

GORTANIA - Atti Museo Friul. di Storia Nat.	22 (2000)	39-58	Udine, 30.XI.2000	ISSN: 0391-5859
---	-----------	-------	-------------------	-----------------

F. CUCCHI, G. CASAGRANDE, F. GEMITI, P. MANCA, S. PREDONZANI, B. VIGNA

NUOVE PROVE CON TRACCIANTI SUL MASSICCIO CARSIKO  
DEL MONTE CANIN: METODOLOGIE E RISULTATI\*

*NEW TRACER TESTS IN THE MT. CANIN KARST PLATEAU:  
METHODS AND RESULTS*

**Riassunto breve** - Il presente lavoro ha lo scopo di illustrare i risultati di due nuovi test di tracciamento effettuati nel settore Nord-occidentale del Monte Canin (Alpi Giulie) e di presentare il protocollo metodologico con il quale si sono svolti gli esperimenti. Si descrivono infatti le metodologie applicate sia in campagna sia in laboratorio con le quali è stato possibile inquadrare l'idrogeologia del settore, che risulta caratterizzato da una doppia circolazione idrica: la parte marginale dell'altipiano drena le sue acque attraverso il Fontanone di Goriuda, posto a quota più alta rispetto la zona satura vera e propria, la parte più interna è caratterizzata da un deflusso idrico profondo e semidispersivo, esteso nelle assise dolomitiche e facente capo direttamente al fondovalle tramite dei sistemi sorgivi sepolti siti in Val Raccolana. Si presenta inoltre una sintesi delle prove di tracciamento effettuate sull'intero massiccio (versante italiano e versante sloveno) e si rielaborano i risultati in un quadro più ampio, allo scopo di chiarire la geometria dell'intera idrostruttura: in questo contesto si presenta un nuovo modello di circolazione idrica sotterranea, definendo le proprietà idrogeologiche delle formazioni dei Calcari del Dachstein e della Dolomia Principale nell'area studiata.

**Parole chiave:** Idrogeologia, Carsismo, Traccianti, M. Canin.

**Abstract** - *The present work aims at illustrating the results of two new underground water tracing tests in the north-west zone of Mt Canin massif (Julian Alps) and at explaining the survey and laboratory methods. In this way it is now possible setting the hydrogeology of this area, characterised by a double underground water circulation. The first circulation model evolves in the marginal zone of Mt Canin plateau, whose waters are drained through " Fontanon di Goriuda ", a spring higher than the sature zone. The second model evolves in the inner zone of Mt. Canin plateau, characterised by a deep flowpath, partially dispersive, that develops even in below dolomitic rocks and appears in a buried spring system located at the bottom of the Raccolana valley. Moreover this work aims a summary of underground water tracing tests, been carried out in the whole Mt. Canin massif (both italian and slovenian side), and a re-elaboration of the results in a widest view so to explain the geometry of the whole hydrostructure. In short this study proposes a new model of underground water circulation and settles the hydrogeological properties of "Calcari del Dachstein" and "Dolomia Principale" formation in this area.*

**Key words:** Hydrogeology, Karst waters, Tracers, Mt. Canin.

\* Pubblicazione n° 2203 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del CNR-L.R. 4 "Studi sulla vulnerabilità delle falde", coordinatore prof. M. Civita. U.O. 4.7 - Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università di Trieste, responsabile prof. F. Cucchi.

## Premessa

In passato il M. Canin è stato oggetto di alcuni esperimenti con traccianti, ma data la presenza di un fenomeno carsico particolarmente vasto e complesso, le conoscenze idrogeologiche dell'intera zona erano piuttosto carenti e/o finalizzate alle singole aree del massiccio. Nel corso della presente ricerca si sono effettuate due prove di tracciamento sul fondo dell'Abisso Michele Gortani, rispettivamente in regime non influenzato ed in regime influenzato, con lo scopo di verificare l'esistenza o meno di una zona satura e cercando di individuare le modalità e le direzioni del deflusso sotterraneo. Essendo i primi del settore, questi esperimenti non potevano essere di tipo quantitativo (cioè monitorando "in continuo" tutte le sorgenti) né tantomeno si poteva discriminare a priori una sorgente rispetto l'altra. Si è deciso pertanto di svolgere degli esperimenti di tipo semi-quantitativo, monitorando comunque tutte le emergenze note con l'utilizzo di fluocaptori, sostituiti ad intervalli di tempo brevi e uguali per tutti i sistemi sorgivi. In questo modo sono state tenute sotto controllo tutte le sorgenti del massiccio distinguendo, da un punto di vista qualitativo, quelle in cui è transitato il tracciante e verificando, da un punto di vista quantitativo, le diversità dei tempi di risposta ed il perdurare dei transiti. Queste ultime informazioni, seppure preliminari ed approssimative, si sono rivelate importanti per inquadrare anche l'aspetto idrodinamico del sistema, già ipotizzato dal monitoraggio in continuo dei parametri chimico-fisici alle sorgenti (CUCCHI et al., 1999; in stampa).

## Inquadramento geografico, geologico e geomorfologico-carsico

Il Massiccio del Monte Canin è sito a cavallo del confine di stato italo-sloveno, nel cuore delle Alpi Giulie Occidentali. È delimitato a Nord dalle valli Raccolana e Rio del Lago (separate dall'abitato di Sella Nevea), ad Est dalla Val Mogenza, a Sud dalle valli dell'Isonzo e Resia e ad Ovest nuovamente dalla Val Resia. Il massiccio è caratterizzato da otto sorgenti principali: Boka, Zvica, Glijun e Možnica (versante meridionale e versante orientale - Slovenia) e Rio del Lago, Sorgenti sotto Sella Nevea, Fontanon di Goriuda e Fontanon sotto il M. Sart (versante settentrionale ed occidentale - Italia).

Da un punto di vista stratigrafico la successione affiorante è essenzialmente norico-retica, caratterizzata dalla Dolomia Principale sottostante ai Calcari del Dachstein. Vi sono inoltre diversi affioramenti di Calcari Grigi liassici a volte presenti in continuità stratigrafica con le litologie soprastanti fino alla Scaglia Rossa cretacea, in una serie particolarmente condensata (CIARAPICA & PASSERI, 1990; PERNARCIC, 2000).

Da un punto di vista strutturale il gruppo del Monte Canin si presenta come un'anticlinale fagliata in cerniera da un retroscorrimento a trend alpino, riconducibile strutturalmente al thrust regionale sud-vergente posto ai piedi del versante meridionale. Questa struttura e

quelle ad essa subparallele sono state successivamente riprese e dislocate da piani orientati NW-SE (a carattere trascorrente destro) e N-S (subverticali e talvolta con movimenti sinistroidi).

L'Abisso Gortani si apre a quota m 1928 sul Col delle Erbe nel settore Nord-occidentale del massiccio. La cavità è un piccolo tassello di un vasto sistema (Complesso del Col delle Erbe, 20 km di sviluppo) costituito da diversi abissi per lo più impostati in direzione N-S, messi in comunicazione da una serie di gallerie freatiche E-W, non più interessate dalla circolazione idrica. Tralasciando l'aspetto evolutivo del sistema ipogeo, è stato rilevato che alcuni di questi rami presentano un deflusso idrico autonomo ed indipendente. Per esempio il ramo della "via dell'acqua", dove sono stati effettuati i test precedenti, si approfondisce verso Nord (cioè verso il Fontanone di Goriuda) e le esplorazioni terminano su un sifone pensile alla profondità di circa 650 metri dalla superficie (m 1270 s.l.m.). Il "Meandro di un Km" (in questo lavoro indicato semplicemente come "ramo terminale") costituisce la zona più profonda del complesso: planimetricamente si sposta parecchie centinaia di metri verso ESE ed arriva alla profondità di 935 metri (quota m 1015 s.l.m.). È percorso da un collettore idrico ipogeo che in condizioni di magra ha una portata media di una decina di l/s. Il fondo del ramo è costituito da un sifone che, tra quelli conosciuti nel settore, è l'unico a presentare le caratteristiche di un sifone di livello di base, sito cioè sulla soglia della zona satura ad indicare il livello locale della falda. In questo ramo non sono mai state effettuate delle prove con traccianti e si è deciso quindi di effettuare due esperimenti, uno in regime non influenzato nei mesi invernali quando le basse temperature e il manto nevoso sigillano le zone di assorbimento limitando gli apporti infiltrativi e l'altro in regime influenzato durante le grosse precipitazioni autunnali.

## Sintesi degli esperimenti di marcatura effettuati sul massiccio del Monte Canin

Le prime prove con i traccianti coincidono con le prime esplorazioni degli abissi "storici" del M. Canin. I dati bibliografici di tutte le colorazioni effettuate sul Monte Canin sono riassunti in tab. I ed di seguito brevemente sintetizzati in ordine cronologico. I risultati sono stati elaborati in fig. 1.

### *Abisso E. Boegan (1968)*

La cavità (Fr 555) si apre a quota m 1875 s.l.m. nella conca glaciocarsica sita immediatamente a Sud del Col delle Erbe (Settore Nord-occidentale). È costituita da una serie di pozzi cascata, talvolta separati da qualche breve forra, che conducono rapidamente alla profondità di 624 metri (m 1251 s.l.m.) dove un sifone impedisce ogni possibile prosecuzione. Il 27 settembre 1968 sono stati immessi nel torrente terminale 2 kg di fluoresceina. I fluocaptori sono stati posizionati al Fontanone di Goriuda ed a monte della confluenza tra il torrente proveniente da Goriuda (2,3 km

Cavità	Quantità	Principale	Risposte	Tracce	Sorgenti monitorate	Data iniezione	Data ultimo prelievo	Tempi di risposta
Ab. Boegan	2 kg	Fontanone di Goriuda	Torrente Raccolana		F. Goriuda, V. Raccolana e diverse sorgenti e torrenti che circondano il massiccio (non specificati)	27/09/68	09/10/68	< 13 giorni
Ab. Gortani (via dell'acqua)	2 kg	Negativo	Negativo		F. Goriuda e T. Raccolana a monte della confluenza con Goriuda	20/07/68	-	-
Ab. Gortani (via dell'acqua)	2 kg	Fontanone di Goriuda	-	-	Torrente Raccolana (come sopra), F. di Goriuda, varie sorgenti slovene (non specificate)	30/07/72	10/08/72	> 40 ore < 60 ore
Ab. Davanzo	2 kg	Fontanone di Goriuda	-	-	F. di Goriuda e T. Raccolana a monte della confluenza con Goriuda	24/12/72	06/01/73	> 3 giorni < 13 giorni
Ab. Gortani (via dell'acqua)	4 kg	Fontanone di Goriuda	-	-	F. di Goriuda, T. Raccolana, torrente presso il F. di Goriuda e sorgenti slovene (risultati non pervenuti)	24/08/75	31/08/75	< 17 ore
Prestreljenski Podi	?	Sušec/Mala Boka Potok	Zvica Boka (?) Bočič (?)	Zvica Boka (?) Bočič (?)	Sušec, Zvica, Boka, Potok, Bočič	09/08/75	-	1 settimana
Torrente del Boka	?	Bočič/Jama	Bočič	Bočič, Bočič/Jama		-	-	-
Ab. Veliko Sbrago	?	Sorg. Glijun Sorg. Zvica	Mogenza (?)	Mogenza (?)	Glijun e Zvica e altre sorgenti non specificate	18/08/91	-	> 30 giorni
Ab. Led Zeppelin	3 kg	Sorg. Glijun Sorg. Zvica	Mogenza (?)	Mogenza (?)	Glijun, Zvica, Boka, Mogenza, Rio del Lago, Sella Nevea, Goriuda	26/10/97	14/11/99	< 70 ore
Ab. Gortani (ramo terminale)	3 kg	Negativo	Negativo	Negativo	Glijun, Zvica, Boka, Mogenza, Rio del Lago, Sella Nevea, Goriuda, Sart	17/03/99	30/05/99	-
Ab. Gortani (ramo terminale)	7 kg	Torrente Raccolana	-	-	Glijun, Zvica, Boka, Mogenza, Rio del Lago, Sella Nevea, Goriuda, Sart e T. Raccolana dopo l'abitato di Tamaroz	11/10/99	15/01/99	> 10 giorni < 17 giorni

Tab. I - Tavola riassuntiva di tutte le prove storiche di marcatura delle acque ipogee, effettuate nel Massiccio del M. Canin. La colonna relativa alle risposte è stata differenziata, precisando dove c'è stato il deflusso principale e se (e dove) c'è stato un deflusso secondario, con il rilevamento di fluoresceina in tracce. Per quanto è possibile, sono indicati anche i tempi di risposta del tracciante, indicando il periodo di tempo dopo il quale si è avuto il primo segnale.

- *Recapitulatory table of all the historical tracing tests of underground water, made on Canin Mt. Massif. The column that show the responses is been differentiated, showing where was the main flowpath and if there was (and where) a secondary flowpath, with a low fluorescein concentration. Where it is possible also a response time of the tracer is shown, showing when the first signal was registered.*

in linea d'aria dal punto di immissione) ed il torrente Raccolana, nel greto dell'omonimo torrente proveniente dalle Sorgenti sotto Sella Nevea. I fluocaptori sono stati ritirati dopo 13 giorni e sono risultati positivi solamente quelli posizionati al Fontanon di Goriuda, in quantità elevata, e quelli posizionati sul torrente Raccolana, in tracce (GASPARO, 1981).

#### Abisso Michele Gortani (1968-72)

La cavità, descritta nei paragrafi precedenti, è stata utilizzata per tre esperimenti con fluoresceina svolti tutti nello stesso ramo ("via dell'acqua"). Il primo test (20/07/68) con l'iniezione di 2 kg di fluoresceina, diede esito negativo per tutti i campioni raccolti.

Il secondo test svolto il 30/07/72 ha dato risultati positivi esclusivamente nel Fontanon di Goriuda (1,6 km in linea d'aria dal punto di immissione). Il primo fluocaptore raccolto 40 ore dopo l'iniezione del tracciante ha dato esito dubbio, mentre il secondo fluocaptore raccolto circa 60 ore dopo la colorazione ha rilevato una colorazione molto intensa.

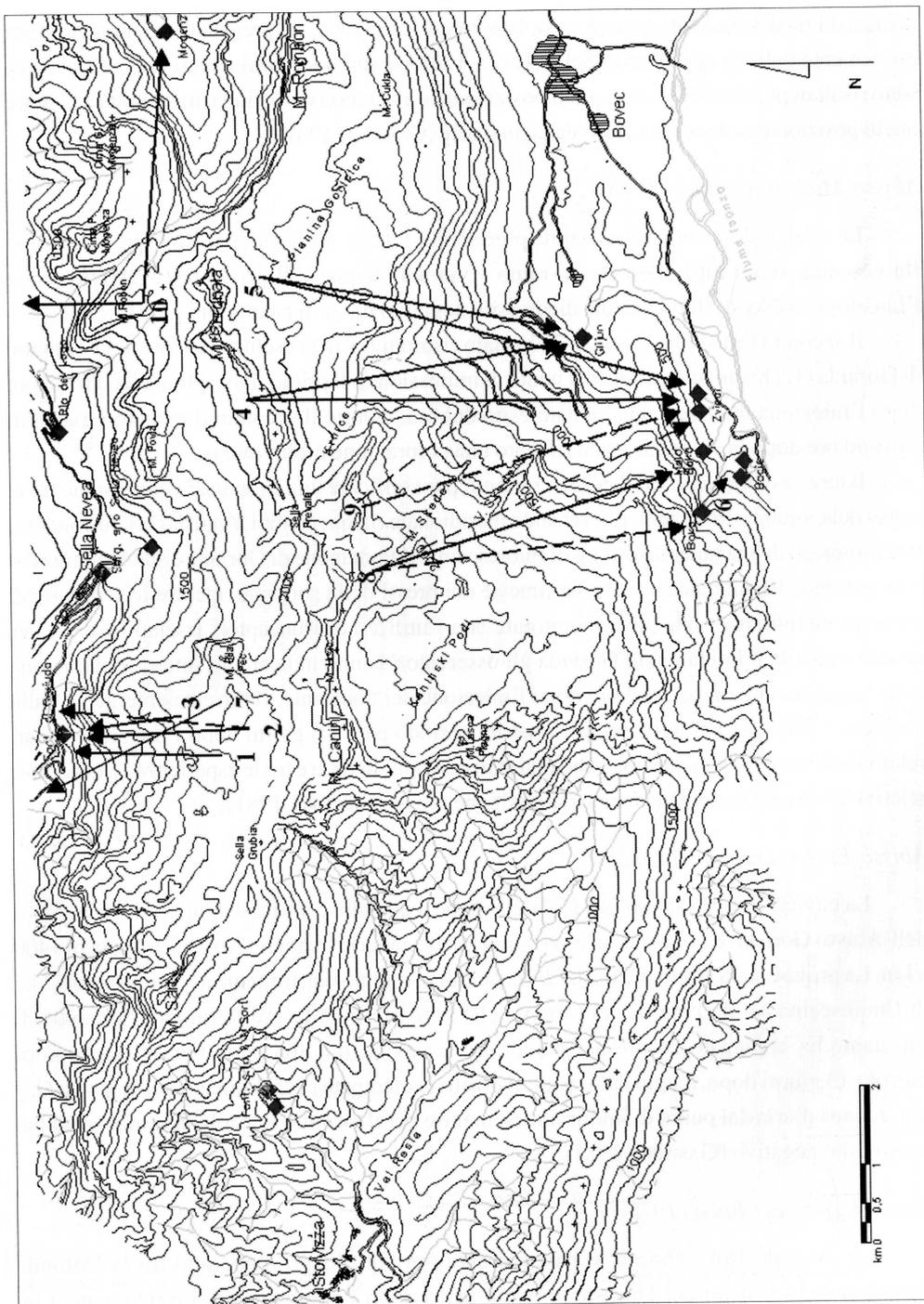
Il terzo esperimento (31/08/75), condotto per verificare una eventuale connessione tra le acque del Gortani e le sorgenti del versante meridionale (in quei tempi Jugoslavia), fu condotto con l'impiego di una quantità di 4 kg di fluoresceina. Il Fontanone di Goriuda è stato monitorato "in continuo" tramite alcune persone rimaste nei pressi della sorgente, mentre le sorgenti del versante meridionale sono state monitorate con l'utilizzo di fluocaptori lasciati in loco. Per quanto riguarda il Fontanon di Goriuda gli osservatori hanno indicato un'intensa colorazione delle acque uscenti, appena 17 ore dopo l'iniezione del tracciante. Il torrente emergente dalla sorgente è rimasto di colore verdastro per un periodo pari a 6 giorni dopo l'iniezione. I dati relativi alle sorgenti slovene non sono mai stati resi noti. In tutte e tre le esperienze i fluocaptori relativi al torrente Raccolana hanno dato esito negativo (GASPARO, 1981).

#### Abisso Enrico Davanzo (1972)

La cavità (Fr 601) si apre sul Col delle Erbe a qualche centinaio di metri dagli ingressi dell'Abisso Gortani. È collegata ad esso tramite delle gallerie freatiche "fossili" a quota m 1400 s.l.m. La prova è stata effettuata il 24/12/72, quindi in regime non influenzato, immettendo 2 kg di fluoresceina a - 250 metri, nel torrente che percorre tutta la grotta fino a -737 metri. Il tracciante ha impiegato 24 ore per percorrere la cavità fino alla parte nota. I fluocaptori, raccolti 13 giorni dopo, hanno dato risultati positivi solamente per il Fontanon di Goriuda (1,4 km in linea d'aria dal punto di immissione), mentre per il torrente Raccolana le analisi hanno avuto esito negativo (GASPARO, 1981).

#### Test nel greto del Boka (1975 ?)

La sorgente Boka sbocca in parete a quota m 800, lungo il contatto tra la Dolomia Principale ed i Calcari del Dachstein; pochi metri dopo l'emergenza il torrente genera un



cascata alta circa 100 metri. Quando la sorgente è in regime di particolare magra, a qualche centinaio di metri dalla base della cascata, il torrente viene catturato lungo un piano faglia subverticale N-S e lungo i piani di strato anch'essi subverticali. In corrispondenza della medesima faglia, a quota m 370 ed a qualche centinaio di metri di distanza, si apre la sorgente carsica di Bočič Jama. All'inizio degli anni settanta è stata iniettata della fluoresceina lungo il greto del Boka, a monte della cattura, e si è dimostrato che in poche ore le perdite del torrente venivano a giorno in corrispondenza della sorgente Bočič. L'osservazione dell'andamento della temperatura nelle due sorgenti, anche di tipo puntuale e sporadico, rappresenta un marker coerente con i risultati dell'esperimento (CUCCHI et al., 1999)<sup>(1)</sup>.

#### *Test sul Prestreljeniski Podi (1975)*

Il 09-08-1975, durante un periodo particolarmente piovoso, sono state marcate le acque di ruscellamento superficiale nel plateau sotto il Monte Forato, a quota m 2180, versante meridionale. Dopo una settimana, durante la quale non si sono verificate altre precipitazioni, è stata rinvenuta un'intensa concentrazione di tracciante alla sorgente Sušec e Potok (una piccola sorgente, con portate < 5 l/s, nei pressi di Zvica), e quantitativi in tracce anche nelle sorgenti Zvica e nel rio del Boka. È stata monitorata anche la sorgente Bočič, ma le analisi hanno dato risultati incerti. Non sono specificati né il tipo di tracciante né le modalità con cui sono state effettuate le analisi (NOVAK, 1978).

#### *Abisso Veliko Sbrgo (1991)*

È uno dei sistemi ipogei più profondi dell'intero massiccio: raggiunge infatti la profondità di 1240 metri, con uno sviluppo complessivo pari a 9 km. L'ingresso si apre sull'altipiano di Planina Goricica, versante meridionale, sotto le pareti del M. Cergnala. La cavità è costituita da

(1) Non esistono fonti bibliografiche riguardo questo esperimento o perlomeno sono attualmente irripetibili. Le informazioni riportate ci sono state fornite dal Prof. Kunaver, dell'Università di Ljubljana, a cui va il nostro sentito ringraziamento.

Fig. 1 - Vengono rappresentate le principali direzioni di deflusso sotterraneo delle acque accertate dalle prove con i traccianti. I punti di immissione della fluoresceina sono stati: 1- Ab. Davanzo, 2- Ab. Boegan, 3- Ab. Gortani (ramo dell'acqua), 4- Ab. Led Zeppelin, 5- Ab. Veliko Sbrgo, 6- Greto del torrente Boka, 7- Ab. Gortani (ramo terminale), 8- Prestreljeniski Podi, 9- Ristorante sulle piste, 10- Ab. De Gasperi. La linea continua indica il deflusso principale, la linea tratteggiata indica un deflusso secondario (tracce). La direzione della freccia indica il punto di monitoraggio, dove sono stati fissati i fluocaptorii.

- The main subterranean flowpath determined by tracing. The fluorescein injection point are been: 1- Davanzo Ab., 2- Boegan Ab., 3- Gortani Ab. (Ramo dell'Acqua), 4- Led Zeppelin Ab., 5- Veliko Sbrgo Ab., 6- Boka stream pebbly shore, 7- Gortani Ab. (terminal branch), 8- Prestreljeniski Podi, 9- Restaurant on the ski racing, 10- De Gasperi Ab. The continuous line shows the main flowpath, the sketched one shows a secondary flowpath. The arrow direction shows the monitoring point, where the detector bags were set.

una serie di pozzi classici, qualcuno evoluto a cascata, verticali fino alla profondità di 520 metri dove, in corrispondenza del passaggio stratigrafico tra i Calcari del Dachstein e la Dolomia Principale, assume un andamento sub-orizzontale, approfondendosi lungo i piani di strato. Il collettore idrico ipogeo del Veliko, nella sua parte terminale, ha una portata di 30 l/s in magra, mentre si è avuto l'occasione di verificare una portata in piena di alcuni metri cubi.

Il test di tracciamento è stato effettuato nell'agosto del '91 da parte di una équipe di speleologi sloveni. La più elevata concentrazione di tracciante è stata rilevata alla sorgente Glijun, solamente dopo un mese dall'immissione e con una settimana di ritardo rispetto una grossa piena. Una concentrazione modesta è stata rilevata anche alla sorgente Zvica, mentre sarebbero state rinvenute delle tracce alle sorgenti di Mogenza (ANTONINI & SQUASSINO, 1992), sebbene quest'ultimo dato sembra incerto. Questo esperimento fu commissionato da una ditta privata al Gruppo Speleologico di Ljubljana, per cui sono stati comunicati soltanto i risultati qualitativi mentre i dati numerici, per una ricostruzione quantitativa, non sono mai stati pubblicati né resi pubblici.

#### *Abisso Led Zeppelin (1997)*

È una delle grotte (5947 / Fr 3394) più profonde del Canin italiano e dell'intera regione, con una profondità di 960 metri ed uno sviluppo spaziale di 3691 metri. L'abisso si apre a quota m 2.130 s.l.m. ed è formato da una serie di pozzi e di forre, sviluppati nel Calcare del Dachstein, che raggiungono il tetto della Dolomia principale. In profondità confluiscono tre importanti arrivi d'acqua che formano un collettore con una portata media di 60 l/s: il maggiore finora scoperto sul versante italiano ed uno dei più cospicui dell'intero massiccio. Il test di tracciamento è stato effettuato iniettando alle ore 02 del giorno 26.10.1997 un quantitativo di 3 kg di Fluoresceina LT (Acid yellow 73- CI 45350), nel torrente che scorre nella parte terminale dell'Abisso Led Zeppelin, alla profondità di ~900 metri dall'ingresso e rispettivamente alla quota di ~1.230 metri s.l.m. Nei giorni di sostituzione dei fluocaptori sono stati prelevati dei campioni d'acqua per effettuare l'analisi spettrofluorimetrica e individuare l'eventuale presenza di tracciante. I prelievi dei fluocaptori sono avvenuti, rispettivamente dopo 60 ore e dopo 15 giorni, collocando la 2ª serie di fluocaptori contemporaneamente al ritiro della 1ª serie. Dai dati sulla fluorescenza di base dell'acqua condotta durante questi ultimi esperimenti, è lecito pensare che si hanno avuto risultati positivi solamente a Glijun nella prima fase di prelievo, ed a Zvica e Glijun, nel secondo monitoraggio, con concentrazioni maggiori nella prima che nella seconda. Le analisi dei campioni d'acqua invece hanno dato esito negativo (CUCCHI et al., 1998).

#### *Abisso De Gasperi (2000)*

La cavità (2574/1235 Fr) si apre sul Monte Robon, nella parte Nord-orientale del massiccio. La cavità presenta un andamento prettamente verticale ed è costituita da una serie di pozzi che

raggiungono la profondità di m 512 dalla superficie. Nel mese di giugno del 2000 alcuni speleologi del Circolo Speleologico Idrogeologico Friulano (CSIF) hanno iniettato 3 kg di fluoresceina sodica nella grotta Blitz, cavità secondaria e tributaria dell'Abisso De Gasperi. I fluocaptori sono stati posizionati nelle sorgenti di Rio del Lago, lungo il greto del torrente del Rio del Lago a valle delle ultime propaggini del massiccio del M. Canin, in alcune sorgenti di troppo pieno ai piedi del Monte Robon ed in Val Mogenza. I captori sono stati prelevati 15 giorni dopo l'iniezione del tracciante ed i carboni risultati positivi alla fluoresceina sono quelli posizionati in Val Mogenza e sul greto della Valle del Rio del Lago (MOCCHIUTTI et al., 1999). Le analisi sono state effettuate al Laboratorio di Biologia Marina dell'Università degli Studi di Trieste secondo il protocollo metodologico presentato in questo lavoro.

#### **Metodologie di analisi e strumentazioni**

Per le prove eseguite nel 1999, i fluocaptori sono stati costruiti tramite un tubo di Geberit del diametro di mm 40 e lunghezza mm 100 le cui estremità sono state chiuse da una retina di acciaio inox con maglie di mm 1. I fluocaptori sono stati riempiti di carbone granulare attivo in grani di mm 3 di diametro. Sono stati fissati alla roccia con cavi flessibili di acciaio inox del diametro di mm 3 ancorati su Spit Fix (mm 8) o su Spit Rock di mm 12. Questi accorgimenti hanno garantito il recupero della maggior parte dei captori anche se alcuni non hanno resistito alle grandi piene primaverili.

Nel primo test di tracciamento i primi tre cicli di fluocaptori (prove in bianco, 1° e 2° serie post-iniezione) ed i campioni d'acqua sono stati analizzati dal Laboratorio di Biologia Marina (L.B.M.) dell'Università degli Studi di Trieste. Lo strumento utilizzato sia per l'analisi dei carboni attivi che per le analisi dell'acqua è uno spettrofluorimetro Perkin Elmer LS 50B. La quarta serie di campioni è stata invece divisa ed analizzata sia dal L.B.M. che dal Laboratorio del Dipartimento di Georisorse e Territorio del Politecnico di Torino per un confronto dei dati e delle metodologie. Nel secondo test di tracciamento i campioni d'acqua e di carbone attivo sono stati analizzati esclusivamente dal L.B.M.

Per le analisi dei campioni di carbone si è proceduto secondo il seguente protocollo metodologico.

- Il carbone attivo dei fluocaptori è stato conservato nel congelatore.
- Scongelo il carbone e lavato bene con acqua distillata si è proceduto all'estrazione su di un'aliquota di 5g. Durante il secondo test, il fluocaptore scongelato non è stato lavato per evitare il dilavamento del tracciante.
- I carboni sono stati immersi in 15 ml di KOH alcoolica (soluzione al 15% di KOH in etanolo - acqua 1:1) per 20 minuti. Durante il secondo test, l'estratto idroalcolico è stato preparato con l'utilizzo di 10 ml di potassa (KOH) al 10% di metanolo e si è utilizzato un tempo di estrazione pari a 15'.

- Si sono filtrati i campioni su retine di tipo Gooch (porosità 4) per ottenere l'estratto da analizzare con lo spettrofluorimetro. Gli estratti sono stati conservati al buio.
- Lo spettrofluorimetro è stato tarato attraverso uno standard di fluoresceina in potassa alcoolica per determinare il limite di rilevabilità. Per gli estratti di carbone, che contengono sostanze interferenti, il limite di rilevabilità è risultato di 1 ug/l.

Per i campioni d'acqua raccolti si è seguito il seguente metodo di analisi:

- I campioni sono stati raccolti in bottiglie di polietilene a doppio tappo, successivamente travasati in bottiglie di vetro onde evitare adsorbimenti sulle pareti di plastica e sono stati conservati al buio ed a temperatura non superiore ai 10°C.
- La fluoresceina nell'acqua è stata ricercata a pH 10, dopo addizione di EDTA.
- Si è preparata una soluzione standard di 100 ug/l di fluoresceina in acqua di rete, si è addizionato 0.5 ml di EDTA 1 M per 100 ml di soluzione e portato a pH 10 con soluzione diluita di soda (o soluzione tampone).
- Si sono ricercate le condizioni migliori per la l di eccitazione (trovata a 472.4 nm con fenditure di 15 nm) e di emissione (512.62 nm con fenditura di 520).

#### Test di tracciamento in regime non influenzato (primo test)

Il primo test di tracciamento è avvenuto il giorno 17/03/99, alle ore 21:15, momento in cui sono stati iniettati 3 kg di Fluoresceina sodica LT (Acid yellow 73-CI 45350) nel torrente che percorre il ramo terminale dell'Abisso Michele Gortani. Al momento di iniezione del tracciante, il torrente ipogeo aveva una portata valutata in un paio di l/s.

Sono state monitorate sette sorgenti su otto, in quanto la sorgente di Rio del Lago era praticamente asciutta. Prima dell'esperimento con il tracciante sono stati posizionati dei fluocettori, due per sorgente, e lasciati in posa per tre giorni. Si è voluto così effettuare le "prove in bianco" per valutare la fluorescenza naturale dell'acqua e poter calcolare più correttamente il quantitativo di tracciante giunto alle sorgenti, anche nel caso di concentrazioni bassissime. Esclusi i "bianchi", successivamente alla colorazione sono stati effettuati tre prelievi: il primo due giorni dopo l'iniezione del tracciante (19/03/99), il secondo dopo 15 giorni (01/04/99) ed il terzo dopo 71 giorni (29/05/99).

Durante la messa in posa dei fluocettori per le prove in bianco e per il 1° monitoraggio sono stati prelevati campioni d'acqua, uno per sorgente, per un confronto sulla fluorescenza di base delle acque ed eventuali tracce di fluoresceina.

#### Risultati del primo test

Nei primi 50 giorni dell'esperimento il sistema si è mantenuto in regime non influenzato,

in quanto le condizioni climatiche della zona hanno continuato ad essere di tipo invernale. Un successivo aumento delle temperature ha provocato il disgelo della neve sita in quota ed un considerevole aumento delle portate di tutte le sorgenti.

Le analisi di tutti i campioni di carbone attivo hanno dato risultati negativi. I valori riscontrati con le analisi spettrofluorimetriche effettuate al L.B.M. sono riportati in tab. II. Le analisi del 3° prelievo sono state effettuate dal Laboratorio del Politecnico di Torino. È stato comunque notato che i valori sono disturbati da un fondo molto alto, che presenta un massimo di emissione a circa 530 nm.

Anche le analisi effettuate sui campioni d'acqua prelevati alle sorgenti durante il primo ed il secondo monitoraggio hanno dato esito negativo (i risultati sono riassunti in tab. III). Come accennato precedentemente, in questo caso non si è notato alcuna differen-

	Prove in bianco	I° ciclo	II° ciclo	III° ciclo	Risultati	Distanza in km
Periodo di contatto	2/3-5/3	7/10-14/10	14/10-21/10	21/10-28/10	-	-
Tempo di contatto	3 giorni	14 giorni	13 giorni	58 giorni	-	-
Regime idrico	magra	magra	magra	piena	-	-
Fontanon del M. Sart	7.72	10.98	3.89	51 (*)	Negativo	5,2
Fontanon di Goriuda	-	6.99	7.33	51 (*)	Negativo	2,2
Sorg.ti s.to Sella Nevea	8.53	2.37	1.53	44 (*)	Negativo	2,1
Sorg.ti di Rio del Lago	11.89	13.21	10.05	48 (*)	Negativo	3,7
Sorg.ti di Mogenza	-	12.67	14.48	74 (*)	Negativo	8,2
Sorg. Glijun	15.35	14.66	13.10	47 (*)	Negativo	6,1
Sorg. Zvica	15.14	12.06	9.30	36 (*)	Negativo	6,7
Sorg. Boka	-	1.53	1.69	-	Negativo	6,4

Tab. II - Analisi dei carboni attivi del primo test effettuate nel Laboratorio di Biologia Marina dell'Università degli studi di Trieste. I valori definiti in unità di fluorescenza indicano esclusivamente la fluorescenza naturale dell'acqua. Si noti come essa sia proporzionale al tempo di contatto, indice della capacità cumulativa dei fluocettori di trattenere la sostanza organica. I campioni sono da considerarsi negativi poiché la lettura spettrofluorimetrica non indicava alcun picco per la lunghezza d'onda della fluoresceina (512 nm). Il terzo ciclo (\*) è stato analizzato dal Laboratorio del Dipartimento di Georisorse e Territorio dell'Università di Torino con una strumentazione differente, pertanto i valori non sono paragonabili direttamente. L'ultima colonna indica la distanza in linea d'aria tra il punto di immissione del tracciante e l'emergenza.

- Active charcoal analysis of the first tracing test made by the Marine Biology Laboratory, of the Study University of Trieste. The values are defined in fluorescence unit and show only the natural water fluorescence. The proportion between it and the contact time can be observed; it is a cumulative capacity index of the detector bags that retain the organic substance. The samples can be considered negative because the spectrofluorimetric lecture didn't show any peak for the fluorescein wavelength (512 nm). The third cycle (\*) is been analysed by the Georesource and Territory Department of the Torino University with a different instrument, so the values are not directly comparable. The last column shows the air distance between the injection tracer point and the spring.

Sorgente	bianchi (05/03/99)	1° prelievo (19/03/99)	Risultati
Sart	0.069 ug/l	0.056 ug/l	Negativo
Goriuda	0.086 ug/l	0.076 ug/l	Negativo
Sella Nevea	0.015 ug/l	0.017 ug/l	Negativo
Mogenza	0.027 ug/l	0.029 ug/l	Negativo
Glijun	0.040 ug/l	0.054 ug/l	Negativo
Zvica	0.038 ug/l	0.017 ug/l	Negativo
Boka	0.021 ug/l	0.044 ug/l	Negativo

Tab. III- Analisi spettrofluorimetriche dei campioni d'acqua prelevati durante le prove in bianco e durante il primo monitoraggio. Si noti la corrispondenza dei valori di fluorescenza naturale tra le sorgenti.

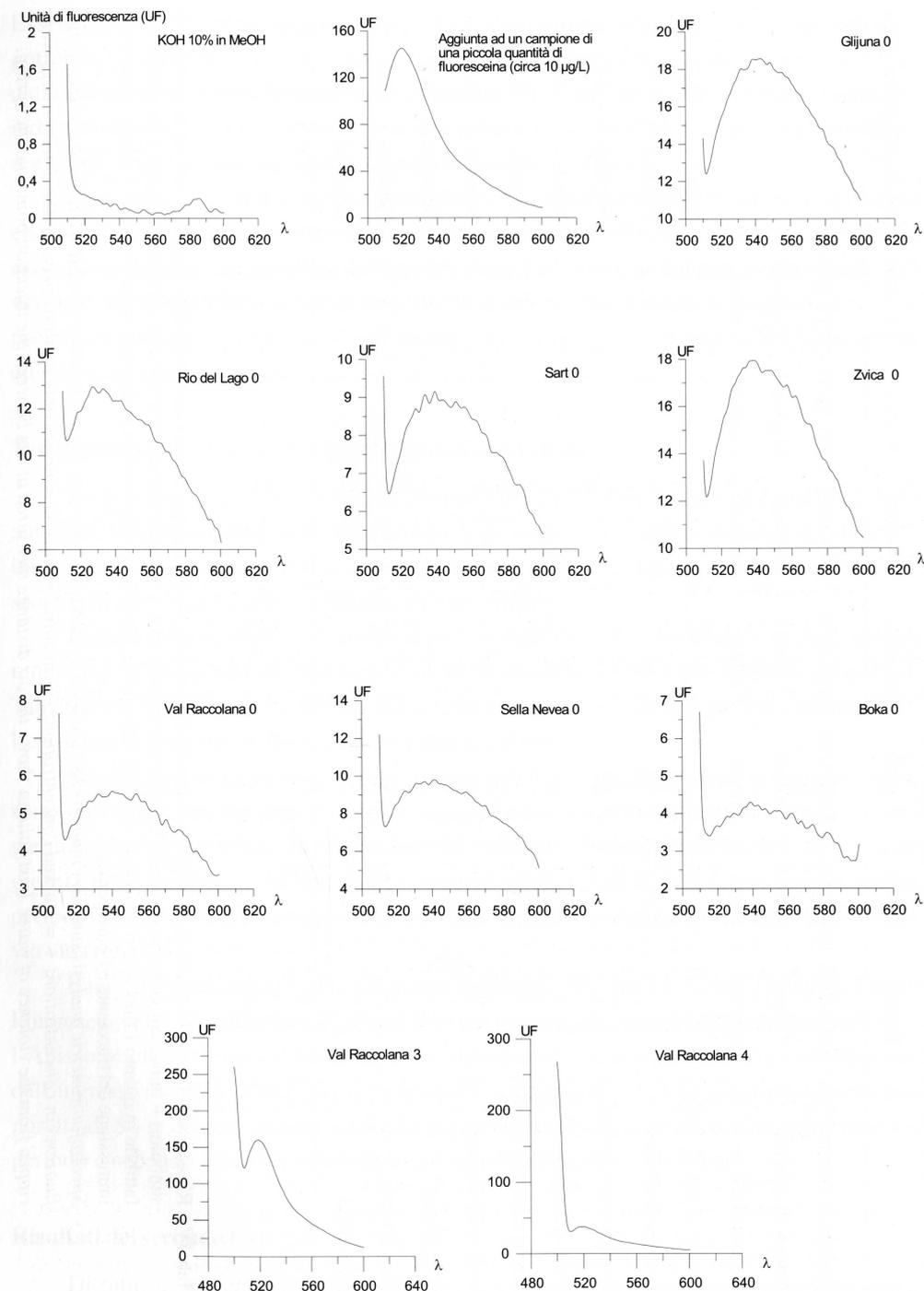
- *Spectrofluorimetric analysis of water samples taken during the "white test" and the first monitoring. The correspondence of natural fluorescence values between springs can be observed.*

za di valori di fluorescenza tra una sorgente e l'altra. Al contrario i valori sono simili e caratterizzati da una discreta corrispondenza tra i campioni in bianco ed i campioni del 1° prelievo.

Si può notare come le sorgenti Glijun e Zvica presentino un valore di fondo molto simile e più elevato rispetto le altre. Da un punto di vista idrogeologico è molto probabile che queste emergenze attingano anche dalla zona dove è sito un ristorante, sulle piste da sci del versante meridionale, che scarica le acque reflue in un pozzo carsico sottostante.

Fig. 2 - Letture spettrofluorimetriche dei campioni più significativi. Nel primo grafico viene rappresentata la lettura spettrofluorimetrica di potassa alcoolica (KOH) per vedere se e come la soluzione interferisce con la lunghezza d'onda della fluoresceina. Nel secondo grafico viene riportata la lettura della soluzione standard di 10 µg/l di fluoresceina, addizionata di 0.5 ml di EDTA 1 M per 100 ml e portata a pH 10 con soluzione diluita di soda, con la quale è stato tarato lo strumento. Le letture riferite alle sorgenti con il numero zero si riferiscono alle prove in bianco, dove sull'asse delle ordinate è stata utilizzata una scala più piccola per evidenziare il  $\lambda$  di eccitazione della fluorescenza naturale dell'acqua. Si noti come la fluorescenza naturale dell'acqua abbia i valori massimi intorno ai 530 nm. I campioni Val Raccolana 3 e 4 si riferiscono ai fluocaptori risultati positivi alla lunghezza d'onda della fluoresceina (512.0 nm).

- *Spectrofluorimetric lectures of the main significant samples. In the first graphs the spectrofluorimetric lecture of alcoholic potash are represented to see if the solution interferes with the fluorescein wavelength. In the second graph the standard fluorescein solution of 10 µg/l (used to calibrate the instrument), with 0.5 ml of EDTA 1 M for 100 ml and leaded to pH 10 with a diluted soda solution, is reported. The samples signed with number zero are related to the "white test", where a low graphic scale is used for the y-axis to evidence the excitement of natural fluorescence water. The natural fluorescence water has maximum values 530 nm. Val Raccolana 3 and 4 samples are related to the detector bags turned out positive to 1 fluorescein (512.0 nm).*



	Bianchi	I° ciclo	II° ciclo	III° ciclo	IV° ciclo	V° ciclo	VI° ciclo	Risultati	Distanza (Km)
Periodo di contatto	30/09-7/10	7/10-14/10	14/10-21/10	21/10-28/10	28/10-12/11	12/11-25/11	25/11-15/01	-	-
Tempo di contatto	7 giorni	7 giorni	7 giorni	7 giorni	14 giorni	14 giorni	21 giorni	-	-
Regime idrico	morbida	magra	magra	piena	morbida	morbida	magra	-	-
Fontanon del M. Sart	-	-	-	-	-	-	-	Negativo	5,2
Torrente Raccolana	-	-	-	++	+	-	-	Positivo	?
Fontanon di Goriuda	-	-	-	?	-	-	-	Negativo	2,2
Sorg.ti s.to Sella Nevea	-	-	-	?	-	-	-	Negativo	2,1
Sorg.ti di Rio del Lago	-	-	-	-	-	-	-	Negativo	3,7
Sorg.ti di Mogenza	-	-	-	-	-	-	-	Negativo	8,2
Sorg. Gilijun	-	-	-	-	-	-	-	Negativo	6,1
Sorg. Zvica	-	-	-	-	-	-	-	Negativo	6,7
Sorg. Boka	-	-	-	-	-	-	-	Negativo	6,4

Tab. IV- Riassunto delle analisi spettrofluorimetriche eseguite dal Laboratorio di Biologia Marina ed elenco delle sorgenti e dei siti monitorati. Il simbolo ++ indica una concentrazione di fluoresceina molto elevata; + = concentrazione ben marcata; - = risultati negativi; ? = analisi non fattibile in quanto i fluocaptori sono stati strappati dalla piena. L'ultima colonna indica la distanza in Km in linea d'aria tra il punto di immissione del tracciante e l'emergenza.

- *Spectrofluorimetric analysis summary made by Marine Biology Laboratory, springs list and monitored site list. Symbol ++ shows a high fluorescein concentration; + = marked concentration; - = negative results; ? = no feasible analysis because the detector bags were ripped from the violence of water. Last column shows the air distance measured at Km between the injection point and the springs.*

Essendo la fluorescenza naturale legata alle sostanze organiche disciolte, l'inquinamento potrebbe giustificare i valori più elevati influenzati da detersivi e candeggianti. In effetti i dati delle analisi spettrofluorimetriche effettuate sui campioni d'acqua in bianco (tab. III) indicano una discreta omogeneizzazione dei valori ed è lecito supporre anomalie periodiche registrate cumulativamente dai fluocaptori lasciati fissi in loco.

Comunque sia, il test in regime non influenzato può trovare giustificazione supponendo che o la fluoresceina è stata trattenuta e rilasciata poco alla volta in quantità non rilevabili o esistano sorgenti site in subalveo del torrente Raccolana nascoste dai detriti alluvionali. Nel versante meridionale le sorgenti di base (Bočič e Zvica) sono evidenti e generano dei veri e propri torrenti prima di riversarsi nell'Isonzo, ma nel versante settentrionale questo tipo di emergenze sono sconosciute.

#### Test di tracciamento in regime influenzato (secondo test)

La prova eseguita sul fondo dell'Abisso Michele Gortani è stata ripetuta in periodo autunnale. Statisticamente, nella zona in esame, questo periodo è caratterizzato dalle piene più intense dell'anno, salvo eventi eccezionali. Quindi si è voluto testare il funzionamento del sistema durante i forti eventi infiltrativi, all'esperimento.

Rispetto al primo test, si è aumentato il quantitativo di fluoresceina e il numero dei siti monitorati aggiungendo dei fluocaptori in Val Raccolana lungo il greto presso l'abitato di Tamaroz a valle delle pendici di Sella Blasic (ultimo promontorio del massiccio), onde appurare l'esistenza di sorgenti che alimentino in subalveo il torrente.

Sono state così monitorate le otto sorgenti più il torrente Raccolana; in ognuno dei siti sono stati fissati due fluocaptori, in posti separati e con attacchi distinti, per avere maggiori garanzie del loro recupero. A prescindere dai campioni in bianco (lasciati in loco per sette giorni), dopo l'iniezione del tracciante sono stati effettuati sei cicli di monitoraggio, per un periodo complessivo di osservazione pari a 96 giorni (tab. IV) con prelievi distanziati in tempi via via crescenti.

Il test di tracciamento è stato effettuato iniettando, alle ore 19:20 dell'11/10/99, 7 kg di Fluoresceina LT (Acid Yellow 73-CI 45350) nel torrente che scorre nel ramo terminale dell'Abisso Michele Gortani ("Meandro di un chilometro"), alla profondità di circa 880 metri dall'ingresso (m 1070 s.l.m.). Al momento della marcatura il collettore sotterraneo aveva una portata di 8 l/s: da considerarsi quindi in regime di morbida, date le condizioni idriche del periodo e secondo quanto è stato osservato nelle esplorazioni precedenti.

#### Risultati del secondo test

Di tutte le sorgenti ed i siti monitorati, sono risultati positivi solamente i campioni

prelevati nel greto del torrente Raccolana nel 3° e nel 4° ciclo di monitoraggio (tab. IV). La concentrazione di fluoresceina (fig. 2) rinvenuta nel campione raccolto il 28/10/99, considerando un peso di 6 g (peso umido), è pari a 115.65 mg/l (molto alta); nel campione prelevato il 12/11/99 nelle stesse condizioni, il valore di concentrazione è pari a 29.03 mg/l (mediamente alta).

Il tracciante ha iniziato a fluire all'emergenza in un periodo compreso tra i 10 giorni ed i 17 giorni, molto probabilmente il 15° giorno durante una piena particolarmente intensa. Nonostante questo evento e le piene successive, l'emissione del tracciante è continuata nel tempo o comunque è avvenuta in più momenti: nei fluocaptori prelevati nel 4° ciclo (due settimane dopo) il segnale della fluoresceina era ancora marcato.

Questi dati indicano, oltre alla presenza di sorgenti sepolte, la presenza di un acquifero fessurato con una certa capacità di immagazzinamento.

## Conclusioni

Il protocollo metodologico adottato in campagna si è dimostrato all'altezza delle severe condizioni logistiche, mentre quello analitico utilizzato in laboratorio si è dimostrato valido essendo il risultato di diverse esperienze (CUCCHI et al., 1998) e il frutto del confronto di tre diversi laboratori: il Laboratorio di Biologia Marina dell'Università degli Studi di Trieste, il Laboratorio Analisi dell'ACEGAS ed il Laboratorio del Dipartimento di Georisorse e Territorio del Politecnico di Torino.

Dai risultati ottenuti si deve quindi supporre l'esistenza di una circolazione idrica profonda, sviluppata nella Dolomia Principale e la presenza di un ulteriore sistema sorgivo, fino a questo momento ignorato, situato nel fondovalle e sepolto dalle alluvioni del torrente.

La risposta del tracciante, avvenuta probabilmente con impulsi multipli, fa pensare quindi ad un modello idrodinamico a dreni interdipendenti (CIVITA et al., 1987) dove la circolazione idrica avviene in zona saturata ed in maniera semidispersiva, attraverso la rete di condotti e fessure che costituiscono le vie di drenaggio. In questo contesto si presume che il sifone terminale dell'Abisso Gortani sia prossimo al livello base.

Da questi test e da quelli eseguiti finora si è così verificata l'esistenza di una doppia circolazione sotterranea nel settore nord-occidentale (fig. 3): nella zona più marginale dell'altipiano le acque di percolazione tendono ad organizzarsi in veri e propri torrenti sotterranei (collettori idrici ipogei) facenti capo al Fontanone di Goriuda (m 860 s.l.m.). Questi collettori non si approfondiscono fino alla superficie freatica, ma rimangono sospesi a quote più alte.

La zona più interna dell'altipiano è interessata invece da una circolazione idrica più profonda, dove oggi l'acqua di percolazione della zona vadosa raggiunge velocemente la zona saturata e viene drenata da un acquifero fessurato sviluppatosi nelle assise dolomitiche

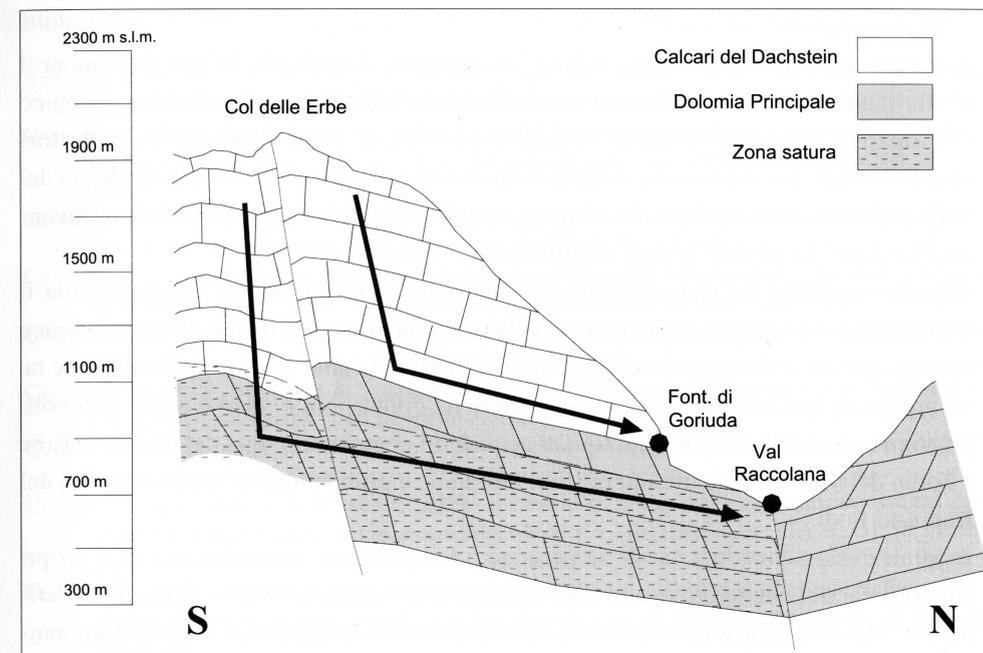


Fig. 3 - Sezione idrogeologica schematica rappresentante il deflusso idrico del settore Nord-occidentale (Col delle Erbe), identificato con i traccianti. Si noti la doppia circolazione sotterranea: il settore marginale drena le sue acque attraverso il Fontanone di Goriuda, sorgente sospesa rispetto l'attuale livello di base e posta a quote più alte rispetto la zona saturata; il settore più interno drena le sue acque in profondità fino ad un acquifero sviluppato in assise dolomitiche e facente capo ai sistemi sorgivi posti nel fondovalle (Sorgenti della Val Raccolana). La situazione geologico-strutturale del settore è stata volutamente semplificata, inserendo esclusivamente quelle faglie che condizionano il deflusso idrico e modificando il gradiente idraulico.

- Hydrogeological schematic cross section that represents the hydro-flowpath in the North-occidental sector (Col delle Erbe) determined by tracing. The double underground circulation can be observed: the marginal sector drains his water through the Fontanone di Goriuda spring, suspended from the actual base level and placed higher than the phreatic zone; the more internal sector drains his water in depth to an aquiferous developed on dolomitic joints. It is drained by spring systems placed at the Raccolana valley bottom (Sorgenti di Val Raccolana). The structural and geological situation is been simplified, showing only the faults that lead the hydro-flowpath and change the hydraulic gradient.

(in Dolomia Principale). Queste acque fanno capo a sistemi sorgentiferi sepolti siti in Val Raccolana (circa m 750 s.l.m.).

Considerando congiuntamente i tempi e le modalità di risposta dei traccianti, i risultati delle prove storiche di marcatura ed il monitoraggio in continuo dei parametri chimico-fisici delle emergenze (CUCCHI et al., 1999), è possibile proporre una suddivisione dei sistemi sorgivi ed una prima interpretazione idrodinamica del massiccio del M. Canin.

Si riconoscono:

- a) acquiferi costituiti da una zona vadosa intensamente carsificata, in cui predomina il trasferimento subverticale che trova nella Dolomia Principale un livello idrogeologico che sostiene le acque, drenate velocemente e quasi completamente in collettori suborizzontali; possono essere inseriti in questo tipo di acquiferi i complessi ipogei del Veliko Sbrego, del Led Zeppelin, la parte marginale del Col delle Erbe (Abisso Davanzo e Gortani - ramo dell'acqua) e del Foran del Muss.
- b) acquiferi costituiti da una zona vadosa intensamente carsificata in cui predomina il traferimento subverticale che non trova nella Dolomia Principale un livello idrogeologico essendo questa interessata da una vasta rete di fratture beanti: la zona di oscillazione ha escursioni di una certa entità e la zona satura ha dimensioni e riserve anche notevoli; possono essere inseriti in questo tipo di acquiferi i complessi ipogei del Col delle Erbe e Foran del Muss nella parte interna dell'altopiano e probabilmente la parte interna del Kaninski Podi.
- c) sorgenti di tipo carsico a carattere perenne o temporaneo, costituite da veri e propri condotti carsici che le collegano direttamente e velocemente con la zona di trasferimento. Tali emergenze presentano un funzionamento idrodinamico a dreno dominante, privo o quasi di riserve idrogeologiche, in quanto tali sistemi restano sospesi dalla zona satura del massiccio. Presentano una velocità di deflusso superiore ai 60 m/h. A questo gruppo appartengono le sorgenti Boka, Fontanon di Goriuda e Fontanon sotto il M. Sart. Si presentano come sorgenti sospese dall'attuale fondovalle e sono condizionate dal passaggio stratigrafico tra i Calcari del Dachstein e la Dolomia Principale.
- d) sorgenti di base, distribuite ai piedi del massiccio e drenanti l'acqua della zona satura caratterizzata dalla presenza di più serbatoi interdipendenti. Queste sorgenti presentano una circolazione sotterranea a carattere semidispersivo che determina un immagazzinamento dinamico delle acque di trasferimento ed una certa quantità di riserve idrogeologiche più profonde. La velocità di trasferimento dovrebbe essere di circa 10 m/h o meno. A questa categoria appartengono le sorgenti di Bočič, Zvica, della Val Raccolana e della Valle di Rio del Lago.

Le sorgenti Glijun e Možnica presentano un comportamento intermedio legato probabilmente ad un importante sviluppo dei dreni secondari e fanno capo ad acquiferi complessi ed articolati nei quali il comportamento idrodinamico delle acque di base è talora legato a livelli impermeabili e/o poco permeabili, talora a volumi fratturati.

Manoscritto pervenuto il 5.X.2000.

## Bibliografia

- ANTONINI R. & SQUASSINO P., 1992 - Fenomeni carsici di Planina Goricica. *Atti Conv. Alpine caves: alpine karst system and their environmental context*: 33-39, Asiago.
- CASAGRANDE G., CUCCHI F., MANCA P. & ZINI L., 1999 - Deep hypogean Karst phenomena of Mt. Canin (Western Julian Alps): A synthesis of the state of present research. *Acta Carsologica*, 28 (1): 57-69.
- CIARAPICA G. & PASSERI L., 1990 - The Dachstein limestone of the Mt. Canin (Julian Alps) and its paleogeographic meaning. *Boll. Soc. Geol. It.*, 109: 239-247, 6 ff.
- CIVITA M., MANZONE L. & VIGNA B., 1991 - Rilevamenti strutturali e idrodinamica dei sistemi acquiferi carbonatici. *Atti 1° Conv. Naz. Giovani Ricercatori in Geol. App.*, Gargnano.
- CIVITA M., OLIVERO G. & VIGNA B., 1987 - Comparazione del funzionamento di due sistemi carsici delle Alpi Liguri. *Atti Riunione Ric. Geol. App.*, Milano.
- CUCCHI F., GEMITI F., MANCA P. & SEMERARO R., 1997 - Underground water tracing in the east part of the karst Canin massif (Led Zeppelin Abiss) (Western Julian Alps). *Ipogea*, 2: 141-150.
- CUCCHI F., CASAGRANDE G. & MANCA P., 1999 - Chimismo e idrodinamica dei sistemi sorgivi del M. Canin (Alpi Giulie Occidentali). *Atti e Mem. Comm. Grotte "E. Boegan"*, 37.
- CUCCHI F., CASAGRANDE G. & MANCA P., 2000 - Il contributo della speleologia alle conoscenze geologiche ed idrogeologiche del massiccio del Monte Canin (Alpi Giulie, ITA-SLO). *80ª riunione estiva della Soc. Geol. Ital. "Tra Alpi, Dinaridi e Adriatico"*, Trieste, 6-8 settembre 2000.
- GASPARO F., 1981 - Relazione sugli esperimenti di marcatura delle acque effettuati nelle cavità del gruppo del Monte Canin (Alpi Giulie Occidentali). *Atti e Mem. Comm. Grotte "E. Boegan"*, 21: 41-45.
- KRIVIC P., 1976 - Skozi Boko V Osrce kanina. *Proteus, Planinska Zveva Slovenje*, 76 (1): 1-7, Ljubljana.
- KRIVIC P., 1976 - Slap Boka pod Kanina (The Boka waterfall below Kanin). *Proteus*, 38 (V-VI): 331-335.
- KUNAVER J., 1983 - Geomorfolovski razvoj Kaninskega pogorja s posebnim ozirom na glaciokraske pojave. *Geografski Zbornik, Ljubljana*, 22 (4).
- KUNAVER J., 1992 - On the location factor of the caves in upper Soca Valley, with special regard to the Kanin Mountains - Alpine Caves: alpine karst system and their environmental context, Asiago 1992: 275-282.
- MANCA P., 1997 - Some aspects of Geomorphology and Geohydrology of Led Zeppelin abyss (Canin mountains, Western Julian Alps). *Ipogea*, 2: 129-140.
- MANCA P., 1999 - Idrogeologia del massiccio del Monte Canin (Alpi Giulie). *Tesi di Laurea in Geologia Applicat.*, Università degli Studi di Trieste, anno accademico 1998-99, relatore Prof. F. Cuchi.
- MOCCHIUTTI A., MORO G., TURCO S., BORLINI A., BORTOLUTTI D., CONCINA G., D'ANDREA A. & ROSA G., 1999 - Studio idrogeologico del sistema carsico del Monte Robon (Alpi Giulie, Udine). *Mondo Sotterr.*, n. s., 23 (1-2): 27-35.
- NOVAK D., 1978 - Tracing in karst waters in the Alps. *Nase Jame*, 20: 37-40.
- NOVAK D., 1978 - Investigation of Underground Waters in Alpine Region of Slovenia. *Nase Jame*, 20: 31-36.
- PERNARCIC E., 2000 - Annegamento di una piattaforma carbonatica liassica: il settore settentrionale della Piattaforma del Friuli (Sudalpino orientale). *80ª riunione estiva della Soc. Geol. Ital. "Tra Alpi, Dinaridi e Adriatico"*, Trieste, 6-8 settembre 2000.
- UGGERI A. & VIGNA B., 1993 - Nuovi traccianti ed esperienze di valutazione della velocità di flusso in acquiferi carbonatici. *Atti del Con. "Ricerca e protezione delle risorse idriche sotterranee nelle aree montuose"*, Brescia: 29-51.

---

Indirizzi degli Autori - Authors' addresses:

- prof. Franco CUCCHI
- dott. Giacomo CASAGRANDE
- dott. Paolo MANCA  
Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine  
dell'Università degli Studi di Trieste  
Via E. Weiss 2, Pad. Q, I-34127 TRIESTE
- dott. Fabio GEMITI  
Via Paolo Tedeschi 3, I-34123 TRIESTE
- dott. Sergio PREDONZANI  
Laboratorio di Biologia Marina  
dell'Università degli Studi di Trieste  
Strada Costiera, I-34100 TRIESTE
- dott. Bartolomeo VIGNA  
Dipartimento di Georisorse e Territorio  
Politecnico di Torino  
Corso Duca degli Abruzzi 24, I-10129 TORINO