental effects and exposure to disinfection by-products: a critical review*. Reg. Tox. Pharm., 34: 103-124, 2001.

- (20) RISTOIU D., VON GUNTEN U., MOCAN A., CHIRA R., SIEGFRIED B., KOVACS HAYDEE M., VANCEA S. – *Trihalomethane formation during water disinfection in four water supplies in the Somes river basin in Romania*. Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 2009 [Epub ahead of print].
- (21) FAYAD N.M. – *Seasonal variations of THMs in Saudi Arabian drinking water*. J. Am. Water Works. Ass., 85: 46-50, 1993.