



Monitoraggio idrobiologico della sorgente carsica di Gologone (Sardegna): indagini preliminari

A. L. CUCCUI¹, G. GRAFITTI², F. STOCH³, F. MURGIA⁴,
N. SECHI⁵, A. COSSU⁶, M. G. SOTGIA⁷

¹ Dip. di Botanica, Ecologia vegetale e Geologia UNISS, laboratorio di Ecologia acquatica (sede di Nuoro) alcuccui@uniss.it

² Dip. di Zoologia e Genetica Evoluzionistica UNISS (coll. est.)

³ Dip. di Scienze Ambientali, Università de L'Aquila

⁴ Responsabile Scientifico progetti ambientali Provincia di Nuoro

⁵ Dip. di Botanica, Ecologia vegetale e Geologia UNISS

⁶ Dip. di Botanica, Ecologia vegetale e Geologia UNISS

⁷ Gruppo Ricerche Ambientali (Dorgali)

Abstract

Abstract. The analysis of biological water quality of the aquifer feeding *Gologone* springs was performed using the methodology proposed by Gaiter et al. (2004); researches on benthic fauna and organic component of the sediment in spring waters were carried out. The site was selected due to its location within the pristine area of *Supramonte* and the northern part of *Gennargentu* Mt. For this reason, *Gologone* springs, may be used as a reference site for assessing biological water quality of the Sardinian karstic springs, defining the structure of the macrobenthic assemblages and their relationships with the abiotic parameters.

Keywords

biomonitoring, karst springs, *Gologone*, Sardinia, karst waters

Riassunto

Questo lavoro ha permesso l'analisi della qualità biologica dell'acquifero che alimenta le sorgenti di *Gologone*, mediante la sperimentazione della metodologia proposta da Gaiter et al. (2004) consistente nell'analisi della fauna bentonica e della componente organica del sedimento in acque sorgive. Il sito è stato scelto in relazione all'integrità della sua area di alimentazione costituita dal *Supramonte* e dalla porzione settentrionale del massiccio del *Gennargentu*. In questo modo, è possibile fissare per le sorgenti carsiche sarde uno scenario ecologico di riferimento sul quale basare futuri studi sulla qualità biologica delle acque, definendo il popolamento macrobentonico dell'acquifero che alimenta le sorgenti e la sua interrelazione con i parametri abiotici.

Parole Chiave

monitoraggio biologico, sorgenti carsiche, *Gologone*, Sardegna, acque carsiche



Introduzione

L'insieme dell'idrosfera sotterranea e dei suoi popolamenti sono considerati un sistema molto articolato e complesso (Gibert et al. 1994); l'habitat iporreico, che è in diretto contatto con il sistema acquatico di superficie (Vervier et al. 1997) è una zona di interfaccia che può essere colonizzata sia da organismi epigei che da stigobi (Robertson et al. 1997).

Nonostante l'interesse generale sulla biodiversità delle acque sotterranee gli studi in materia sono ancora carenti (Stoch, et al. 2009). La caratterizzazione faunistica ed ecologica delle taxocenosi interstiziali del sistema polla-ruscello sorgivi (eucrenal-hypocrenal) è stata effettuata allo scopo di fornire una base conoscitiva per la messa a punto di nuove tecniche di biomonitoraggio che prevedano l'integrazione con quelle già esistenti per le acque correnti e che potrebbero in futuro rappresentare uno strumento per la conservazione della biodiversità.

Area di studio

La sorgente carsica di *Gologone*, ubicata in comune di Oliena nella Sardegna centrale (provincia di Nuoro), è alimentata dal drenaggio di una complessa rete idrica sotterranea che sottende integri paesaggi quali il Supramonte e le pendici settentrionali della catena montuosa del Genargentu (Murgia, 2007).

Il sistema studiato consta in due sorgenti le cui acque sgorgano da una profonda fenditura naturale dalla roccia calcarea dando origine ai rispettivi ruscelli sorgivi che vanno ad alimentare il fiume Cedrino. Le due sorgenti presentano morfologia e portata molto diverse. Nel primo caso, si tratta di un'emergenza naturale valclusiana, profonda oltre i 100 m e con portata di circa 300 l/s.

La seconda sorgente denominata *sa vena*, oltre ad essere costituita da due scaturigini di cui una captata per uso umano, presenta una polla sorgiva più contenuta profonda 0,40-0,60 m e delimitata da un manufatto aperto (vasca). Le piene sono frequenti nel periodo che va dall'autunno alla primavera e provocano l'inondazione del territorio circostante alle due sorgenti.

Materiali e Metodi

L'indagine sulle biocenosi e la lettura delle stesse in relazione alle alterazioni ambientali e di rischio igienico delle acque iniziarono negli anni '80, ma solo nel 1989 è stata concepita una vera e propria metodica (Bodon e Gaiter, 1989), che è stata messa a punto applicando il metodo su oltre 500 sorgenti e 900 siti di campionamento dell'Appen-

nino Ligure. L'elaborazione degli indicatori è basata sul documento prodotto nel 1999 per il Centro Tematico Nazionale Acque interne e Marino Costiere (Bodon e Raffetto, 1999) e fu proposto modificato in occasione di un corso di formazione tenutosi a Genova nel 2000 (Rocca et al., 2003).

Si è proceduto alla sperimentazione della metodologia proposta da Gaiter et al. (2004) consistente nell'analisi della fauna bentonica e della componente organica del sedimento in acque sorgive, per verificarne la validità in un contesto insulare mediterraneo e in due emergenze che risultano molto complesse nella loro struttura e nell'ambiente in cui sono localizzate (profondità in una, piene di grossa entità in entrambe). I due casi-studio rientrano tra gli ambienti investigabili previsti dal metodo, trattandosi di sorgenti carsiche una in uno stato naturale e una con opera di captazione (*sa vena*). La definizione dello scenario ecologico mediante il rilevamento delle caratteristiche ambientali hanno permesso di effettuare una lettura attenta dell'ecotono eucrenal-hypocrenal, assieme all'esame di biocenosi, tanatocenosi, analisi chimico-fisica e microbiologica delle acque.

Per la raccolta dei dati ispettivi sono state utilizzate due schede distinte ispirate al metodo ma modificate, con la finalità di rendere la compilazione della scheda intuitiva, facile nell'estrapolazione per l'analisi dei dati e in modo da poter individuare la tipologia e la stima percentuale di substrato con relativa mappatura per ogni stazione campionata, e determinazione del numero delle repliche di cattura (retinate) da eseguire per ogni microhabitat.

Al fine di eseguire una cattura del benthos più rappresentativa possibile e permettere la comparazione dei dati ottenuti per entrambi gli ambienti (eucrenal e hypocrenal) sono stati individuati i microhabitat e quantificati secondo stime percentuali per il calcolo del numero di - individui/superficie campionata.

Le due schede sono in realtà identiche ma per la sorgente captata sono state inserite informazioni sulla tipologia dei manufatti, tipologia di captazione, litologia e alterazione del substrato, assieme alla rappresentazione grafica del sito (quest'ultima presente in entrambe), mentre per l'emergenza naturale sono state indicate la tipologia di sorgente, la litologia e l'alterazione del substrato.

Un altro aspetto innovativo rispetto al metodo Gaiter et al. (2004), molto importante, riguarda la raccolta del benthos, che si è svolta in diverse sessioni: autunnale (ott-nov 2010), invernale (genn-febb 2011 e primaverile (mar-apr 2011). Le repliche sono state eseguite con il retino immanicato per le acque correnti italiane, compatibile con la norma EN 27828 con dimensioni 0,25 m x 0,25 m con maglia 100 µm, campionando i microhabitat mappati e stabilendo in base alle percentuali di presenza il numero delle retinate da eseguire, in modo da conoscere la densità relativa degli organismi per unità di superficie (fig. 10).

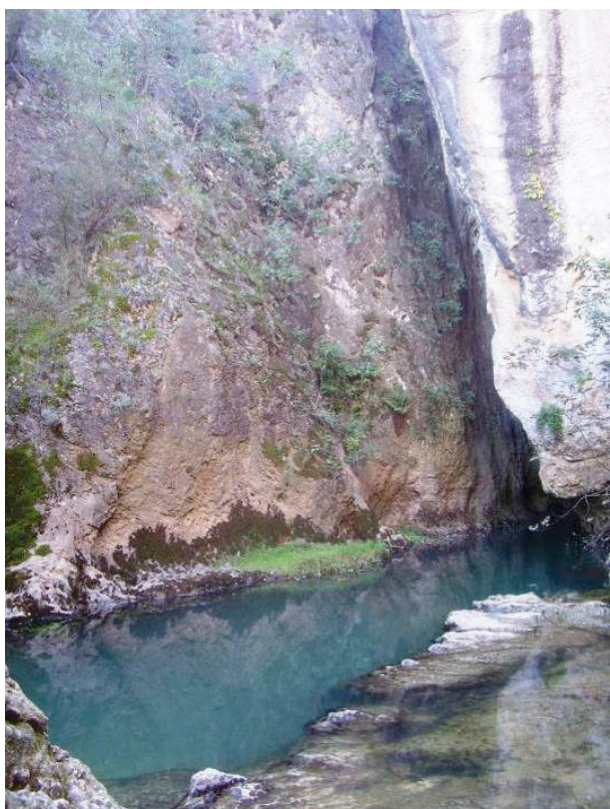


Fig. 1 Sorgente di Gologone
Fig. 1 Gologone spring

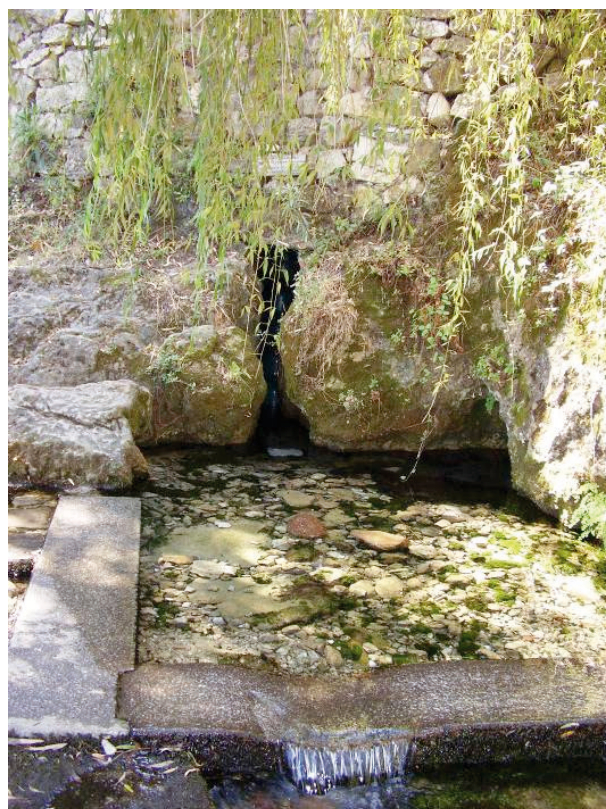


Fig. 2 Sorgente "sa vena" di Gologone
Fig. 2 "Sa vena" Gologone spring

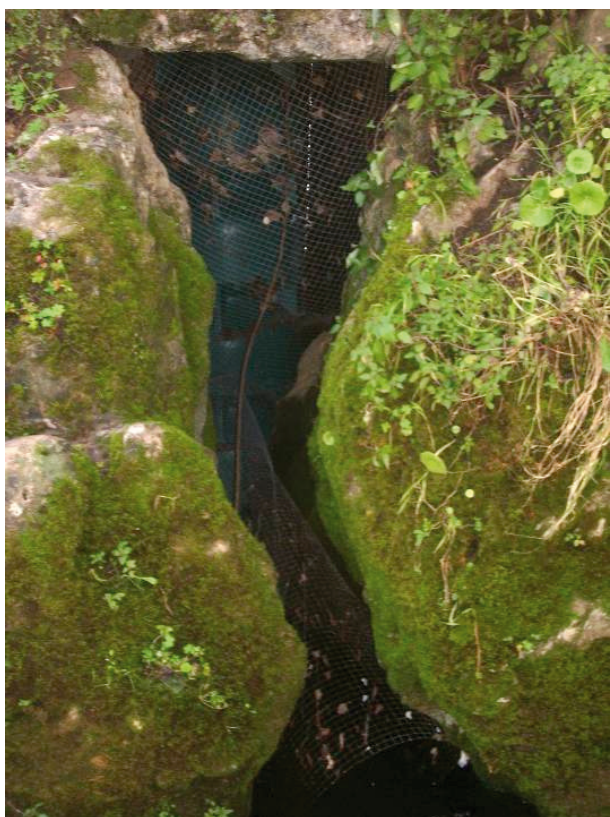


Fig. 3 Sorgente "sa vena" di Gologone captata
Fig. 3 "Sa vena" Gologone collected spring



Fig. 4 Sorgente "sa vena" di Gologone scaturigine naturale
Fig. 4 "Sa vena" Gologone natural spring

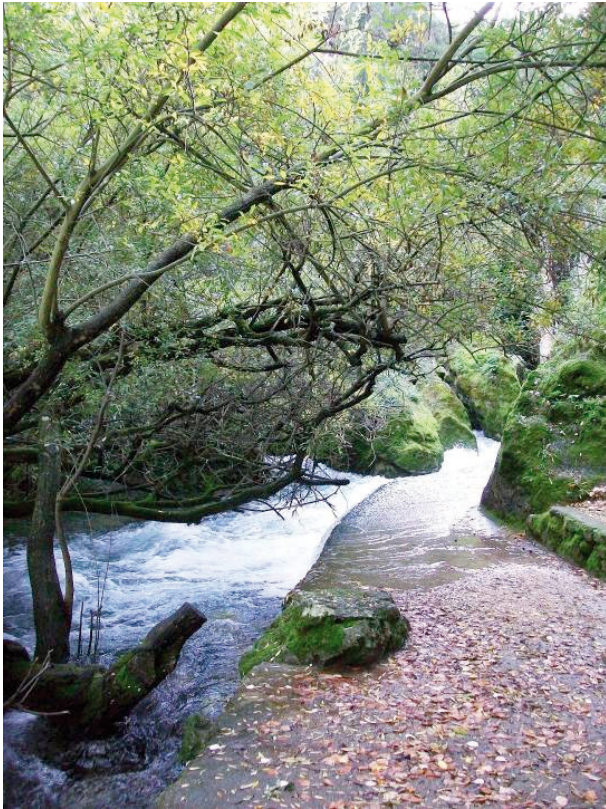


Fig. 5 Piena ordinaria emergenza naturale di Gologone
Fig. 5 Gologone natural spring ordinary flood

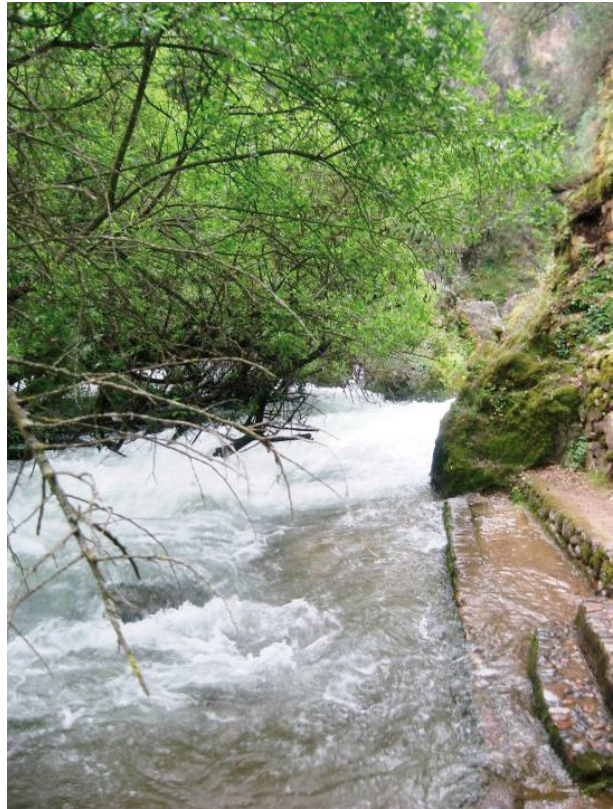


Fig. 6 Piena straordinaria emergenza naturale di Gologone
Fig. 6 Gologone natural spring (extraordinary flood)

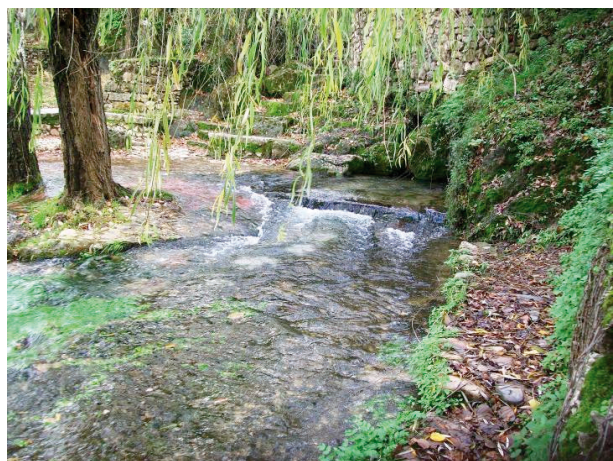


Fig. 7-8 Sorgente "sa vena" su Gologone in piena
Fig. 7-8 "Sa vena" Gologone spring (during flood)

Tale tecnica è stata utilizzata con buoni risultati nella sorgente captata *sa vena* data la bassa profondità dell'eucrenal, mentre nell'emergenza naturale a causa dell'elevata profondità sono state utilizzate delle trappole a bottiglia con esca e substrato artificiale calate ad una profondità di 20 m per almeno 30 giorni (fig.9). Si è inoltre proceduto a retinare le zone spondali della polla sorgiva, ma ad oggi restiamo in attesa che la piena si esaurisca per poter effettuare delle immersioni subacquee che dovrebbero fornire importanti informazioni sui substrati e microhabitat profondi e indagare altresì l'hypocrenal.

Rispetto al metodo originale che valuta i taxa a livello di genere o specie, si è deciso di sperimentare variando il livello di identificazione al genere e famiglia; tale scelta è stata fatta *in primis* per comparare i dati ottenuti dai campionamenti ai fini IBE (Indice Biotico Esteso) secondo WFD 2000/60CEE (Ghetti, 1997) e l'Assessment di Stato Ecologico mediante macroinvertebrati bentonici (CNR IRSA 2007) sull'hypocrenal verificando se tale approccio potesse essere significativo e cercando di rendere la procedura meno dispendiosa.

Risultati e discussione

La campagna di monitoraggio dell'eucrenal ha prodotto la lista faunistica riportata in tab.1 relativa alla sorgente captata "*sa vena*" di *Gologone*. La taxocenosi è alquanto ricca grazie alla grande varietà di microhabitat che rendono possibile un popolamento ricco e differenziato a livello di microscala.

Sono state eseguite 11 repliche su una superficie campionata di 0,88 m². La composizione faunistica in tab.1, relativa all'emergenza naturale, risulta incompleta a causa delle frequenti piene (fig. 5 e 6) che hanno disturbato l'attività sul campo e non hanno reso possibile l'indagine di profondità. Comunque è stata effettuata una mappatura parziale dei microhabitat e su questi sono state eseguite due repliche per ogni microhabitat individuato di modo da poter definire se pure parzialmente lo scenario ecologico dell'eucrenal.

I risultati sulla sperimentazione del metodo per la sorgente *sa vena* identificano una comunità costituita da un elevato numero di taxa (generi e famiglie) sensibili all'in-



Fig 9-10 Surber modificato e trappole a bottiglia

Fig 9-10 Modified surber and bottle traps



quinamento (plecotteri, *Theodoxus*) confermando i dati delle altre metodiche nella porzione dell'hypocrenal.

La struttura della biocenosi è costituita da organismi esclusivi di acque superficiali (in prevalenza plecotteri, tricotteri, efemerotteri) con una tanatocenosi caratterizzata da una marcata diversità in microhabitat e abbondante detrito vegetale, soprattutto foglie e rami.

Per quanto concerne la valutazione permessa dal metodo sul grado di isolamento per captazioni di acque sorgive, troviamo una biocenosi costituita prevalentemente da crenobionti e una tanatocenosi con abbondante detrito vegetale ed altri elementi epigei, che potrebbero indicare un basso grado di protezione della sorgente dall'ambiente superficiale. Infatti dalla fig. 2 possiamo verificare che l'opera di captazione è stata inserita nella fenditura naturale della roccia che però non garantisce alta protezione e prosegue con un manufatto a bassissimo impatto visivo e ben inserito nello scenario naturale che lo ospita.

A oggi non è stata possibile effettuare le indagini sulla qualità biologica e lo scenario ecologico dell'hypocrenal relative all'emergenza naturale su *Gologone* a causa delle piene.

L'indagine ai fini IBE (hypocrenal) per la sorgente *sa vena* sessione autunnale (ottobre e novembre 2010) identifica 23 taxa, di cui 13 validi per il calcolo dell'Indice Biotico Estesio; il valore IBE ricavato è pari a 10 e corrispondente alla I CQ (Classe di Qualità) che sta ad indicare ambiente non inquinato. In totale sono stati rinvenuti 230 individui su una superficie campionata di 0,88 m². Nella sessione primaverile (marzo-aprile 2011) sono stati rinvenuti 23 taxa, di cui 22 validi per il calcolo dell'indice; il valore IBE ricavato è pari a 11 e corrispondente sempre alla I CQ (Classe di Qualità) che conferma un ambiente non inquinato. Sono stati rinvenuti in totale 304 individui su una superficie campionata di 0,88 m² (tab.4).

Le analisi chimico fisiche e microbiologiche confermano la buona qualità delle acque tab. 2 e tab. 3. Nella sessione autunnale l'analisi di stato ecologico con un punteggio totale di 32/70 e un valore del rapporto di qualità ecologica (EQR) pari a 0,46, fa rientrare il sito nella CQ_WFD (Classe di qualità secondo WFD) di POOR, qualità scadente/moderata. L'applicazione dell'indice ha permesso di definire una moderata tolleranza della comunità presente, una scadente/moderata qualità dell'habitat e ruolo trofico e una moderata ricchezza in taxa. Bisogna sottolineare che dal periodo estivo a quello tardo autunnale l'hypocrenal si riduce quasi fino ad andare in secca, questo influisce sulla ricchezza in habitat e una riduzione della tolleranza della comunità indagata, il tutto va ad ridurre la qualità ecologica.

Nella sessione primaverile si è raggiunto il punteggio totale 46/70, il valore dell'EQR è pari a 0,67, Classe di qualità secondo WFD moderata. La tolleranza della co-

munità presente migliora a buona, la qualità dell'habitat e il ruolo trofico rimangono invariati (moderata) e migliora a moderata la ricchezza in taxa rispetto alla sessione autunnale.

Tali valori sono dunque fortemente influenzati dal regime della sorgente, ma allo stesso tempo sono importanti per la definizione della qualità ecologica delle acque nella porzione più prossima all'eucrenal in modo da poter garantire un raffronto dei dati ottenuti nella sperimentazione.

Conclusioni

Lo studio dei popolamenti del biotipo iporreico e parafluviale dell'ambiente carsico di *Gologone* ha permesso di ottenere in primis un profilo tassonomico nonché la definizione della qualità biologica delle acque direttiva compliant (WFD 2000/60/CEE), grazie allo studio integrato dell'hypocrenal e alla sperimentazione del metodo di Gaiter et al. 2004 nell'eucrenal.

È stato necessario modificare e adattare il metodo, per garantire la comparazione dei dati nell'ecotono eucrenal-hypocrenal; infatti si evince che la comunità, man mano che ci si allontana dalla scaturigine, aumenta in densità e in biodiversità grazie principalmente alla diversificazione dei microhabitat e alla buona naturalità del sito.

Questa ricerca è stata parzialmente finanziata dalla Provincia di Nuoro nell'ambito di un'indagine più ampia denominata: "Progetto di monitoraggio del Fiume Cedrino"; il ruscello sorgivo verrà preso come *reference site* per la porzione di bacino indagato nel primo *step* progettuale essendo l'unico corpo idrico che conserva una buona naturalità.

Da questa indagine preliminare possiamo affermare che la metodologia, sperimentata e modificata, ha prodotto un primo contributo per la definizione dello scenario ecologico confermando il buono stato di qualità e integrità ambientale sia delle acque che del sistema eucrenal-hypocrenal.

Rimane comunque auspicabile proseguire nella sperimentazione del metodo in altre emergenze della Sardegna sia captate che naturali al fine di validare la metodologia sperimentata per il contesto insulare mediterraneo sardo.

	Sorgente captata (eucrenal)			Sorgente non captata (eucrenal e trappole di profondità)		
	01/12/2010	09/02/2011	30/03/2011	01/12/2010	09/02/2011	30/03/2011
PLECOTTERI						
Dinocras			6			
Isoperla			4		1	
Leuctra						1
Nemoura	2					
Protonemura					2	
TRICOTTERI						
Ecnomidae		1				
Glossosomatidae		16	18			
Goeridae		6	11			
Hydroptilidae		1				
Lepidostomatidae		2				
Leptoceridae			5			
Rhyacophilidae	7					
Thremmatidae		12	5			
EFEMEROTTERI						
Baetis		3				
Cloeon		6				
Serratella		1	3			
COLEOTTERI						
Dytiscidae			1			1
Elmidae		2	1			
DITTERI						
Anthomyidae		1				
Ceratopogonidae					1	
Chironomidae	37				1	
Psychodidae		2				
Stratiomyidae			1			
Tabanidae	2					
Tipulidae		5				
ETEROTTERI						
Velia					1	
Microvelia						19
CROSTACEI						
Asellidae		10				
Gammaridae	31	81	135	12	99	479
GASTEROPODI						
Theodoxus	15	17				
IRUDINEI						
Dina	1	1	2			
Erpobdella						4
Piscicola					1	
OLIGOCHETI						
Lumbricidae		1				
Tubificidae		2	3			4
ALTRI						
Copepoda		1				2
Acari			5	1		
TOTALE INDIVIDUI	95	171	200	13	106	500

Tab.1 Lista faunistica nella sorgente captata "sa vena" di Gologone ed emergenza naturale di Gologone

Tab. 1 Faunal list of "sa vena" Gologone collected spring and Gologone natural spring



Parametro	Unità	7/12/2010	21/12/2010	12/01/2011	27/01/2011	10/02/2011	07/03/2011
Temperatura in campo	°C	12,00	12,00	12,00	11,00	12,00	12,00
Conducibilità a 25 °C	mS cm ⁻¹	355,77	276,21	253,53	296,18	353,00	336,06
pH		7,63	7,50	7,85	8,01	8,01	7,84
Alcalinità	meq l ⁻¹	2,66	2,84	2,67	2,60	2,86	2,69
Ossigeno	mg l ⁻¹	9,21	10,43	10,59	10,10	11,57	7,71
Ossigeno	%	86,11	71,30	98,24	91,58	107,00	71,56
BOD ₅	mg l ⁻¹	3,58	3,26	1,63	0,73	3,26	0,90
COD	mg l ⁻¹		0,00	0,00	14,78	31,85	
Cloruri	mg Cl ⁻ l ⁻¹	21,27	14,18	14,18	14,18	14,18	12,41
Durezza	mg CaCO ₃ l ⁻¹	120,00	125,00	105,00	125,00	142,50	132,50
Tensioattivi	mg MBSA l ⁻¹	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00
Fenoli	mg C ₆ H ₅ OH l ⁻¹	0,09	0,35	0,25	0,18	0,33	0,22
Cloro libero	mg HClO l ⁻¹	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
Cloro totale	mg HClO l ⁻¹	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03
Solidi sospesi	mg l ⁻¹	3,00	0,60	0,00	20,00	1,00	3,00
P reattivo	mg P m ⁻³	3,51	4,00	4,39	4,39	4,00	3,00
Ptotale	mg P m ⁻³	14,09	12,00	38,39	8,35	11,00	12,00
N ammoniacale	mg N m ⁻³	13,70	13,00	10,27	11,13	15,00	10,00
N nitrico	mg N m ⁻³	9,48	661,00	560,46	630,98	271,00	388,00
N nitroso	mg N m ⁻³	0,40	1,00	0,00	0,56	0,00	1,02
N totale	mg N m ⁻³	719,34	767,00	678,98	747,83	762,00	643,00
Si reattiva	mg Si l ⁻¹	1,84	2,05	2,07	2,00	1,76	1,47
Ferro	mg Fe m ⁻³	8,42	7,00	5,00	7,23	11,00	13,00
Manganese	mg Mn m ⁻³	8,50	5,00	0,00	7,32	11,00	19,00
Calcio	mg Ca l ⁻¹	40,08	38,08	40,08	44,00	88,00	
Magnesio	mg Ca l ⁻¹	4,86	7,29	1,22	3,65	18,83	

Tab. 2 Analisi chimico-fisiche sorgente sa vena di Gologone**Tab. 2** Chemical and physical analysis of sa vena Gologone spring

Parametro	Unità	7/12/2010	21/12/2010	12/01/2011	27/01/2011	10/02/2011
Escherichia coli	UFC l ⁻¹	380	210	690	560	50
Coliformi fecali	UFC l ⁻¹	510	300	1150	870	200
Coliformi totali	UFC l ⁻¹	950	570	2020	1450	250

Tab. 3 Analisi microbiologiche sorgente "sa vena" di Gologone**Tab. 3** Microbiological analysis of "sa vena" Gologone spring

TAXA	ott-nov 2010	mar-apr 2011
PLECOTTERI		
Capnia	1	
Dinocras		6
Isoperla	8	4
Leuctra	1	
Nemoura	3	
Protonemura	3	
TRICOTTERI		
Beraeidae	15	
Brachycentridae	1	
Goeridae	15	29
Glossosomatidae	12	24
Hydropsychidae		1
Lepidostomatidae		27
Leptoceridae		5
Limnephilidae		4
<u>Thremmatidae</u>	3	5
EFEMEROTTERI		
Caenis	6	
Serratella	1	3
COLEOTTERI		
Dytiscidae	2	1
Elmidae		1
ODONATI		
Calopteryx	1	
DITTERI		
Ceratopogonidae		
Chironomidae	11	31
Stratyomyidae		1
Tipulidae	2	2
CROSTACEI		
Gammaridae	102	115
GASTEROPODI		
Ancylus	1	1
Physa	1	1
Theodoxus	28	32
IRUDINEI		
Dina		2
OLIGOCHETI		
Lumbricidae	3	
Tubificidae	5	4
ALTRI		
Acari	5	5
TOT INDIVIDUI	230	304

Tab. 4 Lista faunistica dell'ipocrenal sorgente "sa vena" di Gologone
Tab. 4 Hypocrenal faunal list of "sa vena" Gologone spring



BIBLIOGRAFIA

- CNR IRSA, 2007 – Protocollo l'Assesment di Stato Ecologico mediante macroinvertebrati bentonici.
- COTTARELLI V., BERERA R., 2004 – Il fiume sotto il fiume: ricerche sul popolamento iporreico a crostacei del Fiume Fiora (Italia centrale) – Studi Trent. Sci. Nat. Acta. Biol., 80 (2003), pp. 27- 30.
- GAITER S., BODON M., ROCCA D., 2004 – Applicazione della metodica di indagine biologica basata sulla fauna bentonica e sula componente organica del sedimento, in acque di sorgente ed emergenze assimilabili – Biol. Amb., 18 (n. 2,2004), pp. 31-47.
- GHETTI P. F., 1997 – Manuale di applicazione dell'Indice Biotico Esteso (IBE). I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti – Provincia autonoma del Trento.
- GIBERT J., DANIELOPO D. L., STANFORD J. A., 1994 – Groundwater Ecology – Accademic Press, Inc San Diego pp. 425-450.
- MURGIA F., 2007 – Il geosistema carsico del Supramonte: un laboratorio di educazone ambientale – Memorie Istituto Italiano di speleologia, serie II, Vol. XIX, Bologna, pp. 91-96.
- ROBERTSON A. L., LANCASTER J., BELYEA L. R., HILDREW A. G., 1997 – Hydraulic habitat and the assemblage structure of stream benthic microcrustacea – J.N Am., Benthol Soc. 16 (3), pp. 562-575.
- STOCH F., PIERI V., SAMBUGAR B., ZULLINI A., 2009 – La fauna delle acque sotterranee dell'alta Val di Secchia (Appennino Reggiano) – Progetto Trias, Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, S. II, 22, pp. 145-163.
- VERVIER P., VALETT M. H., HAKENKAMP C. C., DOLE-HOLIVIER M.J., 1997 – Contribution of the groundwater/surface water ecotone concept to our knowledge of river ecosystem functioning – International Hydrology Series, Cambridge University press, pp. 238-242.