

BOSSEA MMXIII

CONGRESSO NAZIONALE

LA RICERCA CARSOLOGICA IN ITALIA

Frabosa Soprana (Cn) – Grotte di Bossea
22-23 giugno 2013

ATTI

LABORATORIO CARSOLOGICO SOTTERRANEO DI BOSSEA

STAZIONE SCIENTIFICA DI BOSSEA CAI CUNEO – COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE DEL CAI

Dati preliminari sui caratteri fisico-chimici delle acque sotterranee del Complesso Carsico di Codula Ilune (Sardegna centro-orientale)

LAURA SANNA (*, **, ***)

RIASSUNTO

Il complesso sotterraneo di Codula Ilune è il più vasto sistema carsico della Sardegna che s'incunea dentro la successione carbonatica mesozoica, parallelamente al canyon fluvio-carsico omonimo, lungo il suo fianco destro. Seguendo un'importante direttrice tettonica, al suo interno scorre un collettore cui fanno capo le grotte di Su Palu, Monte Longos (Su Spiria), Carcaragone, Su Molente e la cui emergenza perenne è la risorgente sottomarina di Cala Luna. Le rispettive connessioni sono state accertate inequivocabilmente attraverso test con traccianti, mentre solo recentemente sono stati chiariti i dubbi sugli attuali rapporti con la grotta del Bue Marino, precedentemente principale recapito del sistema.

La geometria di questa idrostruttura è stata inoltre per lo più ricostruita grazie ai risultati degli studi condotti dagli speleologi con l'obiettivo di conoscere la direzione di deflusso sotterraneo di questo settore orientale del Supramonte e di individuare la provenienza dell'acqua dei numerosi affluenti che drenano perennemente una valle che nel settore carbonatico risulta per lo più secca per gran parte dell'anno. Nonostante siano stati indagati saltuariamente alcuni aspetti idrodinamici del sistema (come il regime delle portate) a oltre trenta anni dalla sua scoperta, i suoi caratteri idrochimici risultavano ancora oscuri.

In questo lavoro si presentano i risultati preliminari di una serie di misure sui parametri fisico-chimici delle acque sotterranee pertinenti alla grotta di Su Palu. All'interno di questo segmento del sistema, il collettore è alimentato da due corsi d'acqua cardinali che confluiscono entrambi in un grande lago sifone (Lago): il White Nile, torrente ortogonale alla direzione della valle e proveniente dalle sue perdite in subalveo, e il Blue Nile, apporto originario della zona più interna. Il monitoraggio è stato condotto comparando le misure di temperatura, conducibilità elettrica e pH nelle stazioni di Su Palu con le acque di scorrimento esterne del Rio Codula Ilune in località Teletotes. Misure puntuali sono state eseguite anche in alcune sorgenti in sinistra idrografica e nelle cavità della depressione carsica di Su Canale, nella parte alta del massiccio, dove è stato realizzato anche un tracciamento per chiarire i dubbi sulla possibile alimentazione da parte del torrente principale della grotta di Lovettecannas, risultato peraltro negativo.

I dati preliminari acquisiti evidenziano una distinzione netta nei parametri fisico-chimici dei due distinti apporti idrici (White Nile e

Blue Nile) al collettore principale come evidenziato da una differenza di 2 °C nella temperatura e un ampio scarto nei valori di conducibilità.

KEY WORDS: *acque sotterranee, Complesso Carsico di Codula Ilune, Lovettecannas, Murgulavò, parametri chimico-fisici, Su Palu, Supramonte, Sardegna.*

INTRODUZIONE

La ricerca speleologica permette di percorrere i fiumi nascosti all'interno delle montagne carsiche ricostruendone il complicato reticolo. Spesso però i limiti esplorativi introducono delle incognite nella conoscenza dettagliata dei bacini di alimentazione di questi acquiferi che necessitano di ulteriori studi a supporto della loro completa comprensione. Le proprietà fisico-chimiche delle acque naturali nei sistemi carsici dipendono dalla loro interazione con la componente litologica e dalla varietà di sedimenti che attraversano nel loro flusso verso le emergenze sorgentizie (LANGMUIR, 1997), dando importanti informazioni sull'origine e/o provenienza dei torrenti sotterranei.

Grazie alle ricerche condotte dagli speleologi negli ultimi 30 anni, la geometria dell'idrostruttura di questa parte del Supramonte costiero (Sardegna centro-orientale) è stata descritta in dettaglio con lo scopo di conoscere principalmente la direzione di deflusso sotterraneo, i suoi recapiti e di individuare la provenienza dell'acqua degli affluenti che drenano la valle di Codula Ilune, individuando le connessioni tra gli inghiottitoi e le varie cavità che ne costituiscono l'intero complesso carsico. Nonostante la realizzazione di alcuni test con fluoresceina (MUCEDDA, 1984), l'analisi dei volumi delle gallerie sotterranee (FORTI & ROSSI, 1991), e le indagini sugli aspetti idrodinamici (come il regime delle portate), (BRESSANI & SCANO, 1984) i caratteri idrochimici del Complesso Carsico di Codula Ilune risultavano ancora oscuri.

I risultati preliminari di una serie di misure dei parametri fisico-chimici delle acque sotterranee pertinenti alla grotta di Su Palu presentati in questo lavoro contribuiscono, anche se parzialmente, alla definizione del bacino di alimentazione di questo vasto sistema carsico.

ASPETTI GEOLOGICI

Il Supramonte costiero nel Golfo di Orosei è un altopiano

(*) Istituto di Biometeorologia - Consiglio Nazionale delle Ricerche CNR-IBIMET, Traversa La Crucca 3, Località Balduina - Li Punti, 07100 Sassari, Italia; (*speleokikers@tiscali.it*)

(**) Associazione Speleologica Progetto Supramonte

(***) Gruppo Speleo Ambientale Sassari

carsico di circa 210 km² costituito da una sequenza di dolomie e calcari mesozoici che coprono il basamento paleozoico (costituito da filliti e graniti Varisici), inclinato verso Est. La piattaforma carbonatica è localmente ricoperta da basalti plio-pleistocenici e da depositi di versante quaternari (JADOUL *et alii*, 2010). Questa successione giurassica inizia con sedimenti continentali fluvio-lacustri seguiti da strati di dolomie e calcari che raggiungono spessori di circa 800 metri. I sistemi di faglie e la struttura generale di quest'aria carsica costiera, confinata alla base dalle rocce impermeabili del basamento, obbligano le acque allogeniche infiltrate nella parte occidentale del massiccio, a fluire verso il mare ed emergere lungo la linea di costa, dando origine così ad importanti sorgenti carsiche

preponderante del complesso sotterraneo di Codula Ilune, il più vasto sistema carsico della Sardegna che s'incunea dentro la successione carbonatica mesozoica parallelamente al canyon fluvio-carsico omonimo, per lo più lungo il suo fianco destro (Fig. 2). Al suo interno scorre, seguendo un'importante lineazione tettonica, un collettore cui fanno capo le grotte di Su Palu, Monte Longos (Su Spiria), Carcaragone, Su Molente e la cui emergenza attiva è la risorgente sottomarina di Cala Luna (PAPPACODA, 2009) (mentre la grotta del Bue Marino, sul versante idrografico opposto, attualmente costituisce il sistema di troppo pieno). All'interno del segmento afferente all'ingresso di Su Palu, il collettore è alimentato da due corsi d'acqua principali che confluiscono entrambi nel Lago (Fig. 3), limite ideale con le gallerie di Monte Longos. Il torrente ortogonale alla direzione della valle e proveniente dalle sue perdite in subalveo è denominato White Nile, mentre l'apporto proveniente dalla zona più interna del massiccio viene indicato come Blue Nile. Le rispettive connessioni di questa parte del collettore con le altre cavità del sistema a valle sono state accertate inequivocabilmente attraverso test con traccianti (LORU *et alii*, 2009), mentre risultavano ancora dubbi gli attuali rapporti con l'altopiano di Su Canale, che rappresenta un alto

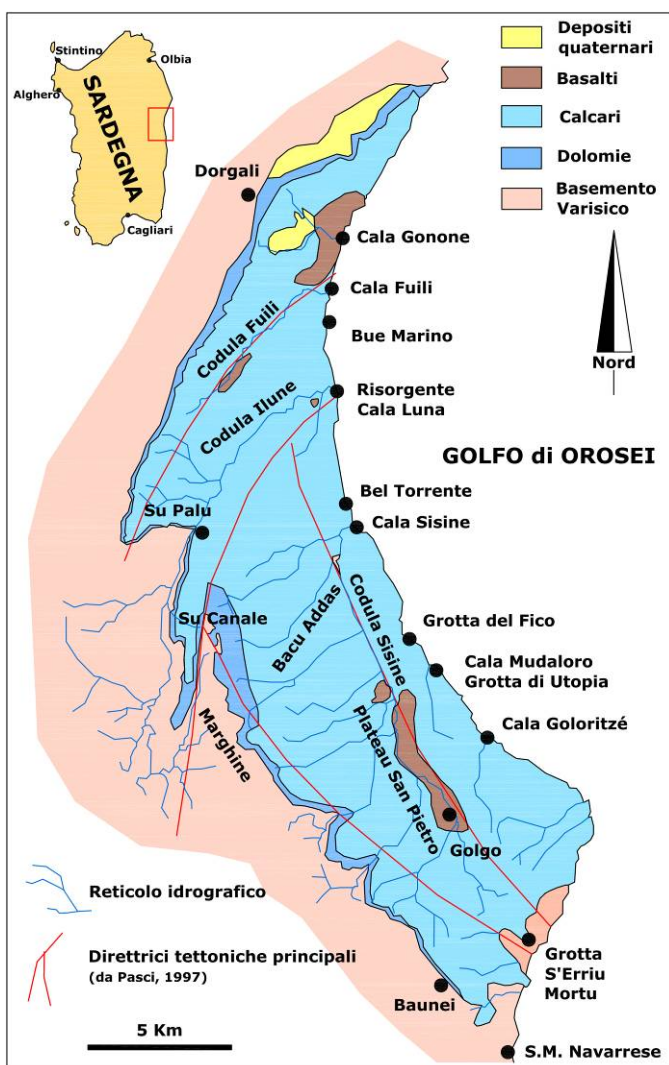


Fig. 1 – Carta geologica semplificata del Supramonte costiero.

sottomarine, come quella di Cala Luna, recapito delle acque del Complesso Carsico di Codula Ilune (Fig. 1).

IL COMPLESSO CARSICO DI CODULA ILUNE

La grotta di Su Palu, insieme con la diramazione denominata Su Spiria, costituisce con oltre 42 km di sviluppo la parte

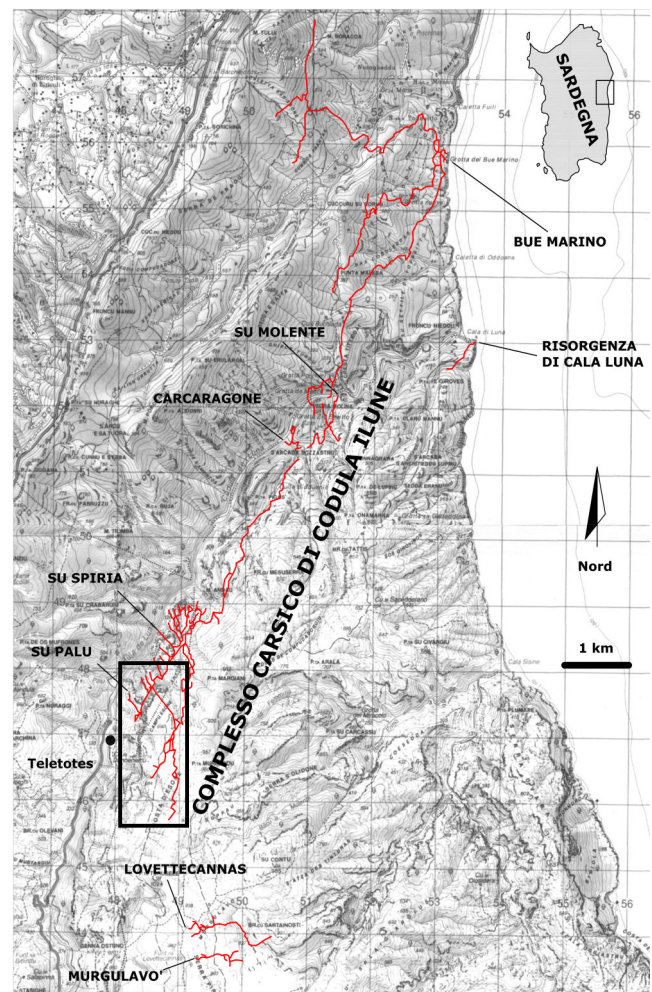


Fig. 2 – Localizzazione del Complesso Carsico di Codula Ilune con i rispettivi ingressi indicati con le linee. In rosso sono riportate le poligonali delle grotte attualmente conosciute che costituiscono il sistema, mentre il rettangolo in grassetto rappresenta l'area di studio riportata in Fig. 4.

strutturale della monoclinale del Supramonte costiero in destra idrografica rispetto alla Codula e inclinato verso il mare.

METODOLOGIA

Questo studio è stato condotto eseguendo misure puntuali (a cadenza bimensile) sulle acque pertinenti alla parte del Complesso Carsico di Codula Ilune denominata Su Palu, in comparazione con le acque superficiali che alimentano il suo sistema. Occasionalmente questi parametri sono stati misurati anche nei torrenti di alcune grotte localizzate negli altipiani soprastanti la valle, nella cavità di Murgulavò e nella grotta di Lovettecannas (in quest'ultima è stato eseguito anche un test con tracciante).

Per quanto riguarda il monitoraggio delle acque è stato utilizzato un sensore portatile Hanna HI 991301 che misura in situ pH, temperatura (T), conduttività elettrica (EC) e totale dei sali disciolti (TDS). L'intervallo dei parametri misurati è rispettivamente tra 0,00 e 14,00 per il pH (risoluzione 0,01 – accuratezza $\pm 0,01$), tra 0,00 e 20,00 mS/cm per EC (risoluzione 0,01 mS/cm – accuratezza $\pm 2\%$ F.S.), tra 0,00 e 10,00 ppt (g/L) di TDS (risoluzione 0,01 ppt – accuratezza $\pm 2\%$ F.S.) e da 0,0 a 60,0 °C per la temperatura (risoluzione 0,1 °C – accuratezza $\pm 0,5$ °C). La matrice dei dati raccolti è stata processata statisticamente plottando i valori della media di ciascuno dei 3 parametri misurati in ciascun sito versus la loro varianza con il fine di stimare la dispersione di ogni variabile.

Gli altri parametri ambientali occasionalmente misurati sono la temperatura e l'umidità relativa dell'aria con l'impiego di un datalogger Onset HOBO U23 Pro v2 (accuratezza di 0,2 °C e 5% RH con acquisizione a intervalli di 30 minuti), e la concentrazione di anidride carbonica servendosi di un misuratore portatile di CO₂ della Zenith (AZ7755) con sensore NDIR (accuratezza ± 50 ppm).

Per l'indagine colorimetrica è stato impiegato circa 1 kg di



Fig. 3 – Il Lago di Su Palu, punto nevralgico del collettore del sistema carsico in cui confluiscono le acque dei torrenti White Nile e Blue Nile (Foto Riccardo De Luca).

fluoresceina sodica e per la sua rilevazione sono stati realizzati dei captori di carbone attivo. La concentrazione di tracciante nei captori è stata misurata tramite un fluorimetro Turner Designs Digital, modello 10-AU-000, dotato di cuvette di quarzo e lampada UV a bulbo con tubo di rivelazione PhotoMultiplier equipaggiato con filtri per fluoresceina di 520 nm (Eccitazione) e 550 nm (Emissione) e impiegando uno standard primario di fluoresceina sodica con concentrazione di 0,1 ppm (limiti di rivelabilità pari a 0,01 ppb di fluoresceina in acqua). Per l'analisi sono stati prelevati circa 1,5 g di carbone, in duplice copia, trattati per estrazione con circa 50 mL di KOH al 10% in metanolo per 30 minuti sotto agitazione, e successivamente filtrati e diluiti a 100 mL sempre con KOH 10% in metanolo.

PUNTI DI MONITORAGGIO

Le misure dei parametri delle acque esterne prese in

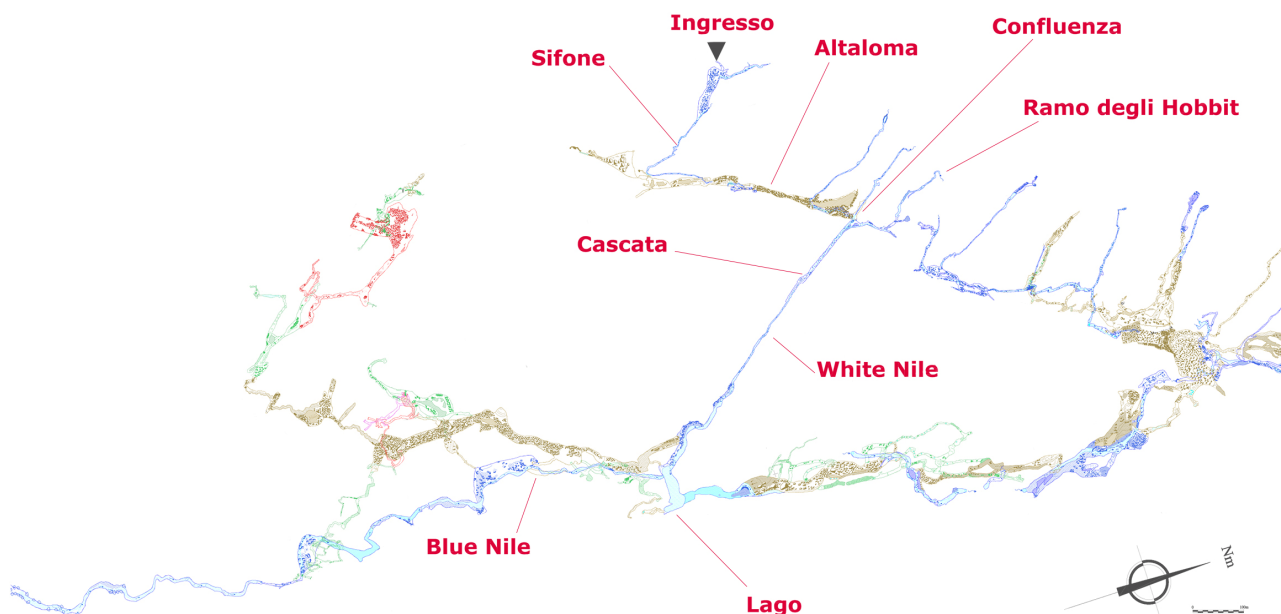


Fig. 4 – Punti di monitoraggio nella grotta di Su Palu. Per una generale localizzazione di questi ambienti rispetto l'intero sistema carsico, vedi area evidenziata dal rettangolo in Fig. 2.

considerazione in questo studio sono relative al tratto del Rio Codula Ilune in corrispondenza di Teletotes (TE). Qui il torrente è perenne e fluisce in debole pendenza su un letto granitico coperto da ciottoli e sabbia della stessa litologia. Circa 500 metri più a valle del ponte di attraversamento, la portata è stagionalmente incrementata dagli apporti dell'impluvio di Bacu Su Palu, che ha un carattere torrentizio legato ad un piccolo bacino idrografico che si estende fino a quote superiori ai 1000 m slm, e anch'esso impostato interamente su rocce del basamento. Oltre questa confluenza, le acque scompaiono nelle alluvioni del canyon fluvioarsico, al contatto con l'affioramento carbonatico, per essere captate dal sistema di drenaggio sotterraneo.

All'interno della grotta di Su Palu (Fig. 4), il torrente riemerge nei pressi dell'ingresso, alla base di un grosso corpo di frana per poi essere incanalato verso una strettoia allagata, il cosiddetto Sifone (SI), le cui acque scorrono ancora su litotipi granitici. Spingendosi verso l'interno, le misure sono state condotte nelle acque della bella Galleria di Altaloma (AL), in grandi vaschette concrezionali alimentate da un rigagnolo proveniente da una fessura nella parete. Alla Confluenza (CO) i parametri sono stati misurati nel torrente principale che scorre fragoroso su dolomie tra grossi ciottoli di granito, un mix alimentato da 3 distinti arrivi provenienti dalla Codula Ilune. Poco oltre, questo torrente riceve occasionalmente le acque effimere del Ramo degli Hobbit (HO), una galleria riccamente concrezionata impostata su un livello alto rispetto all'attuale attivo, che per altro si approfondisce ulteriormente qualche centinaia di metri più a valle in corrispondenza della Cascata (CA). Con un salto di circa 10 metri, il torrente del White Nile (WN) corre pressoché orizzontale verso sud-est, ortogonalmente al deflusso esterno, lungo una frattura che taglia prima le dolomie e poi i calcari, spingendosi rettilinea verso l'interno del massiccio, fino a confluire nel Lago (LA). Qui s'immettono anche le acque del Blue Nile (BN), provenienti dalla parte più remota del sistema, attraversando da

sud a nord una spessa coltre di calcari organogeni.

Nelle cavità della depressione carsica di Su Canale sono state eseguite misure puntuali nella Grotta di Murgulavò (alla base dei pozzi iniziali, su un rivolo d'acqua che scorre in una galleria interamente impostata su granito) (CENTRO SPELEOLOGICO CAGLIARITANO, 2010) (Fig. 8A) e nella Grotta di Lovettecannas (in varie stazioni lungo il torrente ipogeo, anch'esso procedente interamente su litologie granitoidi: Salone dello Yeti, Fiori del Male e Sala CinCin) (DE WAELE, 2006) (Fig. 9), che insieme ad altre grotte attive dei dintorni probabilmente costituiscono un unico sistema carsico che drena verso la risorgente sottomarina del Beltorrente.

RISULTATI

I dati di temperatura, conducibilità elettrica e pH relativi alle misure alla grotta di Su Palu e del torrente in località Teletotes sono riportate in Tabella 1. Come si evince, durante i primi 6 mesi di monitoraggio i caratteri delle acque superficiali hanno variato notevolmente rispetto a quelle interne al sistema carsico da esse alimentate.

Come atteso, la temperatura ha un ampio scarto in funzione della stagionalità, partendo da un valore di circa 7 °C in gennaio fino a quasi 22 °C in giugno, per gli ambienti superficiali, mentre si va da circa 10 °C a 15,7 °C nei condotti carsici. All'interno della cavità si osserva inoltre un gradiente che tende ad aumentare in funzione della distanza e dal dislivello percorso. La Confluenza è la zona che mostra il maggior scarto tra i valori minimi e massimi e sembra riceva apporti da zone più alte in quota rispetto agli ambienti iniziali del Sifone. Gli apporti effimeri del Ramo degli Hobbit pare rimobilizzino acque precedentemente infiltrate nelle fratture del massiccio carbonatico, con valori abbastanza costanti, così come accade nei gours della galleria di Altaloma. Le temperature del torrente del White Nile risultano un mix dei contributi provenienti dalle diramazioni a monte in funzione

	Teletotes	Sifone	Altaloma	Confluenza	Ramo Hobbit	Cascata	White Nile	Lago	Blue Nile
Conducibilità (mS/cm)	TE	SI	AL	CO	HO	CA	WN	LA	BN
26/01/2013	0,26	0,29	0,30	0,27	dry	nd	0,27	0,29	0,29
17/03/2013	0,16	0,19	0,29	0,19	0,26	0,21	0,21	0,21	0,32
25/04/2013	0,20	0,23	0,29	0,21	0,26	0,23	0,25	0,25	0,31
30/06/2013	0,29	0,26	0,29	0,28	dry	0,28	0,26	0,26	0,31
<i>Min</i>	<i>0,16</i>	<i>0,19</i>	<i>0,29</i>	<i>0,19</i>	<i>0,26</i>	<i>0,21</i>	<i>0,21</i>	<i>0,21</i>	<i>0,29</i>
<i>Max</i>	<i>0,29</i>	<i>0,29</i>	<i>0,30</i>	<i>0,28</i>	<i>0,26</i>	<i>0,28</i>	<i>0,27</i>	<i>0,29</i>	<i>0,32</i>
Temperatura (°C)									
26/01/2013	7,2	12,4	14,7	10,2	dry	nd	10,7	11,1	15,1
17/03/2013	7,8	11,3	14,7	10,6	13,0	11,4	11,4	11,8	14,7
25/04/2013	14,3	13,1	14,7	13,0	13,3	13,1	13,1	13,6	15,0
30/06/2013	21,8	15,6	14,7	15,7	dry	15,4	15,4	15,3	15,0
<i>Min</i>	<i>7,2</i>	<i>11,3</i>	<i>14,7</i>	<i>10,2</i>	<i>13,0</i>	<i>11,4</i>	<i>10,7</i>	<i>11,1</i>	<i>14,7</i>
<i>Max</i>	<i>21,8</i>	<i>15,6</i>	<i>14,7</i>	<i>15,7</i>	<i>13,3</i>	<i>15,4</i>	<i>15,4</i>	<i>15,3</i>	<i>15,1</i>
pH									
26/01/2013	8,24	7,09	7,09	7,09	dry	nd	7,09	7,09	7,08
17/03/2013	7,86	7,09	7,09	7,09	7,09	7,09	7,09	7,09	7,09
25/04/2013	8,22	7,84	7,09	7,10	7,09	7,10	7,09	7,09	7,89
30/06/2013	8,10	7,10	7,09	7,09	dry	7,09	7,88	7,96	7,09
<i>Min</i>	<i>7,86</i>	<i>7,09</i>	<i>7,09</i>	<i>7,09</i>	<i>7,09</i>	<i>7,09</i>	<i>7,09</i>	<i>7,09</i>	<i>7,08</i>
<i>Max</i>	<i>8,24</i>	<i>7,84</i>	<i>7,09</i>	<i>7,10</i>	<i>7,09</i>	<i>7,10</i>	<i>7,88</i>	<i>7,96</i>	<i>7,89</i>

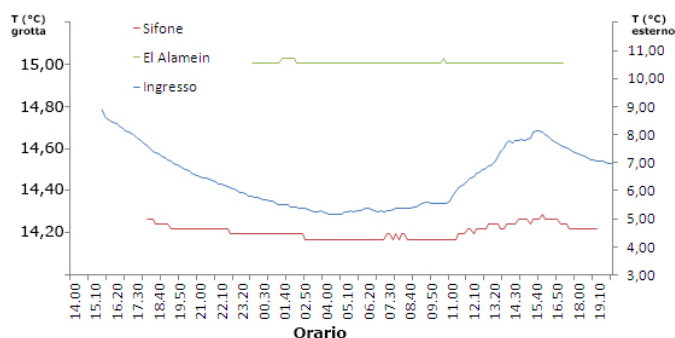


Fig. 5 – Andamento delle temperature durante un weekend di gennaio. Per ragioni di scala, in ordinata a sinistra, le misure interne alla grotta (subito oltre il Sifone e al campo di El Alamein, nei pressi del Lago), mentre a destra le contemporanee temperature esterne all'ingresso. La circolazione superficiale perturba l'atmosfera della cavità oltre la strettoia allagata, anche se con uno smorzamento delle ampiezze. Nelle parti più interne invece, la temperatura dell'aria (15,01 °C) è in equilibrio con quella dell'acqua del Blue Nile. La stabilità è rotta solo dalla nostra presenza al campo (picchi alle 01:00 e 10:00).

delle relative portate, mentre è interessante notare come il Blue Nile mantenga valori prossimi a 15 °C, pressoché invariati durante i 4 campionamenti. È singolare osservare inoltre che anche la temperatura dell'aria nelle zone remote della grotta è in equilibrio con questo valore, mentre l'influenza delle circolazioni esterne si spinge anche oltre la strettoia allagata del Sifone (Fig. 5), dove si sono registrati concentrazioni di CO₂ dell'ordine di 700 ppm, valori relativamente bassi per l'atmosfera di grotta. Anche i valori termometrici delle acque al Lago riflettono il mescolamento dei due apporti principali, fenomeno che spiega inoltre il processo speleogenetico dei grossi volumi di questo vuoto.

La conduttività elettrica mostra valori compresi tra 0,16 mS/cm misurato nelle acque superficiali e i 0,32 mS/cm del torrente del Blue Nile. Nel mese di marzo questo parametro si è notevolmente ridotto in quasi tutti i punti di monitoraggio, ad opera degli apporti precipitativi particolarmente intensi in questo periodo (Fig. 6), un effetto tanto più evidente quanto più prossimi con le misure al Rio Codula Ilune, e che invece

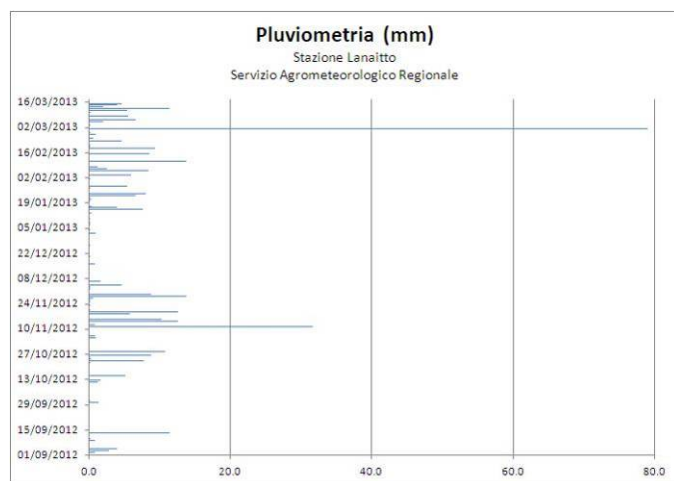


Fig. 6 – Precipitazioni dell'anno idrologico 2012-13 registrate da settembre fino al termine del test con fluoresceina (marzo 2013) alla stazione meteorologica supramontana nella Valle del Lanaitto (Olivena), qualche

va a sfumare addentrandoci nel sistema, fino ad invertirsi nella stazione di misura del Blue Nile, dove si è registrato un piccolo incremento relazionale al pistonaggio di acque a lunga residenza nell'acquifero.

Fatta eccezione per le misure nel torrente superficiale, che risultano inoltre più basiche (pH intorno a 8), la perturbazione di conducibilità e temperatura indotta dalle piogge, non ha un corrispettivo nei valori di pH delle acque del complesso carsico, dove invece il sistema tampone dei carbonati sembra bilanciare istantaneamente i valori di pH sulla neutralità, anche laddove il fiume scorre ancora su graniti. Nonostante questo effetto *buffer* causato dalla natura calcarea della roccia con cui

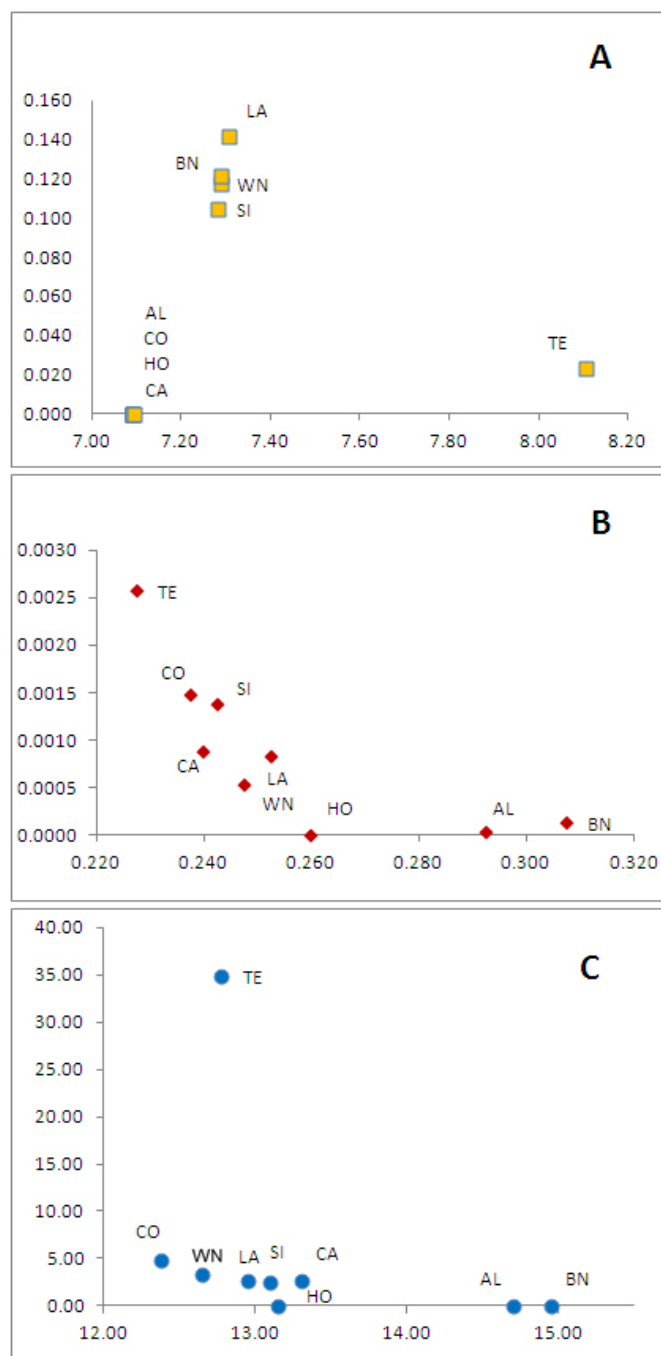


Fig. 7 – Analisi della varianza (in ordinata) versus la relativa media (in ascissa) dei valori di pH (A), conducibilità (B) e temperatura (C) per le acque superficiali e del Complesso Carsico di Codula Ilune.

le acque vengono in contatto, occasionalmente sono stati registrati locali scostamenti dal valore 7, sia nelle zone prossime all'ingresso (Sifone) che in quelle più interne (White Nile, Lago e Blue Nile).

L'analisi univariante (Fig. 7) condotta confrontando la media dei parametri monitorati rispetto la loro relativa varianza mette in evidenza che in generale le acque superficiali si discostano ampiamente da quelle interne e in termini di variabilità mostrano valori maggiori, fatta eccezione per il pH, che risulta intermedio a due distinti raggruppamenti, identificati sulla base della varianza, zero (Altaloma, Ramo degli Hobbit, Confluenza e Cascata) e maggiore di 1 (Sifone, White Nile, Lago e Blue Nile), rispettivamente. La dispersione dei dati di conducibilità e temperatura suggerisce una distinzione netta tra gli apporti al collettore principale pertinente alla grotta di Su Palu, evidenziando un'ampia stabilità dei parametri fisico-chimici per il Blue Nile (come anche del Ramo degli Hobbit e di Altaloma, tutti ambienti con condizioni di prolungata interazione acqua-roccia) e invece alta varianza (>2) per le acque afferenti al White Nile.

Per quanto riguarda le misure puntuali eseguite nelle cavità dell'altopiano di Su Canale, il piccolo ruscello di Murgulavò in una giornata invernale (temperatura dell'aria esterna = 2 °C) in cui le acque superficiali risultavano congelate, mostra una temperatura dell'acqua relativamente alta per la quota a cui si apre l'ingresso (900 m slm) e pari 12,1 °C (temperatura dell'aria interna pari a 12,4 °C), con conducibilità di 0,29 mS/cm e un valore di pH di 7,6.

Il torrente della grotta di Lovettecannas nello stesso periodo ha parametri più simili alle acque della Codula Ilune, sebbene tra esse non ci sia nessuna diretta connessione se non in termini di precipitazioni, considerato che risultano influenzate entrambe dallo stesso sistema di perturbazioni atmosferiche. Lungo il transetto di monitoraggio in questa cavità i valori di pH si mantengono relativamente basici ($>8,2$), la conduttività nell'ordine di 0,30 mS/cm e una temperatura che da circa 8 °C negli ambienti prossimi all'ingresso tende ad

aumentare con la profondità attestandosi a 11,6 °C in corrispondenza della Sala CinCin a quota 630 m slm (Fig. 9) (temperatura dell'aria alla Strettoie del 15 agosto pari a 9,46 °C).

INDAGINE CON TRACCIANTI

Nelle cavità della parte alta del massiccio, oltre alle misure puntuali dei parametri fisico-chimici è stato realizzato nella Grotta di Lovettecannas un tracciamento per chiarire i dubbi sulla possibile alimentazione al torrente del Blue Nile a su Palu da parte della depressione carsica di Su Canale.

La grotta di Lovettecannas scoperta nel 2001 a quota 930 m slm sulla Serra Pirisi, attualmente raggiunge uno sviluppo di 5,7 km per una profondità di 500 metri, spingendosi con le sue gallerie verso la Codula Sisine (Fig. 2). Come avviene in diverse cavità nella testata del rilievo monoclinale che borda il versante sud della Codula Ilune, il basamento paleozoico affiora sporadicamente nei condotti carsici che si sviluppano



Fig. 8 – A: la galleria di granito in cui scorre il ruscello di Murgulavò è riccamente concrezionato da speleotemi carbonatici. B: Colorazione del torrente di Lovettecannas (Foto L. Sanna).

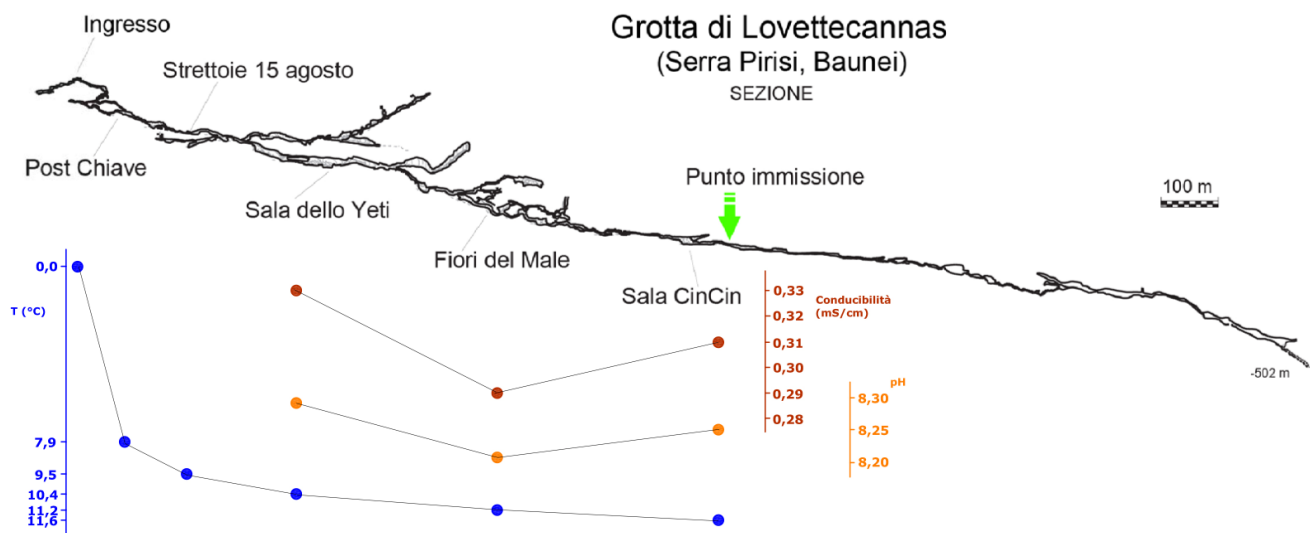


Fig. 9 – Sezione longitudinale della Grotta di Lovettecannas con l'indicazione del punto di diluizione della fluoresceina e dei siti monitorati, con rispettivo grafico dei valori dei parametri fisico-chimici misurati.

infatti a contatto tra le litologie silicatiche e carbonatiche (SANNA *et alii*, 2012). La presenza di granito, insieme alla quasi costante direzione NW-SE della grotta, fanno pensare che tale contatto funga da direzione preferenziale di scorrimento, ma nonostante alcune ricerche idrologiche abbiano tentato di avvalorare questa ipotesi (SANNA, 2009), non esistono ancora prove oggettive che la supportino. Tale ipotesi è stata inoltre recentemente messa in discussione da alcune indagini preliminari che indicavano una connessione idrologica tra i sistemi in quota e quelli a valle (ARRICA *et alii*, 2011), senza però fornire nessun dettaglio a riguardo dei tempi di transito e della localizzazione del punto di iniezione e di quelli monitorati. L'obiettivo di questo test con tracciante è stato quello di ammettere o scartare questo dato, così all'inizio di gennaio si è proceduto alla diluizione di 0,9 kg di fluoresceina sodica nella parte a valle del corso d'acqua sotterraneo di Lovettecannas, alla base della Sala CinCin (Fig. 9) in corrispondenza dello scorrimento perenne, che nell'occasione aveva una portata pari a circa 0,2 L/s (media su dieci misure) (Fig. 8B). Contemporaneamente è stato monitorato con sacchette di carbone attivo, il torrente del Blue Nile, nella grotta di Su Palu. I dettagli delle varie fasi sono riportate in Tabella 2: il primo captore è stato recuperato circa

una differenza di oltre 3 °C nella temperatura delle acque dei due torrenti ipogei durante il periodo delle piogge e un costante scarto nei valori di conducibilità (circa 0,1 mS/cm).

Per quanto riguarda la possibile confluenza nel torrente del Blue Nile delle acque provenienti dalla depressione carsica di Su Canale, confrontando i parametri delle acque dei due sistemi (Codula Ilune e Su Canale) emergono alcune sostanziali differenze oltre il risultato negativo del tracciamento condotto nella grotta di Lovettecannas che permette di escludere una diretta connessione (in termini di acquifero fratturato) tra il corso d'acqua principale di questa grotta, almeno nella sua parte a valle, e il Complesso Carsico di Codula Ilune. Al momento non si hanno dati sull'entità di un possibile comportamento del basamento paleozoico alterato come potenziale acquifero poroso che drena verso la Codula Ilune. Certo è che, ipotizzando una connessione di questo tipo, per percolare gli oltre 500 metri di spessore di roccia, i tempi di percorrenza dovrebbero essere abbastanza lunghi e i valori di conducibilità nei due sistemi dovrebbero mostrare uno scarto più ampio di quelli effettivamente misurati, in risposta alla prolungata interazione acqua-roccia. Da un punto di vista fisico, anche la differenza di temperatura per le acque nelle due grotte dovrebbe essere in pratica molto inferiore a quella osservata (3,5 °C). Il gradiente altitudinale per la temperatura registrato nella acque della grotta di Lovettecannas è pari a 0,4 °C per 100 metri di dislivello, valore che si discosta notevolmente da quello teorico (2,34 °C/km) rendendo la modellizzazione di questo interessante sistema idrologico estremamente complessa.

Ulteriori spunti di approfondimento potranno arrivare continuando il monitoraggio puntuale previamente avviato, integrato con indagini sulla composizione chimica e isotopica delle acque e la misura in continuo dei livelli idrici.

RINGRAZIAMENTI

Rivolgo un sentito ringraziamento a tutti gli speleologi che hanno dedicato lunghe punte esplorative per scoprire il reticolo nascosto lungo la Codula Ilune. Un grazie particolare va a chi ha seguito le fasi di questa ricerca idrologica e a Riccardo de Luca per aver messo a disposizione la sua splendida immagine del Lago.

OPERE CITATE

- ARRICA S., MELIS G., PANI D., 2011 - *Lovettecannas, una nuova stagione esplorativa*. Speleologia, 65: 40-47.
- BRESSANI T. & SCANO A., 1984 - *Misure di portata delle acque superficiali e ipogee nella Codula di Luna*. Speleologia Sarda, 52: 22-23.
- CENTRO SPELEOLOGICO CAGLIARITANO, 2010 - *Superato l'inghiottitoio di Gutturu 'e Mugulavò*. Speleologia, 63: 73-74.
- DE WAELE J., 2006 - *Sempre più dentro Lovettecannas*. Sardegna Speleologica, 23: 14-19.

Data	Località	Attività
08/12/2012	Su Palu	Posizionamento captori
05/01/2013	Lovettecannas	Diluizione fluoresceina
26/01/2013	Su Palu	Recupero 1° captore
17/03/2013	Su Palu	Recupero 2° captore
25/04/2013	Su Palu	Recupero 3° captore

Tab. 2 – Cronogramma delle attività relative all'indagine con traccianti.

20 giorni dopo l'immissione del colorante mentre gli altri due sono stati prelevati dopo un ampio tempo di esposizione, in seguito ad alcuni importanti eventi infiltrativi. L'analisi fluorimetrica dei campioni ha dato esito negativo per tutti i captori.

CONCLUSIONI

I dati preliminari sui parametri fisico-chimici delle acque del Complesso Carsico di Codula Ilune acquisiti in questo studio mettono in evidenza una distinzione netta tra gli apporti idrici al collettore principale della grotta di Su Palu, differenziando due principali bacini di alimentazione: il White Nile e il Blue Nile. Questo carattere è evidenziato dalla dispersione nei valori della varianza versus la relativa media dei dati di conducibilità e temperatura, mentre il pH non risulta un parametro discriminante in quanto soggetto alla reazione di equilibrio in ambiente carbonatico che ne tampona immediatamente i valori sulla neutralità. Chiaramente emerge il ruolo rilevante degli effetti stagionali della meteorologia esterna, con piogge invernali e primaverili che introducono nel sistema carsico acque diluite nella parte afferente al White Nile e spingono a defluire quelle a lunga permanenza nell'acquifero pertinente al Blue Nile. Come termine di confronto è interessante osservare

- FORTI P. & ROSSI G., 1991 - *Idrogeologia ed evoluzione carsica della Codula di Luna (Sardegna)*. Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan", 30: 53-79.
- MUCEDDA M., 1984 - *La campagna estiva 1984 di studio idrologico nella Codula di Luna*. Speleologia Sarda, 51: 29-31.
- LANGMUIR D., 1997 - *Aqueous Environmental Geochemistry*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, pp 600.
- LORU R., MURGIA A., FANCELLO L., 2009 - *Su Molente, l'anello mancante del primato*. Speleologia, 61: 16-25.
- PAPPACODA M., 2009 - *Il Complesso Carsico della Codula Ilune*. Sardegna Spelologica, 24: 17-31.
- JADOUL F., LANFRANCHI A., BERRA F., ERBA E., CASELLATO CE., 2010 - *I sistemi carbonatici giurassici della Sardegna orientale (G. di Orosei) ed eventi deposizionali nel sistema carbonatico giurassico-cretacico della Nurra (Sardegna nord-occidentale)*. 84° Congresso Nazionale della Società Geologica Italiana - Sassari, 2008 - Escursione E05. Geol.F.Trips, 2(2.1): 1-122.
- PASCI S., 1997 - *Tertiary transcurrent tectonics of North-Central Sardinia*. Bulletin de la Société Géologique de France, 168: 301-312.
- SANNA L., 2009 - *Ultime colorazioni in Supramonte*. Speleologia, 61: 74-75.
- SANNA L., DE WAELE J., CALAFORRA J.M., ROSSI A., CABRAS S., MUNTONI A., 2012 - *Allogenic contact caves in Central East Sardinia (Italy): their speleogenesis and evolution*. Rend. Online Soc. Geol. It., 21: 634-636.

