

Copepodi Arpacticoidi e Sincaridi (Crustacea) di acque sotterranee delle isole circumsarde

VEZIO COTTARELLI, MARIA CRISTINA BRUNO e CINZIA FORNIZ

*Dipartimento di Scienze Ambientali, Università della Tuscia, Via S. Camillo de Lellis -
01100 Viterbo.*

Key words: Copepods, Harpacticoids, Sincarids, circumsardinian islands.

SUMMARY

In this paper we present data on Sincarid and Harpacticoid Crustaceans from subterranean continental waters of some circumsardinian islands, achieved with the zoological researches of the «Consiglio Nazionale delle Ricerche» Oceanographic Ships.

The Harpacticoids and Sincarids endemic from the circumsardinian islands have been recognized and compared with those endemic from Sardinia. Some aspects of the ecology and biogeography of the most significant taxa (*Schizopera*, *Nitocrella*, *Parapseudoleptomesochra*, *Elaphoidella*, *Arenopontia*, *Parastenocaris*, *Phyllopodopsyllus*, and all the Sincarids) have been discussed, with particular regard to the subterranean waters colonization processes.

INTRODUZIONE

Gli Arpacticoidi rappresentano il gruppo più importante, sia quantitativamente che qualitativamente, degli otto ordini di Crostacei Copepodi. Le forme non parassite popolano tutti gli ambienti acquatici marini e continentali ed anche la lettiera di foresta e le raccolte di acque di piante epifite in ambienti tropicali ed equatoriali.

Secondo Wells, 1976, l'ordine comprendeva 2757 specie, ripartite in 346 generi; attualmente conosciamo oltre 3000 specie. Gli Arpacticoidi di acque interne appartengono a 17 famiglie con 73 generi e circa 1210 taxa tra specie e sottospecie (Dussart, 1990); almeno la metà di queste sono state segnalate in acque sotterranee.

La fauna degli Arpacticoidi di acque continentali italiane (Cottarelli e Bruno, in stampa) è rappresentata da 129 tra specie e sottospecie, raggruppate in 34 generi e in 10 famiglie; i taxa endemici della Penisola sono 44; 2 sono in comune fra la Penisola e la Sicilia, 1 è in comune fra la Penisola e la Sardegna, 3 sono endemici per la Sicilia.

Verso la fine degli anni '60 è iniziata in Sardegna una serie di ricerche, ancora in corso, sulla fauna di Crostacei di acque sotterranee dell'isola che, per quanto riguarda gli Arpacticoidi e i Sincaridi, hanno permesso di segnalare un certo numero di taxa, alcuni nuovi per la scienza, (Tab. 1) molto interessanti sotto l'aspetto sistematico-faunistico e biogeografico. In totale conosciamo fino

A) ARPACTICOIDI

1) Ectinosomatidae

Ectinosoma sp. (SS)
Hastigerella sp. (OR)

2) Phyllognathopodidae

Phyllognathopus viguieri (OR, CA, SS)

3) Ameiridae

Nitocrella stammeri (OR, NU, SS)
* *Nitocrella beatricis* (NU, CA, SS, Corsica)
Parapseudoleptomesochra minoricae (NU, CA)
Parapseudoleptomesochra subterranea (OR)

4) Canthocamptidae

Mesochra pygmaea (CA)
Canthocamptus staphylinus (OR, NU, CA, SS)
Attheyella trispinosa (OR, NU, CA, SS)
Moraria brevipes (OR)
* *Ceuthbonectes pescei* (NU)
Bryocamptus minutus (OR, NU, CA, SS)
Bryocamptus pygmaeus (OR, NU, CA, SS)
Elapboidella gracilis (NU, CA)
* *Elapboidella nuragica* (OR, CA)
* *Elapboidella janas* (NU)
* *Elapboidella* sp. (SS)
* *Elapboidella* sp. (CA)

5) Cylindropsyllidae

* *Ichnusella eione* (NU, SS)

6) Parastenocarididae

* *Parastenocaris admete* (NU, SS)
* *Parastenocaris amatbeia* (SS)
* *Parastenocaris calliroe* (SS)
* *Parastenocaris oligoalina* (SS)
* *Parastenocaris sardoa* (OR, SS)
* *Parastenocaris stellae* (NU)
* *Parastenocaris triphyda* (NU)
* *Parastenocaris tyrribenidis* (NU, SS)

7) Tetragonicipitidae

Phyllopodopsyllus sp. (CA)

8) Latiremidae

Delamarella galataeae (SS)

B) SINCARIDI BATINELLACEI

1) Bathynellidae

* *Sardobathynella cottarellii* (OR, SS)

2) Parabathynellidae

* *Hexabathynella* sp. (SS)

A) ARPACTICOIDI

1) Ectinosomatidae

Ectinosoma sp. (Tavolara, SS; La Maddalena, SS)

2) Phyllognathopodidae

Phyllognathopus viguieri (San Pietro, CA; Asinara, SS; Santa Maria, SS)

3) Diosaccidae

* *Schizopera sp.* (Tavolara, SS)

* *Schizopera sp.* (Tavolara, SS)

* *Schizopera sp.* (La Maddalena, SS)

4) Ameiridae

Nitocra spinipes (Sant'Antioco, CA; San Pietro, CA; Spargi, SS)

Nitocrella stammeri (Sant'Antioco, CA; San Pietro, CA)

* *Nitocrella beatricis* (Tavolara, SS; Molaro, SS; Caprera, SS; La Maddalena, SS)

* *Nitocrella sp.* (La Maddalena, SS)

Parapseudoleptomesochra minoricae (Tavolara, SS)

* Ameiridae gen.? sp.? (La Maddalena, SS)

5) Canthocamptidae

* *Elaphoidella sp.* (La Maddalena, SS)

* *Elaphoidella sp.* (La Maddalena, SS)

* *Elaphoidella sp.* (Sant'Antioco, CA)

6) Cylindropsyllidae

* *Arenopontia phreatica* (La Maddalena, SS)

* *Arenopontia cf. phreatica* (Spargi, SS)

7) Parastenocarididae

* *Parastenocaris ima* (La Maddalena, SS)

* *Parastenocaris rivi* (San Pietro, CA)

8) Tetragonicipitidae

Phyllopodopsyllus sp.? (Tavolara, SS)

B) SINCARIDI BATINELLACEI

1) Bathynellidae

* *Sardobathynella cottarellii* (La Maddalena, SS)

* *Meridiobathynella sp.* (Sant'Antioco, CA)

2) Parabathynellidae

* *Hexabathynella sp.* (La Maddalena, SS)

N.B: gli endemismi stigobi sono contrassegnati da asterisco; i taxa in comune tra la Sardegna e le isole circumsarde sono sottolineati.

ad ora 30 taxa; gli endemismi sono 16.

Le campagne faunistiche sulle isole circumsarde delle Navi Oceanografiche del C.N.R., iniziate nel 1986, ci hanno consentito di estendere queste ricerche a

Tabella 3 - Stazioni campionate e loro tipologie

	Cisterne	Pozzi	Pozzi Artesiani	Sorgenti	Falde Iporreiche	Cavità Artif.	Grotte
SAN PIETRO	1	10	1	–	1	2	–
SANT'ANTIOCO	1	12	–	–	1	–	–
ASINARA	2	2	1	1	1	–	–
LA MADDALENA	4	4	1	1	–	–	–
CAPRERA	4	1	–	–	–	–	–
SANTA MARIA	1	–	–	–	–	–	–
BUDELLI	1	–	–	–	–	–	–
SPARGI	3	–	–	–	1	–	–
TAVOLARA	–	2	1	1	–	–	1
MOLARA	–	–	–	2	–	–	–
TOTALE	17	31	4	5	4	2	1

località mai esplorate prima sotto questo aspetto. È stata raccolta la fauna di falde iporreiche, di pozzi, cisterne e sorgenti, di falde profonde (pozzi artesiani), di grotte e di cavità artificiali. Anche in questo caso si sono ottenuti risultati notevoli; ciò è particolarmente vero per quei taxa che comprendono forme sicuramente freatobie e biogeograficamente interessanti perché appartenenti a gruppi filogeneticamente «antichi», con capacità di dispersione limitate, attualmente distribuiti su ampi areali (Schminke, 1974). Questo primo contributo riveste tuttavia un carattere prevalentemente faunistico e descrittivo, poiché non è ancora terminato il lavoro di identificazione sistematica e descrizione di alcuni taxa freatobi; anche le specie freatossene o freatofile, per altri aspetti ugualmente notevoli, non verranno discusse qui per gli stessi motivi. In ogni modo nelle Tabelle 1 e 2 elenchiamo tutti i taxa identificati, rispettivamente, in Sardegna e nelle isole circumsarde; in queste, sono stati finora rinvenuti 19 taxa; 11 appaiono fino ad ora esclusivi, 5 sono in comune con l'isola maggiore, 3 sono ad ampia geonemia.

Per quanto riguarda i Sincaridi, discuteremo solamente i reperti sardi e delle piccole isole, riservandoci di trattarli in maniera più approfondita una volta terminato lo studio del materiale inedito della Penisola e delle altre piccole isole italiane in nostro possesso.

Nella tabella 3 infine elenchiamo il numero e la tipologia delle sole stazioni di raccolta per le quali è stato già smistato ed identificato il materiale.

PRESENTAZIONE E DISCUSSIONE DEI DATI

Gli Ectinosomatidae sono rappresentati da un *Ectinosoma* sp., raccolto a

Tavolara e a La Maddalena; il genere è presente anche in diverse località sarde e comprende, per quanto noto e come dimostrato da questi reperti, forme talassoidi; la maggioranza degli altri Ectinosomatidae è costituita da specie marine.

La famiglia Diosaccidae è rappresentata da 3 specie di *Schizopera* quasi sicuramente nuove: 2 specie si trovano a Tavolara, rispettivamente nella Grotta del Papa e in un pozzo artesiano (Pozzo Bartoleoni, -60 m); la terza specie è stata raccolta a La Maddalena, in un pozzo (-5 m) situato in località Cala Francese, a poca distanza dal mare. Questo genere cosmopolita, che comprende molte forme di acque sotterranee salmastre e dolci ed è presente in Italia con cinque specie, non era mai stato segnalato prima per la Sardegna. Lo studio tassonomico ancora in corso ci impedisce al momento di approfondire le relazioni biogeografiche; possiamo però anticipare che le due specie di Tavolara presentano alcune affinità con *Schizopera lindae* Apostolov e Pesce, 1987, rinvenuta in Basilicata e con *S. lagrecai* Pesce, 1987, della Sicilia. Inoltre il genere è abbastanza ben rappresentato nelle Isole del Mediterraneo (Cottarelli, in litteris): altre *Schizopera*, infatti, sono state da noi rinvenute a Favignana ed in diverse isole greche.

Fra gli Ameiridae sono presenti *Nitocrella stammeri* Chappuis, 1938, *Nitocrella beatrix* Cottarelli e Bruno, 1993 e una *Nitocrella* sp. La prima è una forma talassoide ad ampia geonemia nell'area mediterranea: Italia, Spagna, Grecia, Turchia ed anche (Cottarelli, dati inediti) Libia. Per l'Italia è nota della Penisola, Sicilia e Sardegna, ed è presente a San Pietro (Grotta cala Fico) e a Sant'Antioco (pozzo Funtana Cannai, pozzo Farris). *N. stammeri* è caratteristica di ambienti sotterranei dolci, oligo o mesoalini, spesso costieri. In realtà, le diverse popolazioni attribuite a questa specie presentano una serie di caratteristiche morfologiche differenziali per cui Rouch, 1985, ritiene che potrebbe trattarsi di entità tassonomiche diverse. Il materiale sardo potrà quindi fornire ulteriori dati atti a verificare tale ipotesi. *Nitocrella beatrix* è un endemismo sardo-corso (Cottarelli e Bruno, 1993) raccolto in pozzi di Tavolara (pozzo La Corona), e La Maddalena (cisterna Trinità, pozzo Giudice, -73 m). La specie appartiene al gruppo *vasconica* Petkovski, 1976, è la prima specie del gruppo segnalata per la Sardegna, e presenta le maggiori affinità con *N. vasconica* Chappuis, 1937, raccolta in una grotta dei Pirenei. Nella penisola il gruppo è rappresentato solo da *N. morettii* Pesce, 1984, di acque freatiche dell'Umbria. *Nitocrella* n. sp. è stata rinvenuta nel pozzo Giudice dell'isola de La Maddalena; appartiene al gruppo *hirta* Petkovski, 1976 che comprende 10 specie distribuite in modo «continuo» dall'Italia (Alpi Orientali e Centro-Appennino) all'area balcanica. La nuova specie de La Maddalena ci sembra interessante non solo perché amplia verso Occidente la distribuzione del gruppo, ma anche perché fa sorgere dubbi sulla «omogeneità» del gruppo stesso che dovrà essere riconsiderata.

Un altro genere, *Parapseudoleptomesochra* Lang, 1965, comprendente anch'esso molte forme di acque sotterranee oligoaline e dolci, è presente in un pozzo salmastro (-5 m) nel litorale Sud-occidentale dell'Isola di Tavolara, con

la specie *P. minoricae* Chappuis e Rouch, 1960, già nota per la Sardegna e con geonomia perimediterranea.

All'isola de La Maddalena, infine, abbiamo potuto raccogliere (pozzo Giudice e cisterna del Monte Guardia) alcuni esemplari di un Ameiridae sicuramente attribuibile a un nuovo genere affine a *Parapseudoleptomesochra*, che, a parte l'interesse tassonomico, appare notevole in quanto potrebbe rappresentare un ulteriore esempio di colonizzazione attiva delle acque continentali da parte di un ancestore marino.

La grande famiglia Canthocamptidae, che raggruppa da sola circa la metà degli Arpacticoidi dulcacquicoli conosciuti, è rappresentata da 3 nuove specie di *Elaphoidella* Chappuis, 1929, genere che comprende in grande maggioranza specie legate ad acque sotterranee; 21 specie sono state finora segnalate per l'Italia e le isole. A La Maddalena abbiamo rinvenuto (pozzo Giudice) 2 nuove specie del gruppo *gracilis* Apostolov, 1985, cui appartiene anche *Elaphoidella janas* Cottarelli e Bruno, 1993, recentemente descritta per la grotta del Bue Marino, Dorgali, Sardegna. La terza specie si trova in un pozzo (-18 m) in località Funtana Cannai, Sant'Antioco, e sembra maggiormente affine ad alcune specie di acque sotterranee dei Pirenei, e ad un'altra *Elaphoidella* ancora non descritta, presente in Sardegna in un pozzo presso Iglesias.

Alla famiglia Cyliindropsyllidae erano attribuite specie esclusivamente marine e di acque salmastre, fino a quando non è stato possibile segnalare un genere mediterraneo, *Ichnusella* Cottarelli, 1971, presente in Sardegna con la specie *I. eione* Cottarelli, 1971, nella falda iporreica di due fiumi in provincia di Nuoro e Sassari. Le ricerche sulle piccole isole ci hanno permesso di provare che anche un altro genere, *Arenopontia* Kunz, 1937, considerato finora tipico di acque interstiziali marine o al massimo salmastre, è riuscito a colonizzare le acque dolci con almeno due specie: *Arenopontia speluncae* Cottarelli, Bruno, Venanzetti, 1994, del litorale laziale e *Arenopontia phreatica* Cottarelli, Bruno e Venanzetti, 1994, dell'isola de La Maddalena (pozzo Giudice). Un'altra *Arenopontia* sp., probabilmente riferibile ad *A. phreatica* o ad una nuova specie strettamente affine a *A. phreatica*, è stata successivamente rinvenuta (Dicembre 1993) a Spargi, lungo le rive di un piccolo corso d'acqua dolce che sfocia a Cala Canniccia. Anche in questo caso, a parte l'ovvio interesse faunistico e tassonomico, questi reperti ci appaiono particolarmente significativi per una verifica ed un approfondimento delle ipotesi relative ai processi di colonizzazione delle acque sotterranee continentali.

La famiglia Parastenocarididae comprende pochi generi con specie quasi esclusivamente freatobie. Fra questi il genere *Parastenocaris* Kessler, 1913, praticamente cosmopolita, è presente nelle acque sotterranee di tutti i continenti, esclusa l'Antartide. Nel nostro Paese esistono 29 specie, 28 endemiche. Le specie sarde sono 10; 2 appartengono esclusivamente alla fauna delle piccole isole: *Parastenocaris ima* Cottarelli, 1989, de La Maddalena, pozzo Giudice, e *P. rivi* Cottarelli e Bruno, 1994, rinvenuta (Dicembre 1993) nell'isola di San Pietro, lungo le rive di un piccolo corso d'acqua dolce che scorre attraverso la spiaggia di Cala Spalmatore. La prima specie appartiene al gruppo *proserpina* Kunz,

1938, e presenta alcune affinità con *P. admete* Cottarelli e al., 1980, che popola l'iporreico di diversi corsi d'acqua della provincia di Sassari. Il gruppo di specie *proserpina* è ben rappresentato in paesi dell'area mediterranea (Spagna, Francia, Italia, ex-Jugoslavia, Nord-Africa), e la specie sarda è la prima *Parastenocaris* italiana di falde profonde.

Per quel che riguarda *P. rivi*, essa appartiene al gruppo *minuta* Lang, 1948, che comprende numerose specie Sud-europee e del Vicino Oriente (Turchia). *P. rivi* inoltre presenta singolari affinità morfologiche ed ecologiche con altre 5 specie, 1 spagnola e 4 italiane, tutte esclusive di acque oligoaline e dolci di foce. Anche in questo caso, un ulteriore motivo di interesse riguarda gli interrogativi concernenti le modalità di popolamento di questo particolare ecotono.

Come e ancor più che per i *Cylindropsyllidae*, un elemento di novità è rappresentato dalla famiglia *Tetragonicipitidae*, cui appartenerebbero, dai dati in letteratura, solo forme bentoniche od interstiziali marine. All'isola di Tavolara, nella grotta del Papa, abbiamo rinvenuto due esemplari immaturi di *Phyllopodopsyllus* sp., in acque rigorosamente dolci; non avremmo segnalato questo reperto isolato e di difficile definizione tassonomica se, in successive ricerche in Sardegna, non avessimo campionato in un pozzo di acqua dolce (-10 m), situato al km 10 della SS. 126 (presso S. Giovanni Suérgiu) altri esemplari adulti di *Phyllopodopsyllus* sp. ancora in studio, che confermano con certezza la presenza del genere in acque dolci.

Anche ai Sincaridi appartengono forme di acque sotterranee biogeograficamente notevoli (Schminke, 1974). Essi derivano infatti dai Paleocaridacei fossili, presenti in acque marine costiere dell'emisfero boreale, dal Carbonifero al Permiano. Comprendono attualmente i due ordini degli Anaspidacei e Batinellacei, questi ultimi suddivisi nelle due famiglie Batinellidi e Parabatinellidi, con 38 generi e circa 135 specie, esclusive di acque sotterranee continentali. In Sardegna sono note in acque iporreiche del fiume Liscia (SS) l'endemica *Sardobathynella cottarellii* Serban, 1973, (famiglia Bathynellidae) e una specie inedita di *Hexabathynella* Schminke, 1972 (famiglia Parabathynellidae), affine a *H. knoepfleri* della Corsica. Questi Batinellacei sono stati successivamente rinvenuti (dati inediti) nell'ambiente iporreico di altri fiumi sardi ed anche in acque di falde profonde (pozzo Giudice) de La Maddalena.

In due pozzi di Sant'Antioco, pozzo Farris e un pozzo in località Funtana Cannai, è presente il genere *Meridiobathynella* Serban, Coineau e Delamare-Deboutteville, 1971 (famiglia Bathynellidae), con una specie probabilmente nuova, che sembra affine a *M. catalanensis* Serban, Coineau e Delamare-Deboutteville, 1971, della Spagna ma anche a una *Meridiobathynella* sp. di acque sotterranee del Lazio (dati inediti).

Nelle isole circumsarde i Sincaridi sono quindi rappresentati da 2 specie in comune con la Sardegna e da 1 esclusiva; anche il numero di Arpacticoidi endemici è simile: 15 endemismi in Sardegna e 13 nelle isole. Paradossalmente le isole circumsarde che complessivamente presentano una superficie minima rispetto all'isola madre, sarebbero popolate da un numero di freatobi insolita-

mente elevato. In realtà questo fatto si spiegherebbe facilmente considerando che almeno alcune delle piccole isole sembrano risentire meno dei fenomeni di inquinamento e di impatto antropico purtroppo ormai affermatosi in ampie zone della Sardegna. Quest'isola, inoltre, non si può ritenere completamente esplorata nonostante le numerose ricerche già svolte. Mancano ad esempio, con poche eccezioni, notizie sulla fauna acquatica delle grotte ed anche per i pozzi i dati sono tuttora insufficienti; soltanto per la fauna iporreica disponiamo di notizie più complete. Per questi motivi ci sembra prematuro proporre conclusioni filogenetiche e biogeografiche definitive. Perfino le isole circumsarde così ripetutamente esplorate, ci offrono un quadro che è difficile considerare compiuto: *P. rivi* è stata scoperta a S. Pietro solo durante l'ultima spedizione, in Dicembre, quando il piccolo corso d'acqua sulle cui rive è stata raccolta non era in secca. In ogni modo è certo che al momento queste isole possono rappresentare, grazie alle ricerche svolte, un buon punto di partenza per un ulteriore approfondimento delle diverse problematiche faunistiche e biogeografiche.

OSSERVAZIONI SULL'ECOLOGIA

Queste frequenti e prolungate ricerche svolte praticamente in tutte le stagioni e i dati sull'isola maggiore, offrono anche l'occasione per alcune considerazioni preliminari sui taxa maggiormente significativi. Nel «continuum» delle acque sotterranee, alcune specie si caratterizzano per particolari esigenze ecologiche ed ambientali, cosicché le loro popolazioni appaiono distribuite «a mosaico» sia verticalmente che orizzontalmente (Dole-Olivier e Marmonier, 1992): non esauriscono cioè tutte le «possibilità» di colonizzazione offerte dai diversi habitats a disposizione. In effetti noi abbiamo osservato che anche in quelle isole (San Pietro, Sant'Antioco, La Maddalena) che presentano tutti o molti dei diversi ambienti di acque sotterranee, le specie presenti hanno colonizzato, almeno apparentemente, solo alcuni di essi.

Quanto detto sembrerebbe valido per le tre specie di *Schizopera*: le due specie di Tavolara e quella de La Maddalena sono infatti confinate ad acque di grotta (una specie) ed a falde di diversa profondità (due specie).

Fra gli Ameiridae, *Nitocrella beatrix* popola invece gli ambienti iporreici, pozzi a differenti profondità e acque di grotta. Sembrerebbe perciò una specie caratterizzata da un'ampia valenza ecologica; anche la sua corologia, come detto, è relativamente estesa e interessa la Sardegna, alcune delle piccole isole ed anche la Corsica.

Le due *Elaphoidella* de La Maddalena e la specie di Sant'Antioco popolano rispettivamente falde freatiche a diversa profondità (-73 e -18 m) e non esistono in altri ambienti di acque sotterranee delle due isole.

Diversa è la situazione di *Arenopontia*, perché se potremo confermare che gli esemplari di Spargi possono essere attribuiti ad *A. phreatica*, avremo una specie che si estende dalle acque iporreiche superficiali a quelle «profonde».

Le due *Parastenocaris* presentano anch'esse situazioni diverse: *P. ima* è legata ad una falda profonda; osserviamo per inciso che questa specie presenta alcune caratteristiche morfologiche che ricorrono in altre specie di *Parastenocaris* «di profondità» che abbiamo potuto studiare; *P. rivi*, invece, è confinata esclusivamente, come tutte le altre specie ad essa affini, all'ecotono delle acque iporreiche di foce.

Per i Tetragnonicipitidae non siamo ancora certi, come già osservato, se gli esemplari della grotta di Tavolara e il *Phyllopodopsyllus* sardo appartengono alla stessa specie; è notevole il fatto che questi Arpacticoidi, comuni in acque interstiziali marine, apparentemente assenti nell'ecotono di foce, ricompaiono in acque sotterranee continentali.

Anche le diverse specie di Sincaridi si comportano in maniera differente: la *Meridiobathynella* sp. di Sant'Antioco è stata rinvenuta solo in acque di pozzo a diverse profondità (-5, -20 m); *Sardobathynella* sp. ed *Hexabathynella* sp. in Sardegna popolano l'habitat iporreico, mentre a La Maddalena occupano le falde profonde, superando così l'ostacolo rappresentato dalla mancanza di corsi d'acqua.

OSSERVAZIONI SULLE MODALITÀ DI COLONIZZAZIONE

I modelli di colonizzazione delle acque sotterranee continentali sono attualmente oggetto di vivaci dibattiti che non hanno ancora permesso di formulare un'ipotesi universalmente accettata. Il «modello del rifugio», diversamente proposto ed interpretato da diversi Autori (Vandel, 1964; Jeannel, 1965; Barr, 1968; Ginet e Decou, 1977) è stato successivamente integrato da Stock, 1980, che ha proposto il «regression model». Per Rouch e Danielopol, 1987, tale modello corrisponderebbe a un modello di rifugio «sotto costrizione», poiché le diverse fasi di regressione delle acque marine (Terziario, dall'Oligocene al Miocene antico), avrebbero obbligato le specie a «conquistare le acque dolci o scomparire». Gli stessi Autori (1987) hanno introdotto il concetto della «colonizzazione attiva»: la colonizzazione degli ambienti acquatici sotterranei sarebbe stata iniziata da specie preadattate ed a larga valenza ecologica. La distribuzione degli organismi sotterranei è stata inoltre interpretata avvalendosi di un approccio panbiogeografico o per vicarianza, piuttosto che non attraverso l'ipotesi di un centro di origine seguito da una dispersione.

Recentemente anche Coineau e Boutin, 1993, si sono occupati di queste problematiche. Questi Autori sostengono che gli organismi attualmente viventi nelle acque sotterranee appartengono a due gruppi: «the limnicoid stygobionts» (i cui antenatori marini avrebbero colonizzato le acque dolci di superficie con una transizione orizzontale, prima di conquistare le acque sotterranee con una transizione verticale) e «the talassoid stygobionts» (i cui antenatori marini, dopo aver colonizzato gli ambienti interstiziali litorali con una transizione verticale, avrebbero conquistato le acque sotterranee continentali, durante le fasi di regressione marina, con una transizione orizzontale).

Seguendo lo schema così riassunto, *Schizopera*, *Nitocrella*, *Parapseudoleptomesochra*, *Arenopontia* e *Phyllopodopsyllus* rientrano nel gruppo dei «talassoid stygobionts»: questi generi infatti appartengono a famiglie che comprendono ancora oggi una forte maggioranza di taxa marini bentonici e interstiziali.

Elaphoidella, invece, appartiene ad una famiglia (Canthocamptidae) con numerosissimi generi tutti dulcacquicoli, tranne poche eccezioni, in buona parte bentonici. Il genere rientrerebbe quindi nei «limnicoid stygobionts». Secondo Chappuis, 1933, i rappresentanti europei di questo genere, in grande maggioranza stigobi, sarebbero derivati da forme epigee che abbandonarono la superficie come conseguenza delle glaciazioni del Quaternario; tuttavia le conoscenze attuali dimostrano che esistono numerose specie sotterranee di *Elaphoidella* anche in zone non interessate dalle glaciazioni; per questo motivo l'ipotesi di Chappuis non sembra più accettabile.

Parastenocaris costituisce un altro caso interessante: Chappuis, 1956, formulò l'ipotesi che la «storia» di *Parastenocaris* fosse assimilabile a quella di *Elaphoidella* e che quindi l'ambiente sotterraneo rappresentasse un biotopo secondario. Noodt, 1954, al contrario riteneva che questi Arpacticoidi rappresentassero un gruppo limnico molto antico; in questo caso l'ambiente delle acque sotterranee sarebbe stato il biotopo primario e la discendenza da antenati marini si sarebbe potuta attribuire ad un'epoca molto lontana (fine del Mesozoico). Resta però da stabilire se questi Arpacticoidi debbano essere inseriti nel gruppo dei «limnicoids», come sembrerebbe più plausibile, o in quello dei «talassoids». A noi sembra che i Parastenocarididae abbiano dei legami filogenetici abbastanza stretti con la famiglia Cylindropsyllidae e in particolare con il genere *Ichnusella* Cottarelli, 1971, che è correlato ad essi da singolari affinità ecologiche e morfologiche. Seguendo il modello della colonizzazione attiva si potrebbe pensare a un primo colonizzatore che, a partire da un ancestro meroplanctonico marino, avrebbe colonizzato l'ambiente interstiziale litorale; sarebbe poi seguita la conquista dell'ambiente interstiziale continentale: testimonianza di questa fase potrebbero essere proprio le *Ichnusella* che rimangono confinate alle acque dolci od oligoaline litorali. Le *Parastenocaris*, infine, avrebbero definitivamente conquistato tutti i più diversi ambienti delle acque sotterranee continentali.

P. rivi in particolare è compresa, come già detto, in un singolare gruppo di *Parastenocaris* «di foce» che potrebbero rappresentare il ricordo, successivo ad *Ichnusella*, della seconda fase di colonizzazione delle acque dolci, o potrebbero essere un esempio di una successiva «reinvasione» di questo ambiente; in questo secondo caso bisognerebbe presupporre fenomeni di convergenza evolutiva molto spinti. A noi appare più accettabile ammettere invece un'origine da un antenatore comune.

Anche i Sincaridi Batinellacei dovrebbero rientrare nei «limnicoids». È noto che essi rappresentano un gruppo molto antico della fauna di acque continentali: la distribuzione mondiale del gruppo è stata spiegata (Schminke, 1981) con l'espansione dei Sincaridi marini dal Laurasia alle acque litorali e dolci

superficiali del Gondwana, prima che la Pangea, nel Permo-Triassico (Mesozoico), si frammentasse. La successiva colonizzazione degli ambienti di acque dolci sotterranee si sarebbe perciò verificata dopo la separazione dei continenti.

RINGRAZIAMENTI

Siamo lieti di esprimere la nostra gratitudine al Prof. Baccio Baccetti, ideatore e coordinatore delle ricerche sulle piccole isole italiane, che ha offerto a due di noi (Cottarelli e Forniz) la possibilità di partecipare alle diverse spedizioni. I nostri ringraziamenti vanno anche ai numerosi colleghi ed amici che ci hanno aiutato nelle ricerche e con i quali abbiamo condiviso molte interessanti esperienze sul campo.

BIBLIOGRAFIA

- APOSTOLOV A., 1985 - Etude sur quelques Copépodes Harpacticoides du genre *Elaphoidella* Chappuis, 1929 de Bulgarie, avec une révision du genre. Acta Mus. Maced. Sci. nat. Skopje, 17 (6/14): 133-160.
- APOSTOLOV A. e PESCE G.L., 1987 - Un Harpacticotide nouveau des eaux souterraines phréatiques de l'Italie: *Schizopera lindae* n. sp. (Copepoda, Diosaccidae). Crustaceana, 52 (3): 298-302.
- BACCETTI B., COBOLLI SBORDONI M. e POGGI R., 1989 - Ricerche zoologiche della nave oceanografica «Minerva» (C.N.R.) sulle isole circumsarde. I. Introduzione. Ann. Mus. civ. St. nat. Genova, 87: 127-136.
- BARR T.C., 1968 - Cave ecology and the evolution of troglobites, pp.35-102. In: T. Dobzhansky, M. K. Hacht & W.C. Steere (eds.), Evolutionary Biology, 2. North Hollands Publishing Company, Amsterdam.
- CHAPPUIS P.A., 1938 - Subterrane Harpacticoiden aus Süd-Italien. Bul. soc. stiint. Cluj., 9: 153-181.
- COINEAU N. e BOUTIN C., 1993 - Biological processes in space and time. Colonization, evolution and speciation in interstitial stygobionts, pp. 423-451. In: A. I. Camacho (ed.), The natural history of biospeleology. Monographias, 7, Mus. Nac. Cie. Nat. C.S.I.C. Ed, Madrid.
- COTTARELLI V., 1971 - *Ichnusella eione* n. gen. n. sp. (Cop. Harpact.), nuovo Crostaceo di acque interstiziali italiane. Ist. Lomb. (Rend. Sc.), (B) 105: 57-70.
- COTTARELLI V., 1989 - Un nuovo Arpacticotide freatobio dell'Isola della Maddalena (Sardegna): *Parastenocaris ima* n. sp. Ann. Mus. civ. St. nat. Genova, 87: 285-296.
- COTTARELLI V. e TORRISI M.R., 1977 - Su alcune *Parastenocaris* di acque interstiziali sarde (Crustacea, Copepoda, Harpacticoida). Fragm. entomol., 13 (2): 285-297.
- COTTARELLI V., FASANO L., MURA L. e SAPORITO P.E., 1989 - *Parastenocaris admète* n. sp. (Crustacea, Copepoda, Harpacticoida) di acque interstiziali di Sardegna. Riv. Idrobiol., 19 (3): 619-628.
- COTTARELLI V., BRUNO M.C. e VENANZETTI F., 1994 - Two new species of *Parastenocaris* from interstitial waters of rivermouths from Latium and Sardinia (Crustacea, Copepoda, Harpacticoida). Fragm. entomol., in stampa.
- COTTARELLI V., BRUNO M.C. e VENANZETTI F., 1994 - First record in phreatic freshwater of harpacticoids belonging to the genus *Arenopontia* (Crustacea, Copepoda) and description of two new species. Ann. Mus. civ. St. nat. Genova, 90: 471-484.
- COTTARELLI V. e BRUNO M.C., 1994 - *Parastenocaris rivi* n. sp. (Crustacea, Copepoda, Harpacticoida) di acque iporreiche dell'isola di S. Pietro (Sardegna). Ann. Mus. civ. St. nat. Genova, 90: 509-519.
- COTTARELLI V. e BRUNO M.C., 1993 - Harpacticoida (Crustacea, Copepoda) from subterranean waters of Bue Marino cave, Sardinia, and St. Barthélémy cave, Corsica, and description of three new species. Int. J. Speleol., 22 (1-4): 97-119.
- COTTARELLI V. e BRUNO M.C., 1994 - Check-list delle specie animali della fauna italiana. Fascicolo 28: Copepoda Harpacticoida. Calderini, Bologna, in stampa
- DOLE-OLIVIER M.J. e MARMONIER P., 1992 - Patch distribution of interstitial communities: prevailing factors. Freshw. Biol., 27: 177-191.
- DUSSART B.H. e DEFAYE D., 1990 - Répertoire mondial des Crustacés Copépodes des eaux intérieures. III. Harpacticoides - Crustaceana, Suppl., 16: 1-385.

- GALASSI D.P. e PESCE G.L., 1987 - New localities of *Elaphoidella nuragica* Pesce & Galassi, with a description of the female (Cop. Harpact.: Canthocamptidae). Boll. Mus. civ. St. nat. Verona, 14: 311-314.
- GINET R. e DECOU V., 1977 - Initiation à la biologie et à l'écologie souterraines - Delarge, Paris: 1-345.
- JEANNEL R., 1965 - Le genèse du peuplement des milieux souterrains. Rev. Ecol. Biol. Sol., 2: 1-22.
- LANG K., 1948 - Monographie der Harpacticiden. Nordiska Bokhandeln, Stockholm: 1682 pp.
- LANG K., 1965 - Copepoda Harpacticoidea from the Californian Pacific coast. K. Svenska vetenskakad. Handl., Uppsala and Stockholm, 10(2): 1-566.
- PESCE G.L., 1984 - *Nitocrella morettii* n. sp. from phreatic waters of Central-Italy and upto-date key to the species of *Nitocrella* sensu Petkovski (Crustacea, Harpacticoidea, Ameiridae). Bull. zool. Mus. Amsterdam, 10: 21-24.
- PESCE G.L., 1987 - A new species of *Schizopera* Sars, 1905 from groundwaters of Sicily, Italy (Crustacea Copepoda: Diosaccidae). Senck. Biol., 68 (4/6): 413-417.
- PESCE G.L. e GALASSI D.P., 1986 - A new species of *Elaphoidella* from groundwater of Sardinia, and first record of *Elaphoidella cvetkai* Petkovski from Italy (Crustacea: Harpacticoidea). Bull. Zool. Mus. Univ. Amsterdam, 10 (27): 221-225.
- PESCE G.L. e GALASSI D.P., 1988 - *Elaphoidella federicae* spec. nov., a new harpacticoid copepod from phreatic waters of Corsica (Crust. Harpact.: Canthocamptidae). Stygologia, 4 (3): 262-266.
- PETKOVSKI T.K., 1976 - Drei neue *Nitocrella*-Arten von Cuba, zugleich eine Revision des Genus *Nitocrella* Chappuis (s. restr.) (Crustacea, Copepoda, Ameiridae). Acta Mus. Mac. Sc. nat., 15 (1): 1-26.
- ROUCH R. e DANIELOPOL D.L., 1987 - L'origine de la faune aquatique souterraine, entre le paradigme du refuge et le modèle de la colonisation active. Stygologia, 3 (4): 345-372.
- SCHMINKE H.K., 1972 - *Hexabathynella balophila* gen. n., sp. n. und die Frage nach der marinen Abkunft der Bathynellacea (Crustacea: Malacostraca). Mar. Biol., 15: 282-287.
- SCHMINKE H.K., 1974 - Mesozoic intercontinental relationships as evidenced by Bathynellid Crustacea (Syncarida: Malacostraca). Syst. Zool., 23: 157-164.
- SCHMINKE H.K., 1981 - Adaptation of Bathynellacea (Crustacea Syncarida) to the life in the interstitial («Zoea Theory»). Int. Rev. Ges. Hydrobiol., 66(4): 575-637.
- SERBAN E., 1973 - Sur les Bathynellidae de l'Italie: *Sardobathynella cottarellii* n. g. et n. sp. Fragm. entomol., 9 (2): 81-107.
- SERBAN E., COINEAU N. e DELAMARE DEBOUTTEVILLE C., 1971 - Les Gallobathynellinae, nouvelle sous-famille des Bathynellacea. C. R. Hebd. Sèanc. Acad. Sci., Paris, 272, D (23): 2907-2909.
- STOCK J.H., 1980 - Regression model evolution as exemplified by the genus *Pseudoniphargus* (Amphipoda). Bijdr. Dierk., 50(1): 105-144.
- VANDEL A., 1964 - Biospéologie. La biologie des animaux cavernicoles. Gauthier-Villars, Paris: 1-619.
- WELLS J.B.J., 1976 - Keys to aid in the identification of marine harpacticoid Copepods. Dept. zoo. univ. Aberdeen, U.K., publ., 1-215.