

DINAMICA TERMICA DEL SISTEMA CARSICO IPOGEO IDROTERMALE DI LANGARICE (Albania)

Testo e foto di Michele Motta

Introduzione

Ci piace vezzeggiarci come scopritori della grotta più grande dell'Albania a oggi conosciuta (quasi 14 km di sviluppo), una delle maggiori grotte idrotermali del mondo.

Però... certamente ci era già entrato per qualche decina di metri, in un tempo chissà quanto remoto, almeno un tizio che mangiava capre e ogni tanto rompeva il suo vasellame. Lui, o chissà chi altro, ha avuto il coraggio di entrare nelle strettoie a zig-zag che partono dalla galleria della Fucilata, lasciandovi, non sapremo mai perché, un vestito decorato da dischetti di vetro. Molti anni fa, un ragazzino locale di nome Kastri (oggi un simpatico e ben piantato signore) ha trovato chissà come in piena parete un altro ingresso del complesso e ha girovagato ben distante dall'ingresso... e per quanto riguarda l'idea che sono il primo a cercare di capire come funziona, mi sa che il mangiacapre si chiese anche lui il perché dello strato di nebbia calda... e magari lo capì meglio di me... Però... metterei la mano sul fuoco che sino al piano delle acque termali non ci era arrivato mai nessuno... che non ci sono mai stati dei pazzi così accaniti da strisciare nell'Inferno della Merda (Benassi, 2022) e da trovare nel 2023 la congiunzione con l'ingresso dei Colombi... e il mangiacapre potrebbe essersi dato la stessa spiegazione fantasy degli Andrea, che la nebbia non è altro che il Respiro del Drago. Perciò, potrebbe anche valere la pena di scrivere qualcosa su come penso funzioni questa strana grotta.

Grotte carsiche in un paesaggio non carsico

La Langarice è un fiume (fig. 1) che ha scavato nel flysch (una roccia ricca di strati argillosi, impermeabile e non carsificabile) un canyon (fig. 2), portando alla luce una potente successione calcarea sottostante. Il flysch proteggeva e tutt'ora protegge questi calcari dal carsismo superficiale, ma acque termali (Eftimi, 1985), calde e acide, risalite lungo un'importante linea tettonica (una propaggine della separazione tra placche tettoniche africana ed euroasiatica), hanno corroso i calcari a livello della superficie della falda freatica. Sono così nati più livelli di gallerie pressoché orizzontali (fig. 3), raccordate da pozzi e passaggi che seguono a zig-zag sistemi di fratture tettoniche. La progressiva erosione del canyon della Langarice ha abbassato a più riprese la falda freatica, e il livello idrogeologicamente attivo del complesso ipogeo è alla stessa altezza del fiume. I piani di gallerie più antichi sono stati abbandonati dalla falda freatica (fig. 4) e alcuni, intercettati dal taglio del canyon, hanno ingressi aperti sulle sue pareti (fig. 5). Questi livelli sono inattivi solo dal punto di vista idrogeologico, perché peraltro sono in attiva evoluzione, sia per cave breakdown, sia per corrosione da condensazione.



Fig. 1 – La Langarice all'uscita del canyon, dove sgorgano anche le principali risalite di acque termali.



Fig. 2 – Il canyon della Langarice all'altezza del complesso ipogeo, che si trova in sinistra idrografica.



Fig. 4 – Le gallerie della Fucilata sono fra i più alti livelli del sistema, idrogeologicamente del tutto abbandonate.



Fig. 5 – L'ingresso dei Colombi.

Pianta

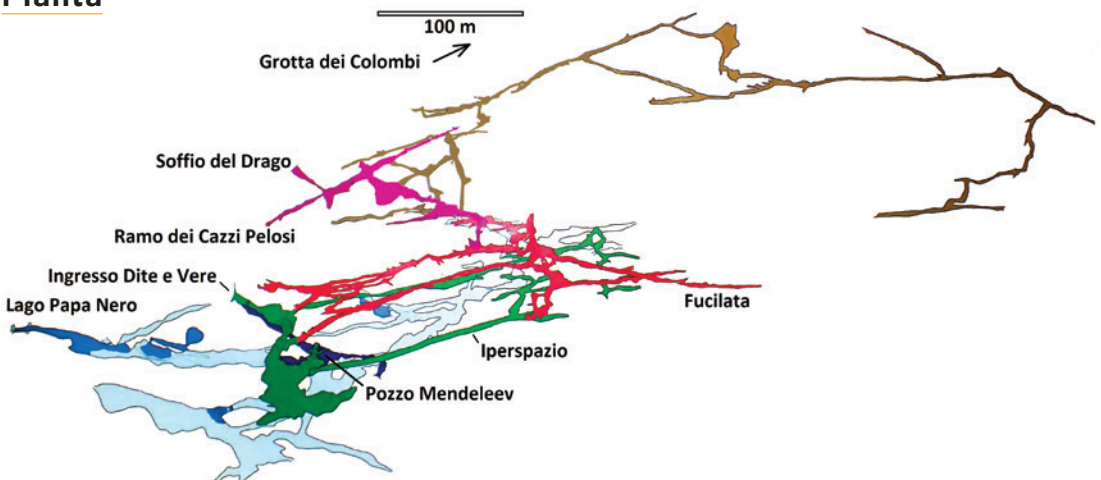


Fig. 3 – La parte di grotta esplorata prima dell'ultima spedizione (Rilievo 3D di Andrea Benassi). Con colori differenti sono rappresentati i diversi piani di gallerie (il più basso, idrogeologicamente attivo, in azzurro chiaro).

Long-term data

Dal 14 al 18.12.2023 si è misurata la temperatura lungo un percorso che da uno degli ingressi più alti (Giorni d'Estate, quarto livello della grotta), passando dal Pozzo Mendeleev scendeva ai livelli più bassi, finendo alla strettoia del Frigidarium, dove l'aria riscaldata dalle acque termali si scontra con l'aria fredda proveniente da uno degli ingressi più bassi del sistema (Grotta dei Colombi). Le stazioni di misura, ciascuna equipaggiata con un data-logger collegato a due sonde Pt100 sincronizzate, sono le seguenti.

- 1 Base della parete in cui si apre l'ingresso di Giorni d'Estate (fig. 6): aria a 1 m dal suolo, suolo a 0,1 m di profondità. Stazione considerabile rappresentativa dell'ambiente esterno, in una posizione comparabile a quella di una stazione meteo per ombreggiatura.

Ingresso Giorni d'Estate. Temperature (°C) dal 14 al 18.12.2023.

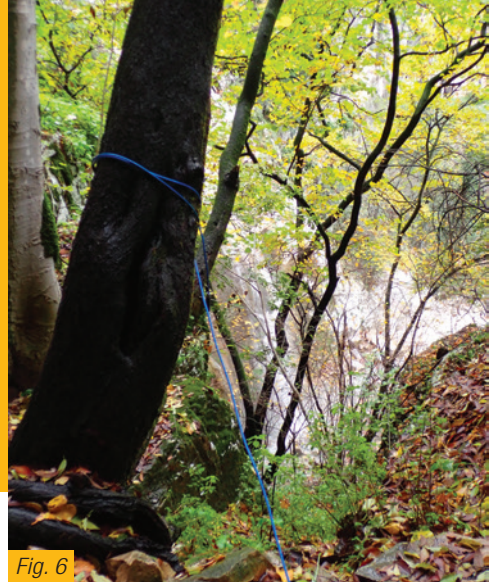
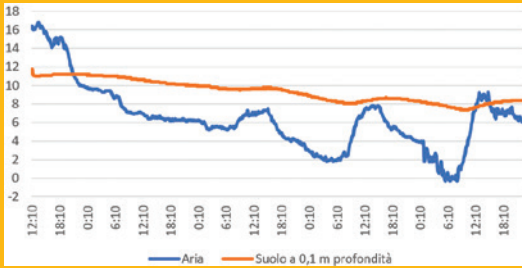
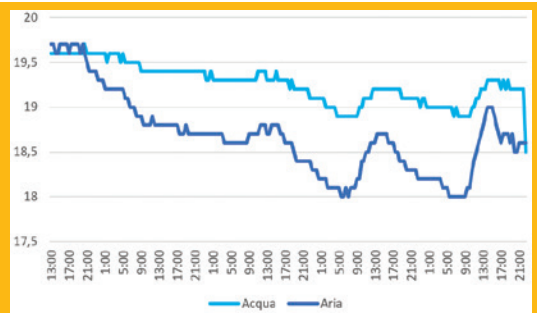


Fig. 6

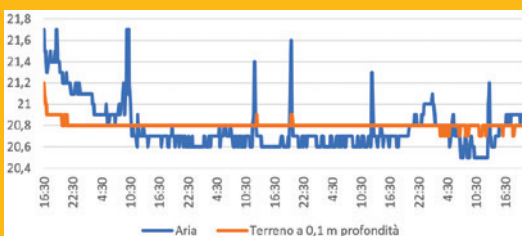


Fig. 7



Pozza sopra ingresso pozzo Mendeleev. Temperature (°C) dal 14 al 18.12.2023.

- 2 Pozza riempita dall'acqua di condensazione del vapore, alla base dello scivolo che collega il livello più alto di gallerie al Pozzo Mendeleev, che comunica con i livelli inferiori: aria a 1 m dal pavimento, acqua della pozza (fig. 7). La ventilazione è diretta verso il pozzo.



Frigidarium. Temperature (°C) dal 14 al 18.12.2023.

- 3 Frigidarium: aria a metà altezza della galleria, detrito del pavimento a 0,1 m di profondità (fig. 8).



Fig. 8

4 Stanza del Buco: aria a 1 m dal pavimento, guano di pipistrello a 0,1 m di profondità (fig. 9). Stazione rappresentativa degli ambienti idrogeologicamente inattivi e al massimo di distanza dalle comunicazioni con l'esterno della grotta.

Stanza del Buco. Temperature (°C) dal 14 al 18.12.2023.



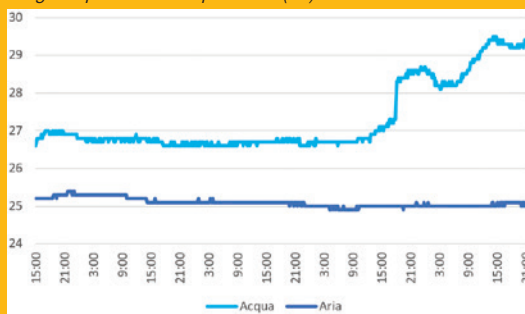
Fig. 9

Fig. 10



5 Lago Papa Nero, affioramento della falda di acque termali nel livello più basso di gallerie, idrogeologicamente attivo: aria a 0,5 m dal pavimento, acqua termale a 0,1 m di profondità (fig. 10).

Lago Papa Nero. Temperature (°C) dal 14 al 18.12.2023.



Nel periodo di misure il meteo è cambiato radicalmente: da temperature molto elevate e cielo nuvoloso il primo giorno, a temperature miti e forti piogge il secondo, a cielo sereno o poco nuvoloso, e basse temperature (specie le minime), i giorni successivi.

Le figure 6 e 7 sono tipiche di una grotta aspirante, molto ben ventilata: all'ingresso il suolo mostra un trend di raffreddamento stagionale con oscillazioni che seguono in maniera estremamente attenuata quelle dell'aria con un ritardo di circa quattro ore; a qualche decina di metri dall'imbocco le oscillazioni giornaliere sono ancora visibilissime, sia in aria, sia (un po' attenuate) in acqua.

Nel Frigidarium (fig. 8) un lento raffreddamento stagionale è disturbato da picchi termici molto stretti, sicuramente non del ciclo diurno (se ne contano sette in cinque giorni!), alcuni riscontrabili solo nell'aria, altri anche nel terreno. Picchi simili se ne vedono in grotte ben isolate per effetto di perturbazioni di origine esterna come piene, aumento improvviso di stitilicidio, ecc. Sembra derivare da qualcosa (bolle d'aria calda?) che, per un breve periodo, interrompe il flusso d'aria fresca che mantiene appunto "a frigidarium" il punto in cui è messo il data-logger.

La Stanza del Buco (fig. 9), al di fuori delle correnti che scorrono in Frigidarium e pozzo Mendeleev, è un tipico ambiente non del tutto ermetico, ma molto ben isolato termicamente. L'unica variazione di rilievo è l'iniziale modestissimo raffreddamento, più lento per quanto riguarda l'aria. Quest'ultima particolarità potrebbe essere dovuta al calore emesso nei primi due giorni di misura dagli speleologi che affollavano il pozzo sottostante, trasmesso alla Stanza da un debole movimento convettivo.

Nel livello più basso di gallerie (fig. 10) l'aria mostra ancora lievi oscillazioni termiche ricalcanti quelle dell'aria

esterna. Invece l'acqua del lago Papa Nero ha brusche variazioni, slegate sia dalle variazioni meteorologiche esterne, sia dalle oscillazioni termiche dell'aria soprastante o del Frigidarium, verosimilmente per variazioni dell'attività termale. Ciò indica sia che aria e acqua provengono da zone del tutto differenti, sia che scambiano poco calore fra loro (aria stagnante).

Short-term data

I dati sono stati raccolti nei giorni dal 14 al 20 dicembre 2023, in gran parte della grotta. Il confronto fra giorni differenti va fatto con cautela perché, come abbiamo visto, parti della grotta sono poco isolate termicamente anche a grande distanza dagli ingressi, e durante il periodo di misura c'è stato un forte cambiamento meteorologico, passando da un caldo eccezionale per il periodo invernale (temperature al suolo superiori ai 20 °C), a una forte perturbazione con nevicate in quota, a cui è seguito tempo sereno e molto freddo, sottozero nelle ore notturne.

Indizi di stagionalità?

In tutto il complesso ipogeo, anche molto lontano dagli ingressi pavimento e aria hanno temperature diverse, il che porterebbe a dedurre variazioni termiche stagionali. Fra gli ingressi Giorni d'Estate e Grotta dei Colombi la differenza è 2,7° poco dopo l'ingresso di Giorni d'Estate, 3,5° all'altezza dell'Iperspazio, 1,1° al Bivio Frigidarium / Stanza del Buco, 0,9° al Frigidarium, 1,0° all'arrivo nel salone della Grotta dei Colombi, 5,5° (!) nella strettoia successiva, 4,0° all'ingresso dei Colombi. I valori più alti superano persino quelli che le grotte piccole locali (o le nostrane) mostrano vicino all'ingresso. La Grotta Passante, corta e molto ben ventilata grazie all'esposizione differente dei suoi due imbocchi, mantiene il $\Delta^{\circ}\text{T}$ aria – pavimento fra 0,6° e 1,2°; la Grotta del Paese, tipica grotta corta, aperta su parete e poco isolata termicamente, fra 1,0° e 1,4°.

Il Soffio del Drago, da cui esce un perenne flusso d'aria scaldata dalle acque termali, ha $\Delta^{\circ}\text{T}$ aria – pavimento fra 1,0° e 3,3°; mentre il ramo a fondo cieco dei Cazzi Pelosi, vicinissimo all'esterno ma non attraversato da questo flusso d'aria calda, ha solo 0,3 °C di differenza fra aria e terreno. Ciò ha fatto dubitare che il $\Delta^{\circ}\text{T}$ aria – pavimento alla Langarice sia effettivamente dovuto solo (come di norma avviene) al ritardo di adattamento termico della grotta alla variazione stagionale di temperatura dell'aria esterna che entra nel sistema ipogeo.

Nel ramo della Fucilata, morfologicamente omogeneo, il divario termico fra aria e pavimento varia fortemente e bruscamente da punto a punto della galleria (da 0,2° a 1,8°), indizio che si sovrappongono più fattori di variazione (di origine stagionale, meteorologica, termale...) aventi ciclicità differenti. Idem per il piano dell'Iperspazio: mentre a entrambi gli imbocchi $\Delta^{\circ}\text{T}$ aria – pavimento è 0,3 °C, valore in linea con la vicinanza all'ambiente esterno, lungo le gallerie si alza fra 1,3° e 1,7°, e sale a 5,1 °C alla confluenza col Ramo a Zeta (anch'esso con valori fra 1,3° e 1,7°), da cui arriva aria calda: evidente prova che la variazione di intensità del riscaldamento termale, nel tempo e nello spazio, è una delle cause delle anomalie sopra descritte.

Cambiamenti di stato e formazione di nebbie

Le variazioni di temperatura dell'aria di grotta portano ai seguenti fenomeni:

- 1** evaporazione e condensazione superficiali;
- 2** riduzione dell'umidità relativa (alla base dell'evaporazione superficiale);
- 3** soprassaturazione dell'umidità con formazione di goccioline in sospensione (nebbie).

L'evaporazione è normale sulle superfici umide (pavimenti fangosi, pareti percorse da veli d'acqua, soffitti con stillicidi...) lambite dall'aria esterna che penetra in grotta. Quest'aria tende così a diventare più fredda e umida. Se però l'acqua che evapora non viene rimpiazzata (da acqua d'infiltrazione, veli d'acqua in scorrimento superficiale...), il processo tende ad attenuarsi perché la superficie rocciosa si asciuga. Può così succedere che l'aria riceva più calore per convezione forzata dalla roccia lungo cui scorre, di quello assorbito dal cambiamento di stato acqua liquida – vapore. In tal caso l'aria si scalda, riducendo la propria umidità relativa. È possibile stabilire se avviene ciò, misurando le variazioni della temperatura e umidità dell'aria lungo una grotta. Nel complesso della Langarice il 14 dicembre 2023 dall'ingresso di Giorni d'Estate entrava aria esterna piuttosto calda e asciutta, a 17,8 °C e RH 54%; al lago Papa Nero aveva acquistato 7,1 °C, ma anche l'umidità

relativa era diventata molto più alta (94%), grazie all'abbondanza di superfici umide. Scorrendo lungo il ramo con le acque termali, aumentava ulteriormente la temperatura (0,8 °C), ma anche l'umidità relativa (1,4%). Ciò indica un incremento dell'entalpia dell'aria: in altri termini, tanto più l'aria scorre nella grotta, tanto più riceve energia da essa. Nei giorni successivi questo processo è stato spesso modificato dalla fortissima umidità dell'aria esterna: ad esempio, il 16.12.2023 in Giorni d'Estate l'aria era già satura prima di entrare in grotta. In tal caso, ovviamente, non provoca evaporazione, e quindi tutto il calore ceduto dalla grotta si traduce in riscaldamento dell'aria. Così, il 18.12.2023, all'ingresso del pozzo Mendeleev dove terminano le gallerie dell'Iperspazio, l'aria era più calda di 1,9 °C rispetto al 16.12, anche se l'aria fuori grotta era più fredda di 10,5 °C rispetto a due giorni prima. Questo fenomeno è un'altra causa dei divari termici aria – pavimento già descritti. Nel Complesso della Langarice l'evaporazione rende le superfici nettamente più fredde dell'aria in:

- strettoia d'ingresso dell'Iperspazio;
- ingresso "Secondo ingresso" del Giorno d'Estate;
- Fucilata, nei pressi della galleria di Giorni d'Estate;
- Grotta dei Colombi fino all'ingresso nel salone grande, compreso il ramo del Fischio.

Da notare che, come detto sopra, d'inverno questa dovrebbe essere la situazione normale, e infatti la Grotta Passante, considerabile una tipica grotta carsica non termale, ha quasi ovunque questa condizione.

Nei piani più elevati del Complesso della Langarice si hanno comunemente nello stesso ambiente ipogeo masse d'aria a temperatura nettamente differente in lento spostamento: in basso una fredda, proveniente direttamente dall'esterno, in alto una calda, proveniente dalla parte del complesso ipogeo in cui affiorano le acque termali. Ciò deriva principalmente dalla morfologia labirintica del complesso ipogeo, per cui nello stesso ambiente sfociano correnti provenienti da parti differenti del complesso. La differenza termica fra le masse d'aria viene rinforzata dal fatto che l'aria calda, scorrendo più in alto di quella fredda, condensa la propria umidità solo sulle parti più alte delle pareti e sui soffitti, rendendole di norma più calde anche dell'aria e in ogni caso molto più dei pavimenti e della parte più bassa delle pareti; mentre l'aria fredda, sempre insatura (anche quando entra satura, perché viene un po' scaldata da quella calda), provoca evaporazione che raffredda le superfici di pavimenti e parte più bassa delle pareti, rendendole più fredde dell'aria. Si crea così un gradiente termico altimetrico inverso, che stabilizza l'atmosfera impedendo moti convettivi e facilitando la separazione fra aria calda e fredda. Questa situazione si osserva in più punti della galleria che si inoltra da Giorni d'Estate, nelle gallerie dell'Iperspazio, in gran parte del piano della Fucilata. Sovente al limite fra le due masse d'aria (specie quando sono costituite da aria fredda esterna che entra e aria scaldata dalle acque termali che esce) si forma una fitta nebbia:

- all'ingresso del Soffio del Drago, la cui altezza consente all'aria fredda esterna di incunarsi sotto all'aria calda in uscita;
- presso il "Secondo ingresso" del Giorno d'Estate, costituito da due fori, uno piccolo in alto da cui esce l'aria calda, uno più grande più in basso attraverso cui entra l'aria fredda, che dopo pochi metri diventano una galleria unica in cui le due masse d'aria sono a contatto;
- nella saletta di collegamento fra le due gallerie principali dell'Iperspazio, in cui egualmente aria calda e fredda scorrono in direzioni opposte;
- nel piano più alto, in cui l'aria calda provenie dal piano della Fucilata e l'aria fredda dall'ingresso di Giorni d'Estate;
- nel salone grande della Grotta dei Colombi, in cui sembra che l'aria calda non scorra, ma ristagni nel salone per la sua morfologia a "trappola d'aria calda", mentre l'aria fredda entra dall'omonimo ingresso per proseguire verso il Frigidarium.

Nell'Iperspazio in prossimità dell'arrivo del "ramo a zeta", una "buca fredda" contiene egualmente due masse d'aria a temperatura nettamente differente (in questo caso è l'aria fredda immobile e la calda in scorrimento), ma nonostante un fortissimo gradiente di temperatura, non si arriva alla formazione di nebbia.

Il motivo di gran lunga più comune per cui su tutte le superfici di un tratto di galleria condensa umidità è che la corrente d'aria che percorre la galleria sia diventata molto più calda, o che s'inverta periodicamente. Alcune gallerie della Langarice presentavano questo fenomeno:

- prima galleria dell'Iperspazio e ramo della Zeta;
- ambienti colleganti le due gallerie principali dell'Iperspazio;
- meandro della Grotta del Paese;
- galleria dei Cazzi Pelosi e parte più interna del Soffio del Drago;
- salone grande della grotta dei Colombi e gallerie che partono da esso in direzione opposta al Frigidarium.

Le cause ipotizzabili sono variazioni di portata e/o temperatura delle acque termali, o modifiche della circolazione atmosferica connesse all'andamento meteorologico esterno.

Il ruolo della nebbia

Dato il periodo di osservazione, d'inverno ma non ancora nel mese più freddo, normalmente l'aria dovrebbe essere più fredda del sedimento del pavimento lontano dalla superficie (che conserva meglio la temperatura della stagione calda) in prossimità degli ingressi aspiranti (nella Langarice Giorni d'Estate, Soffio del Drago). Ma questa situazione nella Langarice si osserva anche in molti altri tipi di ambienti sotterranei:

- 1 Tratto fra il bivio per il Frigidarium (compreso) e la Stanza del Buco;
- 2 Ramo della Zeta e parte più alta del collegamento fra le due gallerie principali dell'Iperspazio;
- 3 Meandro della Grotta del Paese;
- 4 "Secondo ingresso" del Giorno d'Estate alto (ma non in quello basso!) e (a tratti) gallerie della Fucilata;
- 5 Salone grande della Grotta dei Colombi, eccetto dove vi sbocca la galleria di accesso.

Molti di questi ambienti sono anche quelli caratterizzati dalla persistenza di una fitta nebbia: Soffio del Drago, "Secondo ingresso" del Giorno d'Estate alto, salone della Grotta dei Colombi, parte più alta del collegamento fra le due gallerie principali dell'Iperspazio, bivio della Fucilata. Dalla nebbia si condensa una pioviggine che porta sul pavimento acqua più calda della massa d'aria inferiore, ed è per questo, non per un ritardo di adattamento delle temperature alla stagione, che il pavimento è più caldo dell'aria che vi scorre sopra (fig. 12).

Temperature delle acque termali

Le acque termali sono sempre risultate più calde di aria e roccia della grotta, a dimostrazione evidente che sono la principale fonte di calore. Da notare che la Pozza del Prete, apparentemente una risorgenza del complesso ipogeo, ha acqua più calda di quelle di grotta (30,7 contro 30,1 °C) e quindi almeno parte delle sue acque non passano dalla parte di grotta esplorata. La polla che sgorga direttamente nella Langarice in sinistra orografica sotto Giorni d'Estate è invece plausibilmente connessa direttamente al complesso ipogeo. D'altra parte, la sua quota, più alta di quella normale del fiume, la indica come punto di forte ricarica dell'acquifero. Il gradiente termico altimetrico delle acque interne alla grotta (stillicidi, veli su pareti, ecc., alimentati dalla condensazione dell'umidità atmosferica in grotta) è 3,1 °C/100 m, molto maggiore di quello di liberazione adiabatica dell'energia potenziale (2,34 °C/100 m). Ciò indica che, almeno in parte, l'acqua non termale dei livelli più bassi della grotta non è scesa dai livelli più alti, ma è condensata in loco da aria più calda di quella che condensa nei piani più alti. Ciò implica che sia la cessione di calore, sia la speleogenesi per corrosione da condensazione, non sono concentrate al tetto del complesso ipogeo, ma distribuite in tutti i piani di gallerie (e, conseguentemente, non è dovuto alla condensazione l'assetto multi-piano del complesso ipogeo).

Temperature delle acque di grotta

L'acqua dei film superficiali molto spesso è più calda dell'aria di 0,1 – 0,3 °C, suggerendo che deriva quasi ovunque dall'aria stessa per condensazione, processo che libera calore.

Dove la condensazione è talmente forte da alimentare rivoli lungo la parete, l'acqua è più calda dell'aria di 0,9 – 1,1 °C, addirittura di 2,8 °C nel salone grande della Grotta dei Colombi. In questi casi, ovviamente, anche la superficie dei soffitti e delle pareti lungo cui avviene la condensazione risulta molto calda.

Nelle pozze, invece, talvolta l'acqua è leggermente più fredda dell'aria soprastante. Ho osservato questo fenomeno, interessante perché rivela l'esposizione a correnti d'aria insatura, nelle vaschette del Ramo del Fischio (salvo la più alta), e nelle pozze sopra l'imbocco del pozzo Mendeleev. In queste ultime dimostra che nelle zone nebbiose la massa d'aria inferiore è insatura, nonostante la pioviggine che l'attraversa cadendo dall'aria soprastante.

aggiungendo agli ingressi soffianti la Grotta del Paese, di cui peraltro non è dimostrato il collegamento col resto del complesso, si otterrebbe un bilancio in pareggio.

Ingresso	Portata m ³ /s	Pressione	Temperatura	T/P	Densità (kg/m ³)	Flusso (kg/s)
Giorni d'Estate	+ 3,80	975	7,3	0,0075	2,638	+ 10,026
"Secondo ingresso" del Giorno d'Estate	+ 0,37	971	19,2	0,0198	1,000	+ 0,370
Colombi	+ 1,04	970	10,9	0,0112	1,767	+ 1,837
"Secondo ingresso" del Giorno d'Estate	- 0,02	971	22,4	0,0230	0,860	- 0,017
Soffio del Drago	- 6,00	979	24,5	0,0250	0,792	- 4,754
Somma ingressi conosciuti	- 0,81					+ 7,462
Grotta del Paese	- 2,0	971	20,7	0,0213	0,929	-1,858

Tab. 1 – Flussi noti d'aria entranti e uscenti dal sistema (+: flusso in ingresso; - flusso in uscita).

Biofilm

Non sappiamo se i batteri "attecchiscono" solo su superfici bagnate dalla condensazione, o se è proprio la loro presenza che, modificando l'idrofilia delle superfici, fa condensare umidità anche su superfici che resterebbero altrimenti asciutte. Quel che è certo, è che moltissime pareti laterali ipogee della Langarice sono fino a una certa altezza asciutte, ricoperte di concrezioni coralloidi aragonitiche (o meno comunemente di cristalli); più sopra, sono ricoperte da biofilm sui quali aderiscono stabilmente grosse gocce, anche se la superficie rocciosa strapiomba. Questi biofilm, illuminati con le moderne luci a led, mostrano una sorta di fluorescenza su toni dorati o argentati, corrispondenti verosimilmente a flore batteriche differenti.

Misurando le temperature superficiali, si nota che la temperatura dei biofilm non sempre è maggiore di quella dell'aria (fig. 12), ma è sempre più elevata, anche di diversi gradi, di quella delle superfici a concrezioni coralloide asciutte sottostante nella stessa parete (fig. 12 e 13). Ciò è verosimilmente dovuto sia al calore liberato dalla condensazione, sia all'attività metabolica dei biofilm.

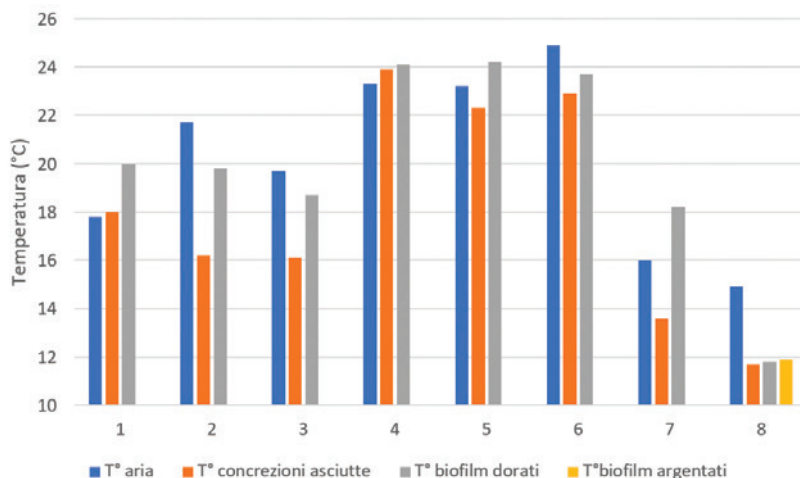


Fig. 12 – Temperature di aria, parte inferiore della parete concrezionata e asciutta, e parte superiore con biofilm. 1, 2, 3, 4, 5: Iperspazio. 6: Fucilata. 7: Giorni d'Estate. 8: Colombi, ramo del Fischio.

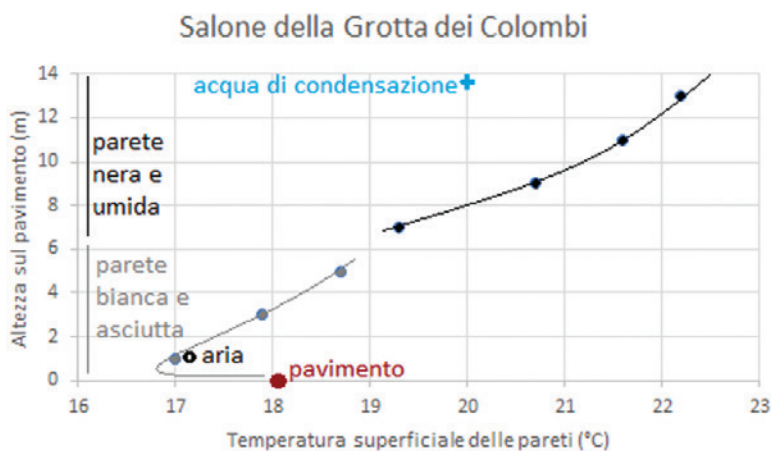


Fig. 13 – Condizioni termiche di pareti, pavimento, aria e acqua di stillicidio alimentata dalla condensazione, nel salone grande della Grotta dei Colombi, il 20.12.2023.

Condizioni igrotermiche delle principali aree di svernamento dei chiroterri

I due ambienti di svernamento di gran lunga preferiti dai pipistrelli sono la galleria iniziale della Grotta dei Colombi (ovviamente non proprio all'ingresso, che è molto freddo) e la galleria dell'iperspazio prima del ramo della Zeta. Non sono né gli ambienti più caldi in assoluto della grotta, né quelli più comodi da raggiungere. Considerato che superfici inaccessibili ai predatori sono presenti in pressoché tutti gli ambienti, sembrerebbe che i chiroterri tendano a evitare le zone di condensazione e le zone più ricche di vapori.

Conclusioni

Non bisogna pensare che la Langarice funzioni come un semplice impianto di riscaldamento a circolazione d'aria calda. Innanzi tutto, la presenza di numerose polle di acqua termale lungo il canyon suggerisce che nella grotta ci siano egualmente più vie di risalita delle acque termali, e quindi più fonti di calore separate. La speleogenesi, dovuta all'acqua e non all'aria (anche se quest'ultima ha avuto e ha una grande azione di corrosione), ha creato una miriade di gallerie «superflue» per la circolazione dell'aria, e oltretutto le comunicazioni con l'esterno hanno forma e posizione poco adatte a una ventilazione uniforme ed efficiente. Due gallerie alla stessa altitudine possono avere scambi di calore molto differenti, in base alla posizione rispetto ai flussi termali e alle pareti del canyon. Così, l'aria di queste gallerie può essere spinta verso ambienti in cui contemporaneamente arrivano altre masse d'aria per cause completamente differenti, o essere intrappolata nella volta di una sala, ecc.

Sicuramente, per le prospettive future di esplorazione, il risultato più interessante è che certamente esistono delle comunicazioni con l'esterno sconosciute, da cui esce aria. Non resta che trovarle...

Riferimenti bibliografici

- Benassi A., 2022: *Langarices 2023. Inseguendo il Respiro del Drago*. Nota apparsa su Scintilena il 13.05.2023.
- Eftimi R. (Scientific editor, with the cooperation of G. Bisha, I Tafilaj & Xh. Sheganaku), 1985: *Hydrogeological Map of Albania*. Tirana, Ministry of Industry and Mines.