

## Continuità verticale e biodiversità dello zoobenthos in torrenti alpini

Valeria LENCIONI\*, Bruno MAIOLINI & Michela OSS

Sezione di Zoologia degli Invertebrati e Idrobiologia, Museo Tridentino Scienze Naturali, Via Calepina 14, 38100 Trento, Italia

\*E-mail dell'Autore per la corrispondenza: [lencioni@mtsn.tn.it](mailto:lencioni@mtsn.tn.it)

**RIASSUNTO** - *Continuità verticale e biodiversità dello zoobenthos in torrenti alpini* - La continuità verticale contribuisce significativamente alla biodiversità fluviale complessiva fungendo da (i) corridoio migratorio verso monte per specie bentoniche e interstiziali, (ii) riserva trofica, (iii) zona rifugio in cui superare gli eventi idrologici avversi, quali l'essiccamento o il congelamento, e (iv) nursery in alcune fasi del ciclo vitale (uova, giovani larve ma anche pupe in attesa dello sfarfallamento di Insetti con uno stadio obbligatorio epigeo). Queste funzioni sono state studiate nell'ambito di una ricerca condotta in una piana alluvionale glaciale a 2270 m s.l.m. (Trentino, Parco Nazionale dello Stelvio), in due stazioni, una glaciale (Torrente Noce Bianco) e una non glaciale (Rio Larcher), mediante l'uso di una pompa Bou-Rouch e di substrati artificiali (tubi e trappole iporreiche). Sono stati determinati più di 100 taxa, per lo più Insetti e Crostacei, tra cui si sono rinvenute diverse specie stigofile (es. *Stilocladius montanus* e *Leuctra major*) e stigobie (*Niphargus strouhali alpinus* e *Troglochaetus beranecki*).

**SUMMARY** - *Vertical connectivity and biodiversity of zoobenthos in Alpine streams* - The vertical connectivity significantly contributes to overall biodiversity of rivers with a role of (i) migratory upstream corridor and colonization source to benthic habitats, (ii) trophic sink, (iii) refuge area from hydrological events such as draught or freezing, and (iv) nursery in some phases of the life cycle (eggs, young larvae but also mature pupae of insects with an obligatory epigean instar). These roles were tested within a research conducted in the glacial floodplain of the Noce Bianco stream (Trentino, Stelvio National Park, Italy), in two stations at 2270 m a.s.l., one glacial and one non glacial, using a Bou-Rouch pump and artificial substrates (hyporheic tubes and bottle traps). More than 100 taxa were identified, mainly insects and crustaceans, among which several stigophyle (e.g., *Stilocladius montanus* and *Leuctra major*) and stygobious (*Niphargus strouhali alpinus* and *Troglochaetus beranecki*) species.

*Parole chiave*: hyporheos, Chironomidae, substrati artificiali, piana alluvionale glaciale, Trentino

*Key words*: hyporheos, Chironomidae, artificial substrates, alluvial glacial plain, Trentino (Italy)

### 1. INTRODUZIONE

La zona iporreica (*hypo*= sotto, *rheo*= flusso o corrente) è la zona di transizione tra le acque superficiali e quelle profonde, e si estende per circa 30-50 cm. È un ambiente estremamente variabile, un "ecotono dinamico", che presenta caratteristiche proprie differenti dai sistemi adiacenti e attraverso il quale avvengono trasferimenti di masse d'acqua, nutrienti e sostanza organica dal fiume alla falda e viceversa (Stanford & Ward 1993; White 1993; Bencala 2000; Malard *et al.* 2002).

Nell'iporreico la temperatura subisce variazioni giornaliere e annuali inferiori rispetto a quelle delle acque superficiali, a causa dell'influenza della temperatura dell'acqua di falda, che è relativamente costante. Inoltre, la concentrazione di ossigeno disciolto diminuisce in senso verticale, così come la quantità di sostanza organica (Schwoerbel 1970; Malard *et al.* 2002).

In quanto ecotono, l'ambiente iporreico è frequentato sia dalla fauna tipicamente freatica (organismi stigobi) che da quella bentonica, rappresentata per lo più da Insetti tra cui si trovano taxa stigosseni (occasionalmente in questo ambiente) e taxa stigofili facoltativi (presenti in questa zona solo per una parte del loro ciclo vitale) o anfibi (con uno stadio epigeo obbligato) (Gibert *et al.* 1994). Tra gli stigofili si trovano anche gli organismi iporreici permanenti, rappresentati per lo più da Oligocheti e Crostacei (Ostracodi e Copepodi) (Rouch & Danielopol 1987; Danielopol *et al.* 1994).

Diversi studi sugli organismi stigofili hanno evidenziato come la zona iporreica possa agire da "area rifugio" per lo zoobenthos durante eventi idrologici avversi (piene, siccità, congelamento del substrato), come nursery per molti organismi bentonici allo stadio di uova e piccole larve, oltre che essere il principale corridoio migratorio controcorrente (è meno "arduo"

risalire il fiume nell'iporreico che non direttamente in superficie contro corrente) (Dole-Oliver *et al.* 1997; Malard *et al.* 2002).

Gli obiettivi della presente ricerca erano quelli di valutare (i) il ruolo dell'ambiente iporreico (e quindi della continuità verticale) sulla diversità e la distribuzione delle comunità zoobentoniche in torrenti alpini, e (ii) l'eventuale presenza di organismi stigobi nella zona freatica di torrenti glaciali dove, a causa dell'accumulo di sedimento fine, essa è ridotta e viene a coincidere con la zona iporreica (Malard *et al.* 2000).

## 2. AREA DI STUDIO

L'area di studio si trova in Val de La Mare, nel Parco Nazionale dello Stelvio (Trentino, 46°24'N, 10°40'E). Qui scorrono due torrenti, il Noce Bianco, di origine glaciale (*kryal*), e il Rio Larcher, alimentato da precipitazioni, nevai e sorgenti (*kreno-rhithral*), i quali confluiscono in Pian Venezia (2270 m s.l.m.). Sono state scelte due stazioni di campionamento, una (*gl*) sul Torrente Noce Bianco, l'altra (*ngl*) sul Rio Larcher (Tab. 1).

## 3. MATERIALI E METODI

Le due stazioni *gl* e *ngl* sono state campionate dal mese di dicembre 2003 al mese di maggio 2005 ogni due-tre settimane da giugno a novembre 2004 e ogni uno-tre mesi nel restante periodo, per un totale di 16 campagne. Nei mesi di dicembre, marzo e maggio le stazioni erano coperte da 50-150 cm di neve. La fauna iporreica è stata campionata mediante una versione modificata di pompa Bou-Rouch (Bou & Rouch 1967) e due tipi di substrati artificiali (trappole a bottiglia e tubi iporreici).

La bibliografia relativa allo studio dello zoobenthos mediante l'uso di substrati artificiali è piuttosto ricca (es. Williams & Hynes 1976; Rossaro 1985; Mackay 1992; Williams & Williams 1993; Matthaei *et al.* 1996; Baer *et al.* 2001; Fenoglio *et al.* 2002), tutta-

via pochi lavori si riferiscono alle acque correnti d'alta quota (Rodriguez *et al.* 1998; Maiolini *et al.* 2005; Oss 2005; Lencioni *et al.* 2006).

Le differenze nella composizione faunistica dei diversi replicati ottenuti con le diverse metodologie sono state valutate con il software Statistica® 6.0 (valori con  $p \leq 0,05$  sono stati considerati significativi).

### 3.1. Pompa Bou-Rouch

È stata utilizzata una pompa Bou-Rouch su tre piezometri fissi lungo un transetto, dalla riva sinistra alla riva destra, in ciascuna stazione. La porzione perforata del tubo è stata posizionata alla profondità di 30 cm e sono stati prelevati 10 litri d'acqua in ciascuna stazione, adottando il protocollo di prelievo del progetto PASCALIS (PASCALIS 2002).

### 3.2. Trappole a bottiglia

A bottiglie in pvc da laboratorio da un litro è stato tagliato il terzo superiore e inserito capovolto in modo da trasformarle in piccole nasse che poi sono state chiuse con rete a maglia larga (1 cm) per evitare l'entrata di ghiaia. Le bottiglie sono state quindi posizionate entro i primi 30 centimetri di profondità in posizione orizzontale (6 per stazione) con l'apertura rivolta verso monte.

Con questo tipo di substrato artificiale sono stati raccolti campioni qualitativi di fauna iporreica e bentonica che sfrutta l'ambiente iporreico come area rifugio e/o riserva trofica.

### 3.3. Tubi iporreici

In ciascuna stazione sono stati posizionati orizzontalmente tre tubi in pvc, a circa 10 cm di profondità, aperti a valle e chiusi a monte. Ciascun tubo, lungo 1 m e con un diametro di 6,5 cm, è stato diviso in due metà, ciascuna riempita con ciottoli prelevati in alveo e accuratamente lavati, per una superficie totale colonizzabile di 0,2 m<sup>2</sup>. Al momento del posizionamento

Tab. 1 - Principali caratteristiche ambientali delle due stazioni di campionamento *gl* (Torrente glaciale Noce Bianco) e *ngl* (Rio Larcher non glaciale) (Lencioni *et al.* 2006).

Tab. 1 - Main environmental features of the two sampling stations *gl* (Noce Bianco glacial stream) and *ngl* (non glacial Rio Larcher) (Lencioni *et al.* 2006).

	Distanza dalla sorgente (km)	Velocità di corrente (m ws <sup>-1</sup> )	Torbidità (mg l <sup>-1</sup> )	Portata (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C)	Stabilità dell'alveo	Vegetazione acquatica
<i>gl</i>	2,2	2,0 ±0,5	270 ±300	1-5	3,9 ±1,4	bassa	alcune diatomee
<i>ngl</i>	2,5	0,7 ±0,2	6 ±3	0,1 ±0,05	5,1 ±1,8	elevata	alghe, muschi

nel letto del torrente le due metà sono state riunite con nastro adesivo resistente all'acqua e separate di nuovo nella fase di recupero, in modo da mantenere distinte le due associazioni faunistiche presenti nella metà più a valle (*down*) e in quella più a monte (*up*).

I campioni raccolti con questi substrati hanno permesso di valutare la funzione dell'iporreico come corridoio migratorio da parte sia degli organismi bentonici che iporreici. Tenendo inoltre separata la parte *down*, più a valle del tubo, da quella *up*, più a monte, è possibile mettere in evidenza quali organismi, tra quelli che risalgono, si muovono di più (50-100 cm) e quali di meno (0-50 cm).

I campioni raccolti sono stati filtrati sul campo con maglia da 100 µm e conservati in alcool etilico al 75%. Il materiale raccolto è stato smistato allo stereomicroscopio (50X) e determinato a livello di genere/specie (Policleti, Crostacei Arpacticoidi e Anfipodi, Plecotteri, Ditteri Chironomidi) o superiore (Oligocheti, Idracari, altri Insetti).

#### 4. RISULTATI

Sono stati raccolti complessivamente 3739 individui, di cui la maggior parte (77%) nella stazione *ngl*. Il 54% degli individui è stato campionato con le bottiglie iporreiche, il 39% con la pompa Bou-Rouch e il 7% con i tubi iporreici (Tab. 2).

Tra gli organismi acquatici, che rappresentano il 98% della fauna raccolta, prevalgono gli Artropodi (90%), di cui il 54% è rappresentato da Insetti, il 40% da Crostacei e il rimanente 6% da Aracnidi Idracari. Tra gli Insetti dominano i Ditteri (78%), e tra essi la famiglia dei Chironomidi (87%), seguiti da Plecotteri (19%) e Tricotteri, Efemeroteri e Coleoteri (complessivamente 3%). Tra i Crostacei prevalgono numericamente gli Ostracodi (57%), seguiti da Arpacticoidi (41%), Anfipodi e Ciclopoidi (2%).

Sono stati determinati 108 taxa, di cui 50 appartenenti alla famiglia dei Chironomidi, 10 all'ordine degli Arpacticoidi, 9 a quello dei Plecotteri e i restanti distribuiti tra gli altri gruppi faunistici. I Chironomidi sono presenti con 25 generi, di cui due semi-acquatici (*Gymnometriocnemus* e *Smittia*) e diversi crenofili quali *Stilocladius* e *Pseudodiamesa*. Il 54% appartiene alla sottofamiglia delle Ortocladinae, il 32% alle Diamesinae, il 12% alle Chironominae e il 2% alle Tanypodinae. Le specie più rappresentate in ordine decrescente di abbondanza sono risultate essere le seguenti: *Pseudodiamesa branickii* (Nowicki, 1873), *Stilocladius montanus* Rossaro, 1979, *Micropsectra ra-*

Tab. 2 - Numero di individui e di taxa raccolti con la pompa Bou-Rouch e i substrati artificiali nelle due stazioni di campionamento *gl* e *ngl*.

Tab. 2 - Number of individuals and taxa collected with the Bou-Rouch pump and artificial substrates at *gl* and *ngl* sampling stations.

<b>Bou-Rouch</b>	<i>gl</i>	<i>ngl</i>	totale
N. ind. tot.	211	1103	1314
N. ind. medio/10 l	3,4 ±6,4	8,0 ±27,8	
N. campioni	21	27	48
N. taxa tot.	31	47	55
N. taxa medio	1,3 ±0,7	1,5 ±1,1	
<b>Bottiglie iporreiche</b>			
N. ind. tot.	639	1318	1957
N. ind. medio	5,3 ±7,3	4,7 ±7,1	
N. campioni	31	51	72
N. taxa tot.	47	71	90
N. taxa medio	1,5 ±1,2	1,2 ±0,4	
<b>Tubi iporreici</b>			
N. ind. tot.	15	235	250
N. ind. medio/0,2 m <sup>2</sup>	2,5 ±3,4	7,8 ±11,4	
N. campioni	4	23	27
N. taxa tot.	2	24	24
N. taxa medio	0,8 ±0,8	2,8 ±3,0	

*dialis*-type *sensu* Brooks *et al.* (2007), *Chaetocladius* gr. *piger*, *Parametriocnemus stylatus* (Kieffer, 1924), e *Diamesa* gr. *latitarsis* (Goetghebuer, 1921).

Tra i Plecotteri sono stati raccolti individui appartenenti a otto generi, di cui oltre il 50% rientra nei due generi *Leuctra* e *Perlodes*. L'unica specie stigofila rinvenuta è *Leuctra major* Brinck, 1949, più abbondante nella stazione non glaciale.

Tra gli Arpacticoidi sono stati raccolti individui appartenenti a tre generi: *Moraria*, *Hypocamptus* e *Bryocamptus*. Quest'ultimo, rappresentato da tre sottogeneri, comprende più del 90% degli organismi raccolti. *Hypocamptus paradoxus* (Kreis, 1926) è risultata ristretta alla stazione *gl*, mentre *Moraria alpina* Stoch, 1998 è quasi esclusiva della stazione non glaciale. Non si sono ritrovate specie stigobionti, ma solo specie stigofile e stigossene.

Tra gli altri gruppi faunistici, gli unici taxa stigobionti rinvenuti sono il Crostaceo Anfipode *Niphargus strouhali alpinus* Karaman & Ruffo, 1989 e il Polichete *Troglochaetus beranecki* Delachaux, 1921.

In figura 1 sono messe a confronto le associazioni faunistiche rinvenute con le tre tecniche di raccolta.

Le trappole a bottiglia hanno messo in evidenza co-

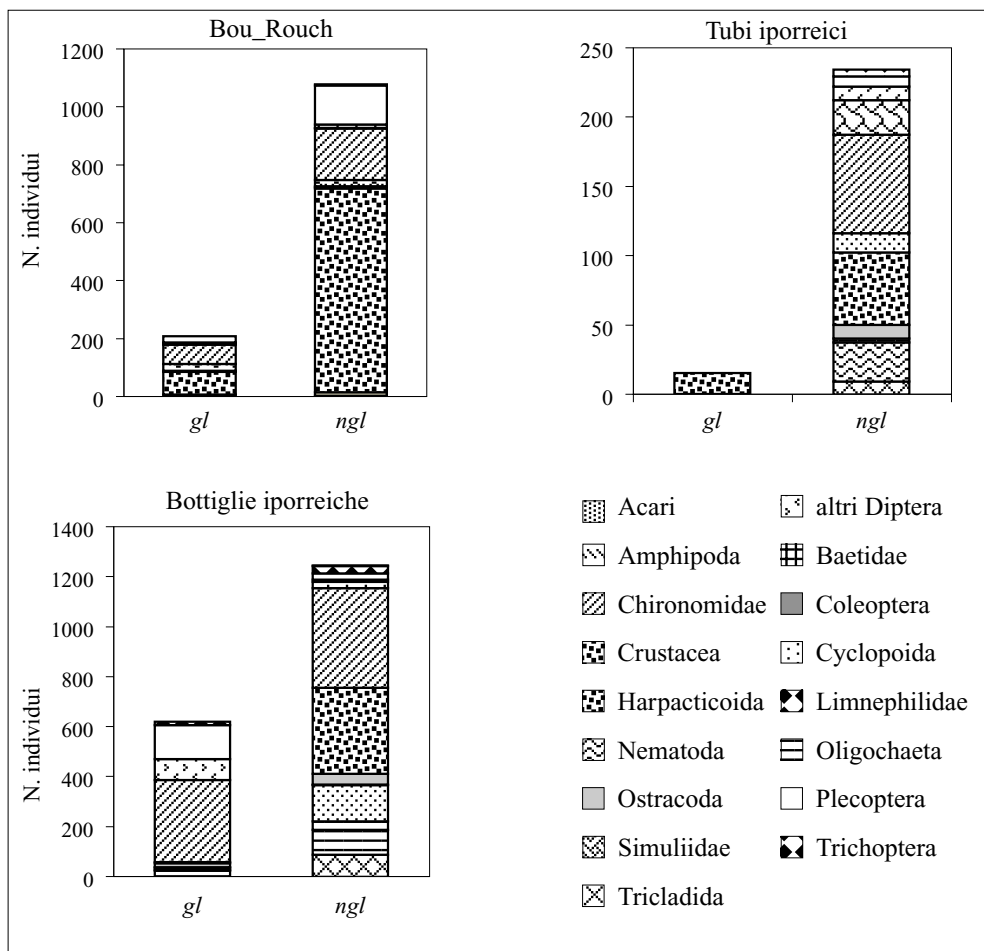


Fig. 1 - Composizione relativa delle associazioni faunistiche campionate con pompa Bou-Rouch, tubi e trappole iporreiche.

Fig. 1 - Relative composition of faunal assemblages collected with Bou-Rouch pump and hyporheic tubes and bottles.

me Ditteri e Plecotteri caratterizzano la stazione glaciale, mentre nella stazione non glaciale prevalgono numericamente i non-Insetti. Risultati simili sono stati ottenuti con i tubi, che hanno funzionato solo nella stazione non glaciale (nella stazione glaciale sono stati trovati intasati di limo e privi di fauna). Il gruppo più abbondante nei tubi è risultato essere quello dei Chironomidi, seguito da quello degli Arpacticoidi, l'85% dei quali appartiene alla specie *Bryocamptus (Arcticocamptus) cuspidatus cuspidatus* (Schmeil, 1893). Differenze significative ( $p < 0,05$ ) sono state ottenute solo per i Simulidi (*Simulium (Nevermannia) carthusiense* Grenier & Drier, 1959 e *Prosimulium (Prosimulium) latimucro* (Enderlein, 1925), risultati più abbondanti nei tubi che non nelle trappole a bottiglia, e per i Crostacei (Anfipodi, Copepodi Ciclopoidi) e per gli Acari, più abbondanti nelle bottiglie. Dei 25 taxa raccolti nella parte più a valle dei tubi (*down*) soltanto 10 sono stati ritrovati anche nella parte più a monte (*up*).

Con la pompa Bou-Rouch in entrambe le stazioni sono stati raccolti più individui (oltre il 50% del totale) sulle rive che in centro alveo. La dominanza dei Crostacei è netta nei campioni presi con pompa Bou-Rouch: in particolare gli Ostracodi costituiscono il 73%

dei Crostacei raccolti in *gl* e l'86% in *ngl*, seguiti dagli Arpacticoidi (21% in *gl* e 14% in *ngl*) tra cui prevale *B. cuspidatus*.

Nei campioni raccolti con le tre metodiche indicate prevalevano, tra gli Insetti, gli stadi larvali giovanili (primo e secondo stadio) (>50%). Solo nelle bottiglie e nei tubi iporreici sono stati trovati anche gli organismi di stadi larvali più avanzati (quarto e quinto stadio), alcune pupe (*Diamesa laticauda* Serra-Tosio, 1964) e due adulti (*Gymnometriocnemus volitans* (Goetghebuer, 1940)) di Chironomidi.

Non è stata evidenziata alcuna stagionalità per i vari taxa, con nessuna delle metodologie utilizzate.

## 5. DISCUSSIONE

Come atteso, un maggior numero di individui e di taxa è stato raccolto nella stazione non glaciale, essendo quella glaciale più inospitale a causa soprattutto dei valori più elevati di portata e della velocità di corrente, di instabilità del substrato e della torbidità (Maiolini & Lencioni 2001; Maiolini *et al.* 2004). La presenza di molto limo glaciale rende poco efficace l'uso di

substrati artificiali che tendono ad intasarsi, impeden-  
do la colonizzazione (Lencioni *et al.* 2006).

I Chironomidi sono risultati il gruppo dominante per numero di individui e di taxa, come atteso nei torrenti alpini (Lods-Crozet *et al.* 2001). Alcuni taxa stigofili, quali per esempio *S. montanus* tra i Chironomidi (Lencioni & Rossaro 2005) e *L. major* tra i Plecotteri (Dole-Oliver & Marmonier 1992), sono rari nella zona bentonica mentre sono più abbondanti in quella iporreica, anche nella stazione glaciale. Lo stesso si è osservato per taxa stigosseni quali *P. latimucro* e *S. carthusiense* nella stazione non glaciale, a indicare l'importante ruolo della zona iporreica come area rifugio da piene, siccità ecc. (Maiolini *et al.* 2004).

Gli unici due taxa stigobionti rinvenuti sono l'Anfipode *N. strouhali alpinus* e il Polichete *T. beranecki*, entrambi raccolti prevalentemente con la pompa Bou-Rouch e più numerosi e frequenti nella stazione glaciale. Il primo è stato raccolto dagli Autori fino a quote superiori ai 2700 m s.l.m. (Lencioni & Maiolini 2002), il secondo, unica specie d'acqua dolce di Policheti (famiglia Nerillidae), ha una distribuzione oloarctica ed era stato rinvenuto in Italia in precedenza solo nell'ambiente iporreico del Torrente Tresenga (Val di Tovel) e in due grotte venete (Sambugar 2005). Nelle trappole sono stati trovati stadi larvali quiescenti di Chironomidi in inverno (*P. branickii*) e larve predatrici, quali ninfe di *Perlodes*, in tutto l'anno, a indicare il ruolo dell'iporreico come rifugio nella stagione invernale e di riserva trofica in genere.

I risultati ottenuti con i tubi mettono in evidenza che alcuni taxa bentonici sfruttano l'ambiente iporreico come corridoio migratorio risalendovi per tratti brevi (Tricladi, Ostracodi, *Hypocamptus* sp., Oligocheti, Limonidi, Tipulidi, *Isoperla* sp., *Perlodes* sp.), ma anche per tratti più lunghi (Chironomidi, *B. cuspidatus*, Nematodi, Acari, *S. carthusiense*, altri Ditteri, Limnefilidi, *P. latimucro*, *Nemoura* sp., *Protonemura* sp.).

Per quanto riguarda gli Insetti, prevalgono nell'iporreico gli stadi giovanili, a indicare l'importante ruolo di nursery di questo ambiente in torrenti turbolenti e instabili quali i torrenti d'alta quota.

## 6. CONCLUSIONI

La continuità verticale contribuisce significativamente alla biodiversità complessiva dei due torrenti sia perché permette la vita di specie altrimenti assenti dal benthos (per esempio *L. major*), sia perché favorisce lo sviluppo delle specie più francamente bentoniche, fungendo da (i) corridoio migratorio controcorrente e fonte di colonizzazione verso habitat ben-

tonici, (ii) riserva trofica, (iii) zona rifugio in cui superare gli eventi idrologici avversi quali l'essiccamento o il congelamento, e (iv) nursery in alcune fasi del ciclo vitale (uova, giovani larve ma anche pupe di Insetti con uno stadio obbligatorio epigeo in attesa dello sfarfallamento). Inoltre, anche nell'ambiente iporreico di piane alluvionali glaciali, in cui la falda freatica coincide con l'iporreico, si è confermata la presenza di taxa stigobionti.

## RINGRAZIAMENTI

La ricerca è stata finanziata dalla Provincia Autonoma di Trento (Progetto VETTA, Valenza Ecologica dello Zoobenthos di Torrenti Alpini, 2003-2006) e dall'Istituto Italiano per la Montagna (IMONT) (Progetto CRYOALP, Ruolo della criosfera alpina nell'equilibrio idrologico, 2003-2005). Gli Autori ringraziano lo staff della Sezione di Zoologia degli Invertebrati e Idrobiologia del Museo Tridentino Scienze Naturali e in particolare Mattia Dori, Mario Grasso, Roberta Raschioni e Laura Marziali per l'aiuto nell'attività di campo e di laboratorio.

## BIBLIOGRAFIA

- Baer S.G., Siler E.R., Eggert S.L. & Wallace J.B., 2001 - Colonization and production of macroinvertebrates on artificial substrata: upstream-downstream responses to a leaf litter exclusion manipulation. *Freshwat. Biol.*, 46: 347-365.
- Bencala K.E. 2000 - Hyporheic zone hydrological processes. *Hydro. Proc.*, 14: 2797-2798.
- Bou C. & Rouch R., 1967 - Un nouveau champ de recherches sur la faune aquatique souterraine. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 265: 369-370.
- Brooks S.J., Langdon P.G. & Heiri O., 2007 - The identification and use of Palearctic Chironomidae larvae in palaeoecology. *Quaternary Research Association Technical Guide*, 10, 276 pp.
- Danielopol D.L., Creuzé des Châtelliers M., Moeszlacher F., Pospisil P. & Popa R., 1994 - Adaptation of Crustacea to interstitial habitats: a practical agenda for ecological studies. In: Gibert J., Danielopol D.L. & Stanford J.A. (eds), *Groundwater ecology*. Academic Press, San Diego: 217-243.
- Dole-Oliver M.J. & Marmonier P., 1992 - Patch distribution of interstitial communities: prevailing factors. *Freshwat. Biol.*, 27: 177-191.
- Dole-Oliver M.J., Marmonier P. & Beffy J.L., 1997 - Response of invertebrates of lotic disturbance: is the hyporheic zone a patchy refugium? *Freshwat. Biol.*, 37: 257-276.

- Fenoglio S., Agostoa P., Bo T. & Cucco M., 2002 - Field experiments on colonization and movements of stream invertebrates in an Apennine river (Visone, NW Italy). *Hydrobiologia*, 125-130.
- Gibert J., Danielopol D.L. & Stanford J.A., 1994 - *Groundwater Ecology*. Academic Press, San Diego (U.S.A.): 571 pp.
- Lencioni V. & Maiolini B., 2002 - L'ecologia di un ecosistema acquatico alpino (Val de la Mare, Parco Nazionale dello Stelvio). *Natura alpina*, 54 (4): 96 pp.
- Lencioni V. & Rossaro B., 2005 - Microdistribution of chironomids (Diptera: Chironomidae) in Alpine streams: an autoecological perspective. *Hydrobiologia*, 533: 61-76.
- Lencioni V., Maiolini B., Fochetti R., Grasso M., Boscaini A. & Dumnicka E., 2006 - Artificial substrate colonization by invertebrates in two high altitude Alpine streams. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 29: 1866-1870.
- Lods-Crozet B., Lencioni V., Olafsson J.S., Snook D.L., Velle G., Brittain J.E., Castella E. & Rossaro B., 2001 - Chironomid (Diptera: Chironomidae) succession in six European glacial streams. *Freshwat. Biol.*, 46: 1791-1809.
- Mackay R.J., 1992 - Colonization by lotic invertebrates: a review of processes and patterns. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 617-628.
- Maiolini B. & Lencioni V., 2001 - Longitudinal distribution of macroinvertebrate community assemblages in a glacially influenced system in the Italian Alps. *Freshwat. Biol.*, 46: 1625-1639.
- Maiolini B., Lencioni V., Berera R. & Cottarelli V., 2004 - Effects of flood pulse on the hyporheic fauna in two high altitude Alpine streams. *Meiofauna Marina*, 14: 105-108.
- Maiolini B., Grasso M. & Lencioni V., 2005 - La colonizzazione dei torrenti d'alta quota da parte degli invertebrati acquatici: un approccio sperimentale. In: Orombelli G. (a cura di), Il ghiaccio nelle Alpi: una risorsa strategica per l'ambiente dell'alta montagna. *Quaderni della Montagna*, 1. Istituto Nazionale della Montagna, Bononia University Press: 95-113.
- Malard F., Ward J.V. & Robinson C.T., 2000 - An expanded perspective of the hyporheic zone. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 27: 431-437.
- Malard F., Tockner K., Dole-Olivier M.-J. & Ward J.V., 2002 - A landscape perspective of surface-subsurface hydrological exchanges in river corridors. *Freshwat. Biol.*, 47: 621-640.
- Matthaei C.D., Uehlinger U., Meyer E.I. & Frutiger A., 1996 - Recolonization by benthic invertebrates after experimental disturbance in a Swiss prealpine river. *Freshwat. Biol.*, 35: 233-248.
- Oss M., 2005 - Frequentazione estiva dell'ambiente iporreico da parte del benthos di torrenti alpini. Tesi di Laurea, Facoltà di Scienze Naturali, Università di Padova: 53 pp.
- PASCALIS (Protocols for the assessment and conservation of the aquatic life in the subsurface), 2002 - Contract n° EVK2-CT-2001-00121- PASCALIS of the Fifth Research and Technological Development Framework Program supported by the European Community: 74 pp.
- Rodriguez S., Becares E., Soto F. & Pacho R., 1998 - Colonization of aquatic macroinvertebrates in a high mountain stream using artificial substrates. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 26: 1120-1124.
- Rossaro B., 1985 - The dynamics of colonization in an experimental channel, fed by the Po river waters. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22: 2102-2105.
- Rouch R. & Danielopol D.L., 1997 - Species richness of microcrustacea in subterranean freshwater habitats. Comparative analysis and approximate evaluation. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 82: 121-145.
- Sambugar B., 2005 - La presenza di Troglochaetus beranecki Delachaux (Polychaeta, Nerillidae) in due grotte italiane. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, 81 (2004): 145-148.
- Schwoerbel J., 1970 - *Methods of hydrobiology (Freshwater Biology)*. Pergamon Press Ltd.: 8-9: 118-128.
- Stanford J.A. & Ward J.V., 1993 - An ecosystem perspective of alluvial rivers: connectivity and the hyporheic corridor. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 12: 48-60.
- White D.S., 1993 - Perspectives on defining and delineating hyporheic zones. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 12: 61-69.
- Williams D.D. & Hynes H.B.N., 1976 - The recolonization mechanism of stream benthos. *Oikos*, 27: 265-272.
- Williams D.D. & Williams N.E., 1993 - The upstream/downstream movement paradox of lotic invertebrates: quantitative evidence from a Welsh mountain stream. *Freshwat. Biol.*, 30: 199-218.