

POPOLAMENTI ACQUATICI



CONSIDERAZIONI SUL POPOLAMENTO MACROBENTONICO DELLE ACQUE SORGIVE

M. Bodon* e S. Gaiter**

Nell' ambito del territorio italiano le acque di sorgente, dal punto di vista dell' ecologia del popolamento macrobentonico, non sono state oggetto di studi approfonditi. Al contrario, gli ambienti di acque correnti superficiali sono frequentemente oggetto di studio, e metodiche ampiamente collaudate (Ghetti e Bonazzi, 1981; Ghetti, 1986) consentono di rilevare il giudizio di qualità in rapporto ai carichi inquinanti che gravano su di essi.

Manca una visione globale del popolamento delle sorgenti: sono stati condotti solo pochi studi su queste biocenosi (ad es. Stella, 1956, 1958; Moretti, 1949; Moretti e Michelotti, 1951; Scotti, 1939; Argano et Al., 1975) e sono trattate solo marginalmente nell' ambito dei lavori più recenti per il mappaggio di qualità dei corsi d' acqua. In alcune regioni sono state oggetto di indagine dal punto di vista faunistico, ma limitatamente ad alcuni taxa (ad es. Molluschi: Girod, 1969; Pezzoli, 1969, 1988; Bianchi et Al., 1975; Boato et Al., 1985; Anfipodi: Pesce e Vigna Taglianti, 1975; Tricotteri: Moretti e Cianficconi, 1983; Cianficconi et Al., 1984). Eppure le acque sorgive, per le particolari comunità zoobentoniche che le caratterizzano, nonché per l' importanza che rivestono per le attività umane, come risorsa per l' approvvigionamento idropotabile, offrono ampio campo di studio e di ricerche di tipo applicativo.

Il biotopo della sorgente, in conseguenza alla

morfologia della zona circostante, può assumere differenti aspetti.

Una sorgente viene definita reocrena quando la vena idrica che affiora dà origine repentinamente al corso d' acqua; sorgente limnocrena quando la polla sorgiva assume l' aspetto di pozza, anche ampia; sorgente eleocrena quando la vena si espande in un' area paludosa.

Particolari tipi di biotopi, a seconda dell' origine e del chimismo delle acque, si hanno nelle sorgenti alimentate da acque di fusione dei ghiacciai, nelle sorgenti termali, minerali o termominerali e, a seconda della provenienza o del tipo di deflusso, nelle risorgenze, nelle sorgenti temporanee e nelle sorgenti subacquee. Più frequentemente, in una sorgente reocrena, la falda affiora in una polla sorgiva di sviluppo limitato (più o meno esteso in relazione alla quantità del flusso idrico), con acque calme o a corrente moderata, alla quale fa seguito un ruscello sorgivo, con corrente più veloce. La zona della polla sorgiva è definibile come eucrenon (Illies e Botosaneanu, 1963) ed è sede elettiva del popolamento più caratteristico; il ruscello sorgivo (hypocrenon) ospita già un popolamento di transizione con quello del primo tratto del rhithron (epirhithron), biotopo che comprende la zona superiore del ruscello originato dalla confluenza di più ruscelli sorgivi. Naturalmente, in relazione ai diversi tipi di habitat presenti, molto vario può apparire il popolamento macrobentonico. Il biotopo, rispetto a quello di un corso d' acqua superficiale, risulta caratterizzato

(*) Istituto di Zoologia dell' Università di Genova.

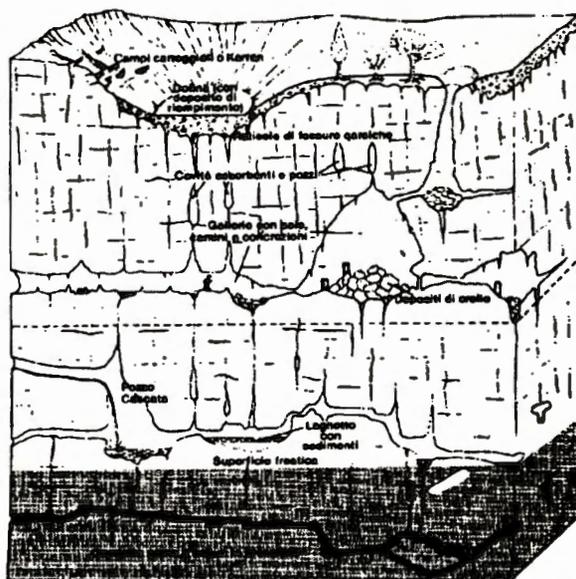
(**) Presidio Multizonale di Prevenzione, USL n. 12, Genova.

innanzitutto da una maggiore costanza termica (temperature più vicine alla media stagionale) e minore escursione dei valori dei parametri chimico-fisici. Importante per il popolamento appare inoltre la maggiore stabilità fisica dell' ambiente, con piene meno sensibili e velocità della corrente meno violenta rispetto ai corsi d' acqua.

La falda idrica che venendo a giorno origina la sorgente rappresenta anch' essa un ambiente peculiare, simile a quello sorgivo per la costanza termica e la maggiore stabilità ambientale, ma caratterizzato dalla completa mancanza di luce. A seconda del tipo di roccia, permeabile per fessurazione o permeabile per porosità, possiamo distinguere falde carsiche o pseudocarsiche, con scorrimenti idrici ora veloci, ora lenti (nei bacini sotterranei) ed ampi spazi liberi, o falde freatiche ed artesiane, con flusso lento ed esigui spazi tra la roccia serbatoio, dipendenti dalla granulometria di questa (ghiaie, sabbie grossolane o fini).

Comunque condizioni intermedie o di transizione tra i due tipi di flusso sono frequenti. I fattori fisici, ed in primo luogo la mancanza di luce, condizionano notevolmente la biocenosi, determinando l' assenza dei produttori primari fotosintetici. Il ruolo trofico di base viene quindi assunto dal detrito, che proviene, per la maggior parte, da apporti esterni, con le acque di dilavamento del suolo nonchè da apporti da parte della comunità endogea che colonizza la rete di microfessure e cavità del sottosuolo. La peculiarità dell' ambiente e la scarsità di pabulum comporta quindi una certa rarefazione del popolamento, che è presente spesso con forme altamente specializzate. Queste sono diffuse in un reticolo sotterraneo decisamente più ampio rispetto all' habitat occupato dalle forme strettamente di sorgente, presenti frequentemente con ricche popolazioni, ma per lo più limitate all' ambiente formato dalla sola polla sorgiva.

Anche se con maggiori difficoltà, gli ambienti di acque sotterranee possono essere raggiunti per la ricerca della fauna che colonizza la falda idrica. Le falde freatiche che scorrono in prossimità dei corsi d' acqua e che sono direttamente in connessione con questi (ambiente iporreico) sono accessibili facilmente da parte del ricercatore mediante semplici attrezzi di sondaggio e sono state oggetto, recentemente, di alcuni studi (Ruffo, 1961; Ferrarese e Sambugar, 1976; Pesce e Maggi, 1983). Le falde carsiche sono ispezionabili direttamente, qualora vi siano grotte accessibili. Lo studio biologico delle acque carsiche, nonostante l' impulso notevole che ha avuto la biospeleologia negli ultimi anni, è ancora



lacunoso. I diversi tipi di falda (freatica, artesia, carsica o pseudocarsica) sono sovente intercettati da pozzi e, da questi, con appropriati sistemi di raccolta, è possibile ricavare dati sul popolamento delle acque sotterranee. Ricerche così condotte in tali ambienti sono state effettuate di recente, ma solo per alcune aree quali il Veneto, Marche, Lazio, Abruzzo, Salento e Sardegna (Ruffo, 1952; Pesce, 1980; Pesce e Fusacchia, 1975; Pesce e Maggi, 1983; Pesce e Silverii, 1976; Pesce et Al. 1978; Argano et Al., 1975). Le emergenze dei diversi tipi di falde (fontanili per le falde freatiche di pianura; sorgenti di tipo vario; sorgenti carsiche per le falde carsiche) sono molto frequenti e possono offrire un ottimo campo di studio per la fauna ipogea. Le ricerche richiedono però, in questi ambienti, tempo e metodologia appropriate e, nel nostro territorio, sono ancora agli inizi.

LA FAUNA DELLE SORGENTI

Gli organismi tipici degli ambienti sorgivi vengono definiti crenobionti, mentre stigobionti sono denominati quelli tipici delle acque sotterranee. Questi ultimi, nel loro habitus più tipico, sono riconoscibili da alcuni caratteri morfologici, quali la depigmentazione e l' anoftalmia e, negli Artropodi, l' allungamento degli arti e delle appendici. Frequente è inoltre la tendenza verso la riduzione delle dimensioni e l' assottigliamento del corpo, soprattutto per le forme maggiormente adattatesi all' ambiente interstiziale. Le sorgenti e le acque sotterranee sono colonizzate inoltre anche da organismi non crenobionti o non stigobionti, alcuni di comparsa occasio-

nale (crenoxeni e stigoxeni), altri anche frequenti ma non legati strettamente a questi particolari ambienti (crenofili e stigofili). Talora alcuni possono comportarsi sia da crenobionti che da stigobionti (crenostigobionti). Solitamente gli organismi crenobionti presentano un massimo di concentrazione nella polla sorgiva; la loro presenza si riduce nel ruscello sorgivo mentre sono assenti nella falda sotterranea. Gli organismi stigobionti colonizzano invece la falda ipogea e la loro presenza appare rarefatta od occasionale nella polla sorgiva e nel ruscello sorgivo. Sovente, in questi ambienti, compaiono solo in concomitanza di determinate condizioni idrologiche. I creno-stigobionti si comportano come i crenobionti, ma la loro presenza si estende anche nell'ambiente ipogeo. La loro massima concentrazione si verifica solitamente nella polla sorgiva, in dipendenza dei fattori ambientali e trofici più favorevoli.

L'habitat particolare delle acque sorgive ed ipogee (costanza termica, ridotta competizione, ambiente conservativo) ha favorito la sopravvivenza di faune antiche, relitte. Queste, molto spesso, presentano areali limitati, a volte addirittura puntiformi, e sono perciò ricche di endemismi. E' quindi necessaria, in questo campo, una conoscenza molto dettagliata della distribuzione di ciascuna entità su scala regionale, data la profonda diversità faunistica rilevabile anche in aree territoriali limitrofe. Inoltre il substrato geologico gioca un ruolo rilevante nel limitare la distribuzione di alcuni di questi taxa, condizionando la durezza delle acque ed il tipo di scorrimento sotterraneo. La distribuzione di molti taxa è inoltre condizionata anche da fattori paleogeografici e paleoclimatici. Hanno giocato un ruolo notevole, nel ridurre gli areali, anche gli eventi glaciali pleistocenici che, in alcune zone, hanno distrutto completamente la fauna preesistente. Questa, se già insediata in ambiente ipogeo, non ha più avuto la possibilità di ricolonizzare l'area attraverso i reticoli idrografici di superficie.

PRINCIPALI TAXA PRESENTI IN ITALIA

Limitiamo l'esposizione ai generi caratteristici o più frequenti tra gli invertebrati macrobentonici crenobionti e stigobionti (organismi di taglia adulta non inferiore al millimetro), tralasciando anche gruppi importanti, quali i Copepodi ed altri Crostacei, che rientrano più propriamente in classi dimensionali inferiori (meiobenthos o microbenthos). Tralasciamo inoltre quelle forme limitate alle acque costiere salmastre.

TURBELLARIA TRICLADIDA. Questo gruppo

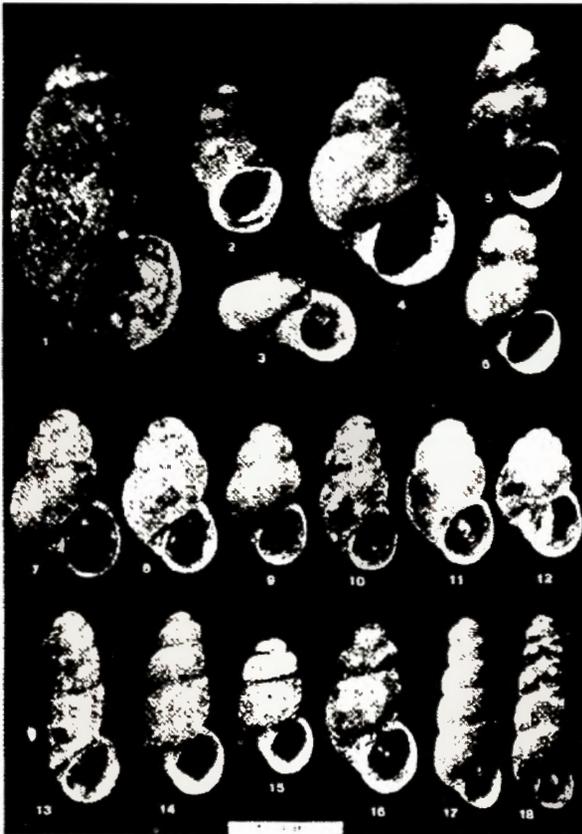
presenta alcune forme stigobionti, appartenenti ai generi *Polycelis*, *Atrioplanaria*, *Dendrocoelum*, raccolti solo in poche località delle Alpi, Appennino e Sardegna. Altre specie dei generi *Dugesia*, *Polycelis* e *Phagocata* compaiono in sorgenti in diverse regioni italiane, e *Crenobia* nelle sorgenti fredde, soprattutto nelle Alpi. Per lo più non sono forme tipiche di sorgente, ma sono presenti anche in altri ambienti.

POLYCHAETA. Il solo genere *Marifugia* è presente nelle acque sotterranee del Carso Triestino.

OLIGOCHAETA. Gruppo ancora poco studiato nelle acque di sorgente e sotterranee, è comunque frequente, spesso con forme ubiquiste anche se non mancano forme più specializzate. Tra queste ultime è nota una specie del genere *Trichodrilus*, appartenente alla fam. Lumbriculidae, per alcune grotte presso Monfalcone mentre, fra i Tubificidae, alcune specie dei generi *Tubifex*, *Pelosclex* e *Haber*, sono state trovate nelle acque sotterranee del Carso e dell'Italia Centrale.

HIRUDINEA. Una specie, appartenente probabilmente al genere *Trocheta*, è legata alle acque sotterranee dell'Appennino ligure-piemontese. Altre specie dello stesso genere sono diffuse, anche se non esclusive, negli ambienti sorgivi e, talvolta, nelle acque carsiche di grotta.

MOLLUSCA. Gruppo che conta molti rappresentanti in acque sorgive e sotterranee, appartenenti alla fam. Hydrobiidae. Il genere *Bythinella* è molto frequente nelle sorgenti del nord e centro Italia ed è presente anche in acque sotterranee; il genere *Belgrandiella* ha simile comportamento, ma è diffuso solo nell'arco alpino centro-orientale ed in Liguria occidentale. Nei fontanili e nelle risorgive della pianura padano-veneta è diffuso il genere *Sadleriana*. Alcune specie dei generi *Belgrandia*, *Pauluccia*, *Litthabitella*, *Islamia*, *Alzoniella* sono crenobionti, presenti nella regione appenninica, ma spesso in aree limitate. Numerosi i taxa tipicamente stigobionti, in genere a distribuzione ristretta o addirittura puntiforme. Al nord ed in Toscana sono presenti i generi *Bythiospeum*, *Phreatica*, *Iglica*, *Hauffenia*, *Hadziella*, *Avenionia*, *Pseudavenionia*, *Alzoniella*, *Moitessieria*, *Islamia*, *Pezzolia*, *Fissuria*, mentre nelle regioni appenniniche centro meridionali sono state osservate specie dei generi *Belgrandia*, *Arganiella* e *Islamia*. In sorgenti termali compaiono i generi *Semisalsa*, nei Colli Euganei, e *Belgrandia* nell'Appennino toscano, mentre in sorgenti sottolacustri, nei bacini del nord Italia, è presente il genere *Marstoniopsis*.



I nicchi dei Molluschi che si possono incontrare nelle acque sotterranee del settore nord-occidentale italiano: 1) *Bythinella schmidti* (Küster); 2) *Belgrandiella saxatilis* (De Reyniés); 3) *Pezzolia radapalladis* Bodon & Giusti; 4) *Avenionia ligustica* Giusti & Bodon; 5-6) *Avenionia parvula* Giusti & Bodon; 7-8) *Alzoniella feneriensis* Giusti & Bodon; 9-10) *Alzoniella finalina* Giusti & Bodon; 11-12) *Alzoniella sigestra* Giusti & Bodon; 13) *Bythiospeum pezzolii* (Boeters); 14-15-16) *Pseudavenionia pedemontana* Bodon & Giusti; 17-18) *Moitessieria* *cf.* *simoniana* (De Charpentier).

MYSIDACEA. Alcune specie, appartenenti ai generi *Spelaomysis* e *Stygiomysis* sono presenti nelle acque carsiche ipogee delle Puglie.

ISOPODA. Tra gli Sphaeromatidae il genere *Monolistra* comprende più specie diffuse nelle acque carsiche sotterranee delle regioni italiane centro-est alpine. Gli Asellidae sono diffusi in varie regioni dell'Italia settentrionale e centrale, con specie ipogee appartenenti al genere *Proasellus*, mentre gli Stenaseillidae sono presenti in acque sotterranee della costa toscana e della Sardegna (genere *Stenaseillus*).

AMPHIPODA. Gruppo molto importante ed ampiamente diffuso, sia nelle sorgenti (con i generi *Echinogammarus* e *Gammarus*) che nelle acque sotterranee, principalmente con il genere *Niphargus*, presente anche, con alcune specie, in sorgenti. Altri

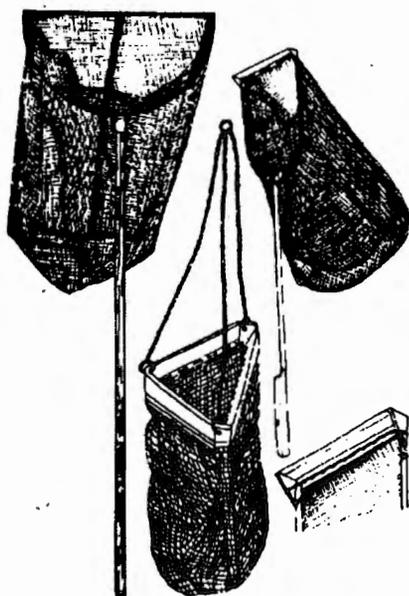
generi, meno frequenti, si ritrovano nelle acque ipogee: *Bogidiella* presente in Sardegna, Veneto ed Italia centro-meridionale, *Ilvanella* nell'Isola d'Elba; *Salentinella* in Alpi Liguri, Italia centro-meridionale e Sardegna, *Metahadzia* e *Metaingolfiella* nelle Puglie, *Orchestia* in Sardegna e *Sarothrogammarus* in Sicilia. I generi *Rhipidogammarus* e *Pseudoniphargus* sono noti per acque sotterranee costiere.

THERMOSBAENACEA. Sono presenti nell'ambiente ipogeo con due specie del genere *Monodelia*, nelle acque del M. Argentario ed in Terra d'Otranto.

DECAPODA. Due sole specie, appartenenti ai generi *Troglocaris* e *Typhlocaris* sono note per i corsi d'acqua sotterranei della regione italiana, rispettivamente per il Carso e per la Penisola Salentina.

INSECTA. Non sono conosciute, per il territorio italiano, specie legate alle acque sotterranee. Ad eccezione dell'ambiente interstiziale iporreico, in diretta connessione con le acque superficiali, le larve di Insetti non colonizzano le acque profonde. Solo in rari casi, ad es. in falde alimentate da acque superficiali o in falde carsiche in prossimità della scaturigine esterna, possono essere presenti con individui sporadici. Unica eccezione sembra la presenza del Tricottero crenofilo e rivicolo *Monocentra lepidoptera*, le cui larve sono state trovate in grotte della Liguria, anche in zona completamente afotica. Viceversa, nelle acque di sorgente gli Insetti sono solitamente abbondanti: Efemeroteri, Plecotteri, Coleoteri, Tricotteri e Ditteri sono ben rappresentati, soprattutto con forme a valenza ecologica più o meno ampia. Specie crenofile, ma presenti normalmente anche nel rhithron o in altri ambienti si hanno specialmente tra i Coleoteri (alcune specie dei generi *Hydroporus*, *Agabus*, *Hydraena*, *Ochthebius*, *Limnebius*, *Laccobius*, *Anacaena*, *Elmis*, *Helodes*), Tricotteri (*Rhyacophila*, *Catagapetus*, *Synagapetus*, *Agapetus*, *Ptilocolepus*, *Dipletrona*, *Plectronemia*, *Micrasemia*, *Apatania*, *Micropterna*, *Potamophylax*, *Silo*, *Thremma*, *Leptoceridae*, *Sericostoma*, *Ernodes*, *Helicopsyche*, *Odontocerum*) e tra i Ditteri in alcune famiglie: Simuliidae, Culicidae, Dixidae, Chironomidae (Diamesinae, Orthoclaadiinae, Tanypodinae, Tanytarsini), Limoniidae, Ceratopogonidae, Psychodidae, Stratiomyidae. All'interno di alcuni generi si conoscono solo poche specie strettamente crenobie limitate all'eu- e all'hypocrenon; ad es. tra i Plecotteri possiamo citare *Isoperla saccai*, tra i Coleoteri *Hydroporus longolus* e *Ochthebius (Asiobates) ichnusae*, tra i Tricotteri *Rhyacophila (Hyporhyaco-*

phila) pubescens, Oxyethira spp.; Drusus improvisus, Limnephilus spp., Chaetopteryx gessneri, Crunoecia irrorata, Adicella filicornis, e, tra i Ditteri, *Liponeura bezzi* e *Cnetha fucensis*. In molte famiglie, specialmente tra i Ditteri, le conoscenze tassonomiche ed ecologiche, soprattutto per quanto riguarda gli stadi larvali, sono ancora scarse ed è probabile che vi siano più entità strettamente legate all'ambiente sorgivo. Anche in sorgenti termali e sulfuree albergano Insetti; soprattutto i Ditteri sono presenti con specie peculiari, ad es. i Simuliidae con *Wilhelmia mediterranea sulfuricola* nelle sorgenti sulfuree di Saturnia (Grosseto), vari Psychodidae, Ptychopteridae e Syrphidae e, tra i Coleotteri, il genere *Guignotus*.



METODI DI RACCOLTA E STUDIO

Per le biocenosi di sorgente i sistemi di campionamento sono quelli comunemente utilizzati per la raccolta del macrobenthos dei corsi d'acqua: un retino immanicato con tessuto a maglie di 0,5 mm.

Il prelievo va eseguito raccogliendo il benthos nei diversi tipi di substrato presenti: massi e ciottoli, ghiaie, sabbie o limo, muschi e fogliame marcescente, lavando direttamente il materiale controcorrente davanti alla bocca del retino. Allo stesso modo si può operare per la raccolta negli ambienti sotterranei direttamente accessibili, quali grotte e ampie captazioni transitabili.

Più difficile è la ricerca degli organismi stigobionti nelle sorgenti dove non è possibile accedere alla parte buia della falda idrica o nelle grosse sorgenti carsiche

dove la luce, penetrando all'interno del condotto, rende del tutto infruttuosa la ricerca diretta di questi organismi nel punto di scaturigine. In questi casi, a seconda delle caratteristiche della sorgente, è possibile operare attraverso una delle seguenti procedure:

- introduzione, il più possibile all'interno della bocca sorgiva, di sonde flessibili (tubi di gomma o sonde costituite da un filo metallico avvolto a spirale) che, con opportuni scuotimenti e movimenti rotatori, permettono di raschiare e di rimuovere il substrato, liberando così detrito ed organismi insediati all'interno. Un retino opportunamente collocato allo sbocco idrico servirà a trattenere il materiale trascinato dalla corrente;
- posa in opera di retini filtranti, dotati di un collettore terminale, il più possibile all'interno della scaturigine. I retini, saldamente ancorati ed opportunamente mascherati con massi e ciottoli (frequentemente sono soggetti a vandalismi) sono lasciati sul posto per più tempo ed il raccolto asportato periodicamente. Il periodo durante il quale solitamente si verifica la fuoriuscita degli organismi ipogei risulta essere in concomitanza con forti piene (cfr. Pezzoli, 1978);
- pompando e filtrando l'acqua mediante sonde (pompe Norton) infisse nella ghiaia del fondo della sorgente, o scavando buche nel letto e filtrando l'acqua della falda che alimenta la sorgente (metodo Karaman-Chappuis). Questi sistemi sono comunemente utilizzati per lo studio della fauna iporreica (ambiente interstiziale dei corsi d'acqua) e possono essere utili per quelle sorgenti alimentate da una vena sotterranea che affiora attraverso strati alluvionali.

Altri sistemi per la raccolta degli organismi di falda attraverso i pozzi prevedono l'uso di retini piombati che si calano mediante una lunga fune e che, con ripetuti movimenti verticali, operano il raschiamento del sedimento del fondo (retini tipo Cvetkov, cfr. Vigna Taglianti et Al., 1969; Bou, 1974).

Negli ambienti epigei (sorgenti e corsi d'acqua) è anche possibile la raccolta di informazioni sulla presenza di forme di acque sotterranee, mediante l'esame del sedimento, per quelle entità che lasciano resti scheletrici, e principalmente per i Molluschi. Le conchiglie di questi possono essere facilmente separate dalla frazione inorganica raccolta con una semplice procedura. Dapprima si opera un lavaggio ed una asciugatura del sedimento, quindi, una volta asciutto, questo viene versato in un recipiente pieno d'acqua e si schiuma il residuo galleggiante. Da

quest' ultimo, dopo l' asciugatura ed una eventuale setacciatura per separare le varie classi dimensionali, sarà facile procedere alla raccolta dei nicchi.

Per la classificazione degli organismi sono molto utili le recenti guide sistematiche pubblicate sulla fauna d' acqua dolce del territorio italiano (Guide per il riconoscimento delle specie animali di acque interne italiane del CNR). Si tenga però presente che, soprattutto per alcuni phyla, le difficoltà nelle determinazioni tassonomiche a livello di specie sono notevoli, per il grado di conoscenza ancora scarso. E' facile, quindi, imbattersi in taxa non ancora noti e spesso è necessario ricorrere alla consulenza di specialisti. A livello locale, se vi è già una buona conoscenza faunistica della regione, il riconoscimento sistematico potrebbe essere anche abbastanza agevole, dato che in un' area limitata le specie creno- e stigobionti sono solitamente in numero modesto. Purtroppo, per molte aree, le nostre conoscenze sono ancora agli inizi. Dal punto di vista applicativo è però possibile, già da ora, trarre utili indicazioni confrontando la fauna della sorgente in esame con quella di altre simili situate nelle vicinanze, in area territoriale omogenea. La valutazione in base alla presenza-assenza delle entità deve essere però eseguita sempre con senso critico. Abbiamo già accennato all' areale limitato di molte specie. Si tenga inoltre presente che nelle zone marginali dell' area di distribuzione si assiste sovente a fenomeni di rarefazione delle località dove è diffuso un determinato taxon. I diversi substrati geologici, gli eventi paleogeografici e paleoclimatici sono fattori che limitano, primariamente, gli areali distributivi.

INQUINAMENTO ED ALTERAZIONI AMBIENTALI

L' inquinamento delle falde idriche e, di conseguenza, delle sorgenti, ha un effetto marcato sulla biocenosi acquatica costituita, come sopra accennato, da taxa generalmente più stenoeici rispetto a quelli normalmente presenti nei corpi idrici superficiali e quindi più sensibili alle modificazioni ambientali. Metodiche di rilevamento dell' inquinamento come quelle basate sull' utilizzo degli indici biologici di qualità, in uso per i corsi d' acqua superficiali, non sono però generalmente applicabili in questi ambienti, caratterizzati solitamente da un basso numero di unità sistematiche. Comunque questo numero è molto variabile anche in relazione al tipo di sorgente (ambiente reocrenico, eleocrenico o limnocrenico), alle diverse nicchie ecologiche presenti nella stessa ed all' area biogeografica di appartenenza. Inoltre il

preciso livello indicatore di molti organismi creno- e stigobionti non è ancora ben conosciuto.

Un livello di inquinazione sensibile porta, come conseguenza, alla scomparsa della fauna creno- e stigobionte, e già questo è un indice di alterazione ambientale notevole. Esempi in tal senso sono documentati o in corso di studio: Pezzoli (1984) rileva casi di inquinamento in Valle Imagna (BG) e Pesce (1977) nell' Italia centro-meridionale. Gli effetti dei livelli di inquinazione lieve non sono ancora molto noti. Sembra comunque che si verifichi una sensibile modificazione della biocenosi, con rarefazione o scomparsa delle specie più esigenti, aumento di quelle più tolleranti e comparsa anche di forme, normalmente epigee, legate ad un maggior livello saprobico. Sono però necessari studi specifici per determinare, con precisione, la modificazione indotta a livello delle faune locali (Turquin, 1980; Pesce et Al., 1978).

Un altro effetto derivante da modificazioni ambientali si presenta in conseguenza delle captazioni. Una presa "ben eseguita", con manufatto che si spinge in profondità nel terreno fino ad incontrare gli strati rocciosi sottostanti, con completa captazione dell' intero flusso idrico, porta alla formazione di un ambiente artificiale paragonabile all' ultimo tratto della vena sotterranea, privo di luce e quindi colonizzato dai soli organismi stigobionti. Spesso, per le modifiche ambientali, quali la chiusura del bottino di presa e la canalizzazione delle acque, si ha la scomparsa della zona tipica dell' eucrenon e quindi l' impossibilità di vita per gli organismi crenobionti. Se tali interventi possono essere giustificati per le esigenze idropotabili è da sottolineare che purtroppo vengono spesso eseguiti anche in aree con diverso grado di protezione ambientale, quali aree a parco dove si procede alla distruzione delle sorgenti solo allo scopo di creare, ad esempio, prese d' acqua per i frequentatori o abbeveratoi per gli animali selvatici.

Lo studio del popolamento delle sorgenti e delle falde sotterranee, oltre ad avere importanza fondamentale per le conoscenze zoologiche su molti gruppi ancora poco noti dal punto di vista tassonomico o geonemico offre anche diretti risvolti pratici, dal momento che permette di trarre indicazioni utili su una serie di problematiche ambientali e di interesse igienico-sanitario quali, ad esempio:

- 1 - presenza di fenomeni di inquinamento: rilevabili dalla scomparsa o dalle alterazioni subite dal popolamento creno- e stigobionte;
- 2 - regime della scaturigine: scaturigini perenni albergano una fauna stabile creno- o creno-stigo-

- bionte, scaturigini temporanee non presentano popolazioni di organismi crenobionti;
- 3 - probabile provenienza delle acque: risorgenti alimentate solo da perdite da parte di corsi d'acqua epigei non possiedono, in genere, fauna creno-ostigobionti. In ambienti non in immediata contiguità con acque superficiali (corsi idrici ipogei di grotte, captazioni profonde) la presenza di fauna epigea stigoxena è un indice di infiltrazioni idriche provenienti dall'ambiente esterno;
 - 4 - indicazioni sulla vena di alimentazione di sbocchi sorgivi vicini: identico popolamento stigobionte se la falda di alimentazione è la medesima;
 - 5 - ipotesi sull'estensione del reticolo sotterraneo che alimenta la sorgente: reticoli sotterranei più estesi presentano spesso maggiore ricchezza di forme stigobionti;
 - 6 - indicazioni sulla distanza, nei corsi d'acqua, di apporti idrici provenienti da sorgenti o da falde sotterranee: sedimenti che presentano maggiori o minori quantità di nicchi di Molluschi creno-ostigobionti.

Per concludere riteniamo quindi che le ricerche biologiche sul macrobenthos di sorgente, anche se ancora in fase sperimentale, possano dare un utile contributo ai classici metodi di indagine basati sui parametri idrologici, fisico-chimici e microbiologici, per una conoscenza ambientale dove sono necessari livelli scientificamente più approfonditi.

BIBLIOGRAFIA

Data la vastità dell'argomento riportiamo soprattutto gli articoli di carattere generale, rimandando per i lavori più specialistici, alla letteratura citata in questi.

Per ulteriori informazioni ecologiche sui singoli gruppi tassonomici si consigliano le "Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane" del CNR ed i volumi della "Fauna d'Italia".

Per la fauna delle grotte si rimanda ai lavori in campo biopaleontologico.

ARGANO R., BALDARI F., MANICASTRI C., 1982. Isopodi sotterranei italiani (Crustacea, Malacostraca). *Lav. Soc. It. Biogeogr.*, N.S., 7: 119-137.

ARGANO R., COTTARELLI V., 1971. Le acque sotterranee continentali: un mondo da scoprire. *Not. Circ. Speleol. Romano*, 16 (1-2): 3-10.

ARGANO R., PESCE G.L., SILVERII G., 1975. Prime osservazioni sul popolamento freatico della Conca Aquilana (Abruzzo). *Boll. Zool.*, 41 (1): 9-32.

ARGANO R., PESCE G.L., SILVERII G., 1975. Stato attuale delle ricerche sui popolamenti freatici dell'Appennino Centrale. *Atti del II Conv. di Spel. Abruzzese, L'Aquila, 9/12/1973. Quad. Mus. Spel. V. Riviera*, 2: 101-107.

BENAZZI M., 1982. Tricladi cavernicoli italiani. *Lav. Soc. It. Biogeogr.*, N.S., 7: 7-14.

BIANCHI L., FREDDI A., GIROD A., MARIANI M., 1975. Considerazioni faunistiche e dinamiche di popolazione di alcuni molluschi viventi nei fontanili lombardi. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 30 (2): 177-205.

BOATO A., BODON M., GIUSTI F., 1985. Molluschi terrestri e d'acqua dolce delle Alpi Liguri. *Lav. Soc. It. Biogeogr.*, N.S., 9: 237-371.

BODON M., PEZZOLI E., 1986. Nota preliminare sui molluschi ipogei del Piemonte e della Liguria. *Atti Conv. Inter. sul corso di alta montagna, Imperia, 30/4-4/5/1982*, 2: 299-309.

BOLOGNAM, VIGNA TAGLIANTI A., 1985. Fauna cavernicola delle Alpi Liguri. *Ann. Mus. Civ. St. Nat. G. Doria*, 84 bis: 1-389.

BOTOSANEAU L., 1986. Stygofauna mundi. A faunistical, distributional and ecological synthesis of the world fauna inhabiting subterranean waters (including the marine interstitial). *Brill, Leiden*, 740 pp.

BOU C., 1974. Les méthodes de récolte dans les eaux souterraines interstitielles. *Ann. Spéléol.*, 29 (4): 611-619.

CIANFICCONI F., MORETTI G.P., TUCCIARELLI F., 1984. Bilancio zoogeografico della fauna tricotterologica dell'Appennino meridionale. *Biogeographia, Lav. Soc. It. Biogeogr.*, N.S., 489-544.

DELAMARE DEBOUTTEVILLE C., 1960. Biologie des eaux souterraines littorales et continentales. *Hermann, Paris*, 740 pp.

FERRARESE U., SAMBUGAR B., 1976. Ricerche sulla fauna interstiziale iporreica dell'Adige in relazione allo stato di inquinamento del fiume. *Riv. Idrobiol.*, 15 (1): 47-127.

FROGLIA C., 1982. I crostacei decapodi troglobi italiani. *Lav. Soc. It. Biogeogr.*, N.S., 7: 171.

GHETTIP.F., 1986. I macroinvertebrati nell'analisi di qualità dei corsi d'acqua. *Prov. Auton. di Trento*, 111 pp.

GHETTI P.F., BONAZZI G., 1981. I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua. *Collana del Progetto Finalizzato "Promozione della qualità dell'ambiente", CNR, Roma, AQ/1/127*.

GIROD A., 1969. Malacofauna di alcuni fontanili a ponente di Milano. *Boll. Pesca Pisc. Idrobiol.*, 24 (2): 185-235.

- GIUSTI F., PEZZOLI E., 1982. Molluschi cavernicoli italiani. *Lav. Soc. It. Biogeogr.*, N.S., 7: 431-440.
- ILLIES J., 1978. Limnofauna Europaea. *Fischer Verlag, Stuttgart*, 532 pp.
- ILLIES J., BOTOSANEUL., 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 12: 1-57.
- MORETTI G., 1949. Contributo alla conoscenza della fauna delle Fonti del Clitunno. *Ver. Inter. Verein. Limnol.*, 10: 344-352.
- MORETTI G.P., CIANFICCONI F., 1983. Le attuali conoscenze sui Tricotteri della Sardegna. *Lav. Soc. It. Biogeogr.*, N.S., 8: 593-639.
- MORETTI G.P., MICHELOTTI P.A., 1951. Facies primaverile delle biocenosi reofile del Fiume Potenza. *Boll. Pesca Pisc. Idrobiol.*, 6 (2): 138-176.
- PESCE G.L., 1976. Stato attuale delle conoscenze sui Misidacei cavernicoli e freatici (Crustacea). *Not. Circ. Spel. Romano*, 21 (1): 47-57.
- PESCE G.L., 1977. La fauna delle acque sotterranee freatiche: una dimensione ecologica nuova, da scoprire e da proteggere. *Atti della Tav. Rotonda "Problemi di conservazione e tutela degli ecosistemi cavernicoli"*, *L' Aquila*, 6/11/1976. *Quad. Mus. Spel. "V. Rivera"*, 3 (5-6): 47-49.
- PESCE G.L., 1980. Ricerche faunistiche in acque freatiche delle Marche e stato attuale delle conoscenze sulla fauna interstiziale italiana. *Riv. Idrobiol.*, 29 (3): 547-590.
- PESCE G.L., 1982. Misidacei cavernicoli italiani. *Lav. Soc. It. Biogeogr.*, N.S., 7: 113-118.
- PESCE G.L., 1985. The groundwater fauna of Italy: a synthesis. *Stygologia*, 1 (2): 129-159.
- PESCE G.L., ARGANO R., SILVERII G., 1979. Crostacei Peracaridi delle acque sotterranee dell' Italia centro-meridionale. *Lav. Soc. It. Biogeogr.*, N.S., 6: 363-371.
- PESCE G.L., FUSACCHIA G., 1975. Indagini preliminari sul popolamento freatico della conca reatina (Rieti, Lazio). *Riv. Idrobiol.*, 12 (2/3): 46-68.
- PESCE G.L., FUSACCHIA G., MAGGI D., TETE' P., 1978. Ricerche faunistiche in acque freatiche del Salento. *Thalassia Salentina*, 8: 3-51.
- PESCE G.L., MAGGI D., 1983. Primi dati sulla composizione delle biocenosi freatiche della Sardegna. *Lav. Soc. It. Biogeogr.*, N.S., 8: 813-818.
- PESCE G.L., SILVERII G., 1976. Nuove stazioni freatiche per l' Italia Centrale (versante adriatico abruzzese). *Mem. Speleo Club, Chieti*, 3: 1-36.
- PESCE G.L., VIGNA TAGLIANTI A., 1975. I *Niphargus* dell' Appennino Centrale (Amphipoda, Gammaridae). *Atti II Conv. Spel. Abruzzese, L' Aquila*, 9/12/1973. *Quad. Mus. Spel. "V. Riviera"*, 2: 109-120.
- PEZZOLI E., 1969. Fauna malacologica di alcune sorgenti in provincia di Ancona (Marche). *Natura, Soc. It. Sc. Nat. Mus. Civ. St. Nat. Milano*, 60 (3): 199-210.
- PEZZOLI E., 1984. Fenomeni geomorfologici e faunistici di Valle Imagna. *C.A.I., Sez. Bovisio-Masciago*, 48 pp.
- PEZZOLI E., 1988. I molluschi crenobionti e stigobionti presenti nell' Italia Settentrionale (Emilia Romagna compresa). Censimento delle stazioni ad oggi segnalate. *Monogr. di "Natura Bresciana"*, *Mus. Civ. Sc. Nat. Brescia*, 9: 1-151.
- RUFFOS., 1952. Prime osservazioni sulla fauna freatica ed interstiziale nella Pianura Padana. *Boll. Zool.*, 19: 123-128.
- RUFFO S., 1953. Nuove osservazioni sul genere *Salentinella* Ruffo. (Amphipoda-Gammaridae). *Boll. Soc. Entomol. It.*, 83 (5-6): 56-66.
- RUFFO S., 1961. Problemi relativi allo studio della fauna interstiziale iporreica. *Boll. Zool.*, 28 (2): 273-319.
- RUFFO S., 1982. Gli anfipodi delle acque sotterranee italiane. *Lav. Soc. It. Biogeogr.*, N.S., 7: 139-169.
- SCOTTI A., 1929. Biologia invernale di un fontanile lombardo. *Atti Soc. It. Sc. Nat.*, 78.
- STELLA E., 1956. Le biocenosi del sistema sorgivo del fiume Ninfa (Agro Romano). *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, 10: 149-196.
- STELLA E., 1958. The populations of some springs at different heights in Latio. *Verh. Intern. Verein. Limnol.*, 13: 850-854.
- STELLA E., 1984. Fondamenti di limnologia. *Ed. dell' Ateneo, Roma*, 300 pp.
- STOCH F., DOLCE S., 1984. Gli animali delle grotte del Carso Triestino. Andar sul Carso per vedere e conoscere, 7. *Ed. Lint, Trieste*, 135 pp.
- TONOLLI V., 1964. Introduzione allo studio della limnologia. *Ed. Ist. Ital. Idrobiol. Pallanza*, 385 pp.
- TURÇUIN M.J., 1980. La pollution des eaux souterraines: incidence sur les biocénoses cavernicoles. *Actes 1° Colloque National sur la protection des eaux souterraines, Besançon*: 341-347.
- VIGNA TAGLIANTI A., 1972. Le attuali conoscenze sul genere *Niphargus* in Italia (Crustacea, Amphipoda). *Actes du I° Coll. Inter. sur le gen. Niphargus*: 11-23.
- VIGNA TAGLIANTI A., COTTARELLI V., ARGANO R., 1969. Messa a punto di metodiche per la raccolta della fauna interstiziale e freatica. *Arch. Bot. e Biogeogr. It.*, 13: 375-380.
