

## Cinque anni di analisi chimiche delle acque nei gessi dell'Emilia-Romagna: Life+ 08nat/it/000369 "gypsum"



Jo De Waele, Ilenia M. D'Angeli \*

### Introduzione

Nell'ambito del Progetto LIFE+ 08NAT/IT/000369 "Gypsum", promosso dal Parco regionale dei Gessi Bolognesi e Calanchi dell'Abbadessa e finanziato dall'Unione Europea, per la prima volta è stata effettuata un'estesa campionatura delle acque nelle aree gessose della regione Emilia-Romagna per verificarne la qualità chimica e microbiologica. Tale mappatura aveva come scopo quello di identificare possibili aree di inquinamento sia antropico che naturale e porre, nel caso fosse ritenuto indispensabile, eventuali rimedi ed azioni di tutela.

Come ben noto, il fenomeno carsico in Emilia-Romagna si sviluppa per il 90% nelle rocce evaporitiche, ed in particolar modo sui Gessi che affiorano su meno dell'1% del territorio regionale (DE WAELE *et al.*, 2011; LUCCI & ROSSI, 2011) (Fig.1). Le formazioni evaporitiche principali sono quelle triassiche fortemente tettonizzate e microcristalline localizzate nell'Alta Val di Secchia in Provincia di Reggio Emilia, e i gessi messiniani diffusi lungo la fascia pedepenninica che da Reggio giunge fino a Rimini (LUCCI & ROSSI, 2011).

Le aree gessose rappresentano dei siti di grande interesse naturalistico, paesaggistico, archeologico e scientifico. Infatti, nonostante l'esiguo numero di affioramenti, il processo carsico in queste rocce è stato studiato da molto tempo (ALTARA *et al.*, 1995, MARINELLI, 1917) e le cavità sono state esplorate dai diversi gruppi speleologici della re-

gione (DEMARIA, 2003).

Le aree evaporitiche costituiscono importanti habitat per piante e animali, anche se negli anni '60-'70 del secolo scorso hanno subito minacce di devastazione e deturpamento soprattutto ad opera delle attività estrattive di cave di gesso. Oggi la quasi totalità delle zone evaporitiche ricade all'interno di aree di tutela quali Parchi Nazionali, Regionali, Riserve naturali e Siti di Interesse Comunitario (SIC).

I precedenti studi sulla qualità delle acque e sulla circolazione idrica dei sistemi hanno affrontato il problema soltanto in maniera parziale e frammentaria (FORTI *et al.*, 1985, 1989; FORTI & FRANCAVILLA, 1990). Alcune aree come le Fonti di Poiano (Alta Val di Secchia, Reggio Emilia) sono state studiate in maniera piuttosto dettagliata a livello idrogeologico (CHIESI & FORTI, 2009; CHIESI *et al.*, 2010), diversamente da altre di cui, invece, si disponeva solo di poche informazioni come ad esempio Rontana e Castelnuovo (Faenza) (BENTINI & LUCCI, 1999).

Da Maggio 2010 fino a Gennaio 2015 nell'ambito dell'azione A3 del progetto Europeo "LIFE + 08NAT/IT/000369 Gypsum" di recupero ambientale e riqualificazione del territorio (BIANCO 2010; DE WAELE, 2012; BERGIANTI *et al.*, 2013; DE WAELE, 2013; D'ANGELI & DE WAELE 2015), sono stati effettuati 18 cicli di campionatura (ogni tre mesi circa) che hanno interessato ben 57 punti di campionamento, tra inghiottitoi, grotte e risorgenti carsiche (Tabella 1). Le località

\*Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Sezione di Geologia (BIGEA), Bologna

studiate sono ubicate nei vari Siti di Interesse Comunitario (SIC) che comprendono aree evaporitiche, ossia SIC IT4030009

Gessi Triassici (8 località), SIC IT4030017 Ca' del Vento – Ca' del Lupo – Borzano (4), SIC IT4050001 Gessi di Bologna – Calanchi

CAMP.	Sistema carsico	Punto d'indagine
<b>SIC IT4030009 Gessi Triassici</b>		
A01	Fonti di Poiano	Risorgente di destra (dx)
A02	Tanone	Tanone della Gacciolina
A03	Ca' delle Ghiaie	Ca' delle Ghiaie
A04	Acque Bianche	Acque Bianche destra (dx)
A05	Acque Bianche	Acque Bianche sinistra (sx)
A06	Ca' delle Ghiaie	Risorgente Melli
A07	Monte Rosso	Risorgente del Quarzo
A08	Rio Vei	Risorgente Rio Vei
<b>SIC IT4030017 Ca' del Vento – Ca' del Lupo – Borzano</b>		
B01	Tana Mussina Borzano	Tana della Mussina di Borzano
B02	Risorgente del Rio Groppo	Risorgente del Rio Groppo
B03	Tana del Tasso	Tana del Tasso (fronte Montericco)
B04	Tana Mussina Montericco	Tana Mussina di Montericco
<b>SIC IT4050001 Gessi di Bologna – Calanchi dell'Abbadessa</b>		
C01	Coralupi-Pelagalli	Grotta Coralupi-Dolina dell'Inferno
C02	Coralupi-Pelagalli	Ex cava Calgesso
C03	Farneto	Inghiottitoio Valle cieca di Ronzana
C04	Cioni-Ferro di Cavallo	Risorgente Cioni-Ferro di cavallo
C05	Farneto	Risorgente Farneto (botola)
C06	Novella	Grotta Novella (bidone)
C08	Calindri-Osteriola	Valle cieca Budriolo-Grotta Calindri
C09	Calindri-Osteriola	Risorgente Osteriola (tubo a monte)
C10	Acquafredda-Spipola	Inghiottitoio Valle cieca Acquafredda
C11	Acquafredda-Spipola	Grotta della Spipola (Sala dei sedimenti)
C12	Acquafredda-Spipola	Grotta della Spipola (arrivo a sx salone fango)
C13	Acquafredda-Spipola	Grotta della Spipola (Sala dei canali di volta)
C14	Acquafredda-Spipola	Grotta della Spipola (a monte pozzo Elicoidale)
C15	Grotta fianco alla chiesa di Gaibola	Risorgente dietro la chiesa di Gaibola
C17	Grotta fianco alla chiesa di Gaibola	Grotta di fianco la chiesa di Gaibola (sifone)
C18	Grotta fianco alla chiesa di Gaibola	Grotta di fianco la chiesa di Gaibola (mezzo)
<b>SIC IT4050027 Gessi di M.te Rocca, M.te Capra e Tizzano</b>		
D01	Grotta Gortani	Inghiottitoio della Grotta Gortani
D02	Grotta Gortani	Risorgente della Grotta Gortani
<b>SIC IT4070011 Vena del Gesso Romagnola</b>		
E01	Sconosciuto	Grotta della Befana
E02	Rio Gambellaro	Risorgente del Rio Gambellaro
E03	Re Tiberio	Risorgente del Re Tiberio
E04	Re Tiberio	Torrente in cava del Re Tiberio
E05	Ca' Boschetti	Grotta N° 1 di Ca' Boschetti
E06	Rio Stella-Basino	Inghiottitoio di Rio Stella
E07	Rio Stella-Basino	Basino (sifone alla sinistra idrografica)
E08	Rio Stella-Basino	Arrivo Abisso Bentini
E09	Rio Stella-Basino	Risorgente del Basino
E10	Sempal	Grotta della Colombaia
E11	Sempal	Risorgente Sempal
E12	Cassano	Risorgente della Grotta sotto Cassano
E13	Rio Cavinale	Risorgente del Rio Cavinale
E15	Rio Cavinale	Inghiottitoio di Selva
E16	Tanaccia	Risorgente della Grotta della Tanaccia
E17	Tana della Volpe	Inghiottitoio della Tana della Volpe
E18	Rio Stella-Basino	A monte Rio Bentini
E19	Rio Stella-Basino	Arrivo laghetti Rio Stella
E20	Topolino	Grotta del Topolino
E21	Sconosciuto	Risorgente del Caronte
E22	Tanaccia	Risorgente Sulfurea Tanaccia
E23	Ca' di Sasso	Risorgente di Ca' di Sasso
E24	Rio Ca' Roccale	Rio Ca' Roccale
<b>SIC IT 4090001 Onferno</b>		
F01	Grotta di Onferno	Grotta di Onferno (a monte)
F02	Grotta di Onferno	Grotta di Onferno (arrivo a sinistra)
F03	Grotta di Onferno	Grotta di Onferno (pisoliti)
F04	Grotta di Onferno	Risorgente della Grotta di Onferno

Tabella 1. Elenco dei siti indagati.

dell'Abbadessa (16), SIC IT4050027 Gessi di M.te Rocca, M.te Capra e Tizzano (2), SIC IT4070011 Vena del Gesso Romagnola (23) e SIC IT 4090001 Onferno (4).

Per i campionamenti sono stati indispensabili e preziosi molti speleologi, profondi conoscitori dei propri territori, in particolare Stefano Bergianti, Alessandro Casadei Turrone e William Formella del GSP Gaetano Chierici di Reggio Emilia per l'area di Borzano e quella dell'Alta Val di Secchia, Riccardo Panzeri (Ronda Speleologica Imolese) per il Sistema della Gortani, Claudio Dalmonte Alessandro Gentilini, Fabio Giannuzzi e Lorenzo Santoro (GSB/USB di Bologna) per il Bolognese, Stefano Rossetti (GS Ferrarese) per la Grotta dietro la Chiesa di Gaibola, Garibaldi (Baldo) Sansavini, Massimo Ercolani e Piero Lucci del GAM Mezzano per la Vena del Gesso Romagnola, e David Bianco (Parco) per la Grotta di Onferno. Nei campionamenti e per le analisi sono stati coinvolti anche diversi studenti universitari, tra cui Renato Rocchia,

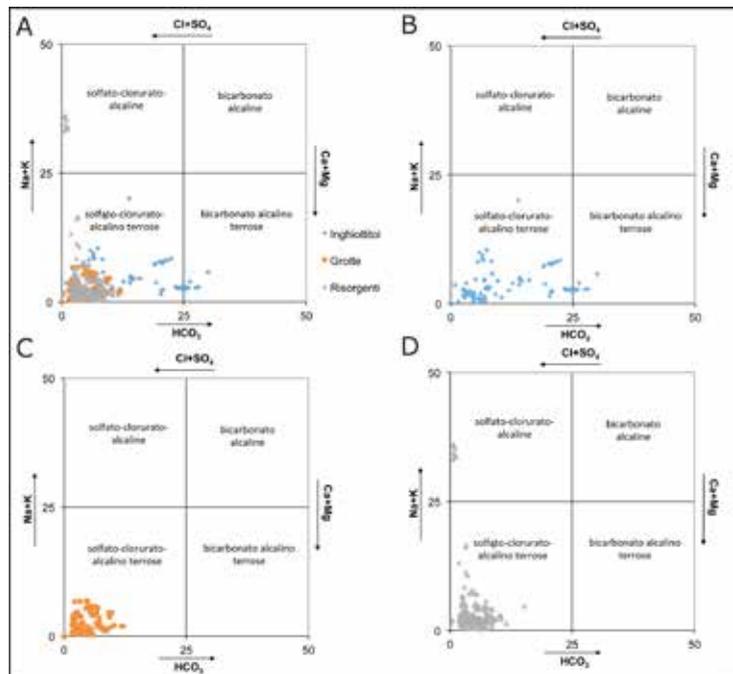
Giuseppe Lucia, Mirko Salinitro e Leonardo Tedeschi.

Anche se erano previsti 600 campioni d'acqua analizzati, alla fine in totale sono state campionate 567 acque (soprattutto perché in estate molte zone sono state trovate secche). Tutte le analisi sono state effettuate nei laboratori del Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali dell'Università di Bologna, in particolare da Piero Trentini e Bruno Capaccioni. Gli elementi analizzati sono stati  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ .

### Risultati

Come disposto dal D. Lgs. 105/92, le acque minerali possono essere classificate in funzione dell'anione dominante. La maggior parte dei campioni di tutti i gruppi si collocano nel quadrante delle acque solfato calciche, e solo alcuni campioni di inghiottittoi nel quadrante delle acque bicarbonato calciche, mentre uno (A1 - Poiano) nel campo delle acque clorurato sodiche (Fig.1). La di-

Figura 1 - Diagramma classificativo delle acque selezionate per inghiottittoi, scorrieri in grotta e risorgenti.



istribuzione dei punti evidenzia una chiara tendenza delle acque di inghiottitoi a distribuirsi più lontano dal vertice  $\text{Ca-SO}_4$ , cioè ad essere apparentemente meno influenzate, rispetto a quelle di risorgenza e di grotta, da dissoluzione diretta di gesso e/o anidrite. Tutti gli altri campioni sono chiaramente influenzati dalla dissoluzione del gesso, o da miscelazione con acque derivanti dal medesimo processo.

Le acque possono quindi essere classificate come acque solfate, presentando in quasi tutti i campioni una dominanza dell'anione  $\text{SO}_4^{2-}$ , che supera il valore limite di potabilità di 250 mg/L. Solo alcuni punti di campionamento non sono acque solfate. Le acque di Poiano, per esempio, presentano una dominanza dell'anione  $\text{Cl}^-$ , quindi possono essere classificate come acque clorurate, mostrando una concentrazione media di 3670 mg/L, di gran lunga superiore al valore limite di potabilità di 250 mg/L secondo i requisiti riportati da apposite norme (D.P.R. 236 del 24/05/1988 e D. Lgs. 31/2001). Le acque di alcuni inghiottitoi, almeno in qualche stagione, presentano una dominanza dell'anione  $\text{HCO}_3^-$ , perciò possono essere classificate come acque bicarbonatiche.

Esistono diversi decreti riguardo alla qualità delle acque, in particolare il D. Lgs. 31/2001 sulle acque potabili (entrato in vigore il 25/12/03 che sostituisce il DPR 236/1988), e il D. Lgs 152/2006 sulla tute-

la dell'ambiente con annessa un'importante parte sulla tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle fonti idriche.

Come riportato nel D. Lgs. 31/2001, i limiti di potabilità per gli ioni principali sono: 250 mg/L per i cloruri, 250 mg/L per i solfati e 200 mg/L per il sodio.

Il limite per i contaminanti invece è: 1.5 mg/L per i fluoruri, 30 mg/L per i fosfati, 0.5 mg/L per lo ione ammonio e 50 mg/L per i nitrati (25 mg/L rappresenta il valore soglia consigliato).

Le cause dell'inquinamento sono numerose, e vanno da naturali (contatto con rocce ricche di metalli, accumulo di sostanze organiche in decomposizione), a antropiche, comprendendo attività domestiche (scarichi fognari), agricole (fertilizzanti, pesticidi, deiezioni animali da allevamento) e industriali (residui di lavorazione di qualsiasi genere).

La presenza dei nitrati è indicativa di inquinamento antropico, come ad esempio perdite nella rete fognaria e/o da fosse settiche, attività zootecniche e/o massiccio uso di fertilizzanti nel bacino idrografico o nelle zone subito a monte dei punti di campionamento. I fosfati possono avere diverse origini, ossia dovuti a demolizione della materia organica, oppure legati alla produzione industriale (detergenti), anche se spesso la presenza dello ione ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) è imputabile a scarichi di depurazione di insediamenti industriali e

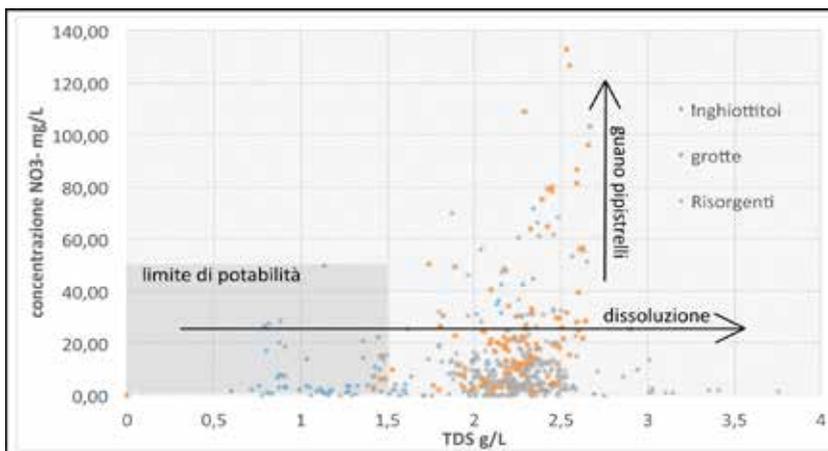


Figura 2 - Confronto tra il contenuto di sali disciolti (TDS) e il contenuto di nitrati in tutte le acque analizzate. Dall'analisi del grafico si vede bene una possibile evoluzione delle acque dall'inghiottitoio alla risorgente e le elevate concentrazioni di nitrati soprattutto nei campioni presi in grotta, spesso legato alla presenza di pipistrelli.

civili o dei reflui non depurati.

La presenza dello ione ammonio sarebbe indicativa di un inquinamento da sostanze organiche in decomposizione provenienti da liquami domestici, industriali, zootecnici, guano o da degradazione di materiale in via di fossilizzazione (resti di piante, giacimenti di torba).

I fluoruri possono avere un'origine sia organica che inorganica. Una fonte naturale di F<sup>-</sup> è la presenza di fluoroapatite, fluorite e criolite. Responsabile dell'apporto di fluoruri è l'attività umana come la raffinazione dell'alluminio e fabbricazione di ceramica, vetro, processi manifatturieri chimici che riversano nelle acque superficiali tale elemento tossico.

Il grafico di Figura 2 riporta la concentrazione in nitrati (ordinata) e il totale dei sali disciolti (TDS, in ascisse). Risulta evidente che le concentrazioni dei nitrati sono particolarmente alte nei campioni di grotta, probabilmente spesso a causa della presenza di colonie di pipistrelli, mentre dall'inghiottitoio alla risorgente aumenta la salinità, ovviamente legato alla progressiva dissoluzione del gesso. E' anche evidente da questo grafico che la grande maggioranza delle acque si colloca nelle acque non potabili. Ricadono all'interno delle acque potabili soprattutto i campioni prelevati in inghiottitoio.

Inoltre, dalla Figura 3 è evidente come molte delle acque cadano al di fuori dei limiti

di potabilità non solo per i nitrati ma anche per il fluoro. In particolare alcune acque di grotta e le risorgenti risultano molto ricche in nitrati, e talvolta fluoro, causato sia dal prolungato contatto con guano di pipistrello e la roccia evaporitica rispettivamente. La maggior parte delle acque campionate negli inghiottitoi non superano invece i limiti per questi elementi.

I boxplot presentati in Figg. 4-8 mostrano i campioni, suddivisi per area, con i valori minimi, massimi, la mediana, e il 25° e 75° percentile per il valore dei nitrati. Da questi grafici è evidente che i campioni della provincia di Reggio Emilia (Fig. 4-5) risultano molto meno inquinati rispetto a quelli del Bolognese e della Vena del Gesso. Chiaramente fa eccezione l'acqua della sorgente di Poiano (A1), caratterizzata da un'alta concentrazione di sali disciolti incluso il nitrato. Non si tratta tuttavia di un inquinamento legato ad attività antropiche, visto che tale sorgente prende i sali disciolti da lenti di salgemma che, grazie alla lenta risalita del diapiro gessoso, vengono man mano a contatto con l'acquifero carsico (CHIESI *et al.* 2010). I campioni di gran lunga più ricchi in nitrati sono quelli della Grotta di Onferno (Fig. 8), da mettere in relazione con la presenza di una colonia di pipistrelli e relativo deposito di guano vicino allo scorrimento idrico sotterraneo.

Nell'area dei gessi bolognesi i campioni più

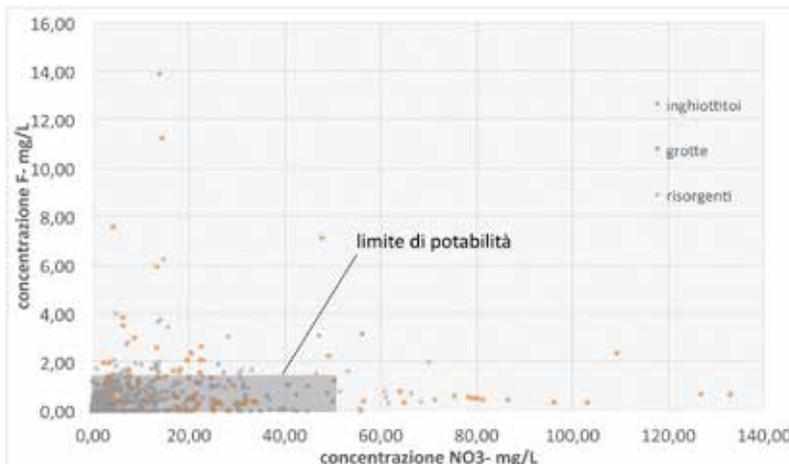


Figura 3 - Contenuti in nitrati e fluoro in tutti i campioni con indicazione del limite di potabilità delle acque (box grigio).

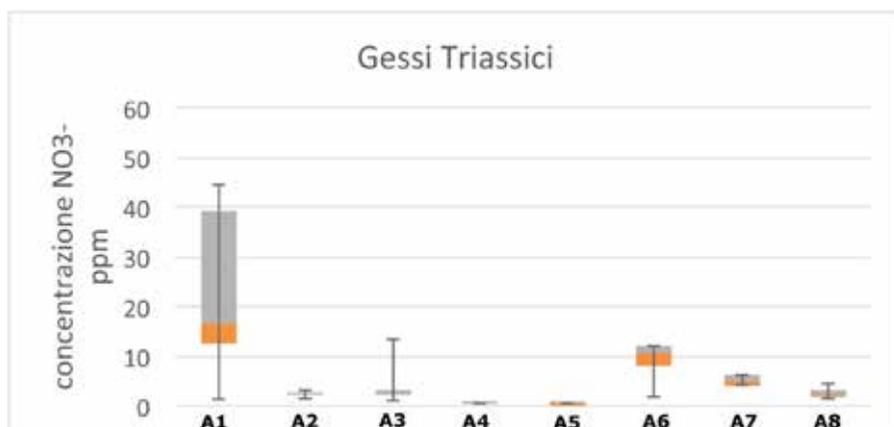


Figura 4 - Boxplot del contenuti in nitrati per i campioni provenienti dai punti campionati nei gessi triassici.

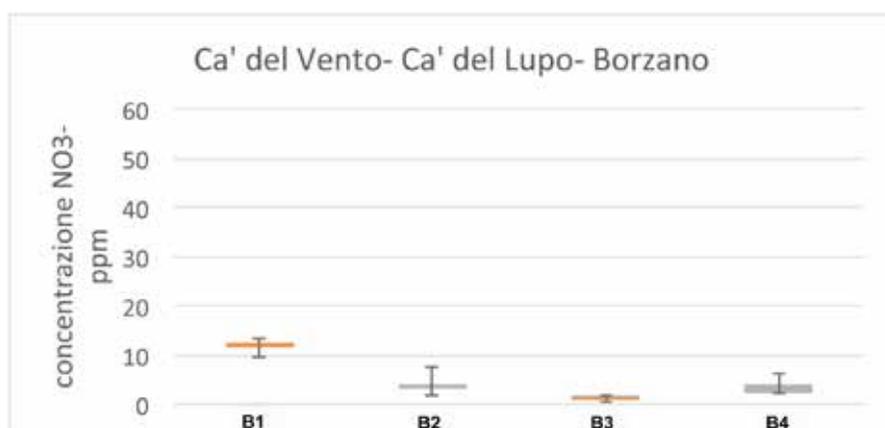


Figura 5 - Boxplot del contenuti in nitrati per i campioni provenienti dai punti campionati nei gessi messiniani di Reggio Emilia.

inquinati risultano essere quelli prelevati nella Calindri (C8), nella Sala dei Canali di Volta (Spipola) (C13) e nel sistema della Grotta dietro alla Chiesa di Gaibola (C15, C17, C18) (Fig. 6). Il più alto contenuto in nitrati nella Sala dei Canali di Volta in Spipola potrebbe indicare un'entrata di acque di infiltrazione più inquinate rispetto a quelle che affiorano nella Sala dei Sedimenti. Da notare il più basso contenuto in nitrati nell'Inghiottitoio dell'Acquafredda (C10) rispetto a quello nel collettore a valle nella Spipola (C14), possibilmente dovuto all'arricchimento in questo anione a causa della lisciviazione di guano lungo il percorso del

torrente sotterraneo ed all'arrivo di acque progressivamente più inquinate da monte verso valle. I problemi di inquinamento antropico nella Grotta dietro alla Chiesa di Gaibola (C15, C17 e C18) in tutte le stagioni, sarebbero legati alle vicine e sovrastanti abitazioni. Il sistema della Grotta Gortani mostra una più alta variabilità stagionale con valori in nitrati generalmente bassi ma occasionalmente al di sopra dei limiti di legge. Nell'area della Vena del Gesso romagnola i campioni mostrano una grande variabilità (Fig. 7) con alcuni campioni molto ricchi in nitrati (Grotta della Befana E1, il sistema Colombaia-SEMPAL E10-E11, e Inghiotti-

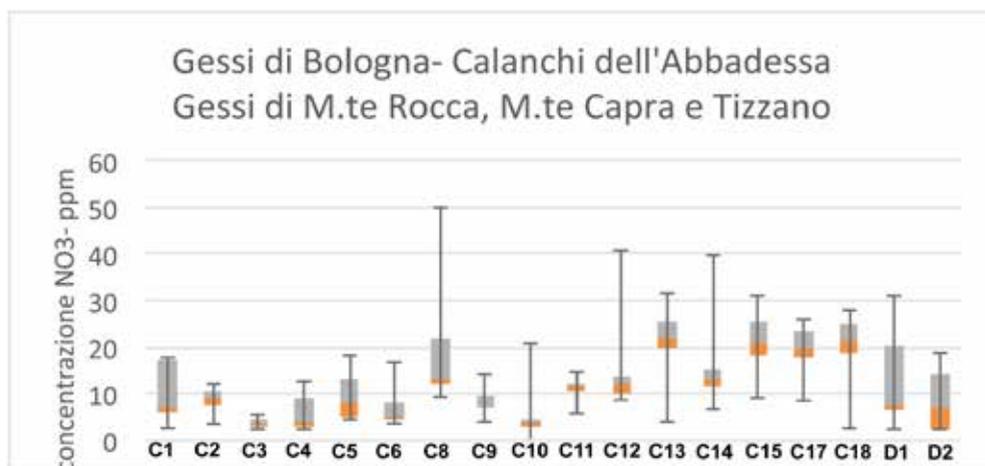


Figura 6 - Boxplot dei contenuti in nitrati per i campioni provenienti dai punti campionati nei gessi messiniani Bolognesi.

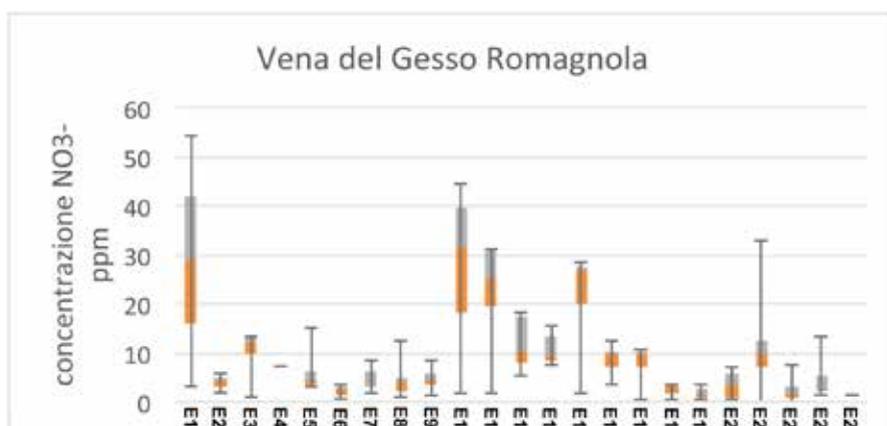


Figura 7 - Boxplot dei contenuti in nitrati per i campioni provenienti dai punti campionati nei gessi messiniani della Vena del Gesso.

toio di Selva E15). L'inquinamento riscontrato nella prima è da imputare alla presenza di pipistrelli, mentre per gli altri tre la presenza di nitrati ha origine antropica (abitazioni nel caso di Colombaia-SEMPAL, agricoltura per Selva). A parte questi isolati casi, in generale la concentrazione in nitrati rimane abbastanza bassa, essendo la maggior parte dei punti d'acqua localizzati in aree protette del parco e quindi poco antropizzate.

Dalle Figure 6-8 si può vedere che solo le acque di Onferno (F) e dei campioni E1 e E10-

11 mediamente hanno valori in nitrati oltre i limiti previsti dalla legge, mentre quelle della Grotta dietro alla Chiesa di Gaibola ci sono molto vicine.

Da notare, infine, come già detto prima, che la concentrazione degli elementi dipende molto dalla stagione di campionatura, e quindi dalle condizioni idriche. In particolare la salinità, e quindi il TDS, è più alto nella stagione estiva rispetto all'inverno (Fig. 9). Per i nitrati non ci sono significativi cambiamenti tra inverno ed estate, tranne nell'area di Onferno dove la concentrazione

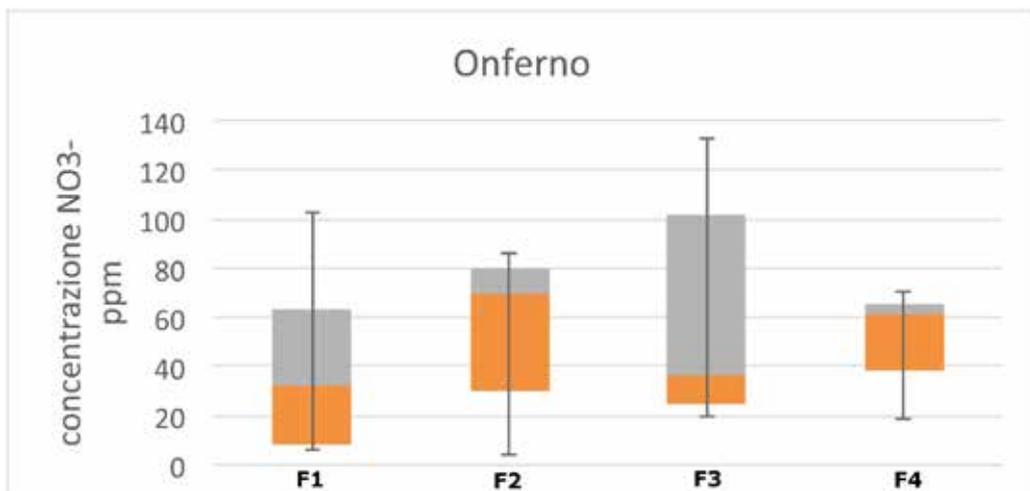


Figura 8 - Boxplot dei contenuti in nitrati per i campioni provenienti dai punti campionati nei gessi messiniani di Onferno.

risulta più alta nell'estate, probabilmente dovuta alla più ridotta diluizione ed alla presenza di colonie estive di pipistrelli.

La cosa più interessante è la concentrazione in fluoro, che nella maggior parte delle acque è più alta durante l'inverno. Questo potrebbe essere spiegato da fenomeni di pistonaggio, in cui acque contenute per molto tempo nelle microfratture della roccia evaporitica vengono spinte fuori dalla roccia evidentemente dopo eventi di piena.

### Conclusioni

In generale il monitoraggio quinquennale effettuato non ha mostrato particolari gravi problemi di inquinamento nei punti d'acqua studiati. In generale le zone indagate sono ubicate in aree parco, e quindi poco abitate e utilizzate dall'uomo, e questo si riflette nella generale buona qualità delle acque. Ovviamente la maggior parte delle acque campionate sono classificabili come "non potabili", vista la grande quantità di solfati in soluzione.

In alcuni casi l'alta concentrazione in nitrati è ascrivibile alla presenza di colonie di pipistrelli, ed ogni intervento di mitigazione è quindi da escludere per ovvi motivi di conservazione della biodiversità. D'altronde

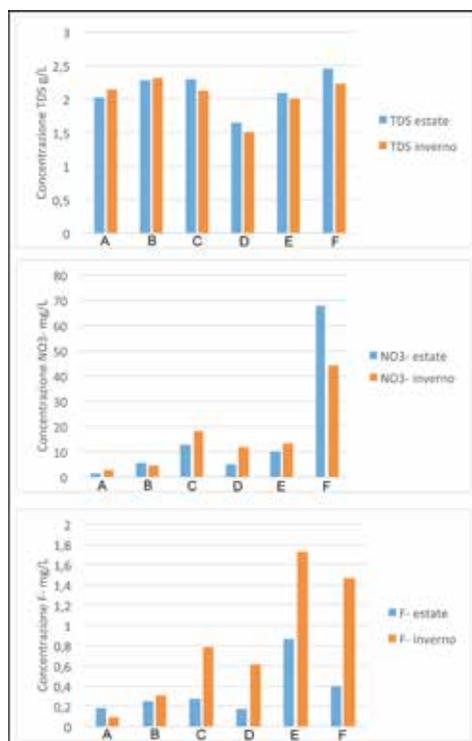


Figura 9 - Variabilità stagionale (estate-inverno) di tutti i campioni per TDS (g/L), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L) e F<sup>-</sup> (mg/L) (escluso Poiano, A1).

tale livello di inquinamento è naturale, e potrebbe anche avere creato dei microambienti molto particolari in cui si sono sviluppate varie specie di piante ed animali specializzati.

Esistono tuttavia alcuni punti critici, in cui l'intervento dell'uomo è evidente. In tali località, la zona a monte dei due arrivi nella Spipola (C13 e C14, Salone del Fango e Canali di Volta), della Chiesa di Gaibola (C15-C18), la Colombaia (E10) e l'Inghiottoio di Selva (E15) si potrebbe cercare di capire da dove vengono gli inquinanti e cercare di porre rimedio ad eventuali perdite di fognatura, scarichi abusivi e fosse settiche difettose.

Figura 10 - Spipola - campionamento idrico Life Gypsum - Gessi Bolognesi.



## Bibliografia

- ALTARA E., DEMARIA D., GRIMANDI P. & MINARINI G. (a cura di), 1995. *Atti del convegno "Precursori e pionieri della speleologia in Emilia-Romagna"*. Speleologia Emiliana, s. IV, Anno XXI, 6, 1-160.
- BENTINI L., LUCCI P., 1999. *Le grotte della Vena del Gesso Romagnola. I gessi di Rontana e Castelnuovo*. FSRER, pp. 23-26.
- BERGIANTI S., CAPACCIONI B., DALMONTE C., DE WAELE J., FORMELLA W., GENTILINI A., PANZERI R., ROSSETTI S., SANSAVINI B., 2013. *Progetto Life + 08 NAT/IT/000369 "GYPSUM". Primi risultati sulle analisi chimiche delle acque nei gessi dell'Emilia Romagna*, in F. CUCCHI, P. GUIDI (a cura di), *Atti del XXI Congresso Nazionale di Speleologia "Diffusione delle conoscenze"*, Trieste 2-5 giugno 2011, pp. 296-301.
- BIANCO D., 2010. *Il progetto Gypsum. Un progetto europeo per la tutela della biodiversità nei gessi da Reggio Emilia a Rimini*, *Storie Naturali*, 5, 42-49.
- CHIESI M. & FORTI P., 2009. *L'alimentazione delle Fonti di Poiano, Progetto Trias*, *Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia*, II(22), 69-98.
- CHIESI M., FORTI P., DE WAELE J., 2010. *Origin and evolution of a salty gypsum/anhydrite karst spring: the case of Poiano (Northern Apennines, Italy)*. *Hydrogeology Journal* 18, 1111-1124.
- D'ANGELI I.M., DE WAELE J., 2015. *Analisi chimico-fisiche delle acque campionate nei gessi di Brisighella e Rontana*, in P. LUCCI, S. PIASTRA (a cura di), *I Gessi di Brisighella e Rontana: Studio multidisciplinare di un'area carsica nella Vena del Gesso Romagnola*. *Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia*, II(28), 263-274.
- DEMARIA D., 2003. *Emilia Romagna*. IN: G. MADONIA & P. FORTI (a cura di), *Le aree carsiche gessose d'Italia*. *Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia*, II(14), 159-184.
- DE WAELE J., 2012. *Monitorare le acque nei gessi dell'Emilia Romagna. Progetto Life+ 08NAT/IT/000369 "Gypsum"*, in D. DEMARIA, P. FORTI, P. GRIMANDI, G. AGOLINI (a cura di), *Le Grotte Bolognesi*, GSB-USB, Bolo-

gna, pp. 127-128.

DE WAELE J., 2013. *Qualità delle acque nei sistemi carsici del Monte Tondo*, in M. ERCOLANI, P. LUCCI, S. PIASTRA, B. SANSAVINI (a cura di), *I Gessi e la Cave i Monte Tondo. Studio multidisciplinare di un'area carsica nella Vena del Gesso Romagnola*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, II(26), 205-211.

DE WAELE J., FORTI P., ROSSI A., 2011. *Il carsismo nelle evaporiti dell'Emilia-Romagna*, in P. LUCCI, A. ROSSI (a cura di), *Speleologia e geositi carsici in Emilia-Romagna*, Bologna, pp. 25-59.

FORTI P., FRANCAVILLA F., 1990. *Gli acquiferi carsici dell'Emilia-Romagna: conoscenze attuali e problemi di salvaguardia*. At. Parm., Acta Nat., 26 (1-2), 69-80.

FORTI P., FRANCAVILLA F., PRATA E., RABBI

E., VENERI P., FINOTELLI F., 1985. *Evoluzione idrogeologica dei sistemi carsici dell'Emilia-Romagna: 1- Problematica generale; 2- Il complesso Spipola - Acqua Fredda*. Regione Emilia Romagna, Tip. Moderna, Bologna, 1-60.

FORTI P., FRANCAVILLA F., PRATA E., RABBI E., GRIFFONI A., 1989. *Evoluzione idrogeologica dei sistemi carsici dell'Emilia-Romagna: il complesso Rio Stella-Rio Basino (Riolo Terme, Italia)*. Atti XV Congr. Naz. Spel., Udine, 349-368.

LUCCI P., ROSSI A. (a cura di), 2011, *Speleologia e Geositi carsici in Emilia-Romagna*, Bologna, p. 448

MARINELLI O., 1917. *Fenomeni carsici nelle regioni gessose d'Italia*. Memorie Geografiche di Giotto Dainelli, 34, 263-416.

Figura 11 - Grotta risorgente del Rio Cavinale.

