

Francesco Mantelli*, Giulietta Luchetti*, Alessandro Montigiani*, Licia Lotti*, Francesco De Sio**

*Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana - ARPAT – Dipartimenti di Firenze, Lucca e Massa

**Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Chimica Organica

Lo stato delle acque dell'Antro del Corchia in relazione alla vulnerabilità degli acquiferi carsici

----- Atti del Convegno “*Le risorse idriche sotterranee delle Alpi Apuane: conoscenze attuali e prospettive di utilizzo*”. Filanda di Forno, Massa, 22 giugno 2002. Organizzazione Parco Alpi Apuane e Federazione Speleologica Toscana. Pag. 105 - 116, 2003. Pubblicato a cura della Federazione Speleologica Toscana -----

Riassunto

Si mettono in evidenza le possibili fonti di contaminazione delle acque dell'Antro del Corchia e si riporta lo stato delle acque interessate dalla realizzazione del percorso turistico; si forniscono inoltre alcuni dati su alcuni corpi idrici localizzati in differenti zone di quel sistema carsico.

Recenti controlli sulle acque circolanti o confinate in laghetti del settore dell'Antro del Corchia destinato a fruizione turistica, avevano messo in evidenza una buona qualità di queste acque, ma anche un'elevata suscettibilità all'inquinamento. Attualmente si osserva un modesto peggioramento delle caratteristiche microbiologiche di alcuni corpi idrici; questa situazione suggerisce un maggiore impegno nel controllo di quelle acque per meglio comprendere le cause delle variazioni riscontrate.

Nonostante i problemi indotti dalle varie attività che coinvolgono il sistema carsico Antro del Corchia (principalmente attività estrattive, esplorazione speleologica, fruizione turistica), siamo di fronte ad un'occasione importante per fare di questo sistema un laboratorio per la verifica dei problemi da possibile impatto delle attività estrattive, speleologiche e turistiche sulla qualità delle acque e dell'ambiente ipogeo in generale.

Abstract.

The possible causes of water system contamination who can be ascribed to the opening of the *Antro del Corchia* to tourists are described and some analytical data of different water systems localised in different parts of the cave are reported.

Recent monitoring of the *Antro del Corchia* water system along the sight-seeing itinerary had put in evidence a good quality of waters as well their high risk of pollution. In fact, at present, the microbiological data of some waters are getting worse. That imply the necessity to intensify the water monitoring to better understand the pollution causes. Actually, the *Antro del Corchia* is involved in many human activities like marble extraction, speleological exploration and tourist itinerary. It follows that this cave may be used as a living laboratory to study the impact of these human activities on the water system and on the whole underground habitat.



Figura 1 - Antro del Corchia - Un'immagine del fiume Vidal

Introduzione

Numerosi lavori hanno evidenziato l'importanza dei sistemi carsici come acquiferi di elevato pregio per il reperimento di acque destinate ad uso potabile e, allo stesso tempo, l'elevata vulnerabilità all'inquinamento di questi sistemi (Civita et al., 1991, Forti et al., 1993; Forti, 1999; Sauro, 1999).

Nel caso dell'Antro del Corchia, si ricorda un articolo pubblicato su *Speleologia* nel marzo 1994 (GSF, 1994), dove, fra le varie cause che avevano portato alla chiusura di 7 cave nel comune di Stazzema (LU) su ordine della magistratura, venivano riportate:

- la possibile interferenza fra attività estrattiva e il complesso carsico del M. Corchia
- l'inquinamento della grotta dovuto allo scarico di marmettola, anche contenente idrocarburi.

Da quegli anni, forse qualcosa è cambiato nella conduzione delle attività estrattive in un ambiente così sensibile come il M. Corchia, nella mentalità dei pubblici amministratori, nelle imprese che lavorano su quella montagna e in tutti coloro che vi gravitano attorno. Questa nuova cultura fa comunque ancora fatica a mettere radici: è sufficiente una visita all'area della montagna chiamata *Retrocorchia* per riscontrare lo stato di degrado prodotto da una strada che, oltre a costituire una ferita indelebile fino a quote fra le più elevate della montagna, ha distrutto vecchie e storiche mulattiere, ha lasciato un'eredità di rifiuti e macchinari abbandonati, materiali inquinanti come vecchie batterie e molto altro. Anche una visita alle cave situate nella zona più alta del M. Corchia può essere di interesse: senza entrare nel merito

sull'opportunità dell'estrazione del marmo in quel particolare contesto ambientale, è innegabile il fatto che l'impatto di quella attività sulle acque e sullo stesso sistema carsico non può essere trascurabile. Difficile una valutazione quantitativa di possibili danni sul sistema, ma certamente opere estrattive di tale intensità non possono che condizionare negativamente lo stato della montagna e soprattutto la risorsa più vulnerabile, cioè l'acqua che vi circola.

Il sistema carsico del M. Corchia

Il M. Corchia è formato da una serie stratigrafica di tipo carbonatico che poggia su un basamento di rocce poco permeabili del paleozoico (basamento ercinico a filladi e porfiroidi). Dal basso verso l'alto si incontrano i termini carbonatici, di età mesozoica, formati da Grezzoni (dolomie e calcari dolomitici), Marmi e Calcari Selciferi. Altre rocce caratterizzano il sistema, come alcuni livelli di Breccie di Seravezza o lenti discontinue di Scisti a Cloritoide che si incontrano al passaggio fra Grezzoni e Marmi.

Il sistema presenta notevoli capacità di assorbimento idrico: è sufficiente percorrere la dorsale montuosa per osservare numerose fratture e cavità aperte, vere e proprie vie preferenziali di ingresso delle acque meteoriche; in alcuni casi si tratta dei passaggi che permettono agli speleologi di accedere all'interno del sistema stesso. La penetrazione delle acque piovane è rapida e maggiore nelle parti alte dove il bosco lascia ampi spazi ad una copertura erbosa poco spessa e scarsamente diffusa.

Il sistema carsico presenta una rete di circolazione idrica che si sviluppa (almeno nella parte conosciuta) in condotti; il fiume Vidal costituisce il dreno dominante del sistema.

E' da presumere che i tempi di arrivo delle acque piovane nei condotti sotterranei siano rapidi, in alcuni settori dell'ordine di qualche ora o anche meno. Ad esempio, durante le operazioni di monitoraggio nella zona della Galleria del Venerdì, in occasione di eventi meteorici di una certa entità, si sono riscontrati rapidi aumenti delle portate delle acque di alcune cascate, tra cui quella proveniente dal Ramo dei Romani. Nella figura 2 si riporta la variazione del chimismo di quella cascata dovuta all'ingresso di acque a minore mineralizzazione (conseguente all'incremento della portata che si è verificato in poche ore) in seguito ad un forte temporale avvenuto intorno alle ore 15 del 14.5.1998.

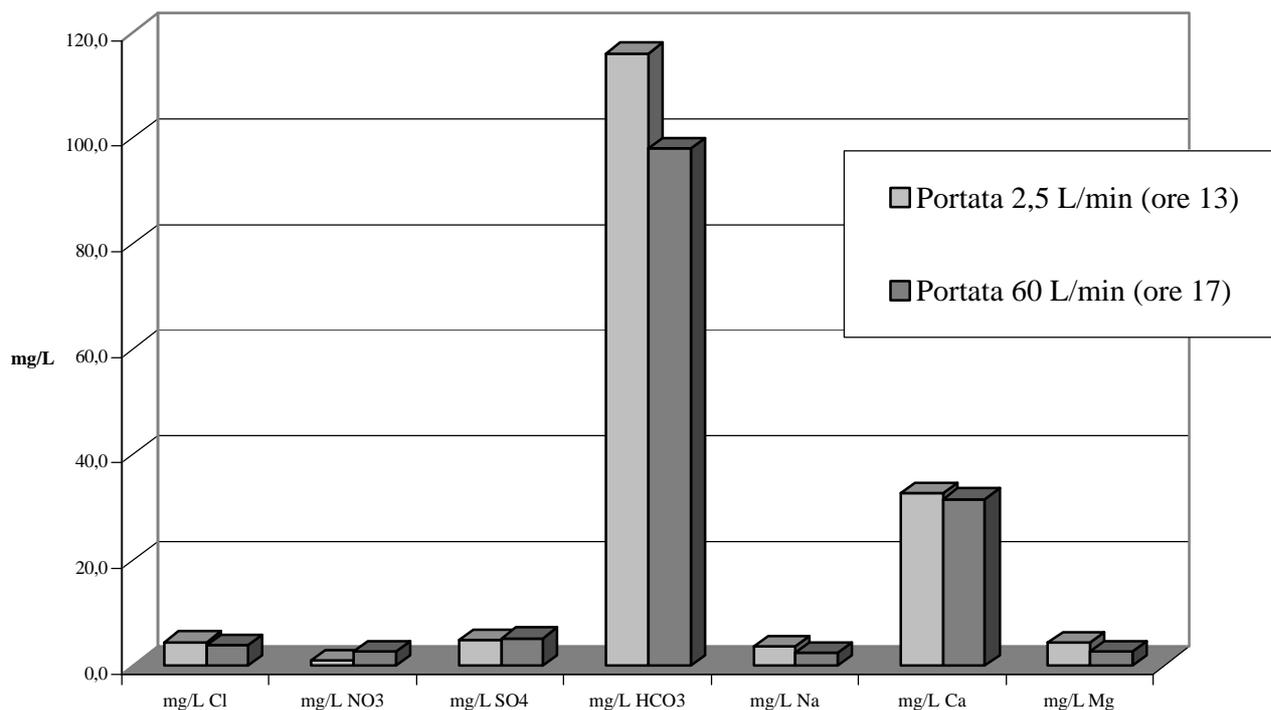


Figura 2 - Variazione del chimismo conseguente all'incremento della portata della *Cascata dei Romani* (Antro del Corchia) avvenuto in poche ore in seguito ad un forte temporale (evento del 14.5.1998).

In occasione del lungo periodo di monitoraggio effettuato da ARPAT in collaborazione con la Federazione Speleologica Toscana (FST) nel settore di grotta destinato a fruizione turistica, sono state ricavate informazioni sulle acque di questo sistema carsico. In parte, i dati relativi a queste acque sono riportati in precedenti lavori (Mantelli et al., 1999; Mantelli et al., 2001). Ad eccezione delle situazioni in cui è presente, occasionalmente, torbidità, tutte le acque presentano sotto l'aspetto chimico i requisiti di potabilità. Vedremo in seguito come tale proprietà possa venire talvolta condizionata dalle caratteristiche microbiologiche.

Lo stato delle acque nell'Antro del Corchia

Le caratteristiche chimiche delle acque interessate dal percorso turistico o localizzate in zone limitrofe sono riassunte in tabella 1. Le analisi sono di tipo puntuale e pertanto rappresentano il chimismo di un determinato momento; con l'acquisizione di ulteriori dati, nei prossimi lavori sarà esposto un quadro più dettagliato della composizione di queste acque, per la quasi totalità caratterizzate principalmente dalla presenza di ioni calcio, magnesio e bicarbonato. La presenza di sodio, cloruro e, in minore quantità, solfato è in larga parte imputabile al contributo dell'aerosol marino nelle piogge che penetrano nel sistema carsico. Per lo ione

solfo, talvolta in concentrazioni più elevate in alcune acque, si ipotizza un rilascio dovuto ad alterazioni dei solfuri di ferro, presenti come mineralizzazione accessorie nelle rocce calcaree e nei porfiriridi. In tutte queste acque non si riscontra contaminazione da metalli pesanti e altri elementi in traccia: analisi condotte mediante spettrometria di emissione al plasma induttivo con rivelatore di massa (ICP-MS), non evidenziano concentrazioni significative di tali sostanze ai livelli delle tecnica analitica impiegata (Tabella 2).

Corpo idrico		Fontanacce di Cardoso	Ramo dei Lucchesi	Cascata dei Romani	Torrente della Gronda	fiume Vidal	Lago Nero
Data prelievo	Unità di misura	05/09/2001	05/09/2001	05/09/2001	05/09/2001	05/09/2001	14/05/1998
Portata	L/min	600	5,0	7,5	40	1800	-
Temperatura acqua	°C	11,4	8,3	8,3	8,2	7,6	6,8
Conducibilità elettrica	µS/cm 25 °C	256	244	212	250	213	218
Residuo fisso calcolato	mg/L	142	131	118	136	116	114
Torbidità	N.T.U.	0,3	0,2	0,4	0,1	3,6	1,2
pH		8,1	8,3	8,3	8,0	8,4	8,3
Ammonio	mg/L NH ₄	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg/L NO ₂	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fluoruro	mg/L F	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cloruro	mg/L Cl	6,1	6,0	7,9	9,2	5,2	4,2
Nitrato	mg/L NO ₃	1,7	1,0	2,5	1,6	2,0	1,0
Solfato	mg/L SO ₄	16,8	5,4	5,3	6,6	8,1	7,6
Idrogenocarbonato	mg/L HCO ₃	137	148	120	141	120	118
Sodio	mg/L Na	3,9	3,2	4,6	4,0	2,6	1,9
Potassio	mg/L K	0,7	1,6	0,2	0,9	0,2	0,2
Calcio	mg/L Ca	35,1	24,7	32,5	32,3	31,0	30,8
Magnesio	mg/L Mg	9,7	15,6	5,6	11,0	7,1	7,5
Durezza totale	° F	12,8	12,6	10,4	12,6	10,7	10,8
Fosfati	mg/L P ₂ O ₅	0,75	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Tabella 1 – Caratteristiche chimiche delle acque circolanti nella zona destinata a fruizione turistica e in alcune zone limitrofe. E' riportata anche la principale sorgente del sistema carsico (Fontanacce di Cardoso).

	Torrente Gronda	Cascata risalita dei Romani	Fiume Vidal	Laghetto del Venerdì	Laghetto galleria Bassa delle Stalattiti	Laghetto galleria Alta delle Stalattiti
Alluminio	<0,5	<0,5	<0,5	15,4	<0,5	<0,5
Arsenico	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	<0,1	0,2
Antimonio	<0,05	<0,05	<0,05	0,28	0,24	0,12
Cadmio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mercurio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Piombo	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Rame	0,09	0,17	0,12	0,56	0,29	0,29
Uranio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Vanadio	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Zinco	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	1,1	<0,1

Tabella 2- Metalli ed altri elementi in traccia in alcuni corpi idrici dell'Antro del Corchia; concentrazioni in microgrammi per litro; analisi del febbraio 1998 effettuate mediante spettrometria al plasma induttivo con rivelatore di massa (ICP-MS) presso la Fondazione Maugeri di Pavia.

Data la grande estensione e importanza del sistema carsico, si è cercato, per quanto possibile, di acquisire informazioni anche su acque che non sono in relazione con il percorso turistico. I dati relativi a queste acque sono poco numerosi; mancano inoltre quelli relativi alla microbiologia; una sintesi di questi dati è riportata in tabella 3. Anche queste acque sono caratterizzate da una tipologia bicarbonato-calcica e mostrano una composizione simile alle acque presentate in tabella 1; presentano comunque un basso contenuto in magnesio (rapporto calcio–magnesio intorno 20, contro 4 nel caso delle acque dei rami turistici), per interazione con rocce povere in dolomia. Dove si riscontra una concentrazione elevata di ione solfato (Sistema Farolfi - Fighera: galleria dei Maremmani - cascatella presso Campo Base) è ipotizzabile la formazione di questo ione per alterazione della pirite. Tutte le acque campionate all'interno del sistema carsico mostrano una simile composizione in relazione al contenuto in nitrati, sodio e cloruri, in gran parte attribuibili all'apporto delle piogge.

		Sistema Farolfi - Fighera: galleria dei Maremmani - cascatella presso C. Base	Abisso Fighera: cascata al pozzo presso Campo base Erica- Caposaldo 34 FST	Corchia da Buca d'Eolo: cascatella nei pressi dell'ingresso	Ramo dei Fiorentini (1° salto al C.B. Fiorentini: torr. confl. Fangaia)	Buca d'Eolo: piccolo sifone lungo il Canyon
Data prelievo	Unità di misura	31/07/1998	01/08/1998	25/04/1999	05/02/2000	25/04/1999
Portata	L/min	0,5	0,5	1,0	-	-
Temperatura aria	°C	6,1	6,3	8,7	-	5,9
Temperatura acqua	°C	6,1	6,2	8,7	-	6,3
Conducibilità elettrica	µS/cm 25 °C	296	181	249	245	232
Torbidità	N.T.U.	3,4	1,2	0,1	0,2	0,1
pH		8,1	8,1	8,1	6,8	8,2
Ammonio	mg/L NH ₄	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nitrito	mg/L NO ₂	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cloruro	mg/L Cl	3,8	2,6	7,9	11,2	8,5
Nitrato	mg/L NO ₃	6,5	1,6	0,9	0,8	0,7
Solfato	mg/L SO ₄	53,6	3,1	8,7	5,8	7,5
Idrogenocarbonato	mg/L HCO ₃	94,6	107	128	120	119
Sodio	mg/L Na	3,0	1,7	4,7	4,3	4,2
Potassio	mg/L K	0,5	0,1	0,3	0,5	0,2
Calcio	mg/L Ca	50,1	34,7	41,5	43,1	38,5
Magnesio	mg/L Mg	2,9	0,5	2,3	0,4	2,1
Durezza totale	° F	13,7	8,9	11,3	10,9	10,5
Silice	mg/L SiO ₂	1,7	1,3	-	-	-

Tabella 3 - Sintesi della composizione di alcune acque di settori dell'Antro del Corchia non interessati da fruizione turistica .

Possibili cause di inquinamento chimico delle acque

Attualmente le possibili cause che possono determinare contaminazione delle acque ipogee del sistema carsico Antro del Corchia sono di seguito riportate. Ognuna di queste determina rischi molto diversi.

- A. Attività estrattiva del marmo in zone anche molto elevate del M. Corchia
- B. Ingresso in grotta di acque cariche di sedimenti in seguito ad eventi meteorologici particolarmente intensi
- C. Rifiuti connessi all'esplorazione speleologica
- D. Possibili impatti sulle acque avvenuti durante le operazioni di allestimento turistico
- E. Rifiuti abbandonati in alcune aree della montagna e contaminazioni indotte a quote più basse del sistema carsico in conseguenza dell'attività umana.

Nel dettaglio si esaminano le varie cause

A) Attività estrattiva del marmo in zone anche molto elevate del M. Corchia

Sul versante nord-occidentale del M. Corchia, l'area di maggior assorbimento idrico delle acque piovane, sono presenti rifiuti metallici e di altra natura. Sono questi i resti di strutture edificate nel corso dell'apertura della strada di arroccamento verso le cave del *Retrocorchia*, oggi abbandonata. Generalmente i metalli ferrosi non hanno molta rilevanza ai fini dell'inquinamento delle acque dati i lunghi tempi di ossidazione e dispersione degli ossidi: il ferro è un elemento dotato di bassa mobilità geochimica. Maggiore attenzione deve essere posta, invece, su rifiuti costituiti da vecchi accumulatori al piombo che si trovano in alcune aree di quella zona. Liquidi acidi ad altro tenore di piombo, probabilmente con impurezze di altri metalli pesanti, possono venire rilasciati dagli accumulatori e penetrare facilmente nel sistema carsico. Le soluzioni acide contenenti piombo vengono comunque "tamponate" in breve tempo dalla roccia calcarea e probabilmente i grandi flussi idrici che percorrono la montagna non dovrebbero venire significativamente contaminati. Tuttavia si ricorda che sono sufficienti 10 microgrammi di piombo per litro per determinare l'inquinamento di un'acqua, inoltre, già 2 – 3 microgrammi costituiscono uno stato di modifica del sistema acqua del M. Corchia, in quanto i livelli naturali di questo metallo in quelle acque sono molto più bassi. Assieme al piombo altri metalli tossici possono essere presenti come impurezze negli accumulatori, fra questi nichel, cadmio, arsenico.

Nella tabella 2 si osserva come nei principali torrenti dell'Antro del Corchia alcuni metalli ed altri elementi in traccia siano presenti in concentrazioni così basse da rappresentare quelli che sono i valori di fondo di un'area a basso impatto antropico e che, quindi, è molto facile evidenziare contaminazioni che alterano quei livelli di concentrazione.

Altra fonte di contaminazione delle acque può essere il materiale in sospensione prodotto dalle attività di escavazione e di taglio del marmo: è molto probabile che una grande cava localizzata nella parte alta del M. Corchia possa intercettare piccole fessure che possono divenire vie preferenziali di acque superficiali contenenti materiale in sospensione. Comunque, al momento non è possibile imputare a queste attività gli episodi di intorbidamento di alcune acque dell'Antro del Corchia o i depositi di sedimenti che si riscontrano in diversi settori del sistema (pozze con depositi limo-argillosi e sabbia in alcune zone dell'abisso Farolfi).

Gli idrocarburi costituiscono una serie di inquinanti delle acque molto pericolosi, sia per la proprietà di essere molto mobili all'interno degli acquiferi, sia per la capacità di alterarne i requisiti di qualità anche con quantitativi molto bassi. Il DPR 236/88 relativo alle acque

potabili, decreto i cui valori limite sono frequentemente impiegati per definire lo stato di qualità delle acque anche non di uso potabile, indica un valore di 10 µg/L: sono cioè sufficienti 10 microgrammi per litro di idrocarburi per rendere un'acqua non potabile. Quando è presente un'attività di cava, gli idrocarburi possono provenire da perdite di depositi di combustibile, dai trasformatori elettrici, dalle macchine in movimento e altro. Eventuali sversamenti da trasformatori elettrici, specialmente se costituiti da vecchie apparecchiature, possono introdurre nelle acque contaminazioni molto pericolose per presenza di oli dielettrici contenenti policlorobifenili (PCB). Queste sostanze sono altamente tossiche e presentano limiti di legge molto restrittivi per le acque destinate al consumo umano (inferiori a 0,1 microgrammi per litro). Nel caso dell'Antro del Corchia, durante il monitoraggio, sono state condotte alcune analisi su varie acque ipogee ai fini della ricerca degli idrocarburi: le analisi non hanno mai evidenziato presenza di tali sostanze. Nessuna analisi è stata fino ad ora condotta per la ricerca dei microinquinanti come i PCB. Per quanto riguarda gli idrocarburi, sostanze di impiego più comune rispetto agli oli dielettrici contenenti PCB, non si può comunque escludere una contaminazione saltuaria o accidentale, dato che i campionamenti effettuati a tale scopo sono stati sporadici e non raramente vari speleologi, nel corso degli anni, hanno segnalato il rilevamento di odori imputabili a queste sostanze. Dal 1997, dall'inizio cioè di una frequentazione sistematica della grotta nel corso del monitoraggio, fino a tempi recenti non si erano mai osservati i tipici film sulle acque riconducibili a idrocarburi, né avvertiti odori di queste sostanze. Per la prima volta (il giorno 20 aprile 2002), nei pressi del fiume Vidal, nella solita postazione, facilmente raggiungibile dalle gallerie del Venerdì, dove vengono prelevati i campioni di acqua, si è rilevato un forte odore di gasolio. Sono stati prelevati 3 campioni in tempi diversi ma, come prevedibile, non si è ottenuto alcun riscontro analitico: l'odore era probabilmente dovuto ad un episodio trascorso con possibile trasferimento in aria (strippaggio) della totalità degli idrocarburi e probabile rapido trasporto e rimozione dell'inquinante.

B) Ingresso in grotta di acque cariche di sedimenti in seguito ad eventi meteorologici particolarmente intensi

Elevate portate di acqua, conseguenti a piogge intense o ad eventi temporaleschi, possono rimuovere il materiale naturalmente depositato nei condotti sotterranei (limo, argille) o introdurne di nuovo dalle zone esterne della montagna. Il parametro che si impiega per misurare la presenza di materiale fine sospeso nelle acque è la torbidità, misurata con uno strumento chiamato nefelometro. La torbidità, comunemente definita come la riduzione della

trasparenza di un liquido a causa della presenza di sostanze in sospensione, è prodotta dall'interazione della luce con particelle di diametro generalmente compreso fra 10 nm e 1 mm. Non esiste una precisa correlazione fra torbidità e quantità di solidi sospesi, poiché le proprietà ottiche della sospensione sono influenzate dalla dimensione e dalla forma delle particelle, oltre che dalla lunghezza d'onda della luce incidente e dall'indice di rifrazione della fase liquida. Le sostanze che principalmente provocano la torbidità sono spesso costituite da argille. I valori che comunemente si riscontrano in acque definite limpide sono intorno a 0,2 NTU (unità di misura della torbidità: *nephelometric turbidity unit*). Già un'acqua con torbidità di 1 NTU appare torbida all'osservatore. Di fronte a quantitativi elevati di materiale sospeso si può procedere anche alla raccolta su filtro di tale materiale e al dosaggio per pesata per ricavare il quantitativo, ma la torbidità misurata per via nefelometrica è spesso più utile perché permette di raggiungere livelli elevati di sensibilità della misura e quindi evidenziare situazioni che a prima vista non sembrano critiche.

L'istogramma di figura 3 riporta alcuni episodi di torbidità nel fiume Vidal. Elevati valori di torbidità non sempre erano correlati a portate elevate; ad esempio, il campione del 13 marzo 2002 presenta torbidità di 1,6 NTU, valore riscontrato con il fiume con portata ai minimi e in assenza di precipitazioni esterne da molto tempo.

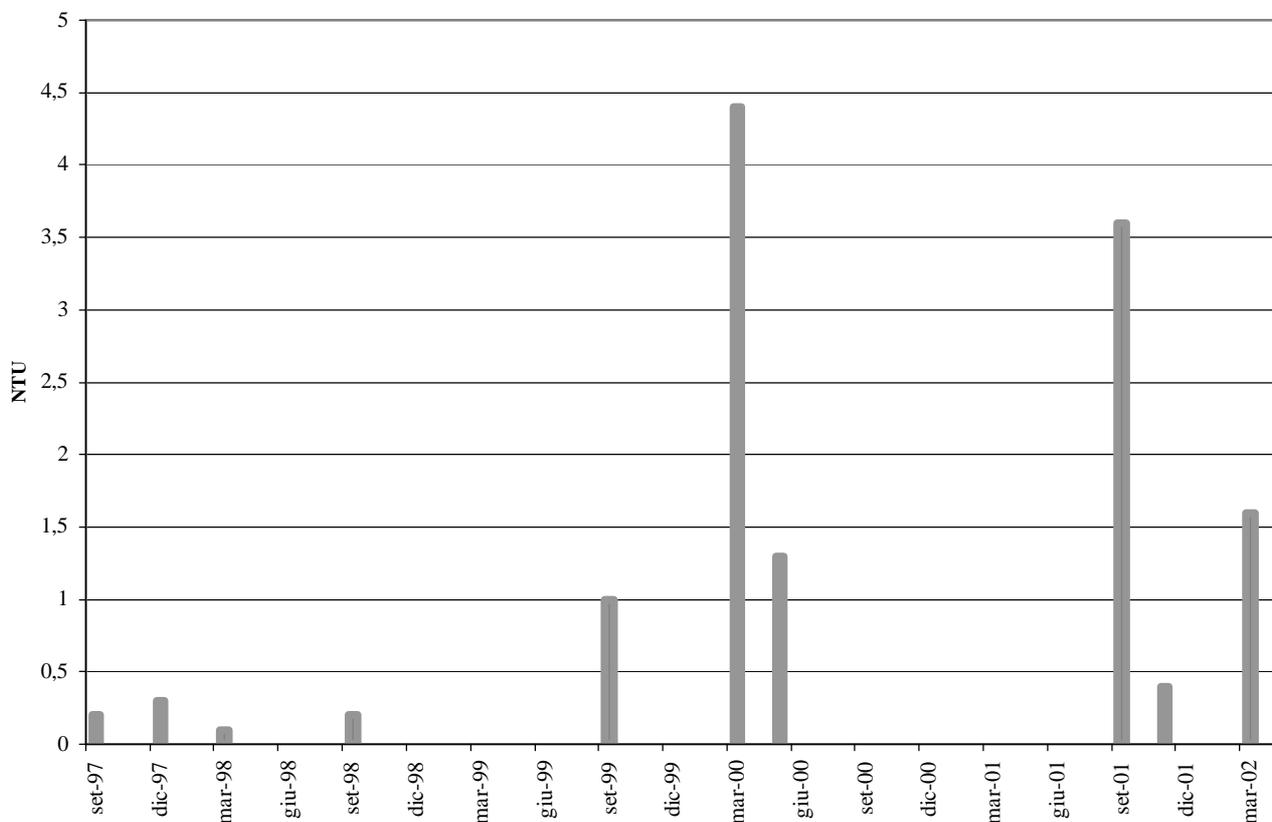


Figura 3 – Episodi di torbidità nel fiume Vidal (Antro del Corchia) nel corso degli anni 1997-2002.

C) Rifiuti connessi all'esplorazione speleologica

Le zone interessate dalla fruizione turistica dell'Antro del Corchia sono state nel corso dei vari decenni molto frequentate dagli speleologi; l'accesso a quell'area era in passato difficile e pertanto non era molto semplice portare all'esterno i rifiuti prodotti nel corso dell'attività esplorativa; soprattutto non era diffusa la conoscenza dei possibili impatti ambientali prodotti da materiale di rifiuto abbandonato, in particolare nelle aree sensibili come sono i sistemi carsici.

Durante la recente operazione di pulizia a cura della FST e del Parco Apuane (1 e 2 settembre 2001) del deposito di rifiuti interrato presso il campo base della galleria del Venerdì, è stato, fra l'altro, raccolto e portato all'esterno il seguente materiale:

- ◆ numerose pile, prevalentemente del tipo piatto da 4.5 V e a torcia da 1.5 V;
- ◆ materiale plastico (frammenti di teli, bottiglie e flaconi vari);
- ◆ cavi elettrici; bottigliette con farmaci;
- ◆ frammenti di vetro (prevalentemente da bottiglie);
- ◆ lattine e scatolette in alluminio e ferro;
- ◆ sostanze organiche in putrefazione con composizione di difficile definizione (probabili resti di alimenti);
- ◆ materiale metallico di varia natura;
- ◆ sali di calcio, residuo del carburo di calcio usato per l'illuminazione

Questo materiale, confinato in un'area a scarsa circolazione idrica, non dovrebbe avere determinato in questi anni infiltrazioni di contaminanti nelle acque. Con queste operazioni di bonifica, sono stati riportati all'esterno vari quintali di rifiuti ripristinando buone condizioni ambientali in una zona del Corchia in stato di degrado, anche se apparentemente non visibile perché i rifiuti erano interrati.

Depositi di residui di carburo sono ancora presenti in alcuni punti delle gallerie turistiche e in zone limitrofe (quantità stimata intorno ai 100 Kg). I processi di carbonatazione dell'idrossido di calcio danno luogo ad incrostazioni di carbonato di calcio, non sempre facilmente rimovibili. Questi depositi possono modificare, in alcuni casi in modo irreversibile, l'aspetto estetico della grotta (vistose macchie bianche su rocce e concrezioni di colore diverso). Quando i depositi di carburo esausto sono recenti (eventi ormai rari, grazie ad una campagna di sensibilizzazione in ambito speleologico), si potrebbero determinare nelle acque con cui vengono in contatto (in particolare in acque stagnanti), alcalinizzazione e modifiche delle caratteristiche di composizione.

Da prove effettuate su residui di carburo appena scaricati (si può definire *carburo esausto*, prevalentemente formato da idrossido di calcio) e su residui molto vecchi, si osserva un'evidente differenza di influenza sulle acque.

Il campione di carburo esausto recente (campione A) mostra un'elevata capacità alcalinizzante delle acque: da quanto riportato in tabella 4, il pH riscontrato nell'acqua utilizzata per una prova di simulazione è elevato. Lo ione presente in maggiore quantità è il calcio; si osserva inoltre presenza di ammoniaca. E' evidente che il dilavamento di questo materiale potrebbe modificare piccoli corpi idrici, mentre è trascurabile l'influenza sui corsi idrici quando questi presentano portate elevate.

	Unità di misura	Campione A	Campione B
pH		11,6	8,3
Conducibilità elettrica	μS/cm 25 °C	2610	95
fluoruro	mg/L F	0,2	0,1
Cloruro	mg/L Cl	6,1	0,1
Nitrato	mg/L NO ₃	1,1	1,4
Solfato	mg/L SO ₄	3,5	24,2
Sodio	mg/L Na	9,0	0,4
Potassio	mg/L K	1,4	0,12
Ammonio	mg/L NH ₄	0,4	0,05
Calcio	mg/L Ca	257	15,0
Magnesio	mg/L Mg	3,7	0,7

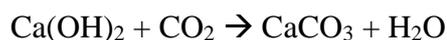
Tabella 4 – Possibili rilasci di ioni da carburo esausto abbandonato in grotta. Simulazione effettuata su resti di carburo esposti all'aria per tempi diversi. Soluzioni di 7 g di materiale in 250 mL acqua ultrapura tenute in agitazione per 30 minuti.

Campione A: carburo esausto prelevato subito dopo l'uso.

Campione B: carburo esausto raccolto in grotta, abbandonato da oltre 1 anno

Il campione di carburo esausto esposto da molto tempo all'aria (campione B) mostra invece una capacità ridotta di modificare le acque: la soluzione risultante presenta una bassa conducibilità e il pH nella norma. E' evidente che la lunga esposizione all'aria ha determinato una carbonatazione quasi completa dell'idrossido con formazione di carbonato di calcio poco solubile.

La reazione è la seguente :



D) Possibili impatti sulle acque durante le operazioni di adattamento turistico

Le operazioni di adattamento turistico sono state condotte con tecniche che non sembrano avere avuto impatto sulle acque. Durante queste operazioni alcune acque correnti sono state temporaneamente oggetto di intorbidamenti dovuti ai vari lavori, mentre i laghetti (laghetto del Venerdì e laghetti Galleria Bassa e Galleria Alta delle Stalattiti) non hanno ricevuto immissione di acque sporche. Il controllo chimico delle acque del laghetti ha comunque messo in evidenza presenza di fosfati e un incremento, comunque modesto, di nitrati nel laghetto della Galleria Bassa delle Stalattiti. L'alterazione di questi parametri, come riportato in un precedente lavoro (Montigiani et al., 2002), è imputabile all'abbandono di deiezioni umane. Lo stato di degrado, si presume temporaneo, di queste acque è confermato anche dalle analisi microbiologiche che indicano in questo laghetto una evidente contaminazione di tipo fecale. I contatti delle acque con le infrastrutture metalliche sono limitate al solo laghetto del Venerdì, con alcuni pilastri in acciaio inossidabile che poggiano sul fondo; si ritiene che non vi siano significativi fenomeni di cessione di metalli alle acque.

E) Rifiuti abbandonati in alcune aree della montagna e contaminazioni delle acque a quote più basse del sistema carsico in seguito all'attività umana.

In precedenti lavori sulle acque dell'Antro del Corchia (Mantelli et al., 2001) era stata segnalata la possibilità che rifiuti abbandonati in alcune zone della montagna potessero costituire fonti di contaminazione delle acque. Vecchie discariche sono ben visibili lungo la marmifera che sale alle cave del M. Corchia e probabilmente altri cumuli di rifiuti sono dispersi in zone meno evidenti e poco accessibili. La parte più bassa del M. Corchia è costituita dal basamento paleozoico formato da rocce poco permeabili e con scarsa circolazione idrica: in quell'ambiente l'impatto dovuto a scarichi civili e a rifiuti abbandonati può essere minore. Tuttavia nella zona delle principali sorgenti del sistema carsico del M. Corchia (Fontanacce di Cardoso) sono presenti rocce calcaree che offrono scarsa protezione al sistema. La contaminazione microbiologica delle acque, costante da anni, è probabilmente imputabile al grave evento alluvionale del 19 giugno 1996 che ha portato, oltre a numerose vittime e alla distruzione di vari edifici di Cardoso, anche ad una probabile alterazione del sistema fognario.



Figura 4 – Accumulatori al piombo abbandonati in una zona del versante nord-ovest del M. Corchia. Parte di questo materiale è stata recentemente rimossa.

Aspetti microbiologici

Le ricerche di tipo microbiologico effettuate sui campioni prelevati nei corpi idrici che direttamente o indirettamente gravitano sul sistema ipogeo dell'Antro del Corchia sono state finalizzate alla ricerca dei comuni indicatori di inquinamento fecale, prendendo come riferimento quanto indicato nelle normative applicabili alla specifica situazione.

I controlli sono stati indirizzati alla ricerca dei coliformi totali e fecali e degli streptococchi fecali nonché, al fine di acquisire informazioni più generali a completamento del quadro delineato con i parametri primari, della flora batterica totale a 36 °C e 22 °C.

Dai controlli effettuati a partire dall'anno 1997, il quadro emerso relativamente alle acque correnti ipogee era quello corrispondente ad una situazione microbiologica generalmente buona, almeno fino all'anno 2000. Successivamente si sono riscontrati episodi di degrado delle acque a più lento ricambio imputabili alla presenza di rifiuti abbandonati nel corso delle attività di allestimento turistico.

In tabella 5 si evidenzia la presenza di indici di contaminazione nei laghetti della Galleria Bassa e Alta delle Stalattiti. Si ricorda che negli anni 1997-2000 questi laghetti presentavano assenza di contaminazione microbiologica.

	05/09/2001	11/11/2001	13/03/2002	16/05/2002
Laghetto Galleria Bassa				
Colif.tot. U.F.C./100ml	7	200	19	1
Colif.fec. U.F.C./100ml	0	95	0	0
Strept.fec.U.F.C./100ml	2	2	6	3
Carica microbica a 36°	1	600	2	4
Laghetto Galleria Alta				
Colif.tot. U.F.C./100ml	1	-	1	1
Colif.fec. U.F.C./100ml	0	-	0	0
Strept.fec.U.F.C./100ml	0	-	0	0
Carica microbica a 36°	1	-	0	52

Tabella 5 – Recenti dati sulla microbiologia dei laghetti della Galleria Bassa e Alta delle Stalattiti.

Diverse sono le caratteristiche microbiologiche del laghetto del Venerdì: i controlli più recenti confermano uno stato di modesta contaminazione microbiologica, così come si era riscontrato in anni passati (Tabella 6).

	05/09/2001	11/11/2001	13/03/2002	16/05/2002
Laghetto Venerdì				
Colif.tot. U.F.C./100ml	0	0	67	7
Colif.fec. U.F.C./100ml	0	0	0	0
Strept.fec.U.F.C./100ml	2	3	4	1
Carica microbica a 36°	8	2	8	10

Tabella 6 – Recenti dati sulla microbiologia del laghetto del Venerdì. Fino dall'inizio dei campionamenti (1997) si sono riscontrati indici di contaminazione microbiologica.

Per quanto riguarda le Fontanacce di Cardoso, considerate le sorgenti del Corchia, da quando si dispone di serie sistematiche dei controlli (anno 1997) si è costantemente rilevata la presenza di indicatori di inquinamento fecale in quantità abbastanza elevata; questi valori si mantengono tuttora alterati probabilmente a causa di infiltrazioni persistenti correlate a scarichi civili e, più in generale a flussi idrici interessati da attività umane o animali. Nessun

miglioramento della situazione delle acque si è osservato dalle prime indagini analitiche iniziate nel 1997 (Tabella 7).

	16/07/1997	08/10/1999	04/12/1999	01/03/2000	05/09/2001	16/05/2002
Fontane di Cardoso						
Colif.tot. U.F.C./100ml	65	33	17	25	108	9
Colif.fec. U.F.C./100ml	47	14	10	19	18	5
Strept.fec. U.F.C./100ml	14	8	2	8	200	2

Tabella 7 – Microbiologia delle Fontanacce di Cardoso. Considerata la principale risorgente del Corchia, in queste sorgenti, da quando si dispone di serie sistematiche dei controlli (anno 1997), si è costantemente rilevata presenza di indicatori di inquinamento fecale in quantità abbastanza elevata.

E' ancora da approfondire la vulnerabilità del sistema acquifero del Corchia in occasione di piogge abbastanza rilevanti. In particolare, negli esami eseguiti sui campioni prelevati il 5/9/2001, in seguito all'aumento delle portate conseguente a piogge abbondanti, si è osservata una notevole alterazione dei valori dei parametri microbiologici nelle acque localizzate nella parte del sistema più direttamente influenzabile dagli eventi esterni: Fiume Vidal, Cascata Romani e Gronda (Tabella 8). In quella data si può inoltre osservare che la contaminazione dell'acqua delle Fontanacce di Cardoso è più evidente che in altre circostanze (Tabella 7). E' in corso di studio l'influenza delle portate sulla microbiologia di queste acque.

Fiume Vidal	5/09/01	13/03/02	16/05/02
Colif. Totali	98	1	0
Colif. Fecali	82	0	0
Strept. Fecali	66	3	0
Carica a 36°C	165	2	4
Torr. Gronda	5/09/01	13/03/02	16/05/02
Colif. Totali	10	0	1
Colif. Fecali	3	0	0
Strept. Fecali	10	0	0
Carica a 36°C	18	1	2
Cascata Romani	5/09/01	13/03/02	16/05/02
Colif. Totali	10	0	0
Colif. Fecali	3	0	0
Strept. Fecali	15	0	3
Carica a 36°C	12	2	18

Tabella 8 – Andamento dei parametri microbiologici nelle acque del Fiume Vidal, torrente Gronda, Cascata Romani sui campioni prelevati durante le recenti campagne di controllo.

Conclusioni

Sulla base delle conoscenze fino ad oggi acquisite, basate su riscontri analitici di tipo chimico e microbiologico e su sopralluoghi in ambiente esterno e interno al sistema carsico del M. Corchia, si può ricavare una stima delle fonti di rischio per le acque circolanti.

Nella figura 5 è riportato un istogramma in cui è indicato il contributo percentuale delle possibili cause di inquinamento di quelle acque; si sottolinea che i valori assegnati sono affetti da incertezza e che sono soggetti a cambiare nel tempo. Si propone quindi una stima approssimativa che comunque può indirizzare il controllo verso le cause che maggiormente possono condizionare lo stato di qualità delle acque.

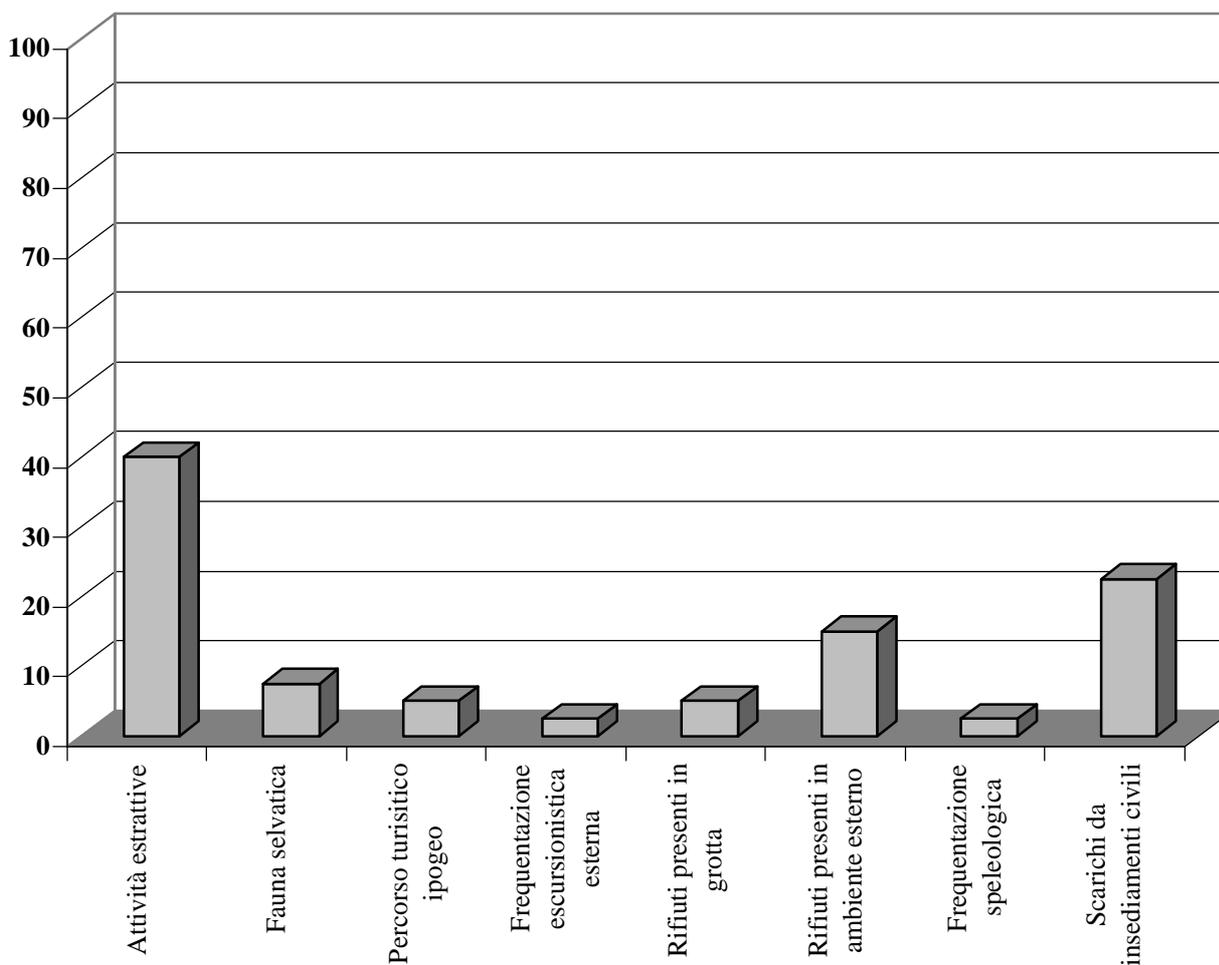


Figura 5 – Rappresentazione in percentuale del contributo delle possibili cause di inquinamento delle acque ipogee del sistema carsico Antrò del Corchia; si sottolinea che i valori assegnati sono affetti da incertezza e che sono soggetti a cambiare nel tempo.

Nella figura 5 si osserva che un peso maggiore è stato assegnato alla presenza di cave attive, tra l'altro localizzate in zone elevate della montagna, in quanto eventuali fenomeni di percolazione di sostanze inquinanti possono interessare gran parte del sistema. Un'altra fonte di contaminazione, ancora attiva come le analisi microbiologiche dimostrano, sono gli abitati di fondo valle che probabilmente interessano con scarichi non condottati la parte finale delle acque circolanti nel sistema (Fontanacce di Cardoso). Per quanto riguarda i rifiuti abbandonati in esterno sul M. Corchia, si è riscontrata in alcune zone la presenza di vere e proprie discariche, certamente non autorizzate, con materiale che può determinare inquinamento delle acque sotterranee. Altre fonti di rischio come i rifiuti abbandonati in grotta, la stessa frequentazione turistica e speleologica, i lavori di allestimento turistico (ormai terminati) sono da ritenersi trascurabili.

In sintesi si propone il seguente quadro:

- per lo stato di qualità delle acque ipogee del sistema carsico Antro del Corchia manca ancora una conoscenza di insieme, anche se sono sufficientemente studiate quelle interessate dal percorso turistico;
- le acque di questa zona sono caratterizzate da una buona qualità di tipo chimico e microbiologico, recentemente interessate da saltuaria comparsa di indici di contaminazione microbiologica e talvolta di torbidità; cause e tipologie di tali variazioni sono oggetto di indagini. Al momento, in via prudenziale, queste acque non devono essere considerate potabili.
- odori di idrocarburi sono stati talvolta rilevati dagli speleologi e raramente durante le operazioni di controllo; nei campioni prelevati non sono state riscontrate concentrazioni misurabili di queste sostanze;
- la principale sorgente connessa al sistema del Corchia (Fontanacce di Cardoso) risulta costantemente contaminata sotto l'aspetto microbiologico.
- la presenza di cave attive in un'area vasta e a quote elevate delle montagna, costituisce una perenne fonte di rischio di contaminazione delle acque.

Nonostante una situazione in cui sono ben evidenti i rischi di contaminazione per le cause sopra indicate, non è raro incontrare all'interno del Corchia acque che soddisfano i requisiti chimici e microbiologici per un uso potabile.

In sintesi, il sistema carsico del monte Corchia presenta alcune peculiarità che occorre sottolineare: una grande estensione, sia in profondità, sia come superficie, la presenza di flussi di acqua, talvolta intensi, le attività estrattive del marmo in alcune aree della montagna, una serie di gallerie utilizzate scaricato dal sito Web di ARPAT - <http://www.arpato.toscana.it>

per la fruizione turistica, dove è in fase di completamento la rete di monitoraggio per i parametri meteorologici e per la qualità delle acque.

Per questi motivi questo sistema carsico, pur con i problemi indotti dalle varie attività che vi gravitano attorno, ma anche per la storia esplorativa di oltre un secolo che ha fornito un'ingente mole di studi a corredo di tipo geologico e geomorfologico, offre un'occasione quasi irripetibile di rappresentare un laboratorio per la verifica dei problemi da impatto delle attività estrattive e turistiche (comprese quelle speleologiche) sulla qualità delle acque e sull'ambiente ipogeo in generale.



Figura 6 – La cava dei Tavolini. Localizzata in una delle zone più elevate del m. Corchia, nonostante le attenzioni e le corrette procedure di scavo, non può non costituire una perenne fonte di rischio di contaminazione delle acque che circolano all'interno del massiccio carsico.

* * *

Bibliografia

Civita M., Forti P., Marini P., Mecchieri M., Micheli L., Piccini L. & Pranzini G. – Carta della vulnerabilità all'inquinamento delle Alpi Apuane 1: 25000. Selca, Firenze, 1991.

Decreto del Presidente della Repubblica del 24 maggio 1988 n° 236. Attuazione della Direttiva CEE n° 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'articolo 15 della legge 16.4.1987, n° 183 (G.U. n° 152 del 30.6.1988).

Decreto Lgs. 2 febbraio 2001, n. 31 Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano. (G.U. n.52 del 3 marzo 2001).

Forti P. – Gli acquiferi carsici. Problematiche per il loro studio ed utilizzo. Atti del Convegno nazionale sull'inquinamento delle grotte e degli acquiferi carsici e possibili ricadute sulla collettività. Ponte di Brenta (PD) 26 e 27 settembre 1998. pp. 13-39. A cura del Gruppo Speleologico Padovano, 1999 Imprimerie Editrice, Padova.

Forti P., Piccini L. & Pranzini G. – Le risorse idriche di emergenza delle Alpi Apuane (Toscana, Italia). Atti del 2° Convegno Int. Geoidrologia, Firenze. 1993, pp. 303-318.

Gruppo Speleologico Faentino - Apuane: quale futuro? Speleologia XV, n. 30 marzo 1994.

Mantelli F., Montigiani A., Lotti L., Bianucci P. L., Piccini L., Malcapi V. - Le acque sotterranee del sistema carsico del M. Corchia: valorizzazione, salvaguardia e rischi di inquinamento. Atti del 3° Convegno Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee per il III millennio. Parma 13/15 ottobre 1999, in: Quaderni di geologia applicata, Vol. 1, 115-125, Pitagora Editrice, Bologna.

Mantelli F., Montigiani A., Bianucci P. L., Lotti L., De Sio F. - Stato di qualità delle acque durante la fase ante-operam del settore dell'Antro del Corchia destinato a fruizione turistica. Atti del VII° Congresso della Federazione Speleologica Toscana, pag. 13-22. Gavorrano (GR) 31 marzo e 1 aprile 2001.

Montigiani A., Lotti L., Bianucci P. L., Mantelli F. - Rapporto ARPAT del 30 luglio 1998 – “Relazione di un anno di attività del gruppo operativo incaricato del monitoraggio dell'Antro del Corchia” - Pag. 1-83, 1998.

Montigiani A., Lotti L., Mantelli F. – Meteorologia ipogea nel sistema carsico Antro del Corchia: esperienze di monitoraggio ante-operam in alcuni rami interessati da fruizione turistica. Atti del VII° Congresso della Federazione Speleologica Toscana, pag. 149-157. Gavorrano (GR) 31 marzo e 1 aprile 2001.

Montigiani A., Mantelli F., Lotti L. - Monitoraggio di un geosito: sintesi sull'attività nel settore dell'Antro del Corchia destinato a fruizione scientifico – culturale. Atti del convegno “Geositi tra valorizzazione e conservazione della natura”, Marina di Carrara, 10 e 11 ottobre 2001. In pubblicazione.

Sauro U. – Geoecosistemi carsici, risorsa acqua e impatto umano; esempi in aree carsiche del Veneto. Atti del Convegno nazionale sull'inquinamento delle grotte e degli acquiferi carsici e possibili ricadute sulla collettività. Ponte di Brenta (PD) 26 e 27 settembre 1998. pp. 41-60. A cura del Gruppo Speleologico Padovano, 1999 Imprimerie Editrice, Padova.

Ringraziamenti

Per l'analisi dei metalli ed altri elementi in traccia in alcuni corpi idrici dell'Antro del Corchia si ringrazia il Dr. Claudio Minoia e Anna Ronchi, Anna Gatti della Fondazione Maugeri di Pavia per le analisi effettuate mediante spettrometria al plasma induttivo con rivelatore di massa (ICP-MS).