

CARATTERIZZAZIONE TIPOLOGICA, BIOLOGICA ED AMBIENTALE DI SISTEMI SORGIVI DEL GRAN SASSO (ABRUZZO)

SUMMARY

This research deals with the identification of environmental factors structuring the distribution patterns of copepod assemblages (Crustacea: Copepoda) of two different springs, both belonging to the hydrogeological unit of the Gran Sasso massif (Abruzzo, Central Italy). The work has been carried out under both fine and meso-scale perspectives. The results show that the terminal sector of the hydrologic pattern of Capo d'Acqua spring is more superficial in respect to the Pesciano one. Both structural heterogeneity and inertia of the Pesciano spring, due to the presence of the *aquiclude facies*, are to be considered causal factors of its consistent taxocoenotic diversity, in terms of both species richness and taxonomic dispersion. Among environmental variables, the abundance of unconsolidated sediments per site, as well as POM concentration, are to be considered prevailing factors describing the copepod distributions in space and time.

INTRODUZIONE

Le sorgenti sono ecotoni tra l'ambiente acquatico epigeo e quello ipogeo, pertanto le comunità animali che vi si rinvergono sono composte sia da organismi acquatici sotterranei che di superficie, che vivono permanentemente o temporaneamente negli ambienti crenali. Il presente lavoro rappresenta uno studio ecologico di due sistemi sorgivi afferenti all'unità idrogeologica del Massiccio del Gran Sasso (Abruzzo, Italia Centrale).

Gli obiettivi del lavoro sono i seguenti:

- ricostruzione dello stato "0" di conoscenza della meiofauna dei sistemi sorgivi di Capo d'Acqua e Pesciano (Fiume Tirino, Abruzzo);
- indagine ecologica *fine-scale* in ciascuna sorgente allo scopo di individuare i *prevailing factors* negli andamenti spaziali e temporali delle specie raccolte;
- indagine ecologica *meso-scale* allo scopo di ravvisare potenziali somiglianze e differenze tra i due sistemi sorgivi e gli agenti causali delle stesse;
- valutazione del ruolo dei fattori ecologici e storici nel determinare la struttura attuale delle taxocenosi indagate.

MATERIALI E METODI

Area di studio

Il massiccio del Gran Sasso costituisce un esteso acquifero, che si estende per circa 800 km², permeabile per fratturazione e carsismo, in cui le acque si infiltrano in alta percentuale (67%), per un valore maggiore di 800 mm/a, alimentando successivamente le grandi sorgenti basali, ubicate alla periferia del massiccio, al contatto tra le rocce carbonatiche e i sedimenti terrigeni

impermeabili (*flysch* o alluvioni quaternarie) che contornano la dorsale (PETITTA e MASSOLI-NOVELLI, 1998). Sul versante meridionale del Gran Sasso (Fig. 1) il fiume Tirino rappresenta il recapito principale della falda: con il suo asse fluviale non più lungo di 15 km ed un bacino inferiore a 100 km², riceve in media più di 12 m³/s da quattro copiosi gruppi sorgivi (TALLINI *et al.*, 2001). I due sistemi sorgivi indagati, Capo d'Acqua e Presciano, alimentano rispettivamente i rami E ed W del fiume Tirino a quote 340 e 330 m s.l.m. e distano circa 1600 m l'uno dall'altro (PETITTA e MASSOLI-NOVELLI, 1998). Una diga in terra, costruita negli anni '70, ha modificato la naturale tipologia della sorgente di Capo d'Acqua, attualmente definibile come limnocrena artificiale, in quanto le acque emergono lungo i margini e nell'alveo del bacino stesso. I dati di portata non permettono una chiara ricostruzione del regime idrico del recapito, resa ulteriormente difficoltosa dal pompaggio estivo per irrigazio-

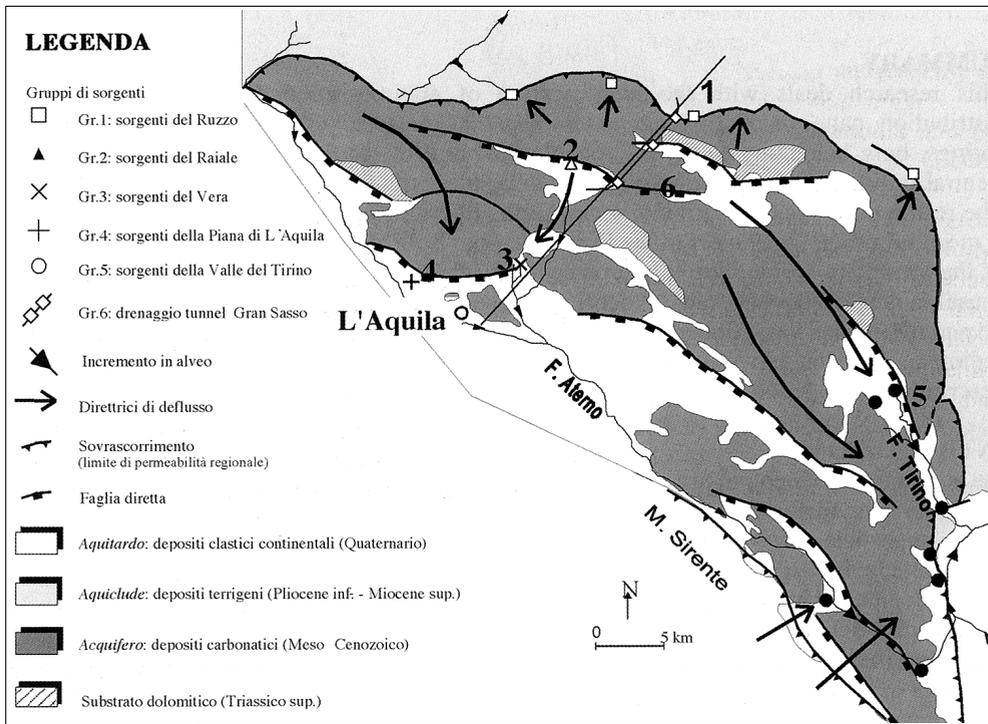


Fig. 1 - Sistema idrogeologico del Gran Sasso e gruppi di principali sorgenti (TALLINI *et al.*, 2001).

ne e dalla presenza di una centrale idroelettrica. Le acque della sorgente di Presciano emergono in diverse polle nelle zone di contatto tra i carbonati del Gran Sasso e i sedimenti alluvionali della piana del fiume Tirino, caratterizzati da sabbie e limi plioquaternari di origine fluviale. I sedimenti alluvionali del contatto, dotati di una permeabilità limitata e inferiore a quella dei calcari, svolgono un ruolo di *aquiclude* nei confronti dell'aquifero regionale.

I siti di campionamento sono stati monitorati con cadenza bimestrale, quelli del sistema sorgivo di Capo d'Acqua (9) da dicembre 1998 a febbraio 2000 mentre quelli di Presciano (5) tra dicembre 1998 e luglio 1999. I campionamenti in subalveo sono stati realizzati per mezzo di piezometri forati posizionati, ove possibile, a profondità di 70 e 150 cm in subalveo (indicati rispettivamente come -70 e -150 cm). Per l'estrazione dei campioni a volume costante

(20 litri) si é fatto uso di una pompa idraulica Bou-Rouch (BOU, 1974) con una prevalenza di 3.5 m. Il filtraggio del materiale *in situ* é stato eseguito con retini a maglie tarate (60 μ m). Le analisi chimico-fisiche dei campioni prelevati sono state condotte in parte sul campo mediante l'utilizzo di una sonda multiparametrica HYDROLAB [O₂, O₂ (% saturazione), conducibilit  elettrica, pH, temperatura, potenziale redox], in parte in laboratorio (NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, PO₄³⁻, SiO₂) con spettrofotometro HACH DR 2000 e per via volumetrica (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, durezza totale). Di ogni campione prelevato   stata inoltre analizzata la sostanza organica particolata (POM). Per ogni sito   stata valutata la composizione granulometrica secondo la scala di WENTWORTH (1922) e la percentuale di sedimento presente in 10 litri di acqua aspirata, onde ricavare una misura indiretta del rapporto volumetrico tra roccia madre e materiale di tamponamento secondo la metodologia proposta da GALASSI *et al.* (2001).

Parametro	CAPO D'ACQUA			PRESCIANO		
	Media	DS	%	Media	DS	%
T (�C)	11,11	0,42	3,8%	10,71	0,54	5%
C.el. (μ S/cm)	501	56	11%	510	38	7%
Eh (mV)	240	61	25%	193	68	35%
O ₂ (mg/l)	5,44	0,62	11%	6,51	0,80	12%
%O ₂	54,4	5,6	10%	64,0	7,4	12%
Durezza (�F)	27,6	1,0	4%	27,7	2,2	8%
Ca ⁺⁺ (mg/l)	82,7	4,2	5%	78,8	7,4	9%
Mg ⁺⁺ (mg/l)	17,0	3,0	18%	19,3	2,6	13%
Cl ⁻ (mg/l)	5,5	2,1	38%	3,8	0,6	16%
NO ₃ ⁻ (mg/l)	3,8	1,8	47%	5,7	1,0	17%
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	21	2	9%	22	3	14%
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,11	0,10	90%	0,07	0,18	257%
SiO ₂ (mg/l)	5,3	1,1	21%	4,8	1,0	21%
POM (mg/l)	9,64	25,06	260%	5,76	6,9	120%

Tab. 1 - Statistica descrittiva dei parametri ambientali analizzati nelle sorgenti di Capo d'Acqua e Presciano.

I dati sono stati sottoposti ad analisi statistica monovariata e multivariata implementata dal software UNISTAT (1984-1998). Per ogni variabile sono state calcolate media e deviazione standard (DS) e i valori delle deviazioni standard espresse come percentuale delle medie.

Per la sorgente di Capo d'Acqua i parametri analizzati si sono rivelati tutti prossimi ai relativi valori medi (Tab. 1). Fanno eccezione le concentrazioni di NO₃⁻, PO₄³⁻ e POM che mostrano DS molto elevate (rispettivamente il 47%, il 90% e il 260% delle relative medie) ad indicare una forte eterogeneit  su scala fine del loro andamento per sito e per data di raccolta. Per la sorgente di Presciano, i parametri che mostrano le pi  ampie oscillazioni rispetto ai valori medi sono la concentrazione di PO₄³⁻ (DS = 257%) e di POM (DS = 120%).

RISULTATI E DISCUSSIONE

I siti campionati sono risultati estremamente diversi nella composizione granulometrica del substrato (Tab. 2).

Allo scopo di verificare la variazione nel tempo e nello spazio dei parametri ambientali pi  significativi, ne sono stati rappresentati graficamente gli andamenti nell'arco del periodo di campionamento per entrambe le sorgenti.

In un'ottica *meso-scale*, l'analisi dell'andamento dei dati di temperatura dell'acqua (Fig. 2, Tab. 1) mette in evidenza un incremento termico nel periodo tardo primaverile estivo in entrambe le sorgenti ad indicare che i sistemi indagati sono subsuperficiali e influenzati dalle variazioni termiche stagionali. I siti a circolazione idrica pi  superficiale mostrano coerentemente il maggiore "salto termico": $\Delta T_{\text{CDA9-70}} = 1.78^\circ\text{C}$. In approccio *fine-scale*, i singoli siti mostrano una diversa escursione termica stagionale (ad esempio, $\Delta T_{\text{CDA1-150}} = 0.96^\circ\text{C}$ e $\Delta T_{\text{CDA9-70}} = 1.78^\circ\text{C}$), sebbene tendenzialmente i siti pi  profondi in subalveo presentino un andamento pi  costante su scala temporale.

I valori di conducibilit  elettrica fanno supporre uno scorrimento in substrato poroso-

CAPO D'ACQUA	G. m.	G. f.	S. m. g.	S. g.	S. m.	S. f.	S. m. f.	L. A.	% (V_s/V_t)
CDA 1 -70	-	5	7	82	3	2	1	-	0,05
CDA 1 -150	-	-	-	1	4	9	5	81	0,40
CDA 4 -50	-	6	9	12	14	19	12	28	2,30
CDA 5 -70	-	3	6	10	17	28	8	28	0,60
CDA 6 -70	-	-	-	-	16	54	30	-	<0,05
CDA 6 -150	1	7	6	7	16	15	4	44	0,40
CDA 7 -70	-	13	21	23	15	9	3	16	0,25
CDA 8 -70	1	26	36	24	9	3	1	-	0,30
CDA 8 -150	-	-	-	-	2	10	11	77	0,90
CDA 9 -70	36	44	9	5	2	4	-	-	0,10
CDA 9 -150	8	38	17	8	3	4	2	20	0,25
CDA 11 -70	1	7	5	6	15	38	18	10	0,45
CDA 11 -150	-	3	4	7	19	46	21	-	<0,05
CDA 12 -70	1	30	29	13	12	12	3	-	0,40
CDA 12 -150	-	16	18	15	15	15	6	15	0,60
PRESCIANO									
P2 -70	1	2	20	40	31	3	3	-	0,50
P2 -150	-	27	44	17	8	2	2	-	1,05
P3 -70	-	12	19	12	25	19	3	10	0,35
P7 -70	-	1	4	18	53	9	8	7	4,15
P11 -70	-	-	-	3	45	37	6	9	4,80
P12 -70	-	1	1	5	44	42	7	-	0,20

Tab. 2 - Composizione granulometrica (% in peso) per sito nelle sorgenti di Capo d'Acqua e Presciano. G.m. = ghiaia media; G.f. = ghiaia fine; S.m.g. = sabbia molto grossolana; S.g. = sabbia grossolana; S.m. = sabbia media; S.f. = sabbia fine; S.m.f. = sabbia molto fine; L.A. = limo e argilla. L'ultima colonna riporta il rapporto espresso in percentuale tra volume di sedimento (V_s) e volume totale aspirato (V_t).

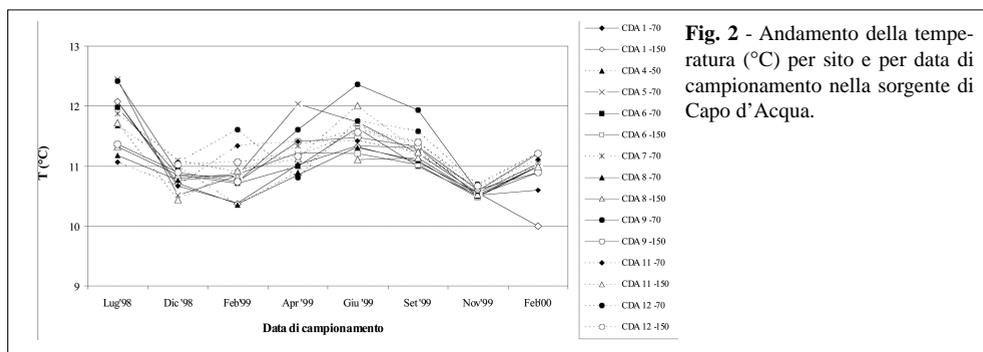


Fig. 2 - Andamento della temperatura (°C) per sito e per data di campionamento nella sorgente di Capo d'Acqua.

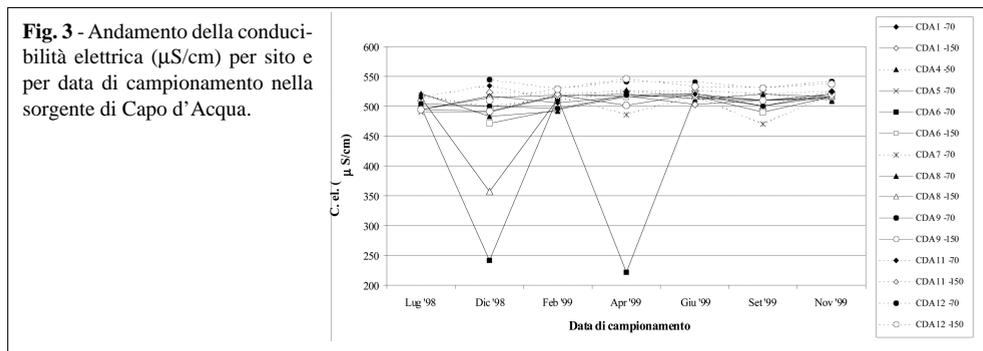
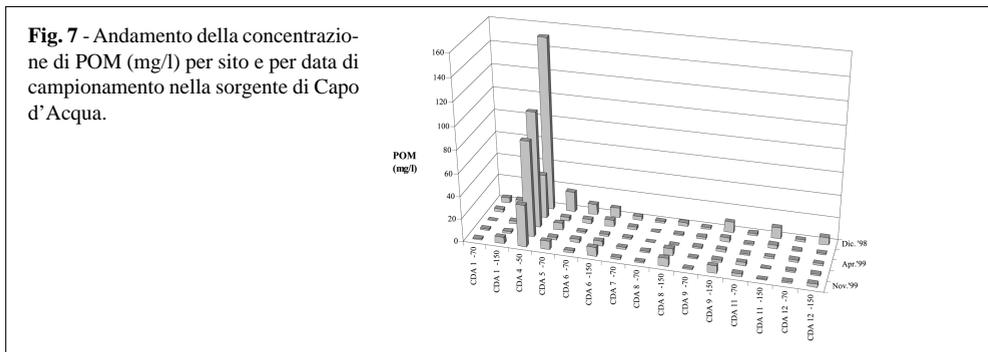
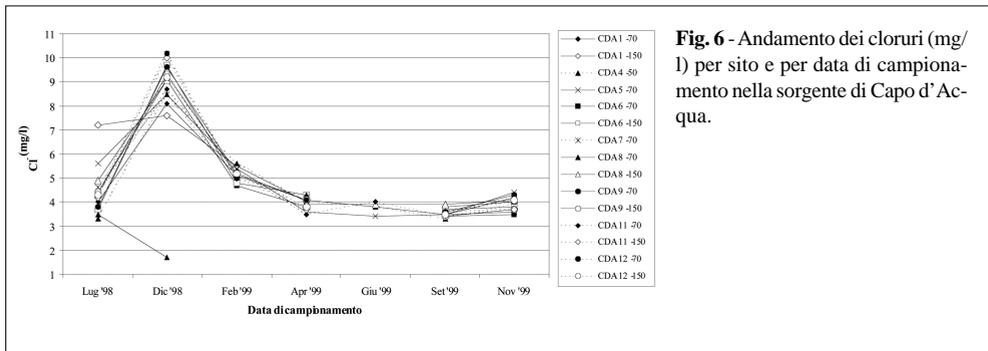
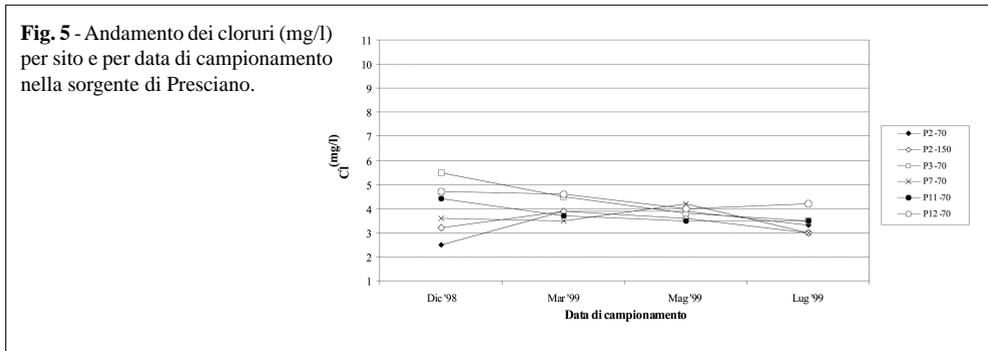
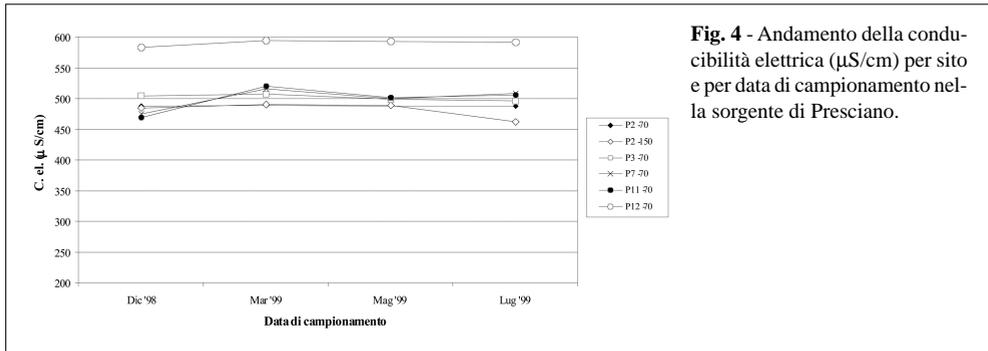


Fig. 3 - Andamento della conducibilità elettrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) per sito e per data di campionamento nella sorgente di Capo d'Acqua.

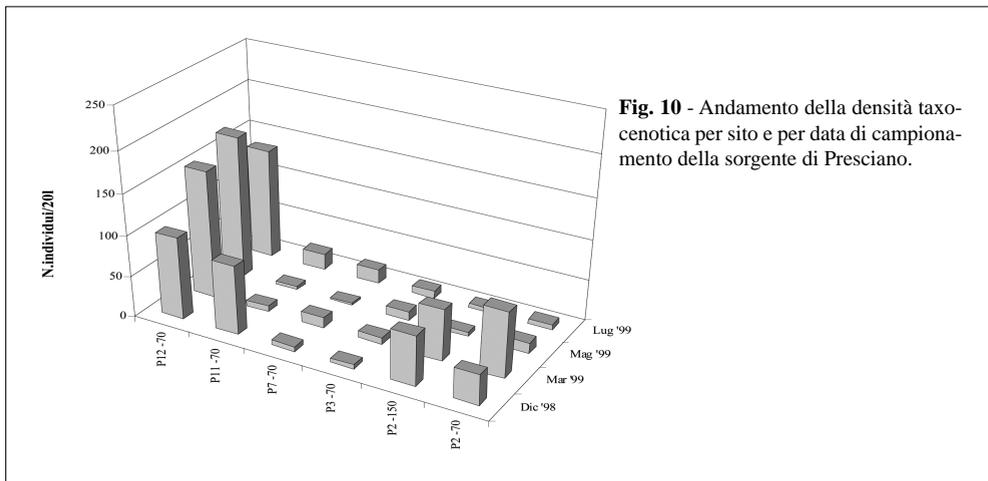
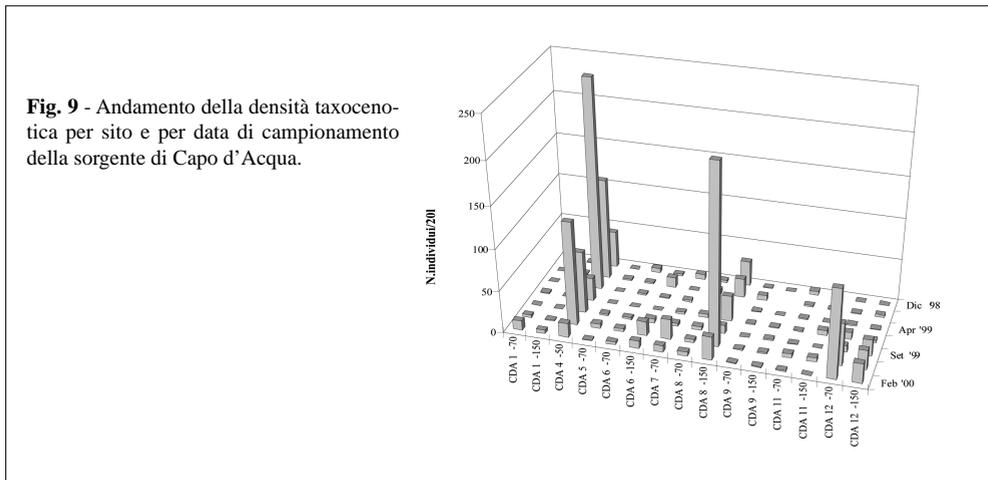
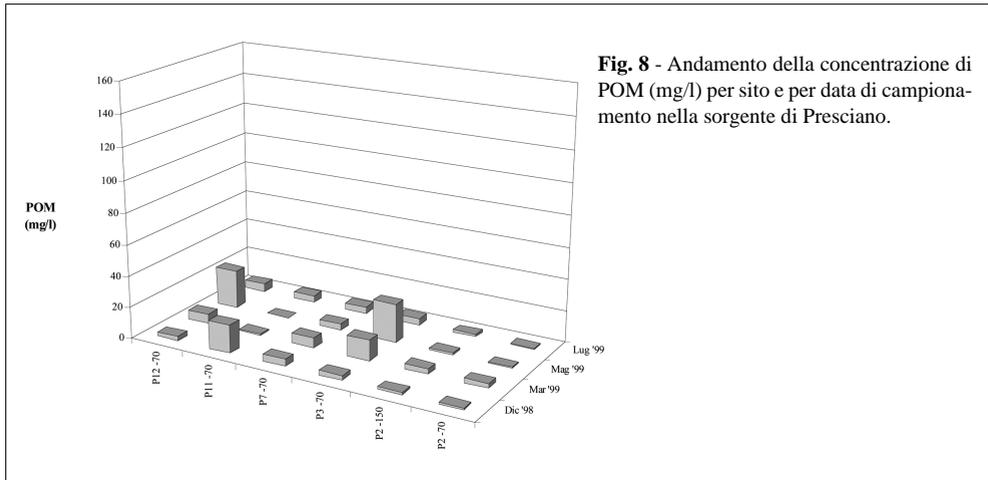


alluvionale. Nella sorgente di Capo d'Acqua (Fig. 3) si è riusciti a campionare la *facies* più propriamente carsica nel sito CDA 6-70 a dicembre e ad aprile, in cui sono stati registrati i più bassi valori di conducibilità elettrica (242 e 222 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e nel sito CDA 8-150 (357 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in dicembre), suggerendo l'esistenza di una condotta carsica in subalveo. Nella sorgente di Presciano (Fig. 4), sebbene alcuni siti siano distintamente carsici, fenomeni di rimescolamento non hanno consentito, se non occasionalmente, di evidenziare detta *facies* dal punto di vista chimico. I valori più elevati di conducibilità elettrica sono stati osservati nel sito P12-70, più elevato in quota, strutturalmente simile ad un sito carsico e chimicamente riconducibile ad un poroso.

Per quanto concerne l'andamento degli ioni Cl^- , a Presciano (Fig. 5) si riscontrano valori bassi (da 2.5 a 5.5 mg/l) nell'intero arco dell'anno con una maggiore dispersione a dicembre. A Capo d'Acqua (Fig. 6) è presente un marcato picco di ioni Cl^- (fino a 10.2 mg/l) a febbraio '99 che potrebbe derivare dalla dissoluzione del sale antigelo usato sulle strade, preoccupante fenomeno già evidenziato in ambienti sorgivi dell'Europa settentrionale (SÄRKKÄ *et al.*, 1997).

Entrambi i sistemi sorgivi sono risultati oligotrofici, se si esclude il sito poroso CDA 4-50. A Capo d'Acqua (Fig. 7) la maggior parte dei siti mostra incrementi di POM in corrispondenza dei periodi di ricarica dell'acquifero (dicembre '98 e novembre '99) e le più alte concentrazioni si osservano nei siti più profondi in subalveo (-150 cm), lasciando ipotizzare che la sostanza organica sia legata alla circolazione idrica profonda e che, nei siti *upwelling*, sia trattenuta in profondità a causa dell'effetto *trapping* dei sedimenti incoerenti. A Presciano (Fig. 8) non esiste un evidente andamento verticale o stagionale della sostanza organica e il parametro più importante nel condizionarne l'andamento per sito sembra essere la granulometria del substrato piuttosto che il regime di portata: siti carsici (P2-70, P2-150) registrano valori di concentrazione mediamente bassi e costanti nell'arco dell'anno, al contrario dei siti porosi (P3, P7, P11) in cui i valori sono variabili e mediamente più alti.

L'analisi dei dati biologici ha evidenziato la netta dominanza dei Crustacea Copepoda in entrambi i sistemi sorgivi indagati, condizione che ha consentito l'utilizzo di tale unità sistematica quale gruppo focale *sensu* Hammond (1995). Nel sistema sorgivo di Capo d'Acqua la distribuzione spaziale e temporale delle abbondanze taxocenotiche (Fig. 9) risulta notevolmente eterogenea. In generale, le densità sono piuttosto basse tranne che nel sito CDA 4-50, che mostra valori nettamente superiori ai valori riscontrati negli altri siti. In tale sito, l'andamento delle abbondanze presenta un netto incremento ad aprile '99 probabilmente ascrivibile alla fenologia primaverile delle specie, per la maggior parte stigossene (*Attheyella crassa*, *Eucyclops serrulatus* e *Paracyclops fimbriatus*). È da segnalarsi la scomparsa nello stesso periodo della specie *Diacyclops paolae*, unico stigobionte della taxocenosi in oggetto, presente invece nel periodo invernale. La caduta della densità taxocenotica nel periodo estivo nello stesso sito è di difficile interpretazione: non si può escludere il ruolo di fattori biologici (competizione?) nel giustificare tale caduta, accompagnata da una netta riduzione della ricchezza specifica ($RS=3$), dal momento che i parametri ambientali esaminati non mostrano comportamenti anomali nel sito e nel periodo in oggetto. Nel novembre '99 la ricomparsa di *D. paolae*, codominante con *Bryocamptus (Limocamptus) echinatus*, lascia supporre che proprio nel periodo invernale la taxocenosi assuma la "*facies* più sotterranea", probabile conseguenza della ricarica dell'acquifero a seguito degli eventi di precipitazione autunnale (effetto pistone). Il sito CDA 8-150, contrariamente a CDA 4, mostra una fisionomia quasi esclusivamente sotterranea in merito alla sua composizione taxocenotica. Infatti, con la sola eccezione



di *A. crassa*, euriecio e stigosseno, il sito CDA8 -150 non solo ospita stigobionti stretti (*D. paolae*, *Elaphoidella mabelae*, *Nitocrella pescei*, *Parastenocaris* sp.) ma presenta anche una diversità taxocenotica ridotta, come atteso per una biocenosi stigobionte (RS =5). Il sito CDA 12 -70 mostra una certa affinità con CDA 8 -150 per quanto riguarda la struttura tipicamente stigobionte della taxocenosi. Degno tuttavia di nota è lo *shift* dalla dominanza di *E. mabelae* in CDA 8 -150 a quella di *N. pescei* in CDA 12 -70, probabile conseguenza della diversa composizione granulometrica del substrato (Tab. 2).

Nel sistema di Presciano, i siti con chiara *facies upwelling* (P2 -70 e P2 -150) mostrano ricchezza specifica ristretta (Fig. 10) e la dominanza è assoluta dalla specie stigobionte *N. pescei*. Il sito P11 è descritto da una specie stigobionte dominante (*D. paolae*) legata alla fascia ecotonale dei siti prettamente porosi e con elevata concentrazione di sostanza organica, mentre gli altri (P3, P7, P12) hanno una composizione eterogenea ove non è possibile stabilire dominanze. Questi ultimi sono i siti con le più marcate caratteristiche ecotonali, porosi con momenti *downwelling* e nei quali l'assetto delle taxocenosi è descritto da tutte le categorie ecologiche.

Il calcolo del coefficiente di correlazione di Pearson ha consentito di evidenziare alcune correlazioni lineari significative e di particolare interesse solo per la sorgente di Capo d'Acqua. La correlazione tra % sedimento e densità taxocenotica ($r=0.8979$) mette in evidenza che siti poveri di sedimento incoerente (a fisionomia carsica o fessurata) mostrano una esigua densità taxocenotica, in parte dovuta al minor spazio interstiziale disponibile per unità di volume di sedimento e in parte al fatto che i siti carsici sono più instabili nel tempo di quelli porosi. Inoltre, i siti porosi manifestano una maggiore inerzia ai cambiamenti indotti dalle variazioni ambientali e risentono in misura minore della velocità di corrente e della ricarica della falda. La correlazione tra le singole classi granulometriche e la densità taxocenotica non è risultata significativa a dimostrazione del fatto che non è la prevalenza di una classe su un'altra a descrivere la composizione e la struttura della taxocenosi quanto l'eterogeneità tipologica (numero di classi presenti) del sito stesso. La correlazione tra % sedimento e POM ($r=0.90801$) mostra che siti porosi, probabilmente, trattengono il particolato organico proveniente dalle acque di falda e dall'ambiente ripariale in una sorta di sistema a graticciata. La correlazione tra densità taxocenotica e POM ($r=0.8247$) potrebbe derivare dalle due precedenti, oppure essere intrinseca e indicare la dipendenza della densità taxocenotica dal substrato trofico. Cumulando i contributi trofici dell'intero periodo di campionamento e, parallelamente, le densità taxocenotiche per sito, si perde certamente informazione sulla dipendenza delle singole specie e delle relative dinamiche di crescita dall'*input* stagionale di sostanza organica,

ma viene resa possibile l'analisi della relazione esistente tra biomassa trofica e biomassa "taxocenotica".

Allo scopo di raggruppare i siti campionati sulla base di una loro similarità è stata condotta una *cluster analysis* (distanza euclidea, metodo *single linkage*). Il dendrogramma ri-

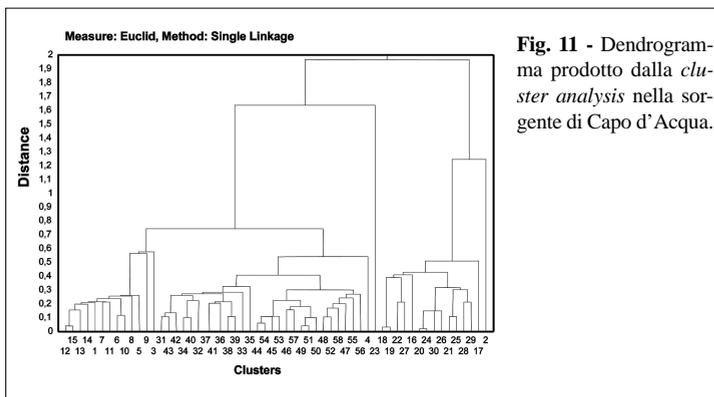
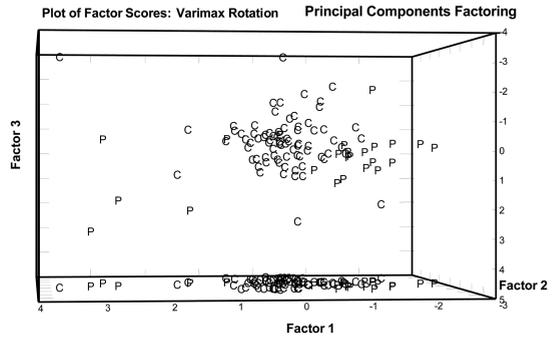


Fig. 11 - Dendrogramma prodotto dalla *cluster analysis* nella sorgente di Capo d'Acqua.

cavato per la sorgente di Capo d'Acqua (Fig. 11) rivela la presenza di quattro classi corrispondenti alle quattro stagioni di campionamento, suggerendo che il recapito subisce in maniera preponderante l'influsso delle variazioni dell'ambiente di superficie. Il dendrogramma ottenuto per la sorgente di

Fig. 12 - Analisi fattoriale con algoritmo VARIMAX dei due sistemi sorgivi.



Presciano rivela la formazione di classi casuali. L'assenza di raggruppamenti stagionali è da porsi in relazione al maggior grado di isolamento del tratto terminale dell'acquifero nel sistema sorgivo di Presciano che risulta essere più inerziale a causa del regime di *aquiclude* di tale sorgente.

L'analisi delle componenti principali PCA ha evidenziato 14 componenti principali ove la PC_1 spiega il 21% di varianza, la PC_2 il 15% e la PC_3 l'11%. I parametri che hanno maggior peso sulle PC sono: O_2 e T per la PC_1 , Ca^{++} e Dur per la PC_2 e Mg^{++} per la PC_3 . È stata successivamente eseguita l'analisi fattoriale con l'algoritmo VARIMAX utilizzando i 5 parametri più significativi forniti dalla PCA: la Fig. 12 mette in risalto un nucleo centrale costituito dai siti di Capo d'Acqua contornato dai siti di Presciano suggerendo che la variabilità dei parametri ambientali dei siti di Presciano sia maggiore di quella dei siti di Capo d'Acqua. Tale differenza, non imputabile a differenze idrologiche tra i due sistemi, è probabile conseguenza dell'eterogeneità strutturale della sorgente di Presciano dovuta alla presenza dell'*aquiclude* che sovrasta l'acquifero carsico più profondo, conferendo al sistema sorgivo un numero di habitat maggiori, ciascuno caratterizzato dalla propria composizione granulometrica, da un diverso rapporto tra tipologia carsica e tipologia porosa, e conseguentemente da un assetto eterogeneo delle variabili chimico-fisiche.

CONCLUSIONI

In approccio *fine-scale* i fattori che più direttamente influenzano struttura e composizione delle taxocenosi a copepodi sono risultati la percentuale di sedimento incoerente e la concentrazione di sostanza organica. Mentre la percentuale di sedimento condiziona la composizione in specie della taxocenosi, determinando il numero di nicchie spaziali presenti in un sito, la concentrazione della sostanza organica ne descrive invece l'abbondanza. In approccio *meso-scale*, la *cluster analysis* ha messo in evidenza la maggiore superficialità del circuito idrico di Capo d'Acqua rispetto a Presciano. Tale ipotesi è inoltre avvalorata dalla diversa composizione delle taxocenosi a copepodi. Durante il periodo di indagine, nella sorgente di Presciano sono state raccolte 9 specie stigossene, 5 stigofile e 8 stigobionti, mentre nel sistema di Capo d'Acqua 11 specie stigossene, 3 stigofile e 6 stigobionti (Tab. 3). Nel sistema di Capo d'Acqua sono assenti alcune rilevanti specie stigobionti raccolte nell'adiacente sistema di Presciano. Ciò è probabilmente dovuto alla maggiore superficialità della falda, alla conseguente dominanza numerica di specie non stigobionti e alla presenza del bacino artificiale limnocreno che ha alterato la fisionomia naturale del sistema sorgivo e dei relativi biotipi.

Nel sistema sorgivo di Presciano sono state raccolte complessivamente 22 specie di copepodi rispetto alle 20 specie della sorgente di Capo d'Acqua (Tab. 3). I valori di ricchezza in specie osservati per entrambe le sorgenti sono notevolmente elevati, se confrontati, ad esempio, con il numero totale di copepodi raccolti nell'intero bacino dell'Alto Sangro (Abruzzo), fino alla confluenza con il fiume Aventino, e nell'alta valle del Vomano (Abruzzo), di cui sono note rispettivamente 37 (GALASSI, dati inediti) e 42 specie (DE LAURENTIIS, dati inediti). I valori di ricchezza in specie riscontrati nelle sorgenti indagate sono ancor più significativi, ove vengano confrontati con il numero delle specie di copepodi complessivamente raccolte in recenti campagne condotte in ambienti sorgivi di diverse regioni europee (SÄRKKÄ *et al.*, 1997; GERECKE *et al.*, 1998; SÄRKKÄ *et al.*, 1998).

SPECIE	Ecologia	CDA	P
ORDINE CYCLOPOIDA Burmeister, 1834			
<i>Macrocyclops albidus</i> (Jurine, 1820)	ss	+	-
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	ss	+	+
<i>Eucyclops</i> gr. <i>subterraneus</i> sp.	sb	+	-
<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer, 1853)	ss	+	+
<i>Diacyclops paolae</i> Pesce & Galassi, 1987	sb	+ e	+ e
<i>Microcyclops varicans</i> (G. O. Sars, 1863)	ss	+	+
<i>Diacyclops hypnicola</i> (Gurney, 1927)	sf	-	+
ORDINE HARPACTICOIDA Sars, 1903			
<i>Pseudectinosoma reductum</i> Galassi & De Laurentiis, 1997	sb	-	+ e
<i>Nitokra hibernica</i> (Brady, 1880)	ss	+	+
<i>Nitocrella pescei</i> Galassi & De Laurentiis, 1997	sb	+ e	+ e
<i>Nitocrella kunzi</i> Galassi & De Laurentiis, 1997	sb	-	+
<i>Parapseudoleptomesochra italica</i> Pesce & Petkovski, 1980	sb	+	+
<i>Paracampton schmeili</i> (Mrázek, 1893)	ss	+	+
<i>Attheyella (Attheyella) crassa</i> (Sars, 1863)	ss	+	+
<i>Epaotphanes richardi</i> Mrázek, 1893	sf	-	+
<i>Moraria (Moraria) poppei</i> (Mrázek, 1893)	sf	+	+
<i>Bryocamptus (Bryocamptus) minutus</i> (Claus, 1863)	ss	+	+
<i>Bryocamptus (Rheocamptus) zschokkei zschokkei</i> (Schmeil, 1893)	ss	+	+
<i>Bryocamptus (Rheocamptus) pygmaeus</i> (Sars, 1863)	ss	+	+
<i>Bryocamptus (Rheocamptus) typhlops</i> (Mrázek, 1893)	sf	+	+
<i>Bryocamptus (Limocamptus) echinatus</i> (Mrázek, 1893)	sf	+	+
<i>Elaphoidella mabelae</i> Galassi & Pesce, 1991	sb	+ e	+ e
<i>Elaphoidella gracilis</i> (Sars, 1863)	ss	+	-
<i>Parastenocaris</i> sp.	sb	+	+
Parastenocarididae sp. (in corso di descrizione)	sb	-	+ e

Tab. 3 - Elenco commentato delle specie presenti nei sistemi sorgivi di Capo d'Acqua (CDA) e Presciano (P) (+ = presenza; - = assenza; ss = stigosseno; sf = stigofilo; sb = stigobionte; e = endemico).

Valutando la diversità taxocenotica in termini comparativi, la piccola differenza osservata tra i valori di ricchezza in specie suggerirebbe una somiglianza tra i due sistemi sorgivi ma, se si considera la dispersione tassonomica della diversità, la sorgente di Presciano assume maggiore rilevanza data la presenza di paleoendemismi appartenenti a categorie tassonomiche distinte nello spazio filogenetico. Questa sorgente ospita infatti fossili viventi, assenti dalla sorgente di Capo d'Acqua (*Pseudectinosoma reductum*, *Nitocrella kunzi*, *Parastenocarididae* sp.). In particolare, la diversità della taxocenosi a copepodi del sistema di Presciano è data dalla presenza di due contingenti filogeneticamente molto diversi (biodiversità filogenetica): specie di origine marina e specie di origine dulciacquicola (GALASSI, 2001). È difficile stabilire la precisa influenza dei fattori storici, paleogeografici e paleoecologici sull'attuale

composizione delle taxocenosi. Tuttavia si ritiene che il sistema sorgivo di Presciano, più conservativo e stabile su scala geologica (GALASSI, 2001), abbia rappresentato una zona di rifugio per gruppi eurialini primariamente marini (GALASSI *et al.*, 1999a, b), quali potrebbero essere stati i progenitori di *N. pescei*, *N. kunzi* e *P. reductum*, e per gruppi di antica origine dulciacquicola (*Canthocamptidae*, *Parastenocarididae*).

RINGRAZIAMENTI

La ricerca in oggetto è stata parzialmente co-finanziata dal Mi.U.R. e dal Cluster 11-B. Si ringraziano il Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga per l'accesso consentito ai siti di raccolta ed Enrico Gattone per l'importante supporto tecnico fornito sul campo. Il Prof. Mario Marsili (Università di L'Aquila) ha supportato l'analisi statistica dei dati.

BIBLIOGRAFIA

- BOU C., 1974 - Les méthodes de récolte dans les eaux souterraines interstitielles. *Annls. Spéléol.*, 29: 611-619.
- GALASSI D.M.P., 2001 - Groundwater copepods: diversity patterns over ecological and evolutionary scales. *Hydrobiologia*: 227-253.
- GALASSI D.M.P., DE LAURENTIIS P., PETITTA M., 1999a - Il genere *Pseudectinosoma* Kunz (Crustacea, Copepoda, Ectinosomatidae) nei sistemi carsici dell'Appennino centrale e meridionale: problematiche ecologiche e biogeografiche. *Thalassia Salentina*, 23 Suppl.: 115-127.
- GALASSI D.M.P., DE LAURENTIIS P., PETITTA M., MARINELLI G., FIASCA B., 2001 - Influenza dei fattori storici ed ecologici sulla biodiversità animale: la copepodofauna (Crustacea: Copepoda) delle sorgenti di Presciano (Fiume Tirino, L'Aquila, Abruzzo). In: *Monitoraggio biologico del Gran Sasso* (B. Cicolani ed.), Vol. 2, Andromeda Editrice, Colledara: 159-182.
- GALASSI D.M.P., DOLE-OLIVIER M.-J., DE LAURENTIIS P., 1999b - Phylogeny and biogeography of the genus *Pseudectinosoma*, and description of *P. janinae* sp. n. (Crustacea, Copepoda, Ectinosomatidae). *Zool. Scr.*, 28: 289 - 303.
- GERECKE R., MEISCH C., STOCH F, FRANZ H., 1998 - Eucrenon-hypocrenon ecotone and spring typology in the Alps of Berchtesgaden (Upper Bavaria): A study of microcrustacea (Crustacea: Copepoda, Ostracoda) and water mites (Acari: Halacaridae, Hydrachnellae). In: *Studies in Crenobiology. The biology of springs and springsbrooks* (L. Botosaneanu ed.), Backhuys Publishers, Leiden: 167-182.
- HAMMOND P.M., 1995 - Practical approaches to the estimation of the extent of biodiversity in speciose groups. *Biodiversity, measurement and estimation* (D:L: Hawksworth Ed.), Chapman & Hall, London: 119-136.
- PETITTA M., MASSOLI-NOVELLI R., 1998 - Tirino springs (Abruzzo, Italy): an important groundwater resource for humans and environment. *Proceedings XXVIII° AIH, Las Vegas, September 1998*: 97-103.
- SÄRKKÄ, J., LEVONEN L., MÄKELÄ J., 1997 - Meiofauna of springs in Finland in relation to environmental factors. *Hydrobiologia*, 347: 139-150.
- SÄRKKÄ J., LEVONEN L., MÄKELÄ J., 1998 - Harpacticoid and cyclopoid fauna of groundwater and springs in southern Finland. *J. Mar. Syst.*, 15: 155-161.
- TALLINI M., PETITTA M., RANALLI D., 2001 - Caratterizzazione chimico-fisica e idrologica delle acque sotterranee del Gran Sasso. *Monitoraggio biologico del Gran Sasso* (B. Cicolani ed.), Vol. 2, Andromeda Editrice, Colledara: 225-276.

UNISTAT, Statistical Package Version 4.53e. Copyright 1984-1998 UNISTAT Ltd.

WENTWORTH C. K., 1922 - A scale of grade and clast terms for clastic sediments. *J. Geol.*, 30:
377-392.