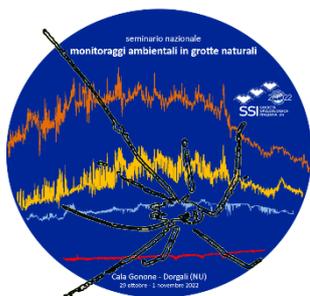


## Abstract degli interventi



# PROGRAMMA

		TEMA	Contenuti	Docenti
sabato 29/10/2022	mattina 9:00-12:30	<b>Perché, come, quando monitorare</b>	Saluti Autorità e introduzione al seminario	Autorità
			A cosa e a chi serve studiare le grotte, il ruolo della Speleologia	Paolo Forti
			Monitoraggio, ricerca e turismo sostenibile in ambiente ipogeo (Naica, Pulpì, Altamira)	Josè Maria Calaforra
			La definizione di un programma di monitoraggio ambientale	Giuseppe Moro
			Il sistema delle norme di tutela: Direttiva Habitat, Parchi, Aree protette	Fabio Stoch
			Approcci interdisciplinari nello studio degli acquiferi carsici (Monte Albo)	Francesco Murgia, Fabio Stoch
			Discussione	
pomeriggio 14:30-18:00	<b>Percepire l'ambiente: indicatori fisici</b>	Lo spazio-tempo delle grotte, datazioni	Andrea Columbu	
		Circolazione di aria e acqua nelle grotte: modelli concettuali	Bartolomeo Vigna	
		Traccianti e tracciamenti in aria (Progetto Ariadeghe)	Maurizio Miragoli, Massimo Pozzo, Vincenza Franchini	
		Strumenti di misura: efficienza e adattabilità all'ambiente da monitorare; precisione, accuratezza, calibrazione dei sensori	Bartolomeo Vigna	
		Discussione		
domenica 30/10/2022	mattina 9:00-12:30	<b>Percepire l'ambiente: indicatori biologici</b>	Habitat terrestri e acquatici: campionamenti e analisi biologiche	Fabio Stoch
			Tecniche di monitoraggio dei chiroteri, loro ciclo vitale complesso	Roberto Cogoni
			Batteri, Muffe, Lampenflora: campionamenti e analisi microbiologiche	Rosangela Adesso
			Inquinamento da microplastiche in aree carsiche	Valentina Balestra
			Esempio di monitoraggio standardizzato per la fauna cavernicola	Enrico Lunghi
			Discussione	
	pomeriggio 14:30-18:00	<b>Case study: raccogliere, trattare, interpretare dati</b>	Monitoraggio atmosfera di grotta, da grotte di alta quota fino alle turistiche	Bartolomeo Vigna
			Vulnerabilità delle risorse idropotabili carsiche (sorgenti di Su Gologone)	Francesco Murgia
			Monitoraggio delle risorse idropotabili carsiche (Borello, Alpi Liguri)	Bartolomeo Vigna
			Bue Marino, Studio Incidenza Ambientale Ramo Nord	Mauro Chiesi
			TracerKanin Project	Lorenzo Marini, Louis Torelli
Discussione e conclusioni				
lunedì 31/10/2022	mattina 9:30-12:30	<b>Tavola rotonda open day</b>	La conoscenza delle aree carsiche come opportunità di tutela e sviluppo territoriale	
	pomeriggio 15:30-18:00	<b>Escursione Ispinigoli</b>	Escursione guidata Grotta di Ispinigoli	Comitato organizzatore
	intera giornata pranzo al sacco	<b>Escursione Supramonte</b>	Il Supramonte Occidentale di Urzulei, l'Oasi Faunistica Sa Portisra e il Villaggio Nuragico Or Murales (Supramonte Orientale di Urzulei)	opzionale su prenotazione (a pagamento)
	sera 20:00-23:00	<b>Cena sociale in Cuiles</b>	Cena tipica barbaricina nell'ovile dei caprai	Comitato organizzatore
martedì 1/11/2022	10:00-16:00 pranzo al sacco	<b>Escursione Bue Marino Ramo Nord</b>	Escursione guidata Grotta del Bue Marino, Ramo Nord: indicatori, strumenti e analisi dei dati dello Studio Incidenza Ambientale	Gruppo di lavoro SIA

Paolo Forti

## **A cosa e a chi serve studiare le grotte, il ruolo della Speleologia**

Parole chiave: ricerca scientifica, salvaguardia ambientale, cavità naturali

La parola *Speleologia* deriva da due parole greche: *Σπελαιων* e *Λογος* che significano *La scienza delle grotte*. In realtà attualmente il suo significato si è allargato a comprendere ogni azione fatta volontariamente dall'uomo con oggetto le cavità sia naturali che artificiali.

In questi ultimi anni è diventata sempre più importante la *speleologia scientifica*, che utilizza le grotte per attività di ricerca in campi anche molto distanti tra loro. Questo è accaduto e accade sempre più di frequente per merito delle peculiarità di questi ambienti: stabili su periodi di tempo molto lunghi e caratterizzati di norma da bassa o bassissima energia, risultando così perfette "trappole di accumulo", dove tutto si conserva quasi inalterato. Attualmente, le grotte devono essere già considerate lo strumento più potente per effettuare ricerche in molte discipline anche distanti tra loro (dalla geologia alla medicina, dalla biologia all'ingegneria dei grandi vuoti, dall'archeologia all'astrobiologia).

Oggi sappiamo che le grotte sono tra i più importanti e dettagliati archivi ambientali, paragonabili a una vastissima enciclopedia, di cui attualmente però sappiamo leggere solo i titoli dei capitoli e qualche paragrafo qui e là. Ma quando avremo imparato a leggerne tutte le pagine l'importanza delle grotte aumenterà in modo esponenziale, anche in campi assolutamente nuovi e attualmente difficilmente ipotizzabili. E presto le grotte saranno fondamentali anche per la sopravvivenza stessa del genere umano.

Uno dei problemi delle ricerche in grotta è che nessuna di esse può essere portata avanti senza gli speleologi, ma Scienziati e Speleologi sono due categorie di persone che difficilmente si comprendono e collaborano tra loro... eppure si tratta di un esempio perfetto di simbiosi mutualistica: è necessario spiegarlo loro con argomenti convincenti! L'aumento dell'interesse scientifico per le grotte comporterà necessariamente una maggiore pressione antropica su questi ambienti che però sono molto vulnerabili e, una volta alterati, non possono più ritornare alle condizioni precedenti, con conseguente perdita della maggior parte dei dati immagazzinati nel corso dei millenni.

Pertanto sarà necessario esercitare un sempre maggior controllo sulle attività scientifiche nelle cavità naturali, in particolare invitando i ricercatori ad autolimitarsi nel campionamento distruttivo, così da garantire la conservazione di questi inestimabili archivi per le generazioni future.

---

José Maria Calaforra

## **Monitoraggio, ricerca e turismo sostenibile in ambiente ipogeo (Naica, Pulpi, Altamira)**

Parole chiave: grotte e miniere, monitoraggio, ambiente sotterraneo, conservazione, gestione

Le grotte e le miniere sono un'importante componente del patrimonio geologico, i cui valori intrinseci e la crescente domanda sociale lo rendono degno di particolare considerazione nel contesto della gestione del territorio, essendo essenziale sia la sua protezione e conservazione che il potenziamento del suo uso ricreativo, educativo e scientifico in modo sostenibile. Gli studi scientifici applicati all'ambiente sotterraneo sono di grande importanza per le grotte e le miniere e per i loro decisori, nella misura in cui forniscono dati per stabilire gli appropriati meccanismi di gestione, controllo e sorveglianza che garantiscono la loro corretta conservazione, contribuendo al contempo in modo significativo alla formazione e alla sensibilizzazione dei loro visitatori. In questo senso, i dati forniti dal monitoraggio ambientale consentono studi completi delle modificazioni naturali e antropiche all'interno dei sistemi di grotte e miniere, con la combinazione di dati microclimatici, idrochimici e biologici e la loro interrelazione. Sempre più importante è anche lo "speleoturismo" o turismo di grotta o di miniera che deve essere controllato per la protezione degli ambienti sotterranei. In questo caso è necessaria la collaborazione e la consapevolezza del collettivo speleologico. Anche nelle "grotte selvagge" è importante l'utilizzo di un sistema di segnalazione a basso impatto dei percorsi speleologici all'interno delle grotte, come avviene nelle grotte turistiche (in senso generale).

Entrambi gli aspetti, speleo e turistico, saranno discussi in questa presentazione con alcuni esempi di ambienti molto vulnerabili come il Geode Gigante di Mina Rica, la Cueva de los Cristales a Naica e il carso gessoso del Parco Naturale di Sorbas.

Giuseppe Adriano Moro

## **La definizione di un programma di monitoraggio ambientale**

Parole chiave: monitoraggio, pianificazione, progettazione, osservazione, elaborazione, confrontabilità

Ogni attività di monitoraggio prevede l'acquisizione di dati relativi ai valori di una grandezza variabile nel tempo. Il monitoraggio nel suo complesso prevede diverse fasi, ciascuna determinante per la buona riuscita dall'attività: individuazione dell'obiettivo in base allo scopo, progettazione con scelta di variabili e definizione dei metodi, validazione dei dati, elaborazione dei dati e formulazione delle conclusioni. La scelta delle grandezze variabili da osservare è cruciale per il conseguimento degli scopi di un'attività di monitoraggio, così come lo sono la definizione dei metodi per la misurazione dei valori che esse assumono, della disposizione spaziale dei punti di monitoraggio e della scansione temporale delle misure. Ogni progetto di monitoraggio deve essere elaborato in modo specifico per uno scopo determinato individuando, eventualmente attraverso attività di osservazione preliminari, la corretta definizione degli elementi progettuali in relazione alle caratteristiche degli ambienti in cui si opera.

I principi generali per una corretta progettazione ed esecuzione dei monitoraggi tuttavia sono comuni e la loro conoscenza e applicazione consentono di ottenere dei set di dati utili e confrontabili con quelli ottenuti nell'ambito di altre attività.

Fabio Stoch

## **Il sistema delle norme di tutela: Direttiva Habitat, Parchi, Aree protette**

Parole chiave: Direttiva Habitat, Rete Natura 2000, D.P.R. 357/97 e s.m.i.

Gli obblighi di monitoraggio delle grotte sono richiesti dalla Direttiva Habitat (92/43/CE), dove nell'allegato I sono riportate come habitat 8310 (Grotte non ancora sfruttate a livello turistico) e 8330 (Grotte marine sommerse o semisommerse). La Direttiva Habitat impone inoltre agli Stati Membri la realizzazione di attività di monitoraggio dello stato di conservazione delle specie animali di interesse comunitario elencate nei suoi allegati (II, IV e V) e presenti sul territorio nazionale (Art. 11). Le sole due specie di Direttiva strettamente cavernicole presenti in Italia sono distribuite in un'area ristretta (grotte del Carso goriziano e triestino); si tratta del proteo (*Proteus anguinus*, specie di interesse prioritario) e del coleottero *Leptodirus hochenwartii*. Altre specie che frequentano le grotte incluse negli allegati comprendono i geotritoni (genere *Speleomantes*) e numerose specie di chiroteri. Il monitoraggio va effettuato sia all'interno sia all'esterno della Rete Natura 2000, per verificare l'efficacia dell'applicazione delle misure di gestione e conservazione.

I risultati derivanti dal monitoraggio devono essere presentati alla Commissione Europea ogni sei anni in un Rapporto Nazionale (Art. 17).

La Direttiva Habitat è stata recepita nella normativa nazionale dal D.P.R. 357/97 e s.m.i. che individua nelle Regioni e Province Autonome i soggetti responsabili della realizzazione delle attività di monitoraggio. Lo stesso decreto inoltre disciplina la Valutazione d'Incidenza, procedura alla quale è obbligatorio sottoporre qualsiasi piano o progetto che possa avere incidenze significative su un sito della Rete Natura 2000, tenuto conto degli obiettivi di conservazione del sito stesso.

Oltre a varare normative di recepimento del D.P.R. 357 e s.m.i., le Regioni e Province Autonome hanno spesso adottato leggi volte alla tutela della fauna delle grotte, vietandone in particolare la raccolta senza permesso, norme di dubbia efficacia per la conservazione, ma di interesse educativo. Oltre che dalla Valutazione d'Incidenza, le grotte e l'ambiente carsico possono essere interessate dalle Valutazioni d'Impatto Ambientale (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.).

Infine, studi, monitoraggi e regolamenti di tutela delle grotte e della loro fauna possono derivare dall'attività dei Parchi (nazionali o regionali) e di altre Aree Protette (ai sensi della Legge 394/91).

I siti della Rete Natura 2000 non sono, in base alla normativa, Aree Protette, anche se possono ricadere (parzialmente o integralmente) in esse.

Francesco Murgia, Fabio Stoch

## **Approcci interdisciplinari nello studio degli acquiferi carsici**

### **Il caso dell'acquifero carsico del Monte Albo (Sardegna nord-orientale)**

Parole chiave: acquifero carsico, superficie piezometrica, drenaggi, idrodinamica sotterranea, specie stigobie

Vengono illustrati alcuni approfondimenti analitici eseguiti utilizzando i dati di monitoraggio idrogeologico e biospeleologico rilevati per conto della Provincia di Nuoro tra il 2008 e il 2013 nell'acquifero carsico del Monte Albo, un rilievo di calcari mesozoici localizzato nella Sardegna nord-orientale. Tali monitoraggi e i successivi approfondimenti, considerati singolarmente, hanno consentito di valutare, tra le tante analisi svolte, le modalità con le quali le acque transitano nell'acquifero e di rinvenire nelle vie di drenaggio ipogee e nella sorgente di Fruncu 'e Oche, (l'esutore principale perenne di tutto il sistema carsico), 31 specie animali di cui ben 24 stigobie (cioè esclusive di acque sotterranee) e, tra queste, almeno 7 nuove per la Scienza.

I dati idrologici, oltre 1.200.000 record di monitoraggio, sono stati acquisiti effettuando numerose operazioni di tracciamento geochimico e un monitoraggio puntuale dei livelli idrici registrati nel carso saturo e in sorgente; le analisi sulle variazioni dei livelli idrici hanno consentito di discriminare quelli riferibili alle portate di troppo pieno scaricate nella valle di Locoli dall'omonima grotta e quelli ascrivibili ai drenaggi sotterranei in regime turbolento e laminare defluenti dalla sorgente. In tale contesto è stato anche possibile formulare alcune ipotesi sulle dimensioni e sulla localizzazione di idrostrutture legate al drenaggio idrico ipogeo attualmente sconosciute e, quindi, di individuare nuovi obiettivi di ricerca per l'esplorazione speleologica. Inoltre, l'analisi idrogeologica ha consentito di ipotizzare l'esistenza di una compartimentazione dell'acquifero carsico del Monte Albo che si sostanzia nella presenza di una soglia di trabocco ipogea che, regolando le portate al variare del regime idrico, connette l'acquifero di grotta Locoli con la sorgente di Fruncu 'e Oche.

I dati biospeleologici, invece, hanno consentito di identificare l'acquifero del Monte Albo come uno dei più importanti serbatoi di specie endemiche e ad alto valore di conservazione dell'intera Sardegna e tra quelli più ricchi di specie a livello nazionale. Le stesse analisi, pur testimoniando una vulnerabilità biologica dell'acquifero attualmente molto bassa, inducono ad attribuire alla stessa una vulnerabilità potenziale elevata in considerazione della grande trasmissività accertata nel sistema di drenaggio idrico ipogeo. L'analisi biospeleologica, realizzata mediante filtraggio in continuo delle acque della sorgente di Fruncu 'e Oche e campionamenti nel sifone della grotta di Locoli con l'aiuto di speleosubacquei, ha inoltre messo in luce l'esistenza di una compartimentazione ecologica nell'acquifero che conferma quella fisica già ipotizzata per via idrogeologica. Le specie sotterranee si sono rivelate dunque degli ottimi traccianti naturali per studiare la provenienza delle diverse acque che defluiscono dalla sorgente.

Da quanto sopra emerge che un approccio interdisciplinare nello studio delle risorse di un acquifero carsico, con una combinazione attenta di analisi idrogeologiche e biospeleologiche, è determinate nelle scelte legate allo sviluppo di aree particolarmente vulnerabili come quelle carsiche. Ciò è ancor più vero nel contesto territoriale del Monte Albo, compreso nell'area MaB UNESCO "Tepilora, Rio Posada e Montalbo" importante a livello internazionale.

---

Andrea Columbu

### **Lo spazio-tempo delle grotte (campionamenti e analisi fisiche, datazioni)**

Parole chiave: datazioni, speleogenesi, speleotemi, clima

Concepire l'evoluzione di un sistema carsico è complicato. Questo perché la speleogenesi avviene nello spazio tridimensionale e nel tempo geologico. In aggiunta, la formazione di una grotta è dettata dall'assetto geologico e geomorfologico di un determinato terreno carsico, ed è controllata da condizioni climatiche soggette a variazioni nel tempo. Le grotte però contengono degli indicatori che testimoniano fasi speleogenetiche distinte e l'alternarsi di ambienti differenti. Questi possono essere determinate morfologie, depositi fisici oppure chimici, non sempre di semplice interpretazione. In aggiunta, uno dei limiti principali negli studi speleogenetici è il dover assegnare una età a un "vuoto". Per questo, per una ricostruzione quanto più dettagliata nel tempo, occorre un appiglio geo-cronologico che può essere dato esclusivamente dalle datazioni.

Il seminario focalizzerà l'attenzione sulla percezione dell'ambiente fisico della grotta ed esporrà le metodologie di datazione più comuni. Il fine è quello di fornire i concetti base per una ricostruzione speleogenetica coerente da un punto di vista geologico, geocronologico e climatico e, allo stesso tempo, di far riflettere sulla sua intrinseca complessità.

---

Bartolomeo Vigna

### **Circolazione di aria e acqua nelle grotte: modelli concettuali**

Parole chiave: carsismo, modelli concettuali, circolazione acqua-aria

In questa presentazione verranno illustrati i principali modelli concettuali relativi alla circolazione dell'acqua e dell'aria negli ammassi carbonatici.

Tali modelli possono essere utilizzati dagli speleologi per approfondire o meno le loro ricerche in una determinata area carsica o concentrarsi nelle esplorazioni delle cavità presenti o anche solo in piccoli buchi chiusi da frane, detriti o concrezioni. I modelli concettuali relativi alla circolazione delle acque sono stati definiti attraverso la descrizione di situazioni idrogeologiche ben conosciute, utilizzando le informazioni legate alla situazione geologico-strutturale (litologia, stato di fratturazione e carsificazione) di un ammasso roccioso e i dati di monitoraggio rilevati alle sorgenti. Tali modelli riguardano sia le modalità di circolazione profonda delle acque impostata in reticoli variamente carsificati (sistemi a dreno dominante, a dreni interconnessi e a circolazione dispersiva) sia le modalità di ricarica del sistema (alimentazione primaria prevalente, alimentazione primaria e secondaria, alimentazione secondaria prevalente e alimentazione per travasi sotterranei).

I modelli concettuali relativi alla circolazione dell'aria vengono divisi in due principali situazioni: circolazioni a tubo di vento e circolazioni a sacco d'aria.

In particolare verranno presentati una serie di casi-studio dove le diverse modalità di circolazione delle acque o dell'aria vengono riconosciute molto bene attraverso i dati di monitoraggio.

---

Maurizio Miragoli, Massimo Pozzo, Vincenza Franchini

### **Traccianti e tracciamenti in aria (Progetto Ariadeghe)**

Parole chiave: meteorologia sotterranea, speleologia, ricerca prosezioni, nuove tecnologie

Il contributo presenta raccolta e analisi di dati di temperatura delle grotte dell'area carsica dell'Altopiano di Cariadeghe (Serle - BS). I dati raccolti per un periodo di tempo di un anno vengono elaborati alla luce delle variazioni termiche e di movimento delle arie, correlandoli tra loro per la ricerca di possibili connessioni con il sistema carsico sottostante. Include: inquadramento geografico e geologico dell'area carsica, approfondimento sulla circolazione dei flussi d'aria riscontrati all'interno del complesso carsico, facente capo all'Omber en banda al Bùs del Zel (LoBs 247) e alle bocche alitanti presenti sul territorio, e motivazioni che hanno portato alla realizzazione del progetto denominato "Ariadeghe". La correlazione tra le variazioni di temperatura giornaliere e stagionali registrate in esterno è messa in relazione alle variazioni di temperatura registrate internamente per evidenziare le variazioni volumetriche di flusso. Questa metodologia evidenzia nuove informazioni utili per un approccio esplorativo che permetta di formulare strategie di ricerca prioritarie, visto il gran numero di bocche alitanti situate in un territorio sottoposto a norme di tutela da zona protetta, e la presenza di un reticolo sotterraneo di oltre 20 chilometri di sviluppo conosciuto. Il presente monitoraggio (variazioni di temperatura esterno/interno) su base annua, forma nuovi scenari che, attraverso test odorosi e monitoraggi specifici successivi con apparecchiature dedicate, attendono conferme sul campo. La strada da seguire è quindi quella di focalizzare le ricerche su un gruppo di bocche soffianti/aspiranti che si sono rivelate essere sede di marcate anomalie di temperatura nel confronto con le variazioni climatiche esterne.

Metodologia: dopo aver installato una serie di termometri di precisione (decimo di grado) a profondità opportuna affinché le variazioni di temperatura esterne non potessero influenzare le variazioni di temperatura della grotta in condizioni di stasi o di uscita del flusso delle arie, si è proceduto ad analizzare i dati rilevati secondo le seguenti modalità:

- verifica dei parametri meteorologici esterni e analisi di consistenza tra i vari sistemi di misura;
  - raggruppamento dei dati in funzione del loro stato (bocche fredde/calde), temperatura e posizione assoluta;
  - analisi di reazione termica in funzione della profondità della grotta;
  - analisi di Correlazione tempo reale e ritardata tra le temperature misurate: esterno/interno, interno/interno;
  - analisi in frequenza delle variazioni di temperatura per correlare le variazioni esterne/interne, interne/interne ed eventuali shift temporali;
  - analisi dei modelli filtrativo e diffusivo, per verificare la “profondità” del carsismo correlato;
  - calcolo portata agli ingressi dedotta dalle misure in temperatura;
  - calcolo dei tempi e velocità di diffusione dell’onda termica nei vari modelli.
- 

Bartolomeo Vigna

### **Strumenti di misura: efficienza e adattabilità all’ambiente da monitorare; precisione, accuratezza, calibrazione dei sensori**

Parole chiave: strumentazioni, monitoraggio acqua-aria, calibrazione sensori

In questa lezione vengono presentate le strumentazioni utilizzate per il monitoraggio relativo alla circolazione delle acque sotterranee e dell’aria. Si parlerà di strumentazioni manuali, di acquisitori automatici e di sistemi per la trasmissione dei dati in tempo reale che possono essere usati in campo speleologico. Ovviamente i costi di queste apparecchiature devono essere considerati attentamente per rientrare nelle possibilità finanziarie di un gruppo speleologico o di una federazione regionale. Sul mercato si trovano apparecchiature con prezzi molto differenti ma soprattutto bisogna valutare attentamente l’affidabilità della strumentazione e il suo funzionamento per tempi lunghi e in ambienti particolarmente difficili. Al momento della scelta della strumentazione da acquistare occorre sempre controllare bene la precisione e l’accuratezza dei diversi sensori, di fondamentale importanza è anche la calibrazione e la validazione dei dati perché in genere tutti i sensori sono soggetti a derive.

Vedremo come è possibile con metodologie molto semplici eseguire queste importanti operazioni. Verranno poi descritte le strumentazioni utilizzate per gli studi idrogeologici, in particolare le sonde multiparametriche di livello, temperatura e conducibilità elettrica delle acque. Si parlerà di stramazzi e altre metodologie per ricavare dai dati di livello la misura della portata. Si parlerà poi degli strumenti per la misura in continuo della velocità e della direzione dell’aria (acquisitori costosi e poco funzionali nelle grotte non turistiche) mentre vedremo, attraverso situazioni reali, come con l’ausilio di acquisitori automatici della temperatura si riescono a raccogliere interessanti informazioni relative alla circolazione dell’aria nelle diverse cavità presenti in una determinata area carsica.

---

Fabio Stoch

### **Habitat terrestri e acquatici: campionamenti e analisi biologiche**

Parole chiave: monitoraggio, mosaico ambientale, tassonomia, metabarcoding, DNA ambientale

Le grotte costituiscono la parte accessibile all'uomo di un complesso reticolo di piccoli spazi e microfessure che permeano le rocce in cui si sviluppano e che costituiscono l'habitat principale in cui vivono molti degli organismi sotterranei. Inoltre, questi habitat sfumano in quelli degli strati più superficiali dei massicci carbonatici (epicarso), nell'ambiente sotterraneo superficiale (MSS), nell'ambiente subsuperficiale dei suoli (ipotelminorreico), nell'ambiente interstiziale che troviamo sul fondo dei fiumi (iporreico) e nelle falde freatiche in terreni alluvionali. In questi ambienti le specie “cavernicole” possono trascorrere gran parte della loro esistenza. Inoltre, le specie di superficie, che penetrano nelle cavità sia attivamente che passivamente (veicolate dalle acque di percolazione o dagli inghiottitoi), è una componente ecologica di grande interesse, finora poco studiata. Questo mosaico di ecosistemi sotterranei dimostra come le grotte non vadano considerate, da un punto di vista ecologico e conservazionistico, come entità separate da altri habitat superficiali, subsuperficiali e profondi. Le difficoltà di accesso a questi habitat costituiscono il problema

principale per lo svolgimento delle attività di monitoraggio. Un ulteriore problema è costituito dall'ancora incompleta conoscenza della fauna ipogea, ricca di specie endemiche (ad areale ristretto), che varia in composizione nelle diverse unità biogeografiche in cui è suddiviso il territorio. Tali unità sono definite non solo dai fattori ambientali attualmente osservabili (geologia, idrogeologia e clima), ma anche dalle vicissitudini paleogeografiche che hanno concorso alla formazione della loro fauna sotterranea. Le tecniche tradizionali di monitoraggio in grado di affrontare la complessità di questi ecosistemi si avvalgono di metodi sia diretti (osservazioni e raccolte a vista) che indiretti (trappolaggi, filtrazione di acque di percolazione o sorgentizie, substrati artificiali). Le indicazioni operative sono state di recente riassunte in un manuale ISPRA rivolto al monitoraggio dell'habitat di interesse comunitario 8310 (ai sensi della Direttiva Habitat) utilizzando bioindicatori.

La recente introduzione di tecniche di monitoraggio basate sullo studio del DNA, sia dirette (metabarcoding) che indirette (DNA ambientale) apre nuove prospettive per un monitoraggio di nuova generazione ad ampia scala, anche se al momento i costi ancora elevati e soprattutto l'incompletezza delle liste tassonomiche di riferimento (con cui confrontare le sequenze di DNA ottenute) ne limitano di fatto la diffusione.

---

Roberto Cogoni

### **Tecniche di monitoraggio dei chiroterri, loro ciclo vitale complesso**

Parole chiave: monitoraggio, chiroterri, troglotipi, Direttiva Habitat 92/43/CEE

I chiroterri sono mammiferi di elevato interesse dal punto di vista sistematico, fisiologico ed ecologico. Numerose specie troglotipiche frequentano le grotte o altre cavità sotterranee quali miniere, gallerie artificiali e ipogei nelle diverse fasi del proprio ciclo vitale (riproduzione, svernamento/letargo, swarming, sosta diurna). Tutte le specie di chiroterri presenti in Italia sono di interesse conservazionistico in quanto elencate negli allegati II e IV della Direttiva Habitat 92/43/CEE. La Direttiva Habitat (92/43/CEE), attraverso il suo Regolamento attuativo, D.P.R. 357/1997, modificato e integrato dal D.P.R. 120/2003, dispone la realizzazione di attività di monitoraggio dello stato di conservazione degli habitat e delle specie animali di interesse comunitario elencate nei suoi allegati (II, IV e V), e presenti sul territorio nazionale (Art. 11), fra le quali vi sono tutti i chiroterri europei. I risultati derivanti dai monitoraggi potranno anche essere utilizzati per il Rapporto Nazionale, secondo quanto previsto dall'Art. 17 della stessa Direttiva (Report Art. 17).

Le Regioni e le Province autonome contribuiscono alla rendicontazione fornendo allo Stato rapporti annuali sullo stesso argomento (D.P.R. 357/1997 e s.m.i, Art. 13).

Il monitoraggio regionale dei chiroterri risulta indispensabile al fine di fornire dati aggiornati necessari per la redazione del prossimo Report ex Art. 17 (relativo al periodo 2019-2024). La Regione Autonoma della Sardegna nella stagione 2021-2022 ha portato avanti il monitoraggio dei chiroterri di gruppo I indicati nella proposta di Piano Nazionale di Monitoraggio per cui sono state selezionate 9 specie troglotipiche.

---

Rosangela Adesso

### **Batteri, Muffe, Lampenflora: campionamenti e analisi microbiologiche**

Parole chiave: geomicrobiologia, ecologia di grotta, biodeterioramento, conservazione

Le grotte sono generalmente ambienti caratterizzati da fattori abiotici proibitivi per lo sviluppo della vita (es. oligotrofia, oscurità totale, umidità elevate, ecc.). Nonostante ciò, ospitano interessanti nicchie ecologiche, dove organismi estremofili, tra cui batteri e funghi, altamente specializzati e perfettamente adattati a questo peculiare ecosistema, costituiscono la base della catena trofica ipogea, svolgendo un ruolo ecologico fondamentale negli importanti processi biogeochimici che caratterizzano gli ambienti sotterranei.

Essendo un sistema povero di nutrienti, strettamente dipendente dalla sostanza organica proveniente dall'esterno, alcuni dei batteri di grotta si sono metabolicamente adattati a un rigoroso stile di vita chemiolitoautotrofo, traendo energia ossidando composti inorganici abbondanti nelle rocce ospiti, nei sedimenti, nelle acque sotterranee e nell'atmosfera di grotta.

I funghi, tra cui le muffe, prendono parte invece agli importanti processi di decomposizione del detrito organico; in grotta, infatti, predominano in zone in cui si accumulano, ad esempio, rami e foglie che vengono

introdotti attraverso allagamenti o dall'impatto antropico diretto. La capacità dei funghi di decomporre queste fonti di carbonio favorisce la liberazione di un pool di nutrienti disponibili poi per tutto il biota ipogeo. Ma le grotte sono spesso soggette anche a adattamenti turistici che possono causare una compromissione irreversibile degli equilibri ecologici di questi sistemi. Tra le conseguenze più preoccupanti vi è lo sviluppo di comunità fotoautotrofe, dette "lampenflora", patine verdastre che ricoprono le superfici illuminate artificialmente. Esse sono responsabili del biodeterioramento superficiale dei substrati, nonché del notevole apporto organico "alieno" nell'ambiente oligotrofico delle grotte, compromettendone la conservazione. Le più moderne tecniche di biologia molecolare, che includono, ad esempio, metodi di sequenziamento del genoma di questi organismi, e la microscopia elettronica, rappresentano un valido approccio integrato utile all'identificazione degli stessi e alla comprensione dei processi di alterazione da loro messi in atto sui substrati litologici.

---

Valentina Balestra

### **Inquinamento da microplastiche in aree carsiche**

Parole chiave: microplastiche, inquinamento

Le microplastiche (MP) (plastica < 5mm) sono un problema globale, ampiamente riscontrato in ambienti marini e terrestri, contaminando anche aree remote, essendo estremamente volatili. Tuttavia, l'inquinamento da MP in ambiente sotterraneo, come grotte e falde acquifere carsiche, è ancora in gran parte sconosciuto. Le acque sotterranee nelle falde acquifere carsiche costituiscono circa il 25% delle fonti mondiali di acqua potabile (40% in Italia) e le grotte sono una delle più importanti e note peculiarità geologiche del mondo, siti fragili con un eccezionale valore scientifico, ricchi di fauna endemica, un patrimonio ambientale e culturale, nonché un'importante risorsa economica. Le MPs possono essere ingerite dagli animali ipogei e mettere in pericolo i fragili ecosistemi delle grotte, e possono danneggiare irreversibilmente gli speleotemi una volta depositate su di essi: possono danneggiarli direttamente, essendo incorporati nella crescita degli speleotemi, a volte anche colorandoli, o indirettamente, fornendo nutrienti per microrganismi che producono sostanze acide che possono sciogliere il calcare superficialmente. Inoltre, le MPs possono inquinare le falde acquifere che, essendo sistemi aperti, possono essere contaminate da inquinanti di superficie. È stata messa a punto una nuova tecnica di rilevamento, basata sull'ottimizzazione dei test di indagine utilizzati su diversi tipi di sedimenti e acque carsiche, che fornisce una valida tecnica analitica non invasiva per la preparazione e l'isolamento delle MPs dai sedimenti e dalle acque, fornendo informazioni utili per valutare i rischi ambientali posti dalle MPs nelle aree carsiche. Al momento:

- Sono stati analizzati i sedimenti di tre grotte turistiche (Toirano, Borgo Verezzi e Bossea), evidenziando la presenza di MPs e il danneggiamento di speleotemi e resti paleontologici.
- Sono stati analizzati campioni di acque superficiali e sotterranee del sistema carsico di Bossea (Piemonte), mostrando l'inquinamento da MP in tutte le acque esaminate, sottolineando l'importanza dell'intero monitoraggio dei sistemi carsici delle falde acquifere, anche sensibili alla contaminazione da inquinanti di superficie.
- Sono stati raccolti diversi campioni dal sistema di sorgenti e grotte del Carso (Friuli-Venezia Giulia) che sono in analisi per verificare l'inquinamento da MPs in diversi habitat in cui sono presenti specie particolarmente protette come il *Proteus anguinus*.
- Campioni di sedimenti in grotte mai esplorate sono stati raccolti nella zona di Teramo per verificare l'inquinamento da MPs anche in ambienti sotterranei non direttamente interessati dalla presenza umana.
- Campioni di sedimenti di sistemi dell'area carsica Herzegovina sono stati raccolti e verranno esaminati per verificare la presenza di MPs in questi ambienti sotterranei.

Bisogna considerare che le falde acquifere carsiche sono sistemi aperti, anche suscettibili di contaminazione da inquinanti di superficie, e quindi anche le aree superficiali dovrebbero essere monitorate. La conservazione delle aree carsiche dovrebbe diventare una priorità per la gestione delle risorse idriche.

---

Enrico Lunghi

### **Esempio di monitoraggio standardizzato per la fauna cavernicola**

Parole chiave: biospeleologia, probabilità di individuazione, protocollo standardizzato, conservazione della fauna

Il monitoraggio degli ambienti sotterranei ci permette di ottenere importanti informazioni sullo status dell'intero ecosistema, sulla composizione della sua biodiversità e sulle potenziali minacce che possono metterne a rischio la sopravvivenza. Con questo contributo presento una metodologia standardizzata per effettuare il monitoraggio di alcune specie terrestri di fauna sotterranea.

In particolar modo, questa tecnica di monitoraggio si propone come metodologia ottimale per il monitoraggio di molteplici specie di fauna sotterranea, ovvero vertebrati e invertebrati che possono essere osservati e riconosciuti senza l'utilizzo di trappole o di alcuna manipolazione. Di conseguenza, l'assenza di alcun impatto sulla fauna fa sì che questo metodo possa essere adottato per il monitoraggio di specie particolarmente protette.

Questo monitoraggio viene infatti proposto dalle linee guida prodotte dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare per il monitoraggio dei geotritoni, specie altamente protette da leggi nazionali e comunitarie. Il monitoraggio si basa sulla conduzione di osservazioni standardizzate ripetute effettuate all'interno di specifiche aree. L'osservatore, dopo aver scelto le sue specie target, identifica le aree da monitorare, di dimensioni comparabili, all'interno delle quali dedicherà un uguale sforzo di campionamento per cercare le specie d'interesse. Le specie verranno contate senza effettuare nessun tipo di manipolazione. I dati raccolti tramite questa tipologia di monitoraggio possono essere utilizzati per effettuare delle stime di popolazione, identificare la composizione delle comunità sotterranee e le potenziali relazioni tra le varie specie, valutare la presenza e l'abbondanza delle specie in relazione alle variabili ambientali, identificare i trend delle popolazioni e le potenziali minacce.

---

Bartolomeo Vigna

### **Monitoraggio atmosfera di grotta, da grotte di alta quota fino alle turistiche**

Parole chiave: monitoraggio temperature aria-roccia-acqua, velocità e direzione aria, CO<sub>2</sub>

In questa lezione verranno presentati una serie di casi-studio effettuati in cavità con differenti situazioni ambientali, dalle grotte con ghiacciai ipogei che stanno fondendo in tempi molto rapidi fino alle cavità turistiche dove spesso si confonde l'impatto legato allo sfruttamento turistico di una grotta con le variazioni naturali della temperatura o della concentrazione del CO<sub>2</sub>.

Si parlerà quindi di temperature dell'aria, della roccia e dell'acqua, vedremo come devono essere posizionati i sensori in cavità che presentano differenti circolazioni d'aria per ricavare utili informazioni relative al loro funzionamento nel tempo.

Affronteremo poi il tema relativo alle diverse strumentazioni da installare per il monitoraggio di una cavità partendo dalle apparecchiature da ubicare in superficie (temperatura aria, pressione atmosferica, velocità e direzione aria, pluviografi) fino alle strumentazioni da alloggiare in grotta nelle diverse parti e in profondità (temperature aria, acqua, roccia, pressione atmosferica, velocità e direzione aria, CO<sub>2</sub>).

---

Francesco Murgia

### **Vulnerabilità delle risorse idropotabili carsiche**

#### **Il caso delle sorgenti di Su Gologone (Sardegna Centro-Orientale)**

Parole chiave: acquifero carsico, esplorazione speleologica, sensori multiparametrici, idrodinamica sotterranea, carso saturo

Nell'esposizione saranno illustrate alcune analisi idrogeologiche elaborate utilizzando i dati di un monitoraggio svolto negli anni 2013 e 2014 nell'acquifero carsico che alimenta le sorgenti di Su Gologone e finalizzato alla valutazione generale dell'evoluzione dei livelli idrici nel cuore del Supramonte, una estesa placca di calcari mesozoici che si estende per oltre 160 Km<sup>2</sup> nella Sardegna centro-orientale.

In questo approfondimento le variazioni di livello analizzate, che si riferiscono alla piezometria nell'acquifero carsico del Supramonte alle quote prossime al carso saturo, hanno consentito di acquisire nuove conoscenze

sulla geometria delle condotte idriche deputate al drenaggio dell'acquifero verso le sorgenti. Più in particolare, le analisi riportate in questo studio consentono di identificare le sorgenti carsiche di Su Gologone come un geosito molto vulnerabile sotto il profilo ambientale: i ricorrenti fenomeni di intorbidamento, infatti, indicano la presenza di un sistema di drenaggio caratterizzato da equilibri naturali delicati e intrinsecamente instabili. Considerando soprattutto le modalità con le quali si manifestano questi episodi di prolungata torbidità nelle acque in sorgente è possibile supporre che tali equilibri risiedano nel contesto che comprende i dreni che regolano i deflussi in prossimità delle sorgenti e i riempimenti che occupano, almeno parzialmente, le stesse condotte carsiche. Ciò comporta che qualsiasi intervento antropico sull'area delle sorgenti debba tenere conto della delicatezza di tali equilibri e degli effetti che potrebbero indursi sul regime idrico naturale dall'acquifero carsico. La necessità che questi equilibri non siano artificiosamente alterati risulta ancora più stringente considerando che le sorgenti, attualmente, sono la fonte di un approvvigionamento idrico giornaliero di grande qualità per una popolazione che, in taluni periodi dell'anno, supera le 10.000 persone. Gli approfondimenti sulla vulnerabilità degli acquiferi carsici risultano ancor più auspicabili se si considera l'efficacia che questi dimostrano di avere, in generale, in relazione alla loro facilità di ricarica e in funzione dei cambiamenti climatici in atto. E in tal senso assumono ancor più importanza le valutazioni su tali risorse idriche condotte nell'area mediterranea, già oltre venti anni fa, dall'Unesco e dalla Fao, nelle quali si era prevista una rapida crescita dell'utilizzo delle riserve carsiche rispetto a quelle superficiali, utilizzo che non può prescindere da una conoscenza quanto più approfondita delle dinamiche che regolano immagazzinamenti e deflussi idrici.

---

Bartolomeo Vigna

### **Monitoraggio delle risorse idropotabili carsiche (Borello, Alpi Liguri)**

Parole chiave: aree di salvaguardia sorgenti, traccianti artificiali, monitoraggio portate sorgive

In questa presentazione verranno illustrati gli studi effettuati per il dimensionamento delle aree di salvaguardia di una importante sorgente carsica captata a uso idropotabile.

L'individuazione di tali aree è legata alla vulnerabilità dell'acquifero che viene valutata attraverso il tempo di dimezzamento della portata massima annuale. Tale metodologia, che viene utilizzata in molte regioni italiane, si basa sui dati di monitoraggio della portata sorgiva.

Altrettanto importante è l'individuazione dell'area di alimentazione della emergenza definita dalla situazione idrogeologica locale e verificata attraverso i test con traccianti artificiali.

Come è ben noto a tutti nelle aree carsiche in genere non è presente una circolazione di acque superficiali mentre solo gli speleologi possono raggiungere in profondità flussi idrici significativi che permettono la realizzazione di tali test. In questo caso-studio viene illustrata la ricerca effettuata in un sistema carsico dove grazie alle esplorazioni effettuate in diverse cavità presenti nell'area è stato possibile effettuare numerose colorazioni che hanno permesso di individuare con notevole precisione l'area di alimentazione di questo sistema e attraverso la curva di restituzione dei traccianti (ricostruita grazie agli acquisitori automatici) caratterizzare il funzionamento dell'acquifero in esame. Anche i dati di portata, temperatura e conducibilità elettrica delle acque, monitorati per diversi anni, hanno fornito informazioni molto utili per valutare la vulnerabilità dell'acquifero. Grazie alla collaborazione tra gli speleologi e i gestori dell'acquedotto è stato possibile acquisire utili informazioni sul funzionamento di questo importante sistema carsico.

---

Mauro Chiesi

### **Bue Marino, Studio Incidenza Ambientale Ramo Nord**

Parole chiave: monitoraggio ambientale in grotte naturali, sostenibilità, turismo sotterraneo

Il monitoraggio del Ramo Nord del Bue Marino, effettuato per lo Studio di Incidenza Ambientale commissionato dall'Amministrazione Comunale di Dorgali (NU), ha individuato un'elevata variabilità degli indicatori fisici di base: vaste caverne aperte collegate da gallerie, caratterizzate da elevata energia di base. La porzione compresa tra il Lago Abissale e il termine del ramo visitabile (Torta Nuziale) seppure abbia mostrato caratteristiche di "grotta a bassa energia", grazie alla diretta connessione con masse d'aria e acqua

a differente T e RH% risente di persistenti correnti convettive in grado di “lavare” le alterazioni di T, RH% e CO<sub>2</sub> indotte dalla presenza di gruppi di visitatori. I valori di incremento registrati nel corso dei due impact test eseguiti nel periodo di massima concentrazione di CO<sub>2</sub> di origine naturale conseguenti alle piogge significative, si sono sempre mantenuti entro soglie di concentrazione non rilevanti per la salute umana. L’innalzamento comunque contenuto dei valori di origine antropica rilevati è riassorbito dal sistema grotta in tempi assai rapidi. Dai dati sin qui emersi risulta quindi improbabile il verificarsi di un effetto significativo di accumulo nel tempo nel caso di una frequentazione da parte di più gruppi nella stessa giornata di visite. Sotto il profilo degli habitat indagati, il sistema si auto-conserva stante l’ampia estensione delle parti inaccessibili della cavità; il tracciato turistico è ben limitato rispetto al mosaico complessivo di habitat e attraversa tratti faunisticamente assai poco rilevanti con elevato dinamismo ecologico (influsso delle maree per la parte acquatica) o povertà dovuta alla scarsità di acqua di stillicidio e dunque di pabulum alimentare. Inoltre, il monitoraggio ha consentito di stabilire che la grotta non si presenta idonea per la presenza di anfibi, con particolare riferimento ai geotritoni, e la presenza di chiroterteri è risultata assai limitata e marginale, riferita a una sola specie (*Miniopterus schreibersii*) che frequenta la grotta in numero ridotto di esemplari esclusivamente in autunno/inverno.

Se verranno adottate le misure di mitigazione suggerite dall’interpretazione dei dati raccolti, si potrà quindi prevedere che l’esecuzione dei lavori di messa in sicurezza per il riutilizzo a fini turistici del tratto in esame avrà un impatto trascurabile, sia sotto il profilo degli impatti umani sul clima di grotta, sia sugli habitat naturali, non compromettendo lo stato di conservazione delle popolazioni animali presenti.

---

Lorenzo Marini, Louis Torelli

### **TracerKanin Project**

Parole chiave: idrogeologia carsica, test di tracciamento, organizzazione

Il TRACERKANIN Project è un multi-tracer test pianificato per ottenere maggiori informazioni sull’idrogeologia del massiccio del Monte Canin/Kanin attraverso un programma a medio-lungo termine. È stato realizzato da una partnership internazionale tra Italia e Slovenia formata da: Centro ricerche carsiche “C. Seppenhofer”, Gorizia, Italia; Commissione Grotte “E. Boegan”, SAG-CAI, Trieste, Italia; DZRJL Ljubljana Cave Exploration Society, Ljubljana, Slovenia; Karst Research Institute, Research Centre of Slovenian Academy of Sciences and Arts, Postojna, Slovenia; Società Adriatica di Speleologia, Trieste, Italia. Coordinatore: Laboratorio speleologico e di tecniche fluorimetriche, Farra d’Isonzo (GO), Italia. Il TRACERKANIN Project è sorto in ambito speleologico, dove è stato pianificato, avviato, ed è attualmente nella fase di esecuzione ed elaborazione dati già acquisiti. Esso è stato completamente autofinanziato dai partners, mettendo a disposizione risorse umane, strumentali e economiche onde coprire le necessità e i costi che un progetto di ricerca internazionale del genere comporta.

Attualmente, si è sviluppato in due fasi; Il presente contributo porta l’esempio della sola Fase 1, di campagna, iniziata in maggio 2021 e conclusa il 17 ottobre 2021. Sono stati attrezzati 22 punti di controllo e monitoraggio tra Italia e Slovenia (prelievi acque, fluocaptori, sonde fluorimetriche, sonde multiparametriche). Obiettivo: ottenere sui campioni misure quantitative e semi-quantitative, con un corredo di dati fisico-chimici (pluviometria, portate alle sorgenti, misure di altezza idrometrica, temperatura, conducibilità elettrica, torbidità), idonei a sviluppare uno studio approfondito, tentare inoltre un bilancio quantitativo del test.

Le iniezioni dei tre traccianti, uranina, solforodamina B e Tinopal CBS-X, sono state effettuate in contemporanea il 4 settembre 2021, rispettivamente a circa –800 metri nel Grande Meandro dell’Abisso Gortani, nell’Inghiottitoio della Terra Rossa subito sotto l’imbocco, a circa –90 m nell’Abisso Picciola. Tutti tre i traccianti sono stati recuperati in diversi output, nell’ambito della zona nord-occidentale e occidentale del massiccio, tra la Val Raccolana e la Val Resia. Sono state ottenute curve di uscita sia in regime non influenzato (da piogge) e successivamente influenzato per l’uranina e per il Tinopal SBS-X, mentre per la solforodamina B si sono ottenute curve di uscita solo in regime influenzato. Il test dimostra, sulla base dei rapporti tra dati fluorimetrici, pluviometrici, fisico-chimici, di altezza idrometrica, temperatura, conducibilità elettrica, portata alle sorgenti, un reservoir dinamico fortemente condizionato dagli eventi infiltrativi e probabilmente molto più interconnesso, durante le piene, di quanto si possa supporre.

# Relatori

## Paolo Forti

Istituto Italiano di Speleologia, paolo.forti@unibo.it

## José Maria Calaforra

Catedrático de Geodinámica Externa - Universidad de Almería  
Director del Grupo de Investigación Recursos Hídricos y Geología Ambiental, jcalafor@ual.es

## Giuseppe Adriano Moro

Biologo - specialista in monitoraggio e gestione ambienti acquatici, Circolo Speleologico Idrologico Friulano, Società Speleologica Italiana, mayo@bepoglace.eu

## Fabio Stoch

Società Speleologica Italiana e Università libera di Bruxelles (ULB), fabio.stoch@ulb.be

## Francesco Murgia

Geologo – Società Speleologica Italiana, francesco.murgia@socissi.it

## Andrea Columbu

Dipartimento Scienze della Terra - Università di Pisa, andrea.columbu@unipi.it

## Bartolomeo Vigna

Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture del Politecnico di Torino  
Responsabile del Laboratorio di Idrogeologia carsica e del Centro di meteorologia ipogea della Grotta di Bossea (CN)  
bartolomeo.vigna@formerfaculty.polito.it

## Maurizio Miragoli

Federazione Speleologica Lombarda, federspeleolombarda@gmail.com, m.miragoli@wings4world.com

## Massimo Pozzo

Underland, underlandweb@gmail.com, maximopozzo@gmail.com

## Vincenza Franchini

Gruppo Grotte Brescia, ggb@ggb.it, vikkybs@virgilio.it

## Roberto Cogoni

Società Speleologica Italiana, Unione Speleologica Cagliariitana, roberto.cogoni@tin.it

## Rosangela Adesso

Dipartimento Chimica e Biologia "A. Zambelli", Università degli Studi di Salerno, Fondazione MIIdA Musei Integrati dell'Ambiente, addros04@gmail.com

## Valentina Balestra

Department of Environment, Land and Infrastructure Engineering, Politecnico di Torino, valentina.balestra@polito.it  
Biologia Sotterranea Piemonte – Gruppo di Ricerca. biologia.sotterranea@libero.it valentina.balestra@hotmail.com  
S.O. Bossea C.A.I., Laboratorio Carsologico Sotterraneo della Grotta di Bossea

## Enrico Lunghi

Dipartimento di Medicina clinica, sanità pubblica, scienze della vita e dell'ambiente, Università degli studi de L'Aquila, Unione Speleologica Calenzano, enrico.arti@gmail.com

## Mauro Chiesi

Libero Professionista, Società Speleologica Italiana, maurochiesi3@gmail.com

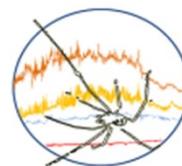
## Lorenzo Marini, Louis Torelli

Laboratorio speleologico e di tecniche fluorimetriche, Farra d'Isonzo (GO), Commissione Grotte "E. Boegan", SAG-CAI Trieste  
louistorelli58@gmail.com



## Seminario nazionale monitoraggi ambientali in grotte naturali

Cala Gonone - Dorgali (NU)  
29 ottobre - 1 novembre 2022



### Patrocini



MINISTERO DELLA  
TRANSIZIONE ECOLOGICA



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Provincia di Nuoro



Comune di Dorgali



TEPILORA  
PARCO NATURALE REGIONALE  
POSADA TORPE LODE BITTI [www.parcotepilora.it](http://www.parcotepilora.it)



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEI GEOLOGI



Ordine  
Nazionale  
Biologi



Union  
Internationale  
de Spéléologie  
[www.uis-speleo.org](http://www.uis-speleo.org)



### Contributi



1953



### Collaborazioni



Croce Azzurra  
Cala Gonone