

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

Nuovo segmento del Flumineddu sotterraneo nel Supramonte meridionale (Sardegna): Piggios de Janas

LAURA SANNA (*,**), SALVATORE CABRAS (**, ***)

RIASSUNTO

Il massiccio del Supramonte interno (Sardegna centro orientale) è un importante acquifero carsico, costituito da carbonati mesozoici che coprono filladi e graniti del Paleozoico. Estendendosi per oltre 170 km², la sua struttura generale vede questo altopiano carsico confinato alla base da un basamento impermeabile inclinato verso nord-est, mentre un sistema di faglie terziarie obbliga le acque infiltrate nella parte sud del massiccio (di cui la Grotta dell'Edera è il principale punto di assorbimento perenne) a fluire verso nord. Sempre nella zona di alimentazione meridionale, le bancate giurassiche sono profondamente incise dal canyon fluvio-carsico del Riu Flumineddu, un torrente effimero, attivo solo dopo intense precipitazioni, ma che presenta perdite in subalveo, che con una serie di profondi pozzi connette rapidamente gli inghiottitoi superficiali con un livello di base orizzontale sviluppato al contatto tra basamento paleozoico e rocce carbonatiche, lungo cui si concentra lo scorrimento idrico perenne. Attualmente si riconoscono tre distinti sistemi di deflusso sotterraneo, individuabili nelle seguenti grotte: Su Eni 'e Istettai, S'Orale 'e Su Mudrecu e Su Colostrargiu, rispettivamente a 500, 340 e 150 metri di profondità, tutti con fiumi che scorrono lungo condotti vadosi impostati su linee di fratturazione parallele ma a diverse quote (dettate da quella del basamento, sboccato da faglie). Come dimostrato da esperimenti di tracciamento, questa rete di drenaggio è costituita da sistemi indipendenti e paralleli, senza connessione idrogeologica nelle loro parti attualmente esplorate ma che convogliano le loro acque al collettore principale alimentando le emergenze sorgentizie nella zona nord del Supramonte (oltre 15 km di distanza, la più importante delle quali è Su Gologone).

La recente esplorazione lungo l'alveo del Riu Flumineddu di un nuovo punto di assorbimento, l'inghiottitoio di Piggios de Janas, ha aperto la possibilità di indagare un ulteriore segmento al reticolo carsico. In questo lavoro insieme a un quadro aggiornato sulle attuali conoscenze delle linee di scorrimento sotterraneo del Supramonte, si presenta il risultato di un test

con fluoresceina che ha evidenziato una connessione diretta tra questa nuova scoperta e la grotta di Su Colostrargiu, e quindi parte del sistema S'Edera - Su Gologone.

KEY WORDS: *Flumineddu, idrogeologia, Piggios de Janas, Su Colostrargiu, Su Gologone, Supramonte, tracciamento con fluoresceina.*

INTRODUZIONE

Il massiccio carbonatico mesozoico del Supramonte è una delle aree speleologicamente più interessanti della Sardegna, la cui esplorazione sistematica della sua porzione interna iniziò negli anni '50, nella grotta di Su Bentu-Sa Oche (COLUMBU, 1955), in corrispondenza delle propagine nord, e alla fine degli anni '60 proseguì nel versante meridionale nella grotta di S'Edera (ASSORGIA *et alii*, 1973). I primi esploratori pensavano che questo importante inghiottitoio collegasse la zona sud del massiccio con la risorgente del bordo orientale nella Gola di Gorropu, mentre le grosse emergenze sorgentizie del margine settentrionale del Supramonte (le risorgenti di Su Gologone e di San Pantaleo) drenassero gli ambienti della Valle del Lanaitto.

La positiva colorazione del 1999, che vide il colorante fluorescente immesso a S'Edera viaggiare per 21 km in linea d'aria e apparire dopo 70 giorni alla sorgente di Su Gologone, fece definitivamente comprendere che il Supramonte interno è un singolo vasto acquifero (BANDIERA, 2000; CABRAS *et alii*, 2002), in cui potrebbe essere scoperto un enorme sistema di gallerie e condotte. Questo ha spinto alla ricerca ossessiva di possibili vie d'accesso che avrebbero condotto nel cuore del sistema. Così negli ultimi 15 anni le conoscenze sul reticolo di gallerie sotterranee di questo settore supramontano si sono pressochè moltiplicate e, oltre alle scoperte riguardanti S'Edera, che portò il suo sviluppo da 3 a 13 km (SCANO, 2002; DE WAELE, 2003; TUVERI & MOI, 2006), e Su Bentu, con oltre 20 km di ambienti rilevati (MURGIA, 2009), nuovi incredibili risultati esplorativi, frutto di un approccio multidisciplinare che ha messo insieme esplorazione e studi idrogeologici, sono stati raggiunti principalmente nel settore meridionale, con una decina di km di nuovi fiumi sotterranei, oltre 20 km di nuovi ambienti, e 6 nuovi ingressi al vasto sistema carsico. L'ultima scoperta, in ordine cronologico, è quella di Piggios de Janas, punto di assorbimento tra i depositi alluvionali in sinistra idrografica nel canyon fluvio-carsico del Riu Flumineddu, incisione valliva che ormai si attesta come la via preferenziale

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

(**) Associazione Speleologica Progetto Supramonte

(***) Gruppo Archeologico Speleologico Ambientale Urzulei (salvacabra@tiscali.it)

di accesso al sistema di drenaggio sotterraneo del Complesso Carsico S'Edera – Su Gologone.

INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

Il massiccio del Supramonte interno occupa una superficie di circa 170 km², di cui l'80% è costituito da rocce carbonatiche che si estendono per 22 km in direzione Nord-Sud e per 9 km in direzione Est-Ovest. Questo altopiano è caratterizzato da una sequenza spessa quasi 1 km di dolomie e calcari del Giurassico medio – Cretaceo inferiore che coprono un basamento cristallino del Paleozoico costituito da metasedimenti e metavulcaniti, intrusi durante il Carbonifero e il Permiano da corpi granitici e da filoni tardivi (Fig. 1). Il basamento varisco è stato eroso per milioni di anni prima di essere invaso dal mare giurassico, circa 170 milioni di anni fa, e la transizione tra graniti e filladi e la soprastante piattaforma carbonatica è spesso caratterizzata dall'affioramento di sedimenti silicoclastici relativi ad ambienti continentali e/o transazionali. Al tetto dei carbonati è localmente presente un conglomerato sin-tettonico oligo-miocenico depositatosi durante la dinamica compressiva terziaria, poi seguita da una fase distensiva pliocenica che ha prodotto le effusioni basaltiche che bordano il margine nord-orientale del massiccio (PASCI, 1997).

La struttura generale di quest'acquifero carsico, confinato dalle rocce impermeabili sottostanti e dai sistemi di faglie obbligano le acque sotterranee infiltrate nella parte sud e ovest del massiccio, a fluire verso nord emergendo da risorgenti localizzate per lo più lungo il fiume Cedrino, con portate medie superiori a 200 L/s (Su Gologone, San Pantaleo, Su Tippiari). Lungo il suo margine orientale, al termine del canyon di Gorropu (dove il Riu Flumineddu, principale linea di drenaggio superficiale, lascia l'altopiano carbonatico) c'è un'altra sorgente con una portata media di 50 L/s. La più importante grotta che si comporta da sorgente temporanea è quella di Sa Oche che in fase di piena può raggiungere i 10000 L/s (DE WAELE *et alii*, 2008). Il reticolo idrografico invece, di cui i canyon del Riu Flumineddu e di Gorropu sono gli assi più rappresentativi, si attiva solo dopo intense precipitazioni e le acque principalmente fluiscono nei condotti sotterranei. I maggiori inghiottitoi sono localizzati nella zona sud del sistema (Grotta dell'Edera, Sa Funga 'e S'Abba, ecc.). La ricarica allogena che alimenta questi punti di assorbimento, con bassi flussi durante la maggior parte dell'anno e pochi impulsi alluvionali che possono incrementare gli apporti di molti ordini di grandezza, produce uno scorrimento sotterraneo concentrato e perenne, con morfologie carsiche caratterizzate da canyon impostati su fessure allargate in dolomia e più ampi passaggi arrotondati per dissoluzione su calcari puri. In alcune grotte inoltre i condotti sono quasi completamente scavati in rocce non-carbonatiche appartenenti al basamento.

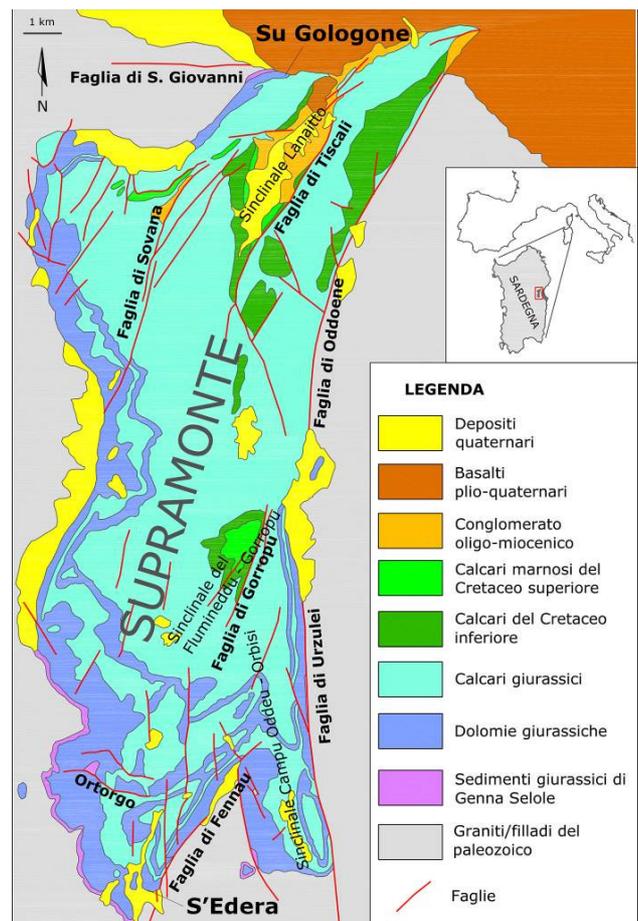


Fig. 1 – Schema geologico-strutturale del Supramonte interno (da PASCI 1997)

RETICOLO CARSICO DEL SUPRAMONTE MERIDIONALE

SCOPERTE RECENTI (1998-2012)

Dopo l'esplorazione delle gallerie di S'Edera alla fine degli anni '60 (DE WAELE *et alii*, 2006), la prima scoperta di un fiume sotterraneo nel Supramonte meridionale risale al 1998 quando s'intercetta nella grotta di Sa Rutta 'e Mandara 'e S'Uru Manna, un piccolo corso d'acqua della portata di circa 1 L/s sotto il *thrust* di Ortorgo (vedi Fig. 5 per la localizzazione delle cavità attive) (CABRAS, 2009; CABRAS *et alii*, 2000; SANNA & CABRAS, 2008). Questa cavità, costituita da 2000 metri di diaclasi, piccoli pozzi e ampie gallerie con un ingresso circa 30 metri dall'alveo sul versante destro del Riu Flumineddu, è alimentata dalle perdite delle pozze di Badu Ogotza, punto di assorbimento delle acque della risorgente di Sas Venas, che risulta invece una cavità drenante orizzontale con direzione grosso modo est-ovest esplorata, a partire dal 2004, per oltre 500 metri in sinistra idrografica. Nel dicembre 2000 invece, a meno di 1 km a valle, ancora sul lato destro del canyon e circa 10 metri sopra la base del suo impluvio, viene scoperto un altro sistema attivo, Su Colostrargiu. Questa cavità

è stata topografata per circa 1500 metri e termina in una frana che improvvisamente ostacola il passaggio lungo un meraviglioso torrente (7 L/s), a poco più di 150 metri di profondità (CROBU, 2003). Nell'autunno 2001, 2 km a valle di Su Colostrargiu, ancora sul lato destro dell'alveo ma questa volta direttamente sulla barra fluviale (quindi soggetto alle piene invernali) è stata esplorata un'altra importante grotta, che a circa 340 metri di profondità intercetta un altro segmento del reticolo di drenaggio del Flumineddu sotterraneo, la cui portata in fase di magra è pari a circa 5 L/s. S'Orale 'e Su Mudrecu (o semplicemente chiamata anche VPF) nel 2009 ha raggiunto uno sviluppo superiore ai 7 km, grazie alla congiunzione con la vicina Piggios 'e Su Mudrecu, cavità prettamente verticale, il cui ingresso si apre alla base di una parete poco a monte della precedente, sul versante opposto (CROBU, 2009). Ancora oltre, 1 km più a valle e solo pochi metri sopra la base del canyon, nel 2002 viene scoperta Su Eni 'e Istettai, che a -360 metri capta un grosso collettore (>100 L/s) che si può seguire, con non poche difficoltà, fino a oltre 500 metri di profondità per uno sviluppo complessivo superiore ai 5000 metri (CROBU & DE WAELE, 2007) e che rappresenta il deflusso sotterraneo



Fig. 2 – La grotta di Piggios de Janas lungo il Riu Flumineddu: A) il piccolo ingresso scavato tra i depositi alluvionali (Foto C. Corongiu); B) gli imponenti scavi tra i detriti nelle fratture iniziali della cavità (Foto L. Sanna).

principale del Complesso Carsico S'Edera – Su Gologone.

Nonostante le promettenti possibilità esplorative della rete di condotti sotterranei conosciuta, le sempre maggiori complessità esplorative hanno indotto alla ricerca di ulteriori ingressi in punti chiave lungo l'alveo del Riu Flumineddu, consentendo nella tarda estate del 2012 di aprire, dopo estenuanti sforzi, l'accesso a un altro elemento chiave dell'intricato puzzle: la grotta di Piggios de Janas (CROBU, 2013).

PIGGIOS DE JANAS

Poco a valle dell'immissario di Badde Tureddu, un piccolo ingresso scavato tra gli spessi depositi alluvionali del canyon fluviocarsico del Riu Flumineddu (Fig. 2A), dà accesso a una serie di fratture nelle dolomie basali anch'esse pesantemente riempite da sedimenti trasportati dalle piene (Fig. 2B). Questo intricato incrocio di diaclasi che costituisce una perdita in sub-



Fig. 3 – I vasti ambienti fossili di Piggios de Janas: A) il primo salone di crollo, il cui sprofondamento è evidenziato da grosse stalagmiti inclinate; B) Il caos di blocchi del secondo grosso ambiente riempito di sedimenti fluviali, erosi e poi ricoperti da spessi concrezionamenti (Foto V. Crobu).

alveo in sinistra idrografica, scende rapidamente fino a 80 metri di profondità dove intercetta una grossa faglia che borda il fianco di una grande sala di crollo, inclinata seguendo un contatto di strato ben evidente sul soffitto (Fig. 3A). Spingendosi verso nord, questa sala sprofonda su un altro vasto ambiente ricolmo di depositi fluviali alloctoni costituiti da sabbie grossolane ben stratificate a elementi del basamento, con intercalazioni di conglomerati, e fossilizzati da incantevoli livelli concrezionali (Fig. 3B), entrambi successivamente erosi dal rapido approfondimento del livello di base. Penetrando tra



Fig. 4 – Il torrente sotterraneo di Piggios de Janas, le cui acque incidono le filladi paleozoiche (Foto V. Crobu).

le colate che ricoprono uniformemente il pavimento di blocchi, questo vasto ambiente intercetta un canyon attivo con un torrente sotterraneo che, scorrendo verso nord sotto i contrafforti di Campu Su Mudrecu, incide le filladi paleozoiche per oltre 20 metri prima di perdendosi poi dentro l'ennesimo crollo (Fig. 4). Anche verso monte, il corso d'acqua emerge da un corpo di frana. La grotta ha attualmente uno sviluppo di circa 1200 metri per un dislivello di -200.

IL PROGETTO IDROGEOLOGICO

Le considerazioni che hanno spinto la ricerca di un nuovo accesso al sistema nella zona post-confluenza Flumineddu – Badde Tureddu derivano dall'osservazione che la maggior parte degli ostacoli esplorativi nelle varie grotte che costituiscono la parte meridionale del Complesso Carsico S'Edera – Su Gologone, corrispondono all'incrocio con la rete di drenaggio superficiale, evidentemente sviluppato su direttrici tettoniche in una fase successiva a quella del reticolo sotterraneo, ipotesi avvalorata anche dall'evidenza che gli attuali canyon fluviocarsici tagliano un epicarso recente costituito da strette fratture allargate che danno accesso però a vuoti articolati e dalle volumetrie importanti. È questo il caso anche della grotta di Su Colostrargiu, che attualmente costituisce l'affluente più cospicuo del collettore (circa 7 L/s) e le cui acque scorrono sul basamento lungo una galleria di direzione nord-sud, perdendosi in un intricato caos di blocchi sotto l'alveo del Riu Flumineddu in corrispondenza appunto della confluenza con Badde Tureddu. Non è banale trovarne la prosecuzione e, una volta intercettato il reticolo di drenaggio sotterraneo sul lato opposto a oltre 500 metri di distanza, la prova inconfutabile della connessione è stata cercata con un'indagine colorimetrica.

Sulla base delle relative portate e della distanza che il tracciante doveva compiere, per il tracciamento sono stati impiegati 600 g di fluoresceina sodica e per la sua rilevazione sono stati realizzati dei captori di carbone attivo da prelevare a varie cadenze temporali. La notte del 27 ottobre 2012, alle ore 20 circa, si è proceduto alla diluizione della fluoresceina nel fiume della grotta Su Colostrargiu, nella marmitta antistante alla cascata, mentre la mattina seguente 3 sacchette di carbone attivo sono state posizionate a Piggios de Janas, in corrispondenza della frana a monte da cui fuoriescono le acque del torrente. Il 4 novembre 2012, dopo otto giorni dall'immissione del colorante, è stato prelevato il primo captore, ma le pozze a valle mostravano uno strano colore verde. La semplice estrazione con potassa alcolica ha dato vistosamente esito positivo, dimostrando la connessione tra le due cavità. Per cercare di discriminare la quantità di colorante transitata per questo recapito si decide di lasciare in loco gli altri due captori che verranno prelevati entrambi dopo 2 mesi, il 29 dicembre 2012, dopo un evento temporalesco intenso che dovrebbe aver pistonato tutta la fluoresceina iniettata ma che ha anche prodotto una parziale emersione di una delle sacchette di carbone attivo, ritrovata parzialmente danneggiata e attorcigliata ad uno spuntone di roccia nei pressi del suo

ancoraggio.

In quest'occasione sono state eseguite anche misure di portata (pari a 6,9 L/s, media tra 10 misure) e dei parametri fisici delle acque (Temperatura: 9,4 °C; pH=8,06; Conducibilità = 0,38 mS/cm; Alcalinità = 366 mg/L). Per quanto riguarda queste misure, è stato impiegato 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: ±0,01), tra 0,00 e 20,00 mS/cm per EC (risoluzione: 0,01 mS/cm; accuratezza: ±2%), tra 0,00 e 10,00 ppt (g/L) di TDS (risoluzione: 0,01 ppt; accuratezza: ±2%) e da 0,0 a 60,0 °C per la temperatura (risoluzione: 0,1 °C; accuratezza: ±0,5 °C). L'alcalinità, che a pH inferiori a 8 è rappresentata essenzialmente dalla concentrazione di ione bicarbonato (HCO_3^-), è stata determinata per titolazione in situ con metilarancio e acido cloridrico. La misura è stata eseguita mediante titolazione, ripetuta 3 volte sullo stesso campione. La temperatura dell'aria al fiume (pari a 9,30 °C) e negli ambienti superiori (stabile a 9,78 °C, contro -1,2 °C dell'esterno) è stata registrata con dei datalogger della Onset HOBO U23 Pro v2 (risoluzione: 0,02 °C; accuratezza: ± 0,2 °C) con acquisizione a intervalli di 30 minuti.

La concentrazione di tracciante nei captori è stata eseguita tramite un fluorimetro Turner Designs Digital, con limite di rivelabilità pari a 0,01 ppb di fluoresceina in acqua, dotato di

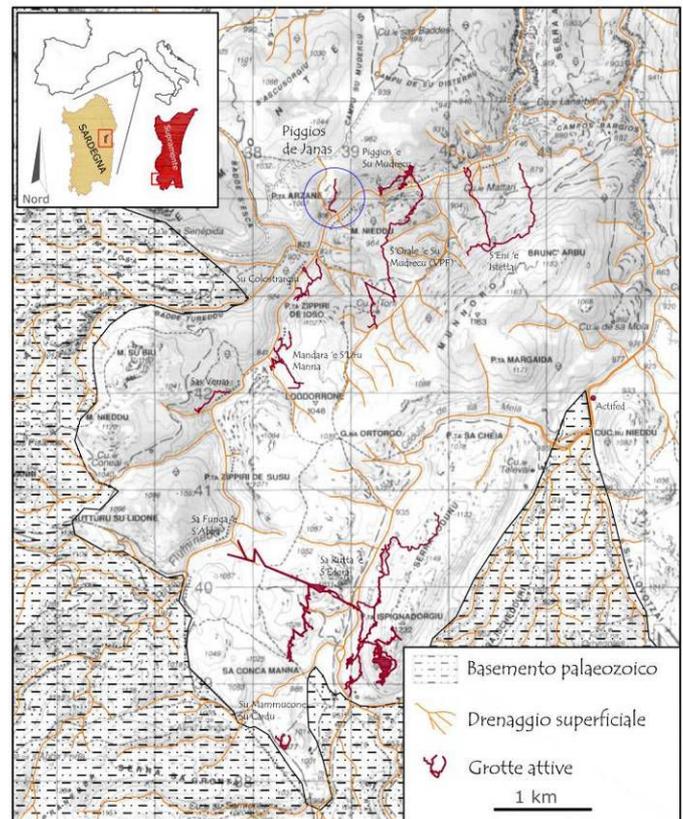


Fig. 5 – Localizzazione delle grotte attive nel settore meridionale del Supramonte interno. Con il cerchietto azzurro è indicata Piggios de Janas, la recente cavità esplorata lungo l'alveo del Riu Flumineddu.

marginale sud-orientale del Supramonte. Una recente colorazione nella grotta Actifed, in località Televai, ha escluso un'alimentazione da questo settore. In generale quindi il deflusso sotterraneo e la rete idrografica superficiale divergono e si muovono spesso con direzioni opposte. Di conseguenza, l'acquifero carbonatico include differenti tipi di alimentazione: alloigenica, per quanto riguarda gli apporti del reticolo idrografico superficiale, e diffusa, per filtrazione diretta delle precipitazioni sulla parte pertinente alla compagine carsica.

Con la scoperta di numerose grotte attive lungo i canyon fluviocarsici è diventato possibile fare un'indagine di dettaglio sui deflussi idrici sotterranei (CABRAS *et alii*, 2008). In questo frangente l'impiego di traccianti ha dato un impulso importante, soprattutto negli ultimi 15 anni. Sulla base delle attuali conoscenze, e prendendo atto delle colorazioni realizzate con esito positivo (Tab. 2), sappiamo che il drenaggio ipogeo, che inizialmente si sviluppa a contatto tra il basamento paleozoico e le rocce carbonatiche, è organizzato in un condotto carsico principale che trasporta le acque alloctone del versante nord-orientale del Gennargentu da S'Edera, nella piana di Fennau, alle profonde gallerie di Istetta (250 m slm) seguendo il fianco sinistro della struttura anticlinale del Monte Unnoro (parte centrale del massiccio carbonatico) (Fig. 5). Ancora più a valle, il collettore principale probabilmente

abbandona il substrato paleozoico e si sviluppa interamente nelle rocce carbonatiche, dirigendosi verso la parte nord della Valle del Lanaitto, passando forse anche dentro Su Bentu (105 m slm) prima di raggiungere Su Gologone. I tempi di residenza variano ovviamente con le portate, da oltre 70 giorni di transito durante il siccitoso 1999 e a meno di un mese nella primavera del 2002.

Questo collettore sotterraneo è anche alimentato da un bacino occidentale attraverso altri importanti tributari. Nella zona di contatto con il basamento paleozoico nel canyon del Riu Flumineddu, l'inghiottitoio di Sa Funga 'e S'Abba (892 m slm) è idraulicamente connesso con un ramo laterale di S'Edera (DE WAELE, 2003), mentre la pozza di Badu Ogotza (850 m slm) raccoglie le acque della risorgente di Sas Venas e poi percola dentro Mandara 'e S'Uru Manna, seguendo il thrust di Bacu Ortorgo, lungo passaggi sconosciuti prima di arrivare a VPF (SANNA, 2009).

A Badde Turreddu, un torrente effimero è inghiottito in una piccola fessura (900 m slm), defluendo verso un livello inferiore nella grotta di Su Colostrargiu, dove scorre in destra idrografica fino a sparire nella frana in corrispondenza dell'alveo del Riu Flumineddu. Riappare 500 metri più a valle con un tempo di transito di meno di 10 giorni in sinistra idrografica nella grotta di Piggios de Janas (650 m slm) per

Anno	Punto di immissione	Punti di monitoraggio	Recapiti positivi	Quantità e tipo di colorante utilizzato	Tempo di restituzione
1967 ¹	Sa Funga 'e S'Abba	Sa Rutta 'e S'Edera	Positivo	3 kg Blu di Metilene	12 h
1969 ¹	Sa Funga 'e S'Abba	Sa Rutta 'e S'Edera	Positivo	4 kg+5 kg	18 h
		Su Gologone	Negativo	Na-Fluoresceina	
		Gorropu	Negativo		
1999 ²	Sa Rutta 'e S'Edera	Su Gologone	Positivo	10 kg	~70 giorni
		Gorropu	Negativo	Na-Fluoresceina	
		G. Sardu	Negativo		
2001 ³	Badu Ogotza	Mandara 'e S'uru Manna	Positivo	1 kg	14 giorni
		Sa Rutta 'e S'Edera	Negativo	Na-Fluoresceina	
2002 ⁴	Sa Rutta 'e S'Edera	Su Gologone	Positivo	5 Kg	~20 giorni
		Su Bentu	Dubbio	Na-Fluoresceina	
2002 ³	Badde Turreddu	Su Colostrargiu	Positivo	1 kg	8 giorni
		S'Orale 'e Su Mudrecu	Dubbio	Na-Fluoresceina	
2004 ³	Sa Rutta 'e S'Edera	S'Eni 'e Istetta	Positivo	2 kg Na-Fluoresceina	12 giorni
2006 ³	Mandara 'e S'uru Manna	S'Eni 'e Istetta	Negativo	1 kg	14 giorni
		Su Colostrargiu	Negativo	Na-Fluoresceina	
		Su Venadore de Corojos	Dubbio		
2007 ⁵	Su Colostrargiu	Su Gologone	Positivo	2 kg	~56 giorni
		S'Orale 'e Su Mudrecu	Negativo	Na-Fluoresceina	
2008	Mandara 'e S'uru Manna	S'Orale 'e Su Mudrecu	Positivo	0,9 kg	20 giorni
		Su Gologone	Dubbio	Na-Fluoresceina	
2009 ⁶	Mandara 'e S'uru Manna	S'Orale 'e Su Mudrecu	Positivo	1 kg Na-Fluoresceina	15 giorni
	S'Orale 'e Su Mudrecu	Su Gologone	Dubbio	2 kg Tinopal	50 giorni
		S'Eni 'e Istetta	Negativo		
		Su Bentu	No data		
2012	Su Colostrargiu	Piggios de Janas	Positivo	1 kg Na-Fluoresceina	8 giorni
2013	Actifed	Su Gologone	Positivo	2 kg Na-Fluoresceina	13 giorni
		Gorropu	Negativo		
		Donini	Negativo		

Tab. 2 – Sintesi dei tracciamenti con coloranti eseguiti in Supramonte: ¹ASSORGIA *et alii*, 1973; ²BANDIERA, 2000; ³SANNA & CABRAS in CROBU & DE WAELE, 2007; ⁴CABRAS *et alii*, 2002; ⁵SANNA & CABRAS, 2008, ⁶SANNA 2009

proseguire il suo viaggio con direzione Nord, verso la sorgente di Su Gologone, che raggiunge in circa 50 giorni.

Invece il bacino di alimentazione sotterraneo del torrente di S'Orale 'e Su Mudrecu (450 m slm) e i suoi rapporti con gli altri fiumi sotterranei perenni non sono del tutto compresi. Come riportato sopra, parte delle sue acque proviene da Mandara 'e S'Uru Manna, ma l'origine del grosso della sua portata è ancora sconosciuta. Anche il tempo di transito verso Su Gologone è dubbio a causa di un malfunzionamento dello strumento di acquisizione durante la colorazione del 2009.

Con le attuali conoscenze, la geometria dell'acquifero nel settore meridionale del Complesso Carsico S'Edera – Su Gologone può essere così riassunta: si riconoscono tre distinti sistemi di deflusso sotterraneo, che scorrono lungo condotti vadosi impostati su linee di fratturazione parallele ma a diverse quote (dettate da quella del basamento, sboccato da faglie). La zona di scorrimento profonda, percorribile nelle grotte di Su Eni 'e Istettai, S'Orale 'e Su Mudrecu e Su Colostrargiu, rispettivamente a 250, 450 e 650 metri di quota, è accessibile attraverso un epicarso intensamente fratturato, principalmente impostato sulle dolomie, che tramite una zona di trasferimento verticale, da accesso anche a paleo-livelli freatici connessi con lo stazionamento della superficie piezometrica durante le fasi di approfondimento del livello di base. Una quarta direttrice di scorrimento è stata recentemente individuata nella propaggine sud dell'altopiano, tra la piana di Televai, a monte della Codula Orbisi e Su Gologone, ma ancora non si conoscono i rapporti reciproci con le altre cavità del settore meridionale, sebbene si possa comunque escludere una connessione con il sistema pensile Orbisi-Donini e con la risorgente di Gorropu, entrambe negative al monitoraggio fluorimetrico. Come dimostrato da esperimenti di tracciamento, questa rete di drenaggio è costituita da sistemi indipendenti e paralleli, senza connessione idrogeologica nelle loro parti attualmente esplorate ma che convogliano le loro acque al medesimo collettore principale alimentando le emergenze sorgentizie nella zona nord del Supramonte.

CONCLUSIONI

L'acquifero carsico del Supramonte interno è costituito da un complesso sistema di drenaggio sotterraneo, che si dipana a contatto tra i carbonati mesozoici e il basamento paleozoico, lungo piani di scorrimento dettati dalla natura impermeabile delle rocce cristalline, sboccati per faglia e inclinati verso nord-est. Il settore di infiltrazione preferenziale è localizzato a sud del sistema, ad una altitudine di circa 950 metri, mentre la parte più cospicua delle acque riemerge dopo un tragitto profondo, a nord alla quota di 104 metri. Nella sua zona meridionale attualmente si riconoscono tre linee principali di deflusso sotterraneo a quote pari a 250, 450 e 650 metri sopra il livello del mare e percorribili rispettivamente nelle grotte di Su Eni 'e Istettai, S'Orale 'e Su Mudrecu e Su Colostrargiu lungo il corso del canyon del Riu Flumineddu.

In questi ultimi 15 anni le principali indagini speleologiche del Supramonte interno sono state condotte proprio in quest'area. Le esplorazioni hanno permesso la scoperta di

grotte profonde e di triplicare i km totali degli ambienti sotterranei rilevati: da 8 km nel 1998 a oltre 30 km nel 2013. Se a questi numeri si aggiungono i 20 km di gallerie nel settore settentrionale, il Complesso Carsico S'Edera-Su Gologone raggiunge uno sviluppo di 50 km e una profondità di circa 1000 metri, ma i dati a disposizione fanno ipotizzare l'esistenza di una più vasta rete di condotte, superiore ai 100 km di lunghezza. La recente scoperta di un nuovo punto di assorbimento, l'inghiottitoio di Piggios de Janas, ha aperto la possibilità di percorrere un ulteriore segmento del reticolo carsico, spalancando nuove possibilità esplorative. Ulteriori ricerche idrogeologiche permetterebbero agli speleologi di concretizzare i loro sforzi verso il raggiungimento di questo risultato.

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento speciale va agli speleologi che, con sistematicità, hanno partecipato alle fasi esplorative e di studio: Carla Corongiu e Vittorio Crobu, non solo per le foto che hanno messo a disposizione ma soprattutto per aver impegnato tante energie in queste ricerche, accompagnati da: Giacomo Melis, Carlo Lutzu, Andrea Meloni, Benedetta Demurtas, Massimo Farris, Paolo Marcia, Antonio Saba, Jo De Waele di ASProS; dagli amici del GSAS (Marco Barra, Daniela Cinus, Laura Dotti, Giacomo Satta, Anna Maria Sanna, Stefano Pinna), dello SPECUS (Carlo Schirru, Paolo Desogus, Giovanna Irranca), dello SCOr (Sirio Sechi), oltre che da Giacomo Caredda, Ilaria Cinquini e Alessio Rossi. Non dimentichiamo il contributo essenziale di Luana Sanna che si è occupata delle analisi fluorimetriche.

OPERE CITATE

- ASSOCIAZIONE SPELEOLOGICA PROGETTO SUPRAMONTE, 2007 - *Le grandiose gallerie del VPF*, Speleologia, 57: 70-71.
- ASSORGIA A., BIONDI P.P., MORISI A., 1973 - *Aspetti geomorfologici sul Supramonte di Urzulei (Nuoro, Sardegna Centro-Orientale)*, Rassegna Speleologica Italiana, 25(1-4): 139-167.
- BANDIERA F., 2000 - *Colorazione con fluoresceina del sistema idrico sotterraneo di Sa Rutta 'e S'Edera-Su Gologone*, Sardegna Speleologica, 16: 2-8.
- CABRAS S., 2009 - *Grotta dell'Edera, quasi mezzo secolo di storia*. Sardegna Speleologica, 24: 32-40.
- CABRAS S., MURGIA F. & SANNA L., 2002 - *Complesso S'Edera-Su Gologone: tracciamento geochimica sulle acque sotterranee del Supramonte*, Sardegna Speleologica, 19: 18-24.
- CABRAS SE., CABRAS SA., MULAS Q., SANNA L., COSSU A. & SORO D., 2000 - *Sa Rutta 'e Mandara 'e S'Uru Manna*, Sardegna Speleologica, 16: 17-27.
- CABRAS S., DE WAELE J., SANNA L., 2008 - *Caves and karst aquifer drainage of Supramonte (Sardinia, Italy): a review*. Acta Carsologica 37/2-3: 89-101.

- COLUMBU M., 1955 - *Note su alcune grotte della provincia di Nuoro*, Rassegna Speleologica Italiana, 7(3): 139-149.
- CROBU V., 2003 - *Supramonte verticale*, Speleologia, 48: 34-51.
- CROBU V., 2009 - *Grande Collettore del Supramonte*. Speleologia, 61: 70.
- CROBU V., 2013 - *Piggios de Janas, oltre la barriera ovest*, Sardegna Speleologica, 25: 4-8.
- CROBU V. & DE WAELE J., 2007 - *Nel Supramonte profondo. Le esplorazioni in Su Eni 'e Istettai*, Speleologia, 56: 12-27.
- CROBU V., CABRAS S., CORONGIU C., MELIS G., MOI M., PORCU P., SANNA L., 2009 - *Sotto il Supramonte infinito*. Speleologia, 60: 16-29.
- DE WAELE J., 2003 - *La nuova era di S'Edera*, Speleologia, 48: 12-33.
- DE WAELE J., MEREU L., BOST G., ROBIN Y., 2006 - *Sa Rutta e' S'Edera (Sardaigne centre-orientale): exploration post-siphon de l'affluent E.T.I., E' Terra Incognita) du 23 au 25 juillet 2004*, Spéleo-Dossiers, 35: 107-121.
- DE WAELE J., SANNA L., 2008 - *Karst hydrogeological investigations in the Supramonte aquifer (Central-East Sardinia): a short review*. Rendiconti online Soc. Geol. It., 3: 314-315.
- DE WAELE J., CABRAS S., SANNA L., 2008 - *Discharge estimates of the large December 2004 flood in some fluvio-karstic watersheds in Central-East Sardinia*. Rendiconti online Soc. Geol. It., 3: 312-313.
- MURGIA F., 2009 - *Su Bentu, la "Grotta-Palestra"*, Sardegna Speleologica, 24: 74-83.
- 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: Operazione Abbasbargias 2009 e Operazione Mare Verde 2008*. Speleologia 61: 74-75.
- SANNA L., CABRAS S., 2008 - *Recente colorazione con fluoresceina delle acque sotterranee nel Supramonte di Urzulei (Sardegna)*. Atti del XX Congresso Nazionale di Speleologia-Iglesias, 27-30 Aprile 2007. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, Serie II, 21: 575-584.
- SCANO A., 2002 - *Esplorazioni nel complesso di "Sa Rutta 'e S'Edera" (Urzulei, Sardegna centro-orientale)*, In: DE WAELE J., Atti del Convegno di Studio "Il Carsismo e la Ricerca Speleologica in Sardegna", Anthèò, 6: 201-218.
- TUVERI A. & MOI M., 2006 - *S'Edera 2005*, Sardegna Speleologica, 23: 20-22.

