

QUALITÀ DELLE ACQUE DEI GESSI DI MONTE MAURO

ILENIA M. D'ANGELI¹, DIANA SERRAZANETTI², CHIARA MONTANARI³, JO DE WAELE⁴

Riassunto

Il *Life + Gypsum 08NAT/IT/000369* ha rappresentato un importante progetto multidisciplinare, il quale ha ampiamente coinvolto e integrato diversi gruppi speleologici emiliano-romagnoli e ricercatori dell'Università di Bologna, consentendo di ottenere interessanti risultati da innumerevoli punti di vista. In questo capitolo vengono affrontati argomenti di natura geochemica, idrogeologica e microbiologica, portati avanti grazie alle analisi effettuate durante il periodo di monitoraggio che va da maggio 2010 ad ottobre 2014, e riguardanti alcuni interessanti sistemi carsici dei Gessi di Monte Mauro.

Parole chiave: Sistema carsico Stella-Basino, gesso, nitrati, microbiologia.

Abstract

The Life + Gypsum 08NAT/IT/000369 can be considered an important multidisciplinary project, able to involve and integrate several caving clubs of the Emilia-Romagna Region and scientists from the University of Bologna, allowing them to obtain interesting results from the most diversified points of view. In the following chapter we present geochemical, hydrogeological and microbiological investigations carried out during the monitoring period from 2010 to 2014, in several karst systems of the Mt. Mauro area.

Keywords: Stella-Basino Karst System, Gypsum, Nitrates, Microbiology.

Introduzione

Il fenomeno carsico in Emilia-Romagna si esplica essenzialmente all'interno delle rocce evaporitiche permo-triassiche e messiniane (DE WAELE *et alii* 2017), che rappresentano meno dell'1% del territorio regionale. Le successioni permo-triassiche meglio note come Anidriti di Burano si localizzano principalmente nell'Alta Val di Secchia e sono costituite da gessi e anidriti microcristallini o saccaroidi fortemente tettonizzati, mentre i gessi messi-

niani appartenenti alla Formazione Gessoso Solfifera sono ampiamente diffusi lungo la fascia pedeappenninica che va da Reggio Emilia a Rimini (DEMARIA 2003; LUCCI, ROSSI 2011) e si presentano generalmente come banconi metrici ben stratificati e caratterizzanti vari cicli evaporitici (MADONIA, FORTI 2003). La maggior parte del territorio carsico emiliano-romagnolo ricade all'interno di aree protette e salvaguardate quali Parchi, Riserve Naturali e Siti di Interesse Comunitario (SIC). L'obiettivo di questo capitolo è quello di valutare la qualità

¹ Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Via Zamboni 67, 40126 Bologna (BO) / Istituto Italiano di Speleologia, Via Zamboni 67, 40126 Bologna (BO) - ilenia.dangeli@alice.it

² Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale Agroalimentare, sede di Cesena, Piazza Goidanich 60, 47521 Cesena (FC) - diana.serrazanetti@gmail.com

³ Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale Agroalimentare, sede di Cesena, Piazza Goidanich 60, 47521 Cesena (FC) - chiara.montanari8@unibo.it

⁴ Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Via Zamboni 67, 40126 Bologna (BO) / Istituto Italiano di Speleologia, Via Zamboni 67, 40126 Bologna (BO) - jo.dewaele@unibo.it

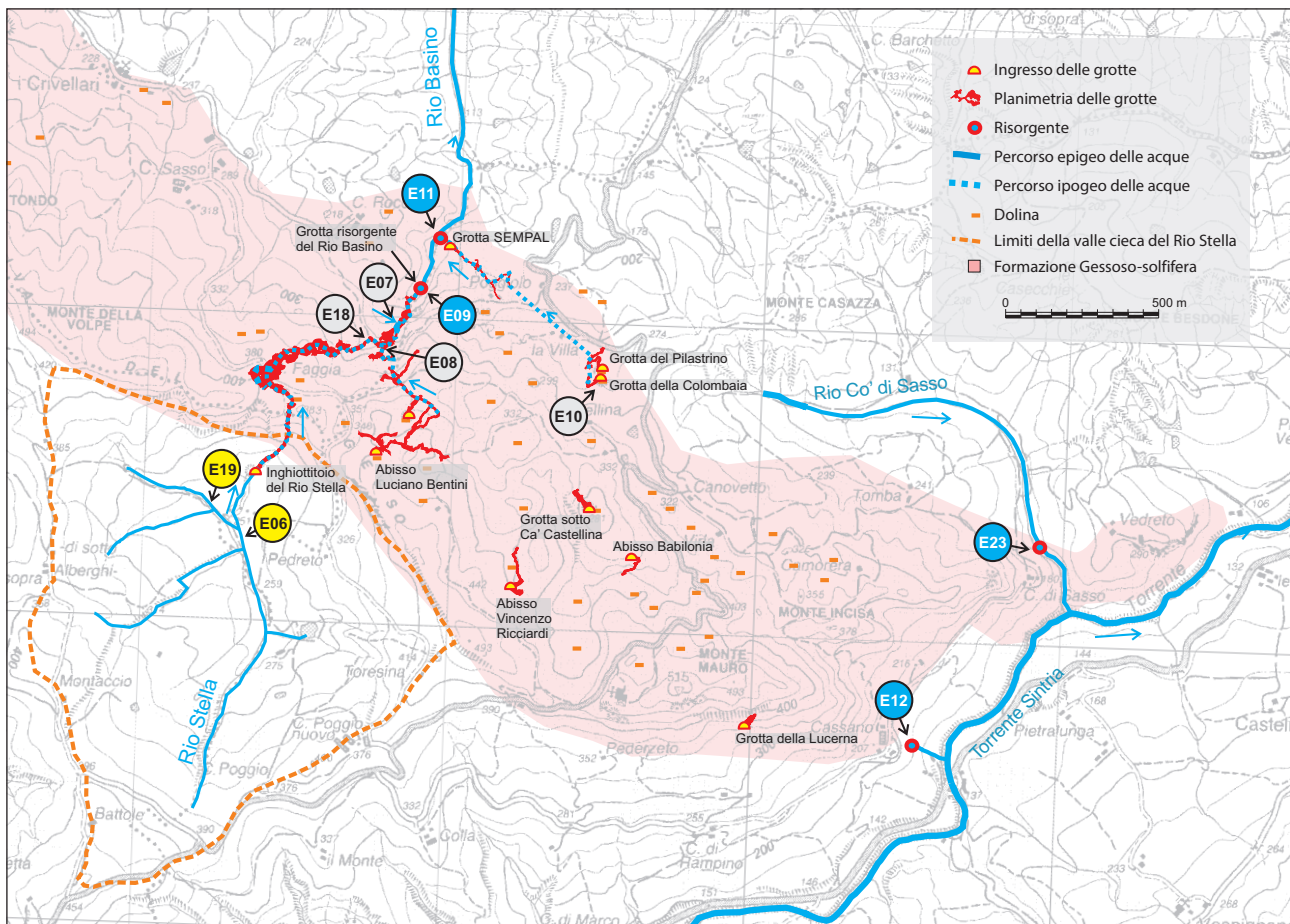


Fig. 1 – Ubicazione dei punti di campionamento nel sistema Rio Stella-Rio Basino (E06, E19, E18, E08, E07, E09), nella Grotta della Colombaia (E10), nella risorgente SEMPAL (E11), nella risorgente sotto Cassano (E12) e nella risorgente Co' di Sasso (E23). In giallo sono rappresentati gli inghiottitoi, in grigio i punti di campionamento in grotta e in azzurro le risorgenti.

delle acque a livello geochimico e microbiologico dei principali sistemi carsici localizzati nei Gessi di Monte Mauro all'interno della Vena del Gesso Romagnola, Parco regionale e SIC IT4070011. In particolare, le aree interessate da questo studio sono riportate in fig. 1 e riguardano: i sistemi Rio Stella-Rio Basino (E06, E19, E18, E08, E07, E09) e Colombaia-Pilastrino-SEMPAL (E10-E11), la risorgente sotto Cassano (E12) e la risorgente di Co' di Sasso (E23). Inoltre, le osservazioni e investigazioni idrogeologiche condotte al Rio Stella-Rio Basino hanno consentito di stabilire a che modello idrogeologico appartiene tale sistema carsico (VIGNA *et alii* 2017).

I risultati riportati di seguito derivano da un monitoraggio, ricadente nell'ambito del Progetto Europeo Life + 08NAT/IT/000369 *Gypsum* (BIANCO 2010; DE WAELE *et alii*, 2013; D'ANGELI *et alii* 2017), svolto da maggio 2010 a ottobre 2014.

I campionamenti geochimici e microbiologici sono stati eseguiti con cadenza stagionale, ogni tre mesi circa e quattro volte all'anno (I= Marzo-Aprile-Maggio; II= Giugno-Luglio-Agosto; III = Settembre-Ottobre-Novembre; IV = Dicembre-Gennaio-Febrero). Le analisi sono state effettuate nei laboratori dell'Università di Bologna, rispettivamente nel Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali (Bologna) e nel Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale Agroalimentare (Cesena). Per ogni sito di campionamento sono stati prelevati 250 ml e 50 ml di acqua tal quale in contenitori sterili, e 100 ml di acqua filtrata con un filtro sterile da 0.45 µm e acidificata con 1 ml di HNO₃. I contenitori da 250 e 100 ml sono stati utilizzati per le analisi geochimiche, mentre quelli da 50 ml per le analisi microbiologiche. A livello geochimico sono stati analizzati Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, F⁻, Br⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄⁻, NH₄⁺, utilizzando strumenti

come lo Spettrofotometro di Assorbimento Atomico Thermo S a doppio raggio per i cationi (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), un Cromatografo Ionico Metrohm 881bIC Pro per gli anioni (SO_4^{2-} , Cl^- , F^- , Br^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}), lo Spettrofotometro Hach DR 2010 per lo ione ammonio (NH_4^+) e titolazioni acidimetriche per misurare l'alcalinità (HCO_3^-). Le analisi microbiologiche hanno previsto lo studio della concentrazione totale delle comunità microbiologiche mediante campionamento su piastre di terreno idoneo (R2A) e successiva incubazione per 10 giorni a 20 °C. Ulteriori analisi sono state effettuate per valutare la contaminazione dovuta alla presenza di coliformi totali e fecali: a questo scopo, i campioni sono stati inoculati in un terreno speci-

fico (Violet Red Bile Agar, VRBA) ed incubati rispettivamente a 37 e 45 °C. Da ogni piastra sono state successivamente isolate le colonie caratterizzate da diversa morfologia (colore, forma, aspetto, ecc.) e, dopo la purificazione, è stato possibile estrarre il DNA utilizzando il kit Gene Matrix DNA. Gli isolati sono poi stati identificati mediante sequenziamento della regione 16S rRNA ed analizzate seguendo la procedura DGGE (*Denaturing Gradient Gel Electrophoresis*) per ottenere profili di biodiversità microbica.

Studi idrogeologici sono stati condotti sul sistema carsico Rio Stella-Rio Basino, ed in particolare nella risorgente E09, la quale è stata monitorata nel tempo, utilizzando delle sonde

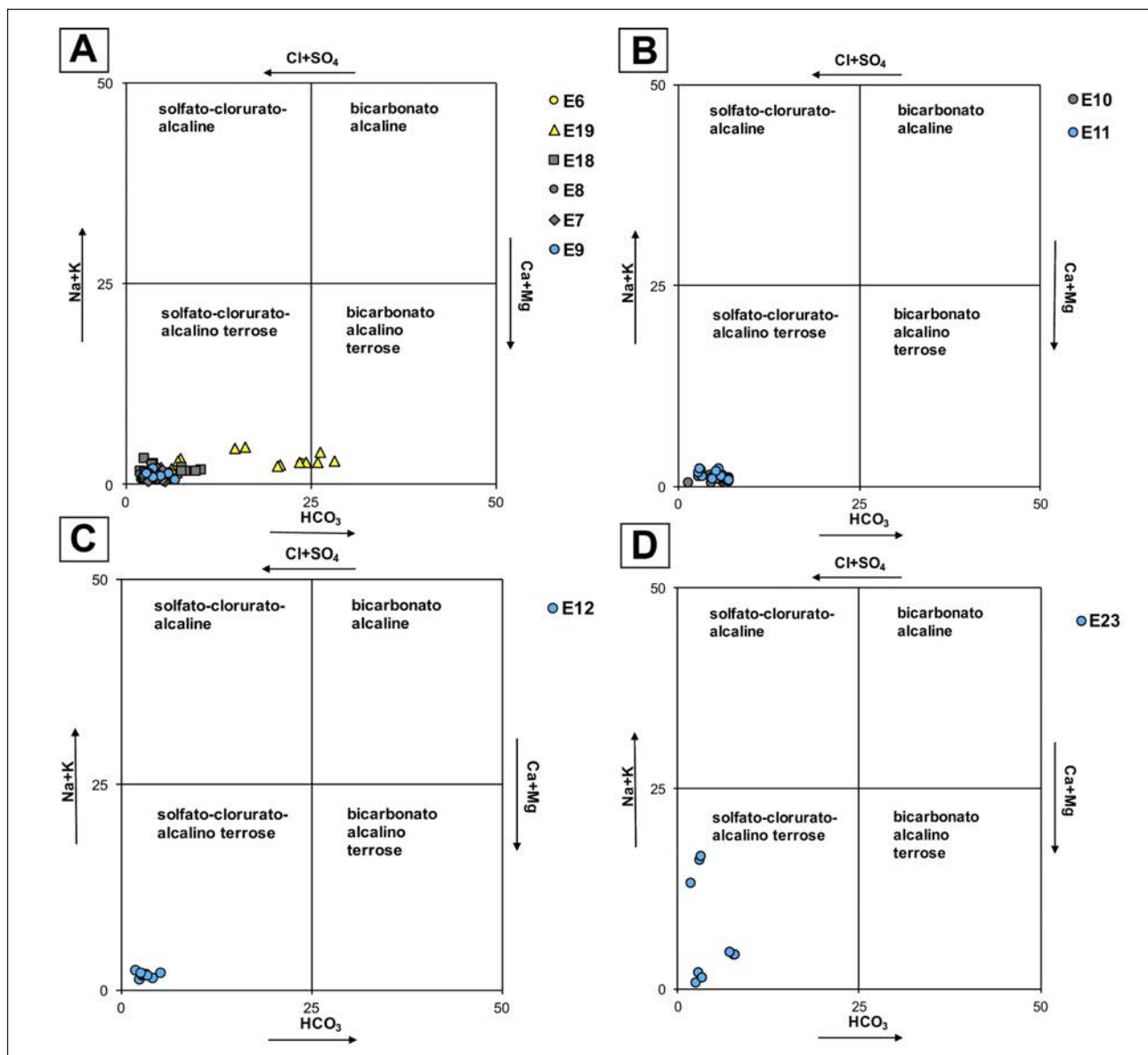


Fig. 2 – Diagrammi quadrati Ludwig-Langelier delle quattro aree oggetto di studio; A. Rio Stella-Rio Basino; B. Colombaia-Pilastrino-SEMPAL; C. risorgente sotto Cassano; D. risorgente Co' di Sasso. In giallo sono rappresentati gli inghiottitoi, in grigio i punti di campionamento in grotta e in azzurro le risorgenti.

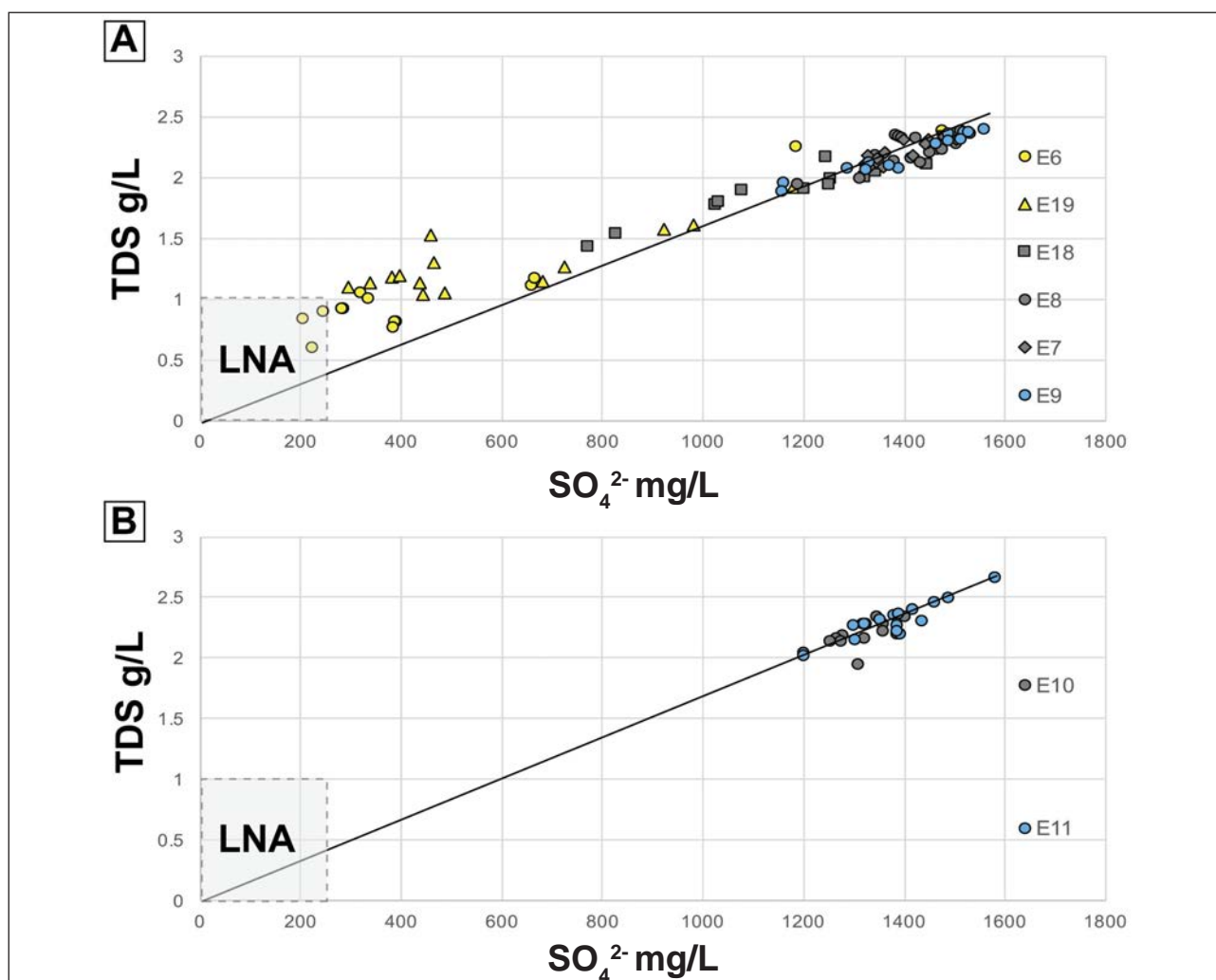


Fig. 3 – Andamento dei solfati (SO_4) rispetto al TDS (Solidi Totali Disciolti) nel sistema Rio Stella-Rio Basino (A) e Colombaia-Pilastrino-SEMPAL (B). Il quadrato LNA rappresenta i limiti delle acque naturali (1 g/l di TDS e 250 mg/l di SO_4).

multiparametriche STS DL/N70 capaci di registrare dati di conducibilità elettrica, temperatura e livello dell'acqua. Tutti i parametri sono stati misurati ogni 60 minuti. I dati di pioggia sono stati invece scaricati dalla stazione meteorologica più vicina.

Inquadramento geografico

Nel sistema carsico Rio Stella-Rio Basino sono stati monitorati sei punti di campionamento di cui due inghiottitoi (E06 e E19 in giallo in fig. 1), tre in grotta (E18, E08, E07 in grigio in fig. 1) e uno di risorgente (E09 in azzurro in fig. 1). Per il sistema Colombaia-Pilastrino-SEMPAL sono stati studiati 2 punti, uno in grotta (nella zona prossima all'inghiottitoio, E10 in grigio in fig. 1) e uno di risorgente (E11 in azzurro, fig. 1). Per la risorgente sotto Cassano (E12 in azzur-

ro, fig. 1) e la risorgente Co' di Sasso (E23) è stato monitorato un solo punto.

Risultati

Geochimica

Seguendo la Direttiva Europea (KALLIS, BUTLER 2001) sullo sviluppo sostenibile della risorsa acqua (con l'acronimo WFD: *Water Framework Directive*) e sulla qualità ecologica dell'acqua superficiale, il Consiglio della Comunità Europea (CEC 1993) ha stabilito dei limiti per i costituenti principali quali Cl^- e SO_4^{2-} (250 mg/l), Na^+ (150 mg/l), NO_3^- (50 mg/l), F^- (1.5 mg/l), NH_4^+ (0.5 mg/l). Le tabelle in appendice (tabb. 1-10), riportano le concentrazioni degli elementi chimici principali di dieci punti di campionamento, sei del sistema Rio Stella-Rio Basino

(E06-E19-E18-E08-E07-E09), due del sistema Colombaia-Pilastrino-SEMPAL (E10-E11), uno della risorgente sotto Cassano (E12) e uno della risorgente Co' di Sasso (E23). In rosso sono state evidenziate le concentrazioni che superano i valori limite imposti dalla CEC 1993 (ppm = mg/l). I periodi di campionamento (2010-2014) sono stati indicati con i numeri romani da I-IV specificati in precedenza.

Come evidente dalle tabelle, la concentrazione dei solfati (SO_4^{2-}) è quasi sempre superiore al limite imposto dalla normativa, e soltanto l'inghiottitoio E06 (sistema Stella-Basino), in alcuni periodi di monitoraggio (autunno e inverno 2010 e estate del 2014) ha mostrato valori poco al di sotto del limite di 250 mg/l. Ciò rappresenta un comportamento normale, dato che le acque circolano in stretto contatto con rocce gessose ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). La fig. 2 mostra quattro diagrammi quadrati di Ludwig-Langelier che contraddistinguono le quattro aree oggetto di studio, ossia Rio Stella-Rio Basino (A), Colombaia-Pilastrino-SEMPAL (B), risorgente sotto Cassano (C), risorgente Co' di Sasso (D). I simboli di colore giallo indicano i punti di inghiottitoio, quelli in grigio le grotte

e in azzurro le risorgenti. Quasi tutti i campioni mostrati in fig. 2 sono ben raggruppati nel quadrante delle acque solfato-clorurato alcalino terrose mostrando una scarsa variabilità, ad eccezione dei punti di inghiottitoio E19 e E06 (fig. 2A) e l'acqua di risorgente E23 (fig. 2D), le cui acque si presentano piuttosto variabili arrivando a ricadere all'interno del quadrante delle acque bicarbonato alcalino terrose (nel primo caso), e spostandosi verso le acque solfato-clorurato alcaline nel secondo. La fig. 3 mette meglio in evidenza l'andamento della concentrazione dei solfati rispetto al TDS (Solidi Totali Disciolti) relativo ai sistemi carsici Stella-Basino (A) e Colombaia-Pilastrino-SEMPAL (B), mostrando un aumento dei solfati e quindi del TDS dagli inghiottitoi (o punti in grotta) alle risorgenti. Tutti i punti di campionamento, eccetto E06 (autunno e inverno 2010 e estate del 2014), ricadono al di fuori dei limiti delle acque naturali (1 g/l TDS e 250 mg/L di SO_4^{2-}). Esiste una stretta relazione tra aumento di SO_4^{2-} e TDS, infatti all'aumentare del primo cresce anche il secondo.

I fluoruri (F^-) superano il limite di 1.5 mg/l una volta in E06, raggiungendo concentrazio-

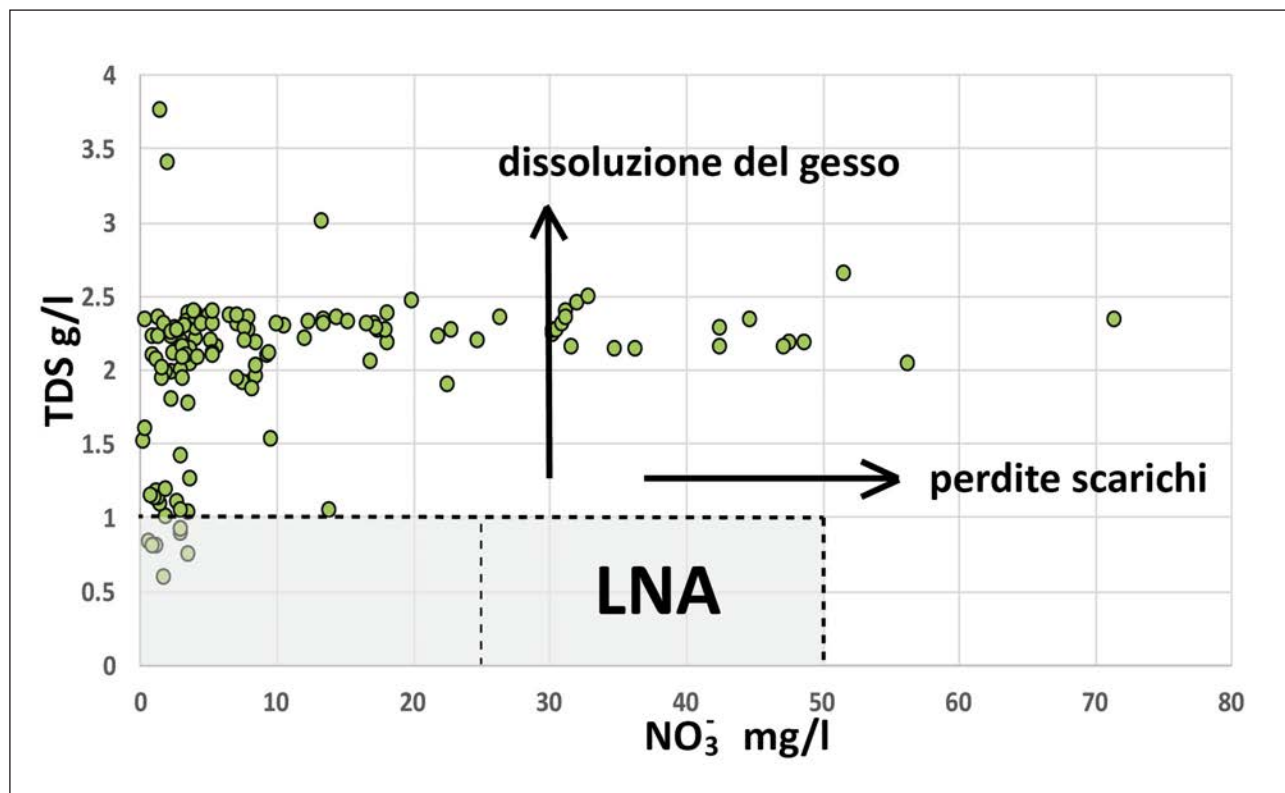


Fig. 4 – Variazione generale della concentrazione dei nitrati (NO_3^-) in mg/l e dei Solidi Totali Disciolti (TDS) in g/l, in tutti i punti di campionamento. I limiti delle acque naturali sono stati rappresentati con i rettangoli tratteggiati. Il rettangolo grande presenta i limiti stabiliti a livello europeo (LNA) dal CEC 1993 (1 g/l TDS e 50 mg/l per NO_3^-), mentre il rettangolo piccolo pone come soglia consigliata per i nitrati il valore di 25 mg/l.

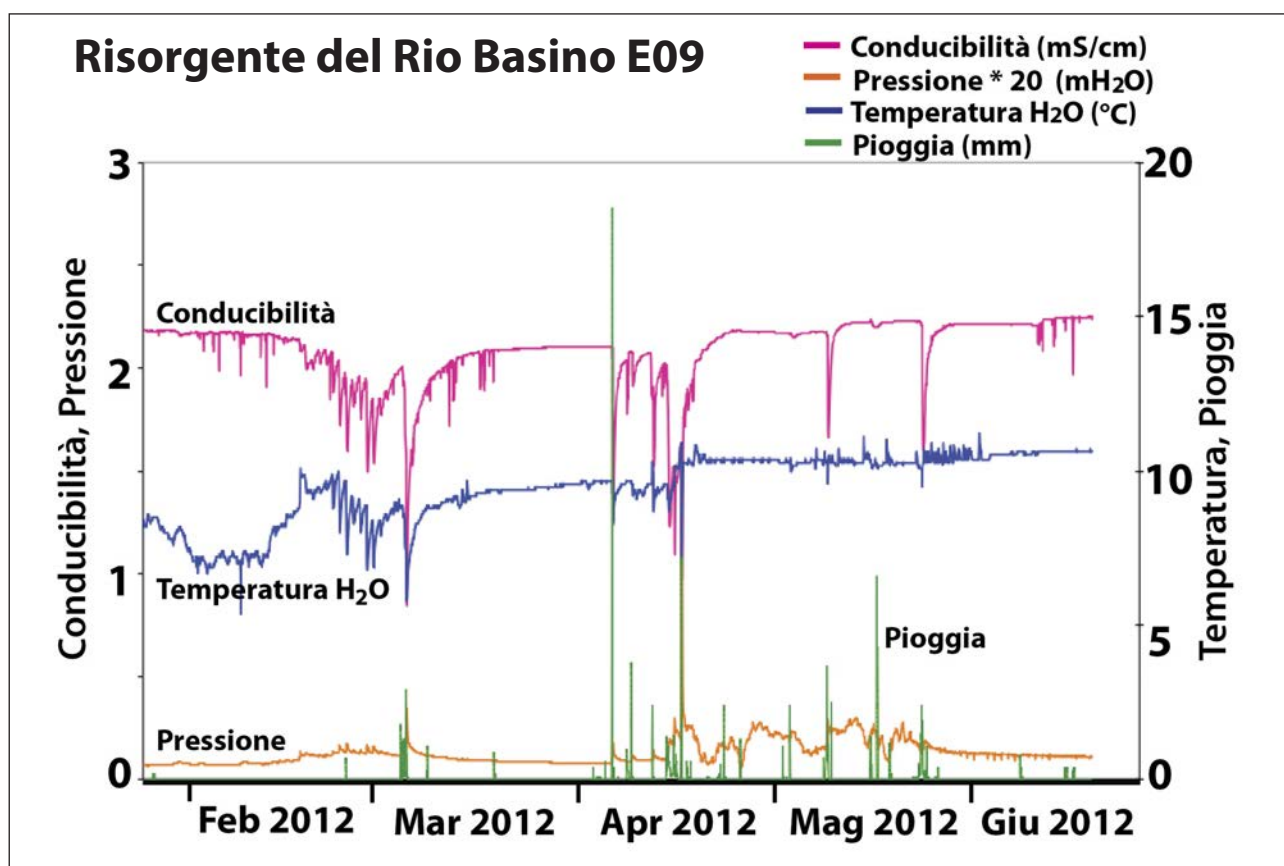


Fig. 5 – Pioggia (mm) è rappresentata con le barre verdi, temperatura dell’acqua (°C) in blu, pressione (mH₂O) in arancio e la conducibilità elettrica (mS/cm) in magenta. Tale monitoraggio è stato effettuato durante il 2012 nella risorgente del Rio Basino. Dal grafico è possibile osservare un’evidente diminuzione della temperatura dell’acqua in seguito agli eventi piovosi. Da VIGNA *et alii* 2017.

ni di 13.88 mg/l durante l’estate del 2010, due volte in E18 (estate 2010 e primavera 2013), quattro volte in E08 con valori piuttosto elevati come 11.25 (inverno 2010) e 7.11 mg/l (inverno 2012), quattro volte in E07 (inverno 2011, autunno 2012, inverno 2012, primavera 2013), una volta in E10 (inverno 2012), tre volte in E11 (estate 2010, inverno 2010, inverno 2012), tre volte in E12 (estate 2010, primavera 2013, autunno 2013) e una volta in E23 (estate 2014). L’elevato contenuto di fluoruri potrebbe essere legato alla dissoluzione dei gessi messiniani, e ad effetti di pistonaggio avvenuti durante i periodi più piovosi dopo prolungati periodi asciutti (principalmente in autunno e inverno). La concentrazione di Na⁺ e Cl⁻ supera i valori soglia ammessi dalla normativa solo nel punto di campionamento E23 (estate e autunno 2013, estate 2014). Probabilmente le rocce gessose dell’area in cui si trova la risorgente Co’ di Sasso sono maggiormente arricchite di depositi salini (legate ai processi evaporitici che risalgono alla formazione delle

rocce in sito) rispetto alle altre aree della Vena del Gesso oggetto di questo studio.

I nitrati (NO₃⁻) e lo ione ammonio (NH₄⁺) rappresentano gli elementi che danno maggiori informazioni riguardo l’inquinamento, soprattutto in aree protette come i SIC e i geoparchi. I nitrati superano i limiti di 50 mg/l solo nel sistema Colombaia-Pilastrino-SEMPAL raggiungendo valori compresi tra 71.43 e 56.28 mg/l (autunno 2010 e autunno 2012) in E10, e 51.58 mg/l in E11 (sempre durante l’autunno 2010). Lo ione ammonio supera la soglia di 0.50 mg/l una volta in E08 (inverno 2012), in E23 (estate 2012), in E11 (estate 2013) raggiunge 5 mg/l.

È necessario sottolineare che il sistema Colombaia-Pilastrino-SEMPAL si apre in prossimità di un piccolo insediamento di case, e che, probabilmente, la concentrazione alta di nitrati è da imputare a perdite degli scarichi fognari. In effetti, i valori di NO₃⁻, si presentano piuttosto alti durante la maggior parte dei campionamenti di E10 e E11, superando

il valore di 25 mg/l, considerato soglia limite consigliata dal D.Lgs. 31/01. In fig. 4 vengono riportati, in generale, i valori di nitrati (NO_3^-) e Solidi Totali Disciolti (TDS) di tutti i sistemi carsici oggetto del lavoro. Il rettangolo tratteggiato più grande rappresenta i limiti delle acque naturali stabiliti dal CEC 1993 (TDS 1 g/l e NO_3^- 50 mg/l), mentre il rettangolo più piccolo mette in evidenza la soglia limite per i nitrati (25 mg/l) consigliata dal D.Lgs. 31/01. È evidente come la maggior parte dei campionamenti ricada al di fuori dei limiti per le acque potabili, principalmente a causa dell'alta concentrazione del TDS, legata alla rapida dissoluzione delle rocce gessose a contatto con l'acqua in movimento dagli inghiottitoi alle risorgenti (fig. 4).

Idrogeologia

Le analisi geochimiche delle acque assieme al monitoraggio dei parametri di temperatura, conducibilità, pressione e precipitazioni hanno permesso di fare importanti osservazioni riguardo al comportamento del sistema carsico Rio Stella-Rio Basino.

È evidente che la variabilità geochimica dell'acqua dagli inghiottitoi (E06-E19) alla ri-

sorgente (E09) diminuisce a causa della rapida dissoluzione del gesso (figg. 2A-3A), fenomeno che tende a omogenizzare la soluzione. Non si osservano grandi variazioni di concentrazione di SO_4^{2-} tra i campioni di grotta e quelli di risorgente, che si presentano ben raggruppati e clusterizzati (figg. 2A-3A). Inoltre, sono importanti i risultati idrogeologici ottenuti durante il monitoraggio del 2012. In fig. 5 è possibile vedere, come dopo un'intensa precipitazione, la temperatura e la conducibilità dell'acqua della Grotta risorgente del Rio Basino (E09) si abbassino repentinamente. Questo rappresenta un comportamento tipico di sistemi carsici a flusso continuo (o dreno dominante) (VIGNA *et alii* 2017), in cui i parametri geochimici variano molto rapidamente in risposta ad eventi di infiltrazione (precipitazioni). Un altro fenomeno interessante è quello registrato a Febbraio 2012 in cui si osserva una simultanea diminuzione di temperatura e conducibilità, avvenuto in assenza di precipitazioni, e presumibilmente legato allo scioglimento della neve. Tutti questi risultati indicano che il sistema carsico Rio Stella-Rio Basino ricade all'interno del modello chiamato "a dreno dominante" (VIGNA *et alii* 2017). I modelli di flusso idrogeologico sono stati analizzati in dettaglio in ambienti carbonatici (VIGNA, BANZATO 2015), e

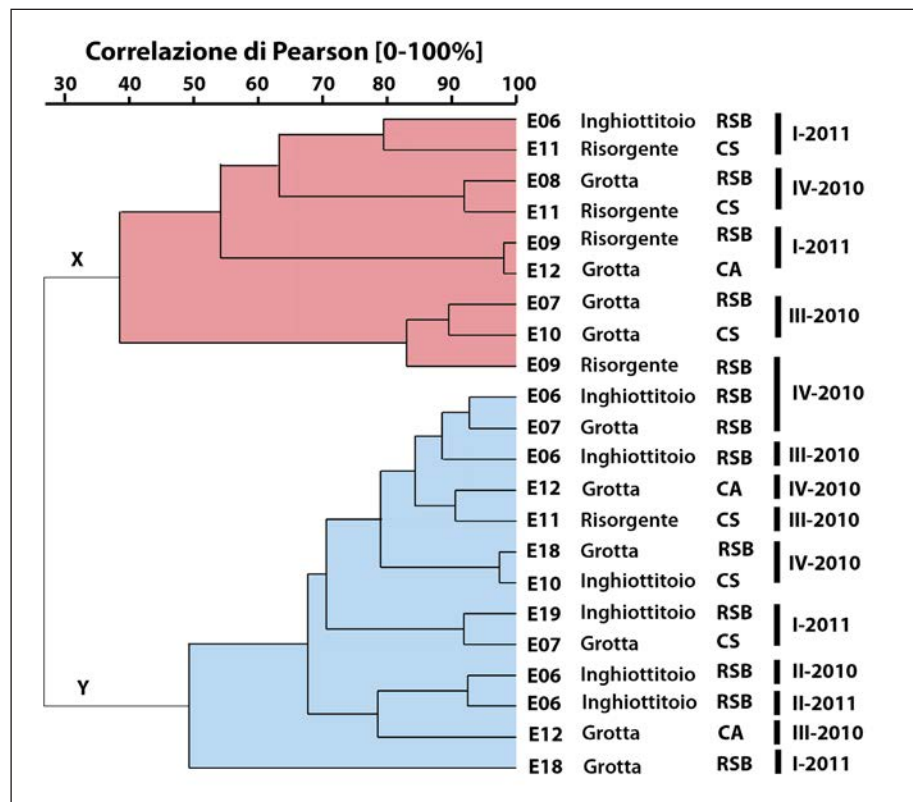


Fig. 6 - Profili PCR-DGGE per la diversità microbica ottenuti per i campionamenti del 2010-2011 nei sistemi carsici Stella-Basino (RSB), Colombaia-Pilastrino-SEMPAL (CS), e risorgente sotto Cassano (CA). Sono riportate le similitudini riguardo la composizione microbica tenendo conto della correlazione di Pearson (I-IV sono le stagioni di campionatura, vedi sopra).

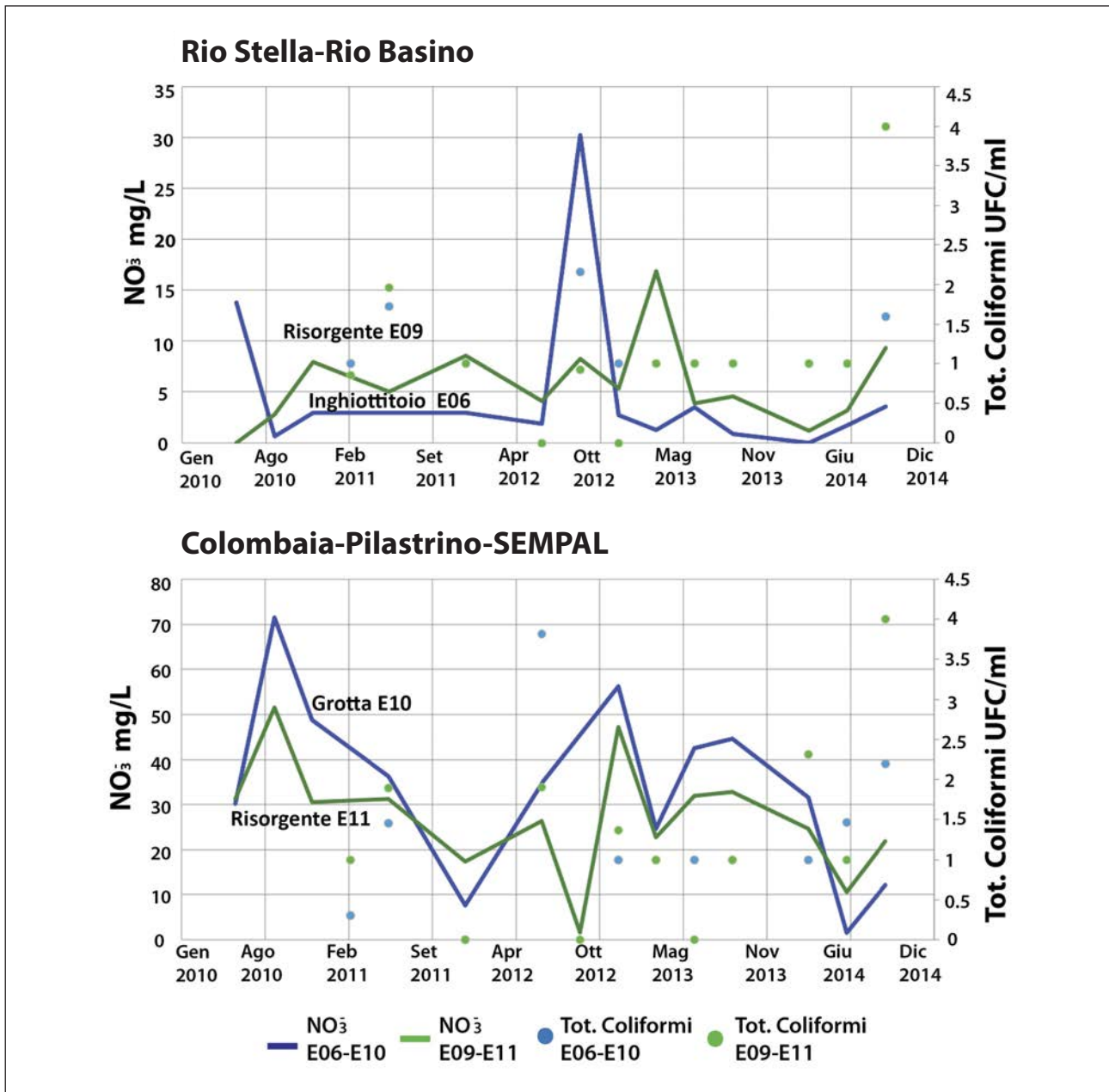


Fig. 7 – Correlazioni tra concentrazione dei nitrati (NO₃⁻) e coliformi totali nei sistemi carsici Rio Stella-Rio Basino e Colombaia-Pilastrino-SEMPAL. Da D'ANGELI *et alii* 2017.

solo recentemente (VIGNA *et alii* 2017) è stato possibile definirli anche in contesti evaporitici, più delicati e fragili rispetto ai primi. In base a tale ricerche è possibile affermare che il modello “a dreno dominante” sia tipico di aree in cui le rocce evaporitiche siano affioranti e non coperte da potenti depositi meno permeabili.

Microbiologia

Le analisi microbiologiche hanno consentito di individuare, dove presenti, le fonti di inqui-

namento che in questi contesti protetti sembrerebbero essere principalmente dovute alla presenza di piccoli insediamenti antropici e/o di allevamenti e pascoli. Le analisi molecolari per identificare e caratterizzare la microflora presente (16s rRNA, PCR-DGGE) sono state effettuate principalmente sui campionamenti dei primi anni del monitoraggio, mentre il conteggio dei principali gruppi microbici, mediante campionamento in piastra, è avvenuto per l'intera durata del progetto Life. La concentrazione di coliformi totali e fecali è stata studiata in dettaglio, poiché rappresenta un im-

portante indicatore riguardo l'igiene e qualità dell'acqua e dei cibi. I coliformi sono, infatti, spesso presenti nei sistemi acquatici e nel suolo e si ritrovano abbondantemente nelle acque circolanti in grotta (SEMAN *et alii* 2015). In fig. 6 è riportato un profilo PCR-DGGE mostrante il grado di similarità microbica tra i punti di campionamento nel tempo ed in particolare per gli anni 2010 e 2011. Si osservano due suddivisioni principali: gruppo X (in rosso) e gruppo Y (in azzurro) con similarità al 27%. All'interno di ogni gruppo è possibile osservare un aumento del grado di similarità. Punti di inghiottitoio e risorgente sono presenti in entrambi i gruppi, ma i primi sembrerebbero essere più abbondanti nel gruppo Y, mentre i secondi nel gruppo X. Questo comportamento potrebbe indicare processi di naturale selezione delle comunità microbiche nel percorso dall'inghiottitoio alla risorgente. Quindi, le comunità microbiche che si trovano nelle sorgenti rappresenterebbero le più resistenti e con maggiori capacità adattative. La selezione opererebbe riducendo il numero di specie e aumentando il grado di similarità tra i punti di campionamento, infatti il gruppo Y (inghiottitoi e grotte), come evidente in fig. 6, presenta una maggiore variabilità microbica rispetto al gruppo X (grotte e risorgenti). Osservando il gruppo X, risulta molto interessante come il campione preso nella Grotta risorgente del Rio Basino (E08) e la risorgente SEMPAL (E11) presentino una similarità > 90% (Dicembre 2010-Gennaio-Febbraio 2011), così come l'Inghiottitoio del Rio Stella (E06) e la stessa risorgente SEMPAL (E11) abbiano una similarità dell'80% (Marzo-Aprile-Maggio 2011). Inoltre, in fig. 7 è possibile vedere che la correlazione tra concentrazione di nitrati (NO_3^-) e coliformi totali sia evidente in particolar modo nei periodi in cui si hanno importanti picchi di nitrati. La concentrazione dei coliformi eccede il valore soglia di 2 log UFC/ml soprattutto durante i periodi più piovosi, che nei climi emiliano-romagnoli avvengono principalmente in autunno e inverno. In particolare, il sito E06 presenta una concentrazione > 2 log UFC/ml durante l'autunno 2012, mentre il campione E09 supera questo valore in autunno 2014. Per quanto riguarda Colombaia-Pilastrino-SEMPAL, E10 raggiunge valori vicini a 4 in autunno 2012, e > 2 log UFC/ml in autunno 2014, invece in E11 la carica di coliformi totali risulta > 4 log UFC/ml in autunno 2014 (fig. 6).

Conclusioni

Grazie al Progetto Life + 08NAT/IT/000369 durato quasi 5 anni, è stato possibile osservare il comportamento geochimico, idrogeologico e microbiologico di alcuni importanti sistemi carsici gessosi dei Gessi di Monte Mauro nella Vena del Gesso romagnola. Le analisi geochimiche hanno mostrato che le acque superano spesso i limiti imposti dal CEC, ma ciò non rappresenta un fenomeno preoccupante, in quanto tali acque scorrono all'interno di rocce gessose caratterizzate da elevata solubilità. I punti di inghiottitoio presentano una maggiore variabilità rispetto a quelli campionati in grotta e nelle risorgenti, soprattutto perché sono direttamente influenzati dalle precipitazioni. Le zone da continuare a tenere sotto controllo, per quanto concerne i nitrati e i coliformi totali e fecali, sono essenzialmente due, ossia le abitazioni a monte del sistema Colombaia-Pilastrino-SEMPAL e i pascoli in prossimità dell'Inghiottitoio del Rio Stella. Dal punto di vista idrogeologico il complesso Stella-Basino può, senza dubbio, essere considerato un sistema a flusso continuo ricadente all'interno del modello "a dreno dominante".

Bibliografia

- D. BIANCO 2010, *Il progetto Gypsum. Un progetto europeo per la tutela della biodiversità nei gessi da Reggio Emilia a Rimini*, "Storie Naturali" 5, pp. 42-49.
- COUNCIL EUROPEAN COMMUNITIES (CEC) 1993, *Commission Proposal for a Council Directive on the Ecological Quality of Surface Waters*, COM (93) 680 of 10th August 1994.
- I.M. D'ANGELI, D. SERRAZANETTI, C. MONTANARI, L. VANNINI, F. GARDINI, J. DE WAELE 2017, *Geochemistry and microbial diversity of cave waters in the gypsum karst aquifers of Emilia-Romagna region, Italy*, "Science of the Total Environment" 598, pp. 538-552.
- J. DE WAELE, S. BERGIANTI, B. CAPACCIONI, C. DALMONTE, W. FORMELLA, A. GENTILINI, R. PANZERI, S. ROSSETTI, B. SANSAVINI 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), Trieste, pp. 296-301.

- J. DE WAELE, L. PICCINI, A. COLUMBU, G. MADONIA, M. VATTANO, C. CALLIGARIS, I.M. D'ANGELI, M. PARISE, M. CHIESI, M. SIVELLI, B. VIGNA, L. ZINI, V. CHIARINI, F. SAURO, R. DRYSDALE, P. FORTI 2017, *Evaporite karst in Italy: a review*, “International Journal of Speleology” 46, 2, pp. 137- 168.
- D. DEMARIA 2003, *Emilia Romagna*, in G. MADONIA, P. FORTI (a cura di), *Le aree carsiche gessose d'Italia*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, vol. XIV), Bologna, pp. 159-184.
- P. LUCCI, A. ROSSI (a cura di) 2011, *Speleologia e geositi carsici in Emilia-Romagna*, Bologna.
- G. KALLIS, D. BUTLER 2001, *The EU water framework directive: measure and implications*, “Water Policy” 3, pp. 125-142.
- G. MADONIA, P. FORTI 2003 (a cura di), *Le aree carsiche gessose d'Italia*, (Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s. II, vol. XIV), Bologna.
- M. SEMAN, B. GAÁLOVA, M. PROKŠOVÁ, D. HAVIAROVÁ, R. FL'AKOVÁ 2015, *The occurrence of coliform bacteria in the cave waters of Slovakia karsts, Slovakia*, “Folia microbiologica” 60, pp. 269-278.
- B. VIGNA, C. BANZATO 2015, *The hydrogeology of high-mountain carbonate areas: an example of some Alpine systems in Southern Piedmont (Italy)*, “Environmental Earth Sciences” 74, pp. 267-280.
- B. VIGNA, I.M. D'ANGELI, A. FIORUCCI, J. DE WAELE 2017, *Hydrogeological flow in gypsum karst areas: some examples from northern Italy and main circulation models*, “International Journal of Speleology” 46, 2, pp. 205-217.

Ringraziamenti: si ringraziano tutti i collaboratori al monitoraggio delle acque ricadenti all'interno del Progetto “Life + Gypsum” durante gli anni 2010-2014. Un sentito grazie va a Stefano Bergianti, William Formella, Alessandro Gentilini, David Bianco, Baldo Sansavini, Stefano Rossetti, Giuseppe Lucia e gli speleologi del gruppo GSB-USB. Si ringrazia, inoltre, Piero Trentini (Università di Bologna) per aver effettuato le analisi chimiche dei campioni e Bartolomeo Vigna per averci aiutato a discriminare il modello di flusso a cui appartiene il sistema Stella-Basino.

Nelle seguenti tabelle, sono state evidenziate in rosso le concentrazioni che superano i valori limite imposti dalla CEC 1993 (ppm = mg/l).

Tab. 1 – E 06 – Inghiottitoio del Rio Stella.

Periodo	T C°	pH	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺² ppm	Mg ⁺² ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	F ⁻ ppm	Cl ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻² ppm	NH ₄ ⁺ ppm
II-2010	20.2	8.26	14.95	5.43	164.74	62.22	411.9	13.88	29.44	13.81	319.91	0.00
III-2010	17.8	8.38	28.39	3.69	111.12	57.23	414.9	0.40	8.80	0.64	205.43	0.00
IV-2010	5.2	8.53	12.42	5.31	156.47	50.75	396.6	0.29	10.28	2.93	245.35	0.00
I-2011	9.8	8.68	13.89	5.88	158.91	50.98	387.5	0.25	10.28	2.93	285.35	0.00
II-2011	17.6	7.97	15.36	6.45	161.35	51.21	378.3	0.21	10.28	2.93	285.35	0.00
IV-2011	/	/	11.29	6.81	145.55	59.63	393.6	0.33	9.27	2.93	281.36	0.05
II-2012	13.2	8.2	14.77	6.33	163.89	65.37	396.6	0.19	12.56	1.87	335.33	0.05
III-2012	14.1	7.83	14.95	5.43	564.74	37.64	396.6	0.11	4.55	30.23	1183.65	0.02
IV-2012	4.5	8.17	29.14	9.75	186.57	66.58	138.8	0.99	15.07	2.75	659.93	0.01
I-2013	13.2	8.38	17.41	4.83	124.27	57.63	198.8	0.41	11.74	1.26	391.17	0.00
II-2013	17.8	8.18	37.91	5.47	622.22	47.19	130.6	1.36	62.68	3.49	1474.46	0.11
III-2013	13.1	7.33	22.36	4.04	129.63	51.55	202.32	0.57	10.07	0.89	388.11	0.06
I-2014	9.8	8.26	13.33	12.88	246.81	45.21	160.43	0.00	19.35	0.00	665.99	0.04
II-2014	18.3	7.93	11.62	5.37	136.42	10.75	194.01	0.51	12.43	1.75	224.71	0.04
III-2014	11.6	8.25	11.48	2.77	144.29	37.48	158.85	0.34	12.36	3.54	385.96	0.04

Tab. 2 – E 19 – Rio Stella-Rio Basino: Inghiottitoio arrivo laghetti Rio Stella.

Periodo	T C°	pH	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺² ppm	Mg ⁺² ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	F ⁻ ppm	Cl ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻² ppm	NH ₄ ⁺ ppm
II-2010	18	8.21	17.86	6.06	250.40	65.52	457.6	0.00	29.43	0.00	465.62	0.06
III-2010	16.4	7.58	34.76	6.19	274.92	68.18	658.9	0.04	6.99	0.28	458.99	0.01
IV-2010	3.7	8.42	16.64	5.06	200.84	52.02	506.4	0.47	11.31	1.43	295.66	0.00
I-2011	10.7	8.56	16.75	5.47	210.84	54.54	485.1	0.36	11.38	1.33	338.45	0.02
II-2011	16.1	7.63	16.85	5.89	220.84	57.06	475.9	0.25	11.45	1.23	381.24	0.04
IV-2011	/	/	12.58	5.48	213.77	49.67	396.6	0.49	12.12	1.01	437.11	0.03
II-2012	13	6.85	17.11	6.44	218.77	59.11	466.8	0.00	15.62	1.89	395.63	0.04
IV-2012	4.2	7.63	28.32	1.13	269.19	60.68	162.0	0.00	18.09	3.71	723.94	0.12
I-2013	12.5	8.24	17.98	6.27	210.81	63.65	146.4	0.76	16.91	0.72	682.14	0.00
II-2013	17.4	7.29	27.58	9.45	178.81	62.34	286.3	0.00	22.38	3.55	442.70	0.08
III-2013	14	8.04	25.45	8.87	169.11	61.81	271.66	0.32	21.81	3.01	487.01	0.05
I-2014	9.1	8.19	12.33	6.48	380.84	44.64	188.45	0.17	14.09	0.00	923.55	0.06
II-2014	16.4	7.73	21.69	8.18	465.55	42.82	163.54	0.00	26.88	8.12	1179.31	0.03
III-2014	11.5	7.73	15.69	8.28	331.56	73.56	178.12	0.64	17.51	0.32	982.16	0.15

Tab. 3 – E 18 – Rio Stella-Rio Basino: a monte arrivo Abisso Bentini.

Periodo	T C°	pH	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺² ppm	Mg ⁺² ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	F ⁻ ppm	Cl ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻² ppm	NH ₄ ⁺ ppm
II-2010	10.9	8.26	16.05	5.43	429.09	61.61	262.4	2.64	14.77	22.58	1077.70	0.01
III-2010	9.6	7.74	25.37	3.73	567.41	64.43	158.6	0.56	22.49	1.40	1506.40	0.00
IV-2010	7.2	8.53	15.72	5.63	305.12	51.02	256.3	0.58	12.29	3.01	769.24	0.00
I-2011	6.7	7.41	15.72	5.50	405.12	56.64	238.0	0.58	16.16	3.58	1024.83	0.01
II-2011	14.8	7.33	13.68	4.99	335.69	61.33	253.2	1.29	25.80	9.60	827.18	0.01
IV-2011	/	/	15.36	6.38	412.66	59.28	256.3	0.52	14.11	2.23	1028.96	0.03
II-2012	10.1	6.84	18.26	6.03	515.66	63.58	286.8	0.48	22.55	3.15	1242.39	0.09
III-2012	9.6	7.8	12.06	4.30	599.50	28.75	155.6	0.00	54.39	0.43	1478.85	0.00
IV-2012	10.4	8.14	11.84	0.01	525.93	39.96	100.0	0.80	16.08	3.66	1343.71	0.15
I-2013	9.8	8.09	17.71	10.28	496.47	54.41	100.0	1.94	48.66	2.31	1253.65	0.00
II-2013	10.1	8.17	37.56	9.89	466.88	54.49	73.3	1.29	17.16	3.10	1445.24	0.60
III-2013	10.0	8.53	27.56	11.29	476.88	53.33	85.69	1.21	19.36	2.99	1320.91	0.09
I-2014	8.8	8.16	21.72	5.12	435.12	61.64	133.04	1.41	29.36	3.18	1248.77	0.07
II-2014	10.2	7.91	25.78	8.63	488.39	17.57	135.59	0.00	24.36	7.56	1201.65	0.09
III-2014	10.7	7.85	17.55	10.91	481.36	68.07	135.95	1.03	42.66	0.98	1347.36	0.01

Tab. 4 – E 08 – Rio Stella-Rio Basino: arrivo Abisso Bentini.

Periodo	T C°	pH	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺² ppm	Mg ⁺² ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	F ⁻ ppm	Cl ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻² ppm	NH ₄ ⁺ ppm
II-2010	12.0	8.25	8.56	2.20	573.37	31.92	128.1	0.55	9.51	0.99	1466.89	0.00
III-2010	11.8	8.07	21.72	1.77	561.03	41.08	103.7	0.61	18.23	1.39	1475.93	0.09
IV-2010	11.9	8.47	5.17	0.88	653.17	29.68	237.9	11.25	12.84	14.40	1381.45	0.01
I-2011	10.7	7.38	5.20	0.91	643.17	29.67	234.9	5.94	13.20	13.38	1388.79	0.02
II-2011	10.4	7.8	5.22	0.94	633.17	29.65	228.8	0.63	13.56	12.36	1396.12	0.02
IV-2011	/	/	12.56	3.51	598.56	45.87	176.9	1.45	21.46	4.06	1511.31	0.03
II-2012	12.4	8.31	6.99	0.85	612.39	28.45	216.6	0.48	13.87	15.25	1423.11	0.01
III-2012	11.9	8.05	17.86	6.06	434.44	85.52	173.9	2.78	21.07	7.09	1187.10	0.03
IV-2012	11.7	8.20	10.88	10.17	601.73	39.25	89.9	7.11	31.92	47.56	1341.66	0.60
I-2013	12.1	8.12	7.84	0.75	548.95	33.46	73.8	1.12	14.69	2.44	1430.96	0.00
II-2013	12.2	8.15	9.80	2.54	601.50	37.25	83.6	1.21	16.00	4.14	1449.72	0.19
III-2013	12.1	8.43	10.74	0.59	608.33	39.91	91.55	0.76	18.89	4.15	1501.96	0.04
I-2014	12.1	8.29	15.39	1.92	513.57	39.11	89.59	0.76	13.97	1.94	1311.66	0.01
II-2014	12.0	8.06	8.18	0.49	613.13	17.24	101.09	0.12	11.36	3.69	1379.77	0.03
III-2014	11.9	7.94	11.89	1.45	588.74	26.36	97.13	1.00	15.15	5.67	1412.33	0.09

Tab. 5 – E 07 – Rio Stella-Rio Basino: sifone.

Periodo	T C°	pH	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺² ppm	Mg ⁺² ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	F ⁻ ppm	Cl ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻² ppm	NH ₄ ⁺ ppm
II-2010	12.7	7.46	10.86	2.44	588.49	29.06	195.3	0.77	9.36	2.56	1446.00	0.09
III-2010	12.8	7.55	25.16	2.89	580.64	37.24	201.3	0.61	15.42	1.81	1446.71	0.08
IV-2010	12.6	7.6	4.22	0.99	585.71	24.68	201.4	0.81	8.81	5.14	1361.51	0.00
II-2011	11.4	7.46	5.63	1.05	586.32	26.87	201.4	0.62	8.60	3.03	1361.51	0.00
IV-2011	/	/	6.36	1.03	633.78	30.16	213.6	2.61	11.39	13.38	1398.79	0.02
II-2012	13.4	7.4	6.89	1.12	572.11	27.31	189.1	0.43	9.89	3.15	1345.87	0.03
III-2012	12.8	7.31	16.05	5.43	519.39	62.22	213.6	1.67	18.63	18.18	1325.63	0.04
IV-2012	12.6	8.3	22.41	11.46	553.98	33.97	132.5	1.98	23.05	3.38	1321.66	0.01
I-2013	12.6	7.57	9.75	0.55	604.21	30.12	93.0	3.01	18.75	8.53	1415.83	0.00
II-2013	12.9	7.52	16.80	2.34	620.09	34.75	132.5	0.87	18.67	7.95	1441.02	0.02
III-2013	13.0	7.45	13.58	1.89	598.36	33.38	128.77	1.01	17.91	7.05	1504.44	0.15
I-2014	12.8	7.85	11.42	6.15	495.72	48.64	173.73	0.00	13.16	0.00	1328.96	0.03
II-2014	13	7.61	4.66	0.89	581.95	19.91	110.30	0.00	6.36	3.19	1358.75	0.06
III-2014	13	7.09	9.70	1.23	615.09	25.36	178.51	1.02	17.95	3.33	1478.23	0.03

Tab. 6 – E 09 – Rio Stella-Rio Basino: Grotta risorgente del Rio Basino.

Periodo	T C°	pH	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺² ppm	Mg ⁺² ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	F ⁻ ppm	Cl ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻² ppm	NH ₄ ⁺ ppm
II-2010	11.3	8.14	15.36	4.05	488.60	46.01	213.6	0.28	11.89	0.00	1286.31	0.04
III-2010	10.8	7.98	10.48	4.20	569.51	47.02	158.6	0.68	12.54	2.79	1461.72	0.01
IV-2010	9.0	8.42	12.96	3.95	582.15	41.77	152.5	1.45	24.64	7.96	1529.84	0.07
I-2011	8.6	7.95	13.66	3.90	596.86	42.06	158.6	1.34	23.64	6.51	1519.31	0.06
II-2011	9.2	7.83	14.36	3.85	591.56	42.35	158.6	1.22	24.64	5.05	1528.77	0.05
IV-2011	/	8.4	4.89	4.38	513.99	20.87	228.8	0.66	8.36	8.56	1159.37	0.06
II-2012	11.3	8.3	19.12	4.51	603.56	43.28	164.7	1.12	26.38	4.12	1488.66	0.00
III-2012	10.9	8.04	10.86	2.89	506.49	29.06	152.5	0.00	7.47	8.27	1157.46	0.02
IV-2012	9.2	8.11	27.98	1.55	532.64	51.58	139.3	1.48	25.64	5.36	1328.85	0.08
I-2013	10.6	8.01	14.44	3.82	550.60	44.96	88.2	1.60	17.38	16.89	1322.25	0.00
II-2013	11.8	8.08	19.19	2.70	601.55	46.01	135.8	0.82	22.41	3.88	1558.73	0.14
III-2013	11.7	8.16	18.88	2.89	585.51	41.23	120.84	1.05	21.88	4.56	1512.25	0.06
I-2014	10.1	8.27	16.66	6.95	496.56	52.19	97.64	0.51	14.22	1.20	1388.85	0.16
II-2014	10.9	7.94	11.31	3.65	589.35	36.36	154.90	1.15	16.64	3.21	1486.64	0.08
III-2014	11.2	7.9	13.45	8.76	531.89	41.36	103.55	0.98	18.69	9.32	1371.02	0.08

Tab. 7 – E 10 – Sistema Colombaia-Pilastrino-SEMPAL: Grotta Colombaia.

Periodo	T C°	pH	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺² ppm	Mg ⁺² ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	F ⁻ ppm	Cl ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻² ppm	NH ₄ ⁺ ppm
II-2010	9.4	8.08	12.06	4.30	599.50	28.75	274.6	0.31	4.55	30.23	1317.29	0.00
III-2010	8.8	8.25	4.59	7.97	604.33	17.37	280.6	0.43	5.76	71.43	1344.63	0.01
IV-2010	5.8	7.99	5.02	4.28	576.95	21.16	231.8	0.72	8.89	48.75	1277.14	0.06
I-2011	7.3	8.72	5.53	4.47	578.25	21.21	231.9	0.68	8.89	42.54	1264.39	0.06
II-2011	5.8	7.44	6.03	4.65	579.55	21.26	228.8	0.63	8.89	36.33	1251.63	0.06
IV-2011	/	/	8.66	7.36	603.44	21.75	253.2	1.39	15.36	7.69	1358.39	0.01
II-2012	8.6	7.6	8.56	5.96	566.56	22.45	210.5	0.00	9.91	34.78	1274.44	0.00
IV-2012	4.7	8.24	5.07	3.06	578.04	24.24	155.0	3.15	15.37	56.28	1200.23	0.04
I-2013	8.0	8.14	16.71	3.57	609.64	23.97	107.3	1.02	19.81	24.69	1386.35	0.00
II-2013	8.6	7.79	9.90	5.29	614.54	27.46	241.3	0.00	18.06	42.50	1324.93	0.12
III-2013	9.5	7.77	11.19	4.57	615.98	28.39	219.44	0.99	17.89	44.69	1400.88	0.15
I-2014	6.7	8.04	15.83	4.81	576.29	22.89	168.73	0.47	14.71	31.62	1319.36	0.04
II-2014	8.9	7.53	5.25	0.69	556.56	11.36	50.26	0.00	7.89	1.56	1307.89	0.09
III-2014	9.6	8.01	15.46	1.11	615.64	23.17	175.93	0.96	18.11	12.12	1356.39	0.04

Tab. 8 – E 11 – Sistema Colombaia-Pilastrino-SEMPAL: Risorgente SEMPAL.

Periodo	T C°	pH	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺² ppm	Mg ⁺² ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	F ⁻ ppm	Cl ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻² ppm	NH ₄ ⁺ ppm
II-2010	12.4	7.92	16.77	7.50	618.20	29.74	256.3	1.67	18.63	31.18	1415.63	0.04
III-2010	12.7	7.85	31.57	7.92	648.82	40.75	262.4	0.75	30.01	51.58	1578.67	0.03
IV-2010	12.2	8.57	9.16	7.74	610.93	24.10	250.2	1.58	15.79	30.51	1320.86	0.01
I-2011	11.6	7.7	9.77	8.32	616.15	24.48	250.2	1.34	15.79	30.87	1350.56	0.02
II-2011	11.6	6.75	10.38	8.89	612.36	24.85	250.2	1.10	15.79	31.22	1380.26	0.02
IV-2011	/	8.6	8.21	7.94	610.91	24.56	274.6	0.02	18.77	17.39	1298.68	0.01
II-2012	13.4	7.4	15.39	7.89	626.58	26.89	244.1	1.03	17.36	26.45	1389.22	0.00
III-2012	13.1	7.98	8.56	2.20	513.87	31.92	250.2	0.00	4.87	1.65	1201.34	0.10
IV-2012	11.9	8.23	26.92	3.98	589.67	31.39	114.1	3.08	31.45	47.23	1302.17	0.17
I-2013	12.5	7.93	15.06	6.24	634.14	28.18	134.3	1.37	41.05	22.83	1386.53	0.00
II-2013	12.8	8.13	25.52	8.79	633.83	37.34	225.3	0.67	31.01	32.01	1460.72	5.00
III-2013	12.8	7.7	25.06	9.24	641.14	37.77	234.30	0.00	31.45	32.88	1486.89	0.12
I-2014	12.5	7.84	19.27	8.88	596.36	22.59	108.79	0.49	18.26	24.73	1392.17	0.08
II-2014	12.8	7.93	9.56	6.45	623.89	12.71	193.51	0.87	10.79	10.56	1435.12	0.02
III-2014	12.7	8.25	29.06	7.41	594.14	22.58	118.33	1.12	42.19	21.89	1386.53	0.05

Tab. 9 – E 12 – Risorgente sotto Cassano.

Periodo	T C°	pH	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺² ppm	Mg ⁺² ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	F ⁻ ppm	Cl ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻² ppm	NH ₄ ⁺ ppm
II-2010	13.3	7.68	18.80	4.63	588.66	37.64	183.0	2.78	21.07	7.09	1497.10	0.01
III-2010	13.5	8.22	28.76	4.95	604.09	39.71	213.5	1.19	19.43	17.17	1385.73	0.01
IV-2010	13.3	7.69	25.35	5.98	569.29	40.29	131.2	1.16	22.56	18.01	1446.79	0.01
I-2011	13.3	8.04	25.44	6.39	579.64	42.80	128.1	1.07	22.56	17.30	1451.89	0.01
II-2011	11.9	7.5	25.46	6.81	589.99	45.31	140.3	0.98	22.56	16.58	1456.99	0.01
IV-2012	12.4	7.42	32.64	2.78	563.73	42.34	75.6	1.14	20.74	9.40	1362.88	0.04
I-2013	13.7	7.78	17.17	3.73	603.38	42.49	105.1	1.92	38.13	10.06	1496.11	0.00
II-2013	14.1	7.22	25.12	5.09	625.16	43.04	127.2	0.00	35.18	19.95	1589.83	0.00
III-2013	14.0	7.69	27.18	5.01	618.33	40.01	121.77	1.59	36.28	18.06	1516.18	0.01
I-2014	13.6	7.82	21.89	6.09	518.33	40.36	104.15	0.82	17.46	8.48	1312.69	0.04
II-2014	13.6	7.69	21.71	2.98	564.51	30.19	142.40	1.01	24.57	7.71	1396.99	0.04
III-2014	13.6	7.28	27.27	3.33	581.56	32.45	115.77	1.06	39.01	5.36	1502.39	0.06

Tab. 10 – E 23 – Risorgente Co' di Sasso.

Periodo	T C°	pH	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Ca ⁺² ppm	Mg ⁺² ppm	HCO ₃ ⁻ ppm	F ⁻ ppm	Cl ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	SO ₄ ⁻² ppm	NH ₄ ⁺ ppm
II-2011	11.4	7.07	51.33	21.63	513.17	53.96	299.0	0.61	17.19	2.36	1265.57	0.02
IV-2011	/	/	50.89	27.65	541.33	51.89	305.1	0.59	18.23	2.31	1256.63	0.00
II-2012	13.2	6.85	56.89	22.94	511.45	55.66	283.7	0.53	26.37	2.69	1299.11	0.70
I-2013	13.1	7.72	10.02	2.85	580.38	21.99	92.0	1.22	19.22	5.27	1363.41	0.00
II-2013	15.7	7.58	385.69	18.82	638.98	27.95	213.1	0.00	403.49	1.44	2020.76	0.23
III-2013	13.8	7.86	365.78	21.54	621.99	26.89	201.88	0.21	348.95	2.01	1818.11	0.11
I-2014	12.4	7.9	21.33	19.64	603.71	33.69	121.2	0.36	15.12	5.28	1578.09	0.08
II-2014	14.6	7.6	256.28	18.94	591.81	37.66	101.17	1.69	321.49	13.26	1666.85	0.01
III-2014	12.7	7.69	18.02	1.56	562.36	23.85	123.71	1.19	21.25	4.28	1326.28	0.10

