



# Grotta della Rondinella a Polignano a Mare: un progetto di ricerca della Federazione Speleologica Pugliese

MARIO PARISE<sup>1,2</sup>, PIERPAOLO DE PASQUALE<sup>2</sup>,  
VINCENZO MARTIMUCCI<sup>2</sup>, VITO MEULI<sup>2</sup>, NUNZIA  
PENTIMONE<sup>2,3</sup>, PIETRO PEPE<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> CNR, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, Bari

<sup>2</sup> Federazione Speleologica Pugliese

<sup>3</sup> Apogeo, Altamura

## Abstract

Rondinella Cave (PU 71 in the Cadastre of Caves of Apulia region, managed by the Apulian Speleological Federation) is one of the most well known coastal karst caves at Polignano a Mare, along the Adriatic coast in the Bari province. The cave has a double entrance: a wide access allows to enter by the sea, leading to a nice pebble shore, whilst inland a collapse sinkhole represents the main access, produced by fall of the rock diaphragm above the cave. Even though the cave is in a coastal sector heavily frequented by tourists, it was never adequately safeguarded, and, as many other coastal caves in the area, commonly experiences negative effects due to anthropogenic disturbance.

Thanks to private funds, a research project was recently started by the Apulian Speleological Federation: it included, but was not limited to, the cave survey with modern speleological techniques; geological, structural and geomorphological analyses; petrographic and mineralogical researches; geophysical surveys addressed to identification of likely further cavities in the areas surrounding the cave. In addition, a micro-climatic monitoring system has been established, and the colony of bats hosted in the cave has been monitored and studied. The amount of data so collected represent without any doubt one of the widest database nowadays available about a karst cave in Apulia.

## Keywords

Coastal Karst, Monitoring, Bats, Geophysics

## Riassunto

Grotta della Rondinella (PU 71) è una tra le cavità più note e suggestive della fascia costiera di Polignano a Mare, in provincia di Bari. Essa presenta un doppio ingresso: da terra, attraverso uno sprofondamento (sinkhole) e da mare con un ampio portale che conduce a una bella spiaggia in ciottoli. Sebbene inserita in un contesto certamente ad alta vocazione turistica, la cavità, al pari delle molte altre distribuite lungo la costa, non è mai stata adeguatamente tutelata, per cui è di frequente oggetto di degrado, specialmente durante la affollata stagione estiva. Grazie ad un finanziamento privato, è stato avviato un progetto di ricerca multi-disciplinare della Federazione Speleologica Pugliese, comprendente un nuovo rilievo della cavità, indagini a carattere geologico-strutturale e di geomorfologia ipogea, analisi petrografiche e mineralogiche, indagini geofisiche indirizzate alla verifica di eventuali prosecuzioni degli ambienti ipogei. Inoltre, è stato messo in opera il monitoraggio micro-climatico della cavità, e sono stati condotti studi di carattere biospeleologico, con particolare riguardo ai chiroteri, presenti con una piccola colonia nella grotta. L'insieme dei dati così raccolti costituisce indubbiamente un'importante banca dati su un singolo ambiente ipogeo, raramente disponibile in Puglia.

## Parole Chiave

Carsismo costiero, monitoraggio, chiroteri, geofisica

## Introduzione

Il territorio di Polignano a Mare, sulla costa adriatica a sud di Bari, è senza dubbio uno dei settori di maggiore interesse per il carsismo costiero in Puglia. Oltre 70 cavità, la maggior parte delle quali ubicate lungo la costa, costituiscono il patrimonio carsico di quest'area, che è stata oggetto già in passato di specifici studi, volti ad evidenziare le bellezze naturalistiche e le peculiarità speleologiche del territorio di Polignano a Mare (Favale, 1994). Grotta della Rondinella (PU 71 al Catasto Regionale delle Grotte) è una delle grotte più note. Sita poco a nord dell'abitato di Polignano a Mare, essa risulta di facile accessibilità per la presenza di due accessi, uno da terra, corrispondente a una dolina di collasso (Fig. 1a e 1b) e l'altro da mare. Quest'ultimo conduce ad una suggestiva

spiaggia in ciottoli (Fig. 2), richiamo estivo per i bagnanti. Alla bellezza dei luoghi si accompagnano le motivazioni scientifiche, dato che la cavità presenta numerosi spunti di interesse in tal senso.

A seguito di un finanziamento privato, finalizzato all'approfondimento dei caratteri della cavità, e all'eventuale pianificazione di attività di fruizione della stessa, la Federazione Speleologica Pugliese (FSP) ha avviato un programma di ricerca, tuttora in corso, i cui principali risultati sinora raggiunti sono riassunti nella presente nota.

## Cenni su studi precedenti

Nel territorio delle Murge di sud-est, pur caratterizzato da importanti manifestazioni del carsismo epigeo ed ipogeo



**Fig. 1a** Sinkhole di accesso alla Grotta della Rondinella

*Fig. 1a Access to Rondinella Cave, through the collapse sinkhole*



**Fig. 1b** Zona di ingresso della grotta, da terra. Tra i depositi di crollo del sinkhole si nota la luce proveniente da due passaggi

*Fig. 1b Moving around the deposits of the collapse sinkhole. Light from two passages along the blocks is visible*

(Parise, 2007, 2011), la fascia litoranea di Polignano a Mare costituisce certamente la zona di maggiore interesse per quanto riguarda il carsismo costiero (Forti, 1991, 1992), oltre che per aspetti di idrogeologia carsica (Grassi, 1973; Zezza, 1974; Sauro, 1994). Lo sviluppo delle numerose cavità che sono distribuite lungo la fascia costiera di Polignano è in gran parte imputabile all'azione esercitata dal moto ondoso sulla falesia calcarea, tanto che la maggior parte delle grotte presenta classiche morfologie da erosione marina, e di frequente un allargamento degli spazi ipogei conseguente a fenomeni di crollo della volta. I risultanti depositi solo localmente sono ancora osservabili, essendo in genere stati demoliti ed asportati dall'azione delle onde e delle correnti marine, su un litorale, quale quello polignanese, notevolmente esposto a mareggiate.

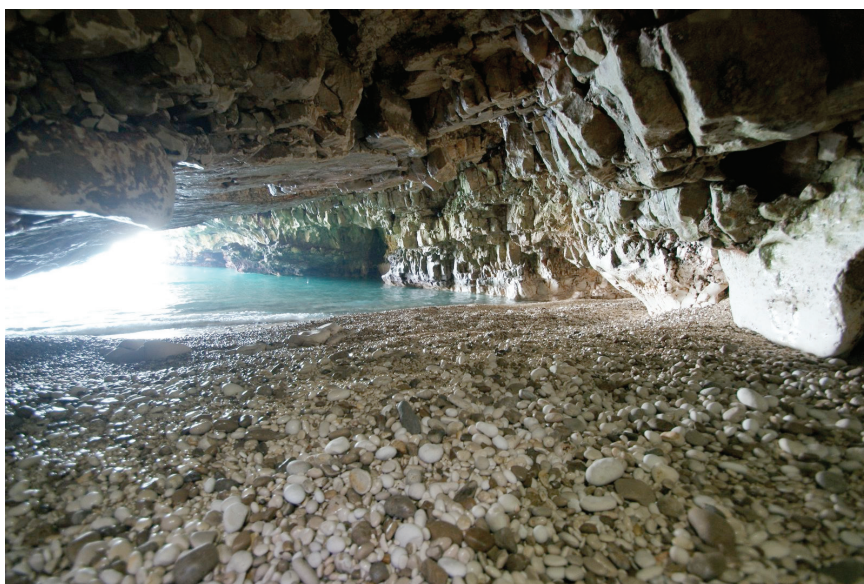
Grotta della Rondinella deriva la sua denominazione da una leggenda polignanese che narrava di una rondine che aveva il nido in uno dei tanti anfratti della cavità, sino al verificarsi di una violenta mareggiata che ne provocò la distruzione, portando in mare l'animale e i suoi piccoli. Udire, nel corso delle burrasche che interessano questo tratto di mare, lo squittio della rondine porterebbe sventura, secondo la leggenda, alla comunità marinara del luogo (Favale, 1994).

Citata sin dai primi studi che hanno riguardato il carsismo del territorio di Polignano (Colamonico, 1919), e poi più in dettaglio nel lavoro di Orofino (1967), la cavità diviene quindi oggetto dei lavori dello studioso polacco Jan Rudnicki, che pubblica alcuni articoli essenzialmente dedicati alla genesi dei depositi di breccia ampiamente visibili nella



**Fig. 2 Spiaggia interna della Grotta della Rondinella**

*Fig. 2 Rondinella Cave: view of the pebble beach within the cave*



**Fig. 3 Breccie calcaree nei pressi di Grotta Chiar di Luna, poco a N di Grotta della Rondinella**

*Fig. 3 Calcareous breccias near Chiar di Luna Cave, some tens of meters N of Rondinella Cave*

grotta e in esterno (Rudnicki, 1990, 2003). Infine, dopo approfondimenti di carattere mineralogico, che portarono alla identificazione di una nuova varietà della francoanellite (Balenzano et al., 1976, 1979), un idrofosfato acido di potassio e alluminio, Grotta della Rondinella non viene più presa in esame da studi carsico-speleologici, sino all'avvio del progetto di cui in questa sede si presentano i primi risultati.

## Geologia

Grotta della Rondinella è la cavità carsica di maggiori dimensioni tra quelle dislocate nel settore costiero a nord di Polignano a Mare. Essa è ubicata in un settore caratterizzato da falesia rocciosa la cui altezza è in genere inferiore

ai 10 m, con assetto complessivamente sub-orizzontale del substrato carbonatico Cretaceo. La superficie sovrastante la falesia costiera attuale rappresenta una delle varie forme relitte, di presumibile età tardo Pleistocenica, interpretabile come antico terrazzo marino, e il cui limite superiore appare oggi costituito da piccole scarpate molto discontinue, corrispondenti a antiche paleofalesie (Sauro, 1994).

In tale fascia costiera i depositi calcarenitici del Plio-Pleistocene si rinvencono con continuità solo fino all'altezza di Baia S. Caterina e della grotta Chiar di Luna (PU 825). In corrispondenza di quest'ultima, ben si nota il passaggio tra i depositi calcarenitici e i calcari Cretacei, marcato da breccia calcareo-dolomitica a spigoli vivi e matrice in terra rossa (Fig. 3). Le calcareniti sono state interessate da attività estrattiva (l'area tra S. Vito e la baia



**Fig. 4** Antica cava in calcarenite sul litorale a N di Polignano a Mare

*Fig. 4 Old calcarenite quarry along the coastline N of Polignano a Mare*



**Fig. 5** Ingresso da mare di Grotta della Rondinella

*Fig. 5 Entrance from the sea of Rondinella Cave*

del porticciolo di S. Caterina è indicata sulla tavoletta IGM con il toponimo di “Tufare”), che avveniva almeno in parte anche lungo la falesia, come ancora visibile in più punti (Fig. 4). Presumibilmente, l’attività antropica è una delle concause che, con il ruolo innescante esercitato dal moto ondoso, determina i periodici crolli che interessano il litorale polignanese, al pari di quello poco più a sud, verso Monopoli (Pieri, 1991; Maracchione et al., 2001; Andriani & Walsh, 2007).

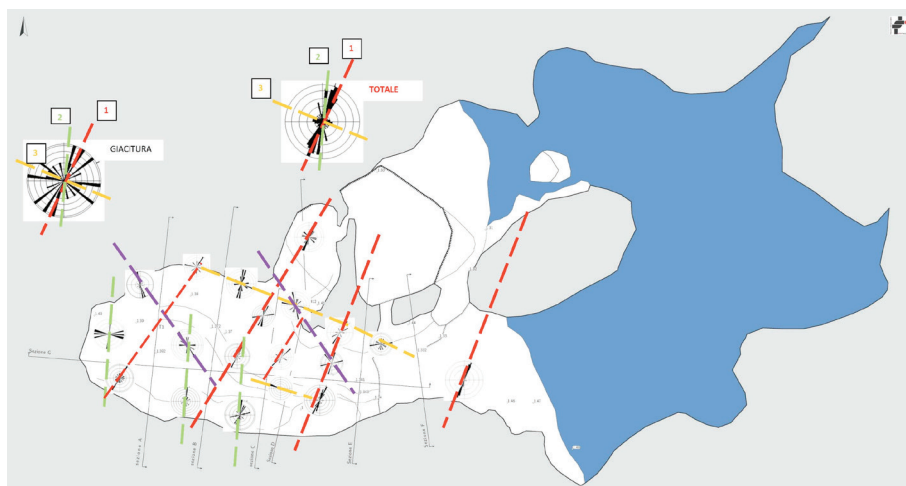


Il calcare Cretaceo, di colore bianco o avana, è stratificato in livelli compresi tra i 10 ed i 70-80 cm. La giacitura non è costante ma presenta una serie di variazioni, spesso con flessure ed aumenti di inclinazione nei pressi della falesia. La giacitura complessiva è comunque verso i quadranti settentrionali ed orientali.

In particolare, nei pressi di Grotta della Rondinella le giaciture sono fortemente condizionate dalla flessura connessa alla dolina di collasso: in corrispondenza di questa,

**Fig. 6** Distacchi nella falesia rocciosa a N di Polignano a Mare, controllati da fratture di rilascio tensionale parallele alla costa

**Fig. 6** Falls of the rock cliff N of Polignano a Mare, controlled by release tension cracks parallel to the coastline



**Fig. 7** Pianta di Grotta della Rondinella (rilievo del 2010) e rilievo geologico-strutturale all’interno. I diversi colori indicano i principali sistemi di discontinuità

**Fig. 7** Plan map of Rondinella Cave (2010 survey) and structural-geological survey. Different colours mark the systems of discontinuities identified

infatti, si determina un piccolo assetto a piega sinclinale, particolarmente ben evidente nell'accesso da mare alla cavità (Fig. 5). Di conseguenza, l'andamento locale delle giaciture risulta fortemente variabile, mentre allontanandosi dalla dolina si ritorna ad un assetto con immersione media verso ENE.

Strutturalmente, il complessivo assetto geologico del substrato Cretaceo mostra una fratturazione prevalente all'incirca perpendicolare rispetto alla falesia costiera. Lungo tale direzione si è spesso impostata l'azione di dissoluzione ad opera delle acque freatiche, che ha determinato la formazione di grotte più estese, le cui morfologie carsiche soltanto in pochi casi (tra questi, Grotta della Rondinella) si sono conservate.

In aggiunta ai principali sistemi di discontinuità strutturale dell'ammasso roccioso carbonatico, vi è poi la presenza di ulteriori elementi di debolezza strutturale, corrispondenti a fratture di rilascio tensionale, con andamento grossomodo parallelo alla costa. Localmente, tali fratture divengono di primaria importanza nella definizione dell'attuale morfologia costiera (Fig. 6).

La breccia a elementi calcarei e in matrice di terra rossa cementata è ben visibile in corrispondenza della dolina da collasso corrispondente all'accesso via terra alla cavità; brecce si rinvennero inoltre in più punti della grotta, all'interno di tasche di erosione dislocate a varie altezze lungo la volta dei vari ambienti. Questi depositi furono interpretati da Rudnicki (1990) come legati a fasi paleo-carsiche iniziate dopo l'emersione post-Cretacea, con successivo riempimento a seguito delle vicissitudini geologiche e delle oscillazioni del livello del mare che hanno interessato questa zona. La copertura ad opera dei depositi Plio-Pleistocenici ha infine completato la storia del sito, con ripresa delle fasi di attività idrica sotterranea a seguito dell'ultima emersione.

Il rilievo della cavità (Fig. 7) evidenzia uno sviluppo prevalente degli ambienti attualmente percorribili in direzione E-W. Accedendo alla grotta dal sinkhole, il passaggio in direzione NW porta subito, muovendosi su blocchi di crollo, al mare. Da questo lato della cavità, in corrispondenza della parete N, i rilievi speleo subacquei hanno individuato una galleria interstrato (sinora non segnalata), a controllo tettonico lungo una frattura N-S. La galleria si sviluppa per circa 10 m, dapprima con altezza maggiore della larghezza (2,5 x 1,5 m), e quindi abbassandosi a poco più di 1 m, per circa 5-6 m di larghezza.

Aggirando invece i depositi di crollo connessi al sinkhole, si arriva a un bivio che verso SE conduce alla spiaggia interna. Procedendo in direzione W, una volta superato un gradino di circa 1,5 m, si accede alla caverna principale. Questa, di altezza compresa tra 2 e 4 m, ha il pavimento concrezionato per ampi settori, e mostra ai margini stretti passaggi che conducono al livello inferiore, sito circa 3 m più in basso.

Le evidenze morfologiche ipogee principali all'interno della grotta sono costituite da strati rocciosi, nell'ambito della successione calcarea mesozoica, ad elevata carsificazione, con sviluppo di canali freatici multipli, e dalle brecce di dissoluzione descritte da Rudnicki (1990). Queste ultime, che tipicamente hanno origine in ambiente carsico di tipo idrotermale, sono invece a Rondinella derivanti dall'azione delle acque meteoriche, probabilmente combinata ad antichi fenomeni di collasso che hanno determinato la formazione dello sprofondamento corrispondente all'accesso via terra della grotta (Forti, 1994). L'esistenza di un paleo-sistema carsico, e di una evoluzione multi-fase della Grotta della Rondinella, è anche comprovata dalla presenza di almeno due livelli nella parte terrestre della cavità: quello più profondo è attualmente esplorabile solo ai margini degli ambienti ipogei, seguendo le zone tra le



**Fig. 8** Margine settentrionale della caverna principale: si noti la differenza di profondità tra il perimetro (speleologo in piedi) e il livello più profondo (si intravede la luce del casco dello speleologo sulla destra)

**Fig. 8** Northern margin of the main cavern: note the depth difference between the pavement (where the caver is standing) and the deeper level (from where the second caver, to the right, is coming out)

pareti in posto e i depositi crollati e concrezionati che costituiscono il pavimento della cavità (Figg. 7 e 8).

È stato eseguito un rilievo geologico – strutturale all'interno di Grotta della Rondinella, al fine di evidenziare eventuali controlli dei sistemi di discontinuità nello sviluppo degli ambienti ipogei. L'analisi statistica dei dati rilevati, e la relativa rappresentazione grafica su diagrammi a rosetta, ha evidenziato l'esistenza di 4 sistemi di discontinuità, i principali dei quali sono orientati NNE-SSW e N-S (Fig. 7). Sistemi subordinati sono ad andamento NW-SE e WNW-ESE. Appare evidente dai dati geologico – strutturali che la grotta è in gran parte sviluppata seguendo superfici interstrato, ma allo stesso tempo con controllo condizionato dalle discontinuità tettoniche. L'andamento della giacitura risulta estremamente variabile anche all'interno della grotta, riflettendo l'assetto esterno derivante dalla flessura connessa al sinkhole da collasso.

## Chiroterri

Le informazioni relative alla presenza, distribuzione ed ecologia dei chiroterri dell'Italia meridionale risultano alquanto scarse e frammentarie; sono spesso datate e riferibili a brevi ricerche compiute in modo discontinuo, senza insistere su specifiche aree geografiche. Per quanto riguarda la Puglia, le specie di chiroterri presenti in regione sono circa 20; gran parte di esse sono distribuite nell'area garganica, caratterizzata da una buona disponibilità di ambienti vitali per i pipistrelli cavernicoli e fitofili, i quali necessitano di estese aree trofiche con boschi vetusti e zone umide.

L'altopiano murgiano rappresenta un'altra area d'interesse per la chiroterrofauna ed in particolare per le specie troglifile, poiché caratterizzata dalla presenza di numerose grotte e quindi da una buona disponibilità di rifugi.

Le zone costiere sono utilizzate probabilmente dai chiroterri durante gli spostamenti migratori primaverili e autunnali, specie se caratterizzate dalla presenza di falesie e numerose cavità, che fungono da potenziali rifugi.

Il monitoraggio dei chiroterri nella Grotta della Rondinella è stato effettuato da febbraio a settembre 2010, mediante due campionamenti per ogni stagione e con la finalità di rilevare le specie presenti, i relativi livelli di abbondanza e l'utilizzo del rifugio nei diversi periodi dell'anno, in modo da poter pianificare una corretta gestione del sito.

Nelle aree adiacenti la cavità e all'emergenza serale dal rifugio sono stati effettuati rilievi ultrasonori nelle stagioni primaverili ed estive, mediante l'utilizzo di un bat detector Pettersson D 240x, con modalità di funzionamento a espansione temporale (10 x), e campionamento alla frequenza di 307 kHz. I singoli campioni sono stati registrati con registratore digitale professionale Edirol R-09 (frequenza di campionamento a 44,1 kHz e risoluzione a 16 Bit). L'analisi spettrale è stata realizzata con il software BatSound, versione 3.3 (Pettersson elektronik AB, Uppsala, Sweden), utilizzando una frequenza di campionamento di 44,1 kHz e risoluzione a 16 Bit e una FFT (Fast Fourier Transform) con finestra di Hamming di dimensioni pari a 512 punti/campione. L'identificazione dei segnali è stata condotta applicando criteri quantitativi proposti per l'Italia da Russo & Jones (2002).

La cattura temporanea rappresenta il metodo di censimento della chiroterrofauna più efficace, perché con-



**Fig. 9** Identificazione e misura degli esemplari di chiroterri analizzati

**Fig. 9** Identification and measures of the bats

sente di osservare in modo diretto i caratteri morfologici discriminanti per il riconoscimento delle diverse specie, misurandone i parametri diagnostici. Questa metodologia è importante per lo studio di specie che emettono segnali di eco-localizzazione deboli (*Rhinolophus* spp., *Plecotus* spp.) o specie che producono segnali molto simili e difficili da identificare al detector (Genere *Myotis*). La cattura rappresenta una metodologia invasiva provocando stress negli animali e soprattutto nei chiroterteri, che sono particolarmente sensibili a qualsiasi agente esterno, per cui tali operazioni sono state minimizzate (Fig. 9). L'identificazione degli esemplari catturati mediante un retino telescopico e all'interno del rifugio si è svolta utilizzando le chiavi analitiche di Schober & Grimmberger (1997) e di Dietz & von Helversen (2004).

Le specie rilevate in attività di foraggiamento nelle aree limitrofe alla cavità sono *Pipistrellus kuhlii*, *Hypsugo savii* e *Tadarida teniotis*. L'unica specie in attività di roosting nel sito è *Miniopterus schreibersii*.

Il Miniottero è una specie subcosmopolita, distribuita dall'Europa meridionale fino a Giappone, Africa mediterranea e sub-Sahariana, Madagascar e isole Comore, Nuova Guinea e Australia. In Italia è segnalata in gran parte delle regioni, ad esclusione di Lombardia, Valle d'Aosta, Trentino Alto Adige e Liguria. Per quanto riguarda gli aspetti ecologici, essa è segnalata fino a circa 1.050 m di altitudine in Italia, frequenta varie tipologie ambientali rappresentate da formazioni forestali, ambienti fluviali e di tipo steppico. La riproduzione e l'ibernazione avvengono prevalentemente in cavità ipogee di origine naturale o artificiale.

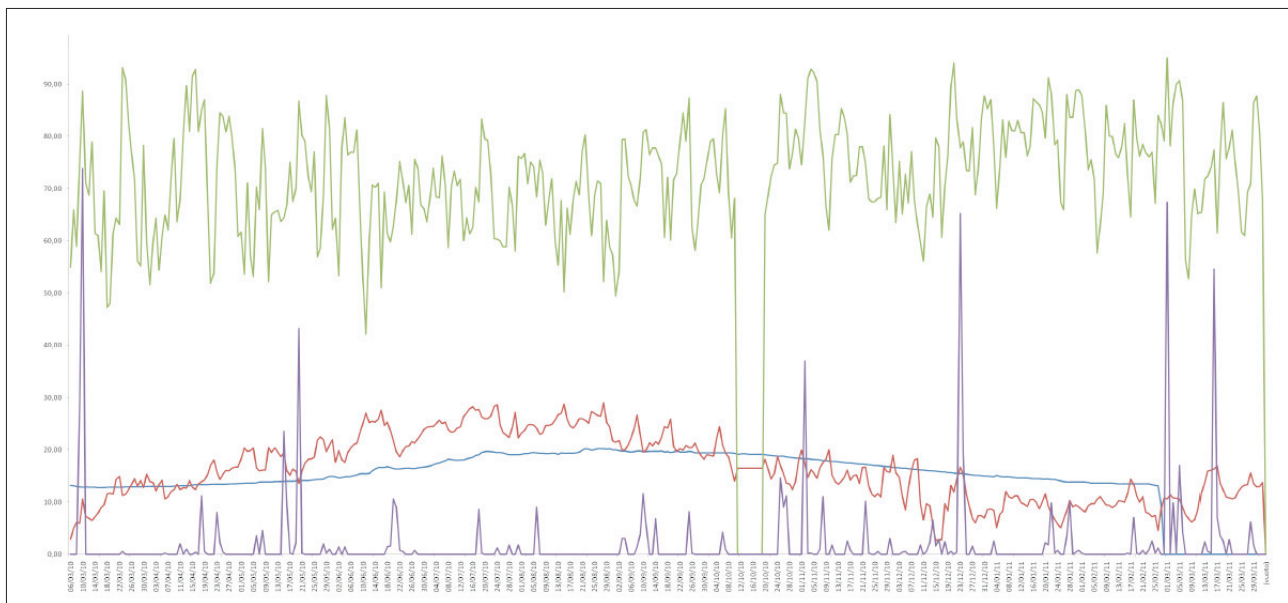
La specie è presente negli allegati II e IV della Direttiva Habitat (92/43/CEE) ed è protetta dalla Convenzione di Bonn (EUROBATS) e di Berna. È valutata vulnerabile (VU), secondo le red list nazionali (Agnelli et al., 2004), ed è esposta a grave rischio di estinzione in un futuro a medio termine. La spiccata troglifilia e le abitudini fortemente gregarie, rendono questo taxon particolarmente sensibile al disturbo antropico e allo sfruttamento turistico delle grotte.

## Monitoraggio climatico

Per il monitoraggio del clima interno alla grotta sono stati usati, a rotazione, 3 sensori data-logger, modello MSR145W della MSR Electronics GMBH, in grado di misurare e registrare misure di temperatura, in un range da -10° C a 58° C, e di umidità relativa, in un intervallo da 10% al 95%.

Per il monitoraggio del clima esterno è stata utilizzata una centralina meteorologica modello Vantage Vue® Wireless Weather Station della Davis Instruments Corp. Essa è costituita da una centralina con i sensori, da montare all'esterno, e dal pannello di lettura delle misure, e permette la misurazione e la registrazione delle seguenti grandezze: temperatura, umidità relativa, piovosità, pressione atmosferica, velocità e direzione del vento.

La centralina è stata montata sul tetto di una abitazione in prossimità della grotta, distante circa 100 m. Mediante un collegamento ADSL, i dati vengono inviati periodicamente ad un server web, che li raccoglie e li rende scaricabili da qualsiasi computer collegato ad internet. Un apposito pro-



**Fig. 10** Rappresentazione grafica dei dati meteo climatici. In azzurro è riportata la temperatura in grotta, in rosso la temperatura esterna, in verde l'umidità relativa esterna, e in viola la piovosità

**Fig. 10** Graph showing the main monitored meteorological parameters. The temperature in the cave is shown in blue, the temperature outside in red, the outside relative humidity in green, and the rainfall in purple



gramma permette di scaricare i dati dal server e di visualizzarli ed analizzarli in forma sia grafica che tabellare.

Le misure di interesse per il presente progetto sono:

- temperatura in grotta e all'esterno;
- umidità relativa in grotta e all'esterno;
- piovosità.

Di queste grandezze sono stati elaborati i seguenti dati (riassunti in Fig. 10):

- valori medi stagionali;
- minimo e massimo nel corso dell'anno;
- correlazione tra l'andamento temporale in grotta e all'esterno.

L'umidità relativa in grotta fornisce dati inutilizzabili, perché quasi sempre il sensore ha rilevato misure fuori scala o molto vicine al 100%, come era ampiamente prevedibile. L'assenza di questo dato rende poco utile anche quello relativo alla piovosità, non potendo valutare la correlazione tra i due andamenti temporali.

La temperatura media giornaliera esterna varia durante l'anno fra i 5° C e i 29° C, con un'escursione annua di 24° C. Su scala temporale di maggior dettaglio essa ha un andamento fortemente periodico a causa dell'alternarsi del giorno e della notte (le escursioni arrivano anche a 10°).

La temperatura in grotta varia durante l'anno fra i 13° C e i 20° C, con un'escursione annua di 7° C. Questa variazione notevole è giustificata dal fatto che l'ingresso è molto ampio in relazione alle dimensioni della grotta, per cui l'ambiente esterno influenza fortemente il clima interno.

La temperatura interna ha un andamento temporale molto più regolare di quella esterna, e non si riconosce alcuna periodicità dovuta al giorno e alla notte.

Le oscillazioni periodiche stagionali delle temperature esterne ed interne sono sfasate di circa 40 giorni, con la temperatura in grotta ovviamente in ritardo rispetto alla temperatura esterna.

## Indagini Geofisiche

Scopo principale delle indagini geofisiche è stato quello di tarare le metodologie utilizzate su una cavità nota e di cercare indizi sulla presenza di altre eventuali cavità. L'attività di indagine ha previsto l'applicazione di due metodologie di investigazione indirette; sono state eseguite:

- n. 1 Tomografia Elettrica 3D da 96 elettrodi in modo da ricoprire parzialmente la superficie oggetto di studio;
- linee radar, ricoprenti un'area pari a circa 26000mq attraverso l'utilizzo contemporaneo di due antenne (270 Mhz e 70 Mhz).

Per poter definire il modello elettrostratigrafico del sottosuolo si è proceduto all'acquisizione di una tomogra-

fia elettrica 3D corrispondente a 6 tomografie elettriche 2D, con distanza inter-elettrodica di 3 metri. Tale configurazione ha consentito di elaborare i dati sia secondo pseudo-sezioni di resistività verticali, sia secondo piani orizzontali individuati a varie profondità. I 96 elettrodi sono stati posizionati su 6 file parallele comprendenti 16 elettrodi distanziati di 3 m con andamento sinusoidale.

L'elaborazione tridimensionale dei dati elettrici è stata eseguita con il programma ERTLAB della Geostudi Astier di Livorno. Essa evidenzia, alle varie profondità e nelle tre direzioni dello spazio, la distribuzione delle resistività e le caratteristiche delle anomalie positive-negative.

La metodologia Georadar (Ground Penetrating Radar, GPR), attraverso l'utilizzo di onde elettromagnetiche, consente la definizione delle caratteristiche interne al mezzo indagato.

Si è scelto di acquisire i radargrammi mediante l'impiego dell'antenna da 270 Mhz al fine di investigare profondità diverse e con gradi di dettaglio differenti, e mediante l'impiego dell'antenna da 70 Mhz in modo da rilevare con una buona risoluzione la struttura di resistività del sottosuolo fino ad una profondità massima di 15 m.

I dati sono stati acquisiti ed elaborati mediante il software RADAN completo del modulo 3D QuickDraw. Durante la fase di acquisizione in campagna, si è preferito applicare ai dati i soli filtri necessari alla rimozione dei disturbi principali, preferendo rimandare alla successiva fase di elaborazione la determinazione dei parametri ottimali.

## Analisi dei risultati

Le metodologie scelte, nel contesto geologico in esame, sono scaturite da una prima analisi dei dati noti ed acquisiti con tecniche di rilievo speleologico. Partendo da questi dati è stato definito il target dell'indagine e soprattutto sono state tarate diverse metodologie geofisiche e diverse configurazioni geometriche delle stesse.

Viste le profondità e le dimensioni del sistema, si è scelto di utilizzare:

- la metodologia geoelettrica 3D mediante distribuzione su una griglia rettangolare di 96 elettrodi spazati 3 metri e distribuiti su file da 16 elettrodi cadauna;
- indagini georadar con antenna a media (270Mhz) e a bassa frequenza (70Mhz) non schermata.

I dati di resistività, opportunamente invertiti, indicano la presenza di anomalie di resistività positive visibili sia qualitativamente attraverso rappresentazioni volumetriche 3D, sia attraverso piani orizzontali a varie profondità dal piano campagna. Quest'ultima rappresentazione consente di avere indicazioni geometriche sull'andamento delle anomalie in profondità essendo una proiezione in

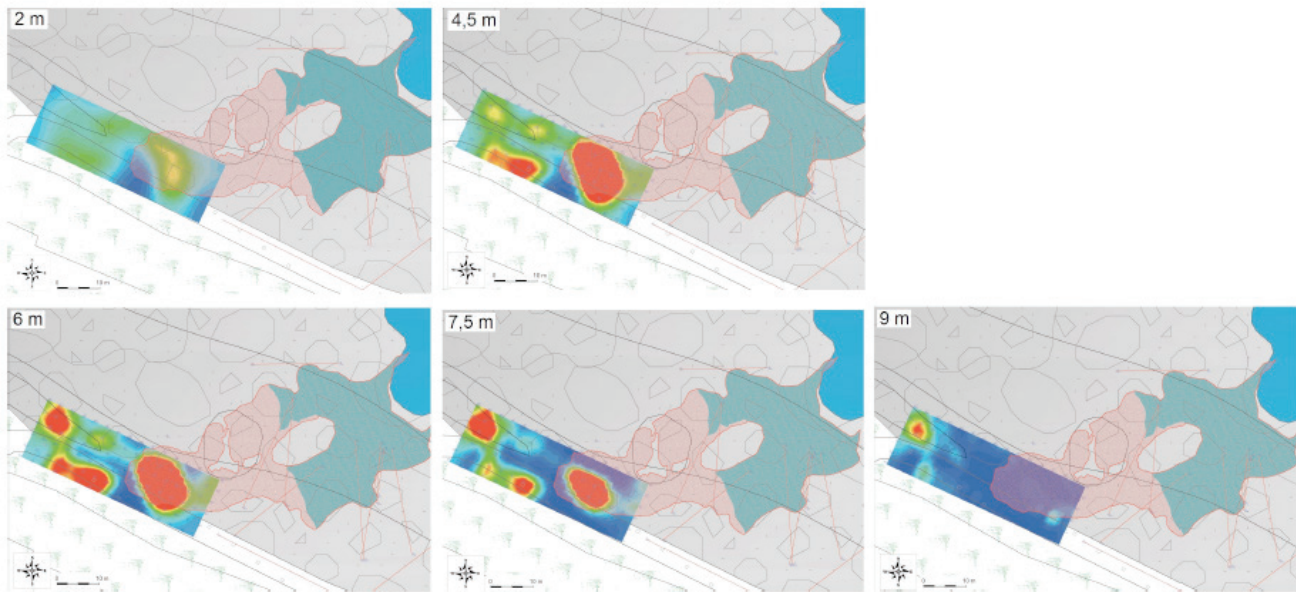
superficie dell'anomalia stessa (ovvero della cavità che l'ha generata).

Le indagini radar invece risultano, in questo contesto, più disturbate e meno precise per i motivi sopradetti.

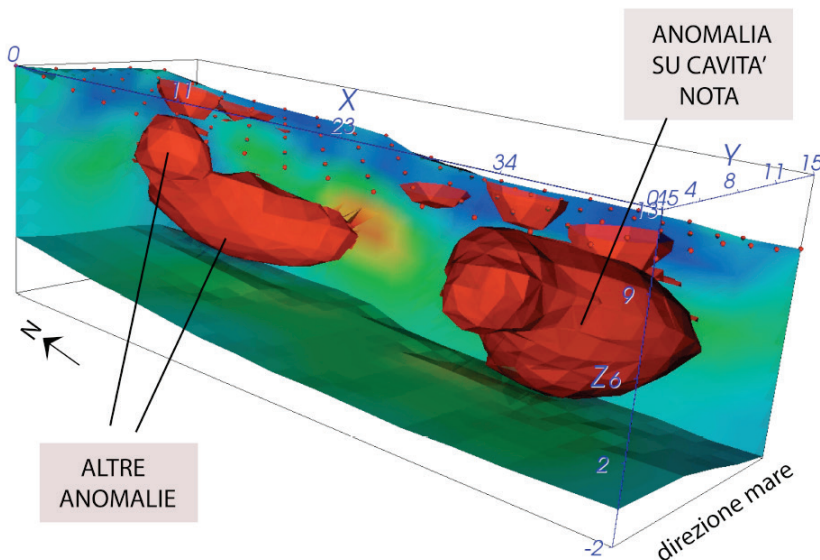
In definitiva, le anomalie riscontrate evidenziano la probabile presenza di cavità a W e NW rispetto all'ambiente finale di Grotta della Rondinella. Tali cavità dovrebbero essere poste a profondità dai 4,5 m a circa 9 m (Figg. 11 e 12).

## Conclusioni

Sebbene le attività siano tuttora in corso, i dati sinora raccolti costituiscono indubbiamente un notevole incremento di conoscenze su Grotta della Rondinella e, più in generale, sul carsismo del territorio polignanese. Le nuove attività di rilievo, oltre a una più precisa definizione dei limiti di sviluppo della cavità, hanno portato tra l'altro all'individuazione di una nuova galleria sommersa.



**Fig. 11 Risultati delle indagini geoelettriche, che mostrano la presenza di anomalie di resistività positive a varie profondità**  
**Fig. 11 Results of the geoelectrical surveys, showing the presence of positive anomalies of resistivity at different depths**



**Fig. 12 Schema tridimensionale delle anomalie elettriche riscontrate**

**Fig. 12 3D-sketch of the surveyed geoelectrical anomalies**

Esse sono inoltre risultate di estrema utilità nella pianificazione delle indagini geofisiche che, d'altro canto, hanno evidenziato la possibile presenza di ulteriori ambienti ipogei, anche di dimensioni significative, a testimonianza dell'interesse carsico dell'area.

### Ringraziamenti

*Gli autori ringraziano l'arch. Ferdinando Pedone per la disponibilità a finanziare la ricerca e la sensibilità ambientale continuamente dimostrata. Un doveroso ringraziamento va inoltre a tutti gli speleologi pugliesi che hanno preso parte alle attività del progetto.*

### BIBLIOGRAFIA

- AGNELLI P., MARTINOLI A., PATRIARCA E., RUSSO D., SCARAVELLI D., GENOVESI P., 2004 – *Linee guida per il monitoraggio dei Chirotteri: indicazioni metodologiche per lo studio e la conservazione dei pipistrelli in Italia*, Quaderni di conservazione della natura, Ministero dell'Ambiente e Istituto nazionale per la fauna selvatica "A. Ghigi", pp. 216.
- ANDRIANI G.F., WALSH N., 2007 – *Rocky coast geomorphology and erosional processes: A case study along the Murgia coastline south of Bari, Apulia – SE Italy*, *Geomorphology*, 87: 224-238.
- BALENZANO F., DELL'ANNA L., DI PIERRO M., 1976 – *Francoanellite  $H_6K_3Al_3(PO_4)_8 \cdot 13H_2O$ , a new mineral from the caves of Castellana, Apulia, southern Italy*, *N. Jb. Miner. Mh.*, 2: 49-57.
- BALENZANO F., DELL'ANNA L., DI PIERRO M., 1979 – *Francoanellite from the "Grotte della Rondinella" (Little swallow cave) in Apulia (southern Italy): a new occurrence and new data*, *N. Jb. Miner. Mh.*: 363-372.
- COLAMONICO C., 1919 – *Fenomeni carsici a Polignano a Mare*, *Boll. Stat. Amm. Comune di Bari*, 4.
- DIETZ C., VON HELVERSEN O., 2004 – *Illustrated identification key to the bats of Europe*, Electronic publication version 1.0, pp. 72.
- FAVALE F.F., 1994 – *Le grotte di Polignano*. Federazione Speleologica Pugliese, pp. 250.
- FORTI P., 1991 – *Processi ipercarsici e speleogenesi (prima parte)*, *Speleologia*, 24: 42-46.
- FORTI P., 1992 – *Processi ipercarsici e speleogenesi (seconda parte)*, *Speleologia*, 26: 11-15.
- FORTI P., 1994 – *Cenni speleogenetici*, in: FAVALE F.F., *Le grotte di Polignano*. Federazione Speleologica Pugliese: 43-52.
- GRASSI D., 1973 – *Fondamentali aspetti dell'idrogeologia carsica della Murgia (Puglia), con particolare riferimento al versante Adriatico*, *Geologia Applicata e Idrogeologia*, 8 (2): 285-312.
- MARACCHIONE M.I., MASTRONUZZI G., SANSÒ P., SERGIO A., WALSH N., 2001 – *Approccio semi-quantitativo alla dinamica delle coste rocciose: l'area campione fra Monopoli e Mola di Bari (Puglia Adriatica)*, *Studi Costieri*, 4: 3-17.
- OROFINO F., 1967 – *Polignano e le sue grotte*, *L'Alabastro*, 1-2: pp. 12, Castellana-Grotte.
- PARISE M., 2007 – *Alcune considerazioni su speleogenesi e morfologia delle grotte pugliesi*, in: INGUSCIO S., LORUSSO D., PASCALI V., RAGONE G., SAVINO G. (a cura di), *Grotte e carsismo in Puglia, Regione Puglia*: 59-64.



PARISE M., 2011 – *Surface and subsurface karst geomorphology in the Murge (Apulia, southern Italy)*, Acta Carsologica, 40 (1): 79-93.

PIERI P., 1991 – *Evoluzione geomorfologica e arretramenti costieri olocenici nei dintorni di Monopoli*, Itinerari Speleologici, 5: 121-130.

RUDNICKI J., 1990 – *Origine delle breccie di collasso e loro importanza nel sistema freatico della circolazione carsica*, Itinerari Speleologici, 4: 9-16.

RUDNICKI J., 2003 – *Processi carsici sotterranei in area costiera (in base all'esempio della Puglia, Italia meridionale)*, Grotte e Dintorni, 5: 5-34.

RUSSO D., JONES G., 2002 – *Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls*, J. Zool., 258: 91-103, Londra.

SAURO U., 1994 – *Il carsismo marino della costa*, in: FAVALE F.F., Le grotte di Polignano, Federazione Speleologica Pugliese: 53-72.

SCHOBER W., GRIMMBERGER E., 1997 – *The bats of Europe and north America*, Neptune, T. F. H. Publications, pp. 240.

ZEZZA F., 1974 – *Il ruolo delle facies carbonatiche nelle manifestazioni sorgentizie di tipo carsico della fascia costiera murgiana*, Geologia Applicata e Idrogeologia, 9: 27-38.