

SUMMARIES

Marco Cantonati, Ermanno Bertuzzi & Daniel Spitale (eds) - **The spring habitat: biota and sampling methods**

Key words: Adamello-Brenta Natural Park, algae, Autonomous Province of Trento, Information System, Alps, amphibians, autecology, biodiversity, bryophytes, chemotaxonomy, cyanobacteria, diatoms, distribution, ecological quality, ecology, ecomorphology, ecotone, emergency traps, feeding habits, field protocols, freshwater habitats, heterogeneity, hydrochemistry, hydrogeochemistry, identification techniques, krenal, long-term monitoring, macroalgae key, macrozoobenthos, meiofauna, microhabitat, molluscs, Montio-Cardaminetea, morphological spring type, nematods, non-biting midges, non-marine ostracods, oligochetes, paleoecological studies, paleolimnology, physical factors, phytobenthos, phytosociology, Platyhydnidio-Fontinalietea antipyreticae, protists, reptiles, sampling, sampling methods, secondary metabolism, site selection, sorting, springs, Spring Action Program in Bavaria, spring, inventories, spring protection, vascular flora, vegetation, water mites.

Springs represent, together with streams and rivers, one of the main running water types. The peculiar environmental stability makes them a special habitat populated by several taxa relevant from a biogeographic point of view. The CRENODAT Project (Biodiversity assessment and integrity evaluation of springs of Trentino - Italian Alps - and long-term ecological research) is one of a few studies fully devoted to springs. The present book is a collection of papers containing overviews of sampling methods of the variety of organisms inhabiting springs. In the framework of the first workshop of the CRENODAT Project, specifically organised to promote discussion on the sampling methods, useful information emerged which formed the basis for the present volume.

Daniel Spitale - *Assessing the ecomorphology of mountain springs: suggestions from a survey in the south-eastern Alps* - This paper deals with the spring ecosystem from the point of view of morphology. The main ecological factors influencing distribution, abundance, and structure of the crenocoenosis are presented. Aspect, delimitation of the spring area, types of shape, substrates, flow, buffer zone and disturbances are reviewed keeping in mind their potential ecological relevance. Since the CRENODAT Project required the sampling of more than one hundred springs, a standardized field protocol was developed on the basis of existing spring assessment forms. The main aim of this work

is to offer the basic elements of a standardised sampling procedure for a quali-quantitative description of the ecomorphological characteristics of mountain springs. After examining morphological factors relevant for ecological research and nature conservation, a field protocol to assess spring morphology is proposed.

Marco Cantonati, Fabio Decet, Flavio Corradini & Ermanno Bertuzzi - *The significance of chemical and physical factors influencing the ecology of springs, and a case study in the south-eastern Alps (Dolomiti Bellunesi National Park)* - The goal of the present contribution is to offer a synthetic overview of the most common chemical and physical factors and parameters which can be useful in understanding the ecology of springs. This is not at all intended as an exhaustive method repertoire on spring hydrochemistry, but rather to be a synthetic and critical overview of the existing methodologies, which are likely to be of interest in spring research. The case study relates to springs (16) and streams (5) of the Dolomiti Bellunesi National Park. A wide range of morphological spring types was considered such as large karstic springs, a small cascade spring, a shaded iron spring, very shaded, high altitude and a very small flowing springs, and springs with composite morphology, including the hygropetric aspect, and pool-springs. From the morphological point of view, a feature which seems to be quite characteristic of the Dolomiti Bellunesi area, is the fact that most springs emerge on steep slopes, which cause high current velocities even in springs with low discharge with potential consequences on the colonising biota. All sites (with two partial exceptions) are located on carbonate substrate. Consequently, the habitats investigated are mainly calcium-bicarbonate waters, with relevant amounts of magnesium when the lithological substrate was formed by dolomite. As regards to the two sites with special geology, the iron spring in the old mercury mine should be classified as sulphate-calcium water containing also high values of chloride and sodium, while the Imperina stream differentiates from the average of the carbonate sites only because of a higher sulphate value. The water of the old mercury mine showed only relatively low metal and trace element concentrations, likely because of the capacity of the iron bacteria and fungi biofilm which develops at the interface between anoxic and oxic conditions to selectively accumulate several heavy metals. The chemical characterisation showed that most of the springs are still in near-nature condition. In isolated cases nutrient enrichment due to frequent visits of game or cattle to the springs was found. A more significant human impact (pollution) was evident for the streams. However, this was detectable in the total phosphorus values, which were above average, but not in the nitrate values.

Marco Cantonati, Eugen Rott, Peter Pfister & Ermanno Bertuzzi - *Benthic algae in springs: biodiversity and sampling methods* - The objectives of this contribution are to optimise methods for sampling benthic algae (all taxonomic groups) in springs for biodiversity and ecological

quality assessments. Spring type specific sampling methods are proposed, which include information supplementing the recently developed methods for the analysis of benthic algae in running waters (rivers/streams) in Europe (EN Guidance Standards) and N-America (NAWQA protocols). Useful new methodical tools comprise a table of references to autecological data and an illustrated key for identification of common macroalgae. Based on earlier studies, a preliminary model for benthic macro- and micro-algae common for specific spring types, identifying the potential most determining variables (e.g. shading, discharge, catchment geology) is put into discussion.

Juri Nascimbene - *Freshwater lichens in Italian springs: an outline on ecology and floristics* - The main ecological factors related to the development of freshwater lichens are illustrated and their potential as bioindicators is discussed. An outline of the lichen flora of freshwater or periodically inundated habitats in the Italian Alps is presented. A review of the main sampling methods is proposed.

Alessandro Petraglia - *Bryophyte flora and vegetation in springs of the Alps: approaches to their investigation* - Within spring habitats, bryophytes are a dominant plant group, particularly in the montane, subalpine and alpine belts and within the underwater communities. Consequently, a study of the spring communities cannot be irrespective of bryophyte diversity. This paper deals with the sampling methods for studying the bryophyte flora and vegetation. A short list of common, characteristic or rare and localised spring bryophytes is reported. The most important species belong to the genera *Palustriella*, *Philonotis*, *Fontinalis*, *Cinclidotus*, *Amblystegium* and *Hygrohypnum*. Lastly, the paper deals with the most recent syntaxonomical classification of the spring vegetation including the classes *Montio-Cardaminetea* and *Platyhypnidio-Fontinalietea antipyreticae*.

Marcello Tomaselli - *Vascular flora and vegetation in springs of the Alps: approaches to their investigation* - The methodologies adopted for studying both vascular flora and vegetation of springs are presented. Special attention is devoted to describing the phytosociological method employed for sampling and classifying vegetation. The most typical vascular species occurring in the spring habitat are listed and analysed for their distribution and basic ecological requirements. Finally, a survey of current syntaxonomic arrangement of the spring vegetation from the Alps is provided, with details on floristic composition and synecology of five alliances.

Morena Lazzara & Fernando Dini - *Sampling, taxonomy and ecology of freshwater protists* - Even if it could not be possible to confer the status of a formal, high-level taxonomic category to Protista, "protists" may be retained as a popular term to describe the lower eukaryotes with a unicellular level of organisation, without cell differentiation into tissues. It is part of the accepted wisdom of evolutionary

theorists that protists represent the ancestors from which the “higher eukaryotes” have evolved. Dealing with protists, it is fundamental to bring constantly in mind that they are organisms of unicellular nature, thus, consistently, accomplishing into the boundaries of a single biological unit all the processes they face to the challenges posed by the environment. It follows that protists were forced to develop special strategies for survival, which nevertheless differed from those of higher, multicellular, eukaryotic organisms in their mode of action. All of this appears evident at first glance, considering whatever the basic aspects are to be compared in discriminating species when considering morphological, reproductive, physiological, ecological and ethological features. Everywhere water is present, protistan representatives occur. Where conditions for vegetative forms are not met, protists can also be recovered, but in a resting state. In the protists, the “morphospecies” (defined in terms of clear morphological differentiations) and the “evolutionary unit” (the one which shows minimal irreversible discontinuity vs. the other gene pools) are commonly considered synonyms. Often, morphospecies show cosmopolitan, even ubiquitous distribution; endemisms, however, have been recorded. The abundance or distribution measures of a species inevitably confound its niche size with the density of particular environmental states. Each species is adapted to exploit a particular set of environmental conditions and, in the case of largely-distributed species, these conditions could occur widely. In this view, the endemism of a species could be the result of scanty sampling and it should not be surprising that repetition may occur elsewhere in its niche boundaries. Hence, protistan species may be reliable, fine-grain markers which provide information in real time of stressful conditions, since they are separated from the surrounding environment by a simple, unitary-membrane system.

Fabio Gatti & Aldo Zullini - *Spring nematodes: anatomy, ecology, sampling methods* - Springs are important ecotones between hypogeal environment and surface aquatic ecosystems. Nematodes often constitute large communities composed of numerous species and occupy different levels in the food web. Nematodes can feed on bacteria, hyphae, algae, protozoans and other nematodes and show morphological adaptations for each feeding habit. The species composition of the nematode community can give relevant information about the ecosystems; indeed nematodes are used as bioindicators in biotic indexes such as the Maturity index.

Cesare Dalfredo & Marco Bodon - *Molluscs in springs: diversity and sampling techniques* - The limits of the spring area, its particular microhabitats and the ecological categories of the mollusc assemblages are determined. The most frequent species of molluscs which live in springs of a north-eastern Italian Alpine Region (Trentino-Alto Adige) and neighbouring areas are listed, as their environment and alimentary preference. The sampling techniques for springs are explained, and some precautions are recommended for the conservation of the spring

habitat. After that sorting methods for the samples in the laboratory and the necessary equipment are described. Finally, the article describes how to determine the specimens and useful references are listed.

Beatrice Sambugar - *Oligochaetes from Alpine springs: a review* - Oligochaetes are annelids that live in soil and sediments of freshwater and seawater. Freshwater Oligochaetes colonise all aquatic environments, from underground to surface ones. They are largely detritivorous and obtain nutrition from the digestion of bacteria and other microorganisms associated with sediments; a few species are algivorous or carnivorous. The fauna of Italian freshwaters, taking into consideration the five typically aquatic families (Lumbriculidae, Haplotaxidae, Tubificidae, Parvidrilidae, Propappidae), includes 101 species. Also species belonging to the mostly terrestrial Enchytraeidae and Lumbricidae families are found in aquatic environments. In springs they colonise all the microhabitats that form the environmental mosaic. The study of several European springs highlighted the important role of Oligochaetes, one of the most abundant and diversified groups of invertebrates in these ecotones. The coenoses appear to be made up by a great number of ubiquitous species and by rare crenobiontic and stygobiontic species. Enchytraeidae and Tubificidae are the most abundant and species-rich families. As regards Trentino, a review of the knowledge of spring Oligochaeta is presented.

Reinhard Gerecke & Antonio Di Sabatino - *Water mites (Hydrachnidia and Halacaridae) in spring habitats: a taxonomical and ecological perspective* - A methodological survey is presented for collecting, sample processing, preservation and slide mounting of water mites, with particular reference to spring habitats. Mites are the most differentiated group of invertebrates in spring habitats, both in terms of diversity and population density of crenobiontic species. However, they can be documented adequately only with particular sampling techniques; standard methodology applied in running water research does not produce representative and/or replicable results.

Fabio Stoch - *Copepods colonising Italian springs* - Copepods are one of the largest and most diversified groups of crustaceans, including over 13000 species, and may be one of the most important taxa in meiofaunal assemblages of springs. The first part of this contribution is focused on copepod morphology, development, and feeding ecology; a detailed description of sampling methods, fixation, storage, dissection, mounting on slides, and identification is given as well. Ecological and historical factors which explain copepod species richness, distribution, and microhabitat selection in springs are analysed in the second part of the paper. Finally, the possible use of copepods as bioindicators is briefly examined.

Giampaolo Rossetti - *Ostracods: sampling strategies in springs* - This contribution is intended to give a brief account on some biological and

ecological characteristics of non-marine ostracods. Special attention is paid to methodological issues related to fieldwork, processing of samples and identification techniques. An updated list of papers on ostracods in springs is also provided.

Valeria Lencioni - *Chironomids (Diptera, Chironomidae) in Alpine and pre-Alpine springs* - The Chironomidae subfamily is frequently the most abundant and species rich group in freshwater springs. About 200 species are known from European springs and about 70 are reported for Italian Alpine springs. In the present work, remarks on ecology and distribution of midges are given based on about 50 references.

Reinhard Gerecke, Bruno Maiolini & Marco Cantonati - *Collecting meio- and macrozoobenthos in springs* - The goal of the present contribution is to offer a synthetic overview of the most common zoobenthos sampling methods suitable for springs. Well established stream macroinvertebrate sampling methods must be modified to overcome problems generated by typical features of the spring habitat such as small size, marked (mosaic) microhabitat structure, low densities of characteristic species, high overall diversity due to multiple ecotones (groundwater / surface stream, aquatic / terrestrial habitats). Other characteristics of springs such as the reduced seasonal fluctuations of several environmental factors, may be an advantage. Nevertheless, overall biodiversity assessments require enormous efforts and must be integrated by expensive investigations (emergency traps' studies). Therefore, less-costly, but effective methods for sampling, subsampling, sorting, and emergency traps' management have been proposed for the springs and are briefly reviewed.

Michele Menegon - *Methods for surveying and processing reptiles and amphibians of Alpine springs* - It is usually necessary to undertake a variety of survey methods to produce accurate inventories of the amphibian and reptile fauna, which will sample all possible ecological niches. The present paper provides a brief outline on methods for collecting and processing reptiles and amphibians in springs with particular reference to the Alpine landscape. A list of species recorded from spring habitats in Alpine or pre-Alpine environment and a simplified identification key for the species listed are provided.

Roberto Laveder - *Sites selection within the CRENODAT Project* - The location of sites suitable for the sampling phase is very important before starting with the monitoring of a large number of mountain springs with the aims of the CRENODAT Project. Information about Trentino's springs are collected in the "Catasto sorgenti" database, which was developed by the Geological Survey of the Autonomous Province of Trento, and gave assistance for the initial step. Choice criteria for extraction of spring data from the database are described as the main parameters such as perennial flow, naturalness of emergence site, and different morphological and flowing typologies. The focus was to

diversify locations according to the distribution on Trentino's territory, which is composed of a large lithological variety. In fact, aquifer geology affects chemical composition of springs waters. Ionic groundwater composition is influenced by the interaction with aquifer matrix such as higher concentrations of major ions (Ca, Mg, HCO₃) and is measured in groundwater leaking calcareous and dolomitic rocks. Instead, groundwater flowing through magmatic or metamorphic rocks shows a lower content of ions, due to the weak solubility of these lithologies.

Maria Letizia Filippi - *Paleo-ecological studies on springs: strategic approach and methods* - A short outline is presented on the meaning of applying paleolimnological methods in spring habitats. Assumption and prerequisites are discussed and suggestions are given for the correct scientific methods.

Rita Frassanito, Ines Mancini & Graziano Guella - *Ecologic and phylogenetic roles of secondary metabolites of spring organisms: introduction, methods and perspectives* - A short introduction to secondary metabolism and its importance to the discovery of new lead compounds, to the regulation of the external relationships of living organisms, and in revealing the phylogenetic relationships of the targeted population is presented. Moreover, the state-of-art of the study of secondary metabolites of organisms thriving in great abundance in some springs and of some chemotaxonomically or ecologically important compounds is discussed. Finally, the main sampling and experimental procedures used in the CRENODAT Project from the bioorganic analysis point of view is provided.

Ralf Hotzy - *Spring protection in Bavaria* - The Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V. (LBV) as an association protecting species and biotopes in Bavaria has been taking care of springs as natural habitats for more than 10 years. Until today numerous regional projects have been realised. The objective of these projects has been to gain more knowledge about risks and status of springs and to realise – wherever possible – definitive measures for their protection and optimisation. In the year 2001, the Spring Action Programme was created. The aim of this project was the production of a manual for the protection of springs throughout Bavaria, which contained instructions for mapping, an evaluation procedure and an action catalogue of legal, organisational and technical information regarding the realisation of procedures for the protection of springs. The Bavarian catalogue of spring types was created as a basis to facilitate an overview about spring types existing in different natural habitats. There was the idea to bundle up these various activities about spring-ecology or spring- protection and, thus, profit from synergetic effects. Therefore, an information system is now established.

Marco Cantonati, Roberto Moreschini, Ermanno Bertuzzi & Pino Oss Cazzador - *Detailed spring inventory of two areas of special interest for*

nature conservation within the Adamello-Brenta Natural Park (south-eastern Alps, Trentino, Italy) - Several National Parks of the Alps already possess detailed spring inventories of their territories. In the framework of the CRENODAT Project, we undertook the assessment of two areas of special interest for nature conservation in the Adamello-Brenta Natural Park. The two areas selected to carry out the study were Lamola, S. Giuliano and Garzonè, Germenega, Seniciaga in the Genova Valley (Adamello Mountain Range), and S. Maria Flavona in the upper part of the Tovel valley (Brenta Mountain Range). Overall 142 springs were located in the two investigated areas: 117 in the Adamello and 25 in the Brenta. We believe that these detailed inventories may be useful, especially in Natural Parks, because they allow an accurate estimate of the amounts of high quality spring water which an area can provide, they provide elements to quantify the number and types of spring habitats in a certain area to facilitate conservation, they establish a reference situation for the hydrography of a territory against which the results of future surveys can be compared, and they greatly facilitate the selection of a restricted number of sites where future research work, including also biological aspects, might be carried out.

RIASSUNTI

Marco Cantonati, Ermanno Bertuzzi & Daniel Spitale (a cura di) - **L'habitat delle sorgenti: comunità biologiche e metodi di campionamento.**

Parole chiave: alghe, Alpi, anfibi, autoecologia, biodiversità, briofite, campionamento, catasti delle sorgenti, chemotassonomia, chiave delle macroalghe, chironomidi, cianobatteri, diatomee, distribuzione, ecologia, ecomorfologia, ecotono, eterogeneità, fattori fisici, fitosociologia, flora vascolare, habitat di acque correnti, idracari, idrochimica, idrogeochimica, krenal, macrozoobenthos, meiofauna, metabolismo secondario, metodiche di campionamento, microhabitat, modalità di alimentazione, molluschi, monitoraggio a lungo termine, *Montio-Cardaminea*, nematodi, oligocheti, ostracodi non marini, paleolimnologia, Parco Naturale Adamello-Brenta, phytobenthos, *Platyhypnidio-Fontinali*, *Fontinali antipyreticae*, Programma d'Azione Sorgenti in Baviera, protezione delle sorgenti, protisti, protocolli di campo, Provincia Autonoma di Trento, qualità ecologica, rettili, selezione dei siti, Sistema Informativo sulle Sorgenti delle Alpi, smistamento, sorgenti, studi paleo-ecologici, tecniche di identificazione, tipi morfologici di sorgente, trappole di emergenza, Trentino, vegetazione.

Le sorgenti rappresentano, assieme a fiumi e torrenti, una delle principali tipologie di ambienti d'acqua corrente. La particolare stabilità ambientale le rende habitat peculiari che ospitano diverse specie importanti da un punto di vista biogeografico. Il Progetto CRENODAT (Biodiversità e valutazione dell'integrità delle sorgenti del Trentino e ricerche ecologiche a lungo termine) è una delle poche iniziative completamente dedicate alle sorgenti. Il presente libro è costituito da una raccolta di lavori di diversi autori, che presentano la descrizione dei metodi di campionamento e la varietà di organismi più frequentemente presenti negli habitat sorgivi. Nel corso del primo incontro di lavoro del Progetto CRENODAT, specificatamente organizzato per definire una standardizzazione delle metodologie di campionamento, le interessanti discussioni emerse portarono all'ideazione di questo volume.

Daniel Spitale - *Valutazione dell'ecomorfologia delle sorgenti montane: suggerimenti da un'indagine svolta nelle Alpi sud-orientali* - Il presente contributo si occupa della morfologia degli ecosistemi sorgivi tenendo conto dei principali fattori ecologici che influenzano la distribuzione, l'abbondanza e la struttura della crenocenosi. Vengono considerate le caratteristiche del loro aspetto come la forma, il tipo di substrato, il flusso, l'area tampone. Poiché il Progetto CRENODAT prevedeva il

campionamento di più di cento sorgenti è stato necessario sviluppare un protocollo di campo. Lo scopo principale di questo lavoro è quello di fornire gli elementi di base per l'elaborazione di una procedura standardizzata per la descrizione quali-quantitativa delle caratteristiche ecomorfologiche delle sorgenti di montagna. Dopo aver esaminato quali sono le caratteristiche rilevabili sul campo, si propone un protocollo di campo da impiegare nella valutazione ecomorfologica delle sorgenti.

Marco Cantonati, Fabio Decet, Flavio Corradini & Ermanno Bertuzzi - *Fattori fisici e chimici nella ricerca ecologica sulle sorgenti e un caso di studio nelle Alpi sud-orientali (Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi)* - Lo scopo del presente lavoro è offrire una rassegna sintetica dei più comuni fattori chimici e fisici e dei parametri potenzialmente utili nell'ambito di ricerche ecologiche sulle sorgenti. Non si intende in alcun modo redigere un repertorio completo di metodi relativi all'idrochimica delle sorgenti, ma piuttosto offrire una rassegna sintetica e critica delle metodologie esistenti che possono essere di interesse nella ricerca sulle sorgenti. Il caso di studio è relativo a sorgenti (16) e torrenti (5) del Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi. È stato considerato un ampio spettro di tipi morfologici di sorgenti: grandi esattori carsici, una piccola sorgente a cascata, una sorgente ferruginosa ombreggiata, sorgenti molto piccole molto ombreggiate o d'alta quota, sorgenti con morfologia composita che include l'aspetto igropetrico e sorgenti limnocene. Dal punto di vista morfologico, una caratteristica che pare essere tipica dell'area delle Dolomiti Bellunesi è il fatto che la maggior parte delle sorgenti emerge su ripidi pendii, con conseguenti elevate velocità di corrente anche in sorgenti di modesta portata e potenziali conseguenze sul biota che vi si può insediare. Tutti i siti (con due parziali eccezioni) si trovano su substrato carbonatico. Di conseguenza, gli habitat studiati sono prevalentemente acque bicarbonato-calciche, con rilevanti quantitativi di magnesio quando il substrato litologico è costituito da dolomia. Per quanto riguarda i due siti con geologia particolare, la sorgente ferruginosa nella vecchia miniera di mercurio dovrebbe essere classificata come acqua solfato-calcica contenente anche elevati valori di cloro e sodio, mentre il Torrente Imperina si differenzia dalla media dei siti su carbonati solo per un contenuto in solfati più elevato. L'acqua della vecchia miniera di mercurio ha mostrato solo concentrazioni relativamente basse di metalli ed elementi in traccia, verosimilmente grazie alla capacità del biofilm di funghi e ferrobatteri, che si sviluppa all'interfaccia tra condizioni anossiche e ossiche, di assorbire selettivamente e accumulare parecchi metalli pesanti. La caratterizzazione chimica ha confermato che la maggior parte delle sorgenti si trova tuttora in condizioni semi-naturali. In casi isolati si è riscontrato un arricchimento in nutrienti dovuto alle frequenti visite per l'abbeverata da parte di selvaggina o bestiame al pascolo. Impatti antropogenici più significativi (inquinamento organico) sono stati riscontrati nei torrenti, in particolare tramite i valori del fosforo totale.

Marco Cantonati, Eugen Rott, Peter Pfister & Ermanno Bertuzzi - *Alge bentoniche nelle sorgenti: biodiversità e metodi di campionamento* - Questo contributo mira a implementare le metodiche per il campionamento delle alge bentoniche (tutti i gruppi tassonomici) nelle sorgenti per studi sulla biodiversità e per la valutazione della qualità ecologica. Vengono proposte metodiche di campionamento specifiche per i vari tipi di sorgente, che comprendono informazioni necessarie per completare protocolli recentemente sviluppati per l'analisi delle alge bentoniche nelle acque correnti (fiumi/torrenti) in Europa (EN Guidance Standards) e nell'America settentrionale (NAWQA protocols). I nuovi strumenti metodologici comprendono una tabella di riferimento a dati autoecologici e una chiave per l'identificazione delle macroalge più comuni. Viene inoltre presentato un modello preliminare che identifica i taxa più comuni in specifiche tipologie di sorgente in relazione ai fattori ambientali ritenuti maggiormente discriminanti (per esempio, l'ombreggiatura, la portata, la geologia del bacino di alimentazione).

Juri Nascimbene - *Licheni d'acqua dolce in sorgenti italiane: notazioni ecologiche e floristiche* - I principali fattori ecologici collegati allo sviluppo dei licheni d'acqua dolce sono qui illustrati e viene discusso il loro potenziale utilizzo come bioindicatori. Sono inoltre presentati i lineamenti essenziali della flora lichenica delle acque correnti o delle aree soggette a sommersione periodica nelle Alpi italiane. Si propone infine una rassegna dei principali metodi di campionamento.

Alessandro Petraglia - *Flora e vegetazione a briofite nelle sorgenti delle Alpi: approcci metodologici* - Nell'ambito degli habitat di sorgente le briofite sono un gruppo dominante, in particolare nelle fasce montane, subalpine e alpine, e nelle comunità che crescono sotto il livello dell'acqua. Di conseguenza, lo studio delle comunità che colonizzano le sorgenti non può non prendere in considerazione la diversità briofitica. Questo lavoro tratta innanzitutto i metodi di raccolta delle briofite per lo studio della brioflora e accenna al metodo fitosociologico. In seguito viene riportata una breve lista di briofite di sorgente comuni, caratteristiche o rare e localizzate. Le specie più importanti appartengono ai generi *Palustriella*, *Philonotis*, *Fontinalis*, *Cinclidotus*, *Amblystegium* e *Hygrohypnum*. Infine, viene proposta una breve panoramica sulla sintassonomia più recente relativa alle classi *Montio-Cardaminetea* e *Platyhypnidio-Fontinalietea antipyreticae*.

Marcello Tomaselli - *Flora vascolare e vegetazione nelle sorgenti delle Alpi: approcci metodologici* - Vengono illustrate le metodologie impiegate per lo studio della flora vascolare e della vegetazione delle sorgenti, con particolare riferimento al metodo fitosociologico adottato per il rilevamento e la classificazione della vegetazione. Vengono poi elencate, ripartite per famiglie, le specie vascolari più caratteristiche dei popolamenti fontinali. Infine, viene proposto il più recente inquadramento sintassonomico della vegetazione delle sorgenti delle Alpi, con dettagli fino al livello di alleanza.

Morena Lazzara & Fernando Dini - *Campionamento, tassonomia ed ecologia dei protisti di acqua dolce* - Non è possibile conferire lo status formale di categoria tassonomica ai protisti, sebbene il termine popolare stia a indicare eucarioti con un livello di organizzazione unicellulare senza differenziazione cellulare nei tessuti. I teorici evolutivi sono comunque unanimi nel ritenere i protisti gli organismi precursori degli eucarioti, i quali hanno un livello di organizzazione più complesso. Considerando i protisti, è necessario tenere presente che essi sono organismi di natura unicellulare e che quindi si interfacciano con l'ambiente svolgendo tutti i processi all'interno dei confini di una singola unità biologica. Da ciò consegue che i protisti hanno sviluppato particolari strategie che differiscono da quelle degli eucarioti più evoluti nel modo in cui si manifestano, ma non nella loro sostanza. Tutte queste caratteristiche appaiono subito evidenti tenendo conto di qualsiasi degli aspetti generali che li caratterizzano sia dal punto di vista morfologico, riproduttivo, fisiologico, ecologico ed etologico. I protisti si rinvencono in qualsiasi ambiente in cui vi sia acqua, e dove non sono presenti le condizioni per le forme vegetative vi si trovano le forme di resistenza. Nei protisti la "morfo-specie" (definita in termini di chiara differenziazione morfologica) e l'"unità evolutiva" (quella che mostra minime e irreversibili discontinuità confrontata con altri pool genici) sono considerati termini sinonimi. Spesso le morfo-specie sono cosmopolite e presentano una distribuzione ubiquitaria; esistono, comunque, degli endemismi. Le misure di abbondanza o distribuzione di una specie inevitabilmente confondono le dimensioni della nicchia ecologica con la densità di un particolare stato ambientale. Ogni specie è adattata per sfruttare un particolare set di condizioni ambientali e nel caso di specie diffuse questo set è comune. L'endemismo di una specie potrebbe essere il risultato di un campionamento insufficiente e non dovrebbe sorprendere di ritrovare la stessa specie al di fuori dei confini della sua nicchia. I protisti possono essere considerati degli efficienti indicatori di condizioni stressanti, in quanto forniscono informazioni in tempo reale, essendo divisi dall'ambiente circostante da un semplice sistema di membrane unitarie.

Fabio Gatti & Aldo Zullini - *Nematodi di sorgente: anatomia, ecologia, metodi di campionamento* - Le sorgenti costituiscono importanti ecotoni al confine tra l'ambiente sotterraneo e gli ecosistemi acquatici superficiali. I nematodi formano spesso comunità molto complesse composte da numerose specie e occupano diversi livelli trofici. Possono nutrirsi di ife fungine, di batteri, di alghe unicellulari, di protozoi in genere e anche di altri nematodi. Connessi alle relative abitudini alimentari mostrano anche adattamenti morfologici a livello della cavità boccale. La composizione in specie delle comunità nematologiche può infine fornire importanti indicazioni circa l'ecosistema; infatti, i nematodi sono spesso utilizzati come bioindicatori in indici biotici come il Maturity Index.

Cesare Dalfredo & Marco Bodon - *Molluschi in sorgenti: diversità e tecniche di campionamento* - Si definiscono i limiti dell'ambiente sorgivo,

i suoi particolari microhabitat e le categorie ecologiche dei molluschi che vi albergano. Vengono elencate le specie di molluschi più frequenti nelle sorgenti di una regione delle Alpi orientali italiane (Trentino-Alto Adige), specificando il loro habitat e le loro preferenze alimentari. Sono descritte le tecniche di campionamento delle sorgenti e vengono raccomandati alcuni accorgimenti utili per la tutela di questo ambiente. Seguono quindi le tecniche di smistamento dei campioni in laboratorio, l'attrezzatura necessaria, le modalità di studio e di determinazione degli esemplari e la bibliografia utile.

Beatrice Sambugar - *Oligocheti di sorgenti alpine: stato delle conoscenze* - Gli Oligocheti sono anellidi che si rinvencono nei suoli e nei sedimenti delle acque dolci e marine. Colonizzano tutti gli ambienti dulciacquicoli superficiali e sotterranei. La maggior parte di essi sono detritivori e si nutrono di batteri e altri microorganismi associati al substrato; poche specie sono algivore o carnivore. La fauna delle acque interne italiane, considerando le cinque famiglie prettamente acquatiche (Lumbriculidae, Haplotaxidae, Tubificidae, Parvidrilidae, Propappidae), è rappresentata da 101 specie. Negli ambienti acquatici si rinvencono anche specie appartenenti alle famiglie Enchytraeidae e Lumbricidae. Nelle sorgenti gli Oligocheti colonizzano i differenti microhabitat che costituiscono il mosaico ambientale. Uno studio condotto in sorgenti europee ha evidenziato l'importante ruolo degli Oligocheti, uno dei gruppi a maggior diversità in tali ecotoni. Le cenosi sono composte da un numero elevato di specie ubiquiste e da rare specie crenobie e stigobie. Enchytraeidae e Tubificidae sono le famiglie più abbondanti e ricche in specie. Per il Trentino viene presentato l'attuale stato delle conoscenze.

Reinhard Gerecke & Antonio Di Sabatino - *Acari acquatici (Hydrachnidia e Halacaridae) in ambienti sorgentizi: una prospettiva tassonomica ed ecologica* - In questo lavoro viene presentata una review metodologica sulle tecniche di raccolta, smistamento dei campioni e sull'allestimento di preparati microscopici per gli acari di habitat sorgentizi. Sotto il profilo della diversità e della densità delle popolazioni di specie crenobionti, gli acari rappresentano il gruppo di invertebrati più differenziato nelle sorgenti. Si possono documentare solo con la applicazione di tecniche di raccolta particolari, mentre le tecniche standard per lo studio di acque correnti non sono in grado di produrre risultati rappresentativi e/o replicabili.

Fabio Stoch - *I Copepodi nelle sorgenti italiane* - I Copepodi sono uno dei più ricchi e diversificati gruppi di crostacei, comprendendo oltre 13.500 specie, e possono costituire uno dei taxa più importanti della meiofauna delle sorgenti. La prima parte del presente contributo è dedicata a una breve esposizione della morfologia, dello sviluppo e dell'alimentazione dei Copepodi; vengono riportati inoltre i metodi di raccolta, fissazione, conservazione, dissezione, montaggio su vetrino e identificazione. I fattori storici ed ecologici che spiegano la ricchezza di

specie, la distribuzione e la selezione di microhabitat nelle sorgenti da parte dei copepodi sono analizzati nella seconda parte del contributo. Infine, viene brevemente preso in esame il possibile uso dei copepodi come bioindicatori.

Giampaolo Rossetti - *Ostracodi: strategie di campionamento in sorgenti* - In questo contributo sono illustrate alcune delle principali caratteristiche biologiche ed ecologiche degli ostracodi non marini. Particolare attenzione viene posta su aspetti metodologici riguardanti procedure di campionamento in campo, trattamento dei campioni e identificazione tassonomica degli organismi. È inoltre fornita una lista aggiornata di articoli relativi allo studio di comunità di ostracodi in ambienti di sorgente.

Valeria Lencioni - *Chironomidi (Diptera, Chironomidae) in sorgenti alpine e prealpine* - La sottofamiglia dei Chironomidi è frequentemente il gruppo più abbondante in termini di numero di individui e di specie nelle sorgenti d'acqua dolce. Per le sorgenti europee sono note circa 200 specie e circa 70 di queste sono riferite per le sorgenti alpine italiane. Nel presente lavoro vengono riportate note sulla distribuzione ed ecologia dei Chironomidi, basandosi su una letteratura costituita da circa 50 pubblicazioni.

Reinhard Gerecke, Bruno Maiolini & Marco Cantonati - *Campionamento di meiofauna e macrozoobenthos nelle sorgenti* - Lo scopo del presente lavoro è offrire una rassegna sintetica dei più comuni metodi per il campionamento dello zoobenthos di sorgente. Metodi affermati per lo studio dei macroinvertebrati di torrente devono essere modificati per superare alcuni problemi dovuti a caratteristiche ambientali peculiari degli habitat sorgentizi, come le dimensioni ridotte, la marcata struttura a microhabitat (mosaico), le basse densità delle specie caratteristiche e l'elevata biodiversità complessiva dovuta alla presenza di ecotoni multipli (acque sotterranee / acque di superficie, habitat acquatici / habitat terrestri). Altre caratteristiche tipiche delle sorgenti, come la ridotta variazione stagionale di parecchi fattori ambientali, possono rappresentare un vantaggio. Tuttavia, il rilevamento della biodiversità complessiva richiede sforzi enormi e deve essere integrato da metodiche costose, come l'utilizzo di sfarfallatori. Per questo motivo metodiche efficaci, ma meno dispendiose, per il campionamento, il subcampionamento-smistamento e la gestione degli sfarfallatori sono state proposte in letteratura e vengono qui brevemente richiamate.

Michele Menegon - *Metodi per il riconoscimento e campionamento di rettili e anfibi delle sorgenti alpine* - Per stilare censimenti accurati di anfibi e rettili è solitamente necessario utilizzare differenti metodiche di campo che permettano di campionare tutte le possibili nicchie ecologiche. Nel presente lavoro viene riportata una breve panoramica riguardo alle metodiche di raccolta e trattamento di rettili e anfibi delle sorgenti alpine. Viene fornito un elenco delle specie rinvenute nelle sorgenti alpine o prealpine e una chiave semplificata per la loro identificazione.

Roberto Laveder - *Selezione dei siti di campionamento nel quadro del Progetto CRENODAT* - Prima dell'avvio del monitoraggio di un numero elevato di sorgenti montane prevista dal Progetto CRENODAT è necessaria una fase di individuazione dei siti idonei per il campionamento. Le informazioni relative alle sorgenti trentine sono raccolte nel Catasto Sorgenti del Servizio Geologico PAT, che ha dato un contributo alla fase iniziale del progetto. Vengono descritti i criteri di scelta ed estrazione delle sorgenti dal database: i principali parametri presi in considerazione sono il flusso perenne della sorgente, la naturalità del sito di emergenza, le differenti tipologie morfologiche e di scorrimento. Si è cercato quindi di diversificare i siti in base alla loro distribuzione sul territorio trentino, che comprende una grande varietà di litologie, e quindi alla geologia della falda acquifera, che si riflette nella composizione chimica delle acque sorgive. La composizione ionica delle acque sotterranee, infatti, è influenzata dall'interazione con la matrice acquifera: le maggiori concentrazioni degli ioni principali (Ca, Mg, HCO₃) si misurano nelle acque a contatto con rocce carbonatico-dolomitiche. Invece, le acque sotterranee che scorrono in matrice magmatica e metamorfica hanno minore tenore di sali disciolti per la minore solubilità di queste litologie.

Maria Letizia Filippi - *Studis paleoecologici in sorgenti: approccio strategico e metodi* - Viene presentata una breve analisi sul significato di applicare metodiche paleolimnologiche ad ambienti sorgivi. Vengono discussi presupposti e prerequisiti, e forniti suggerimenti per una corretta metodologia scientifica.

Rita Frassanito, Ines Mancini & Graziano Guella - *Ruolo ecologico e filogenetico dei metaboliti secondari di organismi di sorgente: introduzione, metodi e prospettive* - In questo lavoro è sinteticamente descritta l'importanza dello studio del metabolismo secondario nella scoperta di nuovi composti potenzialmente bioattivi, nella regolazione delle relazioni esterne degli organismi viventi e nella delucidazione delle relazioni filogenetiche all'interno di una popolazione. Inoltre, è riferito lo stato dell'arte nello studio del metabolismo secondario di organismi che vivono negli ambienti sorgentizi, potenzialmente in grado di biosintetizzare composti organici importanti dal punto di vista chemotassonomico ed ecologico. Infine, sono descritte le principali metodiche di campionamento e di analisi utilizzate dal punto di vista bioorganico nel corso del Progetto CRENODAT.

Ralf Hotzy - *Protezione delle sorgenti in Baviera* - La Società per la Protezione degli uccelli della Baviera (LBV), un'associazione per la salvaguardia dell'ambiente e degli animali, si occupa di habitat sorgivi da oltre 10 anni. Fino ad oggi ha realizzato numerosi progetti regionali aventi per obiettivo una migliore comprensione dei pericoli e dello stato delle sorgenti naturali, e la realizzazione, ove possibile, di misure concrete per la loro protezione. Nel 2001 è iniziato il Programma di Azione delle Sorgenti. Nel quadro di questo progetto è stato realizzato

un manuale per la protezione delle sorgenti bavaresi con informazioni per la mappatura, una procedura di valutazione e un catalogo di azioni con informazioni legali, organizzative e tecniche riguardanti la realizzazione di procedure per la protezione delle sorgenti. Il catalogo bavarese delle tipologie sorgive è stato realizzato per fornire un quadro complessivo delle diverse tipologie ambientali.

Marco Cantonati, Roberto Moreschini, Ermanno Bertuzzi & Pino Oss Cazzador - *Censimento dettagliato delle sorgenti di due aree di particolare pregio naturalistico nel Parco Naturale Adamello-Brenta (Alpi sud-orientali, Trentino)* - Parecchi Parchi Nazionali delle Alpi dispongono già di catasti dettagliati delle sorgenti presenti nei loro territori. Nell'ambito del Progetto CRENODAT, il Parco Naturale Adamello-Brenta ha intrapreso il rilevamento di due aree di particolare interesse dal punto di vista naturalistico. Le due zone selezionate sono state Lamola, S. Giuliano e Garzonè, Germenega, Seniciaga nella Val Genova (Gruppo dell'Adamello), e S. Maria Flavona nella parte alta della Val di Tovel (Gruppo di Brenta). Complessivamente, nelle due aree studiate, sono state identificate 142 sorgenti: 117 nell'Adamello e 25 nel Brenta. Riteniamo che questi database dettagliati sulla presenza delle sorgenti siano utili, in particolare nei parchi naturali, perché consentono una stima accurata dei quantitativi di acqua di buona qualità che un'area può fornire, offrono elementi per quantificare il numero e le tipologie di habitat sorgentizi presenti in una determinata area favorendone la tutela, stabiliscono una situazione di riferimento per l'idrografia di un territorio con la quale comparare i risultati di futuri monitoraggi, e semplificano notevolmente la selezione di un ridotto numero di siti da considerare per future ricerche che prendano in esame anche aspetti biologici.

MONOGRAFIE DEL MUSEO TRIDENTINO DI SCIENZE NATURALI

1. Le miniere del Mandola in Valsugana
2. Atlante dei suoli del Parco Naturale Adamello-Brenta. Suoli e paesaggi
3. I laghi di alta montagna del bacino del Fiume Avisio (Trentino orientale)
4. The spring habitat: biota and sampling methods

