

Clarissa Brun, Sergio Dolce, Roberto Ferrari, Josef Vuch

INDAGINI PRELIMINARI SULLE FORME DI INQUINAMENTO DELLA CAVERNA PRESSO LA VG 17

Il Carso triestino è forse l'altopiano carsico più studiato e conosciuto al mondo. Situato a ridosso della città di Trieste consente in poche ore di uscire dalla città, scendere in una delle migliaia di grotte che vi si trovano, svolgere le più svariate ricerche, risalire e tornare in città a rielaborare i dati raccolti.

Il sottosuolo di questa zona è esplorato da diversi secoli eppure ancora oggi non si conosce pienamente. Questo ambiente è contemporaneamente ancora pieno di sorprese e un ambiente fragile, infatti è molto permeabile all'inquinamento superficiale tanto più accentuato in una zona così antropizzata.

Lo studio dell'inquinamento della Caverna presso la 17 VG permette di capire lo stato di una grotta inquinata sotto diversi aspetti: chimici, biologici e geologici, questo studio non vuole essere una ricerca fine a se stessa ma vuol essere il punto di inizio per una maggior comprensione dell'inquinamento ipogeo ed un primo gradino per comprendere i migliori modi per risanare questa e tutte le altre cavità inquinate.



Caverna presso la 17 VG (1423/4362 VG). Il bel portale d'ingresso.

(Franco Gherlizza)



Caverna presso la 17 VG (1423/4362 VG).

(Roberto Ive)



Caverna presso la 17 VG (1423/4362 VG). Lago di olii esausti.

(Franco Gherlizza)

Monitoraggio della temperatura e umidità nella Caverna Presso la 17 VG

Josef Vuch

Il giorno 15 febbraio è stato posizionato all'ingresso della Caverna Presso la 17 VG (n° catasto regionale 1423 - 4362 VG) in una fessura ad un'altezza approssimata di 40 cm della parete ovest (Figura 1 e 2) un registratore in grado di misurare i parametri fisici di temperatura ed umidità della grotta (Figura 3) (RC-4W, Elitech Ltd, Londra. Temperatura: intervallo di misurazione -30 °C • + 60 °C, sensibilità 0,1 °C, precisione $\pm 0,6$ °C. Umidità: intervallo di misurazione 0,0% • 99,9%, sensibilità 0,1 %, precisione ± 3 % a 25 °C tra 20 e 90 % di umidità).

Inizialmente il registratore è stato impostato in modo da effettuare una misura ogni 30 minuti. A causa d'un errore di impostazione la memoria è stata saturata dopo solo 5 giorni dal posizionamento.

Dal 2 marzo il registratore è stato reimpostato in modo da misurare i parametri ogni 60 minuti. I valori riportati in questo articolo comprendono tutti i rilevamenti effettuati fino al 28 agosto 2019.

I valori sono stati scaricati dal dispositivo ogni due/tre settimane e le misurazioni sono tutt'ora in corso (Grafico 1).

Le misurazioni effettuate nella grotta sono state comparate con dati esterni rilevati dall'ARPA FVG - OSMER GRN (<http://www.meteo.fvg.it/>) nella centralina di Borgo Grotta Gigante distante 5 km dalla caverna (Grafico 2).

Dalla divisione dei dati in quartili (minimo, primo quartile, mediana, terzo quartile e massimo, Tabella 1 e Grafico 3), si può osservare che la mediana della temperatura rilevata nella grotta è di 8,5 °C e la mediana della temperatura rilevata a Borgo Grotta Gigante è di 16.6 °C.

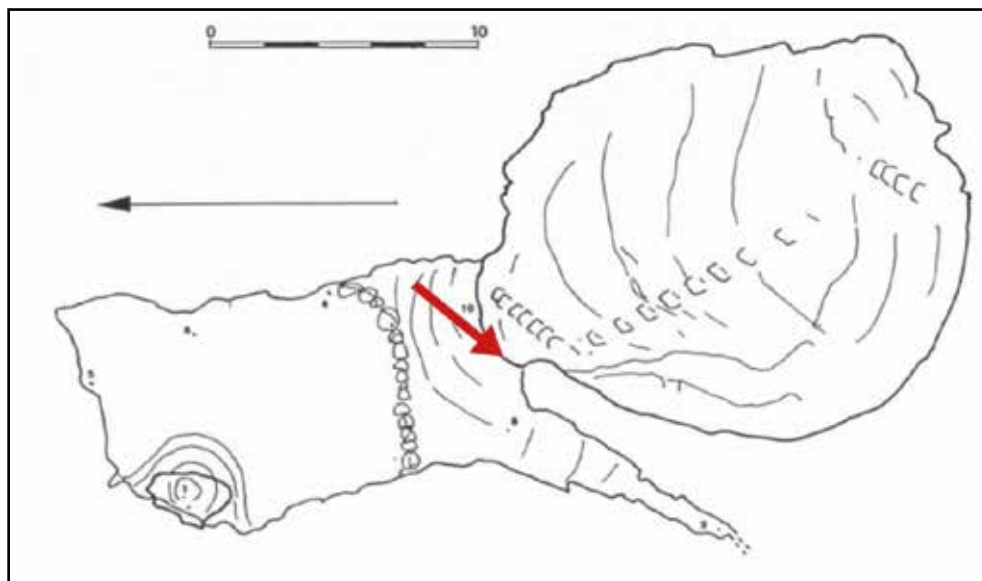


Figura 1 - Il registratore RC-4W Elitech Ltd è posizionato in una fessura ad un'altezza approssimata di 40 cm della parete ovest nei pressi dell'ingresso.



Figura 2 - Il registratore RC-4W Elitech Ltd è posizionato in una fessura ad un'altezza approssimata di 40 cm della parete ovest nei pressi dell'ingresso. (Josef Vuch)



Figura 3 - Registratore RC-4W Elitech Ltd, collegato al computer durante il download dei dati.

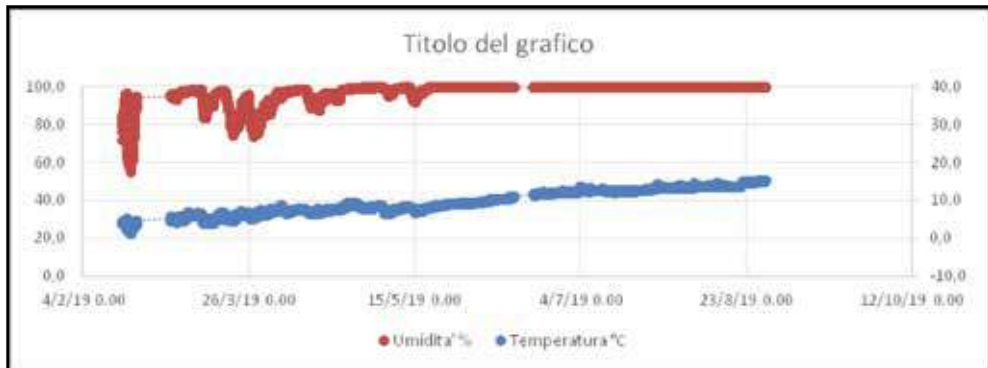


Grafico 1 - Grafico dei dati rilevati nella Caverna presso la 17 VG In arancione sono segnati i rilevamenti dell'umidità espressi in percentuale (Scala a sinistra). In blu sono segnati i rilevamenti dell'umidità espressi in Celsius (Scala a destra).

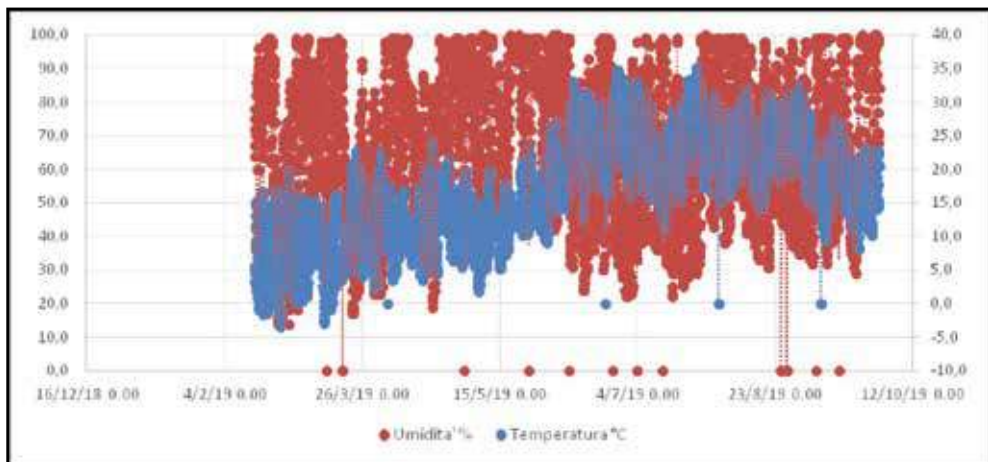


Grafico 2 - Grafico dei dati rilevati dalla centralina ARPA FVG - OSMER GRN (<http://www.meteo.fvg.it>) posta presso il Borgo Grotta Gigante. In arancione sono segnati i rilevamenti dell'umidità espressi in percentuale (Scala a sinistra). In blu sono segnati i rilevamenti dell'umidità espressi in Celsius (Scala a destra).

Lo scarto interquartile delle temperature rilevate nella grotta è di 6,1 °C e lo scarto interquartile delle temperature rilevate a Borgo Grotta Gigante è di 10,9 °C.

La mediana dell'umidità rilevata nella grotta è del 99,6% e la mediana dell'umidità rilevata a Borgo Grotta Gigante è di 70%. Lo scarto interquartile dell'umidità rilevate nella grotta è del 4,6% e lo scarto interquartile dell'umidità rilevate a Borgo Grotta Gigante è di 36%.

Sui dati raccolti è stato effettuato il test statistico di Mann-Whitney per confrontare le popolazioni di dati ed individuare se sono reciprocamente indipendenti (ipotesi nulla $H_0 =$ i due campioni sono estratti da una singola popolazione e, di conseguenza, le mediane sono uguali).

Caverna presso la 17 VG

Min T °C	1,3	Min U%	55,1
Q1 T °C	6,5	Q1 U%	95,3
Mediana T °C	8,5	Mediana U%	99,6
Q3 T °C	12,6	Q3 U%	99,9
Max T °C	15,3	Max U%	99,9
IQR T °C	6,1	IQR U%	4,6

Borgo Grotta Gigante

Min T °C	-3,5	Min U%	14
Q1 T °C	11,4	Q1 U%	52
Mediana T °C	16,6	Mediana U%	70
Q3 T °C	22,3	Q3 U%	88
Max T °C	35,2	Max U%	101
IQR T °C	10,9	IQR U%	36

Tabella 1 - Divisione in quartili dei dati rilevati nella Caverna presso la 17 VG e dalla centralina ARPA FVG - OSMER GRN (<http://www.meteo.fvg.it>) posta presso il Borgo Grotta Gigante.

Min T °C = minimo temperatura, Q1 T °C = primo quartile temperatura, Mediana T °C = mediana temperatura, Q3 T °C = terzo quartile temperatura, Max T °C = massimo temperatura, IQR T °C = scarto interquartile temperatura.

Min U% = minimo temperatura, Q1 U% = primo quartile temperatura, Mediana U% = mediana temperatura, Q3 U% = terzo quartile temperatura, Max U% = massimo temperatura, IQR U% = scarto interquartile temperatura.

Il test è stato eseguito utilizzando GraphPad Prism versione 6.00 per Mac (GraphPad Software, La Jolla California USA, www.graphpad.com).

Applicando il test ai dati delle temperature e umidità misurate si ottiene per entrambi un P-value < 0,0001 quindi si può scartare l'ipotesi iniziale H0 (Grafico 3).

In base a questi risultati è possibile affermare che anche se la Caverna presso la 17 VG è piccola, poco profonda e con un'apertura ampia, c'è una differenza significativa tra i dati rilevati al suo interno e all'esterno e perciò si può asserire che la temperatura e l'umidità esterna non influenza la temperatura e l'umidità interna alla grotta.

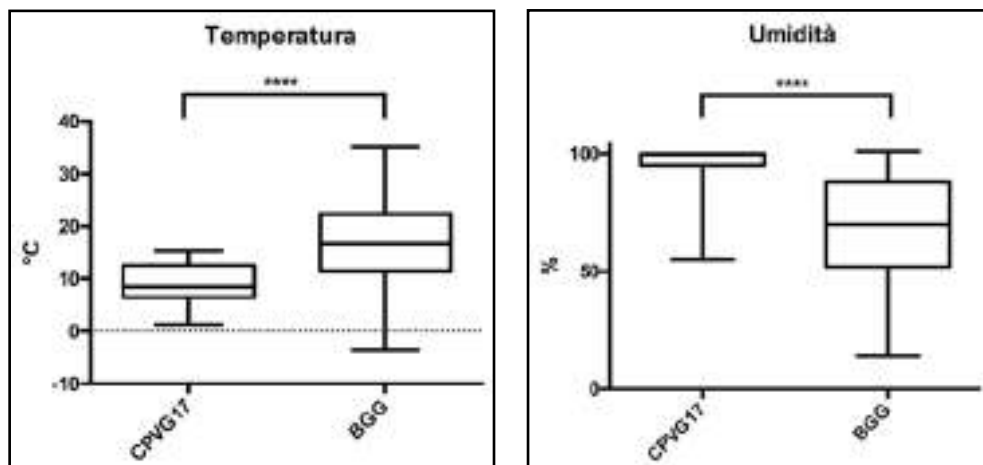


Grafico 3 - Boxplot ovvero rappresentazione grafica della distribuzione dei dati rilevati divisi in quartili (GraphPad Software, La Jolla California USA, www.graphpad.com). Applicando il test statistico di Mann-Whitney ai dati delle temperature e umidità misurate si ottiene per entrambi un P-value < 0,0001= **** quindi c'è una differenza significativa tra i dati rilevati al suo interno e all'esterno.

Rilievo 3D della Caverna Presso la 17 VG

Josef Vuch, Walter Vuch, Fabrizio Furlan, Stefano Furlan

Il giorno 27 gennaio è stata effettuata una campagna di rilevamento delle superfici interne della Caverna Presso la 17 VG (n° catasto regionale 1423/4362 VG) e della dolina all'ingresso. Le superfici sono state misurate per mezzo dello strumento laser scan "ScanStation P15" (Leica Geosystems AG, Svizzera) (Figura 1).

Il laser scan (Figura 2) misura la distanza da un oggetto scansionato registrando il tempo necessario affinché un impulso laser si sposti dallo scanner all'oggetto scansionato e ritorni alle lenti del rilevatore.

Inoltre, lo scanner registra l'angolo della luce laser, che gli consente di determinare le coordinate spaziali XYZ dei punti misurati (chiamate "nuvole di punti") nel sistema locale dello scanner.¹ Sono state effettuate 7 scansioni che hanno fornito un totale di oltre 770 milioni di punti misurati.

L'elaborazione dei dati in CAD 3D (Autocad 2016, Autodesk, San Rafael, USA) ha permesso di creare una mappa tridimensionale della grotta e della dolina d'ingresso che, una volta sezionata ha permesso di creare delle mappe bidimensionali della cavità (Figura 3 e 4 sezioni A-A e B-B).

Non potendo posizionare lo strumento sul lago di idrocarburi, la nuvola di punti non copre interamente alcune zone, queste parti sono chiamate zone d'ombra.



Figura 1 - Campagna di rilevamento delle superfici interne della Caverna Presso la 17 VG e della dolina all'ingresso per mezzo dello strumento laser scan "ScanStation P15". (Josef Vuch)



Figura 1 - Campagna di rilevamento delle superfici interne della Caverna Presso la 17 VG e della dolina all'ingresso per mezzo dello strumento laser scan "ScanStation P15". (Josef Vuch)

Il pozzo presente a nord ovest della cavità cade completamente in una zona d'ombra quindi è stato disegnato a partire da altre misure effettuate manualmente sul posto.

Poiché lo strumento è caratterizzato da una scansione a lungo raggio e ad alta precisione (sensibilità dello strumento è dell'ordine dei mm) è possibile sovrapporre le sezioni della grotta alla nuvola di punti per apprezzare la morfologia dell'ambiente e delle superfici prossime alla sezione stessa (Figura 3).



Figura 1 - Campagna di rilevamento delle superfici interne della Caverna Presso la 17 VG e della dolina all'ingresso per mezzo dello strumento laser scan "ScanStation P15". (Josef Vuch)

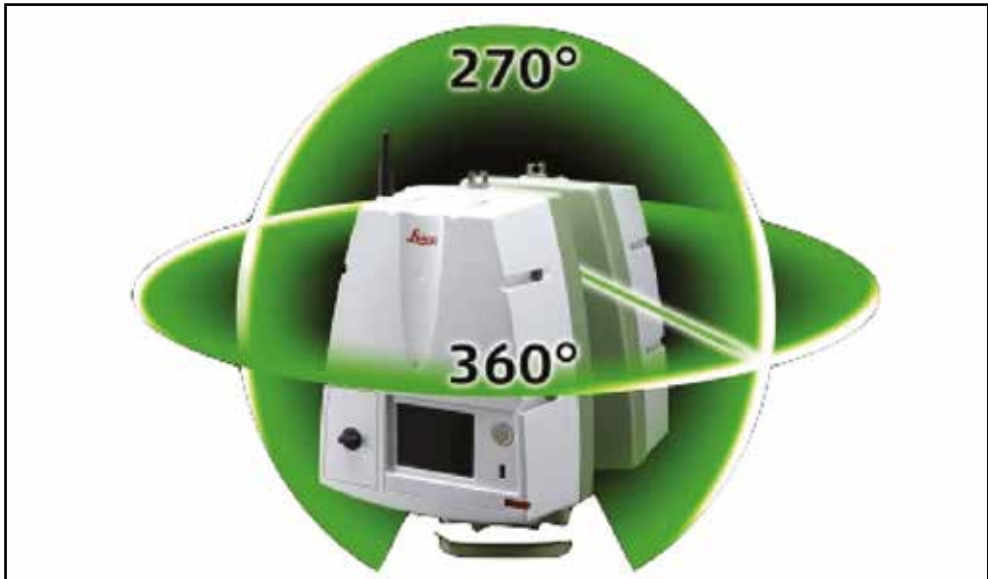


Figura 2 - Il laser scan è in grado di rilevare una nuvola di punti quasi sferica grazie alla capacità di rotazione su due assi perpendicolari (immagine tratta dall'articolo di Świerczyński et al.⁽¹⁾)

Oltre alla posizione spaziale d'ogni punto, lo strumento è in grado di misurare la capacità dei corpi di riflettere il raggio laser. Questa misura è chiamata riflettanza.

Nella figura 4 la nuvola di punti sovrapposta alla sezione indica anche la riflettanza degli oggetti mappati. Corpi neri e ruvidi hanno una riflettanza più bassa e sono descritti con colori più caldi, corpi chiari e lucidi hanno una riflettanza più alta e sono descritti con colori più freddi.⁽²⁾

Il lago di idrocarburi, pur apparendo ad occhio nudo omogeneo e piatto, riflette in modo disomogeneo i raggi laser. Questi raggi riescono a penetrare più in profondità nella parte nord del lago e vengono riflessi da oggetti solidi con poca riflettanza che si trovano sotto questo strato.

Il rilievo tridimensionale effettuato in questa grotta con strumentazioni innovative ha permesso di rilevare con estrema precisione tutti i dettagli della cavità e produrre mappe estremamente dettagliate. L'estrema precisione dei dati raccolti permetterà di seguire nel tempo l'evoluzione di questo ambiente inquinato, monitorare il cambiamento di livello del lago di idrocarburi e quindi verificare che non ci siano diminuzioni del volume attribuibili a percolazione del materiale in fessure sottostanti.

Bibliografia

- (¹) ŚWIERCZYŃSKI, SŁAWOMIR, AND PIOTR ZWOLAN - "Harbour infrastructure inventory development with 3D laser scanning method." *Annual of Navigation*, 22.1 (2015): 99-108.
- (²) ODI PAUL CEZANNE - *Aforisma. "Il colore nel rilievo strumentale: laser scanner, termografia e post-processing dei dati in un sistema GIS."*

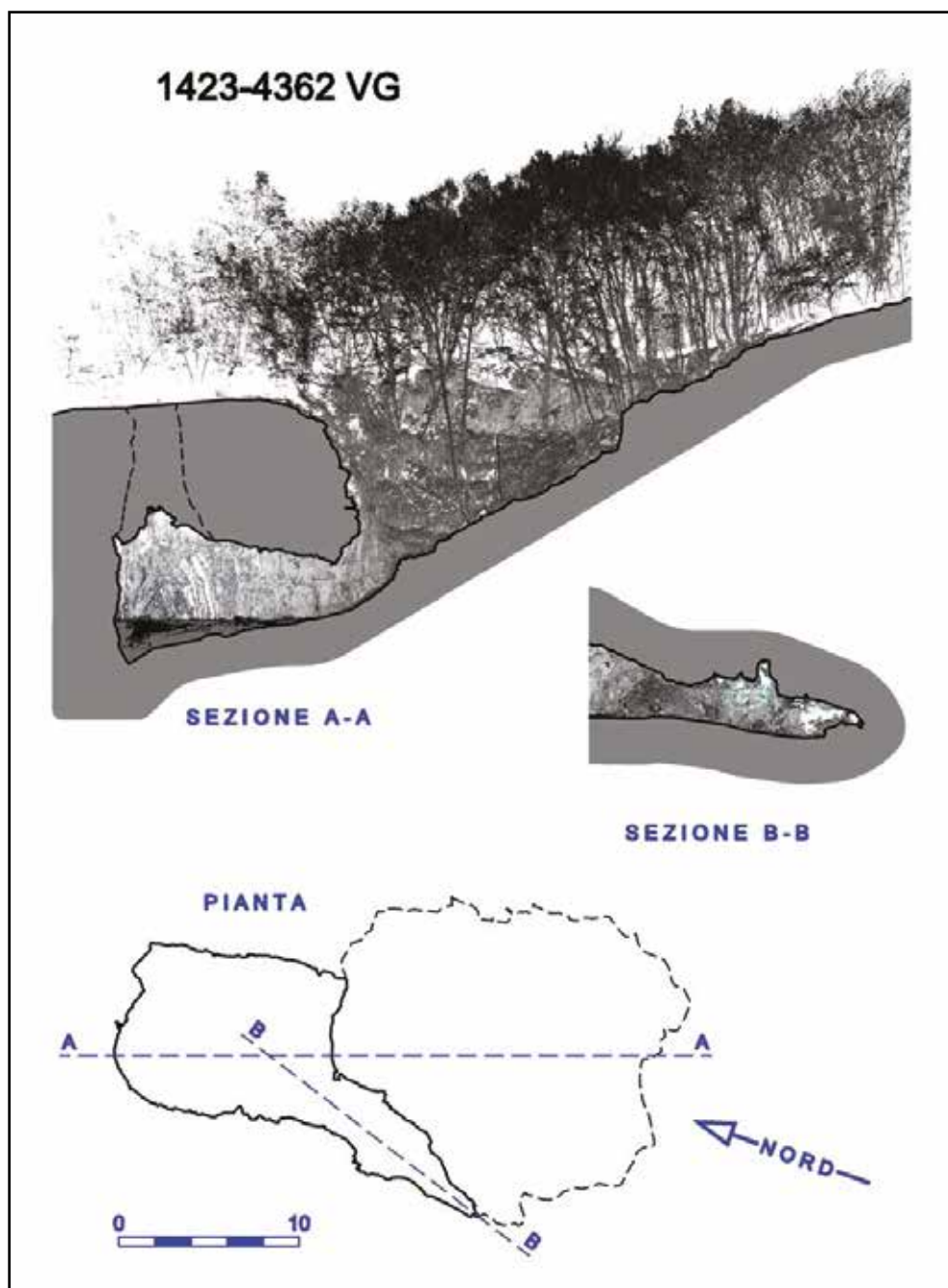


Figura 3 - Mappe bidimensionali della della grotta e della dolina d'ingresso derivate dalle sezioni A-A e B-B della mappa tridimensionale prodotta con il laser scan. Le sezioni della grotta sono state sovrapposte alla nuvola di punti per apprezzare la morfologia dell'ambiente e delle superfici prossime alla sezione stessa.

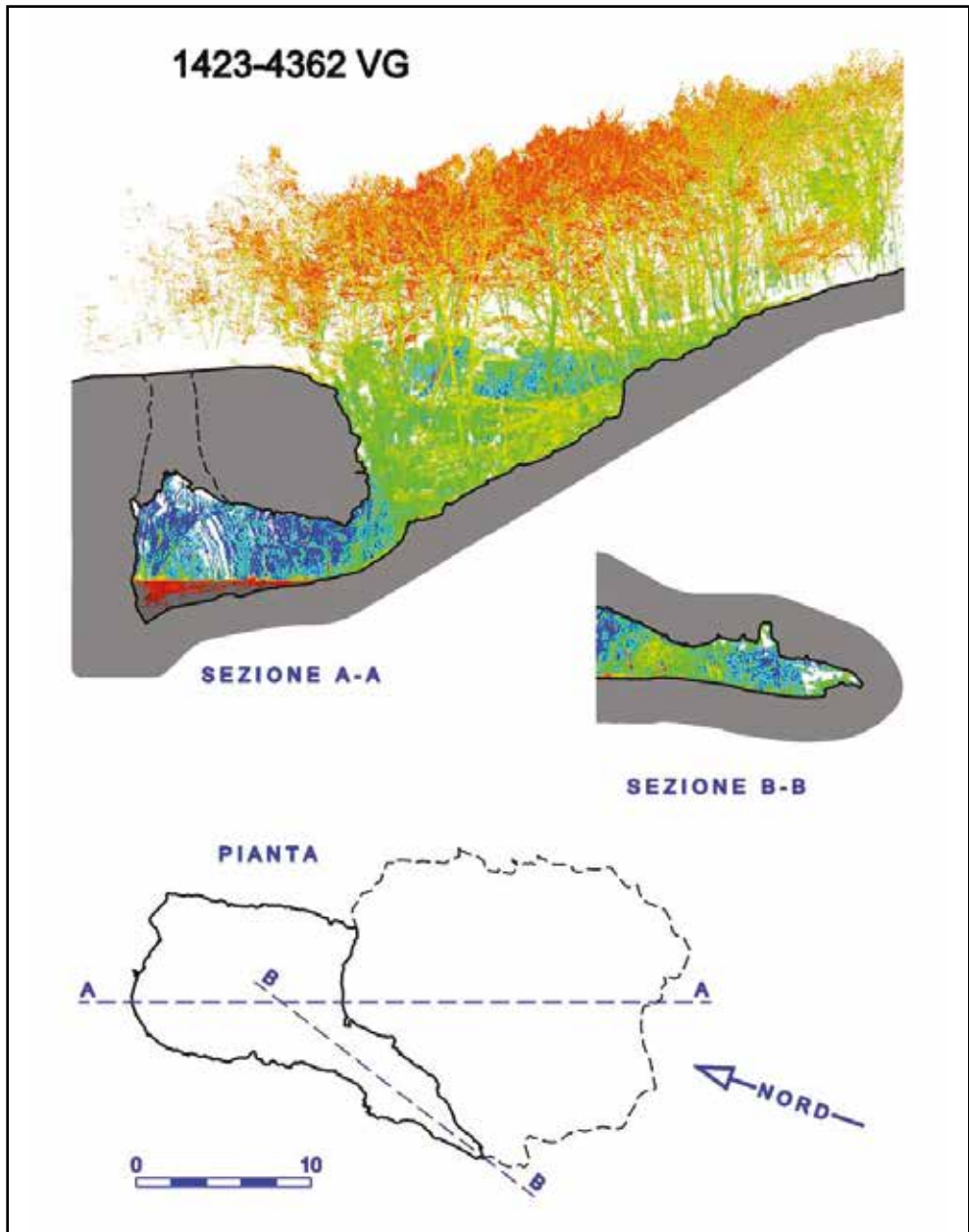


Figura 4 - Mappe bidimensionali della della grotta e della dolina d'ingresso derivate dalle sezioni A-A e B-B della mappa tridimensionale prodotta con il laser scan.

Le sezioni della grotta sono state sovrapposte alla nuvola di punti per apprezzare la morfologia dell'ambiente e delle superfici prossime alla sezione stessa. Il diverso colore dei punti indica la diversa riflettanza dei materiali misurati, riflettanza più bassa corrisponde a colori più caldi, riflettanza più alta corrisponde a colori più freddi (?).

Nel lago di idrocarburi i raggi riescono a penetrare più in profondità nella parte nord del lago.

Monitoraggio chimico e microbiologico della Caverna Presso la 17 VG

Clarissa Brun, Josef Vuch

Il 14 ottobre 2018, è stato effettuato un sopralluogo nella Caverna presso la 17 VG dove è presente un lago derivato dallo sversamento negli anni '60 di rifiuti liquidi da parte della società di trasporti pubblici locali.

Il lago si presenta ben circoscritto dalle pareti della caverna a nord, a est e ovest, a sud è delimitato dalla scarpata che permette l'accesso alla cavità.

Il lago si compone di tre strati sovrapposti (Figura 1).

Sulla superficie del lago è presente un sottile strato di humus probabilmente formatosi dalla decomposizione di foglie trasportate dal vento, sul quale crescono dei muschi (Figura 2).

Sotto questo primo strato è presente uno strato dello spessore di circa 10 cm nero-marrone dal forte odore di petrolio e dalla consistenza gelatinosa simile alla marmellata. Lo strato più profondo è formato da acqua che, una volta estratta, appare biancastra e leggermente torbida.

In quell'occasione sono stati prelevati, dei campioni e al fine di comprendere la qualità e la gravità dell'inquinamento della grotta, sono stati analizzati con la tecnica della spettrometria di massa.

Per descrivere anche dal punto di vista microbiologico e non solo chimico lo stato della grotta è stato sequenziato massivamente il DNA.

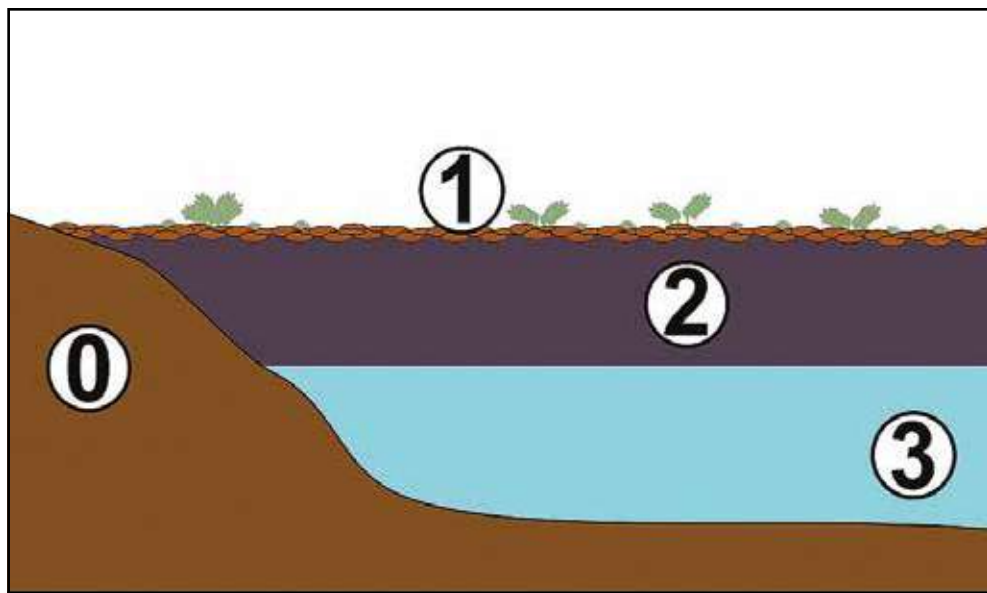


Figura 1 - Il lago è delimitato dalle pareti della grotta e dal terreno vicino all'entrata (0) e si compone di tre strati sovrapposti.

Sulla superficie del lago (1) è presente un sottile strato di humus sul quale crescono dei muschi.

Sotto questo primo strato è presente uno strato nero-marrone dal forte odore di petrolio e dalla consistenza gelatinosa simile alla marmellata (2).

Sotto questo strato è presente dell'acqua biancastra e leggermente torbida (3).



Figura 2 - Foto generale A e particolare B dello strato di humus presente sulla superficie del lago di petrolio. Nell'immagine B si può notare del muschio crescere sulla superficie. (Josef Vuch)

Analisi chimica

Clarissa Brun

Il presente lavoro si è posto l'obiettivo di aggiungere informazioni alla scarsissima conoscenza del quadro ambientale del così detto "laghetto", derivato dallo sversamento negli anni '60 di rifiuti liquidi da parte della società di trasporti pubblici locali, e dello stato generale di inquinamento della Caverna presso la VG 17 (n. Catasto 4632/VG), località Trebiciano (Carso Triestino - Trieste).

Ai fini della ricerca si è resa necessaria una primissima valutazione degli inquinanti dal punto di vista chimico contestualmente ad una analisi microbiologica della matrice liquida/fangoso/solida.

Chimicamente i contaminanti si distinguono a seconda che siano riconducibili al mondo inorganico oppure organico.

I principali inquinanti inorganici che si ritrovano nelle acque di falda sono i metalli la cui origine può essere legata ad effluenti liquidi di origine industriale, a discariche di rifiuti solidi urbani e industriali, ad effluenti minerari, mentre dei contaminanti organici fanno parte gli idrocarburi e i loro derivati.

Nel nostro caso è evidente e noto che la sorgente principale delle alte concentrazioni trovate per entrambe le componenti è da ricercare negli sversamenti industriali.



Caverna presso la 17 VG (1423/4362 VG). Prelievi di campioni di substrato per le analisi chimiche e batteriologiche. (Franco Gherlizza)



Prelievo dei campioni nel lago.

(Franco Gherlizza)

Sono stati presi in considerazione i seguenti parametri: metalli, idrocarburi C>12, idrocarburi C<12, idrocarburi come n-esano, composti organici aromatici, composti policiclici aromatici (IPA), alifatici clorurati cancerogeni e non, alifatici alogenati cancerogeni, nitrobenzeni, clorobenzeni, policlorobifenil (PCB).

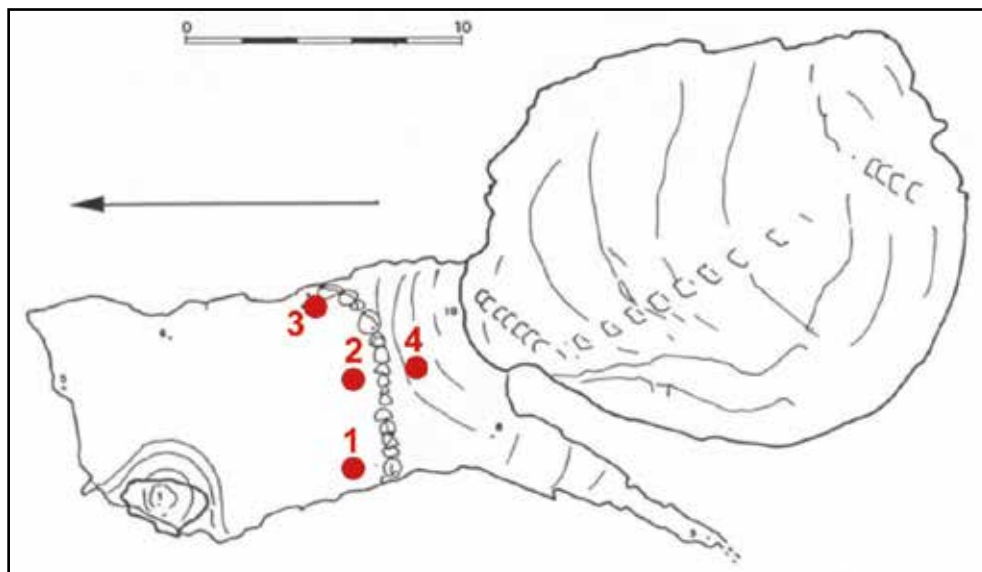
I campionamenti sono stati eseguiti in zone diverse del laghetto cercando di ottenere, per quanto possibile in questa fase, una situazione analitica rappresentativa della disomogeneità dell'area.

Un prelievo di terra è stato fatto anche esternamente al laghetto.

Campionamento

Punti di prelievo (Figura 3):

- campione fangoso/morchia prelevato internamente al laghetto a 1 m dal bordo e a 10 cm di profondità (punto 1)
- campione fangoso/morchia prelevato internamente al laghetto a 1 m dal bordo (punto 2)
- campione liquido prelevato internamente al laghetto (punto 3)



Punti di prelievo.

Materiali e metodi

La preparazione dei campioni solido-fangosi ha seguito la normativa ISO 15002:2015.

L'analisi dei metalli per le matrici solida e fangosa è stata eseguita secondo i metodi EPA 3052 e ISO 11885:2009, mentre per il campione liquido si è utilizzato il metodo ISO 15587-2:2003 e ISO 11885:2009.

Entrambi le metodologie prevedono la digestione acida al microonde e la lettura all'ICP-OES.

L'analisi degli idrocarburi C>12 (idrocarburi pesanti) è stata condotta sulla frazione granulometrica del prodotto secco (essiccato all'aria), macinato e passato al vaglio di 2 mm.

Le analisi degli idrocarburi sono state eseguite mediante tecnica spettrofotometrica in FT-IR (trasformata di Fourier) seguendo i metodi EPA 8260D e ASTM D-7066-04 e ulteriore lettura al GC-MS.

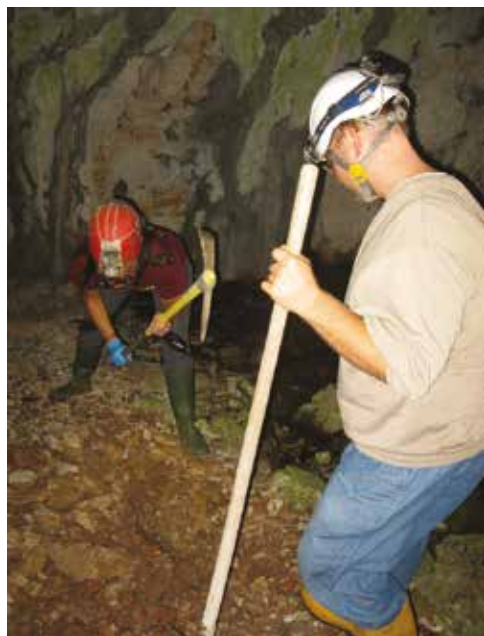
Risultati analitici

Al fine di un inquadramento generale del tipo di inquinamento si è fatto riferimento alla normativa vigente relativa alla bonifica dei siti contaminati confrontando le concentrazioni trovate con i valori soglia stabiliti dal DLgs 152/06 Allegato V parte IV tab. 1 (CSC, Concentrazioni Soglia di Contaminazione).

Per quanto concerne il parametro Idrocarburi nelle acque sotterranee, la normativa vigente in tema di bonifica dei siti contaminati (D.Lgs 152/2006, Parte VI, Titolo V) riporta la voce "Idrocarburi totali espressi come n-esano". I limiti di legge sono riportati nei report analitici nella colonna "limit value" (tab. 1-2-3-4).

Metalli

Per i metalli si sono riscontrate concentrazioni elevate di Piombo per il campione fangoso prelevato al punto 1, mentre il campione fangoso del punto 3 non presenta note di rilievo se non per fatto che il film di acqua superficiale prelevato nello stesso punto ha dato risultati diversi con concentrazioni in Ferro, Alluminio, Cromo totale, Manganese, Piombo, Rame Zinco molto alte.



Caverna presso la 17 VG (1423/4362 VG). Prelievi di campioni di substrato per le analisi chimiche e batteriologiche. (Franco Gherlizza)

Per il campione di terra (punto 4) risulta il Nichel in concentrazione elevata.

Oltre ad un inquinamento dovuto ai composti petroliferi, le elevati concentrazioni dei metalli possono derivare anche dalle condizioni scarsamente ossigenate dell'ambiente (film superficiale del laghetto) creando le condizioni per il passaggio in soluzioni degli elementi inorganici.

Idrocarburi

Le analisi hanno confermato l'elevato grado di inquinamento del così detto "laghetto" da parte di idrocarburi pesanti $C > 12$ mentre gli idrocarburi $C < 12$, essendo la frazione leggera, sono più volatili e tendono maggiormente all'evaporazione.

Concentrazioni molto elevate si sono evidenziate in tutti e tre i campioni interni così come la terra presa esternamente vicino alle sponde del laghetto presenta una concentrazione in $C > 12$ di 1310 mg/Kg contro un limite di 750 mg/kg (Tabella n. 3).

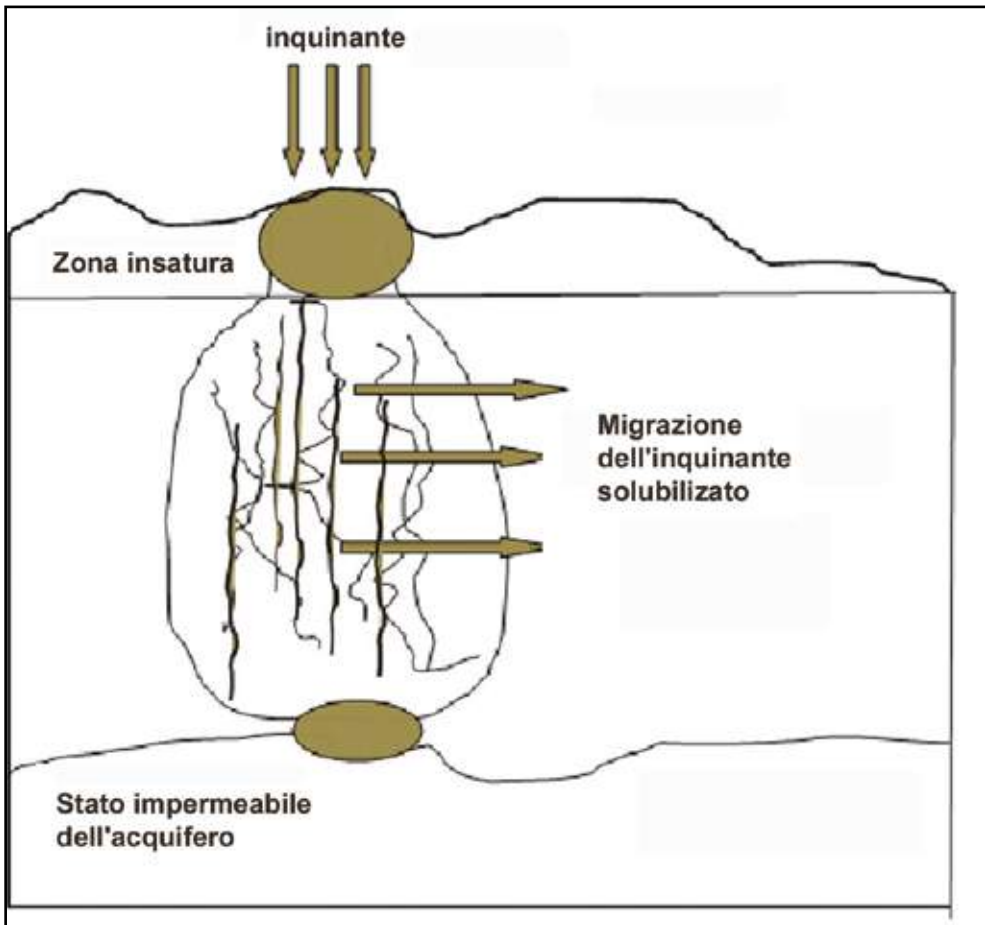


Fig. XX. Esempio di comportamento degli inquinanti, in particolare dei solventi dopo rilascio in superficie (da monografia siti inquinati ssc 1999-2001 modificato).

I meccanismi di diffusione dell'inquinamento da idrocarburi dalla superficie di contaminazione al suolo e sottosuolo dipendono da molti fattori.

Nel nostro caso sono coinvolti processi di degradazione fotochimica/ossidativa, lisciviazione e trasporto ad opera di acque meteoriche per ruscellamento, stillicidio, percolazione.

La caverna presenta un'ampio ingresso e un camino, quasi al centro del laghetto, che dà all'esterno. Una volta penetrato nel sottosuolo, un composto petrolifero tende a drenare per gravità, fenomeni di trasformazione e interazione con l'aria e l'acqua interstiziale dipendono dalle caratteristiche del terreno e dalle proprietà chimico-fisiche del singolo inquinante.

Le componenti leggere tendono ad evaporare, la frazione solubile in acqua può interagire con l'acqua interstiziale della zona insatura e, una volta solubilizzata, diffondersi o essere adsorbita dal terreno.

Una parte può essere anche biodegradata. Se gli olii raggiungono la falda freatica, quindi la zona impermeabile, questi possono ristagnare sotto alla falda e/o migrare a seconda della direzione del flusso idrico.

Solventi

La scarsa solubilità, la bassa viscosità cinematica e la più alta densità dei solventi, rispetto all'acqua, favoriscono un rapido movimento di discesa nel mezzo insaturo e saturo.

Nelle acque superficiali, la presenza dei solventi, per l'elevata volatilità di alcuni di questi composti, è ridotta, nel sottosuolo la loro presenza è molto più consistente, in quanto riescono a raggiungere agevolmente e velocemente la falda attraversando il terreno fino ad accumularsi nelle zone più depresse dell'acquifero caratterizzate da livelli di minore permeabilità.

I prodotti più solubili, contraddistinti da una densità leggermente superiore rispetto a quella dell'acqua, riescono invece a scendere più lentamente e possono migrare secondo la direzione di deflusso della falda (monografia siti inquinati SSC 1999-2001). I solventi clorurati ad esempio, una volta immessi nell'ambiente, non rimangono inalterati ma subiscono dei processi di trasformazione, soprattutto ad opera di agenti biologici.

Contrariamente a quanto immaginato, dalle analisi dei campioni di fango/morchia prelevati all'interno del laghetto (punto 1 e punto 3) e del campione di terra esterno (punto 5), le concentrazioni sono risultate molto basse addirittura al di sotto del LOQ (limite di quantificazione) del metodo analitico mentre il campione liquido (punto 3) ha mostrato delle concentrazioni in benzene, toluene, stirene, 1,2-dicloropropano, 1,2-dibromoetano estremamente elevate (Tab. 4).

Escludendo la possibilità di moderne e recenti fonti di inquinamento, il liquido prelevato stava sulla superficie a contatto con l'aria quindi diventa estremamente interessante la presenza di solventi altamente volatili in tale sistema.

I campionamenti sono stati eseguiti dal Club Alpinistico Triestino. Le analisi sono state eseguite presso i laboratori SAFEN d.o.o. (Environmental Analysis Laboratory) di Sezana (SLO) e finanziate totalmente dal Club Alpinistico Triestino.

Tabella 1. Campione di fango/morchia prelevato al punto 1 del rilievo (Figura 3)
 In grassetto sono evidenziati i parametri che sfiorano i limiti di legge.

RISULTATI ANALITICI ANALYTICAL RESULTS									
parameters	value	u.o.m.	RL	limit value		analytical method	start/end date of analysis	note	
				col A	col B				
Antimonio (Sb)	< 5	mg/kg	5	10	30	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Arsenico (As)	< 5	mg/kg	5	20	50	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Berillio (Be)	< 0,1	mg/kg	0,1	2	10	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Cadmio (Cd)	< 0,1	mg/kg	0,1	2	15	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Cobalto (Co)	< 5	mg/kg	5	20	250	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Cromo (Cr) totale	< 5	mg/kg	5	150	800	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Cromo VI (Cr VI)	< 0,1	mg/kg	0,1	2	15	APHA 3500-Cr B 2005	8.11.2018 12.11.2018		
Mercurio (Hg)	0,1	mg/kg	0,1	1	5	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Nichel (Ni)	< 5	mg/kg	5	120	500	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Piombo (Pb)	3610	mg/kg	5	100	1.000	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Rame (Cu)	123	mg/kg	5	120	600	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Selenio (Se)	< 0,1	mg/kg	0,1	3	15	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Stagno (Sn)	< 0,1	mg/kg	0,1	1	350	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		

Tallio (TI)	2,6	mg/kg	0,1	1	10	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
Vanadio (V)	< 5	mg/kg	5	90	250	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
Zinco (Zn)	284	mg/kg	5	150	1.500	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
IDROCARBURI HYDROCARBONS							
Idrocarburi hydrocarbons C < 12	< 1	mg/kg	1	10	250	metodo interno + EPA 8260D	21.11.2018 23.11.2018
Idrocarburi hydrocarbons C < 12	74400	mg/kg	10	50	750	metodo interno + ASTM D-7066-04	21.11.2018 23.11.2018
IDROCARBURI AROMATICI AROMATIC HYDROCARBONS							
Benzene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	2	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Toluene	8,3	mg/kg	0,1	0,5	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
Stirene styrene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
Etilbenzene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
Xileni xylens	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
Σ organici aromatici aromatic org. compounds	< 0,4	mg/kg	0,4	1	100	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
IPA PAHs							
Benzo(a)antracene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)
Benzo(a)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)
Benzo(b)fluorantene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)
Benzo(k)fluorantene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)
Benzo(g,h,i)perilene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)

Crisene	< 0,1	mg/kg	0,1	5	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)	
Dibenzo(a,e)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)	
Dibenzo(a,l)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)	
Dibenzo(a,i)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)	
Dibenzo(a,h)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)	
Dibenzo(a,h)antracene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018		
Indenopirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018		
Pirene	< 0,1	mg/kg	0,1	5	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018		
Σ IPA PAHs	< 0,5	mg/kg	0,5	10	100	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018		
ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI CHLORINATED ALIPHATIC CARCINOGENIC									
Clorometano	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018		
Diclorometano	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018		
Triclorometano	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018		
Cloruro di vinile	< 0,01	mg/kg	0,01	0,01	0,1	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018		
1,2-dicloroetano	< 0,05	mg/kg	0,05	0,2	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018		
1,1-dicloroetilene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	1	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018		
Tricloroetilene	< 0,1	mg/kg	0,1	1	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018		
Tetracloroetilene (PCE)	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	20	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018		

ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI | CHLORINATED ALIPHATIC NON-CARCINOGENIC

1,1-dicloroetano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	30	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,2-dicloroetilene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,3	15	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,1,1-tricloroetano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,2-dicloropropano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,3	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,1,2-tricloroetano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	15	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,2,3-tricloropropano	< 0,1	mg/kg	0,1	1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,1,2,2-tetracloroetano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI | ALIPHATIC ALOGENATED CARCINOGENIC

Tribromometano (bromoformio)	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,2-dibromoetano	< 0,01	mg/kg	0,01	0,01	0,1	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Dibromoclorometano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Bromodichlorometano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018

NITROBENZENI | NITROBENZENES

Nitrobenzene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,5	30	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,2-dinitrobenzene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,3-dinitrobenzene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
cloronitrobenzeni	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

CLOROBENZENI | CHLOROBENZENES

Monoclorobenzene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Diclorobenzeni non cancerogeni (1,2-diclorobenzene)	< 0,05	mg/kg	0,05	1	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Diclorobenzeni cancerogeni (1,4-diclorobenzene)	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,2,4-triclorobenzene	< 0,1	mg/kg	0,1	1	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,2,4,5- tetraclorobenzene	< 0,1	mg/kg	0,1	1	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
Pentaclorobenzene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
Esaclorobenzene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,05	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

FENOLI NON CLORURATI | NOT CHLORINATED PHENOLS

Metilfenoli (o-, m-, p-)	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
Fenolo	< 0,3	mg/kg	0,3	1	60	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

FENOLI CLORURATI | CHLORINATED PHENOLS

2-clorofenolo	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
2,4-diclorofenolo	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
2,4,6 - triclorofenolo	< 0,01	mg/kg	0,01	0,01	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
pentaclorofenolo	< 0,01	mg/kg	0,01	0,01	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

PCB | PCBs

PCB PCBs	< 0,03	mg/kg	0,03	0,06	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
------------	--------	-------	------	------	---	----------------------	--------------------------

Tabella 2. Campione di fango/morchia prelevato al punto 3 del rilievo (Figura 3)
 In grassetto sono evidenziati i parametri che sfiorano i limiti di legge.

RISULTATI ANALITICI ANALYTICAL RESULTS									
parameters	value	u.o.m.	RL	limit value		analytical method	start/end date of analysis	note	
				col A	col B				
Antimonio (Sb)	< 5	mg/kg	5	10	30	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Arsenico (As)	< 5	mg/kg	5	20	50	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Berillio (Be)	< 0,1	mg/kg	0,1	2	10	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Cadmio (Cd)	< 0,1	mg/kg	0,1	2	15	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Cobalto (Co)	< 5	mg/kg	5	20	250	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Cromo (Cr) totale	< 5	mg/kg	5	150	800	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Cromo VI (Cr VI)	< 0,1	mg/kg	0,1	2	15	APHA 3500-Cr B 2005	8.11.2018 12.11.2018		
Mercurio (Hg)	< 0,1	mg/kg	0,1	1	5	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Nichel (Ni)	< 5	mg/kg	5	120	500	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Piombo (Pb)	576	mg/kg	5	100	1.000	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Rame (Cu)	50,6	mg/kg	5	120	600	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Selenio (Se)	< 0,1	mg/kg	0,1	3	15	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Stagno (Sn)	< 0,1	mg/kg	0,1	1	350	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		

Tallio (Tl)	< 0,1	mg/kg	0,1	1	10	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
Vanadio (V)	< 5	mg/kg	5	90	250	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
Zinco (Zn)	150	mg/kg	5	150	1.500	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
IDROCARBURI HYDROCARBONS							
Idrocarburi hydrocarbons C < 12	< 1	mg/kg	1	10	250	metodo interno + EPA 8260D	21.11.2018 23.11.2018
Idrocarburi hydrocarbons C > 12	34130	mg/kg	10	50	750	metodo interno + ASTM D-7066-04	21.11.2018 23.11.2018
IDROCARBURI AROMATICI AROMATIC HYDROCARBONS							
Benzene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	2	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Toluene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
Stirene styrene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
Etilbenzene ethylbenzene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
Xileni xylens	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
Σ organici aromatici aromatic org. compounds	< 0,4	mg/kg	0,4	1	100	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
IPA PAHs							
Benzo(a)antracene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)
Benzo(a)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)
Benzo(b)fluorantene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)
Benzo(k)fluorantene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)
Benzo(g,h,i)perilene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)

Crisene	< 0,1	mg/kg	0,1	5	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)
Dibenzo(a,e)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)
Dibenzo(a,b)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)
Dibenzo(a,i)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)
Dibenzo(a,h)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)
Dibenzo(a,h)antracene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	
Indenopirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	
Pirene	< 0,1	mg/kg	0,1	5	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	
Σ IPA PAHs	< 0,5	mg/kg	0,5	10	100	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	
ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI CHLORINATED ALIPHATIC CARCINOGENIC								
Clorometano	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	
Diclorometano	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	
Triclorometano	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	
Cloruro di vinile	< 0,01	mg/kg	0,01	0,01	0,1	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	
1,1-dicloroetano	< 0,05	mg/kg	0,05	0,2	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	
1,1-dicloroetilene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	1	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	
Tricloroetilene	< 0,1	mg/kg	0,1	1	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	
Tetracloroetilene (PCE)	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	20	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	

ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI | CHLORINATED ALIPHATIC NON-CARCINOGENIC

1,1-dicloroetano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	30	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,2-dicloroetilene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,3	15	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,1,1-tricloroetano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,2-dicloropropano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,3	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,1,2-tricloroetano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	15	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,2,3-tricloropropano	< 0,1	mg/kg	0,1	1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,1,2,2,-tetracloroetano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI | ALIPHATIC ALOGENATED CARCINOGENIC

Tribromometano (bromoformio)	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,2-dibromoetano	< 0,01	mg/kg	0,01	0,01	0,1	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Dibromoclorometano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Bromodichlorometano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018

NITROBENZENI | NITROBENZENES

Nitrobenzene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,5	30	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,2-dinitrobenzene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,3-dinitrobenzene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
cloronitrobenzeni	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

CLOBROBENZENI CHLOROBENZENES							
Monoclorobenzene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Diclorobenzeni non cancerogeni (1,2-diclorobenzene)	< 0,05	mg/kg	0,05	1	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Diclorobenzeni cancerogeni (1,4-diclorobenzene)	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,2,4-triclorobenzene	< 0,1	mg/kg	0,1	1	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,2,4,5-tetraclorobenzene	< 0,1	mg/kg	0,1	1	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
Pentaclorobenzene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
Esaclorobenzene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,05	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
FENOLI NON CLORURATI NOT CHLORINATED PHENOLS							
Metilfenoli (o-, m-, p-)	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
Fenolo	< 0,3	mg/kg	0,3	1	60	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
FENOLI CLORURATI CHLORINATED PHENOLS							
2-clorofenolo	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
2,4-diclorofenolo	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
2,4,6 - triclorofenolo	< 0,01	mg/kg	0,01	0,01	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
pentaclorofenolo	< 0,01	mg/kg	0,01	0,01	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
PCB PCBs							
PCB PCBs	< 0,03	mg/kg	0,03	0,06	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

Tabella 3. Campione liquido prelevato al punto 3 del rilievo (Figura 3)
 In grassetto sono evidenziati i parametri che sfiorano i limiti di legge.

RISULTATI ANALITICI ANALYTICAL RESULTS							
parameters	value	u.o.m.	LOQ	limit value	analytical method	start/end date of analysis	note
pH	8,0			-0 - 14	ISO 10523:2012	10.11.2018 10.11.2018	
alla temperatura di at temperature of:	24,0	°C			metodo interno	10.11.2018 10.11.2018	
Alluminio (Al)	51982 ± 30	µg/l	15	200	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018	
Antimonio (Sb)	< 1	µg/l	1	5	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018	
Argento (Ag)	< 5	µg/l	5	10	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018	
Arsenico (As)	< 5	µg/l	5	10	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018	
Berillio (Be)	< 1	µg/l	1	4	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018	
Boro (B)	641	µg/l	100	1000	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018	
Cadmio (Cd)	622	µg/l	1	5	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018	
Cobalto (Co)	< 20	µg/l	20	50	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018	
Cromo (Cr) totale	1400	µg/l	20	50	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018	
Cromo VI (Cr VI)	< 1	µg/l	1	5	APHA 3500-Cr- B 2005 ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018	

Ferro (Fe)	285626 ± 30	µg/l	33	200	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
Manganese (Mn)	4639	µg/l	10	50	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
Mercurio (Hg)	< 1	µg/l	1	1	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
Nichel (Ni)	842	µg/l	10	20	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
Piombo (Pb)	28003	µg/l	5	10	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
Rame (Cu)	9036	µg/l	100	1000	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
Selenio (Se)	< 1	µg/l	1	10	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
Tallio (Tl)	< 1	µg/l	1	2	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
Zinco (Zn)	166171	µg/l	100	3000	ISO 15587-2:2002 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
IDROCARBURI TOTALI TOTAL HYDROCARBONS						
Idrocarburi totali (come n-esano)	88300	µg/l	100	350	ASTM D-7066-04	21.11.2018 23.11.2018
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI AROMATIC COMPOUNDS						
benzene	58430	µg/l	1	1	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
etilbenzene	< 1	µg/l	1	50	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
stirene	77300	µg/l	1	25	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
toluene	7500	µg/l	1	15	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
para-xilene	< 1	µg/l	1	10	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018

POLICICLI AROMATICI | PAHs

29 benzo (a) antracene	< 0,01	µg/l	0,01	0,1	EPA 3550C + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
30 benzo (a) pirene	< 0,01	µg/l	0,01	0,01	EPA 3550C + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
31 benzo (b) fluorantene	< 0,01	µg/l	0,01	0,1	EPA 3550C + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
32 benzo (k) fluorantene	< 0,01	µg/l	0,01	0,05	EPA 3550C + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
33 benzo (g,hi) perilene	< 0,01	µg/l	0,01	0,01	EPA 3550C + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
34 crisene	< 0,01	µg/l	0,01	5	EPA 3550C + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
35 dibenzo (a,h) antracene	< 0,01	µg/l	0,01	0,01	EPA 3550C + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
36 indeno (1,2,3,-c,d) pirene	< 0,01	µg/l	0,01	0,1	EPA 3550C + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
37 pirene	< 0,01	µg/l	0,01	50	EPA 3550C + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
38 sommatorea (31,32,33,36)	< 0,04	µg/l	0,04	0,1	EPA 3550C + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI | CHLORINATED ALIPHATIC CARCINOGENIC

Clorometano	< 1	µg/l	1	1,5	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
Diclorometano	< 0,1	µg/l	0,1	0,15	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
Cloruro di vinile	< 0,1	µg/l	0,1	0,5	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
1,2-dicloroetano	< 1	µg/l	1	3	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
1,1-dicloroetilene	< 0,01	µg/l	0,01	0,05	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
Tricloroetilene	< 1	µg/l	1	1,5	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018

Tetracloroetilene	< 0,1	µg/l	0,1	1,1	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
esaclorobutadiene	< 0,1	µg/l	0,1	0,15	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
Sommatoria organoalogenati	< 3,5	µg/l	3,5	10	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI CHLORINATED ALIPHATIC NON-CARCINOGENIC						
1,1-dicloroetano	< 10	µg/l	10	810	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
1,2-dicloroetilene	< 0,01	µg/l	0,01	60	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
1,2-dicloropropano	8000	µg/l	0,1	0,15	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
1,1,2-tricloroetano	< 0,1	µg/l	0,1	0,2	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
1,2,3-tricloropropano	< 0,001	µg/l	0,001	0,001	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
1,1,2,2-tetracloroetano	< 0,01	µg/l	0,01	0,05	metodo interno + EPA 8260C	12.11.2018 30.11.2018
ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI ALIPHATIC ALOGENATED CARCINOGENIC						
Tribromometano (bromofornio)	< 0,1	µg/l	0,1	0,3	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,2-dibromoetano	7280	µg/l	0,001	0,001	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Dibromoclorometano	< 0,1	µg/l	0,1	0,13	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Bromodichlorometano	< 0,1	µg/l	0,1	0,17	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
NITROBENZENI NITROBENZENES						
Nitrobenzene	< 1	µg/l	1	3,5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,2-dinitrobenzene	< 10	µg/l	10	15	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

1,3-dinitrobenzene	< 1	µg/l	1	3,7	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
cloronitrobenzeni	< 0,1	µg/l	0,1	0,5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
CLOROBENZENI CHLOROBENZENES						
Monoclorobenzene	< 10	µg/l	10	40	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,2-diclorobenzene	< 10	µg/l	10	270	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,4-diclorobenzene	< 0,1	µg/l	0,1	0,5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,2,4-triclorobenzene	< 10	µg/l	10	190	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,2,4,5-tetraclorobenzene	< 1	µg/l	1	1,8	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
Pentaclorobenzene	< 1	µg/l	1	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
Esaclorobenzene	< 0,01	µg/l	0,01	0,01	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
PCB PCBs						
PCB PCBs	< 0,01	µg/l	0,01	0,01	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

Tabella 4. Campione di terra prelevato esternamente al laghetto al punto 4 del rilievo (Figura 3)
 In grassetto sono evidenziati i parametri che sfiorano i limiti di legge.

RISULTATI ANALITICI ANALYTICAL RESULTS									
parameters	value	u.o.m.	RL	limit value		analytical method	start/end date of analysis	note	
				col A	col B				
Antimonio (Sb)	< 5	mg/kg	5	10	30	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Arsenico (As)	< 5	mg/kg	5	20	50	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Berillio (Be)	< 0,1	mg/kg	0,1	2	10	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Cadmio (Cd)	< 0,1	mg/kg	0,1	2	15	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Cobalto (Co)	58	mg/kg	5	20	250	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Cromo (Cr) totale	71	mg/kg	5	150	800	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Cromo VI (Cr VI)	< 0,1	mg/kg	0,1	2	15	APHA 3500-Cr B 2005	8.11.2018 12.11.2018		
Mercurio (Hg)	< 0,1	mg/kg	0,1	1	5	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Nichel (Ni)	1231	mg/kg	5	120	500	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Piombo (Pb)	< 5	mg/kg	5	100	1.000	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Rame (Cu)	82	mg/kg	5	120	600	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Selenio (Se)	< 0,1	mg/kg	0,1	3	15	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		
Stagno (Sn)	< 0,1	mg/kg	0,1	1	350	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018		

Tallio (Tl)	< 0,1	mg/kg	0,1	1	10	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
Vanadio (V)	< 5	mg/kg	5	90	250	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
Zinco (Zn)	< 5	mg/kg	5	150	1.500	EPA 3052 + ISO 11885:1998	8.11.2018 12.11.2018
IDROCARBURI HYDROCARBONS							
Idrocarburi hydrocarbons C < 12	< 1	mg/kg	1	10	250	metodo interno + EPA 8260D	21.11.2018 23.11.2018
Idrocarburi hydrocarbons C >	1310	mg/kg	10	50	750	metodo interno + ASTM D-7066-04	21.11.2018 12.23.11.2018
IDROCARBURI AROMATICI AROMATIC HYDROCARBONS							
Benzene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	2	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Toluene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
Stirene styrene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
Etilbenzene ethylbenzene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
Xileni xylens	4,9	mg/kg	0,1	0,5	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
Σ organici aromatici aromatic org. compounds	< 5,2	mg/kg	0,4	1	100	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018 (1)
IPA PAHs							
Benzo(a)antracene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)
Benzo(a)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)
Benzo(b)fluorantene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)
Benzo(k)fluorantene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)
Benzo(g,h,i)perilene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018 (2)

Crisene	< 0,1	mg/kg	0,1	5	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)
Dibenzo(a,e)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)
Dibenzo(a,l)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)
Dibenzo(a,i)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)
Dibenzo(a,h)pirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	(2)
Dibenzo(a,h)antracene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	
Indenopirene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,1	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	
Pirene	< 0,1	mg/kg	0,1	5	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	
Σ IPA PAHs	< 0,5	mg/kg	0,5	10	100	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018	
ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI CHLORINATED ALIPHATIC CARCINOGENIC								
Clorometano	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	
Diclorometano	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	
Triclorometano	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	
Cloruro di vinile	< 0,01	mg/kg	0,01	0,01	0,1	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	
1,2-dicloroetano	< 0,05	mg/kg	0,05	0,2	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	
1,1-dicloroetilene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	1	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	
Tricloroetilene	< 0,1	mg/kg	0,1	1	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	
Tetracloroetilene (PCE)	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	20	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018	

ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI | CHLORINATED ALIPHATIC NON-CARCINOGENIC

1,1-dicloroetano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	30	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,1,2-dicloroetilene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,3	15	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,1,1,1-tetracloroetano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,1,2-dicloropropano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,3	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,1,1,2-tetracloroetano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	15	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,1,2,3-tetracloropropano	< 0,1	mg/kg	0,1	1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,1,1,2,2-tetracloroetano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI | ALIPHATIC ALOGENATED CARCINOGENIC

Tribromometano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,1,2-dibromoetano	< 0,01	mg/kg	0,01	0,01	0,1	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Dibromoclorometano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Bromodichlorometano	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018

NITROBENZENI | NITROBENZENES

Nitrobenzene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,5	30	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,2-dinitrobenzene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,3-dinitrobenzene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
cloronitrobenzeni	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	10	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

CLOROBENZENI | CHLOROBENZENES

Monoclorobenzene	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	5	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Diclorobenzeni non cancerogeni (1,2-diclorobenzene)	< 0,05	mg/kg	0,05	1	50	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
Diclorobenzeni cancerogeni (1,4-diclorobenzene)	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	10	metodo interno + EPA 8260D	12.11.2018 30.11.2018
1,2,4-triclorobenzene	< 0,1	mg/kg	0,1	1	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
1,2,4,5-tetraclorobenzene	< 0,1	mg/kg	0,1	1	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
Pentaclorobenzene	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
Esaclorobenzene	< 0,01	mg/kg	0,01	0,05	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

FENOLI NON CLORURATI | NOT CHLORINATED PHENOLS

Metilfenoli (o-, m-, p-)	< 0,05	mg/kg	0,05	0,1	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
Fenolo	< 0,3	mg/kg	0,3	1	60	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

FENOLI CLORURATI | CHLORINATED PHENOLS

2-clorofenolo	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	25	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
2,4-diclorofenolo	< 0,1	mg/kg	0,1	0,5	50	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
2,4,6 - triclorofenolo	< 0,01	mg/kg	0,01	0,01	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
pentaclorofenolo	< 0,01	mg/kg	0,01	0,01	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018

PCB | PCBs

PCB PCBs	< 0,03	mg/kg	0,03	0,06	5	EPA 3550 + EPA 8270D	12.11.2018 30.11.2018
------------	--------	-------	------	------	---	----------------------	--------------------------

Bibliografia

- BREUER-JAMMALI M., MAHRO B. - *Enumeration and characterization of the soil microflora from hydrocarbon-contaminated soil sites able* (1994).
- BRUN C., VUCH J. - *Studi sul degrado ambientale della Caverna presso la 17 VG (1423 / 4362 VG) - Trieste* - Cronache Ipogee. Pagine di informazione speleologica per il Friuli Venezia Giulia - Anno X, N. 5 - pagg. 6-7 - Trieste, on-line, Maggio 2019.
- CALÒ F., PARISE M. - *Waste management and problems of groundwater pollution in karst environments in the context of a post-conflict scenario: the case of Mostar* (Bosnia Herzegovina, 2009).
- KERSTIN SCHWARZ K., TILMAN GOCHT T., PETER GRATHWOHL P. - *Transport of polycyclic aromatic hydrocarbons in highly vulnerable karst systems* (Elsevier Jan.2011).
- KRAJNC M., GACIN M., KRŠNIC P., SODJA E., KOLENC A. - *Groundwater quality in Slovenia assessed upon the results of national groundwater monitoring* (European Water 19/20 37-46 2007).
- MALISZEWSKA-KORDYBACH B. - *Polycyclic aromatic hydrocarbons in agricultural soils in Poland: preliminary proposals for criteria to evaluate the level of soil contamination* (Elsevier vol. 11- 1996).
- MARGESIN R., SCHINNER F. - *Manual for Soil Analysis - Monitoring and Assessing Soil Bioremediation* (Springer).
- NISKAARA H., REIMANN C., CHEKUSHIN V. - *Distribution and pathways of heavy metals and sulphur in the vicinity of the copper-nickel smelters in Nikel and Zapoljarnij, Kola Peninsula, Russia, as revealed by different sample media* (Elsevier vol. 11- 1996).
- RISER-ROBERTS E. - *Remediation of Petroleum Contaminated Soils - Biological, Physical, and Chemical Processes* (1998).
- Siti contaminati da idrocarburi: problematiche e approccio metodico* (1999-2001).
- VERNER J.F., H.RAMSEY M., HELIOS-RYBICKA E., JĘDRZEJCZYK B. - *Heavy metal contamination of soils around a Pb- Zn smelter in Bukowno, Poland* (Elsevier vol. 11- 1996).

Conclusioni

Uno sguardo va ora al futuro e all'applicabilità di questi primi risultati ai fini di una bonifica del sito.

Le potenzialità della ricerca nell'aiutare e nel velocizzare le capacità che la natura già ha nel rimediare ai danni provocati dall'uomo, sono elevate.

Concretamente si pensa alla realizzazione di un campo pilota sperimentale in una zona del laghetto aumentando il numero di batteri già presenti in grado di degradare il petrolio immettendoli dall'esterno o aumentando selettivamente il numero delle famiglie batteriche già presenti in grotta.

L'attività microbica andrebbe monitorata mediante campionamenti mirati e sistematici e relative analisi chimiche e microbiologiche.

Analisi microbiologica

Josef Vuch

I prelievi sono stati effettuati usando contenitori e utensili sterili e privi di DNA.

Dai siti 1 e 2 sono stati prelevati dei campioni del film superficiale (FS) di humus che si trova sulla superficie superiore degli idrocarburi che formano il lago e dei campioni di idrocarburi da metà dello spessore di questo strato (ICMA).

Dal sito 3 sono stati prelevati dei campioni di FS, ICMA e di acqua dallo strato più profondo.

Dai siti 4, 5 e 6 sono stati prelevati dei campioni di terreno superficiale.

Il sito "A" è stato prelevato a 30 cm di profondità ed a una distanza di 4 m dalle sponde del lago (Tabella 1).

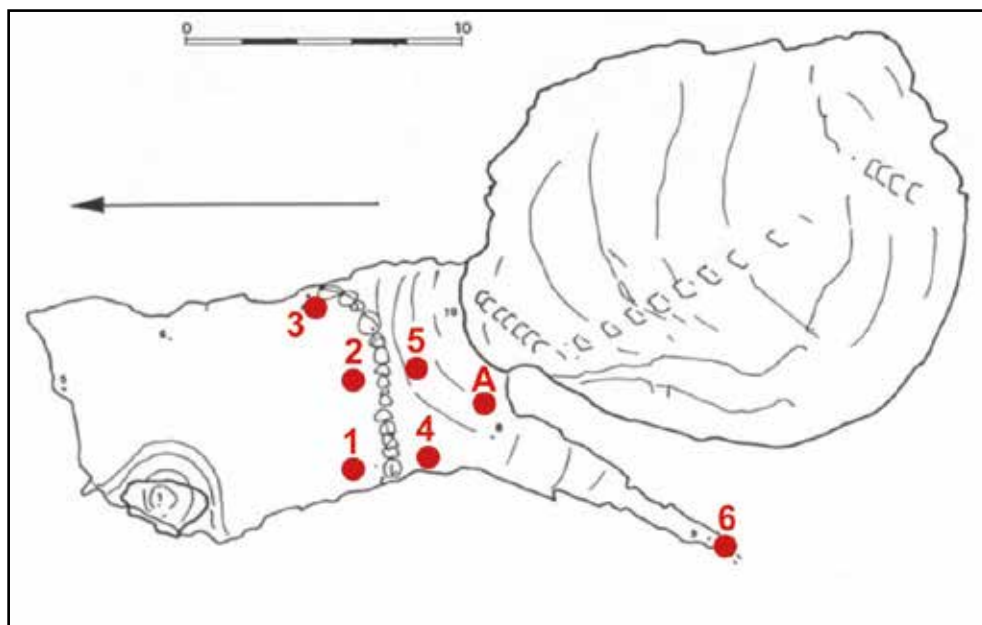
L'acqua una volta decantata è stata divisa in tre fasi, una fase superiore (31) nella quale si sono osservati galleggianti corpuscoli neri asseribili a parte dell'idrocarburo presente nel lago, una parte intermedia (32) limpida e incolore e una parte più pesante presente sul fondo del contenitore (33) (Tabella 1).

Il DNA è stato estratto dai campioni per mezzo del kit E.Z.N.A.® soil DNA (Omega Bio-tek, Inc. Norcross USA).

Le analisi di comunità microbica sono state effettuate amplificando il marcatore genetico 16S regione V4 con i primer ed i protocolli descritti da CAPORASO ET AL. (1) e sequenziando in modo massivo e parallelo tramite il sequenziatore di seconda generazione Ion Torrent Personal Genome Machine (PGM) (Thermo Fisher Scientific Waltham, Massachusetts, USA).



Parte dell'attrezzatura impiegata nel prelievo di campioni di substrato per le analisi chimiche e batteriologiche, nella Caverna presso la 17 VG. (Franco Gherlizza)



Siti di prelievo dei campioni. I siti 1, 2 e 3 si trovano nel laghetto. I siti 4, 5 e 6 sul terreno. Il sito A si trova ad una distanza di 4 m dalle sponde del lago ed i campioni sono stati prelevati a 30 cm di profondità.

Sito del prelievo	Tipo di campione prelevato	
1	FS	
1	ICMA	
2	FS	
2	ICMA	
3	FS	
3	ICMA	
3	Acqua sottostante	
3	Acqua sottostante	31 Fase superiore
		32 Fase intermedia
		33 Fase pesante
4	Terreno superficiale	
5	Terreno superficiale	
6	Terreno superficiale	
A	Terreno prelevato 30 cm sotto la superficie	

Tabella 1 - Con elencati il tipo di campioni prelevati e il sito del prelievo come già descritto in figura 1. Di tre siti è stato prelevato un campione dal sottile strato di humus (Film Superficiale-FS), da tre siti è stato prelevato un campione dallo strato di idrocarburi a metà dello spessore dello stesso (IdroCarburi Mezza Altezza- ICMA), da un sito è stato prelevato un campione dell'acqua sottostante, da tre siti prossimi al lago, sono stati prelevati dei campioni di terreno e un campione di terreno (A) è stato prelevato ad una distanza approssimata di 4 m dal lago ad una profondità di 30 cm. L'acqua prelevata dal sito 3, una volta decantata, è stata divisa in tre fasi, una fase superiore (31), una parte intermedia (32) e una parte più pesante presente sul fondo del contenitore (33).

Per i campioni: 1FS, 1ICMA, 2FS, 3ICMA, 4 (terreno), 31, 32 e 33, la quantità delle sequenze è sicuramente sufficiente per poter saturare tutte le specie batteriche presenti nelle comunità microbiche in analisi.

Dall'analisi sono state prodotte 939996 sequenze ascrivibili a 4375 OTU batteriche (Operational Taxonomic Unit, una definizione operativa per classificare gruppi geneticamente molto simili che semplificando possono essere considerati specie) a loro volta raggruppate in diverse unità tassonomica (anche dette taxa).

Le sequenze sono state sottoposte ad analisi bioinformatica allo scopo di associare una classificazione tassonomica ad ognuna di esse.

È stato usato il pacchetto informatico CLC Microbial genomics (<https://www.qiagenbioinformatics.com/products/clc-microbial-genomics-module/>) per tale fine. Il database di riferimento è il database SILVA 16S (<https://www.arb-silva.de/>).

Dalle analisi delle sequenze si osserva una diminuzione della biodiversità nei campioni prelevati dal lago (1FS, 1ICMA, 2FS, 3ICMA, 31, 32 e 33) confrontati con il campione prelevato dal terreno (campione 4) (Figura 1).

Nei campioni 1FS, 1ICMA, 2FS, 3ICMA, si osserva un aumento dei batteri delle famiglie: Flavobacteriaceae, Carnobacteriaceae, Streptococcaceae, Moraxellaceae e Pseudomonadaceae poco rappresentati nel campione 4 (dati ottenibili su richiesta).

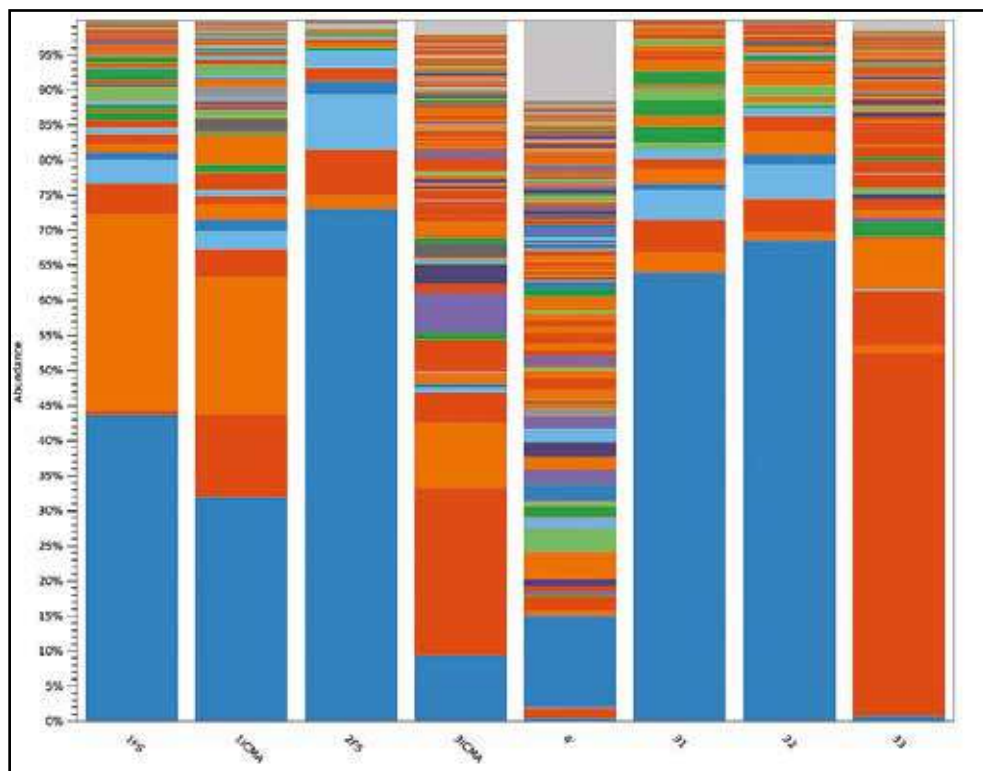


Figura 1 - La descrizione delle comunità batteriche presenti in ogni campione è riassunta in questo grafico dove vengono rappresentate in percentuale le varie componenti tassonomiche.



Prelievo dei campioni nel lago.

(Franco Gherlizza)

La composizione delle comunità microbica dei campioni d'acqua 31, 32 sono molto simili alle comunità dei campioni 1FS, 1ICMA, 2FS, 3ICMA. La composizione della comunità microbica del campione 33 assomiglia di più al campione 4.

Dall'analisi dei dati raccolti sono stati evidenziati i taxa più presenti nei campioni prelevati dal lago e non presenti nel campione 4 usato come controllo.

Dal confronto di questi dati con la letteratura è stato possibile evidenziare la presenza di 50 taxa principali dei quali 23 descritti come in grado di metabolizzare gli idrocarburi e quindi implicati nella degradazione del petrolio (Tabella 2).

In conclusione possiamo affermare che queste analisi hanno permesso di comprendere come la vita microbica si sia adattata all'inquinamento presente nella cavità e come abbia iniziato a degradare gli inquinanti.

Questa ricerca potrebbe, in futuro, permettere la bonifica del sito aumentando il numero di batteri già presenti in grado di degradare il petrolio immettendoli dall'esterno o aumentando selettivamente il numero delle famiglie batteriche già presenti in grotta.

La parte genetica-microbiologica del lavoro è stata ideata da Josef Vuch (socio del Club Alpinistico Triestino - CAT), finanziata dal CAT e realizzata in collaborazione con la prof.ssa Fiorella Florian del Laboratorio di Genomica comparata ed applicata del Dipartimento di Scienze della Vita dell'Università degli Studi di Trieste e la prof.ssa Lagatolla Cristina microbiologa dell'Università degli Studi di Trieste.

TAXA	Descrizione risultati ricerca bibliografica	Bibliografia
Flavobacteriaceae Molto abbondante in tutti i campioni contaminati e poco nel controllo	Degradazione petrolio	2, 3
Carnobacteriaceae Molto abbondante in tutti i campioni contaminati e poco nel controllo	Degradazione petrolio	4
Streptococcaceae Molto abbondante in tutti i campioni contaminati e poco nel controllo	Degradazione petrolio	5
Moraxellaceae Molto abbondante in tutti i campioni contaminati e poco nel controllo	Degradazione petrolio e composti aromatici	6,7
Pseudomonadaceae Molto abbondante in tutti i campioni contaminati e poco nel controllo	Degradazione petrolio e riduzione dei nitrati	2, 3, 8
Nitrosopumilaceae Solo nel FS		
Leptotrichiaceae Solo nel FS		
uncultured bacterium-84 Solo nel FS		
uncultured organism-02 Solo nel ICMA		
Thiotrichaceae Solo nel ICMA	Degradazione petrolio	9, 3
Bacteroidetes BD2-2 Solo nel ICMA		
Mycoplasmatales Quasi solo nel ICMA		
Streptomycetales Quasi solo nel ICMA		
Microtrichaceae Quasi solo nel ICMA		
Oxyphotobacteria Quasi solo nel ICMA	Degradazione composti aromatici	3,20
Jenufa perforata Quasi solo nel ICMA		
BD7-8 Solo nell'acqua		
Milano-WF1B-44 Solo nell'acqua		
Salinisphaerales Solo nell'acqua		
Psychromonadaceae Solo nell'acqua		
Alcanivoracaceae Solo nell'acqua	Degradazione petrolio	3, 10, 11, 12
Kangiellaceae Solo nell'acqua		
Desulfobacterales Solo nell'acqua	Deterioramento prodotti petroliferi e degradazione composti aromatici	13

Tabella 2 - Riassuntiva dei taxa più presenti nei campioni prelevati dal lago e non presenti nel campione 4 usato come controllo. Ad ogni taxon è associata una descrizione delle capacità degradative riscontrate in letteratura, quando presente, e il rispettivo riferimento bibliografico.

Mollicutes RF39	Solo nell'acqua		
Rhodovibrionales	Solo nell'acqua		
Nostocales	Solo nell'acqua	Degradazione composti aromatici	3,20
Xenococcaceae	Solo nell'acqua	Degradazione composti aromatici	3,20
Kiloniellaceae	Quasi solo nell'acqua	Gruppo maggiormente associato a formazione di aggregati "marine oil snow (MOS)" e "marine dispersantsnow (MDS)"	14
Neisseriaceae	Quasi solo nell'acqua	Riduzione dei nitrati	15
Vibrionaceae	Quasi solo nell'acqua	Degradazione petrolio	16, 3
Ambiguous_taxa-33	Quasi solo nell'acqua		
Colwelliaceae	Quasi solo nell'acqua	Degradazione petrolio	16, 3
Oligoflexaceae	Quasi solo nell'acqua	Degradazione petrolio	3
Saprosiraceae	Quasi solo nell'acqua	Presenza in aggregati microbici marini durante la bonifica di siti inquinati da idrocarburi	17
Acidobacteriales	Solo nell'ICMA e acqua	Potenziale degradazione petrolio	18
Thiovulaceae	Solo nell'ICMA e acqua		
Desulfobulbaceae	Solo nell'ICMA e acqua	Degradazione composti aromatici	19
Weeksellaceae	Solo nell'ICMA e acqua		
Thiohalorhabdaceae	Solo nell'ICMA e acqua		
SM2D12	Quasi solo nell'ICMA e acqua		
Acetobacteraceae	Quasi solo nell'ICMA e acqua	Degradazione petrolio	16
Parvibaculaceae	Quasi solo nell'ICMA e acqua		
Pseudoalteromonadaceae Presenti quasi solo nell'ICMA e acqua		Degradazione petrolio	3
Porticoccaceae	Quasi solo nell'ICMA e acqua		
Arcobacteraceae	Quasi solo nell'ICMA e acqua		
Methylococcales	Presenti sulla terra e FS	Presenza in aggregati microbici marini durante la bonifica di siti inquinati da idrocarburi	14
uncultured bacterium-05	Presenti sulla terra e FS		
Micrococcaceae	Presenti sulla terra e FS	Degradazione petrolio	5
Gaiellaceae	Presenti sulla terra e FS		

Tabella 2 - Riassuntiva dei taxa più presenti nei campioni prelevati dal lago e non presenti nel campione 4 usato come controllo. Ad ogni taxon è associata una descrizione delle capacità degradative riscontrate in letteratura, quando presente, e il rispettivo riferimento bibliografico.

Bibliografia

- 1 CAPORASO, J. GREGORY, ET AL - "*Global patterns of 16S rRNA diversity at a depth of millions of sequences per sample*" - Proceedings of the national academy of sciences 108.Supplement 1 (2011): 4516-4522.
- 2 HEMALATHA, SWARNAKARAN, AND PANCHANATHAN VEERAMANIKANDAN - "*Characterization of aromatic hydrocarbon degrading bacteria from petroleum contaminated sites*" - Journal of Environmental Protection 2.03 (2011): 243-254.
- 3 OLAJIRE, A. A., and J. P. ESSIEN - "*Aerobic degradation of petroleum components by microbial consortia*" - Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology 5.5 (2014): 1.
- 4 DIAS, ROMINA L., et al. - "*Hydrocarbon removal and bacterial community structure in on-site biostimulated biopile systems designed for bioremediation of diesel-contaminated Antarctic soil*" - Polar biology 38.5 (2015): 677-687.
- 5 SINGH, POONAM, KUMAR KASHYAP, and SATENDRA SINGH - "*Isolation, Purification and Characterization of Oil Degrading Bacteria from Different Oil Cake Samples*" - International Journal of Bioinformatics and Biological Sciences 2.3 (2014): 189.
- 6 DAHAL, RAM HARI, DHIRAJ KUMAR CHAUDHARY, and JAISOO KIM - "*Acinetobacter halotolerans sp. nov., a novel halotolerant, alkalitolerant, and hydrocarbon degrading bacterium, isolated from soil*" - Archives of microbiology 199.5 (2017): 701-710.
- 7 ZHANG, GAOSEN, et al. - "*Complete genome sequence of Acinetobacter sp. TTH0-4, a cold-active crude oil degrading strain isolated from Qinghai-Tibet Plateau*" - Journal of biotechnology 226 (2016): 54-55.
- 8 KOSTKA, JOEL E., et al. - "*Hydrocarbon-degrading bacteria and the bacterial community response in Gulf of Mexico beach sands impacted by the Deepwater Horizon oil spill*" - Appl. Environ. Microbiol. 77.22 (2011): 7962-7974.
- 9 ENGEL, ANNETTE SUMMERS, and AXITA A. GUPTA - "*Regime shift in sandy beach microbial communities following Deepwater Horizon oil spill remediation efforts*" - PloS one 9.7 (2014): e102934.
- 10 CAMPEÃO, MARIANA E., et al. - "*The deep-sea microbial community from the Amazonian basin associated with oil degradation*" - Frontiers in microbiology 8 (2017): 1019.
- 11 VIGNERON, ADRIEN, et al. - "*Succession in the petroleum reservoir microbiome through an oil field production lifecycle*" - The ISME journal 11.9 (2017): 2141.
- 12 RIBICIC, DENI, et al. - "*Oil type and temperature dependent biodegradation dynamics-Combining chemical and microbial community data through multivariate analysis*" - BMC microbiology 18.1 (2018): 83.
- 13 ARORA, PANKAJ K. - "*Bacterial degradation of monocyclic aromatic amines*" - Frontiers in microbiology 6 (2015): 820.
- 14 DURAN SUJA, LAURA, et al. - "*Chemical dispersant enhances microbial exopolymer (EPS) production and formation of marine oil/dispersant snow in surface waters of the subarctic northeast Atlantic*" - Frontiers in Microbiology 10 (2019): 553.
- 15 GAO, PEIKE, et al. - "*Microbial diversity and abundance in the Xinjiang Luliang long-term water-flooding petroleum reservoir*" - MicrobiologyOpen 4.2 (2015): 332-342.
- 16 BEAZLEY, MELANIE J., et al. - "*Microbial community analysis of a coastal salt marsh affected by the Deepwater Horizon oil spill*" - PloS one 7.7 (2012): e41305.
- 17 DOYLE, SHAWN M., et al. - "*Rapid formation of microbe-oil aggregates and changes in community composition in coastal surface water following exposure to oil and the dispersant Corexit*" - Frontiers in microbiology 9 (2018): 689.
- 18 HE, YING, XIANG XIAO, and FENGPING WANG - "*Metagenome reveals potential microbial degradation of hydrocarbon coupled with sulfate reduction in an oil-immersed chimney from Guaymas Basin*" - Frontiers in microbiology 4 (2013): 148.
- 19 KÜMMEL, STEFFEN, et al. - "*Anaerobic naphthalene degradation by sulfate-reducing Desulfobacteraceae from various anoxic aquifers*" - FEMS microbiology ecology 91.3 (2015).
- 20 SINGH, DHANANJAYA P., et al. - "*Metatranscriptome analysis deciphers multifunctional genes and enzymes linked with the degradation of aromatic compounds and pesticides in the wheat rhizosphere*" - Frontiers in Microbiology 9 (2018).



Caverna presso la 17 VG (1423/4362 VG). Sergio Dolce impegnato nella documentazione fotografica della comunità faunistica ipogea. (Franco Gherlizza)



Caverna presso la 17 VG (1423/4362 VG). Roberto Ferrari impegnato nella documentazione fotografica della comunità faunistica ipogea. (Franco Gherlizza)

La componente faunistica

Sergio Dolce, Roberto Ferrari

Parallelamente alla campagna di rilevamento delle caratteristiche dimensionali (“batimetria”) della massa inquinante e di prelievo dei campioni di substrato per le analisi chimiche e batteriologiche è stata effettuata una campionatura speditiva nell’ottica di individuare una possibile comunità faunistica presente nella Caverna presso la 17 VG (1423/4362 VG).



Rilevamento delle caratteristiche dimensionali (“batimetria”) della massa inquinante; nella Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 9 Ottobre 2018. (Foto R. Ferrari)



Prelievo di campioni di substrato per le analisi chimiche e batteriologiche; nella Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 14 Ottobre 2018. (Foto R. Ferrari)

Allo scopo sono state utilizzate le tecniche di ricerca a vista e quella della trappola a caduta

- Ricerca a vista. È il metodo più immediato e diretto che richiede presenza del ricercatore. Con l'ausilio di un aspiratore, per gli esemplari più minuti e delicati, vengono attentamente ispezionati vari microambienti quali anfratti, nicchie, sottopietre, pareti. La ricerca, di gran lunga la più entusiasmante e "sportiva" dal punto di vista emotivo, ha, dal punto di vista del risultato pratico e scientifico, tutta una serie di svantaggi quali il poco tempo a disposizione, la casualità, la scarsa illuminazione, l'assoluta non completezza del campionamento Questa metodologia consente di avere a disposizione materiale vivo.



Posizionamento di trappole a caduta; nella Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 31 Ottobre 2018.
(Foto R. Ferrari, R. Ferrari/F. Gherlizza)

Il prelievo è limitato alla permanenza in loco del ricercatore.

- Trappola a caduta (materiale morto). Metodo che non richiede presenza del ricercatore se non per posa, eventuali controlli, ritiro. Vengono posizionati, opportunamente sistemati e protetti nel substrato, contenitori (bicchierini) riempiti con soluzione di acqua e sale in concentrazione soprassatura nella quale viene fatto galleggiare, isolato, un contenitore con esca a materiali alimentari (formaggio, prosciutto, pesce, ...) atti ad attrarre gli organismi. Dal punto di vista del risultato pratico e scientifico garantisce alto grado di completezza di campionamento, lunga conservazione del materiale, limitata potenzialità di azione nel tempo. Questa metodologia consente di avere a disposizione esclusivamente materiale morto. Non necessaria la presenza assidua del ricercatore.

Le ricerche sono state svolte tra Ottobre e Novembre 2018; la ricerca a vista veniva effettuata contemporaneamente alle uscite dedicate ai campionamenti chimici e batteriologici e si basava sull'individuazione e ripresa fotografica delle specie osservabili sulle pareti e sul substrato, mentre, in particolare, la posa delle trappole (2), posizionate nel ramo che si sviluppa in direzione SW dal vano principale e che apparentemente risulta non influenzato direttamente dalla massa inquinante, ed innescate con formaggio, è stata effettuata il 31 Ottobre 2018 ed il loro ritiro il 16 Novembre 2018 (permanenza effettiva 15 giorni).



Troglophilus neglectus (♂) e *Triphosa dubitata* (in situ); Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 9 Ottobre 2018. (Foto R. Ferrari)



Triphosa dubitata (*in situ*); Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 9 Ottobre 2018.
(Foto R. Ferrari)



Scoliopteryx libatrix (*in situ*); Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 9 Ottobre 2018.
(Foto R. Ferrari, S. Dolce)



Limonia c.f. nubeculosa (in situ); Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 9 Ottobre 2018.

(Foto R. Ferrari)



Tegenaria cf. sylvestris (in situ); Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 31 Ottobre 2018.

(Foto S. Dolce)

La ricerca a vista ha permesso di individuare, tra gli Invertebrati, specie quali *Troglophilus neglectus* (Insecta Orthoptera), *Triphosa dubitata* (Insecta Lepidoptera), *Scoliopteryx libatrix* (Insecta Lepidoptera), *Limonia cf. nubeculosa* (Insecta Diptera), *Tegenaria cf. sylvestris* (Arachnida), *Scolopendra* sp. (Myriapoda Chilopoda), *Chilostoma illyricum* (Gastropoda, Pulmonata), *?Oxychilus draparnaudi* (Gastropoda Oxychilidae); tutti gli esemplari erano in attività e spesso in vicinanza anche intraspecifica; tra i Vertebrati, un esemplare semimummificato di Microammifero insettivoro (?Soricomorpha) specie comunque non strettamente legata all'ambiente sotterraneo.

La ricerca mediante trappole non ha dato esito alcuno.

Per entrambi i metodi di ricerca adottati è da considerare, alla luce dei



Arachnida (?*Tegenaria cf. sylvestris*) (*in situ*); Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 9 Ottobre 2018. (Foto R. Ferrari)



Scolopendra sp. (*in situ*); Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 9 Ottobre 2018. (Foto R. Ferrari)



Chilostoma illyricum (*in situ*); Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 9 Ottobre 2018.
(Foto R. Ferrari)



?*Oxychilus draparnaudi* (*in situ*); Caverna presso la 17VG (Carso Triestino); 31 Ottobre 2018.
(Foto S. Dolce)



Chilostoma illyricum e Arachnida (?*Tegenaria* cf. *sylvestris*) (*in situ*); Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 31 Ottobre 2018.
(Foto R. Ferrari)



Micromammifero insettivoro (?*Soricomorpha*) (*in situ*); Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 9 Ottobre 2018.
(Foto R. Ferrari)



Il degrado ecosistemico può essere fatto risalire a cause esogene derivanti da scarichi abusivi di residui esausti di idrocarburi, oli minerali, sostanze bituminose, e materiali di rifiuto vari; Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 9 Ottobre 2018. (Foto R. Ferrari)



L'originale livello raggiunto del deposito inquinante è testimoniato dalla patina bituminosa rimasta sulle pareti perimetrali; Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 9 Ottobre 2018. (Foto R. Ferrari)



Patine algali, formate prevalentemente da Cloroficeae, colonizzanti le pareti laddove le condizioni minime di luminosità lo consentono; Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 9 Ottobre 2018. (Foto R. Ferrari)

Patine algali, formate prevalentemente da Cloroficeae, colonizzanti i clasti del detrito emergenti dalla ed a diretto contatto con la massa inquinante laddove le condizioni minime di luminosità lo consentono; Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 14 Ottobre 2018. (Foto R. Ferrari)

risultati, il periodo stagionale (Ottobre-Novembre) e la brevità della tenuta in essere delle trappole (15 gg).

In ogni caso l'associazione di invertebrati riscontrata è tipica e comune nella quasi totalità delle cavità con morfologia orizzontale a "caverna" site nel Carso Triestino.

La cavità presenta un degrado ecosistemico derivante da cause esogene essendo il risultato di una sommatoria assimilabile tra le categorie di scarichi fognari (industriali e/o urbani) e discariche s.l. che in una fase iniziale doveva assumere connotazioni più importanti, come attestato dalle tracce di livello rimaste sulle pareti perimetrali del vano principale e poi ridotta all'attuale per fenomeni di assestamento, compattazione, evaporazione.

Gli organismi "cavernicoli" sono ottimi bioindicatori.

In questo caso è evidente, nonostante i limiti temporali della ricerca, l'assenza di specie più specializzate e sensibili (Insecta Coleoptera) peraltro presenti in situazioni morfologiche simili, ma non interessate da fenomeni inquinanti e di degrado, in altre cavità e viceversa la presenza, anche numericamente interessante, di specie meno specializzate colonizzanti gli ambienti meno degradati, spesso comunque a contatto con la massa inquinante, fenomeno oltremodo osservabile anche relativamente alla componente vegetale che si manifesta con patine verdastre su pareti e detrito laddove le condizioni minime di illuminazione lo consentano, quasi una sfida della vita contro la morte.



Patine algali, formate prevalentemente da Cloroficeae, colonizzano le pareti recanti evidenti tracce bituminose prodotte probabilmente dal lancio di pietre nella massa semiliquida da incivili visitatori, quasi in un contendersi degli ambienti tra vita e morte; Caverna presso la 17 VG (Carso Triestino); 9 Ottobre 2018. (Foto R. Ferrari)

Gli Autori ringraziano Andrea Colla (Museo Civico di Storia Naturale - Trieste) per le comunicazioni personali e Carlo Legittimo (Aracnofilia) per la determinazione degli Arachnida.



Nella speranza che non succeda più; pressi Trebiciano (Carso Triestino); 9 Ottobre 2018. (Foto R. Ferrari)

Bibliografia essenziale

- STOCH F. & DOLCE S., 1984 - *Gli animali delle grotte del Carso Triestino* - Edizioni Lint Trieste - Trieste, 1984.
- STOCH F., 2008 - *Gli abitatori delle grotte. Biospeleologia del Friuli* - Circolo Speleologico e Idrologico Friulano - Udine, Quaderno n. 1 - Udine, Settembre 2008.
- GIACHINO P.M. & VAILATI D., 2010 - *The subterranean environment. Hypogean life, concepts and collecting techniques / L'ambiente sotterraneo. Vita ipogea, concetti e tecniche di raccolta* - WBA Handbooks 3, World Biodiversity Association onlus - Verona - Verona, 31 Luglio 2010.
- CUCCHI F., RICCAMBONI R. & BANDI E. (a cura di), 2012 - *Acqua e vita nelle grotte della Val Rosandra* - LINT Editoriale, Prima Edizione - Trieste, Ottobre 2012.
- FERRARI R., 2016 - *Scorpioni, bacoli, zimisi e pulisi...: Il Gruppo Entomologico Triestino "Giuseppe Müller"* - Trieste - Cronache Ipogee. Pagine di informazione speleologica per il Friuli Venezia Giulia, Anno VII, N. 5 Maggio 2016: 4-9 - Trieste, on-line, Maggio 2016.
- COLLA A. & FERRARI R., 2017 - *Etica deontologica e Biospeleologia* - Cronache Ipogee. Pagine di informazione speleologica per il Friuli Venezia Giulia, Anno VIII, N. 2 Febbraio 2017: 4-8 - Trieste, on-line, Febbraio 2017.