

***Chondrilla nucula* (Porifera, Demospongiae):
an example of successful plasticity.
Ecological and morphological aspects**

Von der Fakultät Geo- und Biowissenschaften der Universität Stuttgart zur
Erlangung der Würde eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)
genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von

Marzia Sidri

aus Genua (Italien)

Hauptberichter: Prof. Dr. Franz Brümmer
Mitberichter: Prof. Dr. Werner E.G. Müller

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Juli 2004

Biologisches Institut der Universität Stuttgart

2004

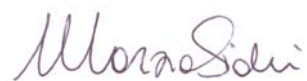
Sidri, Marzia:

Chondrilla nucula (Porifera, Demospongie): an example of successful plasticity. Ecological and morphological aspects. Thesis, Biological Institute, University of Stuttgart, 2004.

Erklärung

Die vorliegende Arbeit wurde von mir selbstständig
und nur mit Hilfe der angegebenen Mittel durchgeführt.

Stuttgart, den 15. Juni 2004

A handwritten signature in cursive script, reading "Marzia Sidri".

Marzia Sidri

*To my parents, Alda and Giorgio,
who always gave me the freedom to choose my way
and the support to run it*

Contents

Contents	7
Acknowledgement	9
Summary	11
Zusammenfassung	13
Introduction	15
1. The Phylum Porifera	16
2. Taxonomy	18
3. Ecology of sponges: influence of environmental factors	18
4. Plasticity and locomotion	20
5. Epibiosis	21
6. Reproduction	22
<i>Chondrilla nucula</i> Schmidt 1862	25
The aims of this studies	27
Experimental part	29
1. The study sites	29
2. Sponge classification	32
3. The sponge fauna of the Limski kanal (Croatia, Northern Adriatic Sea) with a study on the distribution of the demosponge <i>Chondrilla nucula</i>	32
3.1 Overview on the sponge fauna	32
3.2 Dynamics of a sponge community	33
3.3 <i>Chondrilla nucula</i> in the Limski kanal	33
4. Plasticity of <i>Chondrilla nucula</i>	34
5. Reproduction of <i>Chondrilla nucula</i>	34
6. Sponges as bioremediator organisms:clearance tests on <i>Chondrilla nucula</i>	35
Results and discussion	37
1. Classification of sponges	37
2. The sponge fauna of the Limski kanal	37

2.1 Overview	37
2.2 Dynamics of the sponge community	38
2.3 <i>Chondrilla nucula</i>	38
3. Overview on the reorganisational plasticity of <i>Chondrilla nucula</i>	39
4. Oogenesis, spawning and early embryo development of <i>Chondrilla nucula</i>	40
5. <i>Chondrilla nucula</i> as natural biofilter: filtration efficiency and bacterial retention rates	41
References	43
Original Articles	49
Porifera (Schwämme)	53
Overview on the Sponge Fauna of the Limski kanal, Croatia, Northern Adriatic Sea	139
Dynamics of a sponge community in a semi-closed bay(Limski channel, Northern Adriatic Sea, Croatia)	151
<i>Chondrilla nucula</i> (Porifera, Demospongiae): abundance, coverage and distribution in the Limski kanal (Northern Adriatic Sea, Croatia)	165
Morphological plasticity, locomotion and epibiosis in the Mediterranean sponge <i>Chondrilla nucula</i> (Porifera, Demospongiae): an overview	185
First observations on egg release in the oviparous sponge <i>Chondrilla nucula</i> (Mediterranean Sea)	201
The marine sponge <i>Chondrilla nucula</i> Schmidt, 1862 as an elective candidate for bioremediation in integrated aquaculture	213
Abbreviations	221
Curriculum Vitae	223
Academic teachers	225

Acknowledgement

I want to thank all the people that in very many ways helped and supported me during these three and a half years. I apologize the ones that I will forget to mention.

My gratitude goes firstly to **Prof. Franz Brümmer**, who guided me through these years and gave me the possibility to perform this work. He was always ready to help me not only in my job but also in all the administrative (and complicated!) stuff during my stay in Stuttgart. A very special thank is for **Prof. Hans-Dieter Görtz** that is one of the most patient and kind persons that I have known here: his support and comprehension were very important for me. **Prof. Werner E.G. Müller** represents “the mind and the soul” of the project BIOTECmarine, that financially supported my work. His enthusiastic and genuine interest for my investigations and for the science in general as well as his acute and positive criticisms, stimulated and motivated me more than what he probably thinks. To **Dr. Michael Nickel** goes the acknowledgement to start the collaboration that brought me here in Stuttgart. He and his wife, **Birgit Nickel**, warmly welcomed me as I arrived here and they helped me in very many ways during these years. My colleague **Wolfgang Zucht** is the person that better than anyone else know my work: together we planned the field job discussing all the details but also “enjoying” the really cold water of the Limski kanal in Croatia. Many thanks Wolfi! Thanks to all the colleagues at the Zoological Department of the University of Stuttgart that always created a friendly and warm atmosphere: **Dagmar Brigge, Dagmar MacPherson, Gen Omura, Inge Polle, Isabel Heim, Dr. Jochem Gugel, Dr. Michael Schweikert, Dr. Ralph Schill, and Sybille Schmiech. Dr. Martina Milanese** (University of Genoa) idealistically run with me these years: together we shared problems and successes of our job building up not only a solid scientific collaboration, but especially a sincere friendship. I wish also to express my gratitude to all my colleagues at the University of Genoa and especially to **Prof. Roberto Pronzato, Prof. Maurizio Pansini, Prof. Michele Sará, Dr. Carlo Cerrano, Dr. Antonio Sará, Dr. Marco Giovine** and to **Dr. Barbara Calcinai** of the University of Ancona. I want to remember the people at the **Ruder Boskovic Institute** in Croatia that provided not only the logistics but also their warmth during my stays in Rovinj. Many people helped me with important suggestions and among them I want to remember **Luciano Aguilera, Gisela Fritz** and **Paolo Guidetti** for their contribution for the statistical analysis. The BIOTECmarine project was funded by the BMBF (Bundes Ministerium für Bildung und Forschung) to whom also my gratitude goes. I thank my family in Italy: **Alda, Giorgio, Mara, Fausto** and **Patrizia** for all that they have done, not only during the years that I spent here in Germany, but also during my whole life. A very deep-hearted thank goes to **Jorge Antonio Villanueva Garibay** who always supported me with his invaluable love and patience and also with practical help. Last but not least I express my gratitude to my dear friends of the “OLA” without whom the life would have been much more difficult.

Summary

Sponges (Porifera) represent an important component of the Mediterranean sessile benthic community. They are present both in shallow and deeper waters, on soft and hard bottoms and some species, namely the bath sponges, has an application in human life since a long time. In the last few decades, they also assumed an importance among the organisms producing bioactive compounds which application goes from the homeopathy to the classical medicine to the industry. The study of the taxonomy, ecology and biology of sponges has an history hundreds years old. Now, due to the new findings that render sponges an exploitable marine resource, a coupling of the traditional sciences with the new emerging applications (biotechnology) is urgently needed.

The Northern Adriatic Sea was the cradle of the sponge science hosting 36% of the sponge species present in the whole Mediterranean Sea.

For the present work, the sponge fauna of a channel-like bay called Limski kanal (Croatia) has been intensively studied for the first time and a list of sponges, including species new for this area, is the result of a series of surveys in twelve sampling sites along the channel. As an introduction to the classification of sponges, a guide to the identification of the most common Mediterranean species has been written and included.

A study on the temporal dynamic of a sponge community (Limski kanal, Croatia) was made by using fixed frames that have been photographed along a period of two years. Either seasonality, morphological variability, growth and degeneration phenomena have been observed, providing one more evidence of the incredible plasticity of the Porifera.

Among the species in the Limski kanal, *Chondrilla nucula* (Porifera, Demospongiae) has been chosen as model organism. Firstly, its distribution, abundance and average coverage have been studied, showing that this species is very common along the channel, also in areas with a high sedimentation. Its distribution pattern depends mainly on light availability and kind of substrate. *C. nucula* is known as a very plastic species: here some macromorphological aspects related to the locomotion, the fragmentation events, the elimination of the sediment and the epibiosis are described in the attempt to give an overview on the successful life strategies of this sponge.

Up to now only morphological studies on the oogenesis and spermatogenesis are available but the complete life cycle is unknown. In this study, macromorphological variations in specimens of *C. nucula* in reproduction and the first stages of embryogenesis have been described for the first time.

Finally, in view of a biotechnological use of sponges as bioremediator organisms, the filtration and the bacterial retention rates of *C. nucula* have been investigated using clearance tests. In spite of a low filtration rate, the sponge showed high bacterial retention rates. This, together with the easy techniques required to farm it, makes of this sponge an eligible candidate for bioremediation.

To achieve an effective conservation management plan and a sustainable exploitation of the marine resources, the knowledge on the biological and ecological characteristics of the benthic community and of the single species is absolutely necessary.

Zusammenfassung

Schwämme stellen einen wichtigen Teil des sessilen Benthos im Mittelmeer dar. Sie kommen sowohl im flachen als auch im tiefen Wasser, auf Weichboden und Hartsubstraten vor und manche Arten, speziell die Badeschwämme, finden seit langer Zeit Anwendung im Lebensalltag der Menschen. Im Laufe der letzten Jahrzehnte wurde den Schwämmen eine wichtige Rolle unter den Organismen zugesprochen, die bioaktive Substanzen produzieren, deren Anwendungsbandbreite von der Homöopathie über die klassische Medizin bis hin zur industriellen Nutzung reicht. Das Studium der Taxonomie, Ökologie und Biologie der Schwämme hat eine Jahrhunderte lange Tradition. Heute, da Schwämme aufgrund neuer Ergebnisse als nutzbare marine Ressource angesehen werden, ist die gegenseitige Ergänzung der herkömmlichen Wissenschaften mit neu aufkommenden Methoden (Biotechnologie) dringend notwendig.

Die nördliche Adria war die Wiege der Schwammforschung und 36 % aller im Mittelmeer vorkommenden Schwammarten wachsen dort.

Für die vorliegende Arbeit wurde die Schwammfauna einer kanalähnlichen Bucht namens Limski kanal (Kroatien) erstmals untersucht und eine Artenliste erstellt, die auch Arten mit einschließt, die zum ersten Mal in der Umgebung nachgewiesen wurden, und das Ergebnis einer Reihe von Erhebungen ist, die an zwölf Untersuchungspunkten entlang des Kanals durchgeführt wurden. Als Einführung in die systematische Einordnung der Schwämme wurde ein Bestimmungsführer der häufigsten Mittelmeerschwämme geschrieben und in die vorliegende Arbeit miteinbezogen.

Die zeitliche Dynamik wurde mittels fest installierter Rahmen untersucht, die in einem Zeitraum von zwei Jahren mehrmals fotografiert wurden. Damit konnten saisonale Schwankungen, morphologische Umformungen, Wachstumsvorgänge und Degenerationsprozesse beobachtet werden, die die überdurchschnittliche Plastizität der Porifera nachdrücklich bestätigen. *Chondrilla nucula* (Porifera, Demospongiae) wurde unter den Schwammarten im Limski kanal als Modell-Organismus für diese Arbeit ausgewählt. Zunächst wurden die Verbreitung, Häufigkeitsverteilung und die durchschnittliche Substratbedeckung durch den Schwamm untersucht, die zeigten, dass *C. nucula* im Limski kanal, auch in Bereichen mit hohen Sedimentationsraten, sehr häufig ist. Das Vorkommen hängt im wesentlichen von der Art des Substrates und von der Lichtverfügbarkeit ab.

C. nucula ist ein ungemein plastischer Organismus: hier werden einige makromorphologische Aspekte beschrieben, die mit der Bewegung, der Fragmentation, der Beseitigung von Sediment und mit dem Überwachsen anderer Schwämme (Epibiose) zusammenhängen. Damit soll ein Überblick über die erfolgreichen Überlebensstrategien dieses Schwamms gegeben werden.

In einem anderen Teil des Mittelmeeres, dem ligurischen Meer, wurden einige *C. nucula* Exemplare während der Fortpflanzung gefunden. Es gibt zwar Untersuchungen über die Oogenese und die Spermiogenese dieser Art, der gesamte Lebenszyklus ist bis jetzt aber unbekannt. In dieser Arbeit werden erstmals makromorphologische Änderungen von in Fortpflanzung befindlichen Individuen und die ersten Stadien der Embryogenese beschrieben.

Schließlich wurde, in Anbetracht der Nutzung von Schwämmen zur biologischen Abwasserreinigung, die Filterleistung und der Bakterienrückhalt durch Klärungsexperimente untersucht. Trotz geringer Filterleistungen war der Anteil herausfiltrierter Bakterien sehr hoch. Zusammen mit den einfachen Methoden die zur Kultur von *C. nucula* notwendig sind, macht ihn dies zu einem geeigneten Kandidaten für die biologische Abwasserreinigung.

Für den effektiven Schutz und die nachhaltige Nutzung der marinen Ressourcen ist das Wissen um die biologischen und ökologischen Merkmale sowohl der Schwammfauna im allgemeinen als auch der einzelnen Art absolut notwendig.

Introduction

In the common imaginary landscape of the people, the word “sponges” recalls most probably the shower in the morning. If we exclude the synthetic sponges, and we speak about natural sponges, only few people probably know that sponges are marine benthic animals that have a great economical and cultural importance.

The natural bath sponges are represented by a restricted number of species and their history goes back to the ancient Phoenician, Grecian and Roman civilizations (Pronzato et al., 2000). Bath sponges were, and still are, at least in some areas of the Mediterranean, part of a prosperous and fascinating tradition.

Nowadays, sponges as well as many others marine invertebrates, have kept the attention of scientists and pharmaceutical companies. In fact they gained a notable commercial importance not only as bath sponges, but also as a natural source of bioactive compounds (secondary biometabolites) such as antiviral, anti-bacterial, anti-tumorals, anti-inflammatory, cytotoxic compounds and anti-fouling (Thompson et al., 1985; Uriz et al., 1991; Becerro et al., 1994; Mayer, 1999; Rangel et al., 2001; Faulkner, 2002, Donia & Hamann, 2003). Some of these compounds are already on the market and many other are in the clinical test phase.

The production of a large number of bioactive metabolites finds an explanation in the long evolutionary history of Porifera. As sessile organisms, they acquired a

highly sophisticated defence and competitive system which developed in the production of secondary bioactive molecules. In this context, some sponge species developed specific symbiosis with bacteria and fungi that often have demonstrated to be the responsible of the production of biologically active substances (Bringmann et al., 2003; Imhoff & Stöhr, 2003; Proksch et al., 2003).

In both cases the useful compounds are produced in very small quantities thus the biomass supply problem can deal to an overexploitation of the resource, especially when biology, ecology and distribution of the species are unknown and do not allow an accurate management.

When the substances are produced by symbiotic organisms, one possible solution is to isolate them from the sponge and cultivate them but this is not always possible (Bringmann et al., 2003). In the case of substances produced directly by the sponge an alternative to harvesting is the cultivation, *in situ*, *ex situ* or *in vitro* of the whole sponge or fragments or of functional cell cultures (Pronzato et al., 1998; Osinga et al., 1999; Nickel, 2001; Brümmer et al., 2001; Brümmer & Nickel, 2003; Nickel & Brümmer, 2003; Müller et al., 2000; Müller et al., 2002; Schröder et al., 2003).

In any case, detailed knowledge on the taxonomy, ecology, biology and distribution of the interesting species are the basis for a responsible biotechnological use of the resources and for the protection

of the biodiversity (Brümmer & Nickel, 2003).

Several compounds have been isolated from the sponge *Chondrilla nucula*, which is the object of this study. Among them: lectins (Opric et al., 1996), antivirals (Schröder et al., 1990) and cytotoxic compounds (Pawlik et al., 1995; Sepcic et al., 1997). *In situ* cultivation has been performed only in one case in the Mediterranean giving good results (Pronzato, 2002).

The problem of the sustainable use of the resource “sponges” (Uriz et al., 1991; Becerro et al., 1994; Donia & Hamann, 2003) is now part of several projects and among them, the BIOTECmarin (www.biotecmarin.de) that also funded the present work.

1. The Phylum Porifera

The name Porifera comes from Latin and it means pores bearers (porus = pores; ferre = to bear). Sponges are sessile benthic organisms, characterised by a great

morphological variability. They are considered the “lowest” phylum among Metazoans but they share several characteristics with the vertebrates (Müller & Müller, 2003). They are very plastic, lacking in real tissues and organs, and all the physiological activities occur at a cellular level. Dimensions, shapes and colours can vary a lot from species to species but also at the intraspecific level depending on the environmental and/or physiological conditions (Barnes, 1974; Bergquist, 1978).

The filter feeding activity is supported by a net of canals and chambers inside the sponge body called aquiferous system. In the inhalant part of the system, water enters into the sponge through small openings called ostia, then passes into the flagellated chambers, where specialised cells (choanocytes) pump and filter the water.

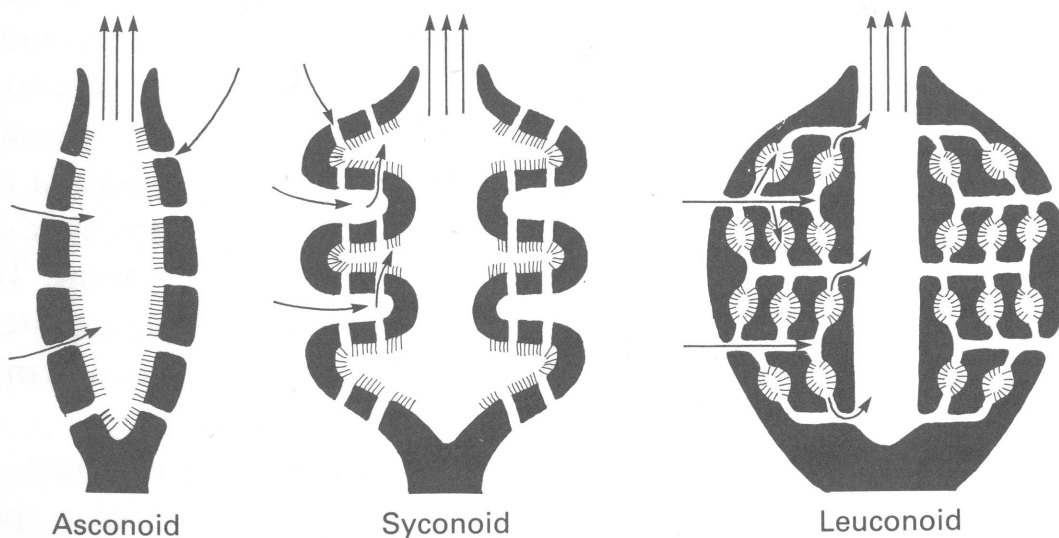


Fig. 1: The three main kinds of aquiferous system: ascon, sycon and leucon (modified from Bergquist, 1978).

After filtration water is pumped into a net of fine canals that converges into bigger ones that open on the outside through an osculum (exhalant part). There are mainly three different degrees of complexity of the aquiferous system that are called asconoid, syconoid, and leuconoid. In the asconoid structure the sponge is ovate with thin body walls, an osculum on top and an inner cavity (spongocoel or atrium) lined by choanocytes (flagellated cells, see the description below). In the syconoid structure the walls of the sponge body thicken by folding themselves and forming rounded flagellated chambers. A syconoid with invaginated choanocyte chambers, is called sylleibid (Boury-Esnault & Rützler, 1997). In the leuconoid structure the aquiferous system reaches its maximum complexity, with the disappearing of the spongocoel and the formation of a cellular matrix (mesohyl) in which the chambers and the canals are developed in a network. (Bergquist, 1978; Barnes, 1974).

The sponge skeleton can be mineral or fibrous. In the first case it is constituted by siliceous or calcareous elements called spicules, that can be arranged together forming a hard structure. In the second case the skeleton is an elastic network of spongin fibres and filaments that can also incorporate exogenous mineral particles like sand grains or exogenous spicules. In some sponge species, spongin fibres can be arranged together with spicules in forming a solid but elastic skeleton. Skeletal elements like spicules and fibres are used as a taxonomic character (Bergquist, 1978; Barnes, 1974). A matrix made of collagen fibrils is present in the mesohyl and in some species, like *Chondrilla nucula* or

Chondrosia reniformis, it is particularly abundant, conferring to the sponge a high degree of morphological plasticity and a cartilaginous consistency. In sponges there are two types of collagen: fibrillar collagen and the type IV related collagen, which is characteristic of the basement membrane of vertebrates (Müller & Müller, 2003).

At the cellular level, the characteristic sponge cell type is the choanocyte. These are flagellated cells that upholster the chambers of the aquiferous system (choanosome) producing a water current through the sponge body, thanks to the synchronised movement of the flagella (Simpson, 1968). They are responsible also for the food particles uptake. It was estimated that the efficiency of filtration in sponges is very high, reaching a retaining rate of 80% of suspended food particles (Reiswig, 1971b). Pinacocytes are elongated or T-shaped cells that separate the sponge body from the environment building up a sort of an “epithelium”. The mesohyl is the inner part, where skeletal elements are comprised and where several cell types move freely in a collagen matrix as in a sort of “connective tissue”. Some of these cells are for example the archeocytes and collencytes, elongated cells with pseudopodia, which produce the collagen matrix. Always in the mesohyl, there are several kinds of cells with inclusions (spherulose cells, grey cells, rahbdiferous cells, etc.). The mineral and fibrous skeletal elements are produced respectively by sclerocytes and spongocytes. The typical morphological plasticity of sponges is due to the production of totipotent cells, amoeboid undifferentiated mesohyl cells and by the property of at least some cell

types to be pluripotent. In this case an already differentiated cell can switch to another cell type like in the case of the production of gametes from choanocytes (see e.g. Simpson, 1968). These are only some of the different cell types present in a sponge, some of them still remain unidentified or, even though the morphology is described, nothing or few is known about their function. For a review of sponge cell biology see Simpson (1984) and “The Atlas of sponge Morphology” (De Vos et al., 1991) with nice electron microscopy micrographs and morphological descriptions. For more general information on sponge morphology see also Bergquist (1978) and the “Thesaurus of Sponge Morphology” (Boury-Esnault & Rützler, 1997).

2. Taxonomy

The phylum Porifera includes more than 8.000 described species although it has been estimated that the whole world sponge fauna can reach 15.000 species (Hooper & Leví, 1994). Sponges are divided in three classes: Calcarea, Hexatinellidae and Demospongiae.

Calcarea are characterized by a skeleton made of calcareous spicules and by a simple aquiferous system (asconoid).

Hexatinellidae or glass sponges have a siliceous skeleton, made of a fine network of spicula, and aquiferous system can be syconoid or leuconoid. They are common in deep and cold waters, till 8.000 m depth, and in some areas they may build up a peculiar sponge reef (Conway et al., 2001).

About 85% of sponge species belongs to the Demospongiae, with about 6.000 described species. This class is widely

distributed and includes species with a high variety of shapes, colours and dimensions. Skeleton can be siliceous and/or fibrous or occasionally absent. Aquiferous system is exclusively leuconoid. Classification of sponges presents some difficulties because of the high morphological plasticity that renders complicated the individuation of the taxonomical characters. For a complete guide to sponge classification till the genus level see the “Systema Porifera” (Hooper & Van Soest, 2002).

3. Ecology of sponges: influence of environmental factors

Sponges appeared on earth during the Precambrian and they knew a period of great expansion during the Pleozoic and early Mesozoic, when they were the main constructors of living reefs, before the corals (Finks, 1970; Sará & Vacelet, 1973).

Porifera are filter-feeder benthic organisms inhabiting almost all aquatic environments, from the sea to the rivers and the lakes, from tropical to Arctic and Antarctic waters, from shallow to deep waters, till the adal plane at more than 8.000 m of depth. Their distribution, depending on the characteristic of each species, is related to the environmental factors such as light, hydrodynamism, substrate and sedimentation (Sará & Vacelet, 1973; Bergquist, 1978).

The influence of light on the distribution of a species has a great importance. Most of the demosponges are sciaphilic while the photophilic species are less common at least in the Mediterranean (Sará & Vacelet, 1973, Sará, 1961) and their light need is fundamentally due to the symbiosis with cyanobacteria, Zoochlorellae or Zooxan-

thellae (Sar & Vacelet, 1973). In the Northern Adriatic Sea, Rtzler (1965) described 19 photophilic species and 54 sciaphilic. Yet the influence of light on the physiology of the sponge has been investigated since a long time. In *Suberites massa* the consumption of oxygen is more elevated during the day (Ptter, 1914), in *Ephydatia fluviatilis* the production of gemmules and the respiration are related to light (Rasmont & Schmidt, 1970), in *Merlia normani* spiculation seems to be related also with the light (Pouliquen, 1972) as well as in *Chondrilla nucula* where a seasonality in spiculation has been observed (Bavestrello et al., 1993). Comparing species of the same genus living at different latitudes, the main size of the spicules is always higher at the northern latitudes (Hentschel, 1929; Hartman, 1958). It has also been observed that, in siliceous sponges, the production of different spicula types is dependent on the depth, because of the highest concentration of silica in deepest waters (Maldonado et al., 1999).

In the seasonality temperature plays of course an important role on the metabolism and some species exposed to seasonal fluctuation of temperature, display an adapted life cycle. This results in periods of slow metabolic activity or in the production of resistant forms (gemmules). In the case of slow metabolism, for example in *Microciona prolifera*, along the north American Atlantic coasts, the choanocytes chambers disappear in winter, when the water reaches temperatures lower than 10°C (Simpson, 1984). In *Ephydatia fluviatilis*, as well as in others freshwater sponges, the production of gemmules occurs during unfavourable period of the year (winter or

dry season) (Rasmont & Schmidt, 1970). Also sexual reproduction follows a seasonality in temperate waters and, in general, for the Mediterranean, it can be assumed that in the majority of the sponge species the gametes release occurs during summer or autumn (Simpson, 1984).

Another important factor is the hydrodynamism, whose effect reflects mainly on the aquiferous system (Reiswig, 1971a; Bidder, 1923) and on the sponge shape (Bell & Barnes 2000a, 2000b). An exposure to strong currents and/or wave action can displace or even break the sponge but favours a good water exchange and a good efficiency of filtration. On the contrary, in presence of calm waters, the filtering efficiency is lower and probably prejudiced by a highest sedimentation. In presence of high hydrodynamism, massive and encrusting morphotypes prevail, while in calm waters there is a highest morphological variability with tubular, digitated, arborescent, cup- or fan- shaped sponges (Sar & Vacelet, 1973). This variability of the morphology can be observed also at the inter-specific level, like in the case of *Petrosia ficiformis* (see below the paragraph ‘‘Plasticity’’). Bell & Barnes (2000a) comparing the sponge fauna of 5 sites undergoing different flow regimes, report of the prevalence of massive and robust species in the site exposed to strong currents while in the sites with slowest currents branching species predominate.

Sedimentation is directly connected with the hydrodynamic conditions: the absence of currents and/or waves like in channels, lagoons, closed bays and caves favours the sedimentation. In presence of fine

sediment, the ostia of the aquiferous system can obstruct, compromising the functioning of the aquiferous system (e.g. Vacelet & Sará, 1973, Gerrodette & Flechsig, 1979). Some species are able to face the problem by developing tubular or arborescent shapes and/or avoiding horizontal surfaces. Other species are adapted to live completely covered by the sediment developing inhalant and exhalant papillae that emerge from the sediment like in the case of *Polymastia mamillaris* (Sará & Vacelet, 1973) or by the formation of vestibular cavities that avoid the direct absorption of the sediment like in *Tetilla limicola* (Dendy, 1905).

Ecological studies on sponge communities as well as on benthic communities in general, have been performed by several authors using standardised methods such as interception line transects, squares, time-lapse photography, etc. Good descriptions of the methods used in the study of benthos are given by Holme & McIntyre (1984) and more recently by Bianchi et al. (2003).

4. Plasticity and locomotion

The study of the ecological factors in relation to the sponge morphology is not easy because of the difficulties in focusing on one or few parameters, simplifying the complexity of the interactions between the ecological factors and the sponge species and/or the whole sponge community.

The phenotypic variability connected to the environmental factors is evident both at intra- and inter-specific level. Individuals of the same species but living in different conditions can develop different morphs. For instance, the Mediterranean demosponge *Petrosia ficiformis* is normally

massive, with an irregular shape and a red-violet colour because of the presence of the photo-autotrophic symbionts. On the contrary, along a cave gradient, with reduced light and hydrodynamic conditions, specimens become even more elongated and reptant. They lose their symbionts and consequently their colour and, because of the slow hydrodynamism, the number of oscula increases (Regoli et al., 2000).

Palumbi (1986) describes how sponges exhibit morphological acclimation in response to water flow regimes. He tested the mechanical properties of *Halichondria panicea* skeleton exposed to different hydrodynamic conditions finding out that stiffness is two times greater in sponges exposed to high wave force than in the ones exposed to low wave force. In these stronger specimens the volume of spicules and the total surface area of spicules per volume of tissue are significantly higher.

In other cases morphological changes occur independently from the environment and from the season. A classical example in the Mediterranean is given by the calcareous sponge *Clathrina clathrus* that can undergo important tissue rearrangement while passing from an expanded to a contracted form, just in few hours (Gaino et al., 1991). Contraction phenomena, even if less evident than in *C. clathrus*, have been observed in several sponge species and are generally related to the physiological status of the sponge (Bond & Harris, 1988). This is the case for example of *Chondrilla nucula* and *Haliclona loosanoffi* (Bond & Harris, 1988) and of *Ephydatia fluviatilis* (De Vos & Van de Vyver, 1981).

Sponges have been always considered sessile organisms but some studies

demonstrated that locomotion in sponges exists, at least in some species. Bond and Harris (1988) for example describe the movement of some sponge specimens of *Chondrilla nucula*, *Haliclona loosanoffi*, *Hymeniacidon heliophila* and *Ephydatia fluviatilis* in aquaria. *In situ* short-term contraction phenomena are reported also for *Oscarella lobularis* and *Acanthella acuta* (Pansini & Pronzato, 1990) and *Tethya wilhelma* (Nickel et al., 2004). Moreover, some species such as *Chondrosia reniformis* (Bonassoro et al., 2001), *Chondrilla nucula* (Gaino & Pronzato, 1983) and *Oscarella lobularis* (Sara & Vacelet, 1973) show the capacity for creep and stretch to occupy new spaces by dropping a part of their body to a new surface.

At the cellular level, the morphological plasticity of sponges is based on the typical mobility of some mesohyl cells such as archeocytes, collencytes, lophocytes and totipotent cells that permit a complete remodelling of the sponge or of a portion of a sponge when necessary. These cells are able to move fast in the mesohyl and most of them can produce new collagenous matrix building up new channels. They can also undergo transformation originating other cell types (Diaz, 1979; Simpson, 1984; Gaino & Burlando, 1990). This reorganisation process occurs by locomotion, by restoring a damaged part, during gametes production or by growing. In *Oscarella lobularis* the production of some protrusions of the pinacoderm, with consequent redifferentiation of the external cells in choanocytes originate new choanocytes chambers and the consequent growth of the sponge (Gaino et al., 1987).

5. Epibiosis

Competition for space on hard substrates is one of the most critical problems in a benthic community which structure is the results of the competition between the strategies developed by each organism. Sponges are normally considered dominant space competitors because of their peculiar characteristics (Bell & Barnes, 2003). The mechanisms that regulate competition can be normally divided in defence and attack and they can be displayed between organisms of the same species or of different species, with a range of options that goes to the simple colonialism, to parasitism, commensalisms and symbiosis (Cognetti et al., 1999). Some organisms are specialised in overgrowing others (epibiosis), with relationships that are often specie-specific. Associations between sponges and other organisms have been largely investigated but little is known about the mechanisms that regulate such associations. In many cases, the need of a suitable substrate is the main critical factor. As far as epibiosis is concerned, normally benthic organisms develop strategies to avoid epibiosis and some studies demonstrated a close relationship between the production of sponge metabolites with an antibacterial and antifungal activity and antifouling defences (e.g. Thompson et al. 1985, Uriz et al. 1991, Uriz et al. 1992). On the other hand, a lot of demosponges are epibionts of Algae, Cnidarians, Molluscs, Bryozoans, Tunicates and also other sponges (Sara & Vacelet, 1973). Only in few cases the association is aggressive, damaging the host, as it has been described

for Caribbean clionids onto corals (Vicente 1990, Antonius & Ballestreros 1998).

As far as epibiosis among sponges is concerned, Rützler (1970) underlines the importance of the skeletal structures (both spicules and collagen) to support epibiosis and to maintain both the epibiont and the host separated. The adaptative reactions of overgrown species are diverse: in some cases the host create a space between itself and the epibiont in order to ensure the filtration (Riedl 1966); in another unusual case *Gellius fibulatus* grows enclosed into *Aplysilla rosea* exploiting its aquiferous system (Rützler, 1970).

But most surprisingly is that in some cases the association between different sponge species can transform in a sort of cooperation in which all the intimate association existing between the individuals enhances their growth and survival, decreasing displacement phenomena (Sarà, 1970; Wulff, 1997). Sometimes epibiosis can reduce the predation on overgrown species that normally show particular adaptations such as the presence of papillae or chimneys carrying oscula and ostias on the top and emerging from the epibiont, in order to ensure an efficient filtration system (Sarà, 1970). On the other hand, as far as food supply is concerned, the strict association among efficient filter feeders as sponges are (Reiswig 1971ab; 1975) may deal to general food depletion with negative effects for all the involved sponges (Wulff, 1997). It should be argued that the benefits in terms of protection and anchorage on the substrate are higher than the ones related to filtration activity. But it must be also considered that different species often differ in the number and dimensions of the ostias,

which suggests a diversification in the diet concerning food particle dimensions (Hartman, 1957; Hartman & Reiswig, 1973) with the consequent reduction or elimination of food competitiveness. This fact, joined to other factors that characterise the ecological niche of each species, may define the structure and the stability of an association.

6. Reproduction

Reproduction among Porifera can be sexual and asexual. In the first case the gametogenesis occur in the sponge mesohyl involving some cell types (choanocytes and/or archeocytes) that transform into gametes (sperms and oocytes). Gonochorism and hermaphroditism occur in different species. Sponges can be viviparous or oviparous: in the first case the egg is fertilized and the embryogenesis occurs inside the sponge body; in the second case the embryogenesis occurs in water. Embryogenesis leads to the development of a larvae whose structure markedly differs from species to species (Simpson, 1984; Fell, 1989).

The spermatogenesis starts in most of the cases with the differentiation of stem cells into spermatogonia with formation of spermatocysts. Then spermatogonia undergo transformation into spermatids and subsequently into mature flagellated sperms (Fell, 1983; Simpson, 1984). The origin of spermatocytes have been studied for example in *Aplysilla rosea* (Tuzet et al., 1970) and in *Suberites massa* (Diaz & Connes, 1980) where it is clear that they originate from choanocytes. In the case of *Suberites massa* the authors (Diaz & Connes, 1980) reports also on the formation

of oocytes from choanocytes. Other authors reported on the origin of oocytes from archeocytes (Leveaux, 1941; Leví, 1956; Simpson, 1968). Gametogenesis is normally influenced by seasonal climatic variation and in particular by temperature. Generally it can be assumed that an enhancement of temperature stimulates the gametogenesis (see for a review Simpson 1984) while spawning of gametes (or larvae) seems to be triggered, at least in some species, by moon cycle (Fell, 1983; Usher et al., 2004). After fertilization the oocytes develop the larvae. There are three main larvae types: parenchymella, amphiblastula and coeloblastula. The first one is covered by a layer of flagellated cells and has a viviparous development. The amphiblastula is characterised by the presence of four cells placed equatorially and called “cellules en croix”, the presence of an internal cavity and a viviparous development. The coeloblastula is flagellated, and has no “cellules en croix”, has a blastocoel with somatic cells and has an oviparous development (Simpson, 1968; Fell, 1989).

The asexual reproduction occurs quite often in most of the species in several ways. The most common is the detachment of a fragment from the mother sponge, which can be spontaneous or induced by mechanical stress such as strong wave

action and currents during a storm (Wulff, 1990). The fragment can roll on or crawl the substrate and then originate a new individual. Other mechanism, typical of freshwater sponges, is the production of gemmules that are resistant dispersal structures useful to overcome unfavourable environmental conditions and/or to colonise new spaces (Bergquist, 1978; Simpson, 1984). The gemmules are small spherical structures, invested by a coat of spongin in which spicules are embedded. The inner part of the gemmule contains modified archeocytes called thesocytes in a vitelline platelets. Gemmules production start in winter to face period of freezing and dessication. When the conditions return favourable, the gemmules hatch generating a new individual (Bergquist, 1978). Among the marine sponges only some species belonging to Haplosclerida (*Haliclona* sp.) and Hadromerida (*Suberites* sp. and *Cliona* sp.) are able to produce gemmules (Bergquist, 1978).

Some marine sponges produce external buds that are mainly of three types: in some *Tethya* spp. and in *Aaptos aaptos* stalked surface buds are produced together with some large buds attached to the mother sponge by a stolon. Two genera of Clionids, *Alectona* and *Thoosa*, produce some armoured buds (Bergquist, 1978; Garrone, 1974).

***Chondrilla nucula* Schmidt 1862**

The object of these studies is the Mediterranean demosponge *Chondrilla nucula* (Demospongiae, Tretractinomorpha). It is a thick encrusting sponge, brown-olive green in colour belonging to the order of Chondrosidae. *C. nucula* is considered cosmopolitan even though the lack of morphological taxonomical characters generates confusion (Boury-Esnault, 2002; Carballo et al., 2003). The same species have been recently subdivided into five different genetic forms distributed in the Caribbean and in the Western Atlantic by Klautau et al. (1999). More recently, Carballo et al. (2003), described 2 new species of *Chondrilla* along the Pacific coast of Mexico. Anyway the holotype described by Schmidt (1862) was collected at the Quarnero, North Adriatic Sea and only the species belong to the populations from Mediterranean and the Atlantic coasts of Spain, Morocco and Portugal are considered valid (Boury-Esnault, 2002; Carballo et al., 2003).

C. nucula has a lobate form, 1 cm to 4.5 cm thick with a smooth surface and a cartilaginous and firm consistency (fig. 2). A cortex rich in collagen with spheraster spicules about 20 µm in diameter invest a mesohyl with choanocyte chambers 40-50 µm in diameter. The diameter of spheraster varies seasonally during the year from 20 to 27 µm. *C. nucula* choanosom hosts a large number of spherulous cells that seems to contain lectins (Schröder et al., 1990; Boury-Esnault, 2002). Intra- and extracellular symbiotic bacteria are present and among them Cyanobacteria occupy mainly

the cortical region conferring the characteristic color. Specimens grown or transplanted in caves loose their Cyanobacteria and become white (Gaino et al., 1977).



Fig. 2: A *Chondrilla nucula* patch in the Limski kanal (Northern Adriatic Sea, Croatia).

C. nucula can move on the substrate, reorganising completely its body structure so that it can rapidly colonise new substrates adapting to a wide range of environmental conditions (Gaino & Pronzato, 1983; Bond & Harris, 1988). In coral reefs of tropical waters the efficiency in colonisation and overgrowth on other invertebrates has been already studied showing that *C. nucula* is the dominant aggressor of several scleractinian corals but only infrequently it overgrows other sponge species (Vicente, 1990; Antonius and Ballestreros, 1998). On the other hand, stand-off individuals occur less often than the overgrown ones (Vicente, 1990).

In the Mediterranean, *C. nucula* reaches its maximum distribution in the photic zone. In the Northern Adriatic Sea it has been recorded almost everywhere by several authors (Vatova, 1928; Müller et al., 1984;

Rützler, 1965; Novosel et al., 2002). It rapidly colonises the substrate by production of propagules (Gaino & Pronzato, 1983), forming very often large patches, competing with algae and sea urchins and overgrowing other organisms (Mercurio et al., 2001). Also specimens

growing free have been frequently observed on soft bottoms (Mercurio et al. 2001, Fanelli et al., 2003). Sexual reproduction has been rarely observed and takes place in summer-autumn (Scalera Liaci et al., 1971; Gaino, 1980).

The aims of this study

Several investigation projects deal with the biotechnologies applied on the extraction of biologically active compounds from marine invertebrates. The risk is a strong harvesting pressure and the exploitation of the marine resources with serious consequences for the biodiversity of the ecosystems.

The project *BIOTEC*marin for production of natural drugs from Porifera and their associated microorganisms, started in 2001 involving several German and one Croatian institutions (www.biotecmarin.de). One of the aim of this project, that funded also the present study, was to gain the necessary knowledge on the ecology of the sponge species that may be object of a biotechnological exploitation for the extraction of compounds of interest.

Therefore the first step of this work was to focus on the sponge fauna of the studied area, the Limski kanal (Croatia, Northern Adriatic Sea). Taxonomical knowledges, at least for the most common species are needed. Therefore a huge amount of information, that otherwise would have been fragmented and difficult to find, have been collected. These information have been then used to write the guide to the classification of Mediterranean sponges "Porifera" of the book "Das Mittelmeer" was a great opportunity to put together.

In the study of a benthic community, the dynamic of its structure during time is a very important aspect that can help to monitor the "health conditions" and the stability of the whole benthic community (Pansini & Pronzato, 1990). With this aim, representative samples of the shallow

waters sponge community of the Limski kanal were monitored along a period of two years. Through this study, it was expected to record important structural and morphological changes related for example to the seasonal fluctuations.

Among the sponges of the Limski kanal, *Chondrilla nucula* has shown an incredible morphological dynamic and a wide distribution, not only in the channel but in the whole Mediterranean.

Another aim of this work was also to examine the distribution, the abundance and the coverage of *C. nucula* in the Limski kanal where it is particularly common. Moreover, in order to elucidate the mechanisms that allows this sponge to adapt and spread in different (and sometimes extreme) environments, the morphological plasticity was studied. Sexual reproductive aspects are difficult to clarify especially in oviparous sponges where the larval development occurs in the water and not in the mother sponge. In the particular case of *C. nucula* gametogenesis was partially described (Scalera Liaci et al., 1971; Gaino, 1980; Boury-Esnault, 2002) but nothing is known about the complete reproductive cycle. This study attempts to clarify which morphological modifications occur in *C. nucula* during oogenesis and to provide information on the embryogenesis.

Finally, a part of the present thesis was dedicated to the possible biotechnological use of this sponge as bioremediator, through the investigation of its filtering efficiency and bacterial retention rates.

The whole study was aimed to give a contribution to the knowledge on *C. nucula*,

and on its role in the shallow water sponge community of an area, like the one of the Limski kanal, which is an optimal natural laboratory.

Ecological and biological knowledge must be and remain the fundamental basis in view of a responsible biotechnological use of marine resources in general and of sponges in particular.

Experimental part

The Mediterranean sponge *Chondrilla nucula* has been investigated from different points of view together with a general study on the sponge fauna of the investigated area. In the section 1 an introduction to the study sites in which the investigations were carried on, is given. Section 2 is the introduction to sponge classification as basic knowledge for the section 3, which is an overview on the sponge fauna of the Limski kanal with a list of the species encountered. A study on the population dynamic of some shallow water sponge community is also described, and among the species included in this community *C. nucula* is always present. In the same section, the ecology of this species and its distribution patterns related to some ecological factors, are reported. Section 4 is dedicated mainly to give an overview on the incredible plasticity of this sponge, keeping into account locomotion, fragmentation, elimination of the sediment and epibiosis. The 5th section deals with observations on the morphological aspects linked with the sexual reproduction in *C. nucula*, including the egg release and the first stages of embryonic development. Finally, section 6 is dedicated to the study of the potential biotechnological use of this sponge as bioremediator, by means of clearance tests.

All the *in situ* investigations and sample collections have been performed by SCUBA diving together with Wolfgang Zucht and with the help of Prof. Franz Brümmer, Markus Götz, Frank Leitermann, Michael Nickel (University of Stuttgart) and Martina Milanese (University of

Genoa, Italy). All the dives have been performed respecting the common limits of security for sport diving according to CMAS and no deco dives have been made. Security rules have been always followed (e.g. man on board, diving flag and first aid kit on board).

1. The study sites

Samples collection for this study, as well as the field work have been performed in two localities of the Mediterranean Sea: the Limski kanal (North Adriatic Sea) and the Portofino Marine Reserve (Ligurian Sea).

The Limski kanal (Canal di Lemme or Limski channel) is an 11 km long fjord-like bay, nearby Rovinj (Istrian Peninsula, Croatia), that lies along a E-W axis so that the two parallel coast lines face one the North and the other the South (Fig 3).

The area of Rovinj is mainly constituted by Jurassic calcareous rock and grey and white dolomite. Calcareous deposition derived from Brachiopoda and calcareous corals that were living in a shallow water sea during the Jurassic. During the Cretaceous the geographic profile of the Istrian Peninsula was modified by a period of submersion followed by an immersion one. The Limski kanal originated during the Oligocene by the Foiba river that was eroding and scavenging the area occupied actually by the channel. During the Holocene the sea level started to increase penetrating through the valley produced by the Foiba river and originating the actual channel (Vatova, 1928). The channel is actually 11 km long, it reaches a maximum width of about 650 m

and a maximum depth of 32 m. The bottom is flat and muddy in the centre and at the end of the channel and very often large isolated stones are present. On both sides, the bottom becomes mainly a detritic towards the surface even though some rocky walls and cliffs are present. Especially in the south side a wave-cut notch 30-40 cm wide, derived from the erosion of the water is followed, after not more than 50 cm of depth, by a small rocky wall that becomes in the depth a less inclined detritic cliff.

Sediment rate is very high, especially in the second half of the channel and sediment bottom consists of fine particles fractions divided as follow: less than $6.3\mu\text{m}$ in diameter (53.93% of total particles), $6.3-63\mu\text{m}$ (44.86%) and more than $63\mu\text{m}$ (1.12%) (Zavodnik, 1971).

According to the data collected by Kuzmanović (1985) the water exchange is rapid with a main resultant outward current on the surface and income current in the depth.

Due to the carsic peculiarity of this area, a lot of small rivers and springs open underwater in the channel and their inflow become important during heavy rainfalls periods. According to Vatova (1928), an important spring called “Pia Ferra” incomes on the South side, approximately at the 6th km (middel of the channel) and another one called “Punta della Scimmia” opens in front of this one, on the Northern side. The end of the channel is characterised by shallow and brackish water because of the fresh water incomes.

Actually, the Limski kanal is a protected area, starting approximately from it's middle part. Fish and mussels farming

plants are present in the second half of the channel. A calcareous rocky coast, with a lot of crevices, holes and small caves, delimits the channel characterised by macchia and garigue vegetation on the Northern side and by a *Quercus ilex* forest and bushes on the Southern side.

Up to now, the most complete work on the Limski kanal is still the one of Vatova (1928).



Fig. 3: Aerial view of the Limski kanal in the Istrian peninsula (Northern Adriatic Sea).¹

The Portofino Marine Reserve is located in the Ligurian Sea, nearby Genoa (Italy) and it has been established in 1999 (G.U. N. 131 07.06.1999). The marine reserve protects the coast of the Portofino Promontory that protrudes into the sea for more than 3 km and it extends itself along the coast for about 13 km (Fig. 4). The coastal line is characterized from the western end of the Promontory to Punta Chiappa by a rocky spur of about 200 m and by the bays of Cala dell'Oro, San

¹ Picture from “Istria terra magica” Laurana, Publisher, Zagreb, 1993

Fruttuoso, Portofino, and Paraggi which are covered in their inner part by beaches formed by the deposits of the streams. The southern coast, is a submerged cliff that goes down to 40-50 meters of depth. It is made of a peculiar kind of rock called “puddinga di Portofino”, a characteristic Oligocene pudding-stone. On the contrary, the western and the eastern side are characterised by stratified sedimentary rocks with the Limestone of Mt. Antola.

The geomorphological features of the Promontory have determined an underwater environment very rich in ravines, reefs, and small caves that favour the development of a rich and very diverse benthic fauna. The main current flows generally in the direction E-W with an average superficial speed of 25 cm/sec. The southern cliffs, exposed to strong Scirocco and Libeccio winds, are characterized by a strong

hydrodynamism. The typical biocoenosis of the southern side of the Promontory are the precoralligenous, dominated by cnidarians like *Eunicella singularis*, *Parazoanthus axinellae*, *Leptopsammia pruvoti*, *Balanophyllia italica* and *Cladocora caespitosa*, and the coralligenous with facies with *Corallium rubrum*, *Paramuricea clavata* and *Eunicella cavolinii* (Morri et al., 1986). On the sandy seabed, along the western and eastern slopes of the Promontory there are the *Posidonia oceanica* beds (e.g. Matricardi, 1995). The sponge fauna has been extensively studied: see e.g. Sará (1964), Sará (1966), Pansini & Pronzato (1990), Pansini & Pronzato (1985). For an introduction to the Portofino Marine Reserve, see also the official web site www.riservaportofino.it.

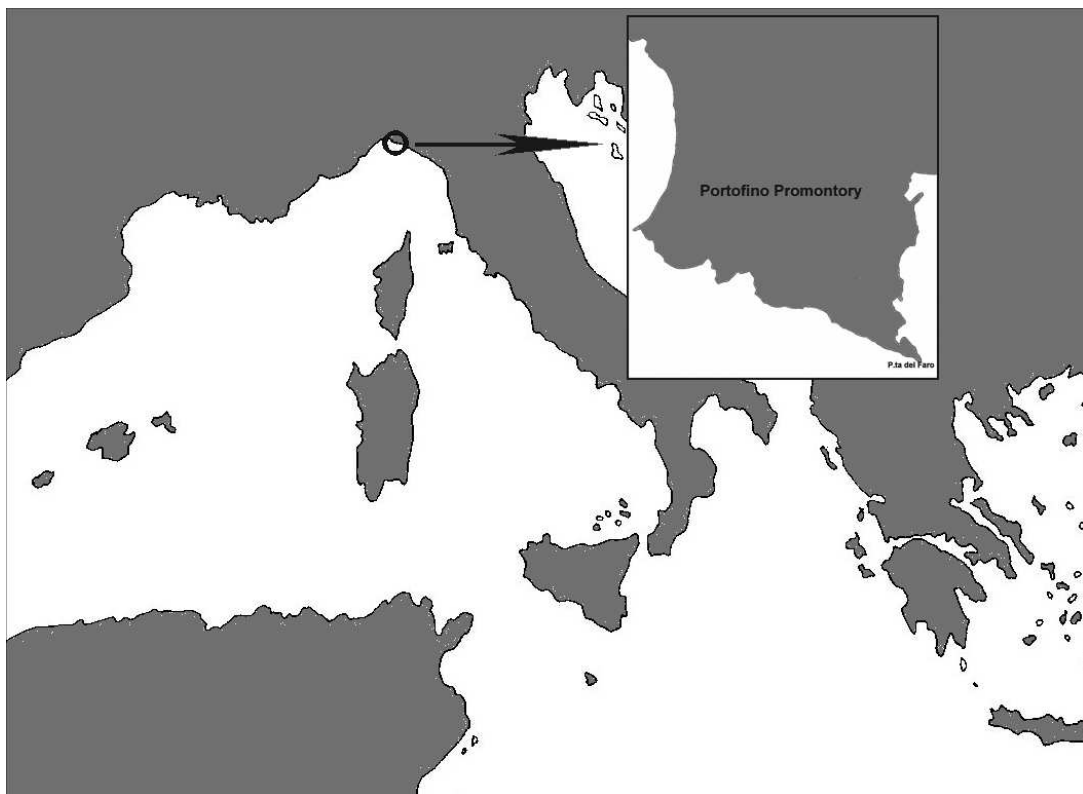


Fig. 4: Map of Portofino Promontory in the Ligurian Sea. The whole area, both marine and terrestrial, is a Natural Park.

2. Sponge classification

Classification of sponges at the species level is not so easy, both because the identification of the taxonomical character is very often not clear (elevated morphological variability) and for the lack of a complete and clear guide for the classification. At the genus level a great job was made by Hooper and Van Soest (2002) editors of the “Systema Porifera”. At the species level the most complete publications for the Mediterranean and Eastern Atlantic area were the chapter from Sará (1983) in the book “Fauna und Flora des Mittelmeeres”, the “Guida ai Poriferi della fauna italiana” (Sará, 1971) and in “Sponges of the North East Atlantic” (Van Soest et al., 2000). Other publications for divers are available with the description of the most common species (e. g. Mojetta & Ghisotti, 1994). A lot of publication are available but they generally refers to one taxonomic group only.

The courageous idea to group the flora and fauna of the Mediterranean Sea in one book, useful both for divers and for scientists came from Dr. Robert Hofrichter from Salzburg (Austria). Prof. F. Brümmer, Dr. M. Nickel (Biology Institute, University of Stuttgart) and I have been involved for the chapter on the Mediterranean Porifera. We collected general information, pictures and descriptions of the Mediterranean sponge species, creating for each taxonomical group, an identification key. For the descriptions and the identification keys we used all the available bibliographic sources receiving the help of many other people in the “sponge world”. Graphic and pictures came from different sources and a

large part of them are made by the authors themselves.

3. The sponge fauna of the Limski kanal (Croatia, Northern Adriatic Sea) with a study on the distribution of the demosponge *Chondrilla nucula*

In the frame of the project *BIOTEC*marin, we had the possibility to access the Limski kanal and to study its sponge fauna in general and the distribution and dynamics of some species. The ecological study is divided into three main parts, two of them regarding more in general the sponge fauna of the channel and one especially dedicated to *Chondrilla nucula*. Also a study on the distribution and abundance of *Aplysina aerophoba* was performed but it is not presented here, being part of the Ph.D. work of my colleague Wolfgang Zucht.

3.1 Overview on the sponge fauna

Former studies on the sponge fauna of the Adriatic Sea and of the region of Rovinj have been already performed by other authors (Schmidt, 1862; Gräffe, 1882; Buccich, 1886; Vatova, 1928; Rützler 1967; Müller et al. 1984). The most recent study reported of 137 sponge species for the area of Rovinj (Müller et al., 1984) some of them also collected in the Limski kanal but a detailed study dedicated to the channel does not exist up to now. We choose 12 sampling sites, 6 in the north side of the channel and six in the south. In each site, four horizontal belt transects (HBT) were surveyed at four different depths from 2 to 15 m. Sponge species encountered along each transect have been recorded. In all the

cases in which the identification was not possible, samples were collected and analysed in the laboratory with the help of Dr. J. Gugel (University of Stuttgart).

3.2 Dynamics of a sponge community

Another aim of this study was to investigate the dynamic of the sponge community of the shallow waters. According to the method used by other authors (Burton, 1949; Sará, 1970; Pansini & Pronzato, 1990), we used 7 fixed frames, 40x40 cm, moored to some hard vertical substrate, at a depth comprise between 1 and 11 m, in different sites along the channel. Each frame was photographed two times a year, along a period of two years. In all the frames *C. nucula* was always present. Pictures were then digitalized and measured using ImageJ 1.30v.

3.3 Chondrilla nucula in the Limski kanal

Due to the peculiar characteristic of the channel (e.g. high sedimentation, dominance of soft bottoms, peculiar light exposition), a few shallow water species appeared to be particularly adapted and wide distributed in this area. Among them, *Chondrilla nucula* is maybe the most common one. We investigated its distribution, abundance and coverage along the channel. Abundance, calculated using the HBTs as described in section 3.1, was expressed as number of patches encountered along each transect at the four different depths. In fact the concept of individual, often under debate concerning sponges, in *C. nucula* is impossible to define because of the continuous reorganisational phenomena by fusion and/or fragmentation (see pag. 31). For this

reason we used the patch as a unit, referring with that to several “lobes” of *C. nucula* in connection ones to the others. Coverage was estimated using 1x1 m frames (Bianchi et al. 2003). Thirty frames were randomly positioned (fig. 5), 10 at each different depth range (1-3 m, 6-10 m and 12-18 m) and the covered area occupied by *C. nucula* was estimated (Braun-Blanquet, 1964). Both methods were used for the same 12 sampling sites described in section 1.

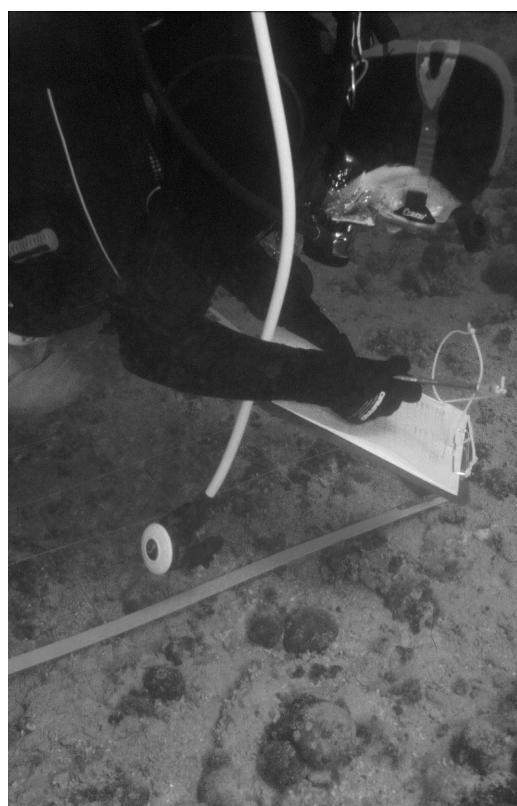


Fig. 5: Collection of coverage data of *C. nucula* using 1x1 m frames (Limski kanal, Croatia).

This data were then correlated with the position along the channel, the depth, the light exposition and the kind of substrate. Water parameters (dissolved oxygen, temperature, pH, salinity, visibility) measured along the channel together with data of currents already existing in literature, were also kept into account. The

analysis of variance (ANOVA) was applied to compare the results.

4. Plasticity of *Chondrilla nucula*

One of the most surprising aspects of the sponge *Chondrilla nucula*, is its reorganisational capability at the cellular level which traduces in an extraordinary adaptability to different and unstable environmental conditions. Different aspects of this plasticity such as the locomotion, the asexual reproduction by fragmentation, the adaptation to high sedimentation and the competition for the space have been investigated. About locomotion and asexual reproduction by fragmentation, some information is already available in literature (e.g. Bond & Harris, 1988). The two aspects cannot be treated separately, because generally they occur together so through the observation of some *C. nucula* specimens in aquaria and in nature, a simple pattern of these phenomena is given. Specimens were photographed and covered distances and duration of the processes were recorded.

In addition a time-laps experiment was performed in a special semi-isolated aquarium chamber (about 1 liter in volume) directly connected to a digital camera. A specimen of *C. nucula* was observed for 72 hours, with a shot each 15 minutes. The photo sequences were elaborated by ImageJ and graphically represented in order to monitor every small movement of the sponge.

About the problem of the competition for the space, *C. nucula* have been also observed in nature and data on epibiosis have been collected surveying a shallow water area in the Limski kanal. Surfaces of

attachment between *C. nucula* and other organisms were analysed under the light microscope.

Sedimentation rates in the Limski kanal are, especially in some location, very high. Sediment can clog the aquiferous system of sponges compromising the filtering activity. *C. nucula*, is able to grow undisturbed also in area with high sedimentation and without having a body shape favourable to get rid of the sediment (such as some arborescent or digitated sponge species). To investigate this aspect, six specimens of *C. nucula* were placed into small glass cup, inside a big tank where a water flow, coming directly from the sea, run continuously. A fine sediment, pumped together with the seawater, covered the sponges. Specimens were kept in these conditions for one week and photographed everyday.

The specimens for this study were collected or simply observed both in Limski kanal and in Portofino Marine Reserve.

Specimens were photographed with a Nikon F80-D caged, for the underwater pictures, into a Sealux cage.

For the microscopy investigations, samples were fixed in Glutaraldehyd 2,5%, washed in PBS, dehydrated in alcohol series and embedded in paraffin. Slices were stained with Toluidine blue 0.1% or alternatively with Giemsa. Pictures were made using a digital Axiocam connected to a microscope Zeiss Axiovert 200M.

5. Reproduction of *Chondrilla nucula*

Studies on the sexual reproduction of sponges, deal normally with the following of the whole process, from the gametogenesis to the larval metamorphosis

(see for a review Simpson, 1984; Fell, 1983; 1989). In the viviparous sponges, since the larval development occurs inside the mother sponges, it is relatively easy to follow the whole process, but in oviparous sponges, where the larvae develops into the water is more complicated. For this reason in *Chondrilla nucula*, a lot of reproductive aspects remain unclear even though some information on oogenesis and spermiogenesis are available (Scalera Liaci & Sciscioli, 1975; Scalera Liaci et al. 1971; Gaino, 1980). According to these authors, the reproductive period is at the end of the summer beginning of autumn.

We collected some specimens of *C. nucula* in the Portofino Marine Reserve, at the end of August 2001. Some of them were fixed in Glutaraldehyd 2.5% to undergo histological observations and some of them, maintained separated in small cups, were kept in aquaria in the laboratory for few days, till the egg release. Eggs were then captured by a pipette and transferred into small glass chambers, made with two glass slides glued together, to be observed alive under the microscope. For the histological observations, fixed material was dehydrated in alcohol series and embedded in paraffin. Slices were stained with Toluidine blue 0.1% and observed under a light microscope (Zeiss Axiovert 200M). Sponge maintenance, fixation and egg release observation were performed in Genoa University. Microscopy preparations and observations were made in Stuttgart University.

6. Sponges as bioremediator organisms: clearance tests on *Chondrilla nucula*

The cultivation of sponges for the production of biomass to extract useful compounds has largely developed in the last years (Duckworth et al., 1999; Osinga et al., 1999; Pronzato et al., 1999; Brümmer & Nickel, 2003). Pronzato et al. (1998) introduced a cultivation system of sponges integrated with fish cultures, in which the filtering activity of sponges was supposed to be used as a natural filter system to depurate the polluted water. Because of the good results obtained in cultivating *Chondrilla nucula* (Pronzato, 2002) and also because of its production of bioactive compounds (Schröder et al., 1990; Pawlik et al., 1995; Opric et al., 1996; Schmitz, 1994; Sepcic et al., 1997) the filtering activity of this species was investigated. Filtration rates and bacterial retention were calculated applying a clearance test (Coughlan, 1969) and *Escherichia coli* was used as tracer (Claus et al., 1967). Specimens were collected in Portofino Marine Reserve and maintained in the laboratory in batches 300 ml in volume, provided with aerator and kept at temperature of 16-20°C. *E. coli* ($6-7 \times 10^6$ cell/ml) was added to each batch and retention rates were calculated. Samples of water were collected every hour for 7 hours, plated on agar, incubated and finally colony-forming units (CFU/ml) were counted.

Results and discussion

1. Classification of sponges

The chapter “Porifera (Schwämme)” in the book “Das Mittelmeer” Vol. II/1 contains an introduction to the phylum, with a description of the morphological characteristics and the identification of the taxonomical characters. In special sections of the book, information on other topics such as the plasticity of sponges, the taxonomy and phylogenie, the predators and the association with other organisms and the uses of sponges are given. The identification keys guide the reader easily from the class till the genus level. Then, for each genus, the most common Mediterranean species are described and each description is provided with colour pictures of the sponge in nature and drawings of the skeletal elements. One hundred and one sponge species (86 Demospongiae, 2 Hexactinellida and 13 Calcareia) are described (Brümmer et al., 2003), over a total of 564 Mediterranean species (Pansini, 1986).

This guide to the classification of sponges is useful not only for scientists but also for divers and curious who wants to go deeper in the identification of marine organisms. The knowledge gained during this work and the chapter of the book for itself are a very important tools for the study of the sponge fauna, (see next paragraph).

2. The sponge fauna of the Limski kanal

2.1 Overview

The investigation on the sponge fauna along the Limski kanal, by means of horizontal belt transects, resulted in a list of 42 species, five of them never described before in the area of Rovinj. Results were compared with sponge lists given before by other authors for the area of Rovinj, which included also some species collected in the Limski (Vatova, 1928, Rützler, 1965, 1967; Müller et al., 1994). Up to now the whole sponge fauna of the Mediterranean Sea counts 564 species (Pansini, 1996) and 201 in the Adriatic Sea (Radović, 2000). The 42 species recorded in the Limski kanal represent about 21% of the whole Adriatic sponge fauna, which is a high percentage for a semi-closed bay, 11 km long.

This is the first study describing in details the sponge fauna of this interesting bay. The distribution of the species, in relation to the position along the channel, to the light exposition and to the substrate was investigated. The Limski kanal has some peculiar habitats such as the shadowed area under a rocky notch, that is present especially in the beginning of the channel. Here the sponge diversity is higher and sciaphilic sponges dominates. A shallow water and well enlighten habitat, with a low sedimentation, is present at the beginning of the channel, on the south side where a peculiar sponge population dominates. Because of the peculiar position, the two main seashores of the Limski are exposed

one to the North and the other to the South, which determines completely different conditions of light exposure. In spite of that, we did not notice, at least from this preliminary study, any difference in species composition, and the two sides appear quite similar. The last part of the channel, as well as the deepest waters along the whole channel, are characterised by a fine sediment fall that covers everything. On this soft bottom, only a few numbers of species, adapted to this condition, could be found.

The study of a semi-closed environment like Limski kanal can give important information on sponge distributional patterns and contribute to the study of benthic communities in general, in relation to peculiar and more predictable environmental conditions. Moreover the easy access to the Limski kanal and the calm water conditions that normally characterise this area, make of the channel an optimal field laboratory for the study of the benthic community.

2.2 Dynamics of the sponge community

The study on the dynamic of a sponge community was conducted along a two years period during which no one of the monitored species disappeared. The study was conducted on 8 species and among the seven frames installed along the channel; we could follow only five because two of them were displaced from unknown events (maybe boats anchors or simple oxidation of the nails used to fixed them).

The variations of the coverage have been recorded and in some species seasonal contraction-expansion phenomena were observed. We also documented

fragmentation and fusion phenomena, growth, body reduction, degeneration and epibiosis.

In general it can be assumed that hard substrate sponge communities are relatively stable in the Limski kanal and main coverage do not vary a lot except in the case of *Crambe crambe*, *Hemimycale columella* and *Chondrilla nucula*. The seasonal contractions observed in *C. nucula* occur during the cold water period (10°-12°C), while expansion periods occur when the water is warm (20-25°C). It has also to be considered that because of the presence of symbiotic Cyanobacteria, light plays for sure an important role in these phenomena. This study give no information on the sponge fauna of the soft and semi-soft bottom of the channel where it is impossible to fix permanently a frame. A more detailed study on it requires the use of other methodologies such as the fixed transects as suggested by Kollmann & Stachowitsch (2001). The monitoring of the variations of the coverage during time, remains a good method for the encrusting species. On the other hand, it is imprecise for the massive and arborescent sponges where three dimensional variations cannot be recorded. Anyway it is the easiest and fastest method to study the dynamic of sessile benthic organisms in their natural environment. In addition in our case no arborescent species were present, except for one specimen of *Aplysina aerophoba*.

2.3 Chondrilla nucula

The distribution, abundance and coverage of *Chondrilla nucula* along the Limski kanal were studied. The sponge was found in all the sampling sites along the channel.

Abundance was correlated with the distance to the opening of the channel, the light exposure (North or South) and the depth. Coverage was correlated to the same factors and also to the kind of substrate.

C. nucula can reach a maximal coverage of almost 60% in one squared meter at the beginning of the channel where also the maximal average coverage of 9,6% was recorded.

Since water parameters resulted quite homogeneous along the channel, probably because of the rapid water exchange (Kuzmanović, 1985), the factors that seems to influence more the distribution and the coverage of *C. nucula*, are light and substrate. The ideal light exposition corresponding to the maximal abundance, was recorded at 2 m of depth on the north exposed side and at 10 m on the south exposed side suggesting an optimum light exposure that do not correspond to the maximal light availability. This is may be due to the strong competition with algae in the first meters, as suggested by Rützler (1965). In general, both abundance and coverage decreases according to the depth and to the distance from the opening of the channel.

Substrate plays an important role on the distribution of *C. nucula* as on most of sponges (Sará & Vacelet, 1973). Hard substrate, also of small dimensions like small stones or shells, is necessary for the settlement and growth of *C. nucula* that can adapt also to unstable condition, like muddy bottoms where it rolls freely becoming small and rounded. Stable hard substrate such as rocky walls and the rocky wall under the notch favours the settlement and the formation of large patches of *C. nucula*

especially if competition with other massive sciaphilic species is not too strong. Main coverage decreases when the bottom becomes soft. The extreme adaptability of this species explains its wide distribution also in peculiar environments such as the Linski kanal.

3. Overview on the reorganisational plasticity of *Chondrilla nucula*

Previous studies on the locomotion and the fragmentation by dropping in *Chondrilla nucula* concerned mainly the cellular mechanisms that lead this phenomenon (Gaino & Pronzato, 1983; Gaino et al., 1995; Bond & Harris, 1988). In this section, an overview on the different expressions of the macro-morphological plasticity is given through the observation in nature and small-scale experiments in aquaria. *C. nucula*, as already know, can drop a part of its body in order to colonise new substrate (Gaino & Pronzato, 1983). In agreement with the observations of Bond and Harris (1988) it showed also the capability to crawl on the substrate and to climb surfaces when the conditions are not optimal for its survival, running several centimetres in few weeks. Specimens put into glass batches in aquaria were able to climb up the walls of the batch and drop outside them, where, it is likely that the food availability is better. The whole process lasted about one month. This negative geotaxis was also observed by Pronzato (2002) in farming conditions. The extreme mobility is evident also in the process of attachment to the substrate in stress conditions: the sponge start producing finger-like structures that act like “pseudopodia” able to trap sand grains and shells to stabilise its position. The rapid

attachment on the substrate and the locomotion are probably responsible for the overgrown phenomena that is observable both in nature and in aquaria.

C. nucula is an occasional epibiont of other organisms such as Algae, Mollusca and other sponge species. The observation, under the light microscope, of the contact area between *C. nucula* and another sponge revealed that the overgrown sponge is not damaged by this event. A list of the organisms overgrown by *C. nucula* in the Limski kanal is given.

In nature *C. nucula* has always a smooth and clean surface, also in highly sedimented areas. In most of the sponge species, sediment can clog the aquiferous system compromising the filtration. Specimens of *C. nucula* artificially exposed to a sediment fall, were able to eliminate it, trapping the fine particles into a mucous substance that constantly covers its surface. With almost the same system, the sponge *Haliclona viscosa* (Rützler, 1965) and other sessile invertebrates such as the tropical coral *Fungia granulosa* (Schumacher, 1991) also eliminate sediment or sand.

The rhythmic body contractions observed probably play also an important role in this event. An experiment in time laps-photography showed that contractions occur each 4-9 hrs, independently from a circadian cycle. A deeper investigation to elucidate the composition of the mucous and its properties is needed. As antimicrobial, antiviral and cytotoxic activities from the sponge extracts were already detected (Schröder et al., 1990; Pawlik et al., 1995; Sepcic et al., 1997), it is possible that they are mainly concentrated on the surface and in the mucous. The

relationship existing between antimicrobial activity and antifouling activity (Thompson, 1985) could explain also why *C. nucula* is never overgrown by other organisms.

In conclusion, *C. nucula* displayed a series of strategies that allow it to face environmental conditions that are normally prohibitive for the other sponge species.

4. Oogenesis, spawning and early embryo development of *Chondrilla nucula*

According to the information on oogenesis of Scalera Liaci et al. (1971), Scalera Liaci & Sciscioli (1975) and Gaino (1980), *Chondrilla nucula* oogenesis occurs in the Mediterranean at the end of the summer. We could find a few female specimens in reproduction at the end of August, carrying oocyte at the last stage of development. Some external morphological characters can help in the recognition of female specimens in oogenesis. In fact “mother sponges” were covered by a thick mucus cover and presented closed oscules. Once cut, they showed a greyish layer that resulted completely filled with oocytes. They were concentrated in the inner mesohyl of the sponge, occupying in some specimens, more than the 30% of the sponge body and their presence is accompanied by important modifications of the aquiferous system (e.g. disappearance of choanocytes chambers). As already described in details by Gaino (1980) eggs were 50-60 μm in diameter and were surrounded by a crown of “cytoplasmic expansions” that could easily be confused with nursery cells or that, as suggested by Usher et al. (2004), derived from the degeneration of the nursery cells.

Oocytes, as described for almost all the oviparous sponges, were all at the same stage of development (Fell, 1983). Egg release was observed revealing that in the spawn product a lot of zygotes are present. The first stages of embryo divisions were observed.

Before the spawning, individuals were kept in single separated batches and no spermatozoa were observed in the surrounding water. This proved that fertilisation occurs inside the mother sponge before egg spawning but the exact moment and the modality remain unknown. Among the collected specimens, we did not find males carrying spermatocysts. An explanation could be that very often spermatogenesis occurs before the oogenesis, and sperms are released before eggs and zygotes (Fell, 1983; Simpson, 1984). In the attempt to answer the questions still open, we surveyed the same *C. nucula* population, and some others in the boundaries, during the following two summers but we did not succeed. This suggests, that sexual reproduction in this species does not occur regularly every year but it is probably triggered by environmental conditions such as the water temperature (Usher et al., 2004). Even though a lot of questions remain open, this study brings some important contributions to the reproductive biology of oviparous sponges and of this species in particular.

5. *Chondrilla nucula* as natural biofilter: filtration efficiency and bacterial retention rates

In the perspective of the use of sponges as bioremediator organisms due to their capability in retaining organic suspended material and bacteria (Reiswig, 1975), *Chondrilla nucula* appears to be an eligible candidate.

During the clearance tests, the sponge displayed a filtration rate of 0.2-1.4 ml/hour per 1 cm³ of sponge. Bacterial retention was very high as concentration of *E. coli* decreased with the time, showing a depletion of 6-7.4 x 10⁶ cells per hour each cm³ of sponge. Traducing this result in a more comprehensive language, this means that a patch of 1x1m of *C. nucula* can filter about 14 l of water per hour retaining up to 7.4 x 10¹⁰ bacterial cells. Even though clearance rates were low if compared with results published by other authors (Frost, 1980; Riisgård et al. 1993), bacterial retention rates were high.

C. nucula is easy to farm (Pronzato, 2002) and produces lectines as well as antiviral and cytotoxic compounds (Schröder et al., 1990; Schimtz, 1996; Opric et al., 1996). This, together with the high bacteria retention rate measured and its capability to survive high sedimentation, make of this sponge an elective candidate for the bioremediation as natural filter in polluted waters and integrated aquaculture systems.

References

- Antonius A. & Ballestreros E. (1998) Epizoism: a new threat to coral health in Caribbean reefs. *Revista de Biologia Tropical* 46: 145-156.
- Barnes R.D. (1974) *Zoologia: gli Invertebrati*. Piccin Ed.: 101-125.
- Bavestrello G, Bonito M, Sarà M (1993) Silica content and spicular size variation during an annual cycle in *Chondrilla nucula* Schmidt (Porifera, Demospongiae) in the Ligurian Sea. *Sci. Mar.* 57(4): 421-425.
- Becerro M.A., Lopez N.I., Turon X. & Uriz M.J. (1994) Antimicrobial activity and surface bacterial film in marine sponges. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 179: 195-205.
- Bell J.J. & Barnes D.K.A. (2000a) The distribution and prevalence of sponges in relation to environmental gradients within a temperate sea lough: vertical cliff surfaces. *Div. Distrib.* 6: 283-303.
- Bell J.J. & Barnes D.K.A. (2000b) The distribution and prevalence of sponges in relation to environmental gradients within a temperate sea lough: inclined cliff surfaces. *Div. Distrib.* 6: 305-323.
- Bell J.J. & Barnes D.K.A. (2003) The importance of competitor identity, morphology and ranking methodology to outcomes in interference competition between sponges. *Mar. Biol.* 143: 415-426.
- Bergquist P. (1978) *Sponges*. Hutchinson & Co.: 268 pp.
- Bianchi CN, Pronzato R, Cattaneo-Vietti R, Benedetti Cecchi L, Morri C, Pansini M, Chemello R, Milazzo M, Frascchetti S, Terlizzi A, Peirano A, Salvati E, Benzoni F, Calcinai B, Cerrano C, Bavestrello G (2003) - I fondi duri. In: MC Gambi, M Dappiano (eds), *Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo*. *Biol. Mar. Med.* 10 (Suppl): Cap. 6.
- Bidder G.P. (1923) The relation of the form of a sponge to its currents. *Quart. J. Micr. Sc.* 67: 293-323.
- Bonassoro F, Wilkie IC, Bavestrello G, Cerrano C, Candia Carnevali MD (2001) Dynamic structure of the mesohyl in the sponge *Chondrosia reniformis* (Porifera, Demospongiae). *Zoomorphology* 121: 109-121.
- Bond C & Harris A (1988) Locomotion of sponges and its physical mechanism. *J. Exp. Zool.* 246: 271-284.
- Boury-Esnault N. (2002) Order Chondrosida Boury-Esnault & Lopés, 1985. Family Chondrillidae Gray, 1872. In: JNA Hooper & RWM Van Soest (eds). *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges*, Kluwer Academic/Plenum Publisher, New York: 291-297.
- Boury-Esnault N. & Rützler K. (1997). *Thesaurus of Sponge Morphology*. Smithsonian Contributions to Zoology 596: 55 pp.
- Braun-Blanquet J. (1964) *Pflanzensoziologie*, 3. Springer-Verlag. Aufl.: 865 pp..
- Bringmann G., Lang G., Mühlbacher J., Schaumann K., Steffens S., Rytik P.G., Hentschel U., Morschhäuser J. & Müller W.E.G. (2003) Sorbicillactone A: a structurally unprecedented bioactive novel-type alkaloid from a sponge-derived fungus. In: *Sponges (Porifera)*. W.E.G. Müller (Ed.). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg: 231-253.
- Brümmer F. & Nickel M. (2003) Sustainable use of marine resources: cultivation of sponges. In: *Sponges (Porifera)*. W.E.G. Müller (Ed.). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg: 143-162.
- Brümmer F., Nickel M. & Sidri M. (2003) Porifera (Schwämme). In: *Das Mittelmeer*. II/1. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin: 302-383.
- Brümmer F., Fischer I., Leitermann F., Götz M., Nickel M. & Hentschel U. (2001) Maintenance and growth of sponges in aquariums: fundamentals for in vitro cultivation approaches far from the sea. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova* 66-67: 721-725.

- Buccich G. (1886) Alcune spugne dell'Adriatico sonosciute e nuove. Boll. Soc. adr. Sci. nat. Trieste 9: 222-225.
- Burton M. (1949) Observations on littoral sponges, including the supposed swarming of larvae, movement and coalescence in mature individuals, longevity and death. Proceedings Zoological Society of London, 118: 893-915.
- Carballo J.L., Gómez P., Cruz-Barraza J.A. & Flores-Sánchez D.M. (2003) Sponges of the family Chondrillidae (Porifera: Demospongiae) from the Pacific coast of Mexico, with the description of three new species. Proceedings of the Biological Society of Washington 116(2): 515-527.
- Claus G., Madri P.P., Kunen S.M. (1967) Removal of microbial pollutants from waste effluents by the rebeard sponge. Nature 216: 712-714.
- Cognetti G., Sará M. & Magazzú G. (1999) Biologia marina. Edizioni Calderini, Bologna: 596 pp.
- Conway, K. W., Krautter, M., Barrie, J.V. & Neuweiler, M. (2001): Hexactinellid Sponge Reefs on the Canadian Continental Shelf: A Unique "Living Fossil". - Geoscience Canada, 28/2: 71-78.
- Coughlan J. (1969) The estimation of filtering rate from the clearance of suspensions. Mar. Biol. 2: 356-358
- Dendy A. (1905) Report on the sponges collected by Professor Herdman, at Ceylon, in 1902. Herdman Rep. Pearl Oyster Fisheries, suppl. 18: 57-246.
- De Vos L. & Van de Vyver G. (1981) Étude de la contraction spontanée chez l'éponge de eau douce *Ephydatia fluviatilis* cultivée in vitro. Ann. Soc. R. Zool. Belg. 3: 21-31.
- De Vos L., Rützler K., Boury-Esnault N., Donadey C. & Vacelet J. (1991) Atlas of sponge morphology. Sheffield R. (Ed.), Smithsonian Institut Press, Washington: 117 pp.
- Diaz J.P. (1979) Variations, diferenciaciones et funciones des categories cellulaires de la démosponge d'eau saumaitre, *Suberites massa* Nardo, au cours du cycle biologique annuel et dans des conditions experimentales. Thèse Univ. Sci. Tech. Languedoc, 332 pp.
- Diaz J.P. & Connes R. (1980) Étude ultrastructurale de la spermatogenèse d'une démosponge. Biol. Cell. 38: 225-230.
- Donia M. & Hamann M.T. (2003) Marine natural products and their potential applications as anti-infective agents. The Lancet 3: 338-348.
- Duckworth A.L., Battershill C.N., Schiel D.R. & Bergquist P.R. (1999) Farming sponges for the production of bioactive metabolites. Mem. Queensl. Museum 44: 155-159.
- Fanelli G., Portacci G. & Boero F. (2003) Patches of *Chondrilla nucula*: high-biodiversity spots within low-biodiversity barrens. EMBS 38. Book of abstracts: 127.
- Faulkner D.J. (2002) Marine natural products. Nat. Prod. Rep. 19: 1-48.
- Fell P.E. (1983) Porifera. In: Reproductive biology of invertebrates. Vol. I: Oogenesis, oviposition and oosorption. K.G. Aydodi & R.G. Aydodi (eds.) John Wiley & Sons, Chichester.: 1-29.
- Fell P.E. (1989) Porifera. In: Reproductive biology of invertebrates. Vol. IV, part A: Fertilization, development and parental care. K.G. Aydodi & R.G. Aydodi (eds.) John Wiley & Sons, Chichester: 1-44.
- Finks R.M. (1970) The evolution and ecologic history of Sponges during paleozoic time. Symp. Zool. Soc. London 25: 3-22.
- Frost TM (1980) Clearance determinations for the freshwater sponge *Spongilla lacustris*: effects of temperature, particle type and concentration, and sponge size. Arch. Hydrobiol. 99:330-356
- Gaino E. (1980) Indagine ultrastrutturale sugli ovociti maturi di *Chondrilla nucula* Schmidt (Porifera, Demosponge). Cah. Biol. Mar. 21: 11-22.
- Gaino E. & Pronzato R (1983) Étude en microscopie électronique du filament des formes étirées chez *Chondrilla*

- nucula* (Porifera, Demospongiae). Ann. Sci. Nat., Zool. 5: 221-234.
- Gaino E. & Burlando B. (1990) Sponge cell motility: A model system for the study of morphogenetic processes. Boll. Zool. 57: 109-118.
- Gaino E., Pansini M. & Pronzato R. (1977) Aspetti dell'associazione tra *Chondrilla nucula* Schmidt (Demospongiae) e microrganismi simbiotici (Batteri e Cianofite) in condizioni naturali e sperimentali. Cah. Biol. Mar. 18: 303-310.
- Gaino E., Burlando B. & Buffa P. (1987) Structural and ultrastructural aspects of growth in *Oscarella lobularis* (Porifera, Demospongiae). Growth 51: 451-460.
- Gaino E., Pansini M., Pronzato R. & Cicogna F. (1991) Morphological and structural variations in *Clathrina clathrus*. In: Fossil and recent sponges. Reitner J & Keupp H. (Eds.) Springer Verlag, Heidelberg: 360-371.
- Gaino E., Manconi R. & Pronzato R. (1995) Organisational plasticity as a successful conservative tactic in Sponges. Anim. Biol. 4: 31-43.
- Garrone R. (1974) Ultrastructure d'une "gemmule armée" planctonique d'éponge Clionidae. Arch. Anat. microsc. Morph. exp. 63: 163-182.
- Gerrodette T. & Flechsig A.O. (1979) Sediment-induced reduction in the pumping rate of the tropical sponge *Verongia lacunosa*. Mar. Biol. 55: 103-110.
- Gräffe E. (1882) Übersicht über die Fauna des Golfes von Triest, II. Coelenterata (Spongiarie), Arb. Zool. Institut Wien u. zool. Station Triest 4: 313-321.
- Hartman W.D. (1957) Ecological niche differentiation in the boring sponges (Clionidae). Evolution 11: 291-297.
- Hartman W.D. (1958) Natural History of the marine sponges of Southern New England. Bull. Peabody Mus. Nat. Hist. 12: 1-155.
- Hartman W.D. & Reiswig H.N. (1973) The individuality of sponges. In: Animal colonies, R.S. Boardman, H.A. Cheetham & W.A. Oliver (eds.), Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, USA: 567-584.
- Hentschel E. (1929) Die Kiesel- und Hornschwämme des Nördlichen Meeres. Fauna arctica, Jena, 5: 859-1042.
- Holme N.A. & Mc Intyre A.D. (1984) Methods for the study of marine benthos. Blackwell Scientific Publications. ISBN 0-623-00894-6
- Hooper J.N.A. & Lévi C. (1994) Biogeography of Indo-west Pacific sponges: Microcionidae, Raspailiidae, Axinellidae. In: Sponges in Time and Space. Van Soest R.W.M., van Kempen Th.M.G. & Braekman J.C. (Eds.): 191-212.
- Hooper J.N.A. & Van Soest R.W.M. (2002) Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges. Kulwer Academic/Plenum Publisher, New York: 1699 pp.
- Imhoff J.F. & Stöhr R. (2003) Sponge-associated bacteria: general overview and special aspects of bacteria associated with *Halichondria panicea*. In: Sponges (Porifera). W.E.G. Müller (Ed.). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg: 35-57.
- Klautau M., Russo C.A.M., Lazoski C., Boury-Esnault N., Torpe J. & Solé-Cava A. (1999) Does cosmopolitanism result from overconservative systematics? A case study using the marine sponge *Chondrilla nucula*. Evolution 53(5): 1414-1422.
- Kollmann H. & Stachowitsch M. (2001) Long-term changes in the benthos of the Northern Adriatic Sea: a phototranssect approach. Mar. Ecol. 22(1-2): 135-154.
- Kuzmanović N. (1985) Preliminarna Istraživanja dinamike vodenih masa Limskog kanala. Rep. "Institut Ruder Boskovic", Rovinj, Croatia.
- Leveaux M. (1941) Contribution à l'étude histologique de l'ovogénèse et de spermatogénèse des spongillidae. Ann. Soc. Roy. Zool. Belg. 72 : 251-269.
- Lévi C. (1956) Étude des *Halisarca* de Roscoff. Embriologie et systematique des démosponges. Arch. Zool. Exp. Gén. 93: 1-118.

- Maldonado M., Carmona M.C., Uriz M.J. & Cruzado A. (1999) Decline in Mesozoic reef-building sponges explained by silicon limitation. *Nature* 401: 785-788.
- Matricardi G. (1995) Reserch in progress on *Posidonia oceanica* in the Ligurian Sea, western Mediterranean. *Rapp. Comm. Mer Médit.* 34: 35.
- Mayer A.M.S. (1999) Marine Pharmacology in 1998: antitumoral and cytotoxic compounds. *Pharmacologist* 41(4): 159-164.
- Mercurio M., L. Scalera-Liaci & G. Corriero (2001) La fauna a poriferi del bacino della strea di Porto Cesareo (Le). *Biol. Mar. Medit.* 8 1): 403-412.
- Mojetta A. & Ghisotti A. (1994) Flora e Fauna del Mediterraneo. Mondadori A. (Ed.), Milano: 318 pp.
- Morri C., Nike Bianchi C., Damiani V., Peirano A., Romeo G. & Tunesi L. (1986) L'ambiente marino tra punta della Chiappa e Sestri Levante (Mar Ligure): profilo ecotipologico e proposta di carta bionomica. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ Genova* 52: 213-231.
- Müller W.E.G. & Müller I.M. (2003) Analysis of the sponge (Porifera) gene repertoire: implications for the evolution of the metazoan body plan. In: *Sponges (Porifera)*. W.E.G. Müller (Ed.). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg: 1-33.
- Müller W.E.G., Zahn R.K., Kurelec B. & Müller I. (1984) A catalogue of the sponges near Rovinj. *Thalassia Jugoslavica* 20 (1): 13-23.
- Müller W.E.G., Böhm M., Batel R., De Rosa S., Tommonaro G., Müller I.M. & Schröder H.C. (2000) *J. Nat. Prod.* 63: 1077-1081.
- Müller W.E.G., Eisinger M., Paster M., van Treek P., Schumacher H. (2002) New perspectives on farming of pharmaceutically relevant Mediterranean sponges. Preliminary results of aquaculture in the Bay of Calvi (Corsica). *Boll. Mus. Ist. Biol Univ. Genova* 66-67: 138.
- Nickel M. (2001) Cell biology and biotechnology of marine invertebrates – Sponges (Porifera) as model organisms. Thesis. *Arbeiten und Mitteilungen aus dem Biologischen Institut der Universität Stuttgart* 32: 154 pp.
- Nickel M. & Brümmer F. (2003) In vitro fragment culture of *Chondrosia reniformis* (Nardo, 1847). *J. Biotechnol* 100: 147-159.
- Nickel M., Ellwanger K. & Brümmer F. (2004) Rhythm and coordination of contractions in the sponge *Tethya wilhelma* (Porifera: Demospongiae). *Jahrestagung der Deutschen Zoologischen Gesellschaft, Berlin, 31. Mai.-4. Juni 2004, Abstractband*: 137.
- Novosel M., T. Bakran-Petricioli, A. Požar-Domac, P. Kružić & I. Radic (2002) The benthos of the Northern part of the Velebit channel (Adriatic Sea, Croatia). *Natura Croatica* 11(4):387-409.
- Opric M.M., Poznanovic S., Kljajic Z., Sladic D., Pupic G., Perunovic B. & Gasic M.J. (1996) Labelling of breast carcinoma, tyroid carcinoma and melanoma with manno- and galacto-specific lectins from marine invertebrates. *Europ. J. Histo.* 40(3): 211-218.
- Osinga R., Tramper J. & Wijffels R. (1999) Cultivation of marine sponges. *Mar. Biotechnol.* 1: 509-532.
- Palumbi S.R. (1986) How body plans limit acclimation: responses of a demosponge to wave force. *Ecology* 67: 208-214.
- Pansini M. (1986) Porifera. In: *Checklist delle specie della fauna italiana*. A. Minelli, S. Ruffo & S. La Posta (Eds.). Edizioni Calderini, Bologna: 1-23.
- Pansini M. & Pronzato R. (1985) Distribution and ecology of epiphytic Porifera in two *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows of Ligurian and Tyrrhenian Sea. *P.S.Z.N.I., Marine Ecology* 6(1): 111.
- Pansini M. & Pronzato R. (1990) Observations on the dynamics of a Mediterranean sponge community. In: *New perspective in sponge biology*. Rutzler K., Macintyre I.G., Smith K.P. (eds), Smithsonian Inst. Press., Washington D.C.: 404-415.

- Pawlik J.R., Chanas B., Toonen R.J. & Fenical W. (1995) Defenses of Caribbean sponges against predatory reef fish. I. Chemical deterrence. *Mar Ecol. Prog. Ser.* 127: 183-194.
- Pouliquen L. (1972) Les Spongiaires des grottes sous-marines de la région de Marseille. *Ecologie et systématique. Téthys* 3: 717-758.
- Proksch P., Ebel R., Edrada R.A., Wray V. & Steube K. (2003) Bioactive natural products from marine invertebrates and associated fungi. In: *Sponges (Porifera)*. W.E.G. Müller (Ed.). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg: 117-142.
- Pronzato R. (2002). A climber sponge. *Boll. Mus. Istit. Biol. Univ. Genova* 66-67: 159.
- Pronzato R., Bavestrello G., Cerrano C., Magnino G., Manconi R., Pantelis J., Sarà A. & Sidri M. (1998) Sponge farming in the Mediterranean Sea: new perspectives. *Memoirs of the Queensland Museum* 44: 485-491.
- Pronzato R., Bavestrello G., Cerrano C., Magnino G., Manconi R., Pantelis J., Sarà A. & Sidri M. (1999) Sponge farming in the Mediterranean Sea: new perspectives. *Mem. Queensl. Museum* 44: 485-491.
- Pronzato R., Cerrano C., Cubeddu T., Lanza S., Magnino G., Manconi R., Pantelis J., Sarà A. & Sidri M. (2000) Commercial sponges: fishing, farming and integrated aquaculture. *Biol. Mar. Med.* 7(2): 1-12.
- Pütter A. (1914) Der Stoffwechsel der Kieselschämme. *Z. Allg. Physiol.* 16: 65-114.
- Radović J. (2000) An Overview of the State of Biological and Landscape Diversity of Croatia with the Protection Strategy and Action Plans, Ministry of Environmental Protection and Physical Planning, Zagreb: 1-158.
- Rangel M., de Sanctis B., de Freitas J.C., Moutinho Polatto J., Granato A.C., Berlinck R.G.S. & Hajdu E. (2001) Cytotoxic and neurotoxic activities in extracts of marine sponges (Porifera) from southeastern Brazilian coast. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 262: 31-40.
- Rasmont R. (1961) Une technique de culture des éponges d'eau douce en milieu contrôlé. *Ann. Soc. R. Zool. Belg.* 91:147-156
- Rasmont R. & Schmidt I. (1970) Mise en évidence du caractère photo-sensible de la respiration des gemmules de Spongillidae (Porifera). *Comp. Biochem. Physiol.* 23: 959-967.
- Regoli F., Cerrano C., Chierici E., Bompadre S. & Bavestrello G. (2000) Susceptibility to oxidative stress of the Mediterranean demosponge *Petrosia ficiformis*: role of endosymbionts and solar irradiance. *Mar. Biol.* 137: 453-461.
- Reiswig H.M. (1971a) *In situ* pumping activities of tropical Demospongiae. *Mar. Biol.* 9: 38-50.
- Reiswig H.M. (1971b) Particle feeding in natural populations of three marine Demospongiae. *Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole* 141: 568-591.
- Reiswig H.M. (1975) Bacteria as food for temperate-water marine sponges. *Can. J. Zool.* 53: 582-589.
- Riedl R. (1966) *Biologie der Meereshöhlen*. Paul Parey, Hamburg und Berlin: 636 pp.
- Riisgård HU, Thomassen S, Jakobsen H, Weeks JM, Larsen PS (1993) Suspension feeding in marine sponges *Halichondria panicea* and *Haliclona urceolus*: effects of temperature on filtration rate and energy cost of pumping. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 96:177-188.
- Rützler K. (1965) Systematik und Ökologie der Poriferen aus Littoral-Schattengebieten der Nordadria. *Z. Morph. Ökol. Tiere* 55: 1-82.
- Rützler K., 1967 - Liste und Verteilung der Poriferen aus der Umgebung von Rovinj, *Thalassia Jugosl.*, 3: 79-87.
- Rützler K. (1970) Spatial Competition among Porifera: Solution by Epizoism. *Oecologia* 5: 85-95.

- Sará M. (1961) Zonazione dei Poriferi nella grotta della „Gaiola“. Ann. Ist. Museo Zool. Univ. Napoli 13:1-32.
- Sará M. (1964) Distribuzione ed ecologia dei Poriferi in ambienti superficiali della Riviera Ligure di Levante. Arch. Zool. It., 49: 181-248.
- Sará M. (1966) Studio quantitativo sulla distribuzione dei Poriferi in ambienti superficiali della Riviera ligure di Levante. Arch. Oceanogr. Limnol., 14: 365-386.
- Sará M. (1970) Competition and cooperation in sponge populations. Symp. zool. Soc. Lond. 25: 273-284.
- Sará M. (1971) Guida ai Poriferi della fauna italiana. Quad. Civ. Staz. Idrob. Milano 3-4: 53-97.
- Sará M. (1983) Porifera (Spongiaria, Schwämme). In: Fauna und Flora des Mittelmeeres, R. Riedl (Ed.). Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin: 127-148.
- Sará M. & Vacelet J. (1973) Écologie des Démospoges. In: Traité de Zoologies. Anatomie, Systematique, Biologie. P. P. Grassé (Ed.). Masson et C.ie Éditeurs, Paris. III (Spongiaires): 462-576.
- Scalera Liaci L. & Sciscioli M. (1975) Sexual reproduction of some marine Porifera. Pubbl. Staz. Zool. Napoli 39: 307-316.
- Scalera Liaci L, Sciscioli M & Matarrese A (1971) La riproduzione sessuale di alcuni Tetractinomorpha (Porifera). Atti Soc. Pelor. Sci. Fis. Mat. Nat. 17(3-4): 235-245.
- Schmidt O. (1862) Die Spongien des Adriatischen Meeres. Engelmann W. (Ed.), Leipzig: 88 pp.
- Schmitz FJ 1994. Cytotoxic compounds from sponges and associated microfauna. In: van Soest R.W.M., Kempen T.M.G., Braekman S.C. (Eds.). Sponge in time and space. Balkema, Rotterdam: 485-496.
- Schröder H.C., Kljajić Z., Weiler B.E., Gasić M., Uhlenbruck G., Kurelec B., Müller W.E.G. (1990) The galactose-specific lectin from the sponge *Chondrilla nucula* displays anti-human immunodeficiency virus activity *in vitro* via stimulation of the (2'-5')oligodeanelylate metabolism. Antiviral Chem. Chemo. 1(2): 99-105.
- Schröder H.C., Brümmer F., Fattorusso E., Aiello A., Menna M., de Rosa S., Batel R. & Müller W.E.G. (2003) In: Sponges (Porifera). W.E.G. Müller (Ed.). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg: 163-197.
- Schumacher H. (1991) Korallenriffe. Verbreitung, Tierwelt, Ökologie. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, Wien, Zürich: 275 pp.
- Sepčić K., Batista U., Vacelet J., Macek P. & Turk T. (1997) Biological activities of aqueous extracts from marine sponges and cytotoxic effects of 3-alkylpyridinium polymers from *Reniera sarai*. Comp. Bioch. Physiol. 117C: 47-53.
- Simpson TL (1968) The biology of the marine sponge *Microciona prolifera* (Ellis and Sollander). II. Temperature-related annual changes in functional and reproductive elements with a description of larval metamorphosis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2 : 252-277.
- Simpson T.L. (1984) The cell biology of sponges, pp. 1-662. Springer Verlag, New York
- Storr J.F. (1976) Ecological factors controlling sponge distribution in the Gulf of Mexico and the resulting zonation. In: Aspects of sponge biology. Harrison F.W. & Cowden R.R. (Eds.). Academic Press, New York, 1(13): 1-354.
- Thompson J.E. (1985) Exudation of biologically-active metabolites in the sponge *Aplysina fistularis*. I. Biological evidence. Marine Biology 88: 23-26.
- Thompson J.E., Walker R.P. & Faulkner D.J. (1985) Screening and bioassays for biologically-active substances from forty marine sponge specie from San Diego, California, USA. Mar. Biol. 88: 11-21.
- Tuzet O., Garrone R. & Pavans de Ceccatty M. (1970) Origine choanocytaire de la lignée germinale mâle chez la démosponge *Aplysilla rosea* Schulze (Dendroceratides). C.R. Acad. Sci., Paris 270: 955-957.

- Uriz M.J., Martin R., Turon X., Ballestreros E., Hughes R. & Acebal C. (1991) An approach to the ecological significance of chemically mediated bioactivity in Mediterranean benthic communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 70 : 175-188.
- Usher K.M., Sutton D.C., Toze S., Kuo J. & Fromont J. (2004) Sexual reproduction in *Chondrilla australiensis* (Porifera: Demospongiae). *Mar. Fresh. Res.* 55: 123-134.
- Uriz M.J., Martin R. & Rosell D. (1992) Relationships of biological and taxonomic characteristics to chemically mediated bioactivity in Mediterranean littoral sponges. *Mar. Biol.* 113: 287-297.
- Van Soest R., Picton B. & Morrow C. (2000) Sponges of the North East Atlantic. World Biodiversity Database, CD-ROM Series, Springer Verlag, UNESCO. Interactive CD-ROM.
- Vatova A (1928) Compendio della Flora e Fauna del Mare Adriatico presso Rovigno. *Mem. R. Comitato talassografico ital.* 143: 613 pp.
- Vicente V.P. (1990) Overgrowth activity by the encrusting sponge *Chondrilla nucula* on a coral reef in Puerto Rico. In: Rützler K (ed) *New perspectives in sponge biology*. Smithsonian Institution Press Washington DC London, pp 436-442
- Willenz P., Vray B., Maillard M.P., Van de Vyver G. (1986) A quantitative study of the retention of radioactively labelled *E. coli* by the freshwater sponge *Ephydatia fluviatilis*. *Physiol. Zool.* 59: 495-504
- Wulff J.L. (1990) Patterns and processes of size change in Caribbean Demosponges of branching morphology. In: *New perspectives in sponge biology*. K. Rützler (Ed.), Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.: 425-435.
- Wulff J.L. (1997) Mutualisms among species of coral reef sponges. *Ecology* 78(1): 146-159.
- Zavodnik D., 1971: Contribution to the dynamics of benthic communities in the region of Rovinj (Northern Adriatic) *Thalassia Jugoslavica* 7(2): 447-514.

Original articles

Taxonomy

Brümmer F., Nickel M. & Sidri M. (2003) Porifera (Schwämme).
In: Das Mittelmeer. Fauna, Flora, Ökologie. II/1. R. Hofrichter (Ed.) Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin: 302-383.

Ecology

Brümmer F., Calcinai B., Götz M., Leitermann F., Nickel M., Schillak L., Sidri M. & Zucht W. (2004) Overview on the Sponge Fauna of the Limski kanal, Croatia, Northern Adriatic Sea.
Bollettino dei Musei e degli Istituti Biologici dell'Università di Genova, 68: 119-227.

Zucht W., Sidri M. & Brümmer F. (2004) Dynamics of a sponge community in a semi-closed bay (Limski channel, Northern Adriatic Sea, Croatia).
Submitted to Marine Ecology.

Sidri M., Zucht W., Hamer B. & Brümmer F. (2004) *Chondrilla nucula* (Porifera, Demospongiae): abundance, coverage and distribution in the Limski kanal (Northern Adriatic Sea, Croatia).

Sidri M., Brümmer F., Milanese M., Nickel M. & Zucht W. (2004) Morphological plasticity, locomotion and epibiosis in the Mediterranean sponge *Chondrilla nucula* (Porifera, Demospongiae): an overview.

Reproduction

Sidri M., Milanese M. & Brümmer F. (2004) First observations on egg release in the oviparous sponge *Chondrilla nucula* (Mediterranean Sea)
Invertebrate Biology (in press)

Biotechnology

Milanese M., Chelossi E., Manconi R., Sarà A., Sidri M. & Pronzato R. (2003) The marine sponge *Chondrilla nucula* Schmidt, 1862 as an elective candidate for bioremediation in integrated aquaculture.
Biomolecular Engineering 20: 363-368.

(Porifera) Schwämme

BRÜMMER F., NICKEL M. & SIDRI M.

In: Das Mittelmeer. Fauna, Flora; Ökologie. II/1. R. Hofrichter (Ed.)
(2003) Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin: 302-383.

Franz Brümmer, Michael Nickel, Marzia Sidri

Porifera (Schwämme)¹

Book chapter from:

Robert Hofrichter (ed.)
Das Mittelmeer.
Band II/1



¹ **Brümmer F, Nickel M, Sidri M** (2003) Porifera (Schwämme). In: Hofrichter R (ed.) Das Mittelmeer. Band II/1 Bestimmungsführer. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 302-381.

8. Porifera (Schwämme)

Um ein Gerüst aus hornigen, kalkigen oder kieseligen Fasern oder Nadeln sind weiche Zellen gelagert, zwischen denen wimpernde Kanäle frei bleiben. Durch feine verschließbare Öffnungen der Oberhaut strömt das Wasser in die Kanäle, wird aber durch einzelne größere Öffnungen wieder entfernt. Die meisten im Meer.

Samuel Schillings *Kleine Schul-Naturgeschichte*, 17. Bearbeitung, Buchhandlung Hirt, Breslau, 1881.

Charakteristik: Aquatische, festsitzende echte Vielzeller (Metazoa) mit einer Vielzahl von unregelmäßigen vielgestaltigen Erscheinungsformen. Zählen zu den ältesten mehrzelligen Organismen: 600 bis 700 Millionen Jahre alte Spicula-Reste fossiler Schwämme sind bekannt. Besitzen eine hohe Plastizität; die Gestalt ist nur selten artspezifisch festgelegt. Schwammkörper aus unterschiedlichen epithelartigen Zelllagen aufgebaut ohne eigentliche Organe, ohne Blutgefäße und ohne Nervensystem. Unterschiedliche, häufig undifferenzierte, zum Teil frei bewegliche (amöboide) Zelltypen verschiedenster Funktionen. Zur Verfestigung des Körpers Skelettelemente aus Kalk- bzw. Kieselnadeln und/oder Sponginfasern. Schwämme erzeugen ständigen Wasserstrom durch den Körper. Nahrungsaufnahme über Endocytose. Aktive Filtrierer. Als Partikelfresser von großer Bedeutung für das marine Ökosystem. Sexuelle Vermehrung über unterschiedliche Larvenformen oder asexuelle durch Knospung. Auch Ausbildung von Dauerstadien.

Umfang und Verbreitung: Etwa 7 500–8 000 rezente Arten sind beschrieben. Nach Schätzungen könnte es insgesamt 15 000–25 000 Schwammarten geben. Es sind meist Meeresbewohner; nur etwa 150 Arten kommen im Süßwasser vor. Im Mittelmeer sind über 600 Arten nachgewiesen, davon 614 Demospongiae, 8 Hexactinellida und 44 Calcarea. Wie in den Diagnosen zu diesen Taxa dargestellt, sind aber viele Arten taxonomisch unsicher.

Die Schwämme besiedeln, mit Ausnahme der im Süßwasser vorkommenden Arten, die Meere in allen geografischen Breiten. Im Brackwasser fehlen Kalkschwämme (Calcarea) und die Hornschwämme (Hexactinellida); auch die Hornschwämme (Demospongiae) sind hier selten.

Schwämme treten bevorzugt in flacheren Küstenregionen auf. So findet man die Kalkschwämme in den flachen Bereichen des Infralitorals ebenso wie die Hornschwämme, deren Hauptverbreitungsgebiet in den Tiefen zwischen 15 und 60 Meter liegt. Aber auch die Meeresbereiche bis in mehrere tausend Meter Tiefe weisen Vertreter der Schwammfauna auf. Typische Tiefseebewohner unter den Schwämmen sind vorwiegend Vertreter der Hexactinellida.

Lebensweise: Die Mehrzahl der Schwämme heften sich an festen Unterlagen (Hartsubstrat) an. So finden wir Schwämme zum Beispiel auf Felsen und Steinen, an Hafenanlagen, auf Stahlträgern, an Unterwasserpflanzen, auf Krebspanzern und Muschelschalen. Wir finden sie in lichtdurchfluteten Zonen genauso wie an Überhängen und in Höhlen. Die Änderung des Standortes bedingt zwangsläufig auch Änderungen der Strömungsverhältnisse, der Wassertemperatur und des Lichtregimes. Folge davon können Änderungen der Farbe und z. B. auch der Wuchsform sein (Abb. 8.1). Ihre Anzahl scheint unüberschaubar zu sein: Schwämme können als dünne Krusten ausgebildet sein oder über eine schlauch-, becher- oder trichterförmige Gestalt zu einer beachtlichen Größe heranwachsen. Baum-, geweih- und strauch-

8.1 Rechte Seite: Dichter tierischer Aufwuchs im felsigen Circalitoral von Giglio in 45 m Tiefe. Es ist eine typische Lebensgemeinschaft der Schwachlichtzone des Benthals. Der Schwamm *Haliclona mediterranea* weist in diesem Bereich trompetenförmig ausgebildete Oscula auf. Unten: *Haliclona mediterranea* aus geringerer Tiefe und mit röhrenförmigem Habitus. Die zwei Bilder derselben Art dokumentieren die morphologische Plastizität der Schwämme in Abhängigkeit von ökologischen Bedingungen.



förmige Formen sind ebenso keine Seltenheit. Neben der Gestaltvielfalt sind die kräftigen Farben – rot, gelb, blau, weiß – der Schwämme auffallend. Wie wir später noch sehen werden, eignen sich diese Merkmale wenig zur näheren Bestimmung der Schwämme, da sie hauptsächlich, wie bereits erwähnt, durch Umweltbedingungen verursacht werden und/oder aber von einzelligen, symbiontischen Algen oder Cyanobakterien herrühren.

Spezialisten unter den Schwämmen gelingt es, auch schlammige Böden zu besiedeln oder sogar im Gestein zu leben. So verankern sich Glasschwämme mit Nadelbündeln im weichen Schlamm. Bohrschwämme vermögen mit ihren Ätzzellen winzige Spalten ins Gestein zu treiben und darin den Schwammkörper anzusiedeln (vgl. Exkurs S. 326).

Durch die sessile Lebensweise muss für den Herantransport von Nahrung gesorgt werden. Als Nahrung dienen schwebende Partikel im Wasser (Suspensionsfresser). Hierzu zählen neben einzelligen Algen und Bakterien auch organischer Abfall (Detritus). Zur Nahrungsaufnahme werden

diese Partikel über einen ständigen Wasserstrom eingestrudelt (innere Strudler). Dabei gelangt die Nahrung über ein Kanalsystem in die Geißelkammern. Von dort werden die Nahrungsreste in die ausführenden Kanäle transportiert, sowie verdauliche Bestandteile an spezielle Zellen weitergegeben und verdaut.

Schwämme sind nichtselektive, aktive Filtrierer, d. h. sie strudeln sämtliches Umgebungswasser ein. Eine mechanische Größenselektion erfolgt durch die Öffnungsweite der Poren, die bei etwa 50 μm liegt, sowie durch die Geißelkragen, die ein Filtriernetz mit ca. 0,2 μm Maschenweite aufbauen. In den Zellen findet allerdings eine Selektion zwischen verdaulichen und unverdaulichen Stoffen statt. Letztere werden über das Atrium und die Ausströmöffnungen (Oscula) mit dem Wasserstrom aus dem Schwamm hinaus geströmt und so entsorgt. Um das filtrierte und mit Abfällen versehene Wasser nicht sofort wieder einzusaugen, sind Schwämme in der Lage, ihre Abwässer unter großem Druck weit aus dem Osculum auszuschleudern. Damit wird eine Zufuhr



unverbrauchten Frischwassers gewährleistet. Über das Wasserleitungssystem durch den Schwamm wird nicht nur die Nahrung und die Exkretion erledigt, sondern auch der lebensnotwendige Sauerstoff herbeitransportiert. Der Gasaustausch erfolgt über die gesamte Innen- und Außenfläche der Tiere. Auch für den Nadelaufbau wichtige Stoffe wie Kieselsäure, Kalk oder Jod werden so aufgenommen.

Über eine ganz andere Art des Nahrungserwerbes verfügt der Höhlenschwamm *Asbestopluma hypogea* und weitere Vertreter der Familie Cladorhizidae. In besonders geformten Schwammnadeln verfangen sich zum Beispiel Kleinkrebschen, die dann vom Schwamm umschlossen und verdaut werden (vgl. Exkurs S. 349).

• **Dauerstadien und Ortsbewegung:** Verschlechtern sich die Lebensbedingungen, etwa durch zu hohe Sedimentfracht und Verstopfen der Poren und des Filtrierapparates, können Schwämme verschiedenartig auf solche neuen Gegebenheiten reagieren. Was zuerst wie eine reine Reduktion des Volumens aussieht, kann bis zum Zerfall des Schwammes in kleine Reduktionskörper führen. Diese können zu einem späteren Zeitpunkt wieder auskeimen. Einige marine Gattungen (*Haliclona*, *Suberites*) bilden wie die Süßwasserschwämme spezielle trockenresistente Dauerstadien (Gemmulae) aus, die diese unwirtliche Zeit überdauern. Die Bildung von Gemmulae bringt bei Süßwasserschwämmen die Auflösung des gesamten Schwammes mit sich. Neben undifferenzierten Archaeocyten beinhalten diese Dauerstadien nahrungreiche Zellen ebenso wie Microscleren, die zur Stabilisierung und als Fraßschutz dienen. Darüber hinaus tragen die Gemmulae nicht nur zur lokalen Vermehrung, sondern auch zur Verbreitung des Schwammes bei, in dem sie im Gefieder von Wasservögeln haften bleiben oder mit der Strömung verdriftet werden.

Neben der reinen Kontraktion als Reizantwort auf Licht- und Strömungsänderung, wie es zum Beispiel bei verschiedenen Kalkschwämmen wie *Chlathrina* beobachtet werden kann, und „Gewebeumlagerungen“ bei manchen Hornschwämmen wie *Chondrilla*, sind einige wenige Arten (z. B. einige *Tethya*-Arten) zu einer echten Ortsbewegung

8.2 a) Bewimperte Parenchymula-Larve eines Schwammes mit etwa 300 µm Durchmesser. Durch die 1 bis 3 Tage im Plankton treibenden Larven können sich Schwämme ausbreiten und neue Bereiche besiedeln. **b)** Schnitt durch einen Jungschwamm (*Demospongiae*), auf dem der *Leucon*-Organisationstyp zu erkennen ist. Das Wasser tritt durch zahlreiche Poren (Ostien) in den Schwammkörper ein, strömt durch Kanäle und die entscheidenden Kragengeißelkammern und verläßt den Schwammkörper wieder durch eine oder mehrere große Öffnungen, die Oscula. Nach van Soest, aus Westheide und Rieger (1996).

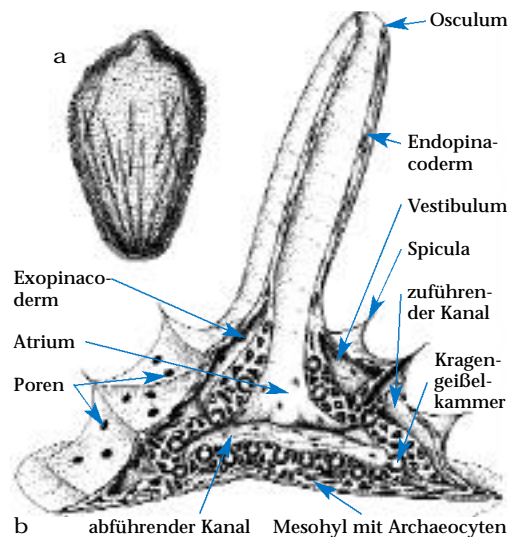
von bis zu mehreren Zentimetern pro Tag fähig. Noch ist allerdings unklar, wie der Bewegungsmechanismus bei diesen Schwämmen funktioniert.

• **Bioaktive Substanzen und assoziierte Organismen:** Unter den marinen Invertebraten sind die Schwämme die ergiebigste Quelle an bioaktiven Substanzen von hohem pharmazeutischem Wert. Für den festsitzenden Schwamm selbst dienen diese „Wirkstoffe“ als Fraßschutz vor den Fressfeinden. Es bleibt allerdings häufig unklar, wo die Substanzen im Schwamm gebildet werden: von den Schwammzellen selbst oder von den zahlreichen mit dem Schwamm assoziierten Organismen (Abb. 8.4).

Die Biomasse der Mikrosymbionten kann im Extremfall bis 50 % und mehr des Schwammkörpers ausmachen. Vor allem Bakterien, Cyanobakterien, einzellige Grünalgen und (wahrscheinlich; vgl. Abb. 4.5) Pilze zählen hierzu. Diese kommen als Produzenten der bioaktiven Stoffe ebenso infrage wie als Nährstofflieferanten. Interessant hierbei ist, dass Schwämme nur partikuläres Material phagozytieren, Bakterien aber hauptsächlich gelöste Stoffe aufnehmen. Photoautotrophe Symbionten können den Schwamm ähnlich wie bei Steinkorallen mit organischen Stoffen versorgen.

Schwämme bilden durch ihre Hohlräume spezifische Lebensräume für einige marine Tiergruppen, wie z. B. Schlangen-, Haarsterne und Polychaeten. Fast immer sind Schwämme von Bakterien und einzelligen Organismen besiedelt.

• **Regeneration, Fortpflanzung und Entwicklung:** Schwämme können sich ungeschlechtlich und geschlechtlich fortpflanzen, ungeschlechtlich z. B. durch Knospung und Fragmentierung. Eine weit verbreitete asexuelle Struktur sind die Gemmulae. Bemerkenswert ist die große Regenerationsfähigkeit: Aus kleinen Fragmenten eines



Schwammkörper können sich nach Zerfall wieder neue Individuen bilden. Dies nutzt man auch bei der Badeschwammzucht aus. Man schneidet einen Schwamm in kleine Stückchen, fädelt diese auf ein Seil und hängt es zum Wachsen ins Wasser. Selbst aus Einzelzellsuspensionen bilden sich wieder neue funktionsfähige Jungschwämme. Die geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt über Spermien und Eier, die aus Choanocyten oder Archaeocyten hervorgehen. Die Befruchtung erfolgt im Innern des Schwammes. Schwämme sind hermaphrodit. Mit Ausnahme einiger weniger oviparer Arten (Gattung *Cliona*) vollziehen sich Furchung bis zum Blastula-Stadium ebenfalls im Schwamm.

Es werden zwei Larventypen ausgebildet: Einerseits entsteht bei den Kalkschwämmen und einigen Hornschwämmen (z. B. *Oscarella*) aus der Blastula eine einschichtige Amphiblastula-Larve, die bereits eine morphologische Polarisation zeigt (Abb. 8.5). Der beim Schwimmen vordere (apikale) Abschnitt besteht aus begeißelten Zellen, der hintere (adapikale) Teil weist große granuliert Zellen auf. Diese Entwicklung wird als Demospongea-Homoscleromorpha-Typ bezeichnet und entspricht in seinen Grundzügen auch dem Calcareo-Calcareonea-Typ. Bei den Hornschwämmen und einigen Kalkschwämmen bildet sich aus der begeißelten Blastula eine zweischichtige Parenchymula-Larve, die sehr der Planula-Larve der Cnidaria ähnelt (Abb. 8.2a). Sie verlässt den „Mutterschwamm“ und wird für höchstens 24 Stunden freischwimmend. Da dieser Entwicklungstyp bei den meisten Hornschwämmen realisiert ist, nennt man ihn „Normaler Demospongea-Typ“. Das kurze Larvenstadium ist die einzige freischwimmende Phase im Leben eines Schwammes.

Trotz der unterschiedlichen Larven mit unterschiedlichen Zellschichtanordnungen erfolgt die

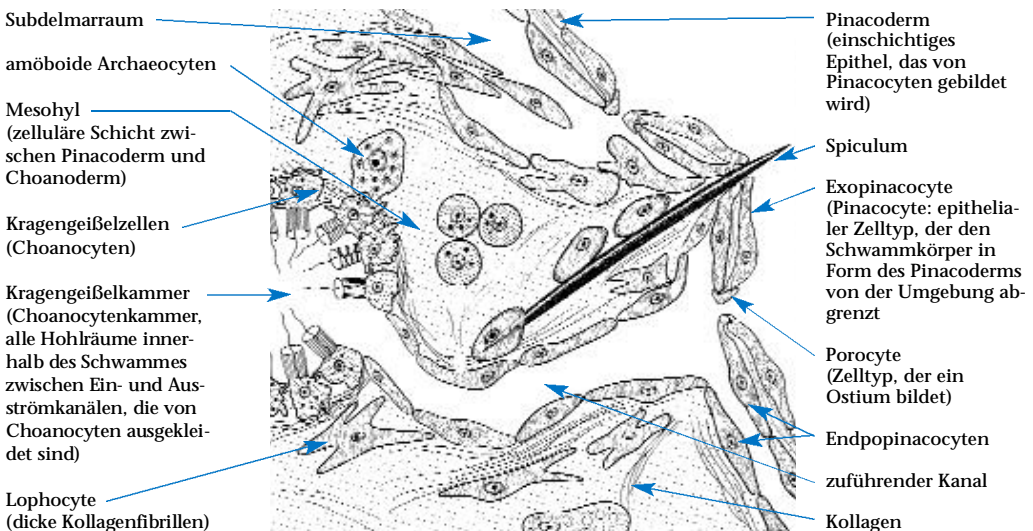
Metamorphose einheitlich nach dem Festsetzen auf einer Unterlage mit dem Vorderende. Es kommt zu einer Schichtumkehr. Die äußeren begeißelten Zellen gelangen nach Geißelverlust ins Innere. Dort bilden sie wieder ihre Geißeln und einen Plasmakragen aus. Sie werden zu Choanocyten und bilden das Choanoderm. Die geißellosen inneren Larvenzellen wandern nach außen und bilden das Pinacoderm. Am oberen Ende bricht das Osculum durch und im Bereich des Mesohyl wird sich später das Wasserkanalsystem ausbilden.

Morphologie: • Aufbau des Schwammkörpers:

Die äußere Zellschicht (Pinacoderm) ist eine sehr dünne, einschichtige Lage aus Pinacocyten (Abb. 8.2 b und 8.3). Auch größere Kanäle werden damit ausgekleidet. Je nach ihrer Lage im Schwammkörper werden die Exopinacocyten außen, die Basopinacocyten am Untergrund und Endopinacocyten in den Kanälen unterschieden. Diese primitive Organisation findet sich auch auf zellulärer Ebene wieder. Der Schwammkörper ist eine Aggregation differenzierter und undifferenzierter, totipotenter Zellen (Archaeocyten), die sich in andere Zelltypen umwandeln können. Zudem sind die Schwammzellen zum Ortswechsel innerhalb des Körpers befähigt, d. h. neben einem Funktionswechsel der Zelle kann es auch zu einer Lageveränderung kommen.

Die äußere Schicht ist von vielen Poren (Ostia) durchbrochen, die bei den meisten Hornschwämmen außerhalb der Exopinacocyten liegen. Bei Kalkschwämmen werden die Ostia von speziellen Porocyten gebildet. Durch diese Poren strömt

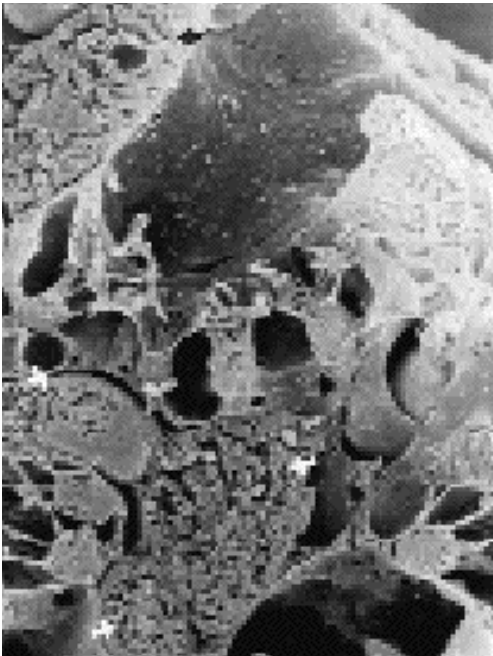
8.3 Zelltypen und Organisation des Schwammkörpers. Pfeile verdeutlichen die Richtung des einströmenden Wassers bis zur durch Choanocyten ausgekleidete Kragengeißelkammer. Nach van Soest, aus Westheide und Rieger (1996).



Wasser ein und sammelt sich im Zentralraum. Von dort aus verlässt das Wasser durch eine zentrale Ausströmöffnung (Osculum) den Schwamm. Der Wasserstrom durch die Poren über den Zentralraum zum Osculum wird durch die Krangeißelzellen (Choanocyten) erzeugt, die in Krangeißelkammern organisiert sind. Hier stehen bis zu mehrere Hundert der Choanocyten dicht beieinander. Sie bilden gleichzeitig den Übergang zwischen einführendem (Prosopyle) und ausführendem Kanal (Apopyle). Choanocyten besitzen eine Geißel, die zwei flügelartige Verbreiterungen („vanes“) trägt. Der koordinierte Schlag der Geißeln ergibt den gerichteten Wasserstrom. Umstanden wird die Geißel von einem Kranz aus 30–40 Mikrovilli, die ihrerseits kontraktile und von einer durchlässigen Schleimschicht umhüllt sind. An diesem so genannten Plasmakragen bleiben Nahrungspartikel kleben, die durch den von dem Geißelschlag erzeugten Wasserstrom heransportiert werden.

Mit dem Plasmastrom wird die Nahrung an die Zelloberfläche befördert und phagocytär aufge-

8.4 In Schwämmen finden sich zahlreiche symbiotische Partner. Die rasterelektronenmikroskopische Aufnahme zeigt bakterielle Symbionten im Mesohyl eines Schwammes (weiße Pfeile). Schwämme phagocytieren nur partikuläres Material, Bakterien können auch gelöste Stoffe aufnehmen. Photoautotrophe Symbionten können den Schwamm wie Steinkorallen mit organischen Stoffen versorgen. Foto: K. Rützler (Washington), aus Westheide und Rieger (1996).

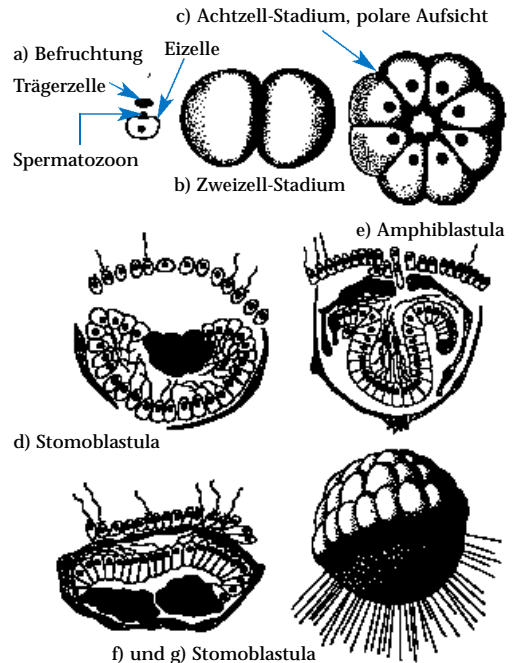


nommen und an Amöbocyten zur Verdauung weitergegeben. Der Ein- bzw. der Ausstrom und damit die Nahrungsaufnahme kann über den Durchmesser der Porocyte bzw. über den Geißelschlag und den Durchmesser des aus der Kammer abführenden Kanals (Apopyle) gesteuert werden.

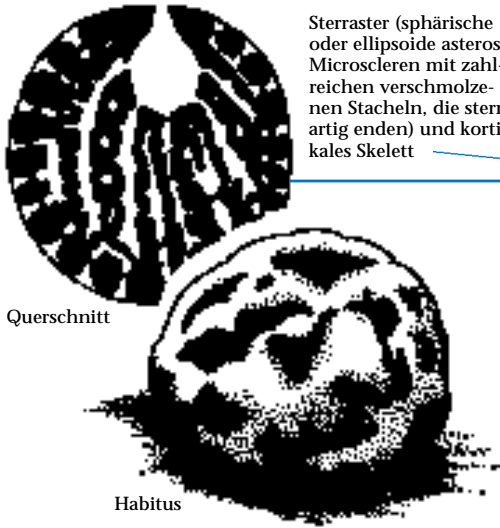
Bei den Glasschwämmen ist sowohl das Außenepithel als auch das Choanoderm ein komplexes netzförmiges Syncytium.

Grundsätzlich werden drei Bauplantypen unterschieden (Abb. 8.7): Der Ascon-Typ, nur bei Kalkschwämmen vorkommend, stellt den einfachsten Bau dar, mit einer dünnen Außenwand und einer großen, zentralen Geißelkammer mit einem distalen Osculum. Bei Schwämmen, die nach dem Sycon-Typ aufgebaut sind, sind die Geißelkammern radiär um den zentralen Sammelraum angeordnet. Auch der Sycon-Typ ist nur bei einigen Kalkschwämmen verirklicht. Die überwiegende Zahl von Schwämmen weisen einen Bauplan des Leucon-Typs auf. Zahlreiche Geißelkammern sind im Mesohyl eingelagert und münden jeweils in ein weit verzweigtes Kanalsystem, das schließlich im Atrium und dem Osculum endet. So können auch dickwandige Schwämme alle Bereiche gut mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgen.

8.5 Entwicklung von *Sycon raphanus* mit Bildung einer Amphiblastula-Larve. d) Stomoblastula mit differenzierten Makromeren und nach innen begeißelten Mikromeren. f) und g) Stomoblastula mit nach außen begeißelten Mikromeren. Nach van Soest, aus Westheide und Rieger (1996).

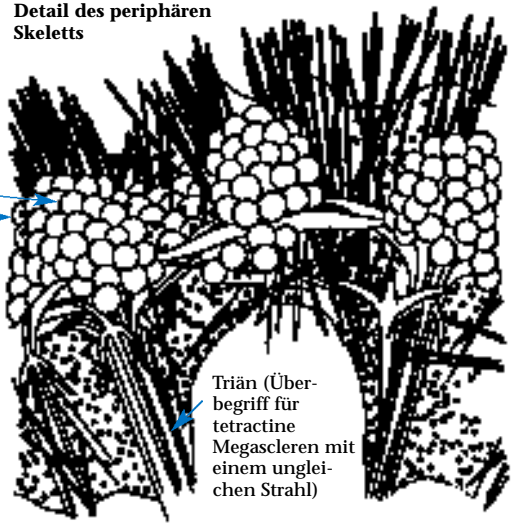


radiärer Bau von *Geodia* sp.



Sterraster (sphärische oder ellipsoide asterose Microscleren mit zahlreichen verschmolzenen Stacheln, die sternartig enden) und kortikales Skelett

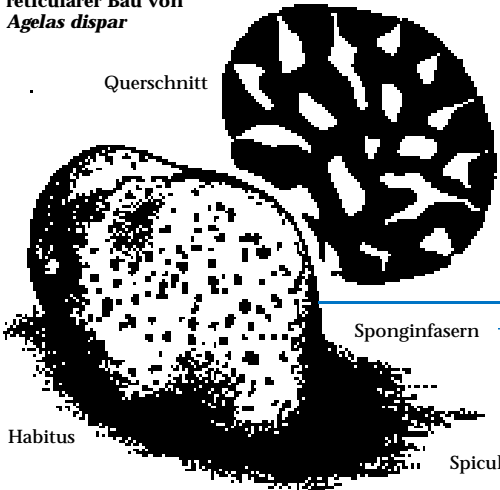
Detail des peripheren Skeletts



Triän (Überbegriff für tetractine Megascleren mit einem ungleichen Strahl)

Detail des Skeletts

reticularer Bau von *Agelas dispar*



Querschnitt

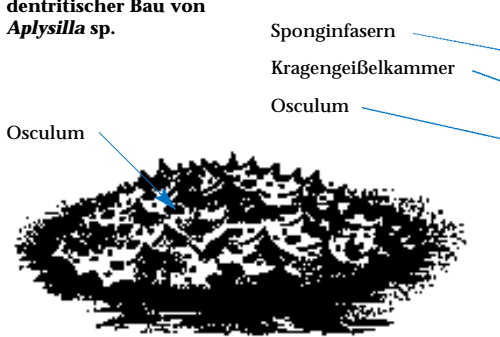
Habitus

Sponginfasern

Spicula



dentritischer Bau von *Aplysilla* sp.



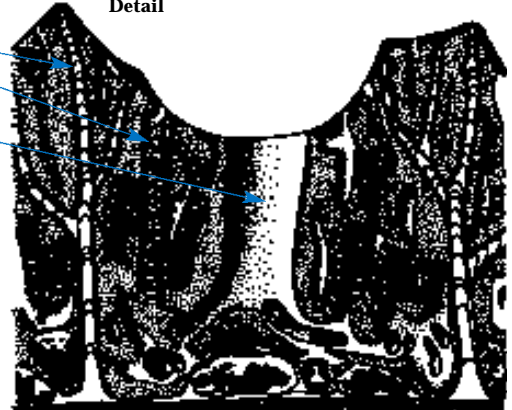
Osculum

Sponginfasern

Kragengeißelkammer

Osculum

Detail



8.6 Skelettarchitektur der Demospongiae. Nach von Soest, aus Westheide und Rieger (1996).

• **Elemente des Skeletts:** Das Skelett (Abb. 8.6) besteht aus vielgestaltigen Nadeln, die einen wirksamen Schutz gegen das Gefressenwerden darstellen und als echtes Stützskelett benötigt werden. Sie werden entweder aus Kalk (CaCO_3) oder aus Kieselsäure (SiO_2) aufgebaut. Die Kombination unterschiedlich geformter Nadeltypen ist taxonspezifisch und wird zur Artbestimmung herangezogen. Prinzipiell wird zwischen den größeren Megaspiculen (1 mm bis 100 μm lang) und den Microscleren (meist kleiner 100 μm) unterschieden. In Hornschwämmen werden die Kieselspicula von spezialisierten Zellen (Scleroblasten) intrazellulär gebildet. Diese legen zuerst einen organischen Faden (Axialfilament) an, der von einer Membran umschlossen ist. Innerhalb dieser Umhüllung wird dann Silikat in Schichten angelagert. Im Querschnitt ist das Axialfilament der Demospongiae drei- oder sechseckig, das der Hexactinellida viereckig. Kalkspicula werden extrazellulär aufgebaut. Sie besitzen kein Axialfilament. Die Anzahl der beteiligten Scleroblasten bestimmt dabei die Zahl der Strahlen des Spiculums. Nadeln dienen nicht nur als Stütze, sondern auch zur Verankerung und als „Beutegreifer“. Selbst als Lichtleiter in tiefer ge-

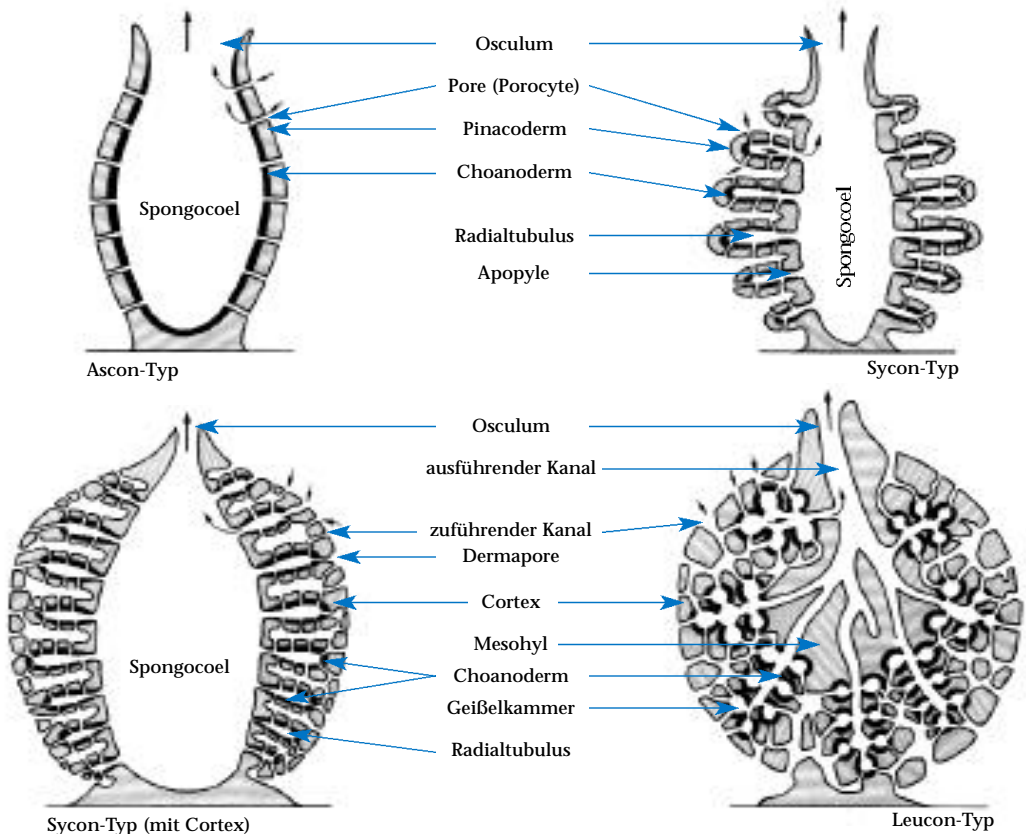
legenes Schwammgewebe werden sie eingesetzt. Neben dem mineralischen Skelett besitzen Schwämme auch organische Komponenten, die ebenfalls Stützfunktionen übernehmen. Hierzu zählen hauptsächlich fibrilläres Kollagen und Spongin als jodreiche Variante dieses Proteins. Eine Gruppe der Schwämme besitzt kein mineralisches Skelett mehr. Dazu gehören auch die Badeschwämme, von denen das speziell präparierte Skelett genutzt wird.

Systematik und Phylogenie: Die Klassifikation der Porifera gründet sich hauptsächlich auf die Analyse der Skelettnadeln, der Spicula, sowie auf zellmorphologische und embryologische Daten. Die Systematik der Porifera ist im Umbruch begriffen (vgl. Exkurs S. 338).

• Klasse: Calcarea (Kalkschwämme): Besitz von Kalknadeln; Amphiblastula-Larve.

• Klasse: Demospongiae (Horn- und Kieselschwämme): Besitz von Kieselnadeln und Hornskelett; nie Kalknadeln. Achsenkanal der Kieselnadeln drei- oder sechseckig. Parenchymula-Larve.

• Klasse: Hexactinellida (Glasschwämme): Kein äußeres Pinacoderm, typisches Trabekelnetz; Achsenkanal viereckig. Parenchymula-Larve.



8.7 Baupläne der Schwämme: Ascon-, Sycon- und Leucon-Bauplan der Schwämme. Nach Möhn (1984).

Porifera-Glossar

Dieses Glossar führt in die umfangreiche Begriffswelt der Schwämme ein. Neben den speziellen Begriffen für Formen, Bautypen, Zellen und Funktionsbereiche innerhalb des Schwammkörpers sind vor allem ausgewählte Namen der unzähligen Spiculatypen aufgeführt. Eine grafische Tabelle zur Erklärung der Benennung von Spicula ist im Anschluss an das Glossar zu finden.

- Acantho-:** Präfix für Dornen tragende Sclere.
- Acanthostrongyle:** bedornte Strongyle.
- Acanthostyle:** bedornte Style.
- Acanthoxe:** bedornte Oxe.
- Acanthotornote:** bedornte Tornote.
- Actinocyte:** kontraktile Zelle, oft als Myocyte bezeichnet.
- Ala, -ae:** Schaufel-, spatel- oder flügelartige dünne Verbreiterung am Ende einer Chela.
- Amphiaster:** Aster (Microsclere) mit stachelartigen Strahlen an beiden Enden des Schafts, die kürzer sind als dieser.
- Amphiblastula:** Larventypus; hohl und ovoid, anterior begeißelt, posterior unbegeißelt, typisch für Calcaronea (Calcarea).
- Amphidisc:** stabförmige Microsclere mit unregelmäßigen Scheibchen an den Enden.
- anastomosierend:** sich wiederholt verzweigend und wiedervereinigend, in Bezug auf Skelett oder Wuchsform.
- Anatriaen:** Triaene mit stark zurückgebogenen Claden.
- anchorat:** ankerförmig.
- Aniso-:** Präfix für „ungleich“.
- Anisochela, -ae:** Chela mit ungleich großen Alae an den Enden.
- Anisotornote:** Tornote mit ungleichen Enden.
- Anthaster:** Euaster mit zähnenartigen oder spinulierten, manchmal fein aufgespalteten Anhängen an den Spitzen der Strahlen.
- Anthospheraster:** sphärische Euaster mit Spitzen, die Anthastern gleichen.
- Apopyle:** Öffnung der Choanocytenkammern in den Ausströmkanal, die von spezialisierten Apopylzellen gebildet wird.
- Apopylzelle:** Zellen, die eine Apopyle bilden.
- Archaeocyte:** amöboide phagocytotisch aktive Zelle mit großem Nucleus.
- Axialfilament:** organischer Kern, um den herum die aus Silikat aufgebauten Spicula organisiert sind.
- Axialkanal:** hohles Zentrum eines Spiculums, in dem das Axialfilament enthalten ist.
- arcuat:** bezeichnet eine tridentate Isochela, deren Alae deutlich vom Schaft abstehen, normal nach außen gekrümmt, oft bogenartig.
- asconoid:** dem Ascon-Typ zugehörig.
- Ascon-Typ:** Bautypus, bei dem das gesamte Kanalsystem von Choanocyten ausgekleidet ist.
- Aster:** polyaxone Microsclere mit Strahlen, die von einem Zentrum (Euaster) oder einem kurzen Stab (Streptaster) ausgehen.
- asteros:** in Form einer Aster.
- astroclon:** Gestalt mit radiären unregelmäßigen Armen, meist in Bezug auf Desmata.
- Aspidaster:** schildförmige Euaster.
- Atrium:** zentrale Höhlung vor dem Osculum.
- außeraxiales Skelett:** peripheres Skelett, das eine axiale, verdichtete Region umgibt.
- Bipocillum, -ae:** stark modifizierte Anisochela mit fusionierten Alae, die durch einen kurzen Schaft verbunden sind.
- Birotulate:** Chela mit geradem Schaft und regenschirmartigen Enden.
- Calcarea:** Kalkschwämme (Klasse) mit Kalknadeln; beinhaltet die Unterklassen Calcaronea und Calcinea.
- Calcaronea:** Unterklasse der Calcarea.
- Calcinea:** Unterklasse der Calcarea.
- Calthrope:** gleichwinklige Tetraxone mit gleichlangen Strahlen.
- Candelaber:** Calthrope, deren vier Strahlen aufgespalt sind („kerzenleuchterartig“).
- centrangulat:** scharf und deutlich gebogen in der Mitte.
- Centrotriaene:** Triaene mit drei Claden und zwei gegenüberliegenden Rhabden.



centrotylot: mit medianer globulärer Schwellung (tyl-).

Chela, -ae: Microsclere mit meist gekrümmtem Schaft und gekrümmten Alae an den Enden; abgeleitet vom Typ der Sigma.

Chiaster: kleine Strongylaster.

Choanocyte: auch Kragengeißelzelle genannt; begeißelte mit Microvilli-Kranz ausgestattete Zelle, die den Wasserstrom innerhalb des Schwammes aktiv erzeugt.

Choanocytenkammern: Hohlräume innerhalb des Schwammes zwischen Ein- und Ausströmkanälen (Kanalsystem), die von Choanocyten ausgekleidet sind (Abb. 8.8).

Choanoderm: von Choanocyten gebildete Zellschicht.

Choanosom: gesamter Bereich, in dem Choanocytenkammern lokalisiert sind, wird vom Ectosom überlagert.

choanosomal: dem Choanosom zugehörig.

Clade: jeder Strahl oder axiale Ast eines Spiculums, der über eine Achse oder einen Axialkanal verfügt. Begrifflich hauptsächlich genutzt, um Teile von Triänen zu beschreiben.

Cladom: Alle Claden einer Triäne oder eines triänen-artigen Spiculums zusammengenommen

Clavidisc: ringförmige Microsclere, die aus zwei Diancistern zusammengesetzt ist.

Conulus, -i: kleine, kegelförmige Erhebungen an der Oberfläche von manchen Schwämmen, die durch das darunter liegende Skelett ausgebildet werden.

Cortex: oberflächlicher verdickter Bereich („Rinde“) eines Schwammes, der sich deutlich vom Choanosom abgrenzt; meist durch ein spezielles organisches oder anorganisches Skelett verstärkt (Ectosom).

Demospongiae: Hornkiesel Schwämme (Klasse).

Desma, -ata: vielfältige, unregelmäßig geformte, warzige Megasclere von lithistiden Schwämmen, die durch hypertrophische Silikatsekretion miteinander an den Spitzen verschmelzen; viele unterschiedliche Typen.

desmoid: in Form einer Desma.

Deuteroclade: distaler Ast der Verzweigung einer Clade.

diactin: mit den Eigenschaften einer Diactine.

Diactine: monaxonos Spiculum, beidseitig mit gleichförmigen Enden (Oxe, Strongyle, Tylole)

Diaene: Reduzierte Triäne mit lediglich zwei Claden.

Diancister: Microsclere mit zwei stark abgeboenen hackenartigen, messerförmig zulaufenden Spitzen.

Dichotriaene: Triäne mit gegabelten, doppelendigen Claden.

Didiscorhabde: Discorhabde.

Diode: Diactine mit mittigem doppelt geknicktem Knoten.

Diplaster: asterose Microsclere, deren Strahlen von zwei distalen Zentren ausgehen, die in geringem Abstand zueinander liegen.

Discorhabde: Microxe mit zwei Scheiben.

Ectosom: oberflächennahe Schicht des Schwammes, grenzt sich vom Choanosom ab.

ectosomal: dem Ectosom zugehörig.

Endosom: Choanosom.

endosomal: choanosomal.

endolithisch: im Steinsubstrat bohrend (Bohrschwämme; vgl. Exkurs S. 326).

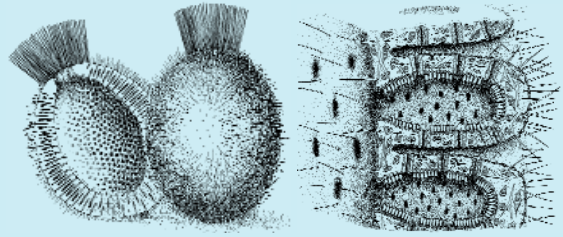
Endopinacocyte: Pinacocyte.

Euaster: Sammelbegriff für asterose Microscleren.

Exopinacocyte: Pinacocyte.

Exopinacoderm: äußeres Pinacoderm.

Exotyle: Stylen oder Tylostyle mit vergrößertem distalen Ende, das aus der Schwammoberfläche ragt.



8.8 Kanalorganisation bei Kalkschwämmen. Habitus von *Sycon raphanus*; der linke Schwamm ist angeschnitten, um die Anordnung der Kragengeißelkammern im Inneren des Schwammkörpers zu zeigen. Rechte Bildhälfte: Kragengeißelkammern vergrößert. Nach van Soest, aus Westheide und Rieger (1996).

Faser: Sponginfaser.

Filament: Axialfilament.

Fistel: schlauchförmiger Körperfortsatz mit terminalem Osculum.

Forceps: U-förmige Microsclere.

Gemmula, -ae: Asexuelles reproduktives Dauerstadium, hauptsächlich aus Archaeocyten, Reservestoffen und einer azellulären Außenschicht aufgebaut.

Habitus: Erscheinungsbild, Wuchsform.

Hauptskelett: aus Megascleren aufgebaute strukturelle Elemente des Skeletts.

hermaphroditisch: Befähigung, beide Geschlechtsprodukte (Eier und Spermien) auszubilden.

hexactin: sechsstrahlig.

Hexactine: triaxone, sechsstrahlige Megasclere.

Hexactinellida: Glasschwämme (Klasse).

Hexaster: hexactine Micraster.

Hilfsstylen: Megasclere ohne bestimmte Position im Hauptskelett (keine Stützfunktion).

Iso-: Präfix für „gleich“.

Isochela: Chela mit zwei gleichen Enden.

isodictiales Netzwerk: spezielles isotropes Netzwerk mit dreieckigen Maschen, deren Seiten eine Spiculalänge aufweisen.

isotropes Netzwerk: Skelett in Form eines Netzwerks ohne Differenzierung in primäre oder sekundäre Fasern oder Parzellen.

Kalknadel: aus Kalk aufgebautes Spiculum.

Kanalsystem: Oberbegriff für Kanäle und Kammern der Porifera.

Keratos: Hornschwämme, Oberbegriff für die Ordnungen Dictyoceratida, Dendroceratida und Verongida der Demospongiae.

Kieselnadel: Silikatspiculum.

konulös: Oberfläche mit zahlreichen kleinen konusförmigen Ausläufern (Conuli) des oberflächennahen Skeletts.

Komma: gekrümmte, kommaförmige Microsclere.

Kragengeißelkammer: Choanocytenkammer.

Kragengeißelzelle: Choanocyte.

Labis: Forceps.

leuconoid: dem Leucon-Typ zugehörig.

Leucon-Typ: komplexer Bautyp, bei dem die Choanocyten in Choanocytenkammern im Mesohyl angeordnet sind.

Lophotriaene: Triaene, bei der ein bis vier Strahlen multipel und teilweise komplex verzweigt ist.

Lithistides Skelett: durch verschmolzene Desmen aufgebautes Skelett.

Megasclere: großes, meist lineares Spiculum, das in vielfacher Kombination die Hauptstrukturen des Skeletts ausbildet.

Mesohyl: zelluläre Schicht zwischen Pinacoderm und Choanoderm.

Mesotriaene: Triaene mit über das Cladom hinaus verlängerter Rhabde.

Metaster: Microsclere, deren kurzer Schaft verdreht ist.

Mesotriaene: anderer Begriff für Centrotriaene.

Micr-: Micro-.

Micraster: asterose Microsclere.

Micro-: Präfix vor einer Sclerenform, um ihre Zugehörigkeit zu den Microscleren auszuweisen.

Microcalthrope: Microsclere in Form einer Calthrope.

Microxe: Discorhabde.

Microrhabde: gerade monaxone Microsclere.

Microsclere: kleiner Spicula-Typ mit speziellen Funktionen und oft bizarren Formen.

Microstrongyle: Microsclere in Form einer Strongyle.

Microstyle: Microsclere in Form einer Style.

Microtornot: Microsclere in Form einer Tornote.

Microtylot: Microsclere in Form einer Tylole.

Microxe: Microsclere in Form einer Oxe.

monactine: aus einem einzelnen Strahl bestehend (Style, Tylostyle).

Monaene: reduzierte Triaene mit nur einer Clade.

monaxon: einachsrig.

mucronat: an der Spitze nippelartig verlängert, bezieht sich auf die Spitzen von Oxen.



Myocyte: Actinocyte.

nodulös: knotig.

Olynthus: frühes Entwicklungsstadium mit funktionellem Kanalsystem und einzelner Choanocytenkammer mit direkter Öffnung zum Osculum.

Onichaete: asymmetrische Microsclere, lang und dünn, sägezahnartig spinuliert.

Orthotriaene: Triaene, deren drei Claden rechtwinklig zur Rhabde stehen.

Osculum, -a: Ausströmöffnung des wasserführenden Kanalsystems.

Ostium, -a: meist mikroskopisch kleine Öffnung des Exopinacoderm, durch die Wasser in den Schwamm einströmt.

ovipar: sexuelle Fortpflanzung über extrakorporale Befruchtung und Freisetzung unbefruchteter Eier; Gegenteil: vivipar.

Oxe: monaxone, diactine Megasclere mit spitz zulaufenden Enden.

Oxyaster: Euaster mit langen, spitzen Strahlen, dessen Zentrum weniger als ein Drittel des Durchmessers der Aster ausmacht, vgl. Spheraster.

Oxydiscorhabd: Discorhabde mit zwei spitzen Enden

Oxyspheraster: Spheraster mit kurzen, spitzen Strahlen.

palmate Chela: Isochela oder Anisochela, deren laterale Alae rechtwinklig mit dem Schaft verschmelzen, während die anterioren sich zum Ende hin verbreitern.

Papille: Erhebung der Oberfläche, die entweder Ostia, Oscula oder beides enthalten (Abb. 8.9).

Parenchymula: Larventyp; eine zentrale Zellmasse ist von einer Schicht begeißelter Zellen umgeben (Abb. 8.2 a). Typisch für Demospongiae.

pentactin: fünfstrahlig.

Pentactine: fünfstrahlige Triaxone.

Pinacocyte: epithelialer Zelltyp, der den Schwammkörper in Form des Pinacoderms an der äußeren Oberfläche (Exopinacocyte) oder in den Kanälen zu und von den Choanocytenkammern (Endopinacocyte) von der Umgebung abgrenzt.

Pinacoderm: einschichtiges Epithel, das von Pinacocyten gebildet wird.

Plagiotriaen: Triaene, deren vorwärts gerichtete Claden mit der projizierten Verlängerung der Rhabde einen 45°-Winkel bilden, wobei die Enden leicht zurückgebogen sein können.

Poly-: Präfix für „vielfach“.

polyaxon: beschreibt Scleren mit mehr als fünf Achsen.

Polytylote: Megasclere mit mehreren Schwellungen entlang des Schaftes.

Pore: Ostium.

Porocyte: Zelltyp, der ein Ostium umgibt.

Prosopyle: Öffnung des zuführenden Kanals in die Choanocytenkammer.

Protoclade: proximaler, unverzweigter Teil einer verzweigten Clade.

Protriaene: Triaene, deren Claden scharf nach vorn gebogen sind, weg vom Schaft.

Quadriradiate: Tetractine.

Rhabide: sehr dünne, haarartige Microsclere.

Rhabde: Oberbegriff für monaxone Scleren, oft gebraucht für den sich unterscheidenden Strahl einer Triaene.

Rhabdostyle: Style in Form eines Wanderstabs (ein abgebrochenes dickes Ende).

Sanidaster: gerade Microhabde mit stachel- und zahnchenförmigen Aufsätzen.

Sclere: Skelettnadel, Spiculum.

Selenaster: abgeleiteter Typ der Spiraster, in der Gestalt einer stacheligen Sterraster ähnelnd.

Sigma, -ata: C- oder S-förmige Microsclere.

Sigmaspire: verdrehte, fein spinulierte Sigma.

Silikatpicula: aus Silikat gebildetes Spiculum.

Skelett: aus Scleren und/oder Sponginfasern aufgebaute innere Stützstruktur.

Spherancora: abgewandelte Isochela aus zwei elipsoiden Platten, die rechtwinklig ineinander stehen.

Spheraster: Euaster mit kurzen Strahlen, deren gedrungenes Zentrum mehr als die Hälfte des Durchmessers ausmachen.



8.9 Papillen (Oscula) auf der Oberfläche von *Cacospongia* sp.

spheroclon: Gestalt mit spinuliertem globulärem Zentrum und strahlenartigen Armen auf einer Seite, meist in Bezug auf Desmata.

Spiculum, -a: mineralische Skelettnadel, meist aus Silicat oder Carbonat.

spinuliert: mit feinen Dornen bedeckt.

Spiraster: stabförmige Microsclere, die spiralig verdreht und mit Stacheln besetzt ist.

Spongin: aus Kollagen-Microfibrillen aufgebaute Skelettsubstanz der Demospongiae.

Sponginfaser: aus Spongin aufgebaute Faser (Abb. 8.10).

Spongocyte: Zelltyp, der Spongin sezerniert.

Sterraster: sphärische oder ellipsoide asterose Microsclere mit zahlreichen verschmolzenen Stacheln, die sternartig enden.

Streptaster: üblicherweise spiralige Microsclere, mit bedornter Achse.

Strongylaster: Euaster mit freien, stumpf endenden Strahlen.

Strongyle: diactine Megasclere mit abgerundeten Enden.

Strongylostyle: Strongyle mit ungleichen Enden.

Strongyloxe: Übergangsform zwischen Oxe und Strongyle mit einem stumpfen Ende.

Style: monaxone Sclere mit einem spitzen und einem abgerundeten Ende.

Subtylostyle: Tylostyle mit einem spitzen und einem leicht geschwollenen Ende, wobei die Tyle auch entlang des Schafts verschoben sein kann.

Subtylote: diactine Megasclere mit beidseitig stumpfen, leicht angeschwollenen Enden.

Sycon-Typ: Bauplantyp mit vergrößerten Choanocytenkammern, zwischen Cortex und Atrium.

syconoid: dem Sycon-Typ zugehörig.

syncytial: in Form eines Syncytiums.

syncytium: vielkernige zelluläre Struktur ohne Trennung durch Zellmembranen.

tetractin: vierstrahlig.

Tetractine: vierstrahlige Sclere (Calthrope, Triaene).

Thraustosigma: unregelmäßig gewinkelte Sigma.

Tornot: gerade, diactine Megasclere mit konischen, oft ungleichen Enden.

Toxe: gebogene Microsclere.

triactin: dreistrahlig.

Triactine: dreistrahlige Kalknadel.

Triaene: Überbegriff für tetractine Megascleren mit einem ungleichen Strahl (Rhabde).

triaxon: dreiachsig.

Triaxone: dreiachsige Megasclere mit drei oder sechs Strahlen.

Trichodragma, -ata: Bündel von Raphiden.

Trichotriaene: Triaene mit dreigabeligen Claden.

tridentat: Chela vom palmaten oder arcuaten Typ (mit drei Alae an jedem Ende).

Triode: gleichmäßige triactine Sclere mit gleichlangen, geraden Strahlen, die in einer Ebene mit einem Winkel von 120° abstehen.

Tripode: Modifikation der Triode, indem die Strahlen eine gleichseitige Pyramide bilden.

triradiat: triactin.

Triradiate: Triactine.

Trophocyten: Zelltyp, der während der Bildung von Gemula und Eizellen Speicherreserven an Archaeocyten abgibt.

Tyl: Tylo-.

Tylaster: Euaster mit tyloten Strahlen.

Tyle: Anschwellung oder knopfartige Erweiterung einer Sclere.

Tylo-: Präfix, das auf eine Schwellung (Tyle) hinweist.

Tylostyle: Style mit basaler Tyle.

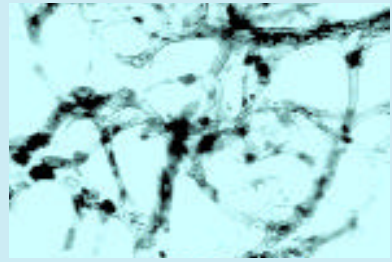
tylot: beidendig mehr oder weniger gleichmäßig angeschwollen.

Tylote: diactine Megasclere, deren Enden mehr oder weniger gleichmäßig angeschwollen sind.

vermiform: wurmförmig.

vivipar: sexuelle Fortpflanzung über intrakorporale Befruchtung der Eizellen und die Freisetzung von Larven; Gegenteil ovipar.

wirtellig spinuliert: mit gleichmäßigen Wirteln (Kreisen) von Stacheln versehen.



8.10 Sponginfasern von *Ircinia dendroides*.



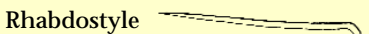
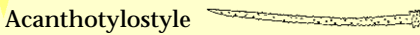
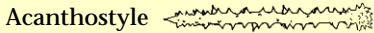
Die wichtigsten Sclerentypen

Die folgende tabellarische Darstellung der wichtigsten Scleren- bzw. Nadeltypen soll helfen, sich in der Vielfalt der Formen und Begriffe zurechtzufinden. Generell wird die Grundform in einem Grundnamen beschrieben, etwa „Style“ (einachsige Megasclere mit spitzem und stumpfem Ende). Wird diese Grundform durch weitere Eigenschaften erweitert, so werden dem Grundbegriff entsprechend beschreibende Präfixe griechischen oder lateinischen Ursprungs hinzugefügt, zum Beispiel „Acantho-“ (bestachelt). Eine „Acanthostyle“ ist demnach eine mit Stacheln besetzte Style. Verbale Beschreibungen der Sclerentypen und weiterführende Literatur zum Thema finden sich im Glossar dieses Kapitels.

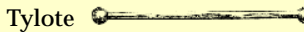
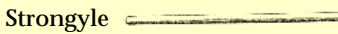
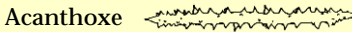
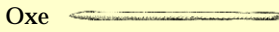
Megascleren

Monaxone

Monactine

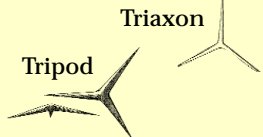


Diactine

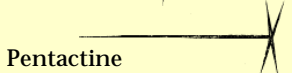


Triaxone

Equiradial



Actine

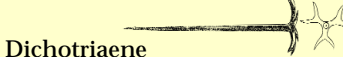
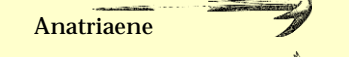


Tetraxone

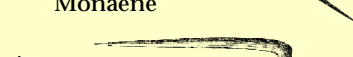
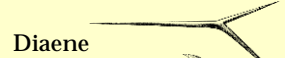
Equiradiale



Triaxe

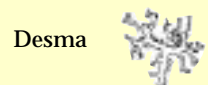


reduzierte Triaxe



irreguläre

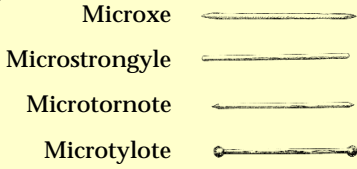
Desmen



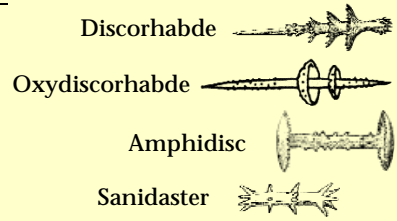
Microscleren

Monaxone

Diactine

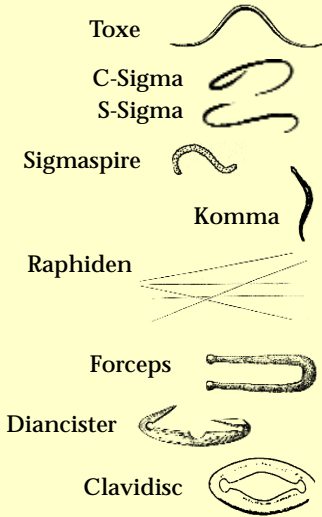


Rhabden



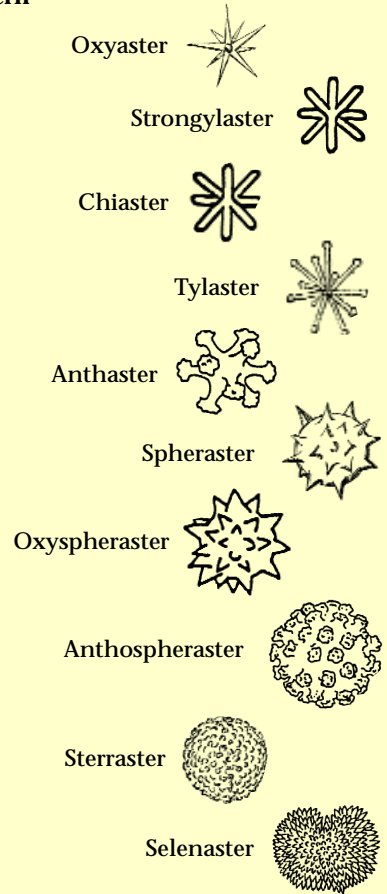
abgeleitete Formen

gebogene



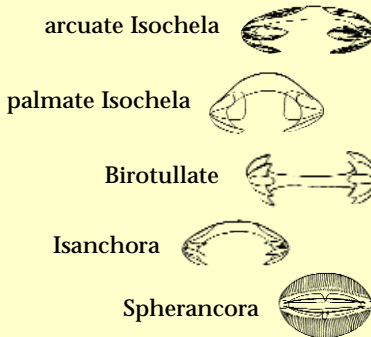
Astern

Euastern

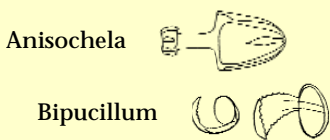


Cheleae

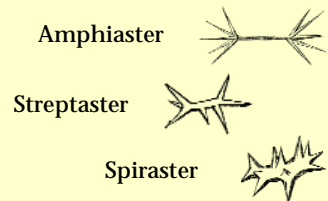
Isochelae



Anisochelae



Metastern



Wie bestimmt man einen Schwamm?

Da Schwämme in Abhängigkeit von den biotischen und abiotischen Faktoren ihres Lebensraumes teilweise sehr unterschiedliche Ausprägungen in Größe, Form, Farbe und auch Oberflächenstruktur innerhalb einer Art entwickeln können, spielen diese Merkmale in der Bestimmung und Charakterisierung von Schwämmen traditionell eine untergeordnete Rolle. Es muss betont werden, dass für die größte Zahl der in diesem Kapitel behandelten Arten eine eindeutige Identifikation anhand der Fotografien nicht möglich ist.



8.11 Spirastrella cunctatrix oder Crambe crambe? Dieser Exkurs macht deutlich, dass für die Artbestimmung der Schwämme in vielen Fällen eine Untersuchung der Skelettelemente (Spicula) unerlässlich ist (Abb. 8.12). Die größeren, strahlenförmig zu den Oscula führenden Kanäle sind für viele Schwammarten (nicht etwa nur für Spirastrella cunctatrix; Exkurs S. 344) charakteristisch. Die kleinen Poren (Ostien) sind auf dieser Aufnahme kaum zu erkennen.

Für die Determination und taxonomische Einordnung der Schwämme spielen weniger offensichtliche Merkmale die weitaus größere Rolle. Die Taxa der Porifera sind in der Regel durch Merkmale der Morphologie, Skelettstruktur, Cytologie und Embryonalentwicklung charakterisiert; auf Gattungs- und Artniveau besonders durch die Spicula und die Sponginfasern. Daraus lässt sich leicht ableiten, warum in diesem Kapitel bestimmte Taxa, etwa die Familien, nur eine untergeordnete Rolle spielen. Gerade auf Familienniveau spielen morphologische und cytologische Merkmale eine große Rolle. Um diese nachzuvollziehen, sind aufwendige Präparate, zumindest gefärbte histologische Schnitte, nötig. Da die Darstellung dieser Merkmale den Rahmen dieses Buches sprengen würde, sei auf die Literaturangaben, besonders die *Systema Porifera* (Hooper und Van Soest, 2002), verwiesen.

Der in diesem Kapitel angebotene Schlüssel (S. 318) führt zu den Ordnungen und basiert hauptsächlich auf kombinatorischen Merkmalen der Spiculation und des Sponginskeletts. In einzelnen Punkten kann es der Eindeutigkeit halber nötig sein, einen feinen Handschnitt anzufertigen, der unter der Lupe oder dem Mikroskop bei schwächerer Vergrößerung den generellen Skelettaufbau verdeutlicht. Die Präparation der Spicula ist für eine sichere Bestimmung der meisten Schwammarten jedoch unabdingbar (vgl. S. 314). Die Betrachtung der Spicula erfolgt am besten im Hellfeld. Phasenkontrast kann bei feinen Details unter Umständen hilfreich sein. Für die Bestimmung der Keratosa (Hornschwämme) benutzt

man eine partielle Mazeration. Nachfolgend einige wichtige Methoden:

- **Spicula-Schnellpräparation.** Für reine Bestimmungszwecke reicht es, ein kleines Schwammstück zu mazerieren. Dabei ist darauf zu achten, dass dieses Stück Teile aus allen Bereichen des Schwammes enthält, da es Unterschiede in der Spiculation des Ectosoms und des Choanosoms geben kann. Am besten benutzt man zur Mazeration ein Blockschälchen. Man tropft auf das Schwammstück etwas 12 %ige Natriumhypochlorid-Lösung und wartet, bis die organischen Bestandteile sich aufgelöst haben. Anschließend saugt man den Überstand vorsichtig ab und wäscht die Probe mehrmals mit destilliertem Wasser, damit das Natriumhypochlorid nicht durch Verdunstung auskristallisiert. Anschließend überführt man – am besten unter der Lupe mithilfe einer Pasteurpipette – die Spicula auf einen Objektträger. Mit einem Deckglas versehen können die Spicula im Mikroskop betrachtet werden. Zur Unterscheidung von Kalk- und Silikatnadeln kann man zu einem Teil der Präparation verdünnte Salzsäure geben. Kalkspicula lösen sich auf, Silikatspicula dagegen werden von Säure nicht angegriffen. Bei dieser Methode bleiben meist organische Rückstände zwischen den Spicula, die jedoch für die reine Betrachtung nicht stören. Für das Herstellen von Dauerpräparaten von Silikatspicula sei folgende Methode empfohlen:

- **Spicula-Säurepräparation.** Nur für Silikatnadeln. Auch bei dieser Methode ist darauf zu achten, Material aus allen Schwammsschichten zu verwenden. Vorsichtsmaßnahmen gegen Verätzungen sind zu treffen (besonders Augen- und Handschutz, Laborkittel), da mit heißer Säure gearbeitet wird. Kleine Stücke unter 5 mm Kantenlänge werden in einem Reagenzglas (möglichst spitz ausgezogen) mit 2–3 ml 37 %iger Salpetersäure versetzt und in einer Alkoholflamme einige Male kurz aufgekocht (Vor-

sicht!). Dazu das Reagenzglas nur jeweils kurz in die Flamme halten, dazwischen herausnehmen und permanent mit leichter Bewegung schütteln, um einen Siedeverzug zu vermeiden. Einen Reagenzglashalter verwenden und die Öffnung vom Körper weg und niemals auf andere Personen richten! Nicht in geschlossenen Räumen ohne Laborabzug arbeiten! Die ätzenden Dämpfe nicht einatmen!

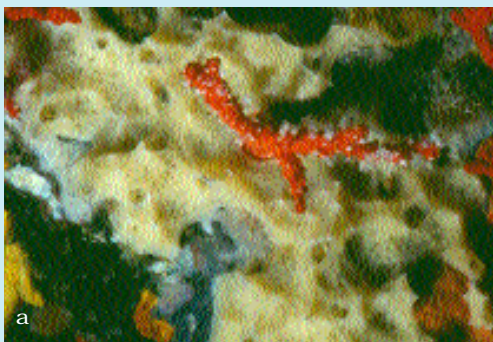
Anschließend lässt man das Gemisch in einem Ständer mindestens 15 Minuten abkühlen, wobei die Spicula sedimentieren. Der Überstand wird vorsichtig und nicht vollständig abpipettiert und erneut mit 2 ml Salpetersäure gefüllt. Das mehrmalige Aufkochen wird wiederholt (einschl. 15 Minuten abkühlen und absetzen lassen). Überstand abpipettieren, mit destilliertem Wasser auffüllen, mindestens 15 Minuten absetzen lassen, Überstand abnehmen, Vorgang wiederholen. Im Überstand muss man auf nicht abgesetzte Spicula achten! 1–2 ml 96 %igen Ethanol zugeben. Für Dauerpräparate die Spicula vorsichtig resuspendieren. Nicht schütteln! Am besten abgeschnittene Plastik-Pasteurpipette mit weiter Öffnung verwenden, um lange, fragile Formen nicht zu zerbrechen. Einige Tropfen auf Objektträger überführen, staubgeschützt eintrocknen lassen (bei Bedarf Auftropfen und Trocknen mehrmals wiederholen). Anschließend mit geeignetem Eindeckmittel über-schichten und das Deckglas aufbringen.

• **Spongini-Skelett-Präparation.** Um das saubere Skelett eines Hornschwammes (Abb. 8.13b) zu erhalten, lässt man ein Stück des Schwammes in Süß- oder Salzwasser über längere Zeit kontrolliert verrotten (Wassermazeration), am besten an einem warmen Ort. Der Schwamm muss dabei immer wieder gequetscht werden, damit die Zellen degenerieren und entfernt werden können. Je nach Art kann die Mazeration eine Woche oder länger dauern. Sie funktioniert am besten für Badeschwämme mit elastischen und widerstandsfähigen Fasern, jedoch ohne Filamente. Für zähe Arten der Gattungen *Ircinia* und *Sarcotragus* dauert die Behandlung länger.

Es ist auch möglich, kleine Teile des Skeletts unter der Stereolupe mit der Pinzette zu präparieren, was jedoch viel Arbeitszeit und Geduld erfordert, besonders für Arten mit Filamenten. Die Methode lässt sich jedoch gut für *Spongia*- und *Hippospongia*-Arten einsetzen. Ein brauchbarer Kompromiss ist die Wassermazeration für ein bis zwei Tage mit anschließender Präparation mittels Pinzetten unter der Stereolupe. Mit dieser Methode ist es auch möglich, die komplexen Filamentknäuel zu erhalten, die in manchen Arten sehr kompakt sind.



8.12 Spicula, die mineralischen Skelettnadeln von a) *Spirastrella cunctatrix* (Spirastrellidae) und b) *Crambe crambe* (Crambeidae; beide Demospongiae). Erst die Untersuchung dieser Strukturen ermöglicht eine Unterscheidung der zwei roten, im selben Lebensraum vorkommenden Schwammarten. In einzelnen Fällen kann es aber vorkommen, dass das reine Betrachten der Spicula selbst die Unterscheidung nahe verwandter Arten nicht zulässt.



8.13 a) Lebendaufnahme des Weißen Stachelchwammes (*Pleraplysilla spinifera*, Dysideidae, Dictyoceratida) aus dem Lebensraum, mit der Edelkoralle *Corallium rubrum*. Der Weiße Stachelschwamm kommt auf Hartböden bis etwa 50 Meter Tiefe vor. b) Die Sponginfasern von *P. spinifera* als entscheidendes Bestimmungsmerkmal. Die dendritischen Fasern sind je nach Dicke des Individuums mehr oder weniger verzweigt, nicht anastomosierend sowie mit Mark und deutlich geschichtet.

Porifera – Schlüssel zu den Klassen

1. Mineralisches Skelett: Spicula aus Calciumcarbonat aufgebaut **Calcarea**
 Mineralisches Skelett: Spicula aus Silikat aufgebaut oder ohne mineralisches Skelett [2]
2. Silikat-Spicula sechsstrahlig, sowohl einzeln als auch fusioniert vorliegend **Hexactinellida**
 Mineralisches Silikatskelett anders oder ohne mineralisches Skelett **Demospongiae**

Demospongiae – Schlüssel zu den Ordnungen

1. Demospongiae mit mineralischem oder organischem Skelett [2]
 Demospongiae ohne Skelett [11]
2. Skelett zusammengesetzt aus tetractinen Spicula und abgeleiteten Formen mit gleichförmigen Strahlen; Megascleren und Microscleren undifferenziert **Unterklasse Homoscleromorpha, Ordnung Homosclerophorida, S. 320**
 Tetractine und monaxone Megascleren oftmals zusammen vorkommend, teils ohne Microscleren, asterose Microscleren häufig, Skelett gewöhnlich radial oder axial zusammengedrückt **Unterklasse Tetractinomorpha [3]**
 Monaxone Megascleren, mit einer Vielfalt von Microscleren, jedoch niemals asterose Formen (zwei Ordnungen ganz ohne freie Spicula) **Unterklasse Ceractinomorpha [5]**
3. Microscleren vom desmoiden Typ, mit oder ohne freie Spicula **Lithistide Demospongiae (polyphyletisch), S. 334**
 Microscleren vom asterosen Typ [4]
4. Microscleren vom eustrosen Typ; große Oxeas immer vorhanden, manchmal mit Triänen (dann nur radial an der Oberfläche) **Ordnung Astrophorida, S. 322**
 Microscleren vom sigmaspiren Typ; gewöhnlich von sphärischer Wuchsform; radiale Anordnung von Triänen und Oxeas **Ordnung Spirophorida, S. 321**
 Ohne Megascleren, nur asterose Microscleren . *Chondrilla nucula* (**Ordnung Chondrosida**) S. 332
5. Silikatspicula in Form von Mega- und/oder Microscleren vorhanden; mit Spongin-Fasern [6]
 ohne freie Spicula; mit Spongin-Fasern [9]
6. Microscleren vorhanden [7]
 Microscleren fehlend [8]
7. Microscleren nicht vorhanden oder sie enthalten centrangulate Sigmen, Toxen oder Microxea; diactine Megascleren von gleichmäßiger Größe vorhanden, die gewöhnlich gleichmäßige Strukturen ausbilden (z. B. isodyctiale Netzwerke) **Ordnung Haplosclerida, S. 358**
 Microscleren beinhalten Chelae oder Sigmen und diverse andere Formen; Megascleren oftmals auf bestimmte Regionen begrenzt (z. B. innerhalb von Fasern); anorganisches Fremdmaterial kann Megascleren komplett ersetzen **Ordnung Poecilosclerida, S. 334**
 Ohne Chelae, Sigmen oder Toxen **Ordnung Halichondrida, S. 350**
 Asterose und monaxone Microscleren; peripheres Skelett palisadenförmig **Ordnung Hadromerida, S. 323**
8. Hauptskelett zusammengesetzt aus definierten Sponginfasern, die im Kern kurze Stylen oder Oxeas mit verticillaten Stacheln tragen und oder mit solchen bestachelt sind . **Ordnung Agelasida, S. 334**
 Hauptskelett mit ungeordnet überkreuzender Anordnung (Familie Halichondriidae) monaxoner Megascleren (Stylen, Oxen, Strongylen), gewöhnlich mit höherer Organisation unter der Oberfläche, oder teilweise zu einem axialen Skelett kondensiert und ein fiedriges oder fiedrig-netzwerkartiges extraaxiales Skelett bildend (Familie Axinellidae) oder fiedrig-baumförmiges Mineralskelett (Familie Dictyonellidae); Fasernsystem schwach entwickelt oder fehlend **Ordnung Haplosclerida, S. 358**
 Ohne Microscleren; peripheres Skelett palisadenförmig **Ordnung Hadromerida, S. 323**
9. Sponginfasern bilden ein Netzwerk [10]
 Baumförmiges Skelett aus stark lamellierten Spongin-Fasern, das am basalen Verankerungspunkt entspringt **Ordnung Dendroceratida, S. 370**
10. Zahlreiche gut ausgeprägte, relativ einheitliche Spongin-Fasern bilden typischerweise 2 bis 3 Netzwerktypen verschiedener Maschenweite; Einschlüsse von anorganische Fremdkörpern häufig; Konsistenz nicht kollagenartig **Ordnung Dictyoceratida, S. 363**

Lamelierte Sponginfasern, mit einheitlicher Stärke der feinen Fibrillen;
keine Differenzierung des Skeletts in primäre und sekundäre Elemente;
Konsistenz kollagenartig; häufig mit lebhafter Gelbfärbung, die sich
im Kontakt mit Luft dunkel verfärbt

- **Ordnung Verongida, S. 372**
11. Demospongiae ohne Skelett: *Oscarella lobularis* (siehe Ordnung Homosclerophorida) S. 320
..... *Halisarca* sp. (siehe Ordnung Halisarcida) S. 371
..... *Hexadella* sp. (siehe Ordnung Verongida) S. 372
..... *Chondrosia reniformis* (siehe Ordnung Chondrosida) S. 332

Hexactinellida – Schlüssel zu den Unterklassen

1. Birotulate Microscleren vorhanden, hexasterose Microscleren fehlen; Individuen nicht
auf Substrat festgewachsen, sondern darin verankert mit 1 oder mehr langen basalen Spicula
..... **Unterklasse Amphidiscophora, S. 374**
Hexasterose Microscleren vorhanden, birotulate Microscleren fehlend; Individuen
gewöhnlich am Substrat fixiert **Unterklasse Hexasterophora S. 374**

Calcarea – Schlüssel zu den Ordnungen

1. Alle Spicula frei [2]
Die meisten Spicula fusioniert/hyperkalzifiziert, oft mit stimmgabelartigen Spicula
..... **Unterklasse Calcaronea, Ordnung Lithonida, S. 380**
2. Triactine und/oder Tetractine sind gleichmäßig
(gleichwinklig und equiradial) **Unterklasse Calcinea, Ordnung Clathrinida, S. 376**
Triactine und Tetractine sind sagittal
..... **Unterklasse Calcaronea, Ordnung Leucosoleniida, S. 378**

8.14 Eindrucksvoller Schwammfelsen mit *Chondrilla nucula* und „roten Schwämmen“ (siehe Exkurs S. 344).



• Klasse Demospongiae Sollas, 1886

Schwämme mit Silikatnadeln und/oder Sponginfaserskelett, vereinzelt ganz ohne Skelett. Megascleren sind monaxon (moactin oder diactin) oder tetraxon (tetractin), nie triaxon, immer mit organischem Axialfilament. Vielfältige Wuchsformen von krustenbildend bis massiv, lappig, verzweigt, röhren-, finger-, fächer- oder becherförmig. Ovipare und vivipare Gruppen, Parenchymella-Larve. Kanalsystem vom Leucon-Typ. Umfasst etwa 85 % aller lebenden Schwammarten. Die Systematik der Demospongiae ist in manchen Teilbereichen im Umbruch.

Ordnung Homosclerophorida Dendy, 1905

Stammesgeschichtlich älteste Gruppe der Demospongiae mit nur einer Familie (Plakinidae). Meist inkrustierende dünne bis dicke, massige Schwämme. Skelett aus tetractinen Silikatspicula und Abkömmlingen mit gleichen Strahlen (Diode, Triode) und mit deutlich verbreiterten Strahlen sowie Sponginfasern. Spicula üblicherweise um Choanocytenkammern angeordnet. Choanocytenkammern bestehen aus einer großen Anzahl von Choanocyten (bis zu 500). Keine Unterscheidung zwischen Micro- und Megascleren, obwohl teilweise deutliche Größenunterschiede vorhanden. Spicula üblicherweise klein (< 100 µm). Zusätzliche Spicula in Form von Candelaber und Mikrorhabden kommen vor. In einer Gattung (*Oscarella*) vollständiger Verlust der Spicula und der Sponginfasern. Amphiblastula-ähnliche Larvenform.

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Plakinidae Schulze, 1880	<i>Oscarella</i>	5	<i>O. lobularis</i>
	<i>Corticium</i>	1	<i>C. candelabrum</i>
	<i>Placinolopha</i>	1	–
	<i>Plakina</i>	10	–
	<i>Plakinastrella</i>	2	–
	<i>Plakortis</i>	1	<i>P. simplex</i>
	<i>Pseudocorticium</i>	1	–
Gesamtzahl		21	3

Oscarella lobularis (Schmidt, 1862) – Fleischschwamm

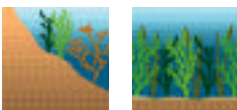
- **Gattungsmerkmale:** Krustenbildend, bis zu mehreren cm dick, fleischig-lappig mit zahlreichen Wölbungen und Verdickungen. Keine Spicula. Keine Sponginfasern.
- **Artmerkmale:** Fahl gelbe bis manchmal orange, braune und grüne Krusten mit lappigen Verdickungen und Wölbungen. Diese teilweise bläulich. Bedeckt kleine Flächen von 4 bis zu 30 cm Durchmesser und mehr. Oscula endständig an derartigen Verdickungen.
- **Skelett:** Keine Spicula. Keine Sponginfasern.
- **Konsistenz:** Sehr weich, schwammig; häufig mit Schleimabsonderung.
- **Lebensraum:** Vom flachen Wasser – hier oft mit roten Pigmenten – bis zu Tiefen von 300 Metern, bevorzugt Gebiete mit moderater Strömung.
- **Verbreitung:** Britische Inseln, belgische und französische Atlantikküste, MM, Azoren.
- **Anmerkung:** Unter Wasser eindeutig am Habitus zu erkennen. Außerhalb des Wassers kollabieren die lappigen und gewölbten Verdickungen und dann besteht die Möglichkeit einer Verwechslung mit *Halisarca dujardini*, einer seltenen Art ebenfalls ohne mineralische und organische Skeletteile. Hier ist eine histologische Untersuchung notwendig. Farbvarietät von *O. lobularis* wird als eigenständige Art diskutiert.

Corticium candelabrum Schmidt, 1862 – Kleiner Kissenschwamm

- **Gattungsmerkmale:** Bildet kleine, circa 2–4 cm dicke Kissen. Oscula ungleichmäßig verteilt, meist deutlich randständig. Oberfläche wird als kontraktile beschrieben. Spiculation sehr variabel.
- **Artmerkmale:** Bildet kleine, 2–3 Zentimeter dicke Kissen. Oscula stehen am Rande. Meist einheitlich braun gefärbt. Manchmal violett.
- **Skelett:** Tetractine häufig einer einzigen Größe sowie Candelaber (Name!) bis zu 35 µm.
- **Konsistenz:** fest, derb.
- **Lebensraum:** In geschützten Gebieten häufig zwischen anderen Schwämmen.
- **Verbreitung:** MM.
- **Anmerkung:** Manchmal auch völlig ohne Spicula.

Plakortis simplex Schulze, 1880

- **Gattungsmerkmale:** Dünne Krusten bildend, mit gut auszumachenden regelmäßig verteilten kleinen Löchern in der Oberfläche. Meist von deutlich brauner Farbe.
- **Artmerkmale:** 2–5 Millimeter dicke Krusten. Außen bräunlich, innen weißlich. Oberfläche deutlich „punktiert“ mit kleinen, gleichmäßig verteilten Inhalationsöffnungen. Wenige, circa 1 Millimeter starke Oscula.
- **Skelett:** Centrotylote Diode

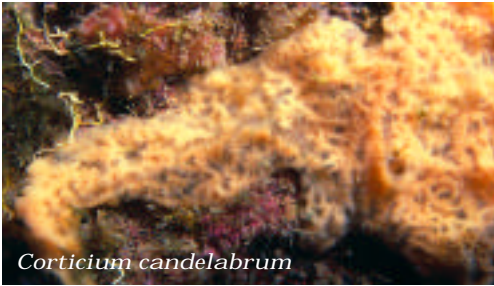




Oscarella lobularis



Oscarella lobularis



Corticium candelabrum



Plakortis simplex

60–150 µm), selten Triode (bis zu 50 µm). Spicula sind typischerweise um Choanocytenkammern angeordnet. • **Konsistenz:** Flexibel-weich; Schwammkörper kann leicht zusammengedrückt werden. • **Lebensraum:** Unter Felsüberhängen oder auf Felsblöcken und Steinen im Litoral bis zu 15 Meter Tiefe. • **Verbreitung:** Französische Atlantikküste, Irland, Norwegen, MM. • **Anmerkung:** Das Beiwort *simplex* im Artnamen bezieht sich auf die einfache Formen der Spicula im Vergleich zu denen der Gattungen *Plakina* und *Plakinastrella*.

Ordnung Spirophorida Bergquist und Hogg, 1969

Typische sphärische Wuchsform. Hauptskelett aus Silikatspicula. Tetractine und monactine Megascleren in Form von Triaden und großen Oxen. Protriaene und Anatriaene ebenfalls vorhanden und stehen über Oberfläche vor. Manchmal kommen Desmen vor. Microscleren als bedornete Sigmaspire. Vermehrung geschieht ovipar ohne Larvenstadium oder vivipar. Üblich ist die Zuordnung nur der Familien Tetillidae und Samidae. Aufgrund der ebenfalls vorhandenen Sigmaspire als Microsclere wird aber auch die Zuordnung der Familie Scleritodermidae, die keine Vertreter im MM hat, diskutiert.

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Tetillidae Sollas, 1886	<i>Cinachyra</i>	2	–
	<i>Craniella</i>	1	–
	<i>Tetilla</i>	1	<i>T. cranium</i>
Samidae Sollas, 1886	<i>Samus</i>	1	–
Gesamtzahl		5	1

Tetilla cranium (Müller, 1776) – Blasser Hirschschwamm

• **Gattungsmerkmale:** Deutlich kugelig bis eiförmiger Wuchs. Bis zu 10 Zentimeter im Durchmesser. Skelett streng radiär angeordnet. Oscula nicht sichtbar. • **Artmerkmale:** Gelblich, blassrosa bis weißlich gefärbter, ball- bis eiförmiger Schwamm mit aufgerauhter Oberfläche. Bis zu 9 Zentimeter im Durchmesser; meist deutlich kleiner.



Oscula nicht sichtbar. • **Skelett:** Spicula deutlich radiär und im Choanosom in Bündeln angeordnet. Oxe im Cortex bis zu 1 400 µm; sonst bis zu 9000 µm. Protriaene (bis zu 8 500 µm) und Anatriaene (bis zu 20 000 µm), keine Desmen. Microscleren als Sigmaspire bis zu 20 µm. • **Konsistenz:** derb, hart. • **Lebensraum:** Auf Stein bis in 1 000 Meter Tiefe. • **Verbreitung:** Norwegen, Faroer und Shetland Inseln, Irland, Schweden, MM.

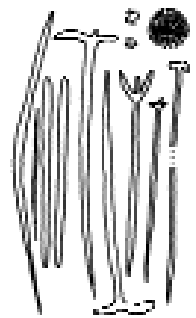
Ordnung Astrophorida Sollas, 1888

Hauptskelett aus Silikatnadeln, radiär angeordnet. Tetractine Megascleren (meist Triäene) und fast immer in Kombination mit Oxen, Stronglyoxen oder Strongylen. Tetractine Megascleren und asterose Microscleren können aber auch fehlen. Dann Spiculation nur noch aus Oxen und Asten oder nur Oxen. Vermehrung ovipar. Larvenstadien bisher unbekannt. Das radiäre Skelett im Zusammenhang mit der rauhen Oberfläche erlauben eine Zuordnung der Arten zu der Ordnung Astrophorida mit 7 Familien, davon 5 Arten im MM.

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Ancorinidae Schmidt, 1870	<i>Ancorina</i>	2	–
	<i>Holoxea</i>	1	–
	<i>Penares</i>	2	–
	<i>Stelletta</i>	11	–
	<i>Stryphnus</i>	3	–
	<i>Jaspis</i>	3	–
Calthropellidae Lendenfeld, 1906	<i>Calthropella</i>	2	–
	<i>Pachastrissa</i>	2	–
Geodiidae Gray, 1867	<i>Camimus</i>	1	–
	<i>Erylus</i>	8	–
	<i>Geodia</i>	5	<i>G. cydonium</i>
	<i>Isops</i>	4	–
	<i>Pachymatisma</i>	2	–
Pachastrellidae Carter, 1875	<i>Characella</i>	1	–
	<i>Dercitancorina</i>	1	–
	<i>Stoeba</i>	3	<i>S. plicatus</i>
	<i>Pachastrella</i>	3	–
	<i>Poecillastra</i>	5	–
	<i>Thenea</i>	1	–
	<i>Triptolemus</i>	1	–
	<i>Vulcanella</i>	4	–
Thrombidae Sollas, 1888	<i>Thrombus</i>	1	–
Gesamtzahl		67	2

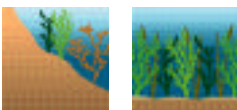
Geodia cydonium (Jameson, 1811) – Riesenkieselschwamm

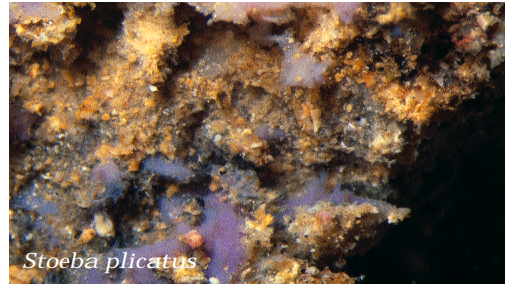
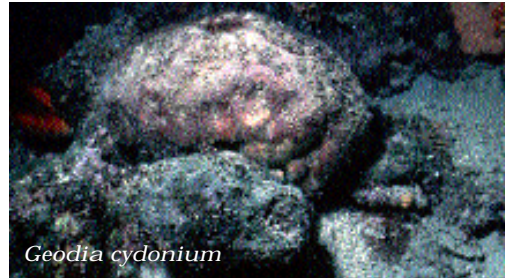
• **Gattungsmerkmale:** Unregelmäßige, rundliche Gestalt mit zäher Oberfläche. Spicula als Triäene und Euaster. • **Artmerkmale:** Weißlich-grau, teilweise eingedellt und daher unregelmäßig rund erscheinender Schwamm. Im Innern orange gefärbt. Bis zu 25 Zentimeter groß. Oft Kalkschalen und –gehäuse eingewachsen. • **Skelett:** Deutlich ausgebildeter Cortex bis zu 5 Millimeter Dicke. Microscleren zusammen mit Protriaene hier eingelagert, die durch die Oberfläche ragen und eine Bedornung ergeben. Im Choanosom radiäre Anordnung der Oxe und Triäene. Als Megascleren riesige Oxe (bis zu 5 000 µm), Orthotriäene und Protriaene sowie Anatriaene. Als Microscleren Sterraster, Chiaster, Oxyaster und Spheraster. • **Konsistenz:** hart. • **Lebensraum:** Bevorzugt auf Weichböden in größeren Tiefen ab 50 Meter (selten 10–20). • **Verbreitung:** Norwegen, französische Atlantikküste, MM.



Stoeba plicatus (Schmidt, 1868) – Kryptenschwamm

• **Gattungsmerkmale:** Calthrope, riesige Oxe und Streptaster (Metaster, Spiraster, Amphiaster). • **Artmerkmale:** Kleine, amorphe Schwämme. Meist von verborgener Lebensweise, unauffällig. Scheint kleine Löcher und Vertiefungen im Stein auszufüllen. Farbe variabel von weiß, pink und violett bis braun. • **Skelett:** Megasclere als Calthrope (bis zu 200 µm) und Dichotriäene gleicher Größe. Bedornte Mikrorhabde (10–20 µm). • **Konsistenz:** Hart, aber zusammendrückbar. • **Lebensraum:** Auf Steinen und Felsen meist zwischen 10 und 20 Meter Tiefe; Vorkommen aus bis zu über 100 Metern Wassertiefe durch Dredgefundene belegt. • **Verbreitung:** MM.





Ordnung Hadromerida Topsent, 1894

Inkrustierende, massige und oft sphärische Schwämme von meist fester, robuster Konsistenz. Weit verbreitet bis in 4 000 Meter Tiefe. Durch eine recht einheitliche Ausstattung an Spicula charakterisiert. Megascleren monactin als Style oder Tylostyle; gelegentlich auch Diactine. Microscleren – falls vorhanden – Euaster oder Streptaster. Kollagenfibrillen vorhanden. Sponginfasern verbinden die Megascleren. Ectoso-

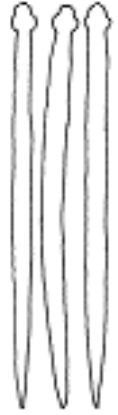
Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Alectonidae Rossel, 1997	<i>Alectona</i>	1	–
	<i>Delectona</i>	2	–
	<i>Spiroxya</i>	1	–
Clionidae d'Orbigny, 1851	<i>Cliona</i>	20	<i>C. celata</i> , <i>C. viridis</i>
	<i>Pione</i>	1	–
	<i>Cliothisa</i>	1	–
	<i>Thoosa</i>	2	–
	<i>Hemiassterella</i>	1	–
Hemiassterellidae Lendenfeld, 1889	<i>Paratimea</i>	3	<i>P. constellata</i>
	<i>Stelligera</i>	2	<i>S. stuposa</i>
	<i>Placospongia</i>	1	–
Placospongiidae Gray, 1867			
Polymastiidae Gray, 1867	<i>Polymastia</i>	5	<i>P. mamillaris</i> , <i>P. robusta</i>
	<i>Quasillina</i>	1	–
	<i>Radiella</i>	3	–
	<i>Weberella</i>	2	–
Spirastrellidae Ridley und Dendy, 1886	<i>Diplastrella</i>	2	<i>D. bistellata</i>
	<i>Spirastrella</i>	2	<i>S. cunctatrix</i>
Stylocordylidae Topsent, 1928	<i>Oxycordyla</i>	1	–
Suberitidae Schmidt, 1870	<i>Aaptos</i>	2	–
	<i>Laxosuberites</i>	2	–
	<i>Prosuberites</i>	5	–
	<i>Pseudosuberites</i>	3	–
	<i>Pseudotrachya</i>	2	–
	<i>Rhizaxinella</i>	3	–
	<i>Suberites</i>	8	<i>S. domuncula</i> , <i>S. carnosus</i>
	<i>Terpios</i>	1	<i>T. gelatinosa</i>
Tethyidae Gray, 1867	<i>Tethya</i>	2	<i>T. aurantium</i> , <i>T. citrina</i>
Timeidae Topsent, 1928	<i>Timea</i>	12	–
	Gesamtzahl	91	13



male Spicula kleiner als choanosomale. Ein gut ausgebildetes Sponginnetzwerk fehlt. In der Regel ovipar; Entwicklung außerhalb des Schwammkörpers. Parenchymella als typische Larvenform (außer bei der Gattung *Polymastia*). Systematik zur Zeit im Umbruch daher schwankende Zahl an Familien.

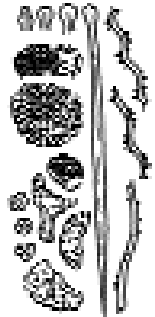
Cliona celata Grant, 1826 – Gelber Bohrschwamm

- **Gattungsmerkmale:** Bohrschwämme mit ectosomalen Ostia und Oscula als Papillae. Häufig in Kalkgestein oder in Schalen von Muscheln bohrend. Färbung variabel.
- **Artmerkmale:** Vom Schwammkörper nur die Papillae zu sehen. Ostia siebartig durchlöchert; Oscula deutlich von Schwammoberfläche abgehoben; bilden kreisrunde Öffnungen mit bis zu 3 Millimetern Durchmesser. Papillae nie mit benachbarten zusammenfließend oder -wachsend. In freilebendem Stadium teilweise kräftig orange gefärbt von massiger Gestalt (Durchmesser bis zu 40 Zentimeter) und vollständig außerhalb des Bohrsubstrates. • **Skelett:** Keine Unterscheidung in ectosomales und choanosomales Skelett. Megascleren als Tylostyle, die dicht und unregelmäßig angeordnet sind. Einzige *Cliona*-Art ohne Microscleren. • **Konsistenz:** Harte äußere Schicht. Schwamm zeigt bemerkenswerte Volumenreduktion außerhalb des Wassers. Hier kollabieren die Papillae vollständig und sind nicht mehr sichtbar. • **Lebensraum:** Typisch auf Kalksubstrat (Gestein oder Schalen und Gehäuse). Verursacht größere Schäden in Muschelzuchten. • **Verbreitung:** Weit verbreitet an allen europäischen Küsten. Die massige, freilebende Form sehr häufig in Großbritannien; im MM bisher nicht beobachtet. • **Anmerkung:** Bohrschwämme können prinzipiell in drei Wachstumsformen auftreten (Abb. 8.17): Als „Bohrschwamm“ sind nur die Aus- und Einströmöffnungen zu erkennen, die deutlich voneinander getrennt sind. Der Rest des Schwammkörpers ist im Substrat verborgen (*alpha*-Stadium). Beim *beta*-Stadium sind diese Öffnungen mit Schwammgewebe auf der Oberfläche des Substrates verbunden. Auch hier kann der größte Teil des Schwammkörpers im Substrat sein. Die freilebende, massige Form entspricht der *gamma*-Form. Nicht jeder Bohrschwamm kann alle drei Formen ausbilden. *C. celata* ist der einzige Bohrschwamm in Europa der ein zweites Erscheinungsbild (*gamma*-Form) aufweist. Zur Bohraktivität siehe Exkurs S. 326.



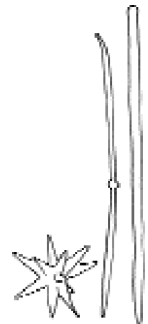
Cliona viridis (Schmidt, 1862) – Grüner Bohrschwamm

- **Gattungsmerkmale:** s. *C. celata*. • **Artmerkmale:** In kalkigem Substrat bohrend. Oscula deutlich erhoben und als kreisrunde Öffnungen (Durchmesser bis zu 8 Millimeter) sichtbar. Ostia als Papillae mit winzigen Löchern versehen; nicht immer einzeln stehend, sondern häufig verwachsen; dadurch warzenähnliches Aussehen. Teilweise massiger Schwammkörper außerhalb des Substrates sichtbar. So kann *C. viridis* Flächen bis zu mehreren Dezimetern Durchmesser überziehen. Färbung mehr oder weniger variabel – von blassem Gelbgrün über schmutziges Dunkelgrün bis Braun. • **Skelett:** Ectosomal an den Papillae Spicula palisadenartig angeordnet. Choanosomale dicke Spiculabündel. Megascleren als Tylostyle (bis zu 600 µm). Microscleren als Spiraster mit dünnen Stacheln. • **Konsistenz:** zäh bis hart. • **Lebensraum:** In und auf kalkigem Substrat; meist in flacherem Wasser. • **Verbreitung:** Spanien, MM. • **Anmerkung:** Kann meist an der dunkleren, grünlichen Farbe von *C. celata* unterschieden werden.



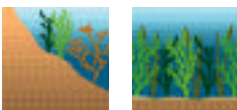
Paratimea constellata (Topsent, 1893) – Haariger Krustenschwamm

- **Gattungsmerkmale:** Dünne unregelmäßige Krusten. Oberfläche „haarig“; meist mit Detritus bedeckt und teilweise Schleimabsonderung. Microscleren als Euaster. • **Artmerkmale:** Dünne, fahl gelbe Kruste bildend. Häufig mit Detritus und Silt bedeckt. Spiculabüschel ragen bis zu 2 Millimeter über die Oberfläche. Oscula bei genauem Betrachten sichtbar. • **Skelett:** Größte Megascleren (bis zu 2 700 µm) als Tylostyle. Die Spiculabüschel („Haare“) an der Oberfläche bestehen aus Oxen oder Tylen. Microscleren als Euaster (bis zu 45 µm). • **Konsistenz:** Hart und robust. • **Lebensraum:** Im Sublitoral, eher selten. • **Verbreitung:** Irland, französische Westküste, Azoren, MM.



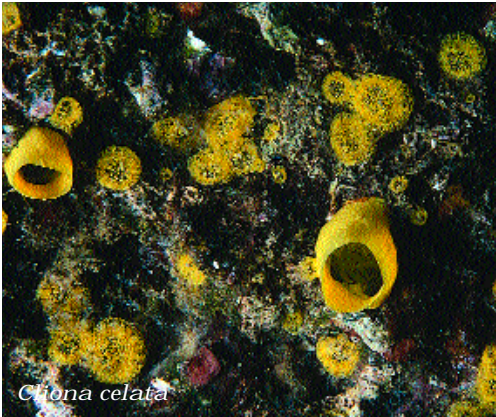
Stelligera stuposa (Ellis und Solander, 1786) – Haariger Fingerschwamm

- **Gattungsmerkmale:** Aufrecht verzweigt. Oberfläche „haarig“; meist mit Detritus bedeckt und teilweise kräftiger Schleimabsonderung. • **Artmerkmale:** Bis zu 10 Zentimeter hohe verzweigte, gelbe oder gelb-braune Schwämme. Ziemlich schleimige Oberfläche mit Spiculabüschel überstehend. Häufig mit Detritus und kleinen Parti-

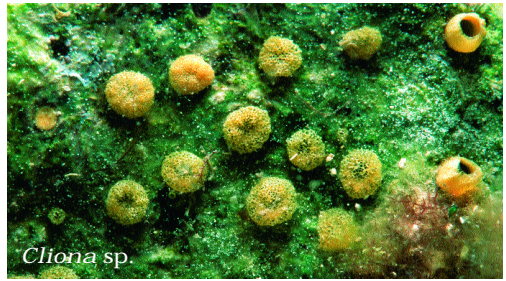




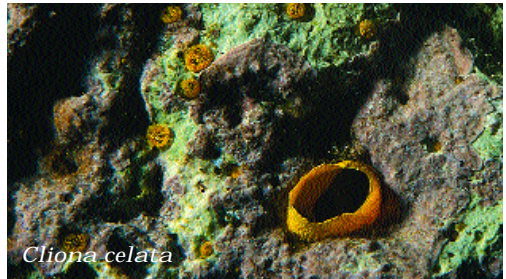
Cliona celata



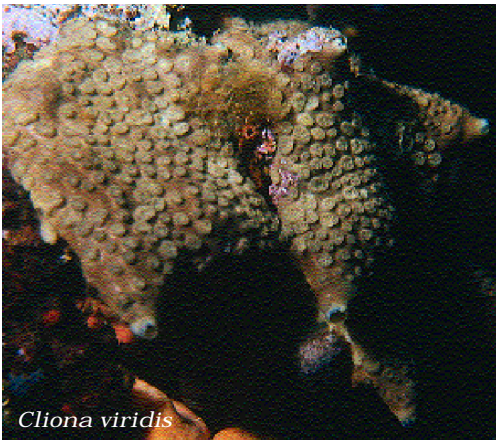
Cliona celata



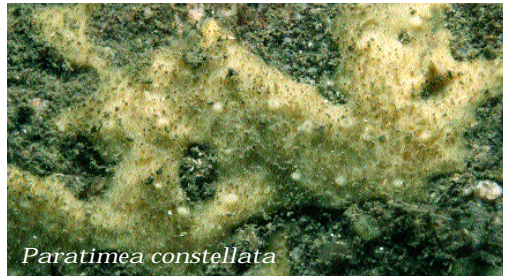
Cliona sp.



Cliona celata



Cliona viridis



Paratimea constellata

Bohrschwämme: Ohne sie würde die Welt anders aussehen

Franz Brümmer und Robert Hofrichter

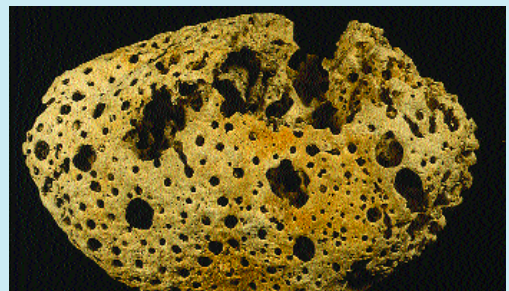
Dass Steine hart sind lehrt die Alltagserfahrung. Dennoch gibt es Organismen, die das Innere von Steinen und Felsen besiedeln. Sowohl prokaryotische Mikroorganismen (Cyanobakterien) als auch bestimmte Tiere können in Gesteine eindringen. Neben verschiedenen Bohrmuscheln schaffen auch die Bohrschwämme dieses Kunststück. Hierfür haben sie spezielle Zellen und eine enorme Sprengkraft entwickelt. Diese Bohrmethode ist überaus effektiv: Fachleute haben schon vor langen Zeit darauf aufmerksam gemacht, dass das Antlitz unseres Planeten ohne bohrende Organismen anders aussehen würde. Die Kräfte der chemischen, physikalischen und biologischen Verwitterung lassen enorme Mengen an Sand- und Schlammersedimenten entstehen, die im Laufe geologischer Zeiträume erneut Sedimentgesteine bilden können.

Allgemein werden die im Inneren von Substraten lebenden Organismen als Endobios zusammengefasst. Je nach Art des Substrats, in dem sie vorkommen, erhielten sie verschiedene Namen; jene im Gestein bohrenden nennt man Endolithion (gr. *endon* = innen; gr. *lithion* = Stein, Steinchen). Der durch Lebewesen bewirkte Gesteinsabbau wird Bioerosion genannt. Auch im Mittelmeer sind mehrere Gruppen von Organismen in der Lage, Gesteine anzubohren oder anzuätzen. Sie spielen im Litoral eine große ökologische Rolle, indem sie das Gestein porös machen und damit auch anfälliger für die Erosionskraft der Brandung (= Abrasion) und weitere abiotische, chemisch-physikalische Erosionsfaktoren. Bohrende Organismen bereiten das Gestein auch für die Besiedelung durch andere Organismen vor: Verlassene Bohrgänge des Endolithions sind begehrte Siedlungs- und Wohnräume für Arten, die nicht selbst im Gestein bohren können („sekundäres Endolithion“, sekundäre Bohrorganismen wie manche Sipunculiden und Polychaeten). Zu den bekanntesten Gesteinsbohrern gehören Bohrmuscheln der Gattung *Lithophaga* (vgl. Bd. I, S. 68 – 69 und S. 535) sowie *Rocellaria*. Letztere bildet charakteristische „Doppelröhren“ im Gestein. Nicht minder bedeutend sind bohrende Schwämme der Gattung *Cliona* (Klasse Demospongiae).

In marinen Lebensräumen des Mittelmeeres sind wie auch immer geartete Oberflächen zur Neubesiedlung häufig Mangelware – eine für Larven „normaler“ Schwämme ausweglose Situation. Bohrschwämme haben sich mit ihrer ausgefeilten Ätztechnik im Inneren von Steinen und Kalkschalen einen neuen Lebensraum erschlossen. Sie können auf mechanischem und chemischem Weg in diese Substrate eindringen.

Die zunächst freischwimmenden Larven der Bohrschwämme setzen sich auf dem Kalkgestein

8.15 Von *Cliona* sp. „bearbeitete“ antike Statue aus Pozzuoli im Golf von Neapel (links) und angebohrter Steinbrocken (unten). Bohrschwämme hinterlassen durch ihre Aktivität im wahrsten Sinne des Wortes nicht nur tiefe Eindrücke, sondern auch ganz charakteristische Spuren, die sogar die Identifizierung zumindest auf Gattungsniveau ermöglichen. In Muschelzuchten können Bohrschwämme großen Schaden anrichten. Der aufmerksame Beobachter wird an mediterranen Kalkküsten überall solche von Bohrschwämmen durchlöchernde Steine finden.



und auf toten und lebenden Molluskenschalen fest und beginnen ihr zerstörerisches bohrendes Werk, das insgesamt weit größere Dimensionen hat als das aller anderen bohrenden Organismen. Die typisch zerklüftete Form mediterraner Kalksteinküsten, charakteristische Block- und Geröllfelder der Gezeitenzone aus porösen Steinen geht zu einem bedeutenden Teil auf ihre Tätigkeit zurück.

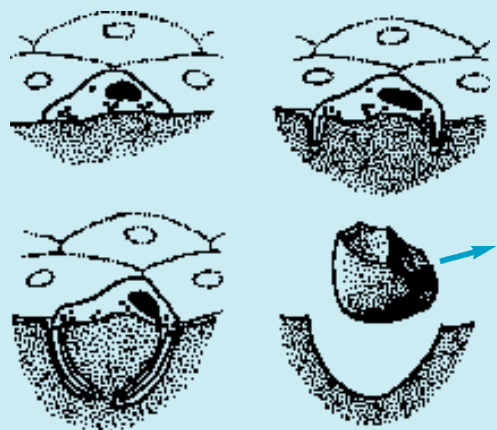
Die bekanntesten Bohrschwämme gehören zur Gattung *Cliona*. Sie können Substrate ganz „wegfressen“ (Abb. 8.15). Bohrschwämme zählen zur Familie Clionidae (S. 324ff) innerhalb der Hadromerida (die Klassifikation der Taxa und Subtaxa ist bei den Demospongiae unsicher). Aus dem Mittelmeer sind insgesamt 20 *Cliona*-Arten bekannt; zusätzlich kommen hier vier Arten der Gattungen *Pione*, *Cliothosa* und *Thoosa* vor.

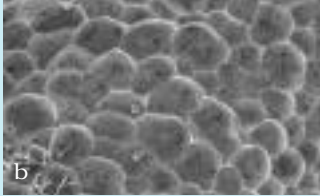
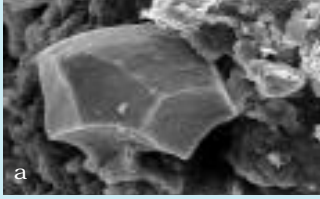
Bohrschwämme sind ein nicht zu unterschätzender ökologischer Faktor in marinen Ökosystemen. Sie gehören zu den ersten bohrenden Organismen, die das Innere von Substraten besiedeln. Sie schwächen in den Tropen Korallenriffe und Kalksteinriffe und haben in den gemäßigten Breiten ebenfalls eine große Bedeutung. Sie haben in der Erdgeschichte eine entscheidende Rolle bei der Ausbildung von Kalk- und Kreideschichten und bei den Kreisläufen von Auf- und Abbau der Kalkgebilde der Meere gespielt. Das wurde von Wissenschaftlern schon früh erkannt. Aus globaler ökologischer Sicht könnte man Bohrschwämme daher als die wichtigsten Schwämme überhaupt ansehen, viel wichtiger als etwa die bekannteren Badeschwämme. Das wurde bereits in *Brehms Thierleben* (1864) festgehalten. Von Untersuchungen in Korallenriffen ist bekannt, dass durch Bohrschwämme pro Jahr und Quadratmeter Rifffläche etwa 250 g CaCO₃ entfernt werden können. In Riffsystemen können bis zu 30 % der Sedimente durch Bioerosion entstanden sein. Auch die Effizienz, mit der dies geschieht, ist verblüffend. Durch den Einsatz der Filopodien muss nur der feine Bohrgang weggeätzt und tatsächlich aufgelöst werden. Dies sind nur etwa 2–3 % des entfernten Materials. Der Rest wird im Stück abgesprengt und abgeführt (Abb. 8.16 und 8.17). Diese Bohrleistung wird noch gesteigert, wenn im Schwamm symbiotische einzellige Zooxanthellen leben.

Die durch die Bohrschwämme maßgeblich mitgeprägte Bioerosion greift offensichtlich besonders an Steilküsten, ihr Anteil an der Abtragung von Flachküsten scheint geringer zu sein. Nach Meinung vieler Autoren ist die Bioerosion im Supra-, Medio- und oberen Infralitoral an steilen Kalkküsten bedeutender als die physikalische und chemische Verwitterung. Dabei wirkt Bioerosion nicht nur auf das anstehende Gestein der Küste, sondern auch auf abgebrochene Gesteinsbrocken aller Größenkategorien.

Es ist allerdings schwierig, die quantitativen Anteile aller an der Erosion beteiligten Faktoren in ihrer Gesamtheit und mit all ihren komplexen Wechselwirkungen zu ermitteln. So kann sich in verlassenen Bohrgängen aufgewirbelter Sand ablagern, der durch die Wasserbewegungen zu weiterer physikalischen Verwitterung führt. Andererseits gibt es auch Vorgänge, die den Erosionsprozess verlangsamen. Dazu gehört das Auskristallisieren von Mineralien aus übersättigten Lösungen und die Ablagerung von Calciumcarbonat durch kalkabscheidende Organismen – sowohl Algen, Pflanzen als auch Tiere. Der dichte pflanzliche und tierische Aufwuchs schützt die Gesteine vor der direkten Einwirkung

8.16 Im Mittelmeer sind es vor allem die Vertreter der Gattung *Cliona* (Clionidae), die kalkige Substrate „anbohren“ und in den so geschaffenen Gängen und Kammern leben. Dies geschieht mit einer ausgeklügelten Technik, bei der sowohl Säuren und Enzyme als auch „Sprengkraft“ im Spiel sind. Frei im Schwammgewebe bewegliche Zellen (Ätzzellen) legen sich eng an die zu durchbohrende Oberfläche an. Mithilfe von Säure und Enzymen kann nun der Kalk angelöst werden mit den feinen Fortsätzen der Ätzzellen (Filopodien) wird ein sehr feines Loch von etwa 0,5 µm Durchmesser in den Stein vorgetrieben. Die Ätzzellen besitzen sowohl intra- als auch extrazellulär enzymatische Aktivität. Die Filopodien arbeiten sich im Kalk immer weiter vor und auf sich zu. Am Ende hat die Zelle mit ihren Filopodien einen Kalkpartikel („Chip“) von ca. 40–50 µm Kantenlänge umflossen, der nun von der Ätzzelle abgesprengt und aufgenommen wird. Über das abführende Kanalsystem wird sowohl die Zelle als auch der darin enthaltene Chip abtransportiert. Nach Pomponi (1987) von F. Hiemstra (Amsterdam); aus Westheide und Rieger (1996).

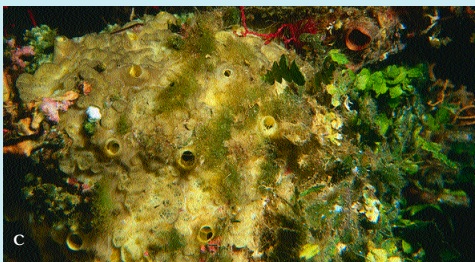
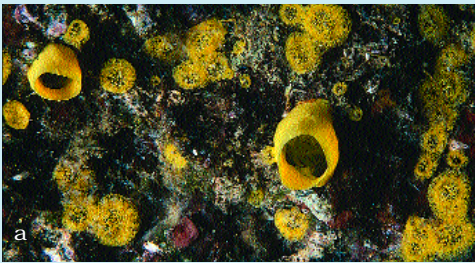




physikalischer Erosionsfaktoren und erschwert die Festsetzung von Larven bohrender Organismen. So wirken sich manche Faktoren und Organismen auf die Gesamterosion gleichzeitig verlangsamt und beschleunigend aus. Manche Algen, Bryozoen (Mooztierchen) und Balaniden (Seepocken; Rankenfüßer) sondern aggressive Stoffwechselprodukte ab, die Gesteine angreifen, gleichzeitig bilden sie aber eine dichte, schützende Aufwuchsschicht.

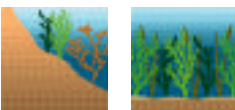
Man sollte aber nicht nur die zerstörerischen Kräfte der Bohrer betrachten. Gerade in artenreichen Ökosystemen ist die hohe Biodiversität das Ergebnis eines komplexen Wechselspiels zwischen aufbauenden und abbauenden Prozessen. So erschließen die Bohrer durch ihre Aktivität nicht nur neue Lebensräume (für sich und andere), sie leisten auch einen wichtigen Beitrag zum Kalkgehalt sowie zur Gestaltung des Lebensraumes durch Schaffung von Hohlräumen und Verfüllung mit feinstem Kalkmaterial.

Literatur: Calcinaï B, Arillo A, Cerrano C, Bavestrello G (2002): Taxonomic-related differences in the excavating micro-patterns of boring sponges. *IMBA* • Pomponi SA (1979) Cytochemical studies of acid phosphatase in etching cells of boring sponges. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 59:785–789 • Rützeler K, Rieger G (1973) Sponge burrowing: Fine structure of *Cliona lampa* penetrating calcareous substrata. *Mar. Biol.* 21: 144–162 • Sarà M, Liaci L (1964) Symbiotic association between zooxanthellae and two marine sponges of the genus *Cliona*. *Nature* 4942: 321.



8.17 Oben links; a) Chip von *Cliona janitrix* in einer Edelkoralle (*Corallium rubrum*). b) Ätzspuren von *Cliona janitrix* in *Corallium rubrum*. c) Ätzspur von *Cliona janitrix* in *Corallium rubrum*; am Grund ist das Foramen, das in einen dünneren Zwischenkammerkanal mündet, der die Verbindung zur nächsten „Wohnkammer“ des Schwammes darstellt. Am linken Bildrand (Mitte) ist ein Erkundungskanal zu sehen. Fotos: Barbara Calcinaï, Carlo Cerrano, Giorgio Bavestrello.

Links: Bohrschwämme verbringen den größten Teil ihres Lebenszyklus innerhalb ihrer selbst gebohrten Gangsysteme. Sie werden als Endolithen und interne oder echte Bohrer bezeichnet und den Weidegängern oder externen Bioerodierern gegenübergestellt, die Kalkkörper von außen her abtragen, so z. B. die im Litoral oft massenhaft auftretenden Seeigel oder manche Fische. a) *Cliona*-Arten ragen oft nur in Form von Papillen aus dem durchbohrten Substrat, der Schwammkörper oder zumindest sein größter Teil ist im Gestein verborgen (alpha-Form). b) *Cliona viridis* in 35 m Tiefe (Giglio) mit einem Igelwurm (*Bonellia* sp.). Einige Bohrschwämme können – nachdem sie ausgedehnte Bohrgänge gebildet und den Stein ausgehöhlt haben – auch an der Oberfläche krustenförmig wachsen. c) *Cliona viridis* und andere Arten können auch einen „klassischen“ Schwammkörper ausbilden (Hartboden, 35 m, Giglio). Die Ausprägung bzw. die Wuchsform des Schwammkörpers kann stark von den ökologischen Bedingungen abhängen (Exkurs S. 335) und auch geografisch unterschiedlich sein.





Polymastia mamillaris



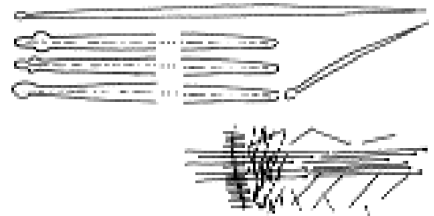
Polymastia robusta

keln bedeckt. Oscula stehen gruppiert an den Ende der Verzweigungen. • **Skelett:** Gut entwickeltes, festes axiales Skelett aus Stylen, manchmal Strongylen als Megascleren. Extra-axial etwas weichere Schicht ebenfalls mit langen Stylen. Euaster mit einem Durchmesser von cirka 15 µm als Microscleren; schichtbildend an der Oberfläche. Spongin in geringem Umfang vorhanden. • **Konsistenz:** Fest, aber elastisch mit einer weicheren äußeren Schicht. • **Lebensraum:** Typischer Bewohner flacherer litoraler und etwas tieferer sublitoraler Bereiche. • **Verbreitung:** Verbreitet an der West- und Südküste Englands und Frankreichs. • **Anmerkung:** Bei Entnahme aus dem Wasser heftige Schleimabsonderung. Oft mit Nematoden vergesellschaftet.



Polymastia mamillaris (Müller, 1806) – Derber Zipfelschwamm

• **Gattungsmerkmale:** Meist derbe Krusten- oder Kissen; mit deutlichen Verlängerungen in Form von Papillae oder Fisteln, die aus dem Sediment ragen. Megascleren meist als Tylostyle und in drei Größenklassen. Keine Microscleren. • **Artmerkmale:** Wächst in Vertiefungen zwischen Felsen. Farbe schwach und schmutzig grünlich bis gelblich und gelb-orange. Hauptmasse des Schwammkörpers cirka 1–2 cm dick im Sediment verborgen. Deutliche, lange Fisteln und Papillae ragen nach oben; diese semikontraktile. Papillae meist nicht verschmolzen. Fisteln (mit endständigem Osculum) etwas größer im Durchmesser und deutlich von den fein durchlöcherten Enden der Papillae zu unterscheiden. Länge, Durchmesser der Fisteln und Papillae stark von Alter und Umgebungparametern abhängig; dadurch deutliche individuelle Unterschiede. Oberfläche des Schwammkörpers rau und mit Partikeln und häufig Algen bedeckt. • **Skelett:** Gut entwickeltes Ectosom. Megascleren stehen in Bündeln und geben so zum Beispiel den Papillae oder Fisteln die Steifig- und Festigkeit. Nur ein Spiculatyp; Tylostyle in drei Größen. • **Konsistenz:** Robust. • **Lebensraum:** Oft auf Sedimentböden; bevorzugt starke Sedimentation. • **Verbreitung:** Verbreitet um die britischen Inseln, entlang der Atlantikküste von Spanien und Frankreich, MM.




Polymastia robusta (Bowerbank, 1861) – Robuster Zipfelschwamm

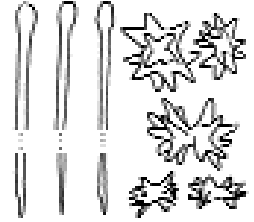
• **Gattungsmerkmale:** s. *P. mamillaris*. • **Artmerkmale:** Dicker, robuster (Name!) und massiver Schwammkörper. Meist kräftig orange gefärbt. Deutliche Fisteln ragen nach




oben; meist von gleicher Länge bei einem Individuum. Öfters verwachsen zwei benachbarte Fisteln zu einem 8-förmigen Querschnitt der Oscula. Fisteln und Papillae konisch und kontraktile. • **Skelett:** Gut entwickeltes Ectosom bis zu 700 µm Dicke, Megascleren in Bündeln versteiften Choanosom. Megascleren als Tylostyle in zwei Größenklassen (Klasse um 1000 µm fehlen). • **Konsistenz:** Schwammkörper weich; Fisteln und Papillae fester, aber flexibel. • **Lebensraum:** Von *tidepools* bis in 2 300 Meter Tiefe; gewöhnlich ab 15 Meter Tiefe. Auf Sedimentböden. • **Verbreitung:** Europäische Atlantikküste, Nordamerika, MM.

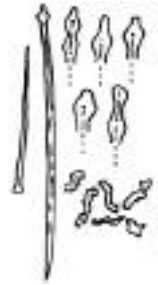
Diplastrella bistellata (Schmidt, 1862) – Gelbbrauner Strahlenschwamm 


• **Gattungsmerkmale:** Dünne Krusten in sehr schattigen Bereichen. Tylostyle und Diplaster. • **Artmerkmale:** Typisches Aussehen wie *S. cunctatrix*, jedoch gelb-braune Farbe. Sehr starke Schleimproduktion. • **Skelett:** Spicula in Form von Tylostyle als Megasclere und Diplaster als Microscleren. • **Konsistenz:** Dünne, fragile, weiche Kruste. • **Lebensraum:** Auf felsigen, sehr schattigen Böden sowie in Höhlen und Spalten. Von der Wasseroberfläche bis in Tiefen von 50 bis 80 Meter. • **Verbreitung:** MM. • **Anmerkung:** Zur sicheren Identifikation bedarf es unbedingt der Beurteilung der Spicula in einem mikroskopischen Präparat.



Spirastrella cunctatrix Schmidt, 1868 – Rot-Oranger Strahlenschwamm 


• **Gattungsmerkmale:** Bildet dünne Krusten auf schattigen Felsen. Spiculation mit Tylostyle und Spiraster. • **Artmerkmale:** Meist orange, aber auch rote dünne Krustenüberzüge. Nur wenige Millimeter dick. Oscula mit den zuführenden Kanälen deutlich sichtbar. • **Skelett:** Megascleren als Tylostyle; Microscleren als Spiraster. • **Konsistenz:** Dünne weiche Kruste. • **Lebensraum:** Auf felsigen Schattigen Böden. Sehr häufig an leichten Überhängen in flacheren Bereichen. Bis in Tiefen von mehr als 60 Meter vorkommend. • **Verbreitung:** MM. • **Anmerkung:** Kann mit anderen roten Arten (z. B. *Crambe crambe*) verwechselt werden; zur sicheren Identifikation bedarf es unbedingt der Beurteilung der Spicula in einem mikroskopischen Präparat. Siehe auch Exkurs S. 334.



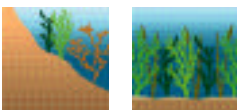
Suberites carnosus (Johnston, 1842) – Fleischiger Korkschwamm 

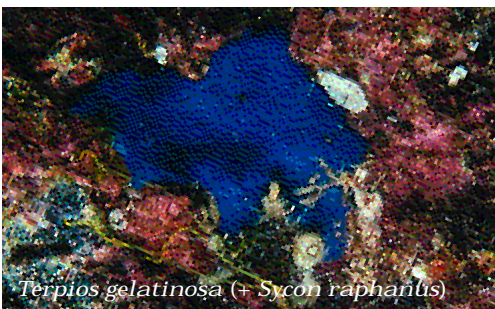
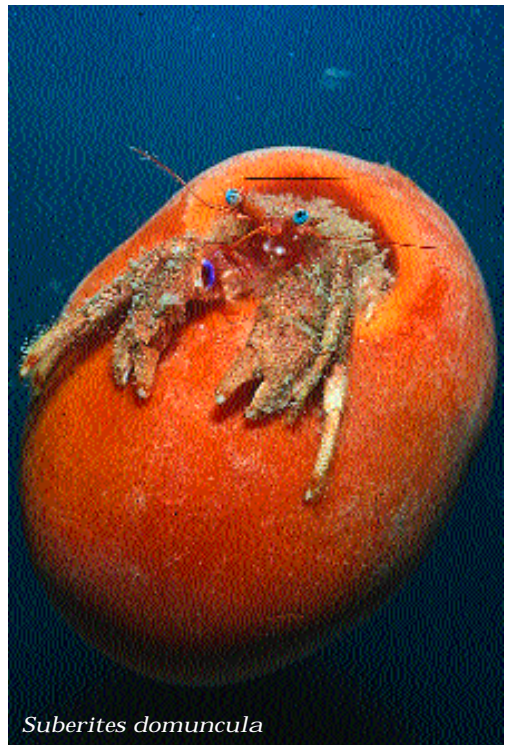
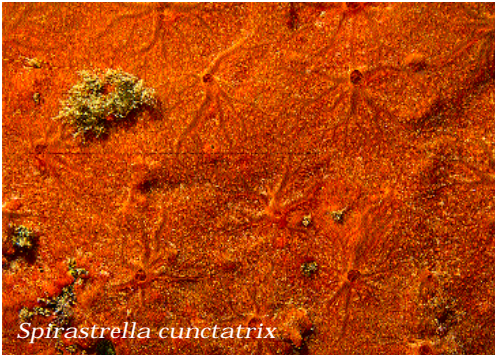
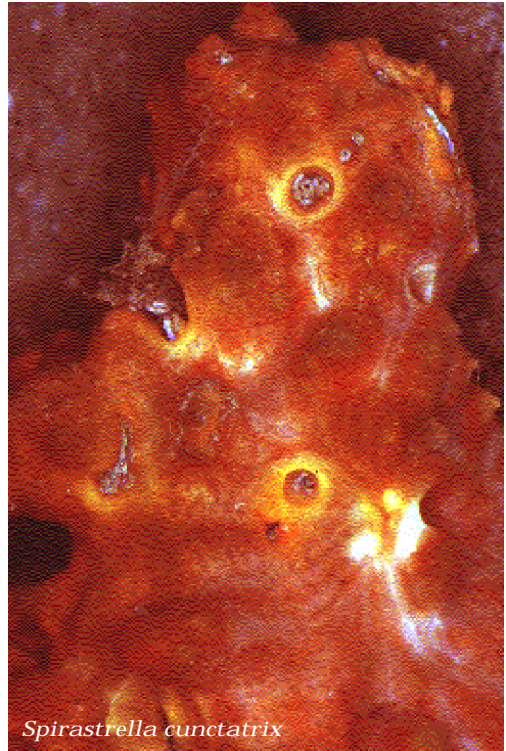
• **Gattungsmerkmale:** Massive, penduculate und rundliche Schwämme. Ohne deutlich Pappilae. Manchmal zentrales Osculum. Skelett nur im Ectosome radiär organisiert; im Choanosom unregelmäßig. Megascleren typisch als Tylostyle. Keine Microscleren. • **Artmerkmale:** Gestielter, runder oder auch brauner Schwamm mit einem zentralen apikalen Osculum. Typisch einige Zentimeter hoch und im Durchmesser. Einzigartige Fähigkeit der Kontraktibilität auf ? der ursprünglichen Größe in etwa 15 Sekunden. Glatte Oberfläche mit dichtem Spiculabesatz. • **Skelett:** Radiäre Anordnung der Spicula nur nahe der Oberfläche. Im Stielbereich bilden die dort dicht stehenden Spicula ein axiales Skelett. Megascleren als Tylostyle (bis zu 570 µm) in zwei distinkten Größen. Keine Microscleren. • **Konsistenz:** Sehr weich; deutlich fest, wenn kontrahiert. • **Lebensraum:** Teilweise in schlammigen Bereichen. Oft auf Schalen und Steinen. Bis in Tiefen von über 100 Metern. • **Verbreitung:** Europäische Atlantikküste, MM.




Suberites domuncula (Olivi, 1792) – Einsiedler-Korkschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** s. *S. carnosus*. • **Artmerkmale:** Massig und kompakt, bis etwa faustgroß, meist kräftig orange gefärbt. Glatte Oberfläche mit einem zentralen Osculum. • **Skelett:** Megascleren als Tylostyle; im Ectosom senkrecht zur Oberfläche angeordnet und kleiner als im Choanosom. • **Konsistenz:** Fest. • **Lebensraum:** Meist auf von Einsiedlern bewohnten Schneckengehäusen. Auf Sand- Schlickböden, manchmal in Algen- und Seegrasswiesen. Von der Oberfläche bis in größere Tiefen. • **Verbreitung:** MM. • **Anmerkung:** Häufig auf Schneckengehäusen, die von Einsiedlerkrebsen der Gattung *Paguristes* bewohnt werden. Beide Partner profitieren von der Lebensgemeinschaft (Symbiose). Der Einsiedlerkrebs muss trotz fortschreitendem Wachstum nicht ständig ein neues Gehäuse suchen, da der Schwamm den offenen Gang des Gehäuses für den Krebs freihält. Der Schwamm wird durch den Einsiedler beweglich und bei den „schlechten Tischmanieren“ des Krebses erhöht sich das Nahrungsangebot. Zusätzlich schützt der Schwamm durch seine Giftstoffe (Sekundärmetabolite) die Lebensgemeinschaft vor Fressfeinden.

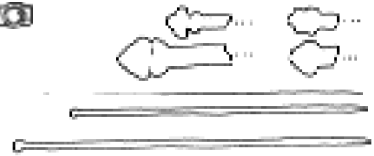





Terpios gelatinosa (Bowerbank, 1866) – Blauer Weichschwamm 

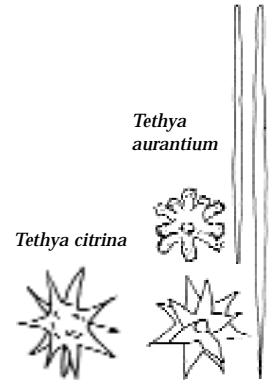
• **Gattungsmerkmale:** Dünne Krusten; Farbe häufig durch Symbionten bedingt. Megascleren (Tylostyle) mit lobosen Verdickungen. • **Artmerkmale:** Eigentlich gelblich oder leicht bräunlich gefärbt. Durch symbiontische Algen tief blaues Aussehen. • **Skelett:** Unregelmäßige Anordnung. Tylostyle teilweise einzeln und in Bündeln. • **Konsistenz:** Weich. • **Lebensraum:**

Auf Felsen, Algen, Moostierchen und Korallen; auch auf anderen Schwämmen. Im Littoral ebenso wie im Sublittoral bis in 85 Meter Tiefe. • **Verbreitung:** Atlantik, Nordsee, Irland, MM. • **Anmerkung:** Einer der wenigen wirklich blauen Schwämme. Synonym: *Terpios fugax*



Tethya aurantium (Pallas, 1766) – Meerorange 


• **Gattungsmerkmale:** Typisch kugelige, teilweise massige Schwämme. Niemals gestielt; teilweise deutlich sichtbare basale „Ausläufer“. Radiäres Skelett aus Strongyloxen. Microscleren als Spheraster, Oxyspheraster, Euaster und Oxyaster. Unterschiedliche Spicula im Ectosom und im Choanosom. • **Artmerkmale:** Einer kleinen Orange ähnlich (Name!). Auch innerer Aufbau erinnert daran. Oberfläche mit stumpfen Papillae. 6 bis seltener 10 Zentimeter im Durchmesser. Üblich mit einem apikalen Osculum. • **Skelett:** Gut ausgebildeter Cortex mit radiär angeordneten Megasclerenbündeln. Megascleren als Strongyloxe. Microscleren als Euaster (Spheraster) bilden eine distinkte Schicht im kontraktilen Cortex. • **Konsistenz:** Fest, aber elastisch. • **Lebensraum:** Auf Felsgrund, toleriert Sedimenteintrag. • **Verbreitung:** AL, MM. • **Anmerkung:** Riecht – auch frisch – nach verwesendem Meeresgetier. Vermehrung durch gestielte Knospen (*buds*). Kann mit der ähnlichen, gelben Art *T. citrina* Sarà und Melone, 1965 verwechselt werden.



Ordnung Chondrosida Boury-Esnault und Lopès, 1985


Massige, teilweise inkrustierende Schwämme von fester Konsistenz. Äußere Bereiche enthalten viel Kollagen. Keine Megascleren. Microscleren nur bei der Gattung *Chondrilla*.

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Chondrillidae Gray, 1872	<i>Chondrilla</i>	1	<i>C. nucula</i>
	<i>Chondrosia</i>	2	<i>C. reniformis</i>
	<i>Thymosiopsis</i>	2	–
Gesamtzahl		5	2

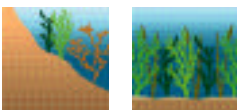
Chondrilla nucula Schmidt, 1862 – Glänzender Lederschwamm 

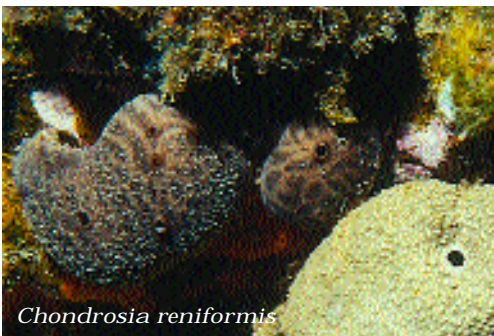
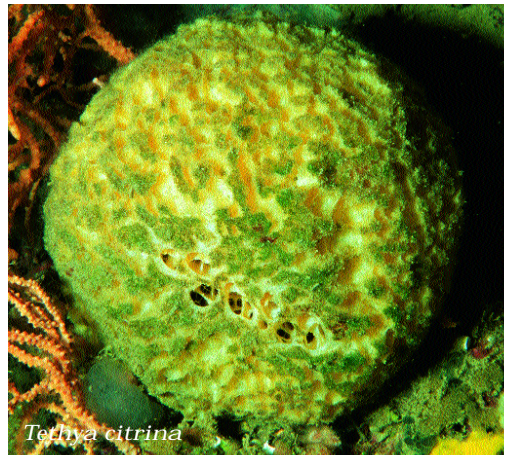
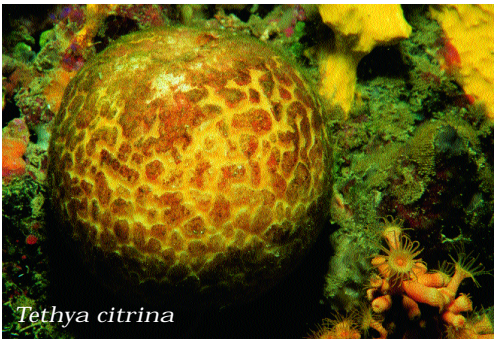
• **Gattungsmerkmale:** Längliche Polster; ohne Skelett; viel Kollagen. • **Artmerkmale:** Kleine, längliche bis runde Polster. Individuen liegen häufig übereinander. Oberfläche glatt und glänzend. Färbung zwischen braun und braun-grün. Überwachsen teilweise mehrere Dezimeter große Flächen. • **Skelett:** Keine Megascleren. Microscleren als Euaster (Spheraster). • **Konsistenz:** Fest und zäh. • **Lebensraum:** Felsige, lichtexponierte Böden; öfters auch in Höhlen und Spalten. • **Verbreitung:** MM. • **Anmerkung:** Farbe kommt von symbiontischen Algen und Cyanobakterien; ohne Symbionten weißliche Färbung. Bildet teilweise lange Ausläufer (Abb. 8.18) und wächst äußerst flexibel.



Chondrosia reniformis Nardo, 1847 – Nierenschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Keine mineralischen Skelettelemente; gut entwickelter deutlich sichtbarer Kollagencortex. • **Artmerkmale:** Variabel gefärbte, meist dunkelbraune, marmorierte, dickere, unregelmäßige, manchmal nierenförmige, glatte, glänzende Schwämme. Besonders kleine Exemplare zeigen Nierenform. Oberfläche glitschig. Rauchgrau bis braun-violett; lateral deutlich heller. Oscula deutlich mit etwas verbreiterten Rändern. • **Skelett:** Keine Spicula und keine Sponginfasern. • **Konsistenz:** Sehr fest und zäh. • **Lebensraum:** Flachwasser und an exponierten Stellen. Häufig in Höhlen und extrem schattigen Algenbeständen. Auch auf Sandböden. Bis in 50 Meter Tiefe. • **Verbreitung:** Portugal, MM. • **Anmerkung:** An beschatteten Standorten häufig dunkelviolett mit weißer Zeichnung bis einheitlich weiß.





Lithistide Demospongien


Hauptskelett besteht aus miteinander verbundenen Desmen. Eigene Nomenklatur „lithistider“ Spicula. Zum Beispiel Dicranoclone, Megaclone, Rhizoclone oder Tetracclone. Taxonomie unsicher (polyphyletische Gruppe). Da es sich bei den Vertretern vorwiegend um seltenere Tiefwasserformen handelt, werden hier keine Beispiele behandelt.

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Corallistidae Sollas, 1888	<i>Corallistes</i>	1	-
Theonellidae Lendenfeld, 1903	<i>Discodermia</i>	1	-
Siphoniidae Lendenfeld 1903	<i>Siphonidium</i>	1	-
Desmanthidae Topsent, 1893	<i>Desmanthus</i>	1	-
	<i>Lithobubaris</i>	1	-
Gesamtzahl		5	-

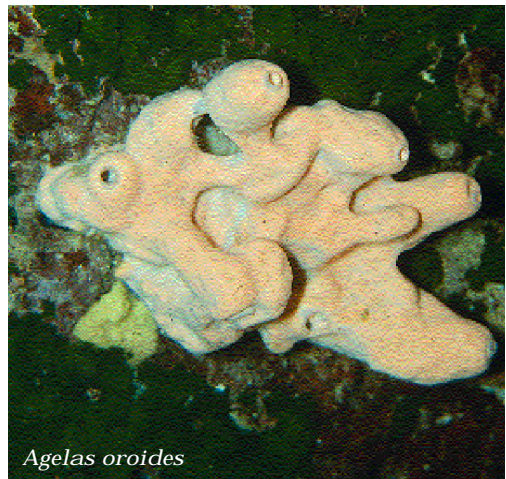
Ordnung Agelasida Verrill, 1907

Das Skelett ist ein homogenes Netzwerk aus marktragenden dicken Sponginfasern, meist ohne Spicula im Kern, aber mit charakteristischen wirtelig spinulierten Acanthostylen bestachelt. Gelegentlich mit Acanthoxen, jedoch ohne Microscleren. Konsistenz sehr zäh. Farben meist rot bis orange. Ovipare sexuelle Vermehrung.

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Agelasidae Verrill, 1907	<i>Agelas</i>	1	<i>A. oroides</i>
Gesamtzahl		1	1

Agelas oroides (Schmidt 1864) – Orangener Hornschwamm 

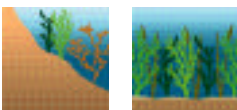
- **Gattungsmerkmale:** Siehe Ordnung.
- **Artmerkmale:** Körper in größter Ausdehnung bis etwa 30 cm, bildet eine unregelmäßige massige Gestalt, deren Höcker mit großen endständigen Oscula versehen sind und über den Schwammkörper hinausragen. Oberfläche glatt mit kleinen Papillen. Farbe kräftig orange, gelegentlich blaß-gelblich.
- **Skelett:** Gut ausgebildetes homogenes Sponginskelett mit eingelagerten Spicula in Form von charakteristisch wirtelig spinulierten Acanthostylen.
- **Konsistenz:** Die extrem zähe aber komprimierbare Konsistenz weist auf das hohe Verhältnis der Sponginfasern zu Spicula hin.
- **Lebensraum:** Häufig in lichtarmer Exposition auf sekundären Hartböden des Circalitoral.
- **Verbreitung:** Westliches MM, Adria.
- **Anmerkung:** Oberflächlich mit *Aplysina aëro-phoba* bzw. *A. cavernicola* verwechselbar.



Ordnung Poecilosclerida Topsent, 1928

Hauptskelett zusammengesetzt aus Silikatspicula und Sponginfasern unterschiedlicher Entwicklung. Die Megascleren, in Form von Monactinen, Diactinen oder beides zusammen, sind häufig in abgegrenzten Bereichen angeordnet. Unter den Microscleren finden sich meniscoide Formen wie Chelae, Sigmen und andere Formen (Toxen, Raphiden, Microxen). Sexuelle Vermehrung bei den meisten Familien über Viviparie mit Ausnahme der Familie Raspailiidae, die vorwiegend ovipar ist.

Größte rezente Ordnung mit 4 Unterordnungen und 25 Familien. Die Taxonomie dieser Ordnung ist schwierig und im Umbruch begriffen. Zum Beispiel werden neuerdings nur 9 der 77 nominalen Gattungen der Familie Microcionidae als gültig angesehen.



Regeneration und Plastizität der Schwämme

Marzia Sidri

Das Fehlen echter Gewebe und Organe ermöglicht den Schwämmen eine sehr hohe morphologische Plastizität. Dieses Phänomen ist im Allgemeinen mit den Umweltbedingungen verknüpft. So kann die Gestalt in Abhängigkeit von Licht, Substratangebot oder Hydrodynamik variieren. Einzelne Individuen derselben Art haben in Abhängigkeit von unterschiedlichen Bedingungen an ihrem Standort verschiedene Wuchsformen und Farben. Gewöhnlich sind Exemplare, die an schattigen oder dunklen Standorten leben, heller gefärbt, oft nahezu weiß. Exemplare, die in Höhlen oder im tiefen Wasser bei sehr geringen Strömungen oder bei hohen Sedimentationsraten leben, bilden oft eine röhrenförmige, zylindrische Wuchsform aus (z. B. bei *Petrosia ficiformis*). In Abhängigkeit von der Strömung kann *Spongia agaricina* zwei Morphologien ausbilden: becher- oder fächerförmig. In dieser Art sind die Einströmöffnungen immer auf der Außenseite, der Strömung exponiert, um die Filtrationsleistung zu erhöhen. In Gebieten mit wechselnder Strömung ist die becherförmige Wuchsform häufiger, sodass die Oberfläche mit den Einströmöffnungen immer der Strömung ausgesetzt ist.

Regeneration ist die Befähigung, den Schwammkörper bei Verletzungen, z. B. durch Krankheit oder Fraß, zu reorganisieren. Nekrotische Schwammteile werden hierbei isoliert und eliminiert (Autotomie), während die lebenden Teile des Körpers die verletzte Körperhülle durch Umlagerung von Zellen reorganisieren und so regenerieren. Diese Eigenschaft wird auch für die kommerzielle Schwammzucht ausgenutzt: Schwämme werden in kleine Fragmente zerschnitten, die dann zu neuen Individuen regenerieren. Einige Schwammarten können sich vermehren, indem sie Knospen hervorbringen (*Tethya aurantium*) oder durch Fragmentierung, bzw. aktiver Fortbewegung, die mit einer Teilung der Körpermasse oder dem Hinterlassen von Knospen verbunden sein kann. Beispiele aus dem Mittelmeer sind *Chondrosia reniformis*, der aufgrund seines hohen Kollagengehalts tropfenförmige Abschnürungen bilden kann, die durch Schwerkraft oder Strömung abreißen und verdriftet werden, ebenso wie *Chondrilla nucula*, der sich auf dem Substrat fortbewegt und dessen Individuen rasch fragmentieren und wieder verschmelzen können, um zur Verfügung stehendes Substrat schnell zu besiedeln (Abb. 8.18).

8.18 *Chondrilla nucula*.



Auf zellulärem Niveau spiegelt sich die morphologische Plastizität in einer entsprechenden Mobilität aller Zellen wieder. Schwammzellen als Einzelzellen betrachtet scheinen keinen festgelegten Punkt im Schwammkörper zu besetzen. Vielmehr sind sie in ständiger Bewegung, vermutlich durch dieselben Gradienten von Signalen und Morphogenen gesteuert, die den Bauplan eines Schwammes festlegen. Auf diese Weise kann ein Schwamm sehr schnell und erfolgreich auf geänderte Bedingungen reagieren. Hinzu kommt, dass viele, wenn nicht gar alle Zelltypen eines Schwammes aus ihrem spezialisierten Zustand in einen totipotenten Zustand zurückkehren können. Diese Dedifferenzierung erlaubt Übergänge vom einen zum anderen differenzierten Zelltyp. So können beispielsweise Gameten aus Choanocyten hervorgehen. Zudem können über diesen Mechanismus bei Verletzung Choanocyten im Kanalsystem oder Pinacocyten an der Körperoberfläche ersetzt werden. Die extrem hohe Variabilität


kann die Bestimmung erschweren. Die taxonomische Einordnung kann daher nicht nur auf makromorphologischen Merkmalen basieren, sondern muss auf die Mikromorphologie (Skelettmerkmale, Organisation des Kanalsystems) und biochemische Eigenschaften zurückgreifen.

Literatur: Bond C, Harris AK (1988) Locomotion of Sponges and Its Physical Mechanism. *Journal of Experimental Zoology* 246, 271–284 • Gaino E, Manconi R, Pronzato R (1995) Organizational plasticity as a successful conservative tactics in sponges. *Animal Biology* 4, 31–43 • Kaandorp JA, Kübler JE (2001) The Algorhythmic Beauty of Seaweeds, Sponges and Corals. Springer Berlin, 193 pp • Mueller WEG (2001) Review: How was metazoan threshold crossed? The hypothetical Urmetazoa. *Comparative Biochemistry & Physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology*. 129A, 433–460 • Nickel M (2001) Cell Biology and Biotechnology of Marine Invertebrates. Sponges (Porifera) as Model Organisms. Arbeiten und Mitteilungen aus dem Biologischen Institut der Universität Stuttgart. Nr. 32 . 154 pp.

Unterordnung Microcionina Hajdu, Van Soest und Hooper, 1994


Choanosomale und ectosomale Megascleren sind unterschiedlich. Gewöhnlich mit speziell bestachelten Acanthostylen. Palmate Chelae. Gewöhnlich mit Toxen, ohne Sigmata.

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Acarnidae Dendy, 1922	<i>Acarnus</i>	4	–
	<i>Acheliderma</i>	1	–
	<i>Anisotylacantha</i>	1	–
	<i>Iophon</i>	3	–
Microcionidae Carter, 1875	<i>Antho</i>	7	<i>A. inconstans</i> , <i>A. involvens</i>
	<i>Bubaropsis</i>	1	–
	<i>Clathria</i>	29	<i>C. (Clathria) coralloides</i> , <i>C. (Microcionia) armata</i> , <i>C. (Microcionia) atrasanguinea</i>
	<i>Ophlitaspongia</i>	2	–
	<i>Quintoxilla</i>	1	–
Raspailiidae Hentschel, 1923	<i>Ceratopsion</i>	1	–
	<i>Endectyon</i>	2	–
	<i>Eurypon</i>	11	<i>E. major</i>
	<i>Janulum</i>	1	–
	<i>Hymeraphia</i>	1	–
	<i>Plocamione</i>	1	–
	<i>Raspaciona</i>	3	<i>R. aculeata</i>
	<i>Raspailia</i>	5	<i>R. hispida</i>
	<i>Rhabdeurypon</i>	1	–
	<i>Tricheurypon</i>	1	–
Rhabderemiidae Topsent, 1928	<i>Rhabderemia</i>	5	–
Gesamtzahl		81	8

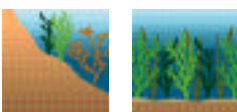
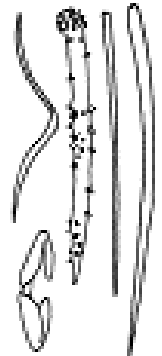
Antho inconstans (Topsent, 1925) – Orangeroter Krustenschwamm 

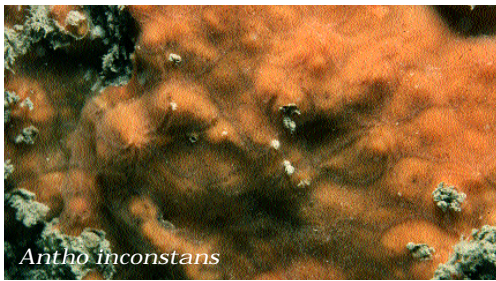
• **Gattungsmerkmale:** Ectosomales Skelett mit tangentialen oder aufrechten fiedrig angeordneten Hilfsstylen. Choanosomales Skelett bildet ein basales oder axiales Netzwerk aus Acanthostylen, Acanthostrongylen oder glatte hantelförmige Spicula, dazu ein sekundäres Skelett glatter choanosomaler Stylen. Gestachelte Acanthostylen vorhanden oder fehlend. Microscleren sind pseudoarculate Isochelae, modifizierte sigmoide Isochelae und glatte oder spinulierte Toxen verschiedener Form. • **Artmerkmale:** Rot-orange dünne Krusten. Farbe variabel (lat. Name) Bildet große Flecken auf Felsen. Oberfläche lappig. Unauffällige Oscula, sternförmig angeordnete Ausführkanäle jedoch meist offensichtlich. • **Skelett:** Choanosomales isotropes Netzwerk mit drei- oder viereckigen Maschen gebildet von glatten Stylen (ca 200 µm), Acanthostylen und Acanthostrongylen. Ectosomal feine Subtylostylen (ca. 150 µm). Microscleren sind Toxen (überwiegende Mehrzahl) und palmate Isochelae (ca. 17 µm, Minderheit). • **Konsistenz:** Fest; hält zusammen, wenn abgeschabt. • **Lebensraum:** Steile Felsen des Circalitorals in exponierter und ruhiger Lage. • **Verbreitung:** MM, Nordwest-Atlantik. • **Anmerkung:** Leicht zu verwechseln mit anderen roten inkrustierenden Schwämmen. Eine Spiculaanalyse ist daher unbedingt notwendig. (vgl. Exkurs S. 344).



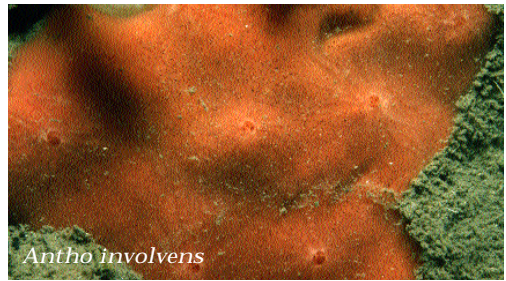
Antho involvens (Schmidt, 1864) – Orangeroter Krustenschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *A. inconstans*. • **Artmerkmale:** Hellorange bis knallrote inkrustierende Art, die flächenförmige leicht abhebbare Aufwüchse bildet. Oscula auffällig und gleichmäßig über die Oberfläche verteilt mit leicht erhobenen Rändern. Unauffällige innere Ausströmkanäle (nicht an Oberfläche liegend), deren Enden in Oscula sichtbar. • **Skelett:** Megascleren: ectosomale Stylen oder Subtylostylen ca 330 µm lang (Ø 4 µm), subectosomale Stylen ca 500 µm, Acanthostylen 145–160 µm lang und komplett, aber oft sparsam spinuliert. Im Unterschied zu *A. involvens* ohne Acanthostrongylen! Microscleren: palmate Isochelae (17–23 µm, teilweise rar) und häufig Toxen (ca 65 µm). • **Konsistenz:** Relativ fest; hält zusammen, wenn abgeschabt. • **Lebensraum:** Steile Felsen des Circalitorals in exponierter und ruhiger Lage. • **Verbreitung:** MM, Nordwest-Atlantik. • **Anmerkung:** Leicht zu verwechseln mit *A. inconstans* und anderen roten inkrustierenden Schwämmen. Eine Spiculaanalyse ist daher unbedingt notwendig.

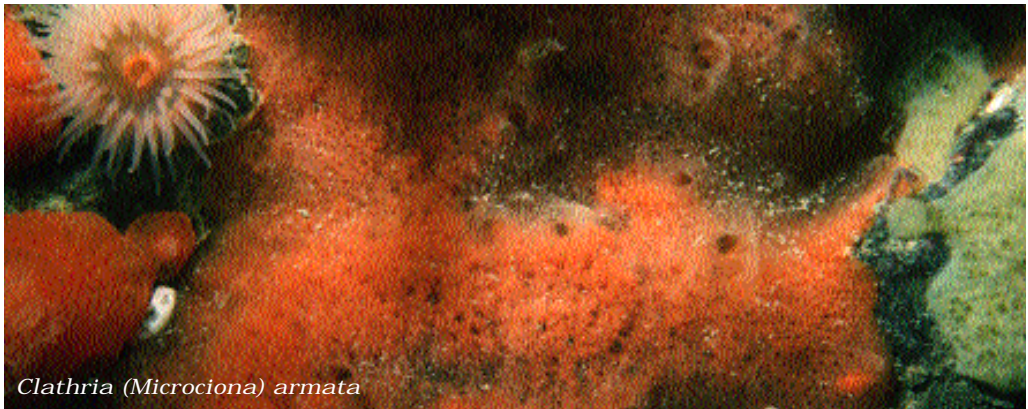




Antho inconstans



Antho involvens



Clathria (Microciona) armata

Clathria (Clathria) coralloides (Olivi, 1791) – Roter Korallenstockschwamm

• **Gattungsmerkmale:** Ectosomales und subectosomales Skelett wird aus einer Art von Hilfsstylen aufgebaut, die sich von den Hauptstylen des choanosomalen Skeletts unterscheiden. • **Artmerkmale:** Buschförmig-verzweigt bis -netzwerkartig aufgebaut mit zylindrischen Zweigen, deren Enden etwas verdickt sind. Oberfläche fein gepunktet bis runzelig, leicht stachelig. Lebhaft rot bis matt Ziegelsteinrot. • **Skelett:** Megascleren: 200–550 µm lange ectosomale Subtylostylen (Ø 2–5 µm) mit ovalem Kopf (gelegentlich mit zusätzlichem Stachel). Choanosomale Hauptscleren: glatte, leicht geschwungene 200–500 µm lange Stylen (Ø 12–15 µm). Gestachelte Acanthostylen nur schwach bestachelt, mit 80–120 µm kürzer als die Hauptstylen. Microscleren: schwach kurvige Toxen (80–140 x 1–2 µm) und palmate Isochelae (13–20 µm). • **Konsistenz:** Relativ fest, nicht zusammendrückbar. • **Lebensraum:** Tiefere sandige und felsige Standorte. • **Verbreitung:** MM, Iberische Atlantikküste. • **Anmerkung:** Der Name bezieht sich auf korallenartige Form des Schwammes. Die artenreiche Gattung *Clathria* wird in 7 Untergattungen aufgliedert. Die Unterscheidung vieler Arten ist mitunter nur einem Spezialisten möglich. Siehe auch *C. (Microciona) armata*.



Clathria (Microciona) armata Bowerbank, 1866 – Roter Krustenschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *C. (Clathria) coralloides*. • **Artmerkmale:** Dünn inkrustierende Art. In gemeinsamen Oscula zusammenlaufende, transparente und nicht leicht zu erkennende Ausströmkanäle. Oberfläche scheinbar glatt, jedoch äußerst fein bestachelt (lat. Name). Hellrot bis rot-orange. • **Skelett:** Megascleren: 150–450 µm lange ectosomale Subtylostylen (Ø 3–4,5 µm). Choanosomale Hauptscleren: 200–800 µm lange glatte Acanthostylen (Ø 8–15 µm), am Kopf leicht bestachelt; Sekundäre 100–200 µm lange, komplett und stark bestachelte Acanthostylen mit größeren und gebogenen Stacheln zur Spitze hin. Microscleren palmate Isochelae (7–23 µm) und mit 45–260 µm Größe sehr variable Toxen. • **Konsistenz:** Zerbrechliche Krusten. • **Lebensraum:** Auf Fels und häufig auf Muschelschalen; von geschützten bis zu stark exponierten Lagen; Flachwasser bis größere Tiefen. • **Verbreitung:** MM, Nordatlantik, Weißes Meer. • **Anmerkung:** Leicht zu verwechseln mit anderen roten inkrustierenden Schwämmen. Eine Spiculaanalyse ist daher unbedingt notwendig.



Phylogenie und Taxonomie der Porifera: schwammig, aber spannend

Michael Nickel

Die Geschichte der Wahrnehmung und Einordnung der Schwämme ist wechselhaft. Auch heute wird ihre Stellung und taxonomische Gliederung im Tierreich wieder – oder besser: noch immer – in Frage gestellt.

Obwohl sie schon früh von einigen wenigen Autoren als Tiere eingeordnet wurden, etwa von Ellis (1755) oder Pallas (1766), wurden Schwämme lange Zeit wechselnd als Pflanzen, „Pflanzentiere“, koloniale Protozoen, Coelenteraten oder Parazoen angesehen.

Die Einführung des Stammes Porifera geht auf Grant (1836) zurück. Die Apomorphien der Gruppe werden gewöhnlicherweise in vier diagnostischen Punkten dargestellt: 1. Besitz von Choanocyten, 2. ein höchst ausdifferenziertes wasserführendes Kanalsystem, 3. hohe Plastizität und Zellmobilität sowie Vorhandensein totipotenter Zellen und 4. Spicula-Synthese.

Zwei Problemkreise wurden in den letzten Jahren und heute verstärkt diskutiert: Sind Schwämme wirklich Metazoa, woraus konsequenterweise die Frage folgt, ob die Metazoa mono- oder polyphyletisch sind? Und: Sind die Porifera mit ihren drei Gruppen, Kalkschwämme (Calcarea), Hornkieselchwämme (Demospongiae) und Glasschwämme (Hexactinellida) nicht selbst polyphyletisch?

Solche Fragen nach der Phylogenetik der Schwämme erscheinen auf den ersten Blick haarspalterisch zu sein. Auf den zweiten Blick werden jedoch die Konsequenzen für das Verständnis der Evolution der Metazoa deutlich. Mehrere Szenarien finden in dieser Diskussion ihre Befürworter:

- Die Metazoa sind monophyletisch, Mehrzelligkeit ist bei den Tieren einmal entstanden, die Schwämme sind Teil der Metazoa.
- Die Metazoa sind polyphyletisch, Mehrzelligkeit bei Tieren ist mehrfach unabhängig voneinander entstanden und die Porifera könnten eine Schwestergruppe zu den übrigen Metazoa (Eumetazoa) bilden.

Die erste Theorie fand in den letzten Jahrzehnten durch die immer umfangreicheren molekularphylogenetischen Datensätze (ribosomale RNA-Gene = rDNA, HSP70-Gene) und durch den Nachweis molekularer Systeme in Schwämmen, die sonst nur in Tieren zu finden sind (Immunglobuline, Adhensionsmoleküle, extrazelluläre Matrix-Komponenten, etc.) zunehmend Unterstützung.

Generell wird angenommen, dass die Stammform der ersten vielzelligen Tiere auf Protisten zurück zu führen ist. Immer wieder im Gespräch sind dabei die Choanoflagellaten, die aufgrund ihrer morphologischen Ähnlichkeit zu den Kragengeißelzellen (Choanocyten) der Schwämme eine solche Annahme plausibel erscheinen lassen. Die Frage wird jedoch diskutiert, ob es sich dabei um eine Homologie handelt oder lediglich um eine Konvergenz. Es gibt jedoch Hinweise, dass die Geißelbasis bei den Choanoflagellaten anders organisiert ist als bei den Schwämmen, was eine Konvergenz wahrscheinlicher macht. Als gesichert kann jedoch gelten, dass ein hypothetisches Urmetazoon schwammähnliche Eigenschaften hatte, da die Schwämme den ältesten (bekanntesten) Zweig der Tiere darstellen. Ihr Ursprung reicht 500 bis 1 000 Millionen Jahre zurück bis nahezu an den Übergang vom Proterozoikum zum Phanerozoikum.

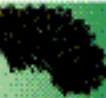
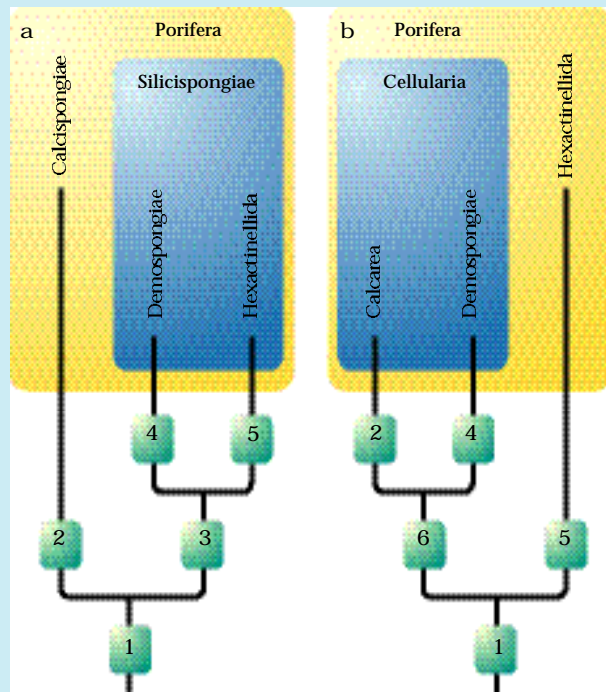
Die weiterhin ungelöste Frage nach der Mono- oder Polyphyly der Schwämme wird in den letzten Jahren stark diskutiert. Zur Lösung des Problems stehen mehrere Datensätze zur Verfügung, die uns eine Aussage über Aut- und Synapomorphien erlauben, nämlich morphologische und molekularbiologische Daten. Beide wurden in den letzten Jahren einzeln oder in Kombination genutzt, um phylogenetische Beziehungen abzuleiten. Der Wert der daraus resultierenden Aussagen wird jedoch relativiert, wenn man sich die Beschaffenheit der Daten genauer betrachtet. Zunächst ist bei morphologischen Merkmalen oft schwer entscheidbar, ob es sich um eine Konvergenz oder eine Homologie handelt, wenn Vergleichsformen fehlen. Als Beispiel kann die Synthese von Spicula dienen. Zwar sekretiert der größte Teil der Schwämme Spicula, Kalkschwämme jedoch solche aus Kalk, Hornkieselchwämme und Glasschwämme solche aus Silikat. Obwohl prinzipiell der Sekretionsmechanismus auf die selbe Urform zurückgehen könnte, sprechen viele Fakten dafür, dass Kalk- und Silikatnadeln konvergent sind. Die Sekretion von Spicula muss demnach also zumindest zweimal unabhängig voneinander in der Evolution aufgetaucht sein. Ein Hinweis ist der Sekretionsmechanismus: bei den Calcarea extrazellulär, bei den Demospongiae und Hexactinellida intrazellulär. Was ist jedoch mit dem Vergleich zwischen Glasschwämmen und Hornkieselchwämmen? Hier lässt sich keine eindeutige Antwort geben. Zwar sekretieren beide Gruppen ihre Nadeln intrazellulär, aber, da die molekularen Mechanismen der Sekretion nicht bekannt sind, könnten sich dahinter auch zwei unterschiedliche Systeme verbergen, die sich unabhängig voneinander entwickelt haben. Solange jedoch keine deutlichen Hinweise dafür bestehen muss man eine Homologie annehmen. Hier spielt also die Verfügbarkeit oder der Detailreichtum der


Datensätze eine entscheidende Rolle. Geht man von den Spicula aus, bilden Glas- und Hornkiesel-schwämme eine zusammengehörende Gruppe (Silicispongiae), während die Kalkschwämme separat stehen (Abb. 8.19a). Betrachten wir jedoch andere Merkmale, etwa der zellulären Morphologie, so ergibt sich eine gemeinsame Gruppierung der zellulär organisierten Kalk- und Hornkiesel-schwämmen (Cellularia, Abb. 8.19b) gegenüber den syncytialen Glasschwämmen (Symplesma).

Molekulare Stammbäume aus 18S- und 28S-rDNA-Sequenzvergleichen geben zunehmend Hinweise darauf, dass die in Abb. 8.19a dargestellte Situation die wahrscheinlichere ist. Es scheint, als repräsentierten die Calcarea die jüngste Gruppe der Schwämme. Erstaunlicherweise geben die molekular-phylogenetischen Daten Hinweise, dass die Calcarea näher mit den Ctenophora, also mit den höheren Metazoa, verwandt sind als mit den beiden anderen Schwammgruppen. Aus diesem Grund wurde jüngst die Paraphylie der Schwämme erneut postuliert. Daraus würde die Abschaffung des Stammes Porifera Grant, 1836 resultieren. Die Calcarea würden in den Rang eines Stammes Calcispongiae erhoben und Hexactinellida und Demospongiae zunächst gemeinsam den Stamm Silicispongiae bilden, solange die Frage der Monophylie dieser beiden Gruppen ungeklärt bleibt. Der Begriff Schwamm würde dann lediglich eine Organisationsform beschreiben. Die aufgeworfenen Fragen werden in den nächsten Jahren noch umfassend diskutiert werden. Sollte sich bestätigen, was sich abzuzeichnen beginnt, dann müssen in naher Zukunft die Lehrbücher der Zoologie umgeschrieben werden.


Literatur: Borchelini C, Boury Esnault N, Vacelet J, Le Parco Y (1998) Phylogenetic analysis of the HSP70 sequences reveals the monophyly of Metazoa and specific phylogenetic relationships between animals and fungi. *Molecular Biology and Evolution* 15: 647–655 • Borchelini C, Chombard C, Lafay B, Boury-Esnault N (2000) Molecular systematics of sponges (Porifera). *Hydrobiologia* 420: 15–27 • Borchelini C, Manuel M, Alvion E, Boury-Esnault N, Vacelet J, Le Parco Y (2001) Sponge paraphyly and the origin of Metazoa. *Journal of Evolutionary Biology* 14: 171–179 • Hooper JNA, Van Soest RWM (2002) *Systema Porifera*. A guide to the supraspecific classification of Sponges and Spongiomorphs (Porifera). Plenum, New York • Mehl D, Reiswig HM (1991) The presence of flagellar vanes in choanomeres of Porifera and their possible phylogenetic implications. *Zeitschrift für Zoologische Systematik und Evolutionsforschung* 29(4): 312–319 • Müller WEG (2001) Review: How was metazoan threshold crossed? The hypothetical Urmetazoa. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 129: 433–460 • Van Soest RWM (1996) Porifera. In: Westheide W, Rieger R (Hrsg.) *Spezielle Zoologie*. Teil 1: Einzeller und Wirbellose Tiere. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 912 pp • Zrzavy J, Mihulka S, Kepka P, Bezdek A, Tietz D (1998) Phylogeny of the Metazoa based on morphological and 18S ribosomal DNA evidence. *Cladistics* 14: 249–285.

8.19 Mögliche alternative phylogenetische Systeme der Porifera nach Van Soest (1996) und anderen Autoren kombiniert. a) Demospongien und Hexactinelliden bilden das Taxon Silicispongiae, von dem die Calcarea abgegrenzt sind; Monophylie der Porifera fraglich. Nach Zrzavy et al. (1998) und Borchelini et al. (2001) b) Calcarea und Demospongien bilden das Taxon Cellularia und sind gegenüber den Hexactinelliden abgegrenzt; Monophylie der Porifera angenommen. Nach Mehl und Reiswig (1991). Apomorphien: [1] Choanocyten mit Flagellen, filtrierende Ernährung, Archaeocyten. [2] Extrazellulär gebildete Kalkspicula. [3] Parenchymula-Larve; intrazellulär gebildete Kalkspicula. [4] Parenchymula-Larve der Demospongiae; intrazellulär gebildete Tetraxone Kieselspicula. [5] Syncytiale Organisation; sekundäres Retikulum; intrazellulär gebildete, triaxone Kieselspicula; Parenchymula-Larve der Hexactinelliden mit Stauractinien. [6] Pinacoderm mit Porocyten; kugelige Kragengeißelkammern.




Clathria (Microciona) atrasanguinea Bowerbank, 1862 – Blutkrustenschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *C. (Clathria) coralloides*. • **Artmerkmale:** Dünne, bis 3 mm dicke Krusten, die größere Flächen bis zu etwa 30 cm Durchmesser bedecken. Die Oberfläche wenig strukturiert, spiegelt Untergrund wieder. Ausströmkanäle als dunkle, verzweigte Linien deutlich sichtbar, im Bereich der zahlreichen Oscula dicker und transparent. Oberfläche samtig weich. • **Skelett:** Megascleren: schlanke 225–355 µm lange ectosomale Subtylostylen. Hauptscleren: 220–470 µm lange Stylen (Ø 10 µm), gelegentlich Subtylostylen gleicher Größenordnung, dann an der Basis eventuell leicht bestachelt. Hilfscleren: 80–140 µm lange stachelige Acanthostylen. Microscleren: 8–12 µm große palmate Isochelae; zwei häufige Größenklassen von Toxen: 100–125 µm und 18–40 µm. • **Konsistenz:** Schwer abzukratzende Krusten, die leicht reißen. • **Lebensraum:** Vertikale Flächen an Steinblöcken und vergleichbares. • **Verbreitung:** Mittelmeer, Europäische Atlantikküste. • **Anmerkung:** *Atrasanguinea* (lat.) = dunkel blutrot. Leicht zu verwechseln mit anderen roten inkrustierenden Schwämmen mit deutlich sichtbarer Kanalstruktur, z. B. *Crambe crambe*. Eine Spiculaanalyse ist daher unbedingt notwendig.

***Eurypon major*** Sara und Siribelli, 1960 – Roter Stachelkrustenschwamm 

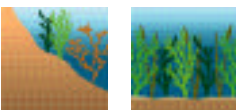
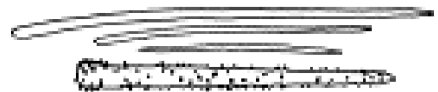
• **Gattungsmerkmale:** Typischerweise inkrustierend. Oberfläche stachelig, gleichmäßig granulär oder konulös. Skelettaufbau ähnlich *Microciona* mit basaler Schicht von Sponginfasern, die Spongin-Knoten ausbildet, aus denen Acanthostylen senkrecht herausragen. Außeraxiales Skelett aus subectosomalen Tylostylen, die senkrecht auf den basalen Fasern stehen und mit dem Kopf darin eingebettet sind. • **Artmerkmale:** Lebhaft rote dünne Krusten mit ungleichmäßiger, buckliger Oberfläche. Aus der Oberfläche ragen Stylen, etwa 1–1,5 mm, für das bloße Auge sichtbar, heraus. Darin kann sich Schlack verfangen. • **Skelett:** Drei Arten von Megascleren: 385–525 µm lange, gedrungene Oxen (Ø 3–7 mm), gelegentlich mit abgerundeten Enden; 1 440–2 210 µm lange choanosomale Tylostylen (Ø 10–17 µm) und 85–165 µm lange komplett spinulierte Acanthostylen. • **Konsistenz:** Dünne Kruste. • **Lebensraum:** Vertikale Felsflächen von der Oberfläche bis mindestens 40 m Tiefe. • **Verbreitung:** MM, Nordwest-Atlantik. • **Anmerkung:** Leicht zu verwechseln mit anderen roten inkrustierenden Schwämmen. Bei genauer Betrachtung fallen die herausragenden Stylen auf. Eine Spiculaanalyse ist notwendig.

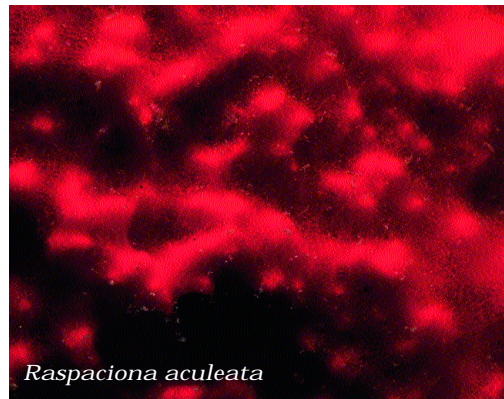
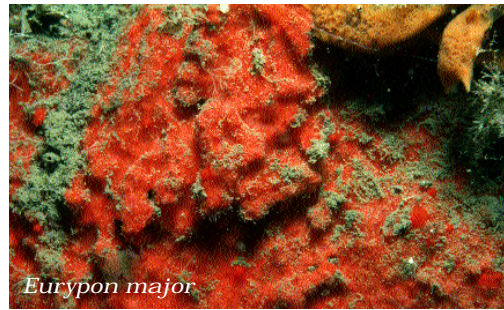
Raspaciona aculeata (Johnston, 1842) – Roter Spitzstachelschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Lappig-verzweigt oder bäumchenförmig-buschige Wuchsform mit stacheliger und auffällig mikrokonulöser Oberfläche. Choanosomales Skelett von niedrigem Aufbau ohne spezialisierte choanosomale Megascleren. Spongin nahezu ausschließlich in basaler Region vorkommend. Subectosomale Stylen ragen durch Oberfläche oder bilden Conuli. Keine Microscleren. • **Artmerkmale:** Stark bestachelte, rote oder roséfarbene Krusten oder Kissen. Maximal 5–10 cm im Durchmesser. Die Oberfläche ist bei massiven Individuen annähernd wabenförmig organisiert. • **Skelett:** 1 100–3 000 µm lange, glatte, leicht gebogene Tylostylen oder Stylen (Ø 15–20 µm). 350–450 µm lange, glatte Stylen (Ø 5–6 µm). 115–390 µm lange, dicht und fein spinulierte Acanthostylen (Ø 8–9 µm). • **Konsistenz:** Fest. • **Lebensraum:** Bis etwa 20 m Tiefe. • **Verbreitung:** Mittelmeer, Europäische Nordatlantikküste. • **Anmerkung:** Relativ einfach zu erkennen durch die stachelige Oberfläche (wiss. Name).

***Raspailia hispida*** (Montagu 1818) – Haariger Ockergeweisschwamm

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *R. agnata*. • **Artmerkmale:** Ocker bis blassbraun, dünn (Ø 4–6 mm), gleichmäßig bis dichotom verzweigt, aufrecht stehend, samtige Oberfläche mit gleichmäßiger Behaarung. Die kleinen Oscula sind am lebenden Schwamm oft mit einheitlichem Abstand in Reihen entlang der Zweige zu erkennen. • **Skelett:** Dichtes axiales Netzwerk von Spongin-Fasern (in älteren Individuen stärker ausgeprägt), die 1 375–1 800 µm lange Subtylostylen enthalten. Außeraxiales Skelett aus ebenso langen Stylen und Subtylostylen, die rechtwinklig vom Axialskelett ausgehen und die Schwamtoberfläche durchstoßen. Zusätzlich gestachelte 70–135 µm lange Acanthostylen (oder seltener Acanthoxen). • **Konsistenz:** Fest, aber elastisch. • **Lebensraum:** Gemeinsam mit anderen aufrecht verzweigten Schwämmen (z. B. *Axinella* sp.) an eher tieferen, mäßig exponierten Standorten mit gleichmäßiger Strömung. • **Verbreitung:** MM, Europäische Atlantikküsten. • **Anmerkung:** Kann in der Wuchsform leicht mit *Stelligera stuposa* verwechselt werden, beide Arten unterschieden sich aber deutlich in der Spiculation.






Unterordnung Myxillina Hajdu, Van Soest und Hooper, 1994


Choanosomale und ectosomale Megascleren sind unterschiedlich. Gewöhnlich mit speziell bestachelten Acanthostylen. Chelae sind dreizählige (arcuate oder anchrate) Isochelae. Gewöhnlich mit Sigmen, ohne Toxen.

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Chondropsidae Carter, 1886	<i>Batzella</i>	2	-
	<i>Psammoclema</i>	1	-
Coelosphaeridae Hentschel, 1923	<i>Chaetodoryx</i>	1	-
	<i>Forcepia</i>	1	-
	<i>Histodermella</i>	1	-
	<i>Histodermion</i>	1	-
	<i>Leptolabis</i>	3	-
	<i>Lissodendoryx</i>	7	-
Crambeidae Lévi, 1963	<i>Crambe</i>	3	<i>C. crambe</i> , <i>C. talliezi</i>
	<i>Discorhabdella</i>	1	-
Crellidae Hentschel, 1923	<i>Anisocrella</i>	1	-
	<i>Crella</i>	12	<i>C. elegans</i> , <i>C. (Phytheas) rosea</i>
Desmacididae Schmidt, 1870	<i>Desmacidon</i>	2	-
Hymedesmiidae Topsent, 1928	<i>Hamigera</i>	1	-
	<i>Hemimycale</i>	1	<i>H. columella</i>
	<i>Hymedesmia</i>	19	<i>H. pansa</i>
	<i>Hymetrichita</i>	1	-
	<i>Phorbas</i>	12	<i>P. fictitius</i> , <i>P. paupertas</i> , <i>P. tenacior</i>
	<i>Placamionida</i>	1	-
	<i>Spanioplou</i>	2	-
	<i>Stylopus</i>	3	-
	Myxillidae Topsent, 1928	<i>Melonanchora</i>	1
<i>Myxilla</i>		6	<i>M. incrustans</i> , <i>M. rosacea</i>
Tedaniidae Ridley und Dendy, 1886	<i>Tedania</i>	2	-
Gesamtzahl		84	11




Crambe crambe (Schmidt, 1862) – Roter Krustenschwamm 


• **Gattungsmerkmale:** Dünne, flache Krusten oder dickere Polster mit durchscheinender, leicht stacheliger Oberfläche mit klarem Venenmuster. Ectosomales Skelett aus Büscheln von Stylen bis Subtylostylen. Choanosomales Skelett aus Stylen und gelegentlich aus Desmata. Microscleren sind desmoide Pseudoastern (oft fehlend), spinulierte Microxen (oft fehlend) und anchorate Isochelae (selten fehlend oder reduziert zu sigmoiden Typen). • **Artmerkmale:** Orange-rote dünne, meist flache Krusten mit deutlich geschwollenen Ausströmkanälen. Bildet große, bis nahezu 1 m² große Flecken. • **Skelett:** Megascleren: ectosomale Bündel von 225–380 µm langen, glatten, geraden Stylen bis Subtylostylen (Ø 4–7 µm). Microscleren: choanosomale pseudosterose Desmen und anchorate Chelae (oft mit reduzierten, kurzen Zähnen) können vorhanden sein, fehlen aber in vielen Individuen. • **Konsistenz:** Weich und komprimierbar. Oberfläche, leicht stachelig oder konulös. • **Lebensraum:** Weit verbreitet auf vertikalen Felsen und Überhängen, sowie in Höhlen und auf sekundären Hartböden. Vom Flachwasser bis in große Tiefen (300 m und tiefer). • **Verbreitung:** MM, Atlantikküste von Portugal und Spanien, Kanarische Inseln. • **Anmerkung:** Die verwandte Art *C. tailliezi* Vacelet und Boury-Esnault, 1982 ist hellorange. Generell bestehen zahlreiche Verwechslungsmöglichkeiten mit anderen orangeroten inkrustierenden Schwämmen mit deutlich sichtbarem Venenmuster. Ohne Spicula-Präparation keine sichere Artbestimmung möglich.

***Crella (Crella) elegans*** (Schmidt, 1862) – Rosafarbener Kraterschwamm 

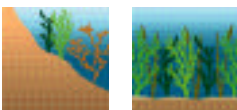
• **Gattungsmerkmale:** Krustenförmig, lappig oder stielförmig. Mit ectosomalen Acanthoxen oder Acanthostylen. Choanosomale Tornoten oder Strongylen. Basale Acanthostylen in inkrustierenden Arten vorhanden. Microscleren sind (wenn vorhanden) arcuate Isochelae. • **Artmerkmale:** Massive rosa oder hellviolette Krusten mit auffälligen dunkleren zusammengesetzten Porenfeldern. • **Skelett:** Ectosomale, leicht gekrümmte Acanthoxen in zwei Größenklassen: 55–70 µm und ca. 125 µm. Choanosomales Skelett aus 125–195 µm langen, glatten, oxeoten, spitz auslaufenden Tornoten und 115–160 µm lange Acanthostylen, mit stark spinuliertem Kopf und weniger spinuliertem Schaft. Microscleren fehlen völlig. • **Konsistenz:** Weich. • **Lebensraum:** Im Sublitoral auf Steinen oder Laminaria-Rhizoiden. • **Verbreitung:** MM, Galizische Atlantikküste. • **Anmerkung:** Lebend anhand der Färbung und in Spiculapräparationen durch das Fehlen von Microscleren von anderen *Crella*-Arten leicht unterscheidbar. Die Gattung *Crella* unterteilt sich in 4 Untergattungen.

***Crella (Phytheas) rosea*** (Topsent, 1892) – Rosafarbener Lappenschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *C. (Crella) elegans*. • **Artmerkmale:** Wässriges Rotorange mit Tendenzen zu violett oder rotbraun, auch gelb, massiv lappenförmig mit bis zu 30 cm weiten Auswüchsen. Große Oscula in transparenten Porenfeldern angeordnet, mit dunkleren, angeschwollenen Ausströmkanälen • **Skelett:** Dichtes ectosomales Skelett aus stark spinulierten Megascleren. Choanosomales Skelett aus Spongina-Fasern und Tornoten und Acanthostylen. Megascleren: Tornote als 230–340 µm lange Strongyloxen, stumpfe, 65–130 µm lange Acanthostylen überzogen mit starken konischen Stacheln. Choanosomale Acanthostylen mit 125–22 µm länger. Microscleren sind 17–23 µm große arcuate Isochelae (vor allem nahe der Oberfläche lokalisiert) • **Konsistenz:** Weich, aber zäh. • **Lebensraum:** Auf vertikalen Felswänden in exponierten bis geschützteren Lagen vom Flachwasser bis in größere Tiefen. • **Verbreitung:** MM, Europäische Atlantikküste. • **Anmerkung:** Ähnelt oberflächlich *Myxilla rosacea*, jedoch ohne Schleimabsonderung und deutliche Unterschiede der Spiculation.

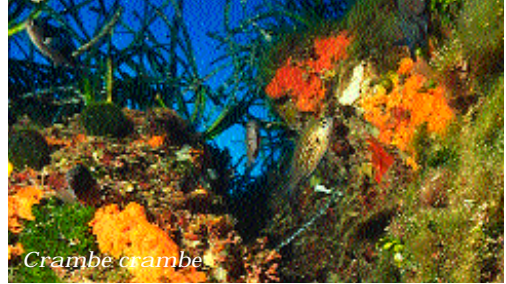
***Hymedesmia pansa*** Bowerbank, 1882 – Blasser Wabenschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Dünn inkrustierend, ectosomales Skelett aus gestreuten glatten Tornoten, die im Choanosom gebündelt vorliegen. Basales choanosomales Skelett aus ein oder zwei Größenklassen von Acanthostylen, die orthogonal zum Substrat stehen. Microscleren arcuate Isochelae oder Sigmen. • **Artmerkmale:** Blassgelber krustenförmiger Schwamm bis wenige cm Durchmesser dicht bedeckt mit wabenförmigen Porenfeldern. Oscula schwerer erkennbar als die Ausströmkanäle unter der weichen Oberfläche. • **Skelett:** Megascleren: 200–260 µm lange, schlanke, gerade Tornoten (Strongylen bis Subtylostylen; Ø 2–3 µm). Acanthostylen in zwei Größenklas-





Crambe crambe



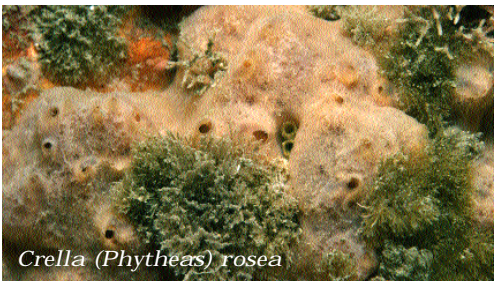
Crambe crambe



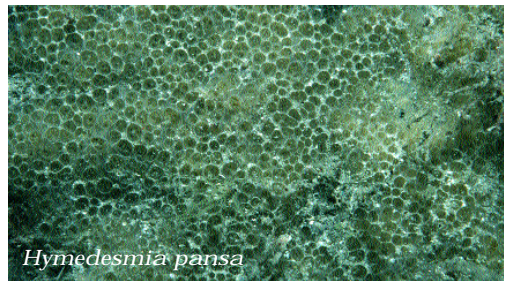
Crambe crambe (+ *Oscarella lobularis*)



Crella (Crella) elegans




Crella (Phytheas) rosea



Hymedesmia pansa

sen: 160–250 μm (Ø 5–10 μm), leicht gekrümmt am Kopf stark und dick bestachelt mit kleinen fast punktförmigen Stacheln am Schaft, und 85–110 μm (Ø 4–7 μm), eher gerade und auffällig komplett mit Stacheln besetzt, die im Kopfbereich relativ lang und am Schaft gekrümmt sind. Microscleren sind arcuate Isochelae (14–20 μm) mit schwächer gekrümmten Schaft. • **Konsistenz:** Weich. • **Lebensraum:** Auf Fels, Steinen und Bivalvier-Schalen vom Flachwasser bis in große Tiefen. Teilweise auch auf Algen und anderen Schwammarten aufsitzend. • **Verbreitung:** MM, Azoren, Ärmelkanal, Englische Westküste. • **Anmerkung:** Kann mit *Hemimycale columella* verwechselt werden, ist jedoch heller und bildet dünnere Krusten als diese.



Hemimycale columella (Bowerbank, 1874) – Bräunlicher Kraterschwamm  (S. 347)

• **Gattungsmerkmale:** Dick inkrustierend mit auffälligen wabenförmigen Porenfeldern. Megascleren sind Strongylen und Stylen, ohne Unterschiede zwischen Ectosom und Choanosom. Keine Acanthostylen, keine Microscleren. • **Artmerkmale:** Braune bis orangefarbene oder pinke Krusten (Ø max. 10–30 cm) mit charakteristischen dunkleren Porenbereichen. Oberfläche glatt. Deutlich feststellbare Kontraktion. • **Skelett:** Kein spezialisiertes ectosomales Skelett vorhanden. Megascleren: 330–470 μm lange Strongylostylen bis Subtylostylen (Ø 4–8 μm). Keine Microscleren. • **Konsistenz:** Relativ weich, beinahe glitschig, wenn ungestört. • **Lebensraum:** Auf Fels oder sekundärem Hartboden vom Flachwasser bis größere Tiefen. Oft zwischen Algen an lichtexponierten Standorten, jedoch auch häufig in schattigen Standorten, z. B. im *Posidonia*-Rhizombereich. • **Verbreitung:** MM, südliche europäische Atlantikküsten (ohne Nordseeküsten und nördlicher). • **Anmerkung:** Die kraterartigen Porenfelder sind zusammengefasste Einströmöffnungen. Die Oscula sind wesentlich weniger häufig und liegen auf kleinen kontraktilen Papillen. Als Besonderheit können kleine Kalkkugeln (Ø 2–60 μm) gelten, die bisher nur in



Rote Schwämme: „AktENZEICHEN XY ungelöst“

Michael Nickel

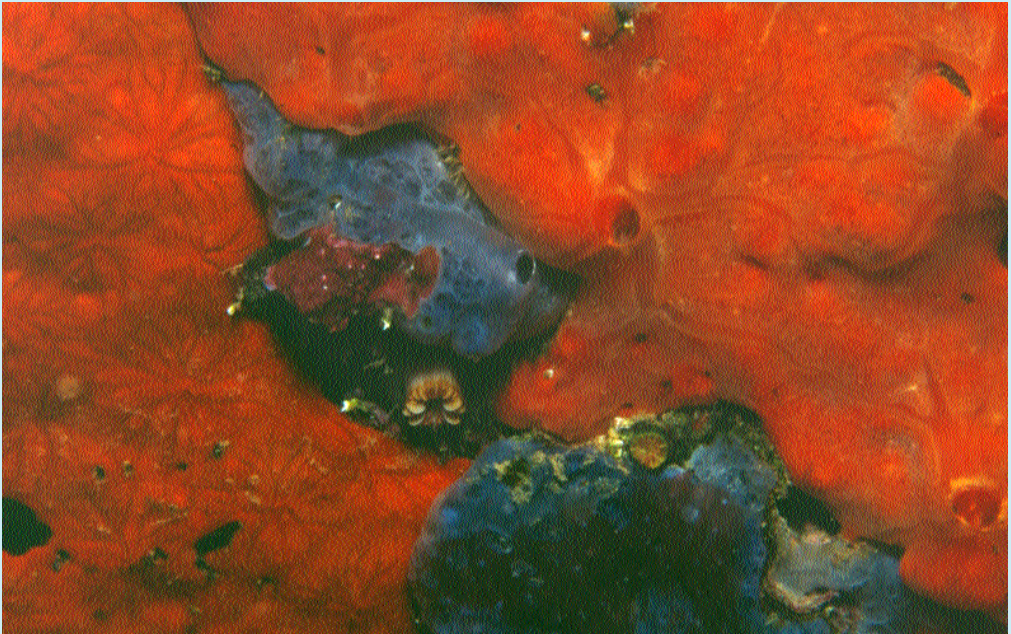
Zwei Biologen schweben unter Wasser vor einem großen Felsblock, dessen Nordseite typischerweise über und über mit roten, krustenförmigen Schwämmen bedeckt ist. Während der eine an „Spirastrella cunctatrix“ denkt, meint der andere, „Crambe crambe“ zu erblicken. Nach dem Auftauchen wird das Gesehene besprochen und rasch entbrennt eine Diskussion über rote Schwammkrusten. Wer hat nun recht? War es Spirastrella? War es Crambe? War es gar ein anderer Schwamm oder etwa nicht nur eine Art, die diese markanten, leuchtend roten Kleckse der Unterwasserwelt darstellen?

Es ist zwar hinlänglich bekannt, dass Schwämme sich nur in den seltensten Fällen anhand der Farbe oder der Wuchsform bis zur Art bestimmen lassen (vgl. Exkurs S. 316), aber nur zu gerne vergessen die einschlägigen Unterwasser-Bildführer darauf hinzuweisen. So kommt es, dass die meisten Taucher, die sich etwas genauer mit Bildführern beschäftigt haben, bei roten Krusten sogleich auf die genannten Schwammarten tippen.

Gestärkt wird die Überzeugung richtig bestimmt zu haben, wenn die Ausströmkanäle faszinierende sternförmig zu den Oscula zusammenlaufende Muster bilden. Teilweise werden Tipps zur Unterscheidung dieser beiden Schwammarten angeboten: Man könne durch Anfassen unterscheiden: *Spirastrella* habe eine rauhe Oberfläche, während sich *Crambe* weich, fast samtig anfühlt. Diese Beobachtung stimmt in der Tat, doch darf man nicht vergessen, dass es nicht nur die beiden erwähnten Arten gibt, deren oberflächliche Merkmale rot und krustenförmig sind! In der Bestimmungsliteratur wird aus Unkenntnis oder um den Leser nicht zu verwirren oft verschwiegen, dass es im Mittelmeer Dutzende roter oder orange-roter Krustenschwämme gibt, die sich auf den ersten Blick ebenso ähneln, wie auf den Zweiten. Es sei hier zur Verdeutlichung auf verschiedene Arten aus den Gattungen *Antho*, *Clathria*, *Eurypon*, *Phorbas*, *Esperiopsis*, *Mycale* und *Scopalina* verwiesen, die alle orange-rote bis tiefrote Krusten ausbilden.

Zweifellos gehören *Crambe crambe* und *Spirastrella cunctatrix* zu den häufigsten roten Spezies, aber das hilft jenen, die es genau wissen möchten oder müssen, nicht viel weiter. Es steigen lediglich die Chancen, richtig zu raten. Nach wie vor und besonders bei Problemfällen wie den roten Krustenschwämmen gilt: eine Spicula-Präparation (S. 316) ist unerlässlich. Nur so lässt sich der

8.20 *Crambe crambe* (rechts) und *Spirastrella cunctatrix* (links), dazwischen *Anchinote tenacior* (blau). Man beachte die deutlichen Unterschiede in der Strukturierung und Größe der Ausstromkanäle, sowie die deutlich dickere Kruste von *Crambe*.



letzte Zweifel über die Schwammart ausräumen. In der Regel unterscheiden sich zumindest die Gattungen anhand der Silikatnadeln. Dennoch kann es passieren, dass selbst das Betrachten der Spicula die Unterscheidung nahe verwandter Arten nicht zulässt. In diesen Fällen spielen statistische Auswertungen der Nadelformen und -längen ebenso eine Rolle wie der histologische Aufbau der Krusten. Ein mühseliges Unterfangen, das dem Spezialisten vorbehalten sein wird. Selbst ein erfahrener Schwamm-Taxonom kann seine Probleme bei der Unterscheidung von manchen (nicht nur roten) Arten haben.

Sicher kann man mit viel Erfahrung und Vergleich der Oberflächenstrukturen, Färbungen an Ort und Stelle sowie mit anschließender Probennahme und Spiculapräparation nach und nach lernen, verschiedene Arten zu unterscheiden. Am Foto hingegen wird es kaum gelingen. Das zeigt z. B. der direkte Vergleich von *Crambe* und *Spirastrella* auf Abbildung 8.20. Letzterer wird auch „Strahlenschwamm“ genannt, aufgrund seiner deutlichen sternförmigen Kanäle. *Crambe* weist dieselben Strukturen auf, wie deutlich wird. Auf der abgebildeten Fläche sind beide Schwämme nebeneinander aufgewachsen. *Crambe* (rechts) weist die deutlich größeren Ausströmkanäle auf, auch hebt sich die dickere Kruste etwas höher ab. Auf vielen Fotos sieht man jedoch nur Details und wenn der Größenbezug fehlt, dann lassen sich kaum Aussagen machen, ob es sich um *Crambe*, *Spirastrella* oder einen anderen Schwamm handelt.

Ein weiteres Problem wird auf Abbildung 8.21 deutlich. Was unter Wasser ohne künstliche Lichtquelle noch einheitlich rot erschien, erweist sich auf dem Foto als unterschiedliche Rot-Töne. Obwohl von der *Spirastrella*-Fläche eine Probe für die Spicula-Analyse genommen wurde, kann nun im Nachhinein nicht mehr gesagt werden, ob auch die dunklere Fläche dieser Art zugeordnet werden kann. Möglicherweise stellt die dunkle Fläche eine dritte Art dar, oder eben nur ein anderes, etwas unterschiedlich gefärbtes Individuum von *Spirastrella*.

In vielen Fällen wird man die Frage nach der Art eines roten Krustenüberzugs ungelöst *ad acta* legen müssen, will man nicht die aufwendige Beprobung und Spicula-Präparation durchführen. Dann bleibt es, sich an der Ästhetik der leuchtend roten Farbleckse unter Wasser zu erfreuen.


Literatur: Van Soest, Picton, Morrow (1999) Sponges of the North East Atlantic. World Biodiversity Database CD-ROM Series. ETI. Springer Verlag, Heidelberg • Göthel H (1997) Farbatlas Mittelmeerfauna. Niedere Tiere und Fische. Ulmer Verlag • Bergbauer M, Humberg B (1999) Was lebt im Mittelmeer? Ein Bestimmungsbuch für Taucher und Schnorchler. Kosmos Verlag.

8.21 Große Fläche von *Spirastrella cunctatrix*.

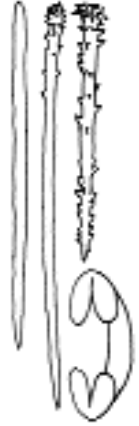
Die Farbunterschiede gehen entweder auf zwei unterschiedlich gefärbte Individuen zurück oder es handelt sich bei der dunkelroten Fläche um eine weitere Art eines roten Krustenschwamms, die nicht bestimmt werden konnte.




dieser Gattung gefunden wurden. Kann oberflächlich mit *Hymedesia pansa* verwechselt werden, jedoch sind Färbung, Größe, Dicke und Skelettaufbau und Spiculation anders.


Phorbas fictitius (Bowerbank, 1866) – Blutkraterschwamm 

- **Gattungsmerkmale:** Dick inkrustierend mit wabenförmigen Porenfeldern. Ectosomales Skelett mit Diactinen und Isochelae. Fiedrig ausgebildetes Choanosomales Skelett mit stark spinulierten Acanthostylen und glatten diactinen Tornoten. Microscleren sind, falls vorhanden, Chelae oder Sigmen.
- **Artmerkmale:** Bildet mäßig dicke, auffällig tiefrote bis orange Krusten mit kleinen Porenfeldern (\varnothing 1–2 mm). Oscula regelmäßig mit erhobenem, durchscheinendem Rand, etwas größer als die Porenfelder. Bis maximal 30 cm im Durchmesser, jedoch meist kleinere, unregelmäßige Flecken bildend.
- **Skelett:** Megascleren: ectosomal mit 230–350 μ m langen Tornoten (\varnothing 3–5 μ m) mit ungleichen Enden, choanosomal mit zwei Größenklassen von Acanthostylen: große, basal spinulierte von 330–490 μ m Länge (\varnothing 8 μ m) und kleinere, komplett spinulierte von 120–200 μ m Länge (\varnothing 5 μ m). Ectosomale Microscleren sind arcuate Isochelae (18–25 μ m).
- **Konsistenz:** Weich und komprimierbar, Oberfläche weich bis gliitschig.
- **Lebensraum:** Regelmäßig an exponierten, oberflächennahen felsigen Standorten.
- **Verbreitung:** MM, Atlantikküste von Spanien, Frankreich und Großbritannien.
- **Anmerkung:** Je lichtexponierter der Standort, desto ausgeprägter die rote Färbung; an lichtschwachen Standorten eher pink bis orange. Ähnelt stark der nahe verwandten Art *P. paupertas* (Bowerbank, 1866), diese jedoch mit Strongylen bis Subtylo-stylen (200–300 μ m lang, \varnothing 3–5 μ m) als ectosomale Megascleren.

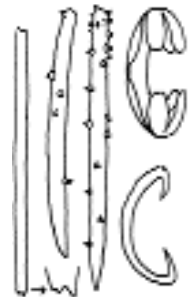


Phorbas tenacior Topsent 1925 – Blauer Kraterschwamm 

- **Gattungsmerkmale:** siehe *P. fictitius*.
- **Artmerkmale:** Mäßig dicke, violettblaue bis milchig hellblaue Krusten mit kraterförmigen Porenfeldern. \varnothing 10–20 cm. Deutlich ausgebildete Oscula mit ausgeprägten zuführenden Ausströmkanälen.
- **Skelett:** Megascleren: ectosomal mit 190–240 μ m langen Strongylen, choanosomal mit zwei Größenklassen von Acanthostylen: größere, basal spinulierte von 160–220 μ m Länge und kleinere, komplett spinulierte von 80–110 μ m Länge. Ectosomale Microscleren sind arcuate Isochelae (16–21 μ m).
- **Konsistenz:** Weich und komprimierbar, Oberfläche weich.
- **Lebensraum:** Weit verbreitet an exponierten bis geschützten Standorten des Infralitorals, auf primären und sekundären Hartböden von der Wasseroberfläche bis größere Tauchtiefen.
- **Verbreitung:** MM.
- **Anmerkung:** Es gibt nur wenige blaue Schwämme, daher keine Verwechslungsmöglichkeiten. Wächst häufig auf biogenen Kalkstrukturen. Wie einige andere Schwammarten oft von Scyphopolypen der Gattung *Nausthoe* besiedelt, wobei deren Theka als Stützelement genutzt werden kann.

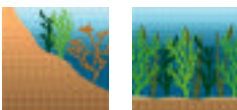
Myxilla rosacea (Lieberkühn, 1859) – Rosafarbener Schleim-Kissenschwamm 

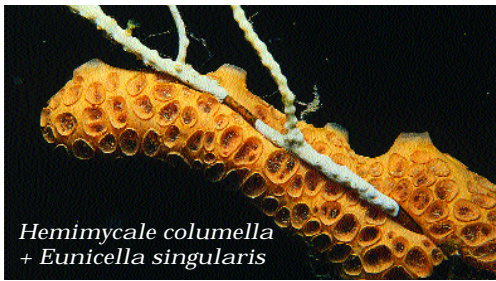
- **Gattungsmerkmale:** Krustenbildend, massiv bis aufrecht-verzweigt. Oberfläche unregelmäßig, teils konulös. Ectosomale tylothe Tornoten. Choanosomales Netzwerk spinulierter oder glatter Stylen. Microscleren sind Isochela vom anchoraten Typ mit 3 Zähnen.
- **Artmerkmale:** Schmutzig-rosa, braunorange oder gelbliche Polster von bis zu 1 cm Dicke und bis 15 cm \varnothing , an tieferen, geschützten Standorten auch aufrecht-verzweigt. Oscula gleichmäßig verteilt. Produziert Schleim.
- **Skelett:** Megascleren: ectosomale, senkrecht stehende Büschel von 140–160 μ m langen Tornoten. Choanosomale 140–155 μ m lange Acanthostylen, deren Stacheln wenig zahlreich, aber stark ausgeprägt und gleichmäßig verteilt sind. Die über den ganzen Schwamm verteilten Microscleren sind schaufelförmige, anchorate Chelae in zwei Größenklassen: 12–15 μ m und 20–25 μ m, sowie kleine Sigmata von 17–35 μ m.
- **Konsistenz:** Oberfläche leicht runzelig und stachelig, Körper elastisch.
- **Lebensraum:** An exponierten Standorten von der Wasseroberfläche bis in große Tiefen (300 m und tiefer).
- **Verbreitung:** MM, Nordatlantik bis in arktische Bereiche.
- **Anmerkung:** Kann mit *M. incrustans* (Johnston, 1842) verwechselt werden, dieser jedoch eher gelblich und mit Tornoten, deren Enden reich spinuliert sind im Unterschied zu anderen *Myxilla*-Arten, die nur zwei bis drei Stacheln an den Tornoten-Enden aufweisen.



Unterordnung Mycalina Hajdu, Van Soest und Hooper, 1994

Megascleren im Ectosom und Choanosom sind nicht unterschiedlich, ohne bestachelten Acanthostylen. Mit palmaten Chelae, Sigmata und Toxen sind häufig vorhanden.

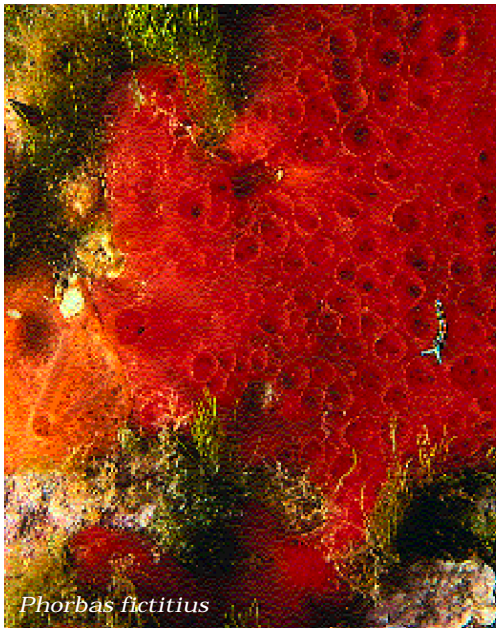




Hemimycale columella
+ *Eunicella singularis*



Hemimycale columella



Phorbas fictivus




Phorbas tenacior



Myxilla rosacea

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Cladorhizidae de Laubenfels, 1936	<i>Asbestopluma</i>	1	<i>A. hypogea</i>
	<i>Cladorhiza</i>	1	-
Desmacellidae Ridley und Dendy, 1886	<i>Biemna</i>	3	-
	<i>Desmacella</i>	4	-
	<i>Dragmatella</i>	1	-
	<i>Merlia</i>	3	-
	Hamacanthidae Gray, 1872	<i>Hamacantha</i>	5
Esperiopsidae Hentschel, 1923	<i>Amphilectus</i>	1	<i>A. fucorum</i>
	<i>Esperiopsis</i>	1	-
Mycalidae Lundbeck, 1905	<i>Mycale</i>	13	<i>M. rotalis</i>
	<i>Stylinos</i>	4	-
Podospongiidae de Laubenfels, 1936	<i>Podospongia</i>	1	-
	Gesamtzahl	38	3

Asbestopluma hypogea Vacelet und Boury-Esnault, 1996 – Carnivorer Höhlenschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Schlank, griffelförmig mit unterschiedlich langen seitlichen Zweigen. Ohne Poren und Oscula. • **Artmerkmale:** Schlank, Griffelförmig, weiß, bis 18 cm hoch. • **Skelett:** Starkes axiales Skelett mit dicht spikulierter äußerer Lage. Megascleren 700–1 000 µm lang (Ø 15–30 µm), 500–750 µm lange Subtylostylen (Ø 9–17 µm) in Verzweigungen und äußerer Schicht. Microscleren: Subtylostrongylen, große und kleine palmate Anisochelen, Sigmancistren. • **Konsistenz:** Fest. • **Lebensraum:** Größere Tiefen oder Höhlen ohne jahreszeitliche Temperaturschwankungen. • **Verbreitung:** MM (bekannt bei Marseille und in Kroatien). • **Anmerkung:** Kanalsystem fehlt vollständig. Karnivore Ernährungsweise (Exkurs S. 348).

Mit Haken auf Beutefang – fleischfressende Schwämme

Franz Brümmer

Schwämme sind Partikelfresser, die schwebende Partikel wie Bakterien, Mikroalgen und organischen Abfall (Detritus) aus dem Wasser filtern. Doch was tun, wenn das Angebot an partikulärer Nahrung gering ist, wie zum Beispiel in der Tiefsee oder in Höhlen? Auch hier gibt es Schwämme und einige davon haben eine völlig andere Strategie des Nahrungserwerbs entwickelt.

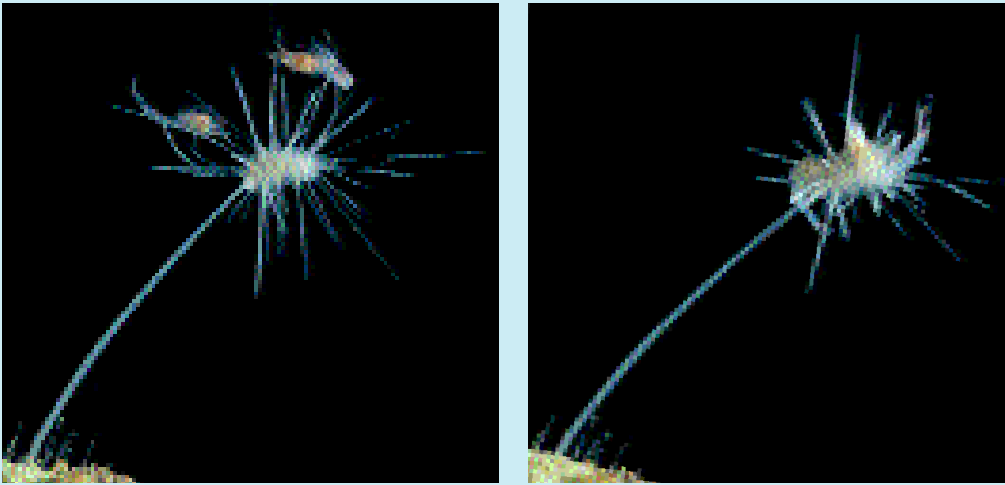
Schwämme der Gattung *Asbestopluma* kommen üblicher Weise nur in großen Tiefen vor. Innerhalb dieser Gattung wird der Tiefenrekord des Schwammvorkommens mit 8 840 m gehalten! Auf den ersten Blick vermutet man hinter *Asbestopluma* sicherlich keinen Schwamm, eher vielleicht einen Vertreter der Hydrozoa. *Asbestopluma hypogea* (Abb. 8.22 und 8.23) bildet etwa 15 mm große gestielte Körper ohne Choanocyten und ohne Wasserkanalsystem!

Der Körper ist mit dünnen Filamenten besetzt, in denen zahlreiche spezialisierte Scleren (Anisochelae) eingelagert sind. Sie sind im rechten Winkel zur eigentlichen Körperachse angeordnet und über Kollagenfasern verankert. Ein Ende schaut als Haken aus dem Schwamm heraus. In der Tat verhaken sich dort kleine Krebschen, die sich von selbst nicht wieder befreien können. Bis zu mehreren Stunden wurden derart gefangene Krebschen zappelnd beobachtet, was darauf schließen lässt, dass durch den Schwamm keine wie auch immer geartete Toxinausschüttung stattfindet. Allerdings werden bereits kurze Zeit nach dem Fang die umliegenden Zellen aktiv und beginnen die Beute zu umschließen. Auch die Filamente selbst werden verkürzt und dadurch dicker. Gleichzeitig werden neue Filamente gebildet, die sich ebenfalls über die Beute legen. Nach etwa einem Tag ist die Beute völlig eingeschlossen – und nach wenigen weiteren Tagen bereits verdaut. Dieser Schwamm ernährt sich tatsächlich fleischfressend (carnivor).

Ob sich auch andere Schwammarten der Tiefsee auf diese fleischfressende Art ernähren kann

8.22 *Asbestopluma hypogea* aus einer Höhle bei Marseille in etwa 20 m Tiefe.





8.23 *Asbestopluma hypogea* mit einem erbeuteten Krebschen (links: zu Beginn, rechts: nach 26 Stunden).

noch nicht abschließend beantwortet werden. Sicher ist aber, dass die Tiefseevertreter der Familie Cladorhizidae ebenfalls keine Choanocyten und kein Wasserkanalsystem haben. Auch die besondere Form der Spicula kommt bei ihnen üblicherweise vor.

Ist *Asbestopluma* überhaupt noch ein Schwamm, wenn von den eigentlichen Schwammcharakteristika nur die festsitzende Lebensweise und die Spicula übrig bleiben? Beim genaueren Hinsehen zeigen sich dann doch deutliche Gemeinsamkeiten zu den „üblichen“ Schwämmen: im zellulären Aufbau mit beweglichen Zellen, in den äußeren Zellschichten und in den fehlenden interzellulären Verbindungen. So werden *Asbestopluma* und andere Mitglieder der Familie Cladorhizidae als Schwämme angesehen, die sich bestens an die nährstoffarmen Bedingungen der Tiefsee mit einer neuen Ernährungsstrategie angepasst haben.

Diese Schwammfamilie wartet hinsichtlich des Nahrungserwerbes mit einer weiteren Besonderheit auf. Die in Tiefen zwischen 4 718 und 4 943 m in der Nähe von Methangasquellen vorkommende *Chladorhiza* sp. lebt zusammen mit besonderen Bakterien, die den Schwamm in dieser großen Tiefe und besonderen Umgebung mit Nährstoffen versorgen.

Eine dritte Art der merkwürdigen aber hochinteressanten Schwammfamilie, *Chondrocladia gigantea*, kommt in etwa 500 m Tiefe im Nordatlantik vor. Auch hier gehen von einem basalen Teil gestielte Anhänge aus, die an ihren Enden keulenartig verdickt sind. Die größten bisher bekannten Exemplare erreichen eine Größe von immerhin bis zu 60 Zentimeter (Name!). Die blasenförmigen, meist durchsichtigen Enden der Anhänge ergeben eine deutliche Oberflächenvergrößerung, was sich günstig für den Beutefang auswirkt. Krebschen verhaken sich auf der Blasenoberfläche in den Spicula und durch diesen Reiz des gefangenen Beutetieres wird das Wasser aus der Blase entfernt. Die Blase bricht zusammen und das Krebschen ist plötzlich von Schwammgewebe umgeben. Dies geschieht in Bruchteilen einer Sekunde. So umschlossen kann das Krebschen nicht mehr entkommen und wird verdaut. Im Gegensatz zu den beiden anderen Arten dieser Familie besitzt *Chondrocladia gigantea* ein Wasserkanalsystem und Choanocyten und wird deshalb als ursprünglicher Vertreter der Schwammfamilie Cladorhizidae mit dem typischen Schwammbauplan angesehen.


Die Beobachtungen, die zu der exzellenten Erstbeschreibung der andersartigen Ernährungsweise und des völlig anders gestalteten Schwammkörpers führten, wurden an Exemplaren aus einer (nur) 17–23 Meter tief liegenden Höhle nahe Marseille gemacht! Auch von anderen Stellen im Mittelmeer wie zum Beispiel der kroatischen Küste sind leichtere Vorkommen von fleischfressenden Schwämmen bekannt.

Literatur: Kübler B, Barthels D (1999): A carnivorous sponge, *Chondrocladia gigantea* (Porifera, Demospongiae: Cladorhizidae), the giant deep-sea club sponge from the Norwegian trench. *Mem. Queensland Museum* 44: 289–297 • Vacelet J, Boury-Esnault N (1995): Carnivorous sponges. *Nature* 373: 333–335 • Vacelet J, Fiala-Médioni A, Fisher CR, Boury-Esnault N (1996): Symbiosis between methane-oxidizing bacteria and a deep-sea carnivorous cladorhizid sponge. *Mar Ecol Prog Ser* 145: 77–85.

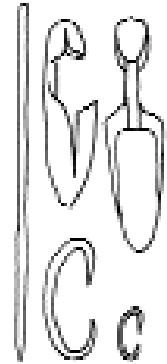


Amphilectus fucorum (Esper, 1794) – Variabler Krustenschwamm

• **Gattungsmerkmale:** Krustenbildend, kissenförmig bis lappig, selten verzweigt. Samtig bis leicht spinulierte Oberfläche. Skelett aus einem Netzwerk von Stylen, Microscleren sind palmate Isochelae oder Anisochelae. • **Artmerkmale:** Intensiv rotorange, von äußerst vielfältiger Gestalt: dünne Krusten, Kissen, massige Lappen oder gar verzweigt. Ausdehnung von wenigen cm² bis mehrerer dm² und bis über 10 cm Höhe. • **Skelett:** Büschelig verzweigtes Netzwerk aus Sponginfasern, die reich mit glatten, meist leicht gekrümmten, 170–500 µm (Ø 10–19 µm) und 150–200 µm (Ø 3–5 µm) langen Stylen besetzt sind. Microscleren sind palmate Isochelen (14–28 µm, teilweise selten). • **Konsistenz:** Weich und leicht zerreißbar; nicht schleimig. • **Lebensraum:** Von stark exponierten bis gut geschützten Standorten auf und unter Felsen und Steinen im Infralitoral. Daher die erwähnten Variationen der Wuchsform. • **Verbreitung:** Mittelmeer und europäische Nordatlantikksten. • **Anmerkung:** Die Art wird oftmals unter dem Synonym *Esperipsis fucorum* geführt. Sie besitzt einen starken, unangenehmen Geruch und kann sich in der Wuchsform schnell geänderten Umweltbedingungen anpassen.

Mycale rotalis (Bowerbank, 1874) 

• **Gattungsmerkmale:** Krustenbildend, lappig bis aufrecht verzweigt. Ectosomales Skelett gut ausgeprägt mit Bündeln von Stylen. Microscleren sind palmate Anisochelae die oft Rosetten ausbilden, Sigmata, Toxae, Raphiden, selten Micrakanthoxen. • **Artmerkmale:** Dunkelrot bis rosarote dünne Krusten bis dickere Kissen mit weichen Lappen bis etwa 15 cm Ø. Oberfläche dicht punktiert mit wenigen, großen und auffälligen Oscula von uneinheitlicher Größe, die leicht über die Oberfläche ragen. • **Skelett:** Ein bscheliges Netzwerk von Sponginfasern, vielfach mit geraden Subtylostylen von ca. 300 µm bestetzt. Microscleren sind palmate Isochelae in drei Größenklassen: ca. 15, 25 und 30 µm, die keine Rosetten bilden. Zusätzlich Sigmata in zwei Größenklassen von 20 µm und 70 µm. • **Konsistenz:** Relativ weich, aber ziemlich zäh. • **Lebensraum:** Auf Felsen und vertikalen Wänden von exponierten bis geschützten Lagen. Auch auf Bivalvia-Schalen und in Felsspalten. • **Verbreitung:** MM, Nordost-Atlantik. • **Anmerkung:** Die inkrustierende Wuchsform ist leicht zu verwechseln mit anderen roten krustenbildenden Schwämmen.


**Unterordnung Latrunculina Kelly und Samaai, 2002**

Das choanosomale Skelett ist ein weitmaschiges Netzwerk von Anisostylen oder Strongylen. Das ectosomale Skelett ist kompakt. Microscleren sind Acanthodiscorhabden oder eingekerbte Scheiben. Diese neu aufgestellte Unterordnung enthält nur die Familie Latrunculidae. Im Mittelmeer durch zwei Gattungen vertreten, die jedoch selten sind und daher hier nicht näher dargestellt werden.

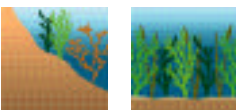
Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Latrunculidae Topsent, 1922	<i>Latrunculia</i>	3	–
	<i>Microstylifer</i>	1	–
Gesamtzahl		4	–

Ordnung Halichondrida Vosmaer, 1886

Hauptskelett fiedrig-netzwerkartig oder baumförmig-verzweigt aus unterschiedlichen Megascleren aufgebaut: Stylen, Oxen, Strongylen oder Zwischenformen von unterschiedlichen Größenordnungen. Keine funktionelle Lokalisation der Scleren. Als Microscleren treten auf, soweit überhaupt vorhanden, Desmata und Trichodragmata. Wuchsform stark variierend von krustenbildend über massiv-lappig bis bumchen- oder röhrenförmig.

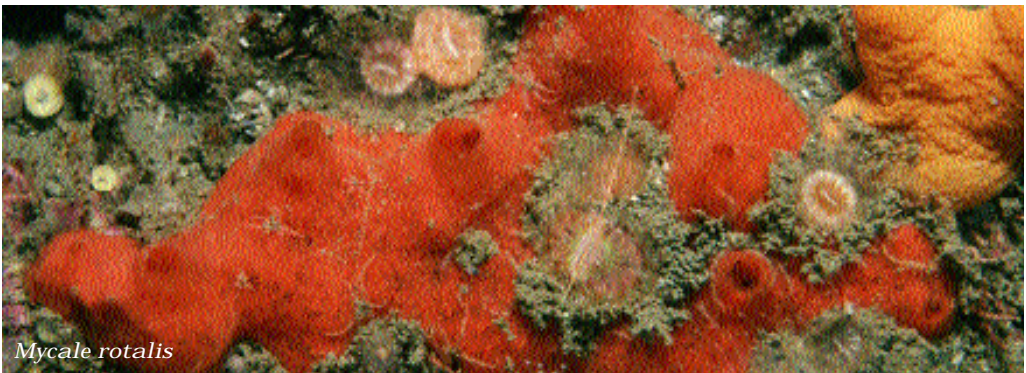
Axinella cannabina (Esper, 1794) – Hckeriger Geweishschwamm 


• **Gattungsmerkmale:** Verzweigt, buschig bis lamellenförmig. Choanosomales Skelett in axialen (verdichteten) und ueraxialen (weniger dichten) Teil unterscheidbar. Megascleren sind Stylen und Oxen. Microscleren, falls vorhanden, Microraphiden und Trichodragmata. • **Artmerkmale:** Aufrecht und sparsam verzweigt, maximal 20–50 cm hoch; dunkelorange bis gelb; Oberfläche unregelmäßig mit Kämmen, Rillen und Höckern, die Oscula auf lateralen Erhebungen liegend. • **Skelett:** Axial verdichtet, ueraxial weniger dicht mit fiedriger Struktur. Megascleren sind gerade und gekrümmte Stylen. Keine Microscleren. • **Konsistenz:** Relativ fest und flexibel. • **Lebensraum:** An detritusreichen Standorten ab einer Tiefe von etwa 20 m bis in größere Tiefen (ber 100 m). • **Verbreitung:** MM. • **Anmerkung:** In der



Wuchsform, Farbe und Standort ähnlich *A. polypoides*, jedoch aufgrund der stark strukturierten Oberfläche leicht unterscheidbar.


Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Axinellidae Carter, 1875	<i>Auletta</i>	1	-
	<i>Axinella</i>	17	<i>A. cannabina</i> , <i>A. damicornis</i> , <i>A. polypoides</i> , <i>A. vaceleti</i> , <i>A. verrucosa</i>
	<i>Axingella</i>	1	-
	<i>Higginsia</i>	2	-
	<i>Phakellia</i>	3	-
Bubaridae Topsent, 1892	<i>Bubaris</i>	3	-
	<i>Hymenhabdia</i>	7	-
	<i>Monocrepidium</i>	1	-
	<i>Rhabdobaris</i>	1	-
Desmoxidae Hallmann, 1917	<i>Didiscus</i>	2	-
	<i>Halicnemis</i>	2	<i>H. patera</i>
	<i>Halicortex</i>	1	-
	<i>Higginsia</i>	1	-
Dictyonellidae van Soest, Diaz und Pomponi, 1990	<i>Acanthella</i>	2	<i>A. acuta</i>
	<i>Dictyonella</i>	4	-
	<i>Scopalina</i>	2	-
	<i>Tethyaspira</i>	1	-
Halichondriidae Vosmaer, 1887	<i>Amorphinopsis</i>	2	-
	<i>Astromimus</i>	1	-
	<i>Ciocalyptra</i>	3	<i>C. penicillus</i>
	<i>Halichondria</i>	12	<i>H. panicea</i> , <i>H. bowerbanki</i>
	<i>Hymenacionon</i>	3	<i>H. perlevis</i>
	<i>Laminospongia</i>	1	-
	<i>Petromica</i>	1	-
	<i>Spongosorites</i>	5	-
	<i>Topsentia</i>	1	-
	Gesamtzahl		79




Axinella damicornis (Esper, 1794) – Lamellengeweisschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *A. cannabina*. • **Artmerkmale:** Aufrecht, buschig verzweigt mit breiten, abgeflachten, lammellenartigen Zweigen, die oft sekundär miteinander verwachsen sind, maximal 10 – 15 cm hoch, kräftig gelb bis hellorange. Oberfläche samtig-stachelig. Kleine apikale Oscula. • **Skelett:** Axial verdichtet, außeraxial fiedrig. Megascleren sind leicht gekrümmte 180 – 1 500 µm lange Stylen, Subtylostylen oder seltener Tylostylen, so wie gut entwickelte, oft in der Mitte genickte 25 – 500 µm lange Oxen. Keine Microscleren. • **Konsistenz:** Durch das starke axiale Skelett fest mit flexiblen Ästen. • **Lebensraum:** In geschützten und leicht exponierten Lagen vorwiegend auf sekundären Hartböden ab etwa 10 m Tiefe. • **Verbreitung:** MM, Nordost-Atlantik. • **Anmerkung:** Vor allem junge Exemplare können mit *A. verrucosa* verwechselt werden, dessen Äste jedoch zylindrisch, nie abgeflacht und mit schwächerer Tendenz, sekundär zu verwachsen. Oft mit der Krustenanemone *Parazoanthus axinellae* besiedelt.




Axinella polypoides Schmidt, 1862 – Löchriger Geweihschwamm 

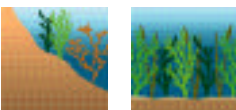
• **Gattungsmerkmale:** Siehe *A. cannabina*. • **Artmerkmale:** Aufrecht, verzweigt mit unregelmäßig dicken, variierenden Ästen (\varnothing 1–2 cm, oval); Höhe 50 cm, selten auch größer; gelb bis orange-rot; Oberfläche gleichmäßig, samtig; Oscula klein und sternförmig angeordnet (lebend schwierig zu sehen) • **Skelett:** Choanosomales axiales Skelett aus verdichteten Megascleren, außeraxiales Skelett aus dünnen, rechtwinklig vom Kern ausgehenden Fasern, teilweise fiedrig. Ectosomale Büschel von langen Stylen. Megascleren: 375–450 μ m lange Stylen und 220–400 μ m lange Oxen, jeweils ca 12 μ m \varnothing . Microscleren: 22–25 μ m lange Trichodragmata, die über das gesamte Skelett verteilt sind. • **Konsistenz:** Mäßig fest und flexibel. • **Lebensraum:** An gleichmäßig beströmten, meist tieferen (30–100 m) horizontalen Standorten auf Felsgrund oder Siltgrund. • **Verbreitung:** MM, Madeira, südliche europäische Atlantikküsten. • **Anmerkung:** Im Gegensatz zu den meist tiefen Standorten findet man die Art im Limski-Fjord bei Rovinj (Kroatien) bereits in wenigen Metern Tiefe und mit hohem Sedimenteintrag.

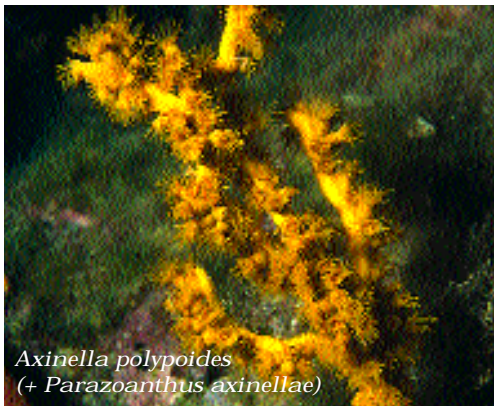
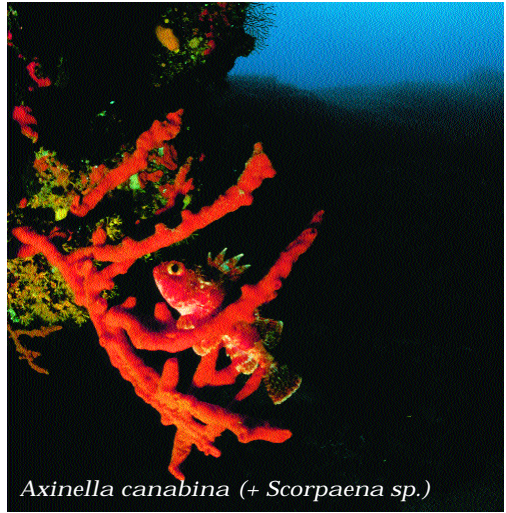
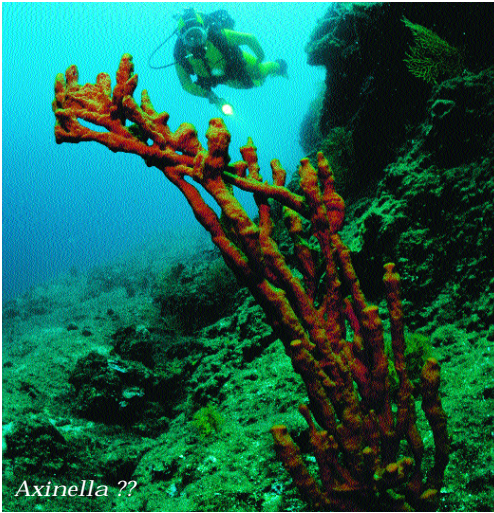
***Axinella vaceleti*** Pansini, 1982 – Vacelets Geweihschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *A. cannabina*. • **Artmerkmale:** Fächerförmig, aufrecht mit kurzem Stil, 5–6 cm hoch und 4–5 cm weit, unregelmäßig gelappte, wellige Blätter von maximal 1,5 mm Dicke. Oberflächliches Netz durchscheinender Ausströmkanäle. Oscula 2–3 mm weit, von dünner Membran umgeben. Oberfläche fein sinuliert. Kräftig orange. • **Skelett:** Gerade bis leicht gekrümmte, 270–1450 μ m lange Stylen bis Subtylostylen (\varnothing 2,5–15 μ m), die sich nicht in weitere Klassen unterteilen lassen. Bilden in der Lamina Bündel die sich baumartig aufweiten. Einfach oder doppelt abgelenkte, 250–370 μ m lange Oxen (\varnothing 2–12 μ m), die kürzeren mit spitzen, die längeren mit abgerundeten Enden. Diese bilden vorwiegend das Axialskelett. • **Konsistenz:** Weich und elastisch. • **Lebensraum:** Auf felsigen Abhängen mit schlammigen Sedimentablagerungen in geschützten Lagen (Spalten etc.). • **Verbreitung:** MM. • **Anmerkung:** Benannt nach dem französischen Schwammforscher Jean Vacelet.

Axinella verrucosa (Esper, 1794) – Glatte Geweihschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *A. cannabina*. • **Artmerkmale:** Aufrecht-verzweigte Wuchsform, mit etwa 1–2 cm durchmessenden Ästen, die gelegentlich anastomosieren, Äste oft stummelförmig auf breiterem Stamm; maximal 10–15 cm, selten größer; kräftig gelb bis ocker-gelb. Oberfläche glatt. Durchscheinende laterale, oberflächliche Kanäle zu den distalen Oscula im aktiv filtrierenden Zustand sichtbar. • **Skelett:** Verdichtetes axiales Skelett aus Oxen, außeraxiales Skelett weniger dicht. Megascleren: 500–900 μ m lange gebogene (teilweise geknickte) Oxen und Stylen, bzw. Tylostylen. Oft centrotylote Formen. • **Konsistenz:** Mäßig steif, begrenzt flexibel und zusammendrückbar. • **Lebensraum:** An geschützten bis mäßig exponierten Standorten auf Fels, größeren Geröllbrocken und sekundärem Hartboden ab einer Tiefe von etwa 10 m. • **Verbreitung:** MM, südliche europäische Atlantikküsten. • **Anmerkung:** Kann wie *A. damicornis* von der Krustenanemone *Parazoanthus axinellae* besiedelt sein.





Nackt, aber nicht wehrlos! Beziehungen von Nudibranchiern und Schwämmen

Franz Brümmer

Schnecken (Gastropoda) schützen sich im Allgemeinen durch ein Schalenhaus. Eine Gruppe hat diese schwere Behausung und zugleich Festung jedoch für immer verlassen: die Nacktschnecken (Nudibranchia). Nackt sind sie scheinbar leichte Beute für ihre Feinde. Viele machen durch ein prächtig buntes Farbenkleid auf sich aufmerksam. Doch so wehrlos, wie es scheint, sind sie längst nicht!

Viele Nacktschnecken schützen sich durch gestohlene Nesselkapseln, die bei Berührung als „Miniaturharpunen“ ausschleudert werden und ein Gift in ihr Opfer spritzen. Die Nesselkapseln werden aus Beutetieren aufgenommen. Fadenschnecken etwa fressen Hydrozoenpolypen; die Nesselzellen der Beute werden über den Darm in die Fäden auf dem Rücken transportiert und dort gelagert. Werden die Schnecken angegriffen, explodieren die Miniaturgeschosse. Weil die Schnecke sich die Nesselzellen sozusagen von ihrer Beute stiehlt, werden diese als Kleptocniden (*klepto* = stehlen, *cniden* = Nesselkapseln) bezeichnet. (vgl. Exkurs „Auch Rippenquallen können Nesselkapseln stehlen“, S. 574 und Bd. I, S. 444–445)

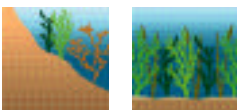
Neben Cniden setzen Nacktschnecken Gifte zur Feindabwehr ein. Oft stammt das Gift – wie im Fall der Nesselkapseln – aus den Beutetieren. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Nacktschnecke *Phyllidia flava*, die in ihrem Körper regelrecht toxische Stoffe ansammelt (Abb. 8.25a). Nur einer Zufallsbeobachtung ist es zu verdanken, dass man die Nahrungsquelle dieser pazifischen Schnecke entdeckte: Schwämme der Gattung *Hymeniacion*. So konnte die toxische chemische Verbindung in den Schwämmen – ein seltenes Sesquiterpen-Isocyanid-Derivat – aufgeklärt und in den Nacktschnecken nachgewiesen werden. Ein Hummersterben in einem Aquarium, in dem ebenfalls *Phyllidia* lebte, ließ sich durch das neu entdeckte Gift ebenfalls erklären.

Schnecken der Gattung *Hypselodoris* (Abb. 8.25b) zeigen deutliche enge Nahrungsbeziehungen zu Schwämmen der Gattung *Dysidea* und sind in der Lage, über die Nahrung die toxischen Inhaltsstoffe anzureichern und zur Feindabwehr einzusetzen.

Doch längst nicht alle Nacktschnecken sind auf „inhaltsreiche“ Nahrungsquellen angewiesen. Einige der Nudibranchier wie zum Beispiel *Dendrodoris limbata* aus dem Mittelmeer sind selbst in der Lage, ihre Stoffe (in diesem Fall Polygodial) zur Feindabwehr zu synthetisieren und in ihrem Mantel zu akkumulieren.

In Zusammenhang mit dem „Gifteinsatz“ bei Nacktschnecken wird immer wieder die Frage nach den möglichen Nahrungs- und damit Giftquellen diskutiert. So ging man bis vor kurzem im Falle der Leopardenschnecke *Peltodoris atromaculata* von einer strengen Monophagie aus: man nahm an, dass der Feigenschwamm *Petrosia ficiformis* ihr als einzige Nahrungsquelle dient (Abb. 8.24a, b). In Freilandbeobachtungen und in Aquarienversuchen konnten nun in Kotproben der Leopardenschnecke eindeutig auch Spicula und Spiculastücke einer anderen Schwammart nachgewiesen werden. Zwar ist *P. ficiformis* ihre Hauptnahrungsquelle, doch nutzt *Peltodoris atromaculata* zumindest im Untersuchungsgebiet von insgesamt neun getesteten Schwammarten auch *Haliclona fulva* als Nahrungsquelle. In diesem Zusammenhang interessant ist die chemische Ähnlichkeit der beiden Schwammarten. Sie enthalten sehr ähnliche cytotoxische Stoffe, so das Polyacetylen

8.24 a) Die Nacktschnecke *Peltodoris atromaculata* auf dem Feigenschwamm *Petrosia ficiformis*, jedoch keine absolute Nahrungsspezialisierung auf diese eine Schwammart! b) *P. atromaculata* auf *Acanthella acuta*.

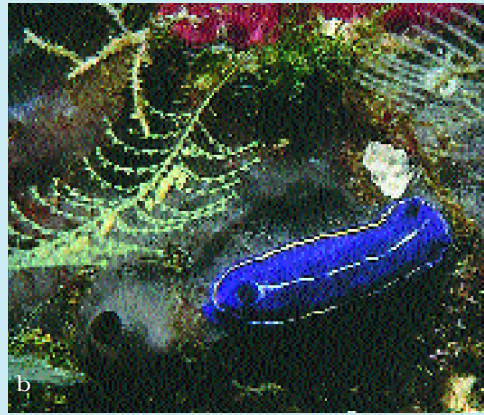


Fulvinol. Die Auswahl der beiden Schwämme mit ähnlichen chemischen Inhaltsstoffen trifft die Schnecke chemotaktisch. Für *Peltodoris* ist diese Nahrung harmlos, während sie von anderen Nahrungskonkurrenten nur selten genutzt wird.

Eine überraschende neue Erkenntnis ist, dass die toxischen Stoffe innerhalb von *Peltodoris* nur in der Mitteldarmdrüse nachgewiesen werden konnten, nie in den äußeren Körperregionen. Damit entfällt ihr Einsatz als effektive Feindabwehr. Der Leopardenschnecke reicht offenbar ihr derbes, oft durch Kalk-Spiculae bewehrtes Integument und ihre sehr zähe Konsistenz als Schutzeinrichtungen.

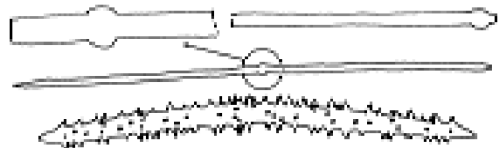
Literatur: Alf A, Brümmer F, Koch I (1993) Ein Beitrag zur Kenntnis der marinen Molluskenfauna der Insel Giglio (Isola del Giglio, Grosseto, Italien). *C. C. Informationen* 2: 187–197 • Durán R, Garrido L, Ortega MJ, Rueda A, Salvá J, Zubia E (1999) Bioactive natural compounds of algae and invertebrates from the littoral of Caduz. *Boletín de Instituto Español de Oceanografía* 15: 357–361 • Kremer BP, Lange K (1988) Marine Nacktschnecken. *Biol. in unserer Zeit* 18: 81–88 • Proksch P (1991) Biologisch aktive Naturstoffe in marinen Invertebraten. *Biol. in unserer Zeit* 21: 26–30 • Riedl R (1983) Fauna und Flora des Mittelmeeres. 3. Aufl. P. Parey Hamburg • Schmekel L, Portmann A (1982) Opisthobranchia des Mittelmeeres. Springer Verlag, Berlin • Schermutzki Franka (2001) Untersuchungen zur Ernährungsbiologie von *Peltodoris atromaculata* Bergh, 1880. Wissenschaftliche Arbeit zur Prüfung für das Lehramt an Gymnasien, Universität Tübingen.


8.25 a) Der Schwamm *Acanthella acuta* mit der Nacktschnecke *Phyllidia flava*. b) *Hypselodoris tricolor* (*Nudibranchia*) auf *Dysidea* (?).




***Halicnemis patera* Bowerbank, 1864**

• **Gattungsmerkmale:** Krustenförmig oder scheibenförmig mit feinen Conuli oder glatter Oberfläche, meist jedoch stachelig. Netzwerk aus Stylen/Tylostylen und eventuell glatten polytyloten Oxen. Stylen stehen senkrecht zur Oberfläche und ragen daraus hervor. Ectosomal spezielle acanthose centragulate Microxen, die in Büscheln angeordnet sind. • **Artmerkmale:** Blossorangene dünne Krusten, die runde Scheiben ausbilden. Oberfläche unregelmäßig und konulös. • **Skelett:** Basale 1 400–2 000 µm lange Tylostylen (Ø 15–30 µm), die senkrecht abstehen und deren Köpfe in Kontakt mit dem Substrat liegen. Dünne, bis 1 200–2 000 µm lange centrotylote Oxen (Ø 10–15 µm) umhüllen die Tylostylen. 120–210 µm lange, stark gebogene Acanthoxen (Ø 6–12 µm) bilden eine Kruste direkt unter der Oberfläche sind im gesamten Schwamm zu finden • **Konsistenz:** Zäh. • **Lebensraum:** In geschützten Lagen auf Fels und häufiger an Standorten mit hohem Siltgehalt. • **Verbreitung:** MM, Nord-Ost-Atlantik. • **Anmerkung:** Produziert sehr viel Schleim, wenn er aus dem Wasser genommen wird.

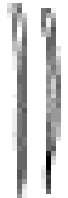



Acanthella acuta Schmidt, 1862 – Orangener Stachelschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Aufrecht buschig verästelt bis lappig. Oberfläche grob konulös. Choanosomales Skelett aus bäumchenförmigen Fasern, die im Kern mit wellenförmigen Strongyloxen oder Strongylen bestückt sind und aus denen gerade Stylen, Oxen oder Anisoxen herausragen. • **Artmerkmale:** Buschförmig mit breiten, kurzen, verwachsenen Ästen mit spitzen Papillen; bis 15 cm hoch; dunkelorange bis hellorange. • **Skelett:** Choanosomales Skelett mit dicken bäumchenförmigen Achsen aus wellenförmigen 650–1 500 µm langen Strongylen, die fiedrig mit 950–2 200 µm langen Strongylen versehen sind, die auch aus der Oberfläche herausragen können. Kein spezialisiertes ectosomales Skelett vorhanden. • **Konsistenz:** Fest. • **Lebensraum:** Auf sekundären Hartböden und auf sandigen Habitaten vom Flachwasser bis in größere Tiefen (über 100 m). • **Verbreitung:** Endemisch im Mittelmeer.

Ciocalypta penicillus Bowerbank, 1864 – Pinselschwamm 


• **Gattungsmerkmale:** Basaler Körper von weichem Sediment bedeckt mit fingerartigen Ausstülpungen über das Sediment. Oberfläche weich und transparent. Keine Oscula sichtbar. Choanosomales Skelett bildet zentrale Spicula-Achse mit sekundären Äusläufern. Megascleren sind Stylen und/oder Oxen. Spezialisiertes ectosomales Skelett nicht immer vorhanden. • **Artmerkmale:** Basaler Körper von bis zu 10 cm Ø von Sand bedeckt, davon ausgehend 5–10 cm lange, durchscheinende fingerförmige konische Ausstülpungen (Ø an der Basis bis 2 cm, apikal 0,5–0,6 cm) meist in Gruppen von 5–15. Farbe weiß bis cremefarben. • **Skelett:** Das Hauptskelett ist ein unregelmäßiges Netzwerk aus langen Spicula: 600–630 µm lange Stylen (Ø 12–18 µm). Zusätzlich kurze, 340–390 µm lange Stylen (Ø 5–10 µm) und kleine, 200–260 µm lange Oxen (Ø 5 µm). Das ectosomale Skelett ist ein tangentiales Netzwerk aus meist kleineren Spicula. Kaum Spongin. • **Konsistenz:** Basaler Körper relativ fest, leicht elastisch, Ausstülpungen flexibel. • **Lebensraum:** Sandige oder Geröll-Bereiche, teils mit Silt bedeckt. Bevorzugt klares Wasser. • **Verbreitung:** MM, südliche Europäische Atlantikküsten, Helgoland, Britische Inseln. • **Anmerkung:** Die in Gruppen stehenden Ausstülpungen repräsentieren ein Individuum und nicht, wie teilweise in der Literatur fälschlicherweise dargestellt, verschiedene Individuen der Art.

***Halichondria panicea*** (Pallas, 1766) – Grüner Brotkrumenschwamm 

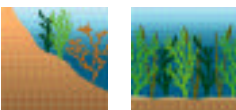
• **Gattungsmerkmale:** Krustenbildende, massive bis unregelmäßig verzweigte Arten mit weicher oder papillenartiger Oberfläche, mit den Oscula oft auf konischen Erhebungen. Tangentiales ectosomales Skelett durch subectosomale Spicula-Bündel oder -Büschel getragen. Megascleren sind ausschließlich Oxen und Oxen-Abkömmlinge. • **Artmerkmale:** Dick inkrustierend, massiv (bis über 20 cm dick und 60 cm im Ø) oder teilweise verzweigt mit vulkanartigen bis zu 5 cm hohen Oscula-Kaminen; grün bis gelblich; Oberfläche brotkrumenartig. • **Skelett:** Tangentiales ectosomales Skelett aus Spicula-Strängen, choanosomal weniger stark in Stränge organisiert, kaum Spongin. Ausschließlich Oxen von 120–480 µm Länge und 2–15 µm Ø. • **Konsistenz:** Fest, komprimierbar und leicht zerreißbar. • **Lebensraum:** Vom Flachwasser bis in große Tiefen (500 m) auf Felsen und Steinen. • **Verbreitung:** Hauptsächlich im Atlantikbereich. Im MM vorkommend, aber weniger häufig. • **Anmerkung:** Durch seine Häufigkeit im Nordost-Atlantik eine der ökologisch bestuntersuchtesten Schwammarten überhaupt. Hat einen charakteristischen, strengen Geruch.

***Halichondria bowerbanki*** (Burton, 1930) – Beiger Brotkrustenschwamm

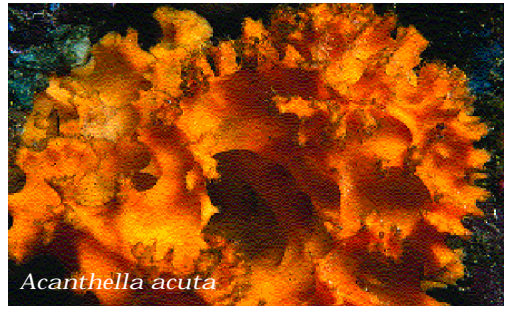
• **Gattungsmerkmale:** Siehe *H. panicea*. • **Artmerkmale:** Strangartig auswachsende variable Krusten bis etwa 25 cm Ø; gelblich-beige. Keine kaminartig ausgebildeten Oscula. Oberfläche glatt oder unregelmäßig, brotkrumenartig, teilweise durchscheinend. • **Skelett:** Ectosomal ein tangentiales, offenmaschiges Skelett. Choanosomal ungeordnet. Ausschließlich Oxen von 130–570 µm Länge und 2–16 µm Ø. • **Konsistenz:** Weich, komprimierbar. • **Lebensraum:** Geschützte Lagen unter Felsblöcken an Überhängen und Höhlenwänden und in sedimentreichen Umgebungen. Vom Flachwasser bis in größere Tiefen. • **Verbreitung:** siehe *H. panicea*. • **Anmerkung:** Im MM kommen andere, sehr ähnliche Arten der Gattung vor, die mit *H. bowerbanki* leicht verwechselt werden können.

Hymenacidon perlevis (Montague, 1818) – Roter Faltenhautschwamm 

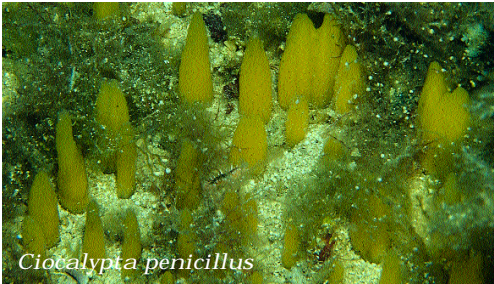
• **Gattungsmerkmale:** Krustenbildende oder massive bis lappige Arten. teilweise verzweigend mit unregelmäßiger papillenartiger bis runzeliger Oberfläche. Dünnes, krustenartiges ectosomales Skelett, choanosomales Skelett unorganisiert. Megascleren sind Stylen oder Stylen-artige. Keine Oxen. • **Artmerkmale:** Dünne Krusten, dickere Kissen oder selten verzweigte Exemplare; Blut-rot (oberflächennah) bis



orange-gelb oder pink-rot (tiefer wachsend). Oberfläche weich und glatt mit Falten oder Runzeln. • **Skelett:** Ectosomales Skelett tangential organisiert, choanosomales Skelett unorganisiert, kaum Spongin. Megascleren sind einfache Stylen von 175–475 µm Länge und 3–12 µm Ø. • **Konsistenz:** Fest, komprimierbar. • **Lebensraum:** Auf Steinen und Felsen meist an Flacheren Standorten • **Verbreitung:** Hauptsächlich Nord-Ost-Atlantik, MM (weniger häufig). • **Anmerkung:** Verbreitet außerhalb des Wassers einen süßlichen, unangenehmen Geruch.



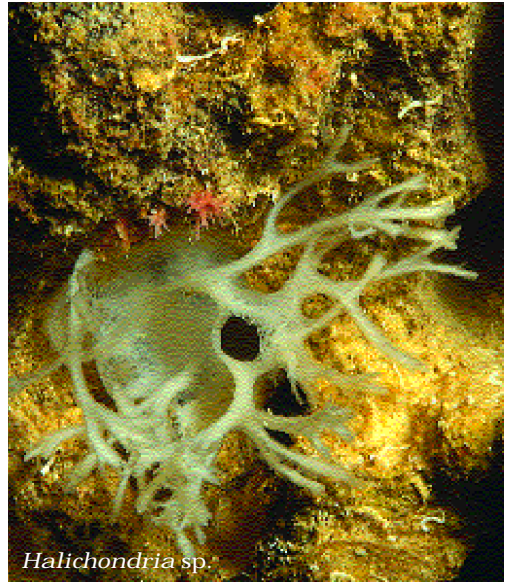
Acanthella acuta



Ciocalypa penicillus



Halichondria panicea



Halichondria sp.



Hymenacidon perlevis

Ordnung Haplosclerida Topsent, 1928

Krustenbildend bis massiv, dann lappig oder röhren- bzw. bäumchenförmig, auch bohrende Arten. Hauptskelett teilweise oder komplett als isodictyales Netzwerk aus Sponginfasern und Spicula aufgebaut. Megascleren sind ausschließlich Oxen oder Strongylen, verbunden durch collagenartiges Spongin oder eingfasst in Sponginfasern. Microscleren, soweit vorhanden, sind Sigmata und oder Toxen, Microxen oder Microstrongylen. Bei den Süßwasserschwämmen (Unterordnung Spongillina Manconi und Pronzato, 2002, hier nicht behandelt) kommen auch Amphidiscen vor. Drei Unterordnungen, zwei davon marin mit Vertretern im MM.

Unterordnung Haplosclerina Topsent, 1928:

Hauptskelett bildet anisotropes Netzwerk. Primäre und sekundäre Spiculastränge und Fasern unterscheidbar. Vivipar.

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten	
Callyspongiidae de Laubenfels, 1936	<i>Callyspongia</i>	1	–	
	<i>Siphonochalina</i>	5	–	
Chalinidae Gray, 1867	<i>Acevochalina</i>	2	–	
	<i>Dendroxea</i>	3	–	
	<i>Haliclona</i>		55	<i>H. (Haliclona) fistulosa</i> , <i>H. (Haliclona) mediterranea</i> , <i>H. (Haliclona) simulans</i> , <i>H. (Gellius) fibulata</i> , <i>H. (Reniera) cratera</i> , <i>H. (Reniera) fulva</i> , <i>H. (Reniera) fulva</i>
Niphatidae Van Soest, 1980	<i>Amphimedon</i>	1	–	
Gesamtzahl		67	7	

Haliclona (Haliclona) fistulosa (Bowebank, 1866) – Fingerschwamm

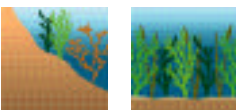
- **Gattungsmerkmale:** Kissenförmig mit erhobenen Oscula (Kamine), teilweise verzweigt, röhrenförmig, von weicher, schwammiger bis fester Konsistenz. Chanosomales Skelett regelmäßig, oft leiterartiges Netzwerk aus glatten Diactinen, Oxen oder Strongylen, von 20–370 µm Länge (Ø 5–15 µm). Ectosomales Skelett, wenn vorhanden, ein sehr regelmäßiges tangenciales Netzwerk mit drei- oder sechseitigen Maschen, oder unregelmäßiges offenes Netzwerk mit runden Maschen. Microscleren, falls vorhanden, sind Sigmata, Toxen, Raphiden und Microxen. 6 Untergattungen: *Gellius*, *Halichoelona*, *Haliclona*, *Reniera*, *Rhizoniera* und *Soestella*.
- **Artmerkmale:** Massiv, kissenförmig bis 10 cm Ø, mit fingerförmigen, 2–4 cm langen Ausstülpungen. Farbe oberflächlich weiß bis schwach rosa, Choanosom gelbbraun bis violett.
- **Skelett:** Ectosomales Skelett relativ dicht und regelmäßig. Choanosomales Skelett bildet dichtes, vorwiegend anisotropes Netzwerk einzelner oder zweier zusammenliegenden Spicula. Keine klare Unterscheidung zwischen primären und sekundären Elementen. Megascleren sind dicke, gerade bis leicht gebogene 140–220 µm lange Oxen (Ø 5–12 µm) mit ausgezogenen, spitzen Enden. Keine Microscleren, kaum Spongin.
- **Konsistenz:** Relativ fest, mürbe bis spröde.
- **Lebensraum:** An geschützten Standorten des Infralitorals auf Steinen und an Felswänden.
- **Verbreitung:** MM, Azoren, südliche Europäische Atlantikküsten, Britische Inseln.
- **Anmerkung:** Generell sind *Haliclona*-Arten aufgrund des Artenreichtums und der Ähnlichkeiten in Wuchsform und des Skelettaufbaus sehr schwer, oftmals nur durch Spezialisten zu unterscheiden, daher werden hier nur leicht unterscheidbare Arten angeführt.

Haliclona (Haliclona) mediterranea Griessinger, 1971 – Rosafarbener Zylinderschwamm

- **Gattungsmerkmale:** Siehe *H. (Haliclona) fistulosa*.
- **Artmerkmale:** Polsterförmige Wuchsform bis 20 cm Ø mit zahlreichen kaminartigen Auswüchsen bis etwa 10 cm Höhe und 2–3 cm Ø. Oberfläche zeigt deutliche Poren. Rosa.
- **Skelett:** Regelmäßiges Netzwerk aus dünnen, leicht gebogenen Oxen.
- **Konsistenz:** Weich, schwammig.
- **Lebensraum:** Vorwiegend auf sekundären Hartböden des tieferen Infralitorals (ab 10–15 m).
- **Verbreitung:** MM.
- **Anmerkung:** Aufgrund der charakteristischen Wuchsform und Färbung kaum zu verwechseln.

Haliclona (Haliclona) simulans (Johnston, 1942) – Vielgestaltiger Farbfleckschwamm

- **Gattungsmerkmale:** Siehe *H. (Haliclona) fistulosa*.
- **Artmerkmale:** Vielfältige Wuchsformen von





Haliclona (Haliclona) fistulosa




Haliclona (Haliclona) mediterranea




Haliclona (Haliclona) simulans

flachen Krusten (wenige cm Ø) über Kissen, kriechende Zweige bis zu aufrechten, vielfach verzweigten buschigen Formen (bis 20 cm Höhe). Farbe beige-braun mit rotbraunen Bereichen. Oberfläche gleichmäßig und glatt, zahlreiche große Oscula. • **Skelett:** Das ectosomale Skelett bildet ein tangenciales isotropisches Netzwerk aus kurzen, dicken, zigarrenförmigen Oxen von 130 – 155 µm Länge (Ø 8 – 11 µm). Das choanosomale Skelett bildet ein festes, engmaschiges Netzwerk mit primären Spiculabündeln, die durch einzelne oder doppelte Spicula quer verbunden sind. Spongin deutlich sichtbar vorhanden, besonders an den Verbindungsknoten der Spicula. Im Inneren dicke Sponginfasern. • **Konsistenz:** Fest, korkenartig, kaum komprimierbar. • **Lebensraum:** Vom Flachwasser bis etwa 30 m, meist an geschützteren Standorten, krustenförmig unter Steinen. • **Verbreitung:** MM, südliche Europäische Atlantikküsten, Madeira, Kanaren. • **Anmerkung:** Durch die Konsistenz und die verschiedenfarbigen Bereiche und dem charakteristischen Skelettaufbau gut zu unterscheiden.




Haliclona (Gellius) fibulata (Schmidt, 1862) – Rosa Netzkrustenschwamm 


• **Gattungsmerkmale:** Siehe *H. (Haliclona) fistulosa*. • **Artmerkmale:** Kissenförmig, dick inkrustierend (bis 10 cm Ø) mit charakteristischer netzwerkartiger Oberfläche mit wenigen Oscula. Rosa-farben. • **Skelett:** Das ectosomale Skelett bildet ein unregelmäßiges Netzwerk, ebenso wie das choanosomale Skelett, das durch dünne Hauptstränge von mehreren zusammengelagerten Spicula charakterisiert ist. Megascleren: gerade oder leicht gekrümmte 160–270 µm lange Oxen (Ø 5–11 µm), teilweise mit centrotyloten Modifikationen. Microscleren vorhanden: unregelmäßig und leicht gekrümmte Sigmata von 10–37 µm Länge (Ø 1–2,5 µm). • **Konsistenz:** Fest, aber komprimierbar. • **Lebensraum:** Auf Steinen, Muschelschalen, sekundären Hartböden des Infralitorals bis in größere Tiefen (450–480 m). • **Verbreitung:** MM, südliche Europäische Atlantikküsten. • **Anmerkung:** Durch die charakteristische netzwerkartige Oberflächen-Struktur kaum Verwechslungsmöglichkeiten.

Haliclona (Reniera) cratera Schmidt, 1862 – Schleimiger Kissenschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *H. (Haliclona) fistulosa*. • **Artmerkmale:** Unregelmäßig kissenförmig mit großen Oscula auf Erhebungen oder kurzen Schloten. Farbe variierend zwischen rot, rosa und orange. • **Skelett:** Keine Unterscheidung zwischen choanosomalem und ectosomalem Skelett. Gleichmäßiges Netzwerk von leicht gekrümmten 200–330 µm langen Strongylen (Ø 7,5–19 µm). Keine Microscleren. • **Konsistenz:** Weich und zerbrechlich. • **Lebensraum:** Auf Steinen, Felsen und sekundären Hartböden des Infralitorals. Auch auf anderen Schwämmen, z. B. *Ir-cinia* sp. • **Verbreitung:** MM. • **Anmerkung:** Sondert Schleim ab.

Haliclona (Reniera) fulva Topsent, 1893 – Orangener Polsterschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *H. (Haliclona) fistulosa*. • **Artmerkmale:** Polsterförmig, mit kurzen, kegelförmigen Erhebungen der Oscula. Orange bis orangefarben. Oberfläche netzwerkartig. • **Skelett:** Keine Unterscheidung zwischen choanosomalem und ectosomalem Skelett. Netzwerk aus gekrümmten, oft unregelmäßigen 140–300 µm langen Oxen (Ø 4–9 µm), wobei die kürzeren Formen seltener sind. • **Konsistenz:** Zäh. • **Lebensraum:** Auf Steinen, Felsen und sekundären Hartböden des Infralitorals. Häufig an schattigen Standorten (Höhlen). • **Verbreitung:** MM. • **Anmerkung:** Die Oberfläche ähnelt *H. (Haliclona) fibulata*, unterscheidet sich jedoch in Wuchsform (dicker) und Farbe.


Haliclona (Reniera) viscosa Topsent, 1888 – Violetter Schleimschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *H. (Haliclona) fistulosa*. • **Artmerkmale:** Dick inkrustierend bis massiv polsterförmig mit maximalem Ø von 30–40 cm. Große Oscula auf Erhebungen. Färbung grauviolett, häufig gelblich zur Basis hin. • **Skelett:** Keine Unterscheidung zwischen choanosomalem und ectosomalem Skelett. Relativ dichtes Netzwerk mit Bündeln von Spicula, die primäre Stränge bilden. Megascleren sind schlanke, ausgezogene, 110–150 µm lange Oxen (Ø 3–7,5 µm). Wenig Spongin. • **Konsistenz:** Relativ fest, zerbrechlich. • **Lebensraum:** An exponierten Felswänden und sekundären Hartböden des Infralitorals. • **Verbreitung:** MM, südliche Europäische Atlantikküsten, Britische Inseln. • **Anmerkung:** Produziert sehr viel Schleim. Schwamm verfärbt sich schwarz-braun, wenn er mit Luft in Kontakt kommt.

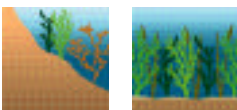
Unterordnung Petrosina Boury-Esnault und Van Beveren, 1982

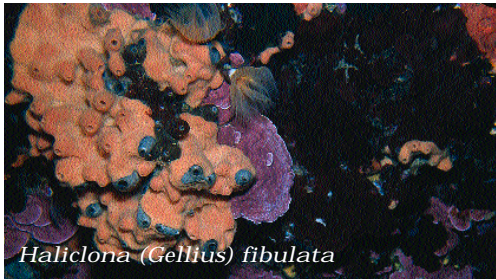
Hauptskelett bildet isotropes Netzwerk, ohne klare Ausrichtung und ohne Unterscheidung in primäre und sekundäre Spiculastränge und Fasern. Vorwiegend ovipar.

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Phloeodictyidae Carter, 1882	<i>Aka</i>	1	–
	<i>Calyx</i>	1	<i>C. nicaeensis</i>
	<i>Oceanapia</i>	5	–
	<i>Pachypellina</i>	1	–
Petrosiidae van Soest, 1980	<i>Petrosia</i>	3	<i>P. ficiformis</i>
Gesamtzahl		11	2

Calyx nicaeensis (Risso, 1826) – Becherschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Becher-, lamellenartige oder globuläre Wuchsformen auf kurzem Stiel. Weiche Oberfläche. Vielschichtiges kompaktes ectosomales Netzwerk aus Spongin und freien, verteilten Spicu-





Haliclona (Gellius) fibulata



Haliclona (Reniera) cratera



Haliclona (Reniera) fulva



Haliclona (Reniera) viscosa



Calyx nicaeensis

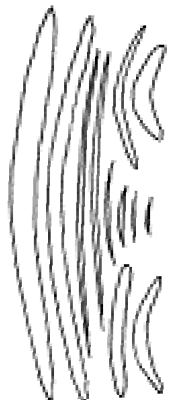


Calyx nicaeensis

la und eingelagerten pigmenttragenden Zellen. Choanosomales Netzwerk aus langen, ungeordneten Spiculabündeln, die im Innern längs und peripher tangential zur Oberfläche verlaufen. Dazwischen Verbindungen aus einzelnen Spicula. Microscleren sind, wenn vorhanden, Toxen • **Artmerkmale**: Becher- bis vasenförmig, massiv bis 25 cm hoch mit kurzem Stiel am Substrat verankert. Dunkelbraun bis grünlich. Oberfläche gleichmäßig bis rau, fasrige Struktur erkennbar. • **Skelett**: Choanosomales Skelett besteht aus dicken primären Spiculasträngen (Ø 10 bis über 100 µm), die ungleichmäßig verteilt sind. Durch einzelne Spicula zu einem Netzwerk quer verbunden. Zwei Größenklassen von Oxen: 100–150 µm (Ø 5–6 µm) und 35–80 µm (Ø 2–3 µm). Keine Microscleren. • **Konsistenz**: Fest, kompakt. • **Lebensraum**: Auf Fels und schlammigen Sedimentböden des Infralitorals. • **Verbreitung**: Mittelmeer. • **Anmerkung**: Aufgrund von Wuchsform und fasriger Textur (vor allem im Innern) leicht zu erkennen.

Petrosia (Petrosia) ficiformis (Poiret, 1789) – Feigenschwamm 

• **Gattungsmerkmale**: Ectosomales Skelett bildet ein tangenciales aus einzelnen Spicula aufgebautes Netzwerk oder ein dichtes ungleichmäßiges Netzwerk aus verschiedenen Strongylen. Das choanosomale Skelett ist ein dichtes Netzwerk freier Spicula, das dem Schwamm große Härte verleiht. Megascleren sind Oxen und/oder Strongylen. Microscleren, falls vorhanden, centrangulate Microxen. Zwei Untergattungen: *Petrosia* und *Strongylophora*. • **Artmerkmale**: Variable Wuchsformen von rundlich, feigenförmig (Name) bei kleineren Exemplaren über brückenförmig bis großflächig Polsterförmig, wobei die Exemplare dann meist palisadenförmig am Untergrund festgewachsen sind und auch im Innern freie Stellen aufweisen können. Dunkel rost- bis violettbraun mit hellen Stellen an schattigen Bereichen bis zu komplett weißen Exemplaren in Höhlen. • **Skelett**: Ectosomales tangenciales Netzwerk. Choanosomales



Schwamm oder Synascidie?

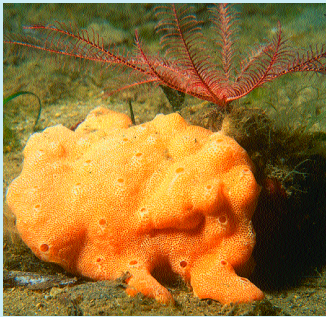
Robert Hofrichter und Franz Brümmer

Während der Untersuchung des Lebendmaterials bei meeresbiologischen Kursen taucht regelmäßig die Frage „Schwamm oder Synascidie?“ auf. Die Unterscheidung beider Organismen ist bei manchen Formen und oberflächlich betrachtet in der Tat mit Unsicherheiten verbunden. Sowohl größere, makroskopische Gebilde, wie in Abbildung 8.26 zu sehen, als auch kleinere Formen, die im Binokular oder Mikroskop untersucht werden, können sich verblüffend ähneln. Schwämme und Ascidien sind völlig unterschiedlich gebaut und stehen im Stammbaum des Tierreiches an den beiden entgegengesetzten Enden des Systems. Beide kommen aber im selben Lebensraum vor und beide haben die gleiche Ernährungsweise: Sie sind innere Filtrierer, die aktiv Wasser durch den Körper pumpen.

Synascidie ist kein taxonomischer Begriff, sondern beschreibt eine Organisationsform der Ascidiacea (Seescheiden) innerhalb der Tunicata (Manteltiere; Stamm Chordata). Die meisten auffälligen, Schnorchlern und Tauchern vertrauten Seescheiden wie die rote *Halocynthia papillosa* (Pyuridae, Stolidobranchiata), die milchig-knorpelig aussehende *Phallusia mammilata* (Asciidiidae, Phlebobranchiata) oder die bis zur Unkenntlichkeit durch andere Organismen bewachsene *Microcosmus sulcatus* (Pyuridae, Stolidobranchiata) sind solitär. Bei ihnen haben wir es mit Einzeltieren zu tun, die alle „für sich allein“ leben. Lapidar ausgedrückt: Jedes Tier hat seinen eigenen Mantel (= Tunica, das namensgebende Merkmal der Tunicata)! Wenn sie im Lebensraum ungestört sind, lassen sich in der Regel (falls nicht kontrahiert) ihre Ingestions- (Einström-) und Egestionsöffnung (Auströmöffnung) deutlich erkennen. Die beiden Öffnungen auszumachen fällt allerdings bereits bei dichtbewachsenen Exemplaren von *M. sulcatus* schwer. Meist kleiner und dennoch markant ist auch die zweite Organisationsform der Seescheiden, die sozialen bzw. stolonialen Ascidien, bei denen mehrere bis zahlreiche Einzeltiere an der Basis durch Stolone verbundene Kolonien bilden. Bekannte soziale Formen sind die durchscheinenden, oft in regelrechten Büscheln wachsenden *Clavellina lepadiformis* und *C. nana* (Polycitoridae, Aplousobranchiata). Bei ihnen hat ebenfalls jedes Einzeltier eine eigene Ingestions- und Egestionsöffnung. Diese bisher genannten Wuchs- bzw. Organisationsformen der Ascidien können kaum mit Schwämmen verwechselt werden.

Zu Bestimmungsproblemen kommt es bei der dritten Organisationsform der Ascidiacea, den kolonialen Synascidien. Bei ihnen sind mehrere bis zahlreiche, meist recht kleine Einzeltiere mit einem gemeinsamen Mantel umhüllt. Auch nutzen sie ein gemeinsames Gefäßsystem. Die Einzeltiere haben zwar eigene Ingestionsöffnungen, nach außen aber meist eine markante, gemeinsame Egestionsöffnung. Deutlich ist diese Anordnung bei *Botryllus schlosseri* (Styelidae, Stolidobranchiata) zu sehen. Die sternförmigen Kolonien dieser Art ähneln kleinen Blüten.

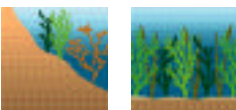
Die gemeinsame Ausströmöffnung der Synascidie kann für das Osculum eines Schwammes gehalten werden (= Ausströmöffnung des wasserführenden Kanalsystems), die oft sehr kleinen Einströmöffnungen der Synascidie für die meist mikroskopisch kleinen Ostia oder Poren (Öffnung des Exopinacoderm, durch die Wasser in den Schwamm einströmt). Allerdings können Seescheiden im Gegensatz zu Schwämmen schnell kontrahieren, wodurch die Egestionsöffnung verschlossen werden kann. Auch im Habitus und der Färbung (die bei manchen Manteltierarten stark variieren kann) können Synascidien Schwämmen sehr ähnlich sehen. So könnten Synascidien der Gattung *Polysyncraton* (Abb. 8.26) oder *Amaroucium* leicht mit Schwämmen verwechselt werden.



8.26 Die Synascidie *Polysyncraton* sp. mit *Antedon mediterranea*; sie könnte z. B. mit dem Schwamm *Agelas oroides* verwechselt werden.

Im Mittelmeer sehr häufig ist die Gallert-Synascidie *Diplosoma listerianum* (Didemnidae, Aplousobranchiata), die verschiedene Untergründe, vor allem den Hartboden, manchmal aber auch Algen bedeckt. Die wenige Millimeter dicken und bis zu 20 cm im Durchmesser erreichenden Krusten sehen wie Schwämme aus. Bei dieser Art ist die Unterscheidung dennoch relativ leicht, da es im Mittelmeer keine derart gallertig durchscheinenden Schwämme gibt. Durchscheinend ist auch eine andere Synascidie, *Polycitor* sp., die regelmäßig in der Rhizomschicht von *Posidonia oceanica* zu finden ist.

Bleibt noch mit dem Besitz von Nadeln (Spicula) ein eindeutiger Hinweis auf einen Schwamm? Leider nein! Auch Synascidien wie zum Beispiel Vertreter der Familie Didemnidae weisen klei-



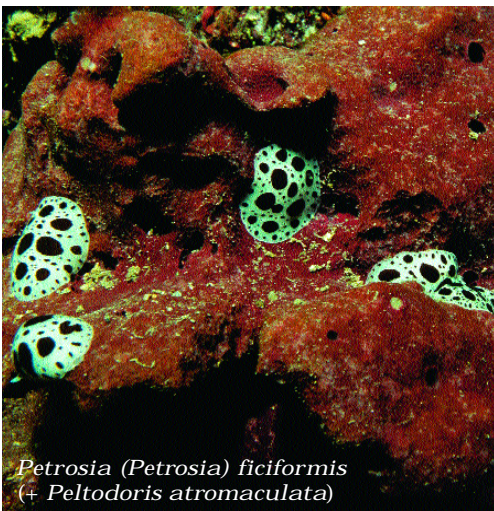
ne, sternförmige Kalkkörperchen auf! Mit etwas Übung kann man Schwämme und Synascidien dennoch relativ leicht unterscheiden. Die Zuhilfenahme einer Stereolupe erleichtert dies zusätzlich.

Die gemeinsamen Egestionsöffnungen der Synascidien sind – in der Relation zur Gesamtgröße des Gebildes – in der Regel größer und markanter als die Oscula der Schwämme. Ihre Verteilung auf der Kolonie ist meist regelmäßiger als jene der Oscula und sie sind teilweise farblich gut vom übrigen Mantel abgesetzt. Den Manteltierkolonien fehlen die radiären Kanäle, die bei Schwämmen häufig auffällig zu den Oscula führen. Meist sind auch die Einströmöffnungen der Synascidien größer als die Ostien (Poren) der Schwämme. Sie sind oft regelmäßig rund um die großen Egestionsöffnungen angeordnet, wie man das bei Schwämmen kaum findet. Bei kleineren, krustenförmigen Synascidienkolonien ist der Rand der (aus dem gemeinsamen Mantel gebildeten) Kruste meist sehr dünn und durchscheinend, was bei Schwämmen ebenfalls nicht zu beobachten ist.

dichtes Netzwerk aus freien Spicula. Megascleren: variable, teilweise gebogene 120–240 µm lange Oxen bis Strongylen (Ø 2–15 µm, im Extrem bis 25 µm), die sich nicht in Größenklassen unterteilen lassen. Keine Microscleren. • **Konsistenz:** Extrem hart und leicht mürbe. • **Lebensraum:** Auf Felsen und sekundären Harböden, vom Flachwasser bis in über 50 m Tiefe, sowohl an lichtexponierten Standorten zwischen Algen als auch an schattigen Stellen und in Höhlen und Grotten. • **Verbreitung:** Mittelmeer, Europäische Atlantikküsten. • **Anmerkung:** Die braune Färbung wird durch symbiotische Cyanobakterien hervorgerufen, die Nahe der Oberfläche eingelagert sind. Da sie Licht für Photosynthese benötigen können sie an dunklen Standorten fehlen, wodurch helle Individuen des Schwammes entstehen. Im Innern ist *P. ficiformis* stets gelblich-weiß. Der Schwamm bildet die Hauptnahrungsquelle der Leopardnacktschnecke *Peltodoris atromaculata*, die regelmäßig weidend angetroffen werden kann. Sie rufen auch die charakteristischen Verletzungen und Vernarbungen der Schwammoberfläche hervor.

Ordnung Dictyoceratida Minchin, 1900

Umgangssprachlich als Hornschwämme bekannt. Charakterisiert durch das Fehlen eigener Spicula und den Besitz eines Netzwerks von Spongina-Fasern, das in einigen Fällen einen mineralischen Anteil in Form von Sediment oder Fremdspicula aufweisen kann. Das Skelett wird im Allgemeinen aufgebaut durch lange, dicke Hauptfasern (Primärfasern), die durch kürzere und feinere Fasern (Sekundär- und teilweise Tertiärfasern) zu einem Netzwerk verbunden werden. Filamente aus Kollagenfasern können vorhanden sein (Familie Ircinidae). Die Wuchsform variiert von massiv, lappig, verzweigt bis inkrustierend, mit im Allgemeinen weicher, komprimierbarer bis elastischer Konsistenz. Die Oberfläche ist oft konulös, wobei ein Conulus das Ende zusammenlaufender Fasern darstellt. Die Larven sind große Parenchymella-Formen, die durch Cilienbüscheln an einem der beiden Pole gekennzeichnet sind. Biochemisch sind die Arten der Ordnung durch einen sehr geringen Sterolgehalt und eine hohe Diversität von Terpenen gekennzeichnet.



Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Ircinidae Gray, 1867	<i>Ircinia</i>	7	<i>I. dendroides</i> , <i>I. oros</i> , <i>I. pipetta</i> , <i>I. variabilis</i>
	<i>Sarcotragus</i>	3	<i>S. foetidus</i> , <i>S. spinosulus</i>
Thorectidae Bergquist, 1978	<i>Cacospongia</i>	3	<i>C. mollior</i> , <i>C. scalaris</i>
	<i>Fasciospongia</i>	2	<i>F. cavernosa</i>
	<i>Hyrtios</i>	2	–
Spongiidae Gray, 1867	<i>Coscinoderma</i>	1	–
	<i>Hippospongia</i>	1	<i>H. communis</i>
	<i>Spongia</i>	6	<i>S. agaricina</i> , <i>S. officinalis</i> , <i>S. virgultosa</i>
Dysideidae Gray, 1867	<i>Dysidea</i>	5	<i>D. avara</i> , <i>D. fragilis</i>
	<i>Pleraplysilla</i>	3	<i>P. spinifera</i>
Gesamtzahl		33	16

Ircinia dendroides (Schmidt, 1862) – Baumlederschwamm

• **Gattungsmerkmale:** Massig, lappig, lamellenförmig, buschig-verzweigt oder inkrustierend. Epidermis ohne starke krustenartige Sandeinlagerung, Oberfläche konulös. Grau, braun bis leicht violett, weißlich an dunklen Standorten. Fasern mit hohem Gehalt von eingelagertem Fremdmaterial (Sandkörner, Fremdspicula). Primärfasern mit Kern, Sekundärfasern gewöhnlich klar. Eine große Anzahl von Kollagenfilamenten, die in einer Verdickung enden, vorhanden. Schwammkörper fest, aber komprimierbar, äußerst schwer zu zerreißen und zu schneiden durch das Filamentgewirr. • **Artmerkmale:** Charakteristische verzweigte Gestalt mit Ästen von 1–2 cm Ø, teilweise anastomosierend. Grau bis weiß. Konulöse Oberfläche (Conuli bis 1 mm hoch). Gelegentlich mit gleichmäßig verteilten Sandkörnern in der Dermis. • **Skelett:** Primärfasern mit Kern aus Fremdmaterial, 120–200 µm Ø, formen ein lockeres Netzwerk. Sekundärfasern ohne Einschlüsse, geschichtet, 30–90 µm Ø, oft anastomosierend, löchrig in diesen Bereichen. • **Konsistenz:** Fest, komprimierbar und schwierig zu zerreißen. • **Lebensraum:** Felsige bis dendritische Böden, flache Höhlen. • **Verbreitung:** MM, südliche Europäische Atlantikküsten. • **Anmerkung:** Die meisten *Ircinia*-Arten sind schwer zu unterscheiden und werden daher leicht verwechselt.



Ircinia oros (Schmidt, 1864) – Grauer Lederschwamm

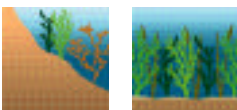
• **Gattungsmerkmale:** Siehe *I. dendroides*. • **Artmerkmale:** Massig bis lappig mit knollig abstehenden Oscula. Rauchig grau, ohne Farbschwankungen am Individuum. Conuli abgeflacht und gleichmäßig verteilt mit 3–4-mm Abstand. Oberfläche gleichmäßig netzwerkartig-fasrig. • **Skelett:** Primärfasern netzwerkartig, mit Kern aus Fremdmaterial, 200–250 µm Ø; Sekundärfasern geschichtet und kleiner. Filamente 5–7 µm Ø. • **Konsistenz:** Fest, komprimierbar und schwierig zu zerreißen. • **Lebensraum:** Felswände und Höhlen von 15 bis 60 m Tiefe. • **Verbreitung:** MM.

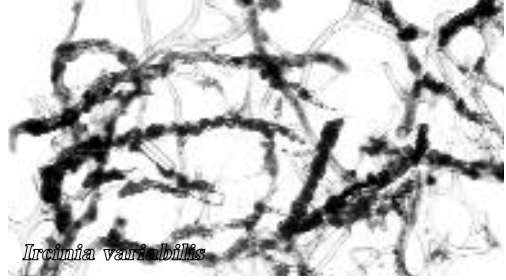
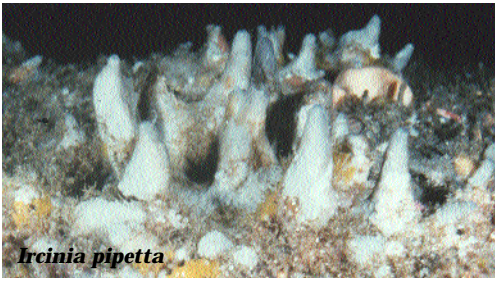
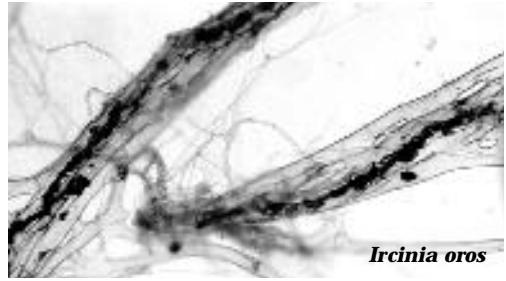
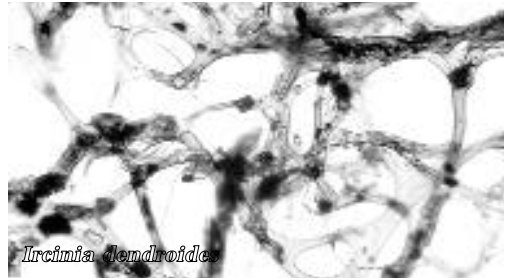
Ircinia pipetta (Schmidt, 1868) – Röhrenlederschwamm


• **Gattungsmerkmale:** Siehe *I. dendroides*. • **Artmerkmale:** Massig mit 1–3 cm hohen konischen Fortsätzen (1–2 cm Ø an der Basis) mit apikalen Oscula (1–3 mm Ø). Bräunlich bis gräulich, gelegentlich zu dunkelviolett tendierend. Dermis mit Sandkörnern bestückt. Oberfläche mit unregelmäßig verteilten Conuli (0,5 mm hoch, Abstand 1–3 mm). • **Skelett:** Primärfasern (50–150 µm Ø) mit markigem Kern mit Einschlüssen. Sekundärfasern (20–40 µm Ø) weitgehend ohne Einschlüsse, mit den Primärfasern über anastomosierende Fortsätze verbunden. • **Konsistenz:** Fest, komprimierbar und schwierig zu zerreißen. • **Lebensraum:** Felsböden. • **Verbreitung:** MM.

Ircinia variabilis (Schmidt, 1862) – Krustenlederschwamm


• **Gattungsmerkmale:** Siehe *I. dendroides*. • **Artmerkmale:** Variable Wuchsform von massig über dick inkrustierend bis lamellenartig, manchmal verzweigend. Braun, grau oder violett, weißlich an dunklen Standorten (Höhlen). Conuli extrem variabel in Form und Größe. Dermis enthält gelegentlich zahlreiche Sandkörner. • **Skelett:** Primärfasern (200–250 µm Ø) netzwerkartig und eingelagertem Debris dicht gefüllt. Sekundärfasern dünner, geschichtet und nur gelegentlich mit eingelagertem Fremdmaterial. Zahlreiche Filamente (2–8 µm Ø). • **Konsistenz:** Fest, komprimierbar, schwierig zu zerreißen. • **Lebensraum:** Felswände und flache Höhlen vom Flachwasser bis in größere Tiefen (über 100 m). • **Verbreitung:** MM. • **Anmerkung:** In der Literatur auch als *I. fasciculata* beschrieben.






Sarcoctragus foetidus (Schmidt, 1864) – Höckriger Lederschwamm 


- **Gattungsmerkmale:** Massig, Konulöse Oberfläche, Dermis nicht oder mit wenigen eingelagerten Fremdstoffen. Primärfasern gebündelt und ohne oder nur wenigen Einschlüssen. Sekundärfasern frei von Einschlüssen. Sehr feine Filamente (0,5–5 µm Ø) mit terminal geschwollenen Enden.
- **Artmerkmale:** Massiv. Typisch unregelmäßige Oberfläche mit riesigen, 2–3 mm hohen Conuli, die 8–15 mm auseinander liegen. Farbe variiert von braun bis schwarz.
- **Skelett:** Primärfasern (80–150 µm Ø) markhaltig mit wenigen oder gar keinen Einschlüssen. Sekundärfasern (35–90 µm Ø), formen mit Primärfasern ein loses Netzwerk, in den anastomosierenden Bereichen mit fusionierten Fasern, die eine löchrige Fläche bilden. Feine Filamente (0,8–1,5 µm Ø).
- **Konsistenz:** Fest, komprimierbar, aber nicht elastisch, schwierig zu zerreißen.
- **Lebensraum:** Felsböden vom Flachwasser bis in größere Tiefen (nachgewiesen bis 400 m).
- **Verbreitung:** MM.
- **Anmerkung:** Unterscheidet sich von *S. spinosulus* durch die größeren Conuli.

Sarcoctragus spinosulus (Schmidt, 1862) – Stachel-Lederschwamm 


- **Gattungsmerkmale:** Siehe *S. foetidus*.
- **Artmerkmale:** Massig, gleichmäßig, rundlich, oft globulär mit zurückgezogener Basis. Conuli klein (1–2 mm hoch) und gleichmäßig verteilt (1,5–2,5 µm Abstand). Von Schwarz bis grau.
- **Skelett:** Primärfasern (90–180 µm Ø) mit fibrillärem Mark mit oder ohne Einschlüsse. Sekundärfasern (50–130 µm Ø) mit Mark bilden oft zusammengewachsene, löchrige Flächen. Filamente (0,7–2 µm Ø) sind häufig.
- **Konsistenz:** Fest, komprimierbar und widerstandsfähig.
- **Lebensraum:** Felsböden vom Flachwasser bis in große Tiefen (bis 300 m).
- **Verbreitung:** Westliches MM, Adria, südliche Europäische Atlantikküsten.

Cacospongia mollior Schmidt, 1862 – Weicher Lederschwamm 


- **Gattungsmerkmale:** Massig, unregelmäßige Gestalt. Dunkelgrau bis schwarz. Fein konulöse Oberfläche. Skelett aus Primärfasern mit zahlreichen Einschlüssen von Fremdpartikeln, Sekundärfasern ohne Einschlüsse. Die Fasern sind geschichtet und mürbe.
- **Artmerkmale:** Massig, manchmal lappig 15–20 cm Ø.
- **Skelett:** Primärfasern zusammenlaufend, mit zahlreichen Einschlüssen. Durch ein unregelmäßiges Netzwerk von Sekundärfasern verbunden.
- **Konsistenz:** Weich und leicht zu zerreißen.
- **Lebensraum:** Felsböden vom Flachwasser bis in größere Tiefen (400 m).
- **Verbreitung:** MM.
- **Anmerkung:** Ähnelt, wie auch *S. scalaris*, stark *Spongia officinalis*, kann jedoch leicht durch die Konsistenz unterschieden werden.

Cacospongia scalaris Schmidt, 1862 – Weicher Lederschwamm 

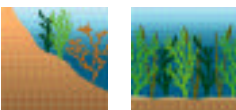
- **Gattungsmerkmale:** Siehe *C. mollior*.
- **Artmerkmale:** Massig bis lappig, gelegentlich globulär. Oberfläche mit 0,5–1,5 mm hohen Conuli, die im Abstand von 1–2 mm zueinander liegen.
- **Skelett:** Primärfasern (90–200 µm Ø) markig mit Einschlüssen, leicht zueinanderlaufend, nahezu parallel. Sekundärfasern (30–80 µm) geschichtet, mit granulärem Mark ohne Einschlüsse, bilden mit den Primärfasern ein lockeres, regelmäßiges, leiterartiges Netz.
- **Konsistenz:** Weich, leicht zu zerreißen.
- **Lebensraum:** Felsböden bis in große Tiefen (450 m).
- **Verbreitung:** MM, südliche Europäische Atlantikküste (Portugal).
- **Anmerkung:** Ebenso wie die andere Art der Gattung, *C. mollior*, oft von der Cyrripeden-Art *Acasta spongites* bewohnt.

Fasciospongia cavernosa (Schmidt, 1862) – Dornen-Lederschwamm 

- **Gattungsmerkmale:** Massig, globulär, becherförmig, röhrenförmig bis verzweigt. Oberfläche erscheint hautartig durch große Mengen an eingelagertem Kollagen im Ectosom. Primärfasern markig mit Einschlüssen, angeordnet in Bündeln. Sekundärfasern ohne Fremd-Einschlüsse, bilden ein regelmäßiges Netzwerk. Zahlreiche Conuli durch die Primärfaserbündel gebildet, die bis an die Oberfläche reichen.
- **Artmerkmale:** Massig oder röhrenförmig. Oberfläche erscheint durch die zahlreichen Conuli stachelig, oft mit Epibionten besetzt.
- **Skelett:** Primärfasern (180–340 µm Ø) markig mit Einschlüssen. Sekundärfasern (30–150 µm) ohne Einschlüsse bilden regelmäßiges Netzwerk.
- **Konsistenz:** Fest und ein wenig knorpelig.
- **Lebensraum:** Fels- und Detritusböden oder bohrend in Kalkrotalgen-Konglomeraten.
- **Verbreitung:** MM.
- **Anmerkung:** Manche Individuen, die in Kalkrotalgen-Konglomeraten bohren, weisen nur wenige oder keine Primärfasern auf.

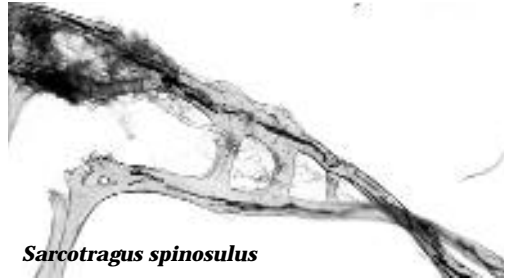
Hippospongia communis (Lamarck, 1813) – Gemeiner Pferdeschwamm 

- **Gattungsmerkmale:** Massige, teils irreguläre Gestalt. Durch große Hohlräume und Kanäle bis 2 cm Ø gekennzeichnet, besonders im Oberflächennahen Bereich. Dunkelgrau. Skelett weich und elastisch, auch in getrocknetem Zustand; hautsächlich aus einem Netzwerk von Sekundärfasern ohne Einschlüsse. Primärfasern selten, gewöhnlich ohne Einschlüsse, nur nahe der Oberfläche wo sie große, aber wenig häufige, Conuli bilden.
- **Artmerkmale:** Massig, im Durchschnitt über 20 cm Ø, kann jedoch über 60 cm Ø erreichen. Oft mit charakteristischer „Krapfen-förmiger“ Gestalt (zentral eingesenkt). Farbe grau, Oberfläche mit deutlichen Conuli.
- **Skelett:** Primärfasern nahezu fehlend.
- **Konsistenz:** Weich, elastisch (auch als getrocknetes Skelett).
- **Lebensraum:** Fels- und Detritusböden oder flache Höhlen.

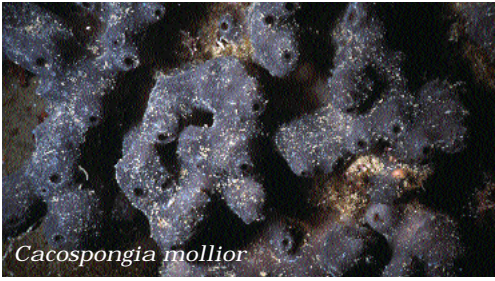




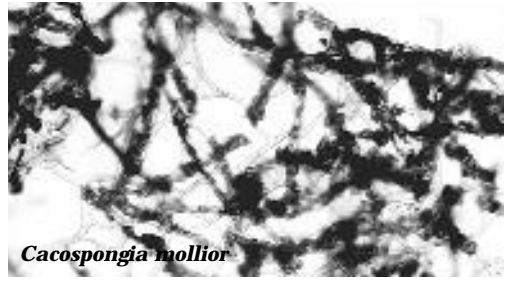
Sarcotragus foetidus



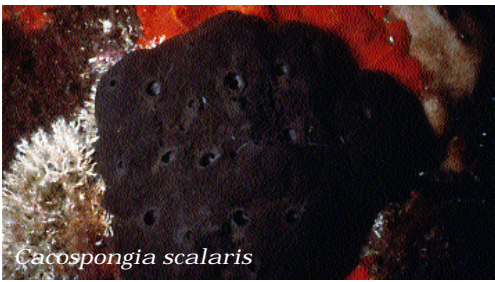
Sarcotragus spinosulus



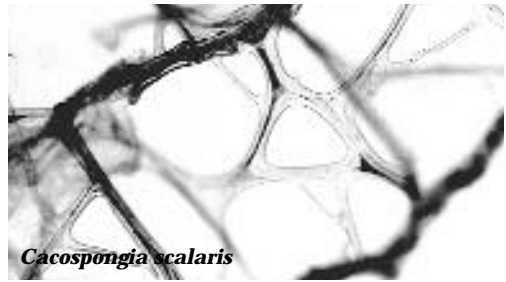
Cacospongia mollior



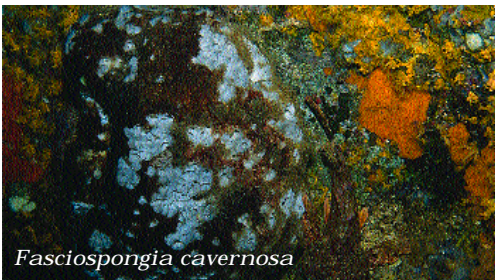
Cacospongia mollior



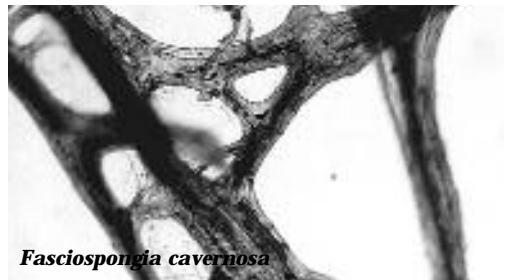
Cacospongia scalaris



Cacospongia scalaris



Fasciospongia cavernosa



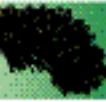
Fasciospongia cavernosa




Hippospongia communis




Hippospongia communis




• **Verbreitung:** MM. • **Anmerkung:** Wird als Badeschwamm verwendet und ist unter dem Griechischen Namen „Kapidika“ im Handel bekannt. Der alte Name „*Spongia equina*“ ist auf die Verwendung als Werkzeug zum Pferdestriegeln zurückzuführen.

Spongia agaricina Pallas, 1766 – Variabler Kelchschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Massige, sphärische, verzweigte, becher- oder fächerförmige Gestalt. Dunkelgrau-, braun oder schwarz, weißlich in Höhlen. Oberfläche mit zahlreichen feinen und niedrigen Conuli. Reduzierter Gehalt an Primärfasern, häufiger an der Oberfläche; markige Achse mit Fremdeinschlüssen. Sekundärfasern ohne Einschlüsse, bilden den größten Teil des Skelett-Netzes. • **Artmerkmale:** Fächer- oder kelchförmige Gestalt. Einströmporen auf der Außenseite, Oscula zahlreich auf den inneren, konkaven Seiten. Die fasrige Oberfläche der Einströmseite ist oft komplett mit anhaftendem Sand bedeckt. Hellgrau bis braun. Kann bis zu 2 m im Ø und bis 30–40 cm in der Höhe werden. • **Skelett:** Primärfasern (35–75 µm Ø) sind rar, mit Einschlüssen, bedecken den gesamten Schwammkörper. Sekundärfasern (10–30 µm Ø) bilden ein dichtes Netz, ähnlich dem von *S. officinalis*. • **Konsistenz:** Weich und elastisch, auch in getrocknetem Zustand. • **Lebensraum:** Fels- oder Detritusböden bis zu Tiefen von 300 m, auch in flachen Höhlen. • **Verbreitung:** MM, Atlantikküste Portugals. • **Anmerkung:** Die Art hat hervorragende Badeschwamm-Qualität (weich und kompakt); sie wurde in der Medizin (Chirurgie) als Blut-Tampon benutzt. Umgangssprachlich als „Elefantenohr“ bekannt, griechische Schwammfischer nennen ihn „Lagophyta“.


Spongia officinalis Linnaeus, 1759 – Badeschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *S. agaricina*. • **Artmerkmale:** Massig, unregelmäßig rund oder lappig, manchmal abgeflacht. Conuli (0,2–0,4 mm hoch) sind im Abstand von 0,5–2 mm gleichmäßig über die Oberfläche verteilt. Oscula unregelmäßig verteilt oder in Reihen angeordnet. Dunkelgrau bis weißlich (bei höhlenlebenden Individuen). • **Skelett:** Primärfasern (80–120 µm Ø) mit Mark, gelegentlich mit Einschlüssen und geschichtetem Spongium. Sekundärfasern (30–50 µm Ø) ohne Mark bilden ein regelmäßiges Netzwerk aus. • **Konsistenz:** Weich und elastisch, auch in getrocknetem Zustand. • **Lebensraum:** Felsböden und -wände, vom Flachwasser bis tiefer als 100 m. • **Verbreitung:** Kosmopolitisch, häufig im gesamten MM. • **Anmerkung:** Die Art wird als kommerzieller Badeschwamm genutzt. Zwei Varietäten sind beschrieben: *S. officinalis* var *adriatica* (Dalmatiner) und *S. officinalis* var *mollissima* (Feiner Levantiner). Letztere ist weicher und von höchstem kommerziellen Wert. Sie ist nur im südöstlichen Mittelmeer verbreitet. Im Allgemeinen ist diese Varietät leicht becherförmig mit den Oscula in der Vertiefung und der Mitte der Oberseite. Die beiden Varietäten sind auf dem Markt als „Madapas“, bzw. „Fina“ oder „Melati“ bekannt.


Spongia virgultosa Schmidt, 1868 – Bewachsener Lederschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *S. agaricina*. • **Artmerkmale:** Massig, aber abgeflacht von unregelmäßiger Gestalt. Durchschnittlich 8–10 cm Ø. Charakterisiert durch die kaminartigen 5–15 cm hohen Oscula (3–4 mm Ø). Dunkelgrau. • **Skelett:** Dichtes Netz von Sekundärfasern (20–50 µm Ø) ohne Einschlüsse. Primärfasern fehlen weitgehend. • **Konsistenz:** Weich und elastisch. • **Lebensraum:** Höhlen oder Felswände bis über 100 m Tiefe. • **Verbreitung:** MM, südliche Europäische Atlantikküste (Portugal). • **Anmerkung:** Die Art kommt regelmäßig vor, ist aber schwer zu finden, da sie regelmäßig von anderen Schwämmen und Epibionten bewachsen ist. Wurde nie für kommerzielle Zwecke gesammelt.

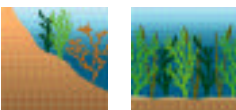


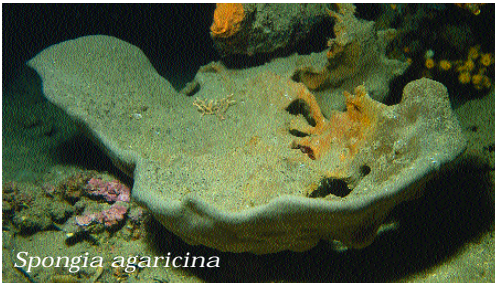
Dysidea avara (Schmidt, 1862) – Grober Stachelschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Massig, lappig, verzweigt oder krustenbildend mit konulöser Oberfläche. Skelett und Choanosom mit großen Mengen eingelagerter Fremdpartikel. Weich und komprimierbar. Farbe weißlich bis malve. Skelett mit zusammengelagerten Sponginfasern, die ein regelmäßiges Netzwerk bilden. Primärfasern mit Mark. • **Artmerkmale:** Massig bis lappig mit erhöhten Oscula auf den bis zu 5 cm hohen Lappen. Hellviolett bis weißlich. Oberfläche bedeckt durch 4–6 mm hohen Conuli, deren Spitze oftmals geteilt ist, sodass der Schwamm dornig erscheint. • **Skelett:** Primär- (150–300 µm Ø) und Sekundärfasern (60–140 µm) umfangreich mit Fremdpartikeln gefüllt. Primärfasern bilden an der Oberfläche die Conuli. • **Konsistenz:** Weich, komprimierbar, leicht zerreißenbar. • **Lebensraum:** Auf Fels oder im Rhizomenbereich von *Posidonia oceanica*; Flachwasser bis etwa 100 m Tiefe. • **Verbreitung:** MM, südliche europäische Atlantikküsten (Galizien). • **Anmerkung:** Wie viele andere Schwämme enthält *D. avara* für die Pharmazie interessante bioaktive Substanzen. Das von dieser Art produzierte Avarol ist gegen HIV wirksam (Exkurs S. 382).

Dysidea fragilis (Montagu, 1818) – Feiner Stachelschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *D. avara*. • **Artmerkmale:** Massig, mit bis etwa 2 cm hohen Lappen mit apikalen Oscula. Farbe von der Lichtexposition des Standortes abhängig hellrosa bis weißlich. Oberfläche





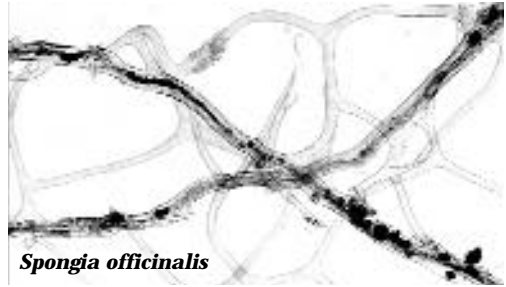
Spongia agaricina



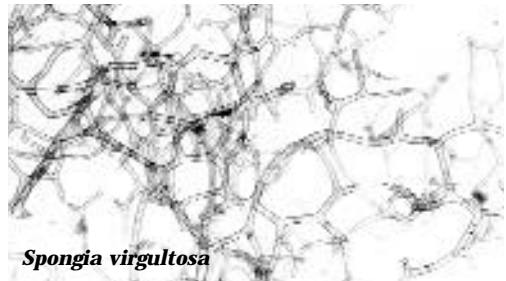
Spongia agaricina



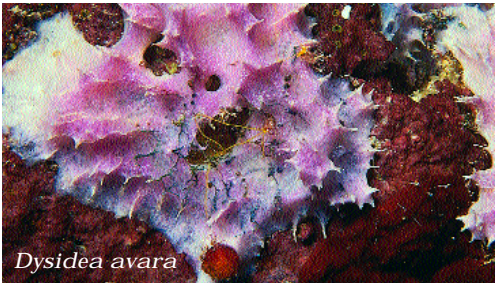
Spongia officinalis



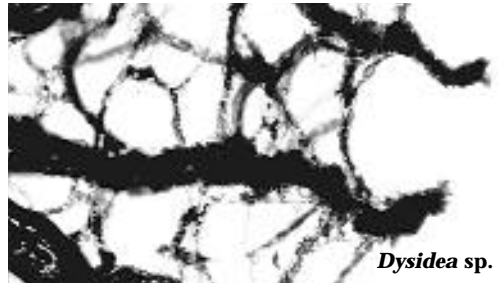
Spongia officinalis



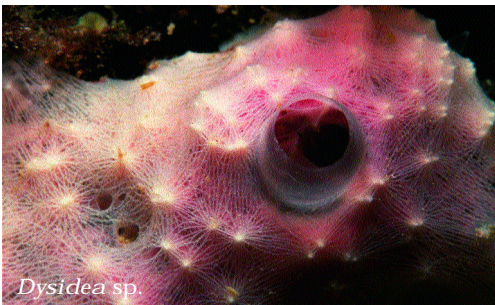
Spongia virgulosa



Dysidea avara



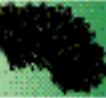
Dysidea sp.




Dysidea sp.



Dysidea tupha (?)



dicht konulös mit kleinen, 1 mm hohen Conuli, die gleichmäßig 1 mm auseinander stehen. • **Skelett:** Fasernetzwerk mit hohem Anteil an eingelagertem Fremdmaterial. Primärfasern (bis > 250 µm Ø) durch Sekundärfasern (30 µm Ø) verknüpft. • **Konsistenz:** Weich und leicht zerreißbar. • **Lebensraum:** Auf Felsen und in Spalten, auf Geröll und Muschelschalen. Vom Flachwasser bis in größere Tiefen. • **Verbreitung:** MM, Europäische Atlantikküsten, Arktis. • **Anmerkung:** Leicht verwechselbar mit *D. avara*. Nur anhand des Faserskeletts oder lebend bei direktem Vergleich unterscheidbar.

Pleraplysilla spinifera (Schulze, 1878) – Weißer Stachelschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Flach, inkrustierend. Oberfläche konulös. Konsistenz weich und empfindlich. Weißlich bis blassbraun. Netzwerk aus Sekundärfasern nur in einer Art entwickelt. • **Artmerkmale:** Inkrustierend bis 2 mm dick, Farbe weißlich, gelblich oder hellbraun. Oberfläche mit spitz ausgebildeten bis 8 mm hohen Conuli. Oscula (0,8 – 1 mm Ø) gleichmäßig über die Oberfläche verteilt. • **Skelett:** Dendritische Fasern, mehr oder weniger verzweigt, je nach Dicke des Individuums Keine anastomosierende Fasern. Alle Fasern mit Mark und deutlich geschichtet. • **Konsistenz:** Sehr weich und zerbrechlich. • **Lebensraum:** Auf Fels im Sublitoral bis etwa 50 m Tiefe. • **Verbreitung:** MM. • **Anmerkung:** Eventuell synonym mit *P. minchini* Topsent, 1905. Diese Art ist an den europäischen Atlantikküsten verbreitet.

Ordnung Dendroceratida Minchin, 1900

Reduziertes, dendritisches oder anastomosierendes Faserskelett, ohne Unterteilung in Primär- und Sekundärfasern. Fasern enthalten ein deutliches Mark. Wuchsform von massig, verzweigt, lamellenförmig bis lappig oder inkrustierend. Parenchymella-Larven mit komplexer Struktur und terminalem Bündel langer Cilien. Biochemisch sind die Arten der Ordnung durch den Besitz von Diterpenen und einen im Gegensatz zu den Dictyoceratida geringen Sterolgehalt gekennzeichnet.

Farben aus dem Meer

Ein Schwamm, eine Schnecke und eine Erbkrankheit

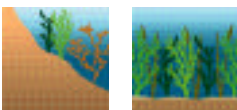
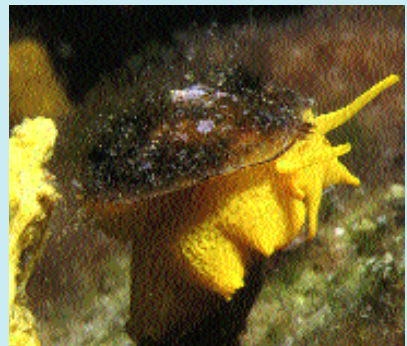
Peter Brandhuber und Roland R. Melzer

Was haben der Goldschwamm *Aplysina aerophoba*, die Schnecke *Tylodina perversa* und die Erbkrankheit Alkaptonurie gemeinsam? Menschen mit Alkaptonurie scheiden aufgrund eines Gendefekts mit ihrem Harn große Mengen Homogentisinsäure aus, die durch den Luftsauerstoff in einen schwarz-braunen chinoiden Farbstoff übergeht. Deshalb wird die Krankheit auch Schwarzharn genannt. Sie ist sehr selten, unheilbar und bewirkt eine fortschreitende Arthritis. Der Goldschwamm *Aplysina aerophoba* enthält ein Derivat der Homogentisinsäure, das 4,6-Dibromhomogentisinsäureamid, das bakteriostatisch wirkt und den Schwamm so vor der Besiedlung durch Bakterien schützt. Wird er an die Luft geholt, ändert der lebhaft gelb gefärbte Schwamm seine Farbe in kürzester Zeit über Blaugrün nach Braunschwarz; deshalb wird er auch „Farbwechselnder Zylinderschwamm“ genannt. Der Zusatz *aerophoba* im zoologischen Namen bedeutet sinnigerweise „der die Luft fürchtet“.

Eine bemerkenswerte mimetische Anpassung an den Goldschwamm zeigt die zu den Flankenkiemerschnecken (Notaspidea) gehörende *Tylodina perversa*. Sie ernährt sich von *Aplysina*. Das aufgenommene Homogentisinsäureamid wird gespeichert und dient als Tarnfarbe, wenn sich die Schnecke auf dem Schwamm aufhält. An der Luft färbt sich die Schnecke, anders als der Schwamm, nicht schwarz. Bei Reizung jedoch sondert sie Schleim ab, der sich dunkel verfärbt. Eine Parallele zum Tinteneinsatz bei anderen Mollusca?

Literatur: Kreis P, Teeyapant R, Zschoke S, Wray V, Witte L, Hacker J, Proksch P (1992) Uptake and metabolism of antibiotically active constituents from the sponge *Verongia aerophoba* by the marine gastropod *Tylodina perversa*. *Planta-Med.* 58/7 Suppl. (S. 586) • Krejcarek GE, White RH, Hager LP, McClure WO, Johnson RD, Rinehart KL Jr, McMillan JP, Paul IC, Shaw PD, Brusca RD (1975) A rearranged dibromo tyrosine metabolite from *Verongia aurea*. *Tetrahedron Lett.* 8: 507–510 • Fugmann B (1997) Römpp Lexikon Naturstoffe; S. 295.

8.27 *Tylodina perversa* und *Aplysina aerophoba*.

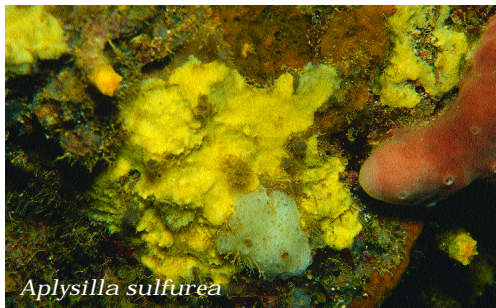




Pleraplysilla spinifera



Pleraplysilla spinifera



Aplysilla sulfurea



Aplysilla sulfurea

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Darwinellidae Merezkowsky, 1879	<i>Aplysilla</i>	2	<i>A. sulfurea</i> , <i>A. rosea</i>
	<i>Chelonaplysilla</i>	3	–
	<i>Darwinella</i>	5	–
	<i>Dendrilla</i>	2	–
Dictyodendrillidae Bergquist, 1980	<i>Spongionella</i>	4	–
	<i>Acanthodendrilla</i>	1	–
Gesamtzahl		16	2

Aplysilla sulfurea Schulze, 1878 – Gelber Stachelschwamm


• **Gattungsmerkmale:** Dick inkrustierend. Dendritische und manchmal verzweigte Fasern ohne Fremdeinschlüsse. Ovale und verlängerte Kragengeißelkammern. • **Artmerkmale:** Inkrustierend, bewächst große Flächen des Substrats. Oberfläche mit feinen Conuli. Gelb bis violett oder pink. • **Skelett:** Dendritische Fasern (50–300 µm Ø) von 5–6 mm Länge mit gestreiftem Mark, ausgehend von einer Basalplatte, endend in der Spitze der Conuli. • **Konsistenz:** Weich und komprimierbar. • **Lebensraum:** Auf oder unter Steinen, an Felsen und sekundären Hartböden, in Höhlen und unter Überhängen, vom Flachwasser bis in sehr große Tiefen (über 600 m). • **Verbreitung:** MM. • **Anmerkung:** Die sehr ähnliche Art *Aplysilla rosea* (Barrois, 1876) ist kräftig rot gefärbt und kommt außer im Mittelmeer kosmopolitisch vor. Aufgrund der strukturellen Ähnlichkeit wird diskutiert, ob *A. rosea* ein Synonym von *A. sulfurea* ist. Dagegen spricht, dass es sich bei der roten und gelben Färbung um chemisch sehr unterschiedliche Pigmente handelt, was von einigen Autoren als ausreichender Artunterschied angesehen wird. Andere Autoren beurteilen den Farbunterschied lediglich als intraspezifische Variation.



Ordnung Halisarcida Bergquist, 1996

Skelett ausschließlich aus Kollagen, keine Fasern, keine mineralischen Elemente. Das ectosomale und choanosomale Kollagen ist hochorganisiert. Kragengeißelkammern tubulär, verzweigt und mit großen Öffnungen. Einfache, undifferenzierte morphologische Organisation der Parenchymella-Larven; vivipar. Nur eine Familie mit einer Gattung.

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Halisarcidae Vosmaer, 1885	<i>Halisarca</i>	2	<i>H. dujardini</i>
Gesamtzahl		2	1


Halisarca dujardini Johnston, 1842 – Weicher Krustenschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe Merkmale der Ordnung. • **Artmerkmale:** Krustenförmig bis maximal 4–5 cm dick, kleinere Platten ausbildend. Weiche, grau-gelbe Oberfläche. Oscula unregelmäßig verteilt, gewöhnlich auf kurzen Kaminen (1–2 mm Ø). • **Skelett:** Nur Kollagen-Komponenten, keine Fasern oder mineralische Elemente. • **Konsistenz:** Fest und schleimig. • **Lebensraum:** Unter Steinen, auf Felsen und Muschelschalen, auf sekundären Hartböden, aufgewachsen auf Kalkrotalgen (z. B. *Halarachnion*). Foto rechts: auf *Smittina cervicornis* (Bryozoa). • **Verbreitung:** MM, Atlantikküste Europas, Grönland, Weißes Meer. • **Anmerkung:** Kann mit *Hymedesmia*-Arten verwechselt werden; bei *Halisarca* fehlen aber die Spicula.

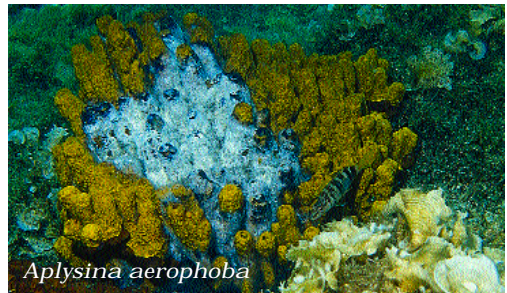
Ordnung Verongida Bergquist, 1978


Tubulär-vasenförmig bis zu dünn krustenbildend in allen Übergängen. Oft gelb pigmentiert. Faserskelett, wenn vorhanden, entweder anastomosierend oder dendritisch. Keine Unterscheidung zwischen primärem und sekundärem Faserskelett. Fasern geschichtet mit Mark, nur selten mit eingelagertem Fremdmaterial. Gewöhnlich mit gut ausgebildetem kollagenhaltigem Ectosom. Biochemisch durch charakteristische bromierte Tyrosinabkömmlinge, einen hohen Gehalt an Sterolen und das Fehlen von Terpenen gekennzeichnet. Ovipar.

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Aplysiniidae Carter, 1875	<i>Aplysina</i>	2	<i>A. aerophoba</i> , <i>A. cavernicola</i>
	<i>Hexadella</i>	2	<i>H. racovitzai</i>
	Gesamtzahl	4	3


Aplysina aerophoba Schmidt, 1862 – Luftfürchtender Goldschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Massig-röhrenförmig, Skelett nur aus einer Fasernart mit dichtem, gleichmäßigem Mark, bildet gelegentlich ein hexagonales Netzwerk. Verfärbung der zu brau-violett bis schwarz, wenn mehr oder weniger lang mit Luft in Kontakt. • **Artmerkmale:** Massig mit unregelmäßig röhrenförmigen 3–4 cm hohen Verzweigungen (1–2,5 cm Ø). Jede Röhre mit abgeflachtem Ende, in dessen Zentrum ein Osculum liegt. Oberfläche mit unregelmäßig verteilten Conuli. Gelb; wird grün-schwarz wenn länger mit Luft in Kontakt. • **Skelett:** Fasern (80–150 µm Ø), geschichtet und mit dichtem Mark (30 µm Ø), bilden ein hexagonales Netzwerk. • **Konsistenz:** Relativ fest. • **Lebensraum:** Felsböden in flacheren Bereichen (0–20 m). • **Verbreitung:** MM, südliche Europäische Atlantikküsten. • **Anmerkung:** Gelegentlich Formen mit kleinen und schmalen, unregelmäßigen Fortsätzen, die unter Umständen der asexuellen Vermehrung dienen, wenn sie sich ablösen und verdriften werden.

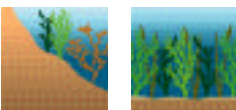


Aplysina cavernicola (Vacelet, 1959) – Hellgelber Höhlenschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *A. aerophoba*. • **Artmerkmale:** Ähnlich *A. aerophoba*, aber die röhrenförmigen Zweige sind von regelmäßigerer Gestalt, die Oscula liegen in einer tieferen Mulde an der Spitze der Röhren. Blassgelb, verfärbt sich schwarz bei längerem Luftkontakt. • **Skelett:** Fasern (80–150 µm Ø), geschichtet und mit dichtem Mark (30 µm Ø), bilden ein hexagonales Netzwerk. • **Konsistenz:** Relativ fest. • **Lebensraum:** Schattige und tiefe Felsen, Höhlen. • **Verbreitung:** MM. • **Anmerkung:** Für *A. cavernicola* und *A. aerophoba* wird Synonymie diskutiert. Die Unterschiede der beiden Arten liegen jedoch deutlich in den ökologischen Ansprüchen an die Standorte und auch in der Biochemie der Sekundärmetabolite.

Hexadella racovitzai Topsent, 1896 – Rosaroter Stachelschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Krustenbildend, bis 5 mm Dicke. Ohne Faserskelett. Ectosom deutlich mit Kollagen verstärkt, eine Art Haut bildend. • **Artmerkmale:** Inkrustierend bis 5 mm Dick. Oberfläche konulös. Netzwerkartig strukturierte Dermissschicht, die leicht abzulösen ist. Rot bis rosa. • **Skelett:** Kein Faserskelett, keine Spicula. • **Konsistenz:** Weich. • **Lebensraum:** Felsböden von 10–90 m, Höhlen. • **Verbreitung:** MM, südliche Europäische Atlantikküsten, Kanaren. • **Anmerkung:** Ähnelt *Aplysilla* oder *Darwinella*, lässt sich aber durch das Fehlen jeglicher Skelettstruktur leicht unterscheiden.





Halisarca dujardini



Aplysina cavernicola



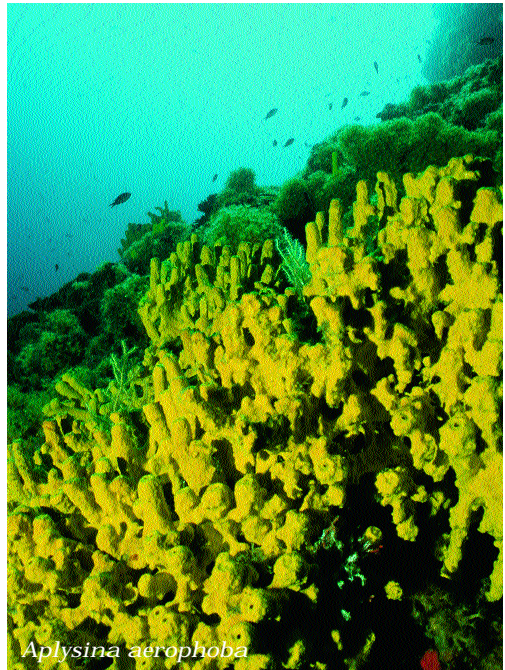
Aplysina cavernicola



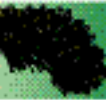
Hexadella racovitzai



Aplysina aerophoba



Aplysina aerophoba



• Klasse Hexactinellida Schmidt, 1870

Schwämme mit Silikatnadeln vom hexactinen, triaxonen Typ oder von davon abgeleiteten Formen. Die Nadeln können komplett frei oder teilweise fusioniert sein. Aufgrund der Fragilität des Schwammkörpers werden sie auch Glasschwämme genannt. Die Gruppe besitzt weder Calciumcarbonateinlagerung noch Sponginfasern. Das Körpergewebe wird größtenteils durch ein Syncytium gebildet, wobei einzelne syncytiale Bereiche untereinander oder mit einzelnen Zellen über definierte Zell-Zell-Verbindungen in Kontakt stehen. Hexactinelliden sind vivipar und besitzen eine spezielle Trichimella-Larve. Die überwiegende Anzahl der weltweit etwa 500 beschriebenen Arten bewohnt die Tiefsee. Aus dem Mittelmeer sind 10 Arten beschrieben, wovon zwei jedoch fraglich sind. Aufgrund des fragilen Körperbaus und der tiefen Standorte können Hexactinelliden in der Regel nur durch Einsatz von Technik (ROVs, Tauchboot) ohne Beschädigung geborgen werden.

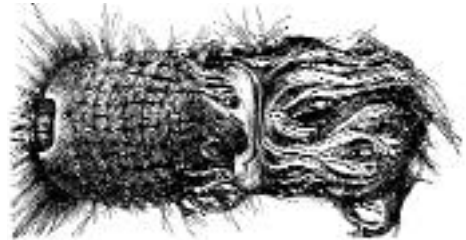
Unterklasse Amphidiscophora Schulze, 1886

Gruppe von Hexactinelliden, die amphidisce Microscleren besitzt, oder Varianten des Typs, jedoch nie aserose Typen. Megascleren immer frei. Eine Ordnung (Amphidiscosida).

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Hyalonematidae Gray, 1857	<i>Hyalonema</i>	2	–
Pheronematidae Gray, 1870	<i>Pheronema</i>	1	<i>P. carpenteri</i>
Gesamtzahl		3	1

Pheronema carpenteri (Thomson, 1869) – Vogelnest-Glasschwamm

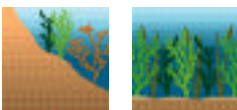
- **Gattungsmerkmale:** Becherförmiger bis spärlicher Körper. Anker-Spicula in mehreren separaten Bündeln organisiert oder in einem breiten, losen Bündel. Microscleren vorwiegend Pentactine. Microscleren sind vielfältige Amphidiscen und Microhexactinen und Micropentactinen. • **Artmerkmale:** Körper nahezu globulär, bis etwa 25 cm lang. Oberfläche sternartig vernetzt. Apikales großes Osculum (Ø bis ca. 8 cm) mit Nadelsaum als Öffnung zu einer bis 10–15 cm tiefen Höhlung. Körperwand etwa 5 cm dick aus lockerem, vakuolenreichem Zellverband. Kräftig orange. • **Konsistenz:** Zerbrechlich. • **Lebensraum:** Abyssal (800–1100 m) auf Feinsedimentböden. • **Verbreitung:** MM, AL, weltweit (?). • **Anmerkung:** Die einem Vogelnest ähnelnde Art ist in der Literatur auch unter dem Juniorsynonym *P. grayi* Kent, 1870 zu finden. Zur Bestimmung von Hexactinelliden sollte Spezialliteratur herangezogen werden.



Unterklasse Hexasterophora Schulze, 1886

Gruppe von Hexactinelliden, die hauptsächlich asterose Microscleren besitzt (gewöhnlich Hexastern), selten auch Amphidiscen. Megascleren entweder frei oder unregelmäßig punktuell verschmolzen. Vier Ordnungen (Aulocalycoida, Hexactinosida, Lychniscosida, Lyssactinosida).

Familie	Gattung	im MM	hier beschriebene Arten
Aphrocallistidae Gray, 1867	<i>Aphrocallistes</i>	1	–
Farreidae Gray, 1872	<i>Farrea</i>	1	–
Tretodictyidae Schulze, 1886	<i>Tretodictyum</i>	1	–
Leucopsacacidae Ijima, 1903	<i>Opsacas</i>	1	<i>O. minuta</i>
Rossellidae Gray, 1872	<i>Lanuginella</i>	1	–
	<i>Sympagella</i>	1	–
	<i>Asconema</i>	1	–
Gesamtzahl		7	1



Schwämme auf Krebstieren

Robert Hofrichter

Schwämme sind sesshafte, auf verschiedenen Substraten festgewachsene Organismen. Den (als Larve) einmal besetzten Standort – vor allem Hartböden sowie andere sessile Organismen wie Korallen, Mollusken, Röhrenwürmer, Makroalgen und Seegräser (bevorzugt Rhizombereich) – können sie in der Regel nicht mehr wechseln. Trotz dieser in Hinblick auf Mobilität ungünstigen Gegebenheit erschlossen sich manche

Schwämme mithilfe von „Trägern“ die Möglichkeit sich fortzubewegen. Als „fahrbare Unterlage“ bieten sich vor allem die Rückenpanzer von Crustaceen sowie Einsiedlerkrebse an. Aus der Perspektive der Krebse ist der Vorteil eindeutig: Sie sind durch die Schwämme vor potenziellen Fressfeinden geschützt.

Wenn ein Schwamm auf einem Krebstier-Rückenpanzer wächst, muss es sich nicht zwangsläufig um eine Symbiose oder andere „gewollte“ Partnerschaft handeln. Zufällige Besiedlung der Krebspanzer durch Schwammlarven kommt sicherlich vor (wie auch bei Drachenköpfen?), und der Sinn des Zusammenlebens für einen der Partner, vor allem den Schwamm, ist nicht immer offensichtlich. Manche Partnerschaften bringen vielleicht nur einseitigen Nutzen für den Einsiedlerkrebse.

Die im Mittelmeer unverwechselbare, mehr als 10 cm große und durch einen dichten „Pelz“ bedeckte Wollkrabbe *Dromia personata* trägt mit dem in dorsaler Richtung verschobenen vierten und fünften Schreitbeinpaar einen Schwamm, manchmal auch koloniale Seescheiden (Synascidien) auf dem Rücken (Abb. 8.28a). Der Schwamm wird von der Krabbe mit den Scheren zurechtgeschnitten und auf dem Panzer aktiv festgehalten. Wahrscheinlich werden dadurch potenzielle Prädatoren, die sich taktil (mit dem Tastsinn) bzw. mit dem Geschmacks- und Geruchssinn orientieren, irregeführt, denn Schwämme stehen nicht auf ihrem Speiseplan. Sie werden nur von wenigen spezialisierten Organismen, etwa manchen Nacktschnecken, gefressen.

8.28 a) *Dromia personata* ist oft durch Schwämme bedeckt. **b)** *Suberites domuncula* mit einem Einsiedlerkrebse (*Paguristes* sp.). **c)** Völlig von einem Schwamm überwachsene Maskenkrabbe (*Pisa* sp.). **d)** Dicht mit verschiedenen Schwämmen bedeckte Seespinne (*Maia* sp.).



Als echte Symbiose gilt die Partnerschaft des Korkschwammes *Suberites domuncula* mit dem Einsiedlerkrebs *Paguristes eremita* (Abb. 8.28b). Larven und Gemmulae von *Suberites* setzen sich auf neu besiedelten Schneckenhäusern fest und entwickeln sich zu ausgewachsenen Korkschwämmen. Der Schwamm erlangt dadurch Beweglichkeit und verbessert seine Ernährungssituation. Der Einsiedler hingegen ist durch den Schwamm geschützt und muss sich bei der Häutung nicht ein neues, größeres Haus suchen. Das Überwechseln in ein neues Schneckengehäuse ist im Leben der Einsiedlerkrebsse eine besonders sensible Phase, in der sie leicht Prädatoren wie dem *Octopus* zum Opfer fallen könnten. Die Einsiedler sind sich dieser Gefahr wohl bewusst, was aus der peniblen Sorgfalt und Geschwindigkeit bei der „Übersiedlung“ deutlich zu erkennen ist. Der Schwamm wächst parallel zum Einsiedler und bildet eine immer größer werdende Verlängerung der Öffnung des ursprünglichen Schneckenhauses. Die Symbiose ist fakultativ, denn beide Arten können auch ohne Partner überleben. *P. eremita* kann beispielsweise auch mit der Partneranemone *Calliactis parasitica* zusammenleben.

Besonders häufig findet man Schwämme auf Krebsen der Familie Maidae (Seespinnen, z. B. *Inachus* sp., *Maia* spp., *Pisa* spp.). Die Maskenkrabben (Gattung *Pisa*; mit zahlreichen Arten im Mittelmeer vertreten) tragen ihren Namen nicht zufällig: Sie sind bis zur Unkenntlichkeit von Schwämmen und Algen bewachsen, wobei es sich häufig um „aktive Verpflanzung“ des Schwammes auf ihren Carapax handelt (Abb. 8.28c). Oft kann die Maskenkrabbenart erst nach dem Entfernen des Schwammes bestimmt werden. Bei Aquarienhaltung entfernen manche Maskenkrabben den auf ihnen wachsenden Schwamm mit den Scheren.

Sehr dicht mit verschiedenen Schwämmen bedeckt können auch Seespinnen sein (*Maia* spp., Abb. 8.28d). Sie verpflanzen oft ganze Algengärten auf ihren Rückenpanzer sowie auf Beine und Scheren, sodass sie im dichten Phytal kaum noch auszumachen sind.

Für kleinere Crustaceenarten bietet sich eine weitere Möglichkeit einen Schwamm zu nutzen: Sie besiedeln mit unzähligen weiteren Organismen das Wasserkanalsystem von größeren Schwämmen. Einen idealeren Lebensraum könnten sie kaum finden: Er bietet Schutz, frisches Atemwasser und ausreichend Nahrung.

Oopsacas minuta Topsent, 1927 – Kleinwüchsiger Glasschwamm

- **Gattungsmerkmale:** Körper ovoid mit Basalscheibe (spezialisiertes Nadelnetzwerk) zur Anhaftung an Hartsubstrat. Einzelnes Osculum in kleinen Exemplaren, weitere kleiner Oscula in größeren Exemplaren. Microscleren sind Discohexastern.
- **Artmerkmale:** Ovoider, kleinwüchsiger Schwammkörper von bis zu 65 mm Länge und 4-5 mm Ø. Kleines terminales Osculum, dazu wenige weitere kleine laterale Oscula möglich. Weiß.
- **Konsistenz:** Zerbrechlich.
- **Lebensraum:** Abyssale Felsböden (900–1 000 m), Höhlen.
- **Verbreitung:** MM, weltweit (?).
- **Anmerkung:** Im Mittelmeer auch aus einer Höhlen mit konstanter Temperatur in geringerer Wassertiefe (25 m) bekannt.

• Klasse Calcarea Bowerbank, 1864

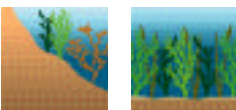
Schwämme mit Mineralskelett aus Calciumcarbonat. Spicula di-, tri-, tetra- und/oder polyactin. Vereinzelt mit basalem kompaktem Kalkskelett. Vivipar mit Blastula-Larven. Kanalsystem vom Ascon-, Sycon- oder Leucon-Typ. Umfasst weniger als 5 % aller beschriebenen Schwammarten. Die Systematik ist schwierig und schlecht verstanden, da die morphologischen Merkmale begrenzt sind und die Spiculation einheitlicher ist als bei den Demospongiae. Viele beschriebene Arten müssen verifiziert werden. Sogar in biogeografisch gut erarbeiteten Regionen wie dem Mittelmeer fehlen verlässliche Daten über vorkommende Arten. Molekularphylogenetische Untersuchungen stehen am Anfang.

Unterklasse Calcinea Bidder, 1898

Gleichmäßige (gleichwinklige und equiradiata) triactine Spicula (nur ausnahmsweise sagitale) und/oder ein basales System von Tetractinen. Coeloblastula-Larven. 2 Ordnungen.

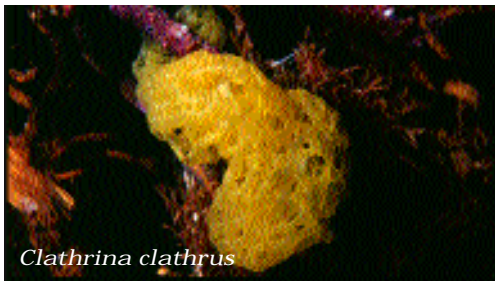
Ordnung Clathrinida Hartman, 1958

Ausschließlich freie Spicula, keine hypercalcifizierten Formen. Variable Wuchsformen. 6 Familien, Beispiele aus zwei Familien.

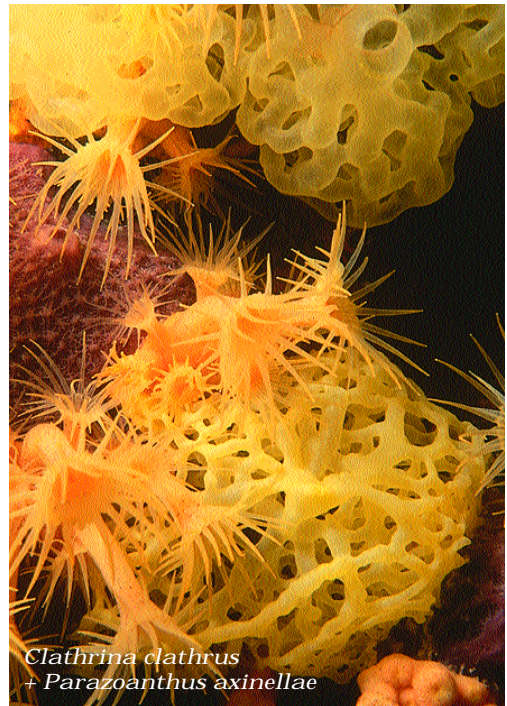




Opsacas minuta




Clathrina clathrus



Clathrina clathrus
+ *Parazoanthus axinellae*


Familie *Clathrinidae* Minchin, 1900

Clathrina clathrus (Schmidt, 1864) – Gelber Gitter-Kalkschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Choanoderm flach und ungefaltet. Schwammkörper aus anastomosierenden Röhren. Skelett aus gleichmäßigen gleichwinkligen und equiradiaten Triactinen und/oder Tetractinen. • **Artmerkmale:** Unregelmäßige kissenförmige Gestalt (bis etwa 10 cm hoch) aus anastomosierenden Röhren (Ø ca. 2 mm). Viele aufstrebende, aufrechte Röhren, diese jedoch blind endend. Oscula schwer erkennbar. Oberfläche weich. Kräftig gelb bis hellgelb. • **Skelett:** Triactinen mit 80–100 µm langen Strahlen (Ø 6 µm), die in den Röhrenwänden ohne erkennbare Ordnung dicht eingelagert sind. • **Konsistenz:** Weich, komprimierbar. • **Lebensraum:** An schattigen Bereichen und in Grotten und Höhlungen auf Fels und sekundärem Hartboden vom Flachwasser bis in größere Tiefen. • **Verbreitung:** MM, Atlantik. • **Anmerkung:** Die Gattung *Clathrina* umfaßt sehr viele Arten und die Bestimmung ist größtenteils sehr schwierig, aufgrund der geringen morphologischen Unterschiede. Aus diesem Grund werden zahlreiche genetisch, jedoch nicht morphologisch unterscheidbare Arten erwartet. *C. clathrus* kann in zwei Zuständen gefunden werden. In der expandierten Form sind die Röhren komplett mit Wasser gefüllt, der Schwamm wirkt dadurch etwas blasser, in der kontrahierten Form sind die Röhren sehr stark zusammengezogen und enthalten kaum Wasser, wodurch der Körper sehr intensiv gelb wirkt.




Clathrina cerebrum


Clathrina cerebrum (Haeckel, 1870) – Dichter Gitter-Kalkschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *C. clathrus*. • **Artmerkmale:** Unregelmäßige kissenförmige Gestalt aus dicht beieinanderliegenden anastomosierenden Röhren. Durch das dichte Geflecht entsteht der Eindruck eines kompakten, fein perforierten Körpers. Gelegentlich mit undeutlichem basalen Stiel. Gelblich, rötlich oder weiß. • **Skelett:** Triactinen mit 80–90 µm langen Strahlen (Ø 8–12 µm), die in den Röhrenwänden ohne erkennbare Ordnung dicht eingelagert sind. Tetractinen mit den selben Maßen, jedoch mit stark spinuliertem apikalem Strahl von 80–90 µm Länge (Ø 6–10 µm). • **Konsistenz:** Fest, aber komprimierbar. • **Lebensraum:** An schattigen Bereichen (häufig auch in Grotten und Höhlen) auf Fels


und sekundärem Hartboden vom Flachwasser bis in größere Tiefen. • **Verbreitung:** MM, südliche europäische Atlantikküste. • **Anmerkung:** Oberflächlich leicht zu verwechseln mit anderen Arten der Gattung. Spicula-Präparation nötig.

Clathrina contorta (Bowerbank, 1866) – Unregelmäßiger Gitter-Kalkschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *C. clathrus*. • **Artmerkmale:** Unregelmäßige, bis 10 mm dicke Matte aus weißen Röhren (\varnothing 0,5–1 mm), die stark verformt sind. Laterale Ausdehnung variabel. Weiß. • **Skelett:** Triactinen mit 80–90 μ m langen Strahlen (\varnothing 5 μ m), die in den Röhrenwänden ohne erkennbare Ordnung dicht eingelagert sind. Tetractinen mit den selben Maßen, jedoch mit stark spinuliertem apikalem Strahl von 40 μ m Länge (\varnothing 5 μ m). Verschiedenendige 100–160 μ m lange Diactinen (\varnothing 10 μ m) mit einem dickeren und einem abrupt spitz zulaufenden Ende, die häufig in peripheren Röhren sitzen. • **Konsistenz:** Weich und zerbrechlich. • **Lebensraum:** Vom Flachwasser bis in etwa 40 m Tiefe an schattigen Standorten auf Fels und sekundärem Hartboden. • **Verbreitung:** MM, AL, Arktis. • **Anmerkung:** Oberflächlich leicht zu verwechseln mit anderen Arten der Gattung. Spicula-Präparation nötig.


Clathrina coriacea (Montagu, 1818) – Weißer Gitter-Kalkschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Siehe *C. clathrus*. • **Artmerkmale:** Kleine, flache Kissen (bis etwa 5 cm \varnothing). Dichte, strickmusterartig verbundene anastomosierende, dünne Röhren (\varnothing ca. 1 mm) Keine aufrechten, freien Röhrenenden. Oscula aus zusammenlaufenden, etwas erhobenen Röhrenendungen. Weiß, gelblich weiß oder gelblich. • **Skelett:** Gleichwinklige und equiradiäre Triactinen mit Strahlen von 60–120 μ m Länge (6–12 μ m \varnothing), die dicht gepackt in den Röhrenwänden liegen. • **Konsistenz:** Weich, komprimierbar und zerbrechlich. • **Lebensraum:** Vorwiegend im Flachwasserbereich, jedoch auch in größeren Tiefen, an schattigen Standorten oder zwischen Algen im Phytal, auf Felsflächen und Sekundären Hartsubstraten. • **Verbreitung:** MM, AL. • **Anmerkung:** Im MM auch die sehr ähnliche, aber orange gefärbte *C. rubra*.

Guancha lacunosa (Johnston, 1842) – Gestielter Gitter-Kalkschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Gestielter Körper aus einem anastomosierenden Netzwerk von Röhren. • **Artmerkmale:** Ballonartiger, runder Körper aus anastomosierenden Röhren (*Clathrina*-artig) mit deutlich ausgebildetem Stiel. Meist nur ein deutlich sichtbares Osculum. Weißlich. • **Skelett:** Zwei Typen von Triactinen: equiradial Triactinen mit 60–300 μ m langen Strahlen und sagitale Triactinen mit längerem basalem Strahl (90–600 μ m) und 60–300 μ m langen paarigen Strahlen. Diactine von 80–300 μ m Länge, die hauptsächlich im basalen Körper und im Stiel vorkommen. • **Lebensraum:** Auf vertikalen Felswänden und auf sekundären Hartböden, oft in geschützten Lagen. • **Verbreitung:** MM, Europäische Atlantikküsten. • **Anmerkung:** Die Gattung wird von manchen Autoren als Untergattung von *Clathrina* angesehen, was jedoch einer sehr konservativen taxonomischen Sichtweise entspricht, in Hinsicht auf die ohnehin schwach ausgeprägte morphologische Diversität der Kalkschwämme.

Familie Leucaltidae Dendy und Row, 1913

Ascandra falcata Haeckel, 1870 – Röhren-Kalkschwamm 

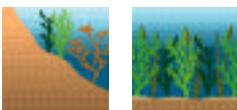
• **Gattungsmerkmale:** Einzelne oder anastomosierende Röhren mit gefaltetem Choanoderm. • **Artmerkmale:** Aufrechte, manchmal leicht gestielte Masse von anastomosierenden Röhren mit gut ausgebildeten vertikalen Röhren, die in Oscula enden. Bräunlich. • **Skelett:** Gleichmäßige Triactinen mit 120–150 μ m langen Strahlen (\varnothing 10 μ m). Regelmäßige Tetractinen mit 180–200 μ m langen Strahlen (\varnothing 20 μ m). Gekrümmte bis sichelförmige Diactinen von 180–400 μ m Länge (\varnothing 20 μ m). • **Lebensraum:** Auf vertikalen Felswänden und Überhängen, sowie auf sekundären Hartböden, oft in geschützten Lagen. • **Verbreitung:** MM, südliche Europäische Atlantikküsten. • **Anmerkung:** Die Art kann leicht mit anderen Arten der Gattung *Clathrina* verwechselt werden. Zur eindeutigen Bestimmung ist eine Spicula-Präparation nötig.

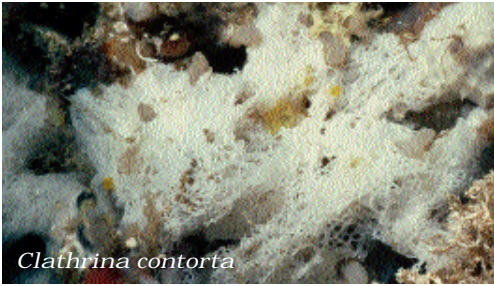
Unterklasse Calcaronea Bidder, 1898

Spicula sind Diactine und/oder sagitale Triactinen und Tetractinen, teilweise auch gleichmäßige Spicula. Amphiblastula-Larven.

Ordnung Leucosoleniida Hartman, 1958

Ausschließlich freie Spicula, keine hypercalcifizierten Formen. Alle Ausprägungen des Kanalsystems vorhanden. Bei Arten mit Leucon-Typ findet sich ein tangenciales, radiales Skelett um das zentrale Atrium. 9 Familien, Beispiele aus 3 Familien.





Clathrina contorta



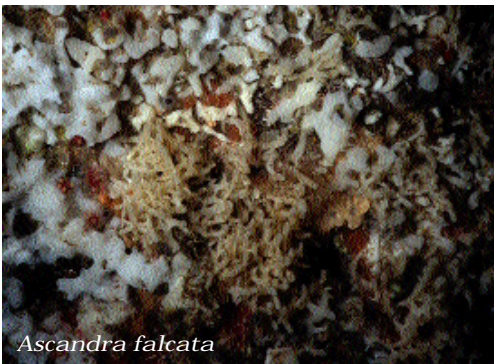
Clathrina coriacea



Guancha lacunosa



Ascandra falcata



Ascandra falcata



Leucosolenia variabilis

Familie Leucosoleniidae Minchin, 1898

Leucosolenia variabilis (Haeckel, 1870) –


Hellgrauer Büschel-Kalkschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Asconoide kriechende Röhren, selten verzweigt oder büschelig, aber in der Regel nicht anastomosierend. Bäumchenartige Wuchsform möglich. Skelett aus Diactinen, Triactinen und/oder Tetractinen. Keine verstärkte äußere Schicht auf den Röhren. • **Artmerkmale:** Basales Netzwerk von Röhren mit bis zu 2 cm langen, aus dem Basalbereich entspringende Oscularröhren, gelegentlich mit lateralen Auswüchsen, jedoch niemals anastomosierend. Buschige Form möglich, jedoch nie bäumchenförmig. Oberfläche

glatt, leicht stachelig. Asconoides Kanalsystem. Weiß, gelblich bis gräulich. • **Skelett:** Triactine mit 80–100 µm langen Strahlen (Ø 7–8 µm), basaler Strahl etwas kürzer. Tetractinen von gleicher Größe wie Triactinen, mit 10–80 µm langem apikalem Strahl (7 µm Ø). Oxen in zwei Kategorien: 80–320 µm lang (2–9 µm Ø) und seltener 70–110 µm lang (2–4 µm Ø) mit lanzenartigem Ende. Gelegentlich große bajonettartige, in der Mitte scharf abgebogene 200 µm lange Oxen (7–10 µm Ø). • **Konsistenz:** Weich und empfindlich. • **Lebensraum:** Flaches Sublittoral auf Steinen, Muschelschalen, teilweise vom Sediment bedeckt. • **Verbreitung:** MM, AL. • **Anmerkung:** Verwechslungsmöglichkeiten mit anderen verzweigten *Leucosolenia*-Arten.



Familie Grantiidae Dendy, 1892


Leucandra aspera (Schmidt, 1862) – Weißer Stachel-Kalkschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Meist leuconide Organisation. Longitudinale große Diactinen in der gesamten Schwammwand und ragen über die Schwammoberfläche hinaus. • **Artmerkmale:** Globulär, etwa 5 mm hoch, mit apikalem Osculum. Weiß. • **Skelett:** Triactinen mit bis zu 200 µm langen Strahlen. Tetractinen mit bis zu 380 µm langen Strahlen und bis zu 70 µm langem apikalem Strahl. Große ectosomale 1200 µm lange Oxen (50 µm Ø). • **Konsistenz:** Hart und zerbrechlich. • **Lebensraum:** Flachwasserbereich in Spalten, zwischen Algen auf Fels und sekundärem Hartsubstrat. • **Verbreitung:** MM, Europäische Atlantik-Küste. • **Anmerkung:** Die Gattung ist oft auch als unter dem vorbesetzten Gattungsnamen *Leuconia* in der Literatur zu finden.


Ute glabra Schmidt, 1864 – Glasiger Kalkschwamm

• **Gattungsmerkmale:** Organisation vom Sycon-Typ, tubuläre Form. Oberfläche glasig, weich und glänzend. • **Artmerkmale:** Siehe Gattungsmerkmale, weiß. • **Skelett:** Cortex durch lange Diactinen unterstützt, Choanoderm aus mehreren Reihen von Triactinen mit vereinzelt Tetractinen. • **Konsistenz:** Fest, zerbrechlich. • **Lebensraum:** Mittelmeer. • **Anmerkung:** Einzige Art der Gattung im Mittelmeer; gehört zu den schönsten Kalkschwämmen.


Familie Sycettidae Dendy, 1892

Sycon ciliatum (Fabricius, 1780) – Papillen-Kalkschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** Radial organisierte Röhren mit distalem abstehenden Diactinenbündeln. Einströmkanäle gewöhnlich deutlich ausgeprägt zwischen den radialen Röhren. Atriumskelett und Röhren-Skelett aus Triactinen und/oder Tetractinen. • **Artmerkmale:** Meist 1–3 cm, maximal 8–9 cm hoch, zylindrisch (Ø 0,5–1 cm) mit meist papillärer oder haariger Oberfläche, seltener glatt. Weißlich oder weißgrau bis bräunlich weiß. • **Skelett:** Triactinen in verschiedenen Größenklassen; paarige Strahlen 100–200 µm, basaler Strahl 100–250 µm (je 5–10 µm Ø); Tetractine ähnlich der Triactinen: mit apikalem Strahl von 20–80 µm Länge (8–10 µm Ø). 1000–3000 µm lange Oxen (6–25 µm Ø). • **Konsistenz:** Leicht weich bis fest. • **Lebensraum:** Im Sublittoral zwischen Algen und in Seegrasmatten vom Flachwasser bis etwa 25 m. • **Verbreitung:** MM, AL. • **Anmerkung:** Verwechslungsmöglichkeiten mit einer Reihe von Arten der Gattung, teilweise nur durch histologische Präparate zu unterscheiden.

Sycon elegans (Bowerbank, 1845) – Polygon-Kalkschwamm 

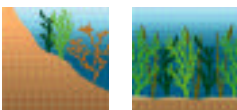
• **Gattungsmerkmale:** Siehe *S. ciliatum*. • **Artmerkmale:** 1–2 cm hoch, zylindrisch (Ø 0,5 cm) mit polygonalem Oberflächenmuster. Oberfläche glatt. Dunkelgelb oder weißgrau bis weiß. • **Skelett:** Triactinen in verschiedenen Größenklassen, je nach Ort. distal: paarige Strahlen 50–90 µm, basaler Strahl 200–400 µm (je 25–35 µm Ø); radiale Röhren: paarige Strahlen 80 µm, basaler Strahl 120 µm (je 10 µm Ø); subatrial: paarige Strahlen 80–100 µm, basaler Strahl 100–120 µm (je 10 µm Ø); atrial: paarige Strahlen 120 µm, basaler Strahl 80 µm (je 8 µm Ø). Tetractine der Atriumwand ähnlich der atrischen Triactinen mit apikalem Strahl von 120–160 µm Länge (12–16 µm Ø). 200–250 µm lange Oxen (3–20 µm Ø). • **Konsistenz:** Zerbrechlich. • **Lebensraum:** Im Sublittoral zwischen Algen und in Seegrasmatten und auf sekundären Hartböden vom Flachwasser bis etwa 25 m. • **Verbreitung:** MM, AL. • **Anmerkung:** Die wabenförmige Oberflächenstruktur bietet ein gutes Unterscheidungsmerkmal gegenüber anderen sehr ähnlichen Arten der Gattung.

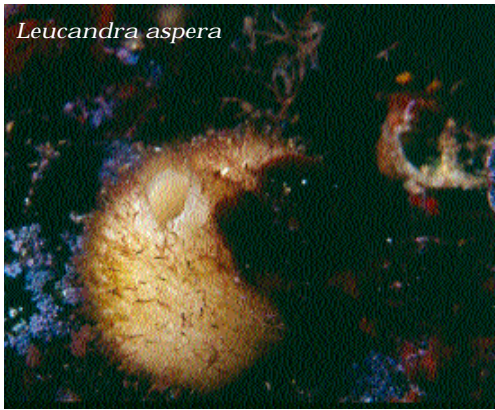
Sycon raphanus Schmidt, 1862 – Kragen-Kalkschwamm 

• **Gattungsmerkmale:** siehe *S. ciliatum*. • **Artmerkmale:** Oval bis globulär, von wenigen mm bis zu mehreren cm Höhe. Gelegentlich mit kurzem Stiel. Oberfläche haarig bis stachelig. • **Skelett:** Triactine mit 100–250 µm langen Strahlen (8–12 µm Ø). Tetractine des atrischen Skeletts ähnlich der Triactinen mit apikalen Strahlen von 60–120 µm Länge. • **Konsistenz:** Weich. • **Lebensraum:** Exponierte Standorte vom Flachwasser bis in größere Tiefen auf Fels und sekundärem Hartsubstrat, zwischen Algen und in Spalten. • **Verbreitung:** MM, AL. • **Anmerkung:** Ist von der sehr ähnlichen Art *Sycon ciliatum* nur durch histologische Präparation zu unterscheiden: *S. raphanus* mit Choanocytenkammern, die über einen Großteil ihrer Länge fusioniert sind. In *S. ciliatum* keine Fusion.

Ordnung Lithonida Vacelet, 1981

Hypercalcifiziertes Skelett, aus verbackenen Tetractinen oder einem massiven, basalen Kalkskelett. Im lebenden Gewebe freie Kalkspicula. Zwei Familien. Beispiel aus einer Familie.





Leucandra aspera



Sycon sp.



Sycon ciliatum



Sycon elegans



Petrobionia massiliana

Familie Petrobionidae Borojevic, 1979

Petrobionia massiliana Vacelet und Levi, 1958 – Stein-Kalkschwamm

• **Gattungsmerkmale:** Wie Artmerkmale. • **Artmerkmale:** Massig, sphärisch-abgeflacht bis viellappig mit bis zu 2 cm langem abgestorbenem Stumpf (nur in ruhigen Lagen), krustenbildend (Ø bis 6 cm) in exponierten Lagen. Lebende Kappe 1–1,2 mm Ø. Leuconoide Bauweise. Weiß. • **Skelett:** Sagittale Triactinen mit 25–200 µm langen Strahlen (6–40 µm Ø), stimmgabelartige Triactine mit 30–70 µm langem basalem Strahl (Ø 5–8,5 µm) und 20–50 µm langen lateralen Strahlen (Ø 4–7 µm). Tetractine in zwei Größenklassen: laterale Strahlen 40–130 µm lang (22–28 µm Ø) bzw. 16–40 µm lang (4–7 µm Ø), axiale Strahlen 8–100 µm lang (10–28 µm Ø) bzw. 30–70 µm lang (5,5–8,5 µm Ø). Runzelige, 30–60 µm lange Microdiactinen (2–3 µm). Basales Skelett aus massivem Calcit mit einigen eingeschlossenen Spicula • **Konsistenz:** Fest. • **Lebensraum:** Im Eingangsbereich von dunklen Höhlen, gelegentlich unter Steinen. Vom Flachwasser bis 25 m • **Verbreitung:** MM (hauptsächlich östliches Becken). • **Anmerkung:** Die Art ist im MM endemisch und kommt regelmäßig vor, wird aber oft übersehen.

Nutzen und Nutzung der Schwämme

Franz Brümmer

Unter „Schwamm“ stellen sich die meisten Menschen nicht selten ausschließlich einen Badeschwamm vor. Betrachtet man die ursprüngliche Nutzung der Schwämme, so ist das leicht zu verstehen. Jahrhunderte lang wurden Schwämme als „saubere, saugfähige und hygienische Hilfsmittel“ eingesetzt, jedoch nicht nur als Badeschwamm im engeren Sinn. Ein Blick in den Katalog eines Schwammlieferanten zeigt eine Auflistung von über 40 möglichen Verwendungszwecken, vom Abbeizschwamm über Ohrenschwämmchen bis hin zum Zeichenschwamm (vgl. Bd. I, S. 538–539).

Bereits sehr früh in der Menschheitsgeschichte wurde die Bedeutung von Pflanzenstoffen für die Behandlung von Krankheiten und Verletzungen erkannt. Die überwiegende Anzahl bekannter Naturstoffe stammt auch aus terrestrischen Organismen. Erst vor 10–15 Jahren erkannte man, welche enorme Vielfalt an aktiven Sekundärstoffen in marinen Organismen enthalten ist. So eignen sich auch Schwämme durch eine große Anzahl interessanter Inhaltsstoffe zu viel mehr als nur zu Hygienezwecken. Schwammpulver ist beispielsweise wegen seines hohen Iodgehaltes seit langem als wirksames Mittel gegen Kropfbildung bekannt.

Allerdings sind die Schwämme erst in neuerer Zeit vermehrt ins Blickfeld von Wissenschaft und Industrie gerückt, obwohl bereits 1937 eine ausführliche Darstellung von über 400 Seiten über die Inhaltsstoffe von Schwämmen verfasst wurde. Besonderes Interesse erwecken heute biologisch aktive Stoffe, so genannte Sekundärmetabolite. Und hierbei sind es unter den marinen Organismen besonders die Schwämme, die eine enorme Vielzahl von Sekundärmetaboliten liefern. Regelmäßig erscheinende Zusammenstellungen zeigen in beeindruckender Weise die Stellung der Schwämme auf: Jährlich wird fast die Hälfte aller ca. 750–800 neu entdeckten Naturstoffe aus marinen Organismen in Schwämmen gefunden.

Die bisher charakterisierten Naturstoffe gehören zu den unterschiedlichsten Substanzgruppen wie Alkaloiden und Terpenoiden. Auch das Wirkspektrum der Stoffe ist vielfältig: Manche inhibieren Tumorwachstum, viele sind ent-

8.29 *Wie viele andere Schwämme auch enthält *Dysidea avara* (Dictyoceratida, Demospongiae) bioaktive Substanzen, die für die Pharmazie von großem Interesse sind. Das von dieser Art produzierte „Avarol“ ist gegen HIV wirksam.*



zündungshemmend und wirken antiviral, fungizid und bakterizid. Besonders groß ist das Interesse an Substanzen, die eine inhibierende Wirkung auf Tumorzellen haben, also eine cytotoxische Aktivität aufweisen. Die meisten cytotoxisch aktiven marinen Naturstoffe wurden bisher aus Schwämmen isoliert. Für viele dieser Substanzen konnte die Aktivität in Tierversuchen bereits bestätigt werden; einige davon befinden sich in der klinischen Erprobungsphase.

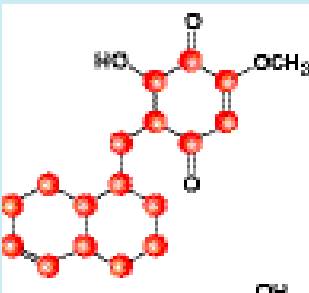
Eine besonders stark cytotoxisch aktive Substanz ist das Halichondrin B, das aus dem Schwamm *Halichondria okadae* isoliert werden konnte. Auch die Okadainsäure wurde in diesem Schwamm gefunden, ein hochspezifischer Hemmstoff der Proteinphosphatasen PP 1 und PP2A. Heute ist bekannt, dass Okadainsäure kein Produkt des Schwammes selbst ist, sondern von einzelligen Dinoflagellaten produziert wird. Ähnliches wird für Halichondrin B diskutiert: Wegen seiner strukturellen Ähnlichkeiten zu mikrobiellen Sekundärmetaboliten könnte es von Bakterien oder Cyanobakterien und nicht vom Schwamm selbst stammen. Dies ist nicht allzu verwunderlich, da sich Schwämme nicht nur als Strudler von Bakterien ernähren, sondern auch mit Bakterien in enger Assoziation leben.

Auch im Kampf gegen die Immunschwäche AIDS konnte aus Schwämmen bereits eine Substanz isoliert und in Zellkulturversuchen erfolgreich getestet werden. Es handelt sich dabei um Avarol und Avaron, chemisch Sesquiterpene mit einem Chinon bzw. Hydrochinonrest, die im Schwamm *Dysidea avara* (Name!) vorkommen (Abb. 8.29 und 8.30). Avarol tötet in Zellkulturen HI-Viren in den von ihnen infizierten Zellen ab und schützt gleichzeitig nicht infizierte Zellen. Im Mittelmeerschwamm der Gattung *Aplysina* findet sich die Substanz Aeroplysinin, die Bakterienwachstum deutlich hemmt.

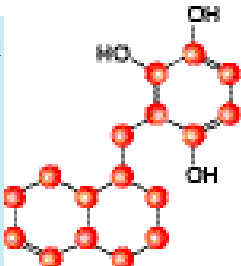
Neben der Frage nach dem exakten Produktionsort der bioaktiven Substanzen innerhalb des Schwammkörpers hat sich in den letzten Jahren ein ganz besonders Problem herauskristallisiert – nämlich jenes des Nachschubs ausreichender Mengen mariner Organismen. Schwämme zur pharmazeutischen Prüfung der Sekundärmetaboliten werden bisher ausschließlich durch Presslufttaucher gesammelt oder durch Dredgen gefischtes Material geliefert. Es sind somit eher zufällige Probenahmen von Schwämmen in deren natürlichen Lebensräumen. Gerade das Dredgen führt zu einer nicht unerheblichen Belastung, ja Zerstörung mariner Lebensräume!

Bis heute gibt es neben der Aufsammlung im Lebensraum keine verlässliche Möglichkeit, die meisten Schwammarten in größerem Maßstab zu kultivieren und damit deren enormes pharmazeutisches Potenzial nutzbar zu machen. Wildsammlungen in großem Umfang widersprechen aber der nachhaltigen Nutzung von Ressourcen im Sinne der UN-Agenda 21 und dem Übereinkommen zur biologischen Vielfalt. Neben der Entwicklung neuer Methoden zur *in vitro*-Kultivierung von Schwammzellen wird auch die Optimierung der Hälterungsbedingungen in Aquarien notwendig sein. Eine sichere taxonomische Grundlage ist dazu ebenso unerlässlich wie neue Ansätze für Schwammzuchten im Meer (Aquakulturen) zur beschleunigten Züchtung der interessanten Schwammarten sowie die Erforschung des Schwammgenoms.

Avaron
(oxidierte Form des Avarol)



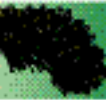
Avarol



8.30 Die Strukturformeln von Avaron bzw. Avarol.

Zum Schluss ein Blick in die Vergangenheit: Er zeigt, dass Menschen es bereits vor Jahrtausenden verstanden haben, das Meer als Quelle wertvoller Stoffe zu nutzen. Der erste beschriebene und vom Menschen genutzte Naturstoff aus einem marinen Organismus ist der Purpurfarbstoff, der aus Schnecken der Gattung *Murex* gewonnen und bereits um 1600 v. Chr. von den Phöniziern gehandelt wurde.

Literatur: Arndt W (1937) Schwämme. In: Die Rohstoffe im Tierreich. Pax F, Arndt W (Hrsg) Bd. 2, 1577–2000, Berlin • Eder C, Proksch P (1997) Pharmakologisch aktive Naturstoffe aus marinen Organismen – Leitstrukturen für neue Arzneimittel? (Teil 1). *Drogenreport* 10:24–28 • Fusetani N (ed.) (2000) Drugs from the Sea. Karger Basel, 158 Seiten • Faulkner DJ (2000) Marine natural products. *Nat. Prod. Rep.* 17: 7–55 • Müller WEG, Böhm M, Batel R, De Rosa S, Tommonaro G, Müller IM, Schröder HC (2000) Application of cell culture for the production of bioactive compounds from sponges: synthesis of Avarol by primmorphs from *Dysidea avara*. *J. Nat. Prod.* 63: 1077–1081 • Osinga R, Tramer J, Wijffels RH (1999) Cultivation of Marine Sponges. *Mar. Biotechnol.* 1: 509–532 • Pomponi SA (1999) The bioprocess-technological potential of the sea. *J. Biotechnology* 70: 5–13 • Proksch, P. (1991): Biologisch aktive Naturstoffe in marinen Invertebraten. *Biologie in unserer Zeit* 21:26–30 • Sarma AS, Daum T, Müller WEG (1993) Secondary metabolites from marine sponges. Ulstein Mosby, Berlin.



Overview on the Sponge Fauna of the Limski kanal, Croatia, Northern Adriatic Sea

**BRÜMMER F., CALCINAI B., GÖTZ M., LEITERMANN F., NICKEL M.,
SCHILLAK L., SIDRI M. & ZUCHT W.**

Bollettino dei Musei e degli Istituti Biologici
dell'Università di Genova (2004), 68: 219-227.

Overview on the Sponge Fauna of the Limski kanal, Croatia, Northern Adriatic Sea

Brümmer¹ F., Calcinai² B., Götz¹ M., Leitermann¹ F., Nickel¹ M., Schillak³ L., Sidri¹ M. & Zucht¹ W.

¹ Universität Stuttgart, Biologisches Institut, Abteilung Zoologie, Pfaffenwaldring 57, 70567 Stuttgart, FRG

² Università di Ancona, Istituto di Scienze del Mare, Via Breccie Bianche, 60131 Ancona, IT

³ MVV Consultants and Water Engineers GmbH, Augustaanlage 59, 68165 Mannheim, FRG

Abstract

The Limski kanal is a 11 km long fjord-like bay located in the Istrian peninsula (Croatia, Northern Adriatic Sea), which lies along an E-W axis so that the two sides face north and south. The sponge fauna of the channel has been investigated at twelve locations, six for each side at different depth levels. A total of 42 species have been recorded, 6 of them have never been reported for this area before. Only few species have been found in all locations and distributional trends can be seen. Substrate, light exposition and the high sedimentation affect the sponge distribution along the channel.

Introduction

From the beginning of marine science sponges from the Mediterranean Sea were part of the interest as they served for several purposes in daily life. Many type species of new described families and genera have been found in the Mediterranean, where a rich sponge fauna lives: PULTZER-FINALI (1983) listed around 550 sponge species and today at least 564 species are reported from the

Mediterranean Sea (PANSINI, 1996). For the Croatian Adriatic Sea a number of 201 species (28 Calcarea and 173 Demospongiae) was given in 2000 and one of them is threatened (RADOVIĆ, 2000).

A first remarkable overview of the sponge fauna for the Adriatic Sea was given by SCHMIDT in 1862 as he felt the lack of basic literature to determine his sponge samples. He complained about the unprecise descriptions of sponges in OLIVI's "Zoologia Adriatica" (OLIVI, 1792) and the disinterest of NARDO, author of "Spongiariorum classificatio" (NARDO, 1833), to publish his own names and descriptions of a large number of sponge samples or at least to co-operate. The "Spongiariorum classificatio" contained a system based primarily on adriatic sponges but as SCHMIDT missed the descriptions to NARDO's names he saw no other possibility then to ignore most of them.

SCHMIDT published a descriptive list of 115 species from which 95 were considered as new to science (SCHMIDT, 1862). In this work he also suggested that the regenerative characteristics of sponges might be utilized in sponge culture. This

idea was set to practice one year later on the island of Hvar (Lesina), Croatia (MOORE, 1908).

Based on these studies the Adriatic Sea became one of the best examined parts of the Mediterranean. This was advantaged by the foundation of several marine institutes and stations in the late 19th century, among those some of the oldest marine stations of the world. The Biological Station of Rovinj, Croatia, was founded in 1891 as field station of the Berliner Aquarium (Berlin, Germany) to provide it with living organisms. It is now a department of the Institute "Ruder Bošković", Zagreb (HR) (ZAVODNIK, 1995).

Systematic sponge studies in the area of Rovinj began with GRAEFFE (1882), who noted three species from Rovinj. ZIMMERMANN (1907) published a list of 25 species but the first (and most) comprehensive work for the area of Rovinj was done by VATOVA in 1928 who gave an overview of the distribution of the benthic species, the geological formations and climate conditions (VATOVA, 1928). Including most former works he listed 60 sponge species with their distribution and bibliography. "With regard to its complexity and conception, this work has remained unique up to the present day" (ZAVODNIK, 1995).

But VATOVA - like previous authors - was dependent on dredged sponges or on dried and fixed material which was collected in shallow waters and on the beach. This led to systematic confusion, because of the alterations of the sponges' skeletons and morphologies due to fixation and drying processes (RÜTZLER, 1965a).

Therefore RÜTZLER used SCUBA diving for his examinations. He listed and described a total of 62 sponge species for the area of Rovinj (RÜTZLER 1965a). Combining this list with VATOVA's work, unpublished findings and the work of some other authors, he sorted 112 sponge species according to their habitat (RÜTZLER, 1967). Further strong interest for the sponges of the Rovinj area was shown by MÜLLER who described several new species (MÜLLER & ZAHN, 1968; MÜLLER *et al.*, 1979; MÜLLER *et al.*, 1983) and published a list of 139 species (MÜLLER *et al.*, 1984) of which 137 seem to be valid today.

Concerning the Limski kanal, a closer examination of the sponge fauna has obviously not been done yet, though several authors worked in the channel and reported a few species (VATOVA, 1928, 1931; MÜLLER & ZAHN, 1968, 1984; PULITZER-FINALI, 1983; SARÀ *et al.*, 1989). Research on its benthic fauna was done by VATOVA (1943), ZAVODNIK (1971) and GILLET (1986) but they reported no more sponges for the Limski. It was regarded as an example for a coastal terrigenous mud bottom, an unsuitable habitat for most sponges.

Research Area

The Limski kanal is a 11 km long fjord-like bay, nearby Rovinj (Istrian peninsula, Croatia, Fig.1), that lies along a E-W axis so that the two parallel coast lines face one the North and the other the South (Fig. 2). The channel's western opening is between Rt Kriz (Punta Croce), in the northern side and Rt Sjole (Punta Tiolle) in the southern side. The maximum width is about 650 m

and the maximum depth 32 m. The Limski is separated by a sediment barrier from the open sea, which rises a few meters above the bottom of the channel (PAUL, 1970).

The geology of the Rovinj area is dominated by calcareous rock of grey and white dolomite. This calcareous material was deposited by Jurassic Brachiopoda and corals. In the Cretaceous a period of submersion, followed by an immersion one, occurred with consequent remodelling of the geographic profile. Later on, during the Oligocene the formation of the Julian Alps

produced the submersion of the Istrian peninsula, then eroded by wind and heavy rainfalls during the Miocene and the Pliocene. In this age, the level of the sea was low and in the area where now the Limski kanal lies, the river Foiba was running down from the so called Limski draga, scavenging and eroding the calcareous rocks till the sea. During the Holocene the sea level started to increase penetrating through the valley produced by the Foiba and originating the current channel (VATOVA, 1928).



Fig. 1: Map of the Istrian Peninsula in the Northern Adriatic Sea.

A calcareous rocky coast, with a lot of holes and caves, delimits the channel characterised by “macchia” and “garigue” vegetation on the northern side and by a *Quercus ilex* forest and bushes on the southern side. Due to the carsic peculiarity of this area, a lot of small rivers and springs discharge into the channel underwater and their inflow becomes important during

heavy rainfall periods. According to VATOVA (1928), an important spring incomes on the southern side, close to the project platform (see Fig. 2 and Tab. 1) and another one opens in front of it, on the northern side. At the end of the channel the depth reduces rapidly and some small rivers and springs disembugue originating a shallow and brackish water area.

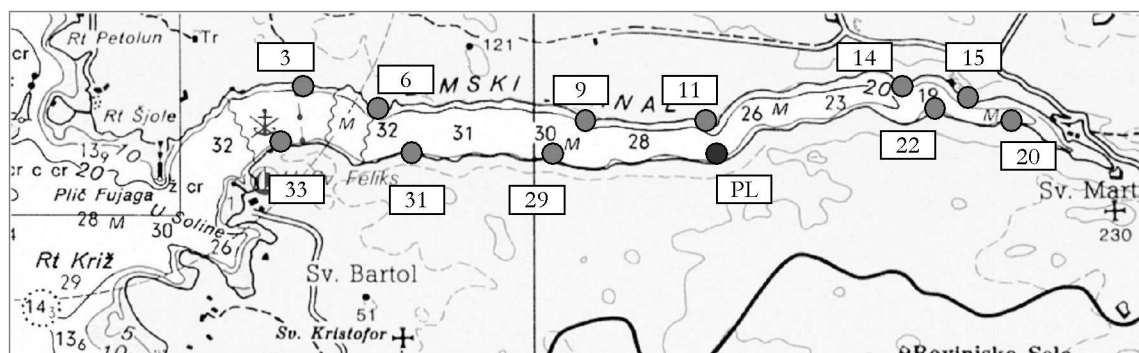


Fig. 2: map of the Limski kanal with the sites monitored in this study.

The freshwater intake reaches its maximum in winter because of heavier rainfalls but does not really affect the rest of the water body. It drains off at the surface so that the channel is occasionally almost covered by a freshwater layer (UFFENORDE, 1970).

The oxygen saturation is nearly 100 % for around 8 months. With the warming of the upper waterlayers during spring a thermocline is formed and lasts until the water starts cooling down in late summer. During this time the O₂-saturation decreases to a minimum of around 70 % near the bottom. While cooling down the thermocline becomes unstable and water mixes vertically because of a rising convection current (PAUL, 1970). The water circulation is guaranteed by an outwards directed current close to the surface and an incoming current in the depth (KUZMANOVIC, 1985).

The bottom is flat and muddy in the centre and at the end of the channel and inhabited by the *Schizaster-Turritella*-biocenosis (VATOVA, 1931). It rises mainly as a detritic bottom with some rocky walls and cliffs to the surface. On both sides, but especially in the south, a 30-40 cm wide

notch is present, followed, after not more than 50 cm of depth, by a small rocky wall that becomes a less inclined detritic cliff. This situation makes the Limski an inhomogeneous area with a broad variety of small scaled habitats.

Sediment rate appears to be high, especially in the second half of the channel and sediment bottom consists of fine particle fractions divided as follows: a diameter less than 6.3µm=53.9 %, 6.3-63µm=44.8 % and more than 63µm=1.1 % (ZAVODNIK, 1971). This mud is not stratified because of the digging activity of different organisms like *Callianassa stebbingi*. The sedimentation rate of around 0.4 mm/a leaves the sediments for around 1000 years in the 30 - 50 cm wide range of this decapod (PAUL, 1970).

Today, part of the Limski kanal is a protected area, starting approximately from its middle part. Fish and mussel farms are present inside this area.

Side	Western opening		Middle Part		Eastern end	
	Loc. No.		Loc. No.		Loc. No.	
N	3	N 45° 8,709' E E 13° 37,513'	9	N 45° 8,3' E 13° 40,154'	13	N 45° 8, 252' E 13° 42,413'
N	6	N 45° 8,82' E 13° 38,407'	11	N 45° 7, 956' E 13° 41,168'	15	N 45° 8, 110' E 13° 43,194'
S	33	N 45° 7,849' E 13° 37,587'	29	N 45° 7, 777' E 13° 39,861'	20	N 45° 7, 972' E 13° 43,734'
S	31	N 45° 7,816' E 13° 38,697'	PL	N 45° 7, 779' E 13° 40,872'	24	N 45° 8, 88' E 13° 42,452'

Tab. 1: List of the surveyed Locations in the Limski kanal. PL indicates a platform

Materials and Methods

We surveyed in total 12 locations along the Limski kanal, 6 for each side (N and S), 4 at the eastern opening, 4 in the middle and 4 in the western end part (Fig. 2 and Tab. 1). Vertical belt transects (2 m wide) from the surface to the bottom of the channel have been performed by SCUBA diving to get a general idea of the sponge species composition and the depth distribution. Species names and the number of specimens was written down on waterproof paper for every transect meter.

In addition, also any other observation coming from other surveys along the channel have been taken into account.

Sponges have been identified visually, except for some species, where identification was not possible underwater, even at genus level. Samples of these unidentified sponges have been collected and studied in laboratory. Sponges with spongin fibres were cut into pieces, macerated and the cleaned skeleton was

observed under the microscope. Spicule slides have been prepared using concentrated HNO₃ to dissolve the organic material. Sponges were then identified with the help of literature (e. g. SARÀ, 1983; PULITZER-FINALI, 1983; BOURY-ESNAULT & RÜTZLER, 1997; VAN SOEST *et al.*, 2000; BRÜMMER *et al.* 2002; HOOPER & VAN SOEST, 2002).

Results

We found a total number of 42 species in the Limski kanal (Tab. 2), not including about five unknown or undetermined species. Five species (marked with a asterisk in Tab. 2) out of 42 were not reported before for the Rovinj area.

At the beginning of the channel - especially on the southern side - we found a very abundant but not very diverse sponge fauna. It consists mainly of *Aplysina aerophoba*, *Chondrilla nucula* and different "Keratosa" sponges (e. g. Dictyoceratida mainly belonging to Ircinidae and Spongiidae).

Species	Family
Calcarea	
<i>Clathrina</i> cf. <i>clathrus</i> (Schmidt, 1864)	Clathrinidae
<i>Clathrina coriacea</i> Montagu, 1819	Clathrinidae
Demospongiae	
<i>Oscarella lobularis</i> (Schmidt, 1862)	Plakinidae
<i>Geodia cydonium</i> (Jameson 1811)	Geodiidae
<i>Chondrosia reniformis</i> Nardo, 1848	Chondrillidae
<i>Chondrilla nucula</i> Schmidt, 1864	Chondrillidae
<i>Tethya aurantium</i> (Pallas, 1766)	Tethyidae
<i>Tethya</i> cf. <i>limski</i> Müller & Zahn, 1969	Tethyidae
<i>Tethya</i> cf. <i>citrina</i> Sarà & Melone, 1965	Tethyidae
<i>Polymastia robusta</i> Bowerbank, 1861	Polymastiidae
<i>Spirastrella cunctatrix</i> Schmidt, 1869	Spirastrellidae
<i>Cliona celata</i> Grant, 1827	Clionidae
<i>Cliona vermifera</i> Hancock, 1869	Clionidae
<i>Cliona viridis</i> (Schmidt, 1862)	Clionidae
<i>Cliona nigricans</i> (Schmitt, 1862)*	Clionidae
<i>Cliona rhodensis</i> Rützler & Bromley 1981*	Clionidae
<i>Pione vastifica</i> (Hancock, 1849)	Clionidae
<i>Suberites domuncula</i> (Olivi, 1792)	Suberitidae
<i>Terpios gelatinosa</i> (Bowerbank, 1866)	Suberitidae
<i>Axinella verrucosa</i> (Esper, 1794)	Axinellidae
<i>Axinella polypoides</i> Schmidt, 1862	Axinellidae
<i>Axinella</i> cf. <i>cannabina</i> (Esper, 1794)*	Axinellidae
<i>Crambe crambe</i> (Schmidt, 1862)	Crambiidae
<i>Hemimycale columella</i> (Bowerbank, 1874)	Hymedesmiidae
<i>Hamigera hamigera</i> (Schmidt, 1862)	Hymedesmiidae
<i>Phorbas tenacior</i> Topsent, 1925	Hymedesmiidae
cf. <i>Phorbas fictitus</i> (Bowerbank, 1866)	Hymedesmiidae
<i>Antho</i> (<i>Antho</i>) <i>involvens</i> (Schmidt, 1864)	Microcionidae
<i>Haliclona</i> (<i>Haliclona</i>) <i>mediterranea</i> Griessinger 1972*	Chalinidae
<i>Haliclona</i> spec.	Chalinidae
<i>Petrosia ficiformis</i> (Poiret, 1789)	Petrosiidae
<i>Acanthella acuta</i> Schmidt, 1863	Dictyonellidae
<i>Aplysilla sulfurea</i> Schulze, 1879	Darwinellidae
<i>Dysidea avara</i> Schmidt, 1863	Dysideiidae
<i>Dysidea fragilis</i> (Montague, 1818)	Dysideiidae
<i>Spongia officinalis</i> f. <i>adritatica</i> (Schmidt, 1862)	Spongiidae
<i>Aplysina aerophoba</i> Schmidt, 1864	Aplysinidae
<i>Hexadella racovitzai</i> Topsent, 1896*	Aplysinidae
<i>Ircinia</i> cf. <i>variabilis</i> (Schmidt, 1862)	Irciniidae
<i>Ircinia</i> spp.	Irciniidae
<i>Sarcotragus foetidus</i> (Schmidt, 1862)	Irciniidae

Tab. 2: List of sponge species found in the Limski kanal (HR).

On both sides the diversity increases according to depth. This seems to change towards the end of the channel. Northern and southern side look quite similar and there is no strong change in species composition to deeper water.

On both sides, the area lying directly under the notch is dominated by sponges. In addition to the most common species (like *A. aerophoba*, *C. nucula*, *Chondrosia reniformis*), we found *Tethya aurantium*, *Petrosia ficiformis* and others.

Where the bottom of the Limski kanal is covered with mud, sponges can only be found occasionally either loose (*Dysidea avara*, *A. aerophoba*) or on bigger rocks emerging from the mud. These rocks are always covered with several species: the most abundant in this case are *Hemimycale columella*, *Sarcotragus foetidus*, *A. aerophoba* and *Crambe crambe*.

A few very large specimens of *G. cydonium* could be also found at different locations in the mud. Digitated specimens of *Ircinia variabilis*, almost completely sunk in the mud are common also in the final part of the channel.

There are a few species which can be found all over the Limski (e.g. *A. aerophoba*, *C. nucula*, *C. reniformis*, *Cliona celata* or *Ircinia* spp.) and some that seem to prefer the beginning and greater depths like *Axinella polypoides* or *Geodia cydonium*, that disappear towards the end of the channel. Other species can also be found all over the channel but more frequently at greater depths, e. g. *Oscarella lobularis*. No sponges prefer the end of the Limski. However, the only exception of this could be *Terpios gelatinosa*, often associated with *Cladocora cespitosa*, that we found from

the middle to the backside of the channel, in accordance with VATOVA (1928).

Discussion and Conclusions

RÜTZLER examined the sponge fauna of the surroundings of Rovinj in dependence of different ecological factors: depth, light exposition, sedimentation, current exposition (RÜTZLER, 1965a) and the size of substrate forming rocks. (RÜTZLER, 1965b). Smaller rocks can be removed easily by water movements and bigger ones have a longer idle period, that gives time for a diverse sponge development. He found that depth and current (if it is not too strong) have no real influence on the sponge fauna but especially sedimentation and the light exposition strongly affect it, at least indirectly. Our results are concordant since we found a more diverse and more abundant sponge fauna on the southern side and in greater depths where light is not as strong as near the surface. This is not due to the direct light impact but because algae seem to be a strong and successful competitor to sponges for space (RÜTZLER, 1965a). On the less shadowed northern side different algae can be found like *Padina pavonica*, *Codium bursa* or *Ulva rigida* in higher numbers than on the shadowed southern side. Moreover most of the benthos is covered during summertime with a fine algal or bacteria layer.

The changing fauna in the backside of the channel might be caused by higher sedimentation, lower current and the less inclined sides, where sediment is deposited more easily. The sponge covered rocks emerging from the mud seem to prove that the lack of sponges in this part of the Limski is mainly caused by the unsuitable

substrate. Their high species diversity suggests that other factors play only a secondary role. If the high freshwater income during raining periods has also an effect on the sponge fauna has to be proved. From the first visual impression the upper region close to the entrance on the southern side seems to be the most abundant part of the channel considering sponges, but the data show that the diversity increases to deeper regions and to the middle part of the channel. Preliminary results of first density studies of the most common species show a quite heterogenous appearance (data not shown here). Further density and distribution investigations have to be done to get more information about these patterns. The correlation with one or most probably more environmental factors remains unclear and a more detailed study is necessary.

Anyway, according to our preliminary environmental data the Limski kanal appears to be a heterogenous habitat, except for the exposition to light and current that seems to be similar on most of the surveyed locations on the same side. For this reason Limski kanal is still an interesting study area that could add important knowledge in the understanding of sponge distribution patterns along ecological gradients.

Acknowledgements

This work is part of the *BIOTEC* marin project, which is supported by the Federal Ministry of Education and Research, Germany (03F0345D). The excellent logistic support has been provided by the Centre for Marine Research "Ruder Bošković" in Rovinj that placed the RV

"Burin" and laboratory space to the disposal.

We thank Dr. R. Batel and Dr. L. Schillak for their help during our stays in Rovinj.

References

BRÜMMER F., NICKEL M., SIDRI M., 2002 - 8. Porifera (Schwämme). In: Hofrichter R. (ed.) *Das Mittelmeer*, Vol II / 1. Spektrum akademischer Verlag, Heidelberg: 302-383.

BOURY-ESNAULT N., RÜTZLER K. (eds.), 1997 - *Thesaurus of Sponge Morphology*, Smithsonian Contributions to Zoology, No. 596.

GILLET P., 1986 - *Annelides Polychètes des fonds meubles du Canal de Lim près de Rovinj (Yugoslavie)*, *Thalassia Jugoslav.*, 21/22 (1/2): 127-138.

GRAEFFE E., 1882 - *Übersicht über die Fauna des Golfes von Triest*, II. Coelenterata (Spongiarie), *Arb. Zool. Institut Wien u. zool. Station Triest*, Vol. IV: 313-321.

HOOPER J., VAN SOEST R. (eds.), 2002 - *Systema Porifera*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

KUZMANOVIC N., 1985 - *Preliminarna istrazivarna dinamike vodenih masa Limskog kanala*, *Zavrsni izvjetstaj* (internal report of the center of marine research "Ruder Boskovic", Rovinj, HR).

MOORE H.F., 1908 (issued 1910) - A practical method of sponge culture, *Bulletin of the bureau of fisheries*, Vol. XXVIII, Part 1: 545-586.

MÜLLER I., ZAHN R.K., ZAHN G., RIJAVEC M., BATEL R., KURELEC B., MÜLLER W.E.G., 1983 - Description of *Geodia rovinjensis* n. sp. on the basis of immunological and morphological criteria, *Thalassia Jugoslav.*, 19: 279-283.

MÜLLER W.E.G., ZAHN R.K., 1968 - *Tethya limski* n. sp., eine Tethyide aus der Adria, *Senckenbergiana biol.* 49: 469-478.

- MÜLLER W.E.G., ZAHN R.K., RIJAVEC M., BRITVIC B., 1979 - Aggregation of sponge cells: The aggregation factor as tool to establish species, *Biochem. System. Ecol.*, 7: 49-55.
- MÜLLER W.E.G., ZAHN R.K., KURELEC B., MÜLLER I., 1984 - A catalogue of the sponges near Rovinj, *Thalassia Jugoslav.*, 20 (1): 13-23.
- NARDO G. D., 1833 - Auszug aus einem neuen System der Spongiarien, wornach bereits die Aufstellung in der Universitäts-Sammlung zu Padua gemacht ist, von....., *Isis: encyclopädische Zeitschrift, vorzügl. für Naturgeschichte, vergleichende Anatomie u. Physiologie / von Oken*: 519-523.
- OLIVI G., 1792 - *Zoologia Adriatica*, Reale Accademia di Scienze Lettere ed Arti, Bassano, 334.
- PANSINI M., 1996 - Considerazioni sulla biodiversità dei poriferi dei mari italiani e del Mediterraneo, *Biol. Mar. Medit.*, 3 (1): 128-135.
- PAUL J., 1970 - Sedimentologische Untersuchungen eines küstennahen mediterranen Schlammbodens (Limski kanal, nördliche Adria), *Geol. Rdsch.*, 60, 205-222.
- PULTZER-FINALI G., 1983 - A collection of Mediterranean Demospongiae (Porifera) with, in appendix, a list of the Demospongiae hitherto recorded from the Mediterranean Sea, *Estratto dagli Annali del Museo Civico di Storia Naturale in Genova*, Vol. LXXXIV: 445-621.
- RADOVIĆ J., 2000 - An Overview of the State of Biological and Landscape Diversity of Croatia with the Protection Strategy and Action Plans, Ministry of Environmental Protection and Physical Planning, Zagreb: 1-158.
- RÜTZLER K., 1965a - Systematik und Ökologie der Poriferen aus Litoral-Schatten-gebieten der Nordadria, *Zeitschr. Morphol. Ökol. Tiere*, 55: 1-82.
- RÜTZLER K., 1965b - Substratstabilität im marinen Benthos als ökologischer Faktor, dargestellt am Beispiel adriatischer Porifera, *Int. Revue der gesamten Hydrobiologie*, 50 (2): 281-292.
- RÜTZLER K., 1967 - Liste und Verteilung der Poriferen aus der Umgebung von Rovinj, *Thalassia Jugoslav.*, 3: 79-87.
- SARÀ M., 1983 - Stamm: Porifera (Spongiaria, Schwämme). In: Riedl R. (ed.), *Fauna und Flora des Mittelmeeres*, Verlag Paul Parey, Hamburg: 127-148.
- SARÀ M., MENSI P., MANCONI R., BAVESTRELLO G., BALLETO E., 1989 - Genetic variability in Mediterranean populations of *Tethya* (Porifera: Demospongiae). In: Ryland J., Tyler P. (eds.), *Reproduction, Genetics and Distributions of Marine Organisms*. Olsen & Olsen, Fredensborg: 293-298.
- SCHMIDT O., 1862 - Die Spongien des Adriatischen Meeres, Verlag von Wilhelm Engelmann: 1-86.
- SOEST R.W.M. VAN, PICTON B., MORROW C., 2000 - Sponges of the North East Atlantic, *World Biodiversity Database CD-ROM Series*, Biodiversity Center of ETI.
- UFFENORDE H., 1970 - Zur Ostracoden-Fauna eines marinen Schlammbodens an der istrischen Küste (Limski kanal, NW-Jugoslawien), *Geol. Rdsch.*, 60, 223-234.
- VATOVA A., 1928 - Compendio della Flora e Fauna del Mare Adriatico presso Rovigno, *Mem. R. Comitato talass. ital.*, 143: 1-613.
- VATOVA A., 1931 - La fauna bentonica del Canal di Leme in Istria, *Mem. R. Comitato talass. ital.*, 181: 1-10.
- VATOVA A., 1943 - Le zoocenosi dell'Alto Adriatico presso Rovigno e loro variazione nello spazio e nel tempo, *Thalassia*, V, No. 6: 1-61.
- ZAVODNIK D., 1971 - Contribution to the dynamics of benthic communities in the

region of Rovinj (Northern Adriatic),
Thalassia Jugoslav., 7: 447-514.

ZAVODNIK D., 1995 - A North Adriatic
centenarian: the marine research station at

Rovinj, Helgoländer
Meeresuntersuchungen, 49: 441 – 453.

ZIMMERMANN H., 1907 – Tierwelt am
Strande der blauen Adria, Zeitschrift für
Naturwissenschaften, 78 (4 u.5):293-322.

**Dynamics of a sponge community
in a semi-closed bay
(Limski channel, Northern Adriatic Sea, Croatia)**

ZUCHT W., SIDRI M. & BRÜMMER F.

Submitted to Marine Ecology

Dynamics of a sponge community in a semi-closed bay (Limski channel, Northern Adriatic Sea, Croatia)

ZUCHT W., SIDRI M. & BRÜMMER F.

University of Stuttgart, Biologisches Institut, Abteilung Zoologie
Pfaffenwaldring, 57 Stuttgart, Germany

Abstract

A two years-study was conducted in the Limski channel in order to study the dynamic of a shallow water sponge community. For this purpose five frames (40x40 cm) fixed onto vertical or sub-vertical hard substrate were surveyed twice per year. Frames were allocated at a depth comprised between 1 and 10,5 m, at five different sites along the channel. Pictures of the frames were digitalized in order to record changes on shape and coverage of the monitored sponges. A total of eight sponge species were followed and no one of them disappeared during the two years. Even though some species showed a great plasticity, the assemblages observed in each frame appeared quite stable. Among the eight monitored species, *Chondrilla nucula* showed marked seasonal coverage fluctuations. *Hemimycale columella* displayed also a high morphological variability in time. Most of the other species showed only slight coverage variations. Fusion and fragmentation phenomena were frequently observed especially in *Chondrilla nucula* and *Ircinia oros*.

Introduction

Sponges represent an important component of the benthic communities of hard substrate in shallow waters, being also superior space competitors in comparison with the other taxa (Bell & Barnes, 2003). Studies on the variations and the development of sponge assemblages or of single species are not common and they are normally limited to intertidal or shallow water areas. Only few authors reported previously on seasonal variations of some sponge communities in the Mediterranean (Burton, 1949; Labate, 1968; Sará, 1970; Reiswig, 1973). The monitoring techniques used in these studies, consisted in drawing directly underwater the labeled target organisms (Burton, 1949). Dayton (1978), who worked in the Antarctic region, and Ayling (1983), in temperate waters, used both photographic techniques, as well as Pansini & Pronzato (1990). The latter surveyed for five years a total of 13 sponge species in three stations placed at three different depths. The method they used consisted in photographing periodically always the same areas delimited by a frame 30 x 30 cm. In this way they were able to monitor every individual changes.

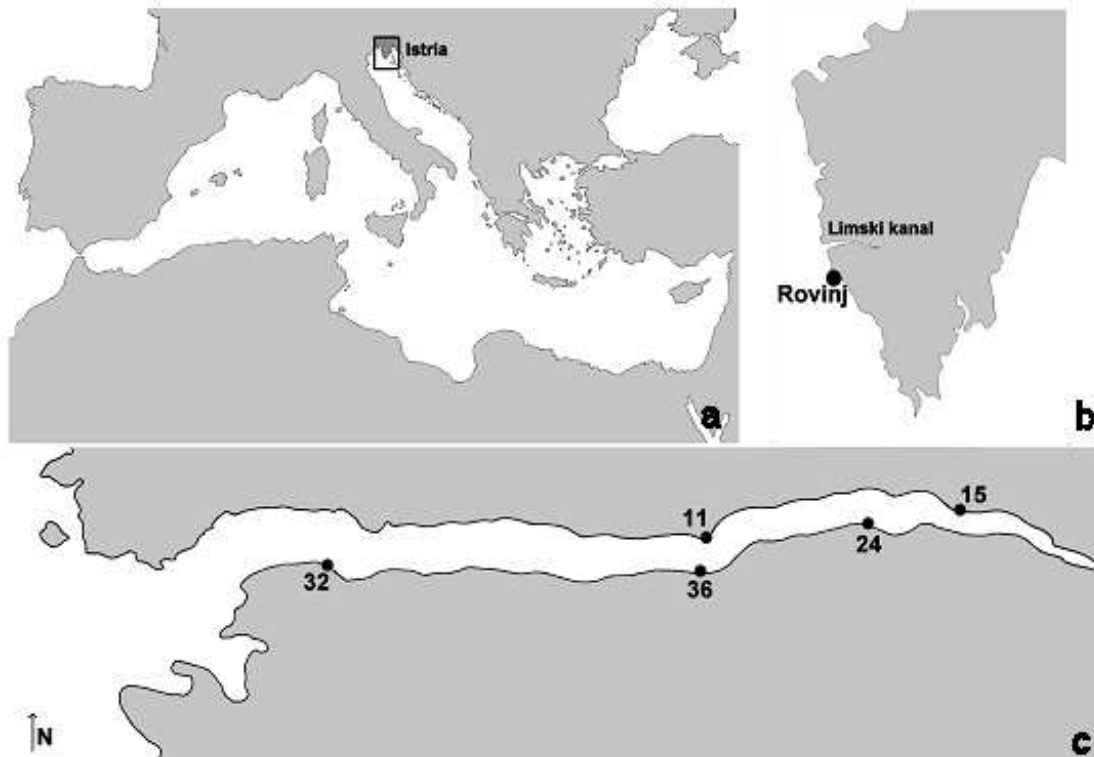


Fig. 1: a) Map of the Mediterranean Sea and (b) of the Istrian Peninsula; c) map of the Limski channel indicating where the five squares were positioned.

In the Mediterranean, Garrabou & Zabala (2001) investigated over a period of two years four sponge species, monitoring their variations in shape and dimensions.

On soft bottoms, where it is not possible to fix a frame and where the choice of reference points is more difficult, Kollmann & Stachowitsch (2001) used video surveys along a fixed transect to study an *Ophiothryx*, *Reniera*, *Microcosmus* benthic assemblage (O-R-M community) in the Northern Adriatic Sea.

Some sponge species, surveyed along a period of time, showed periodical changes not related to specific environmental situations, like in the case of *Clathrina clathrus* (Gaino et al., 1991). Some other species showed seasonal variations both in sponges dimension and composition of the assemblage (Sar, 1970).

The study of the dynamic of a sponge assemblage or just of marked individuals, gives important information on growth, death, asexual reproduction, recruitment, seasonal or periodical changes, stability of the assemblages and intra- and inter-phyletic competitiveness. A better information and an explanation to the observed variations is given correlating the changes with the environmental situation or the changes themselves may be good bioindicators of pre-occurred events.

We investigated the shallow water sponge assemblages of the Limski kanal (Fig. 1), on vertical or inclined hard substrates over a period of two years. Hydrodynamic conditions influence the structure of a population and its dynamic along the time. In this respect, shallow water benthic communities of the Limski channel, are exposed to low flow regimes and wave

action. Only with the north-east strong wind called Bora, that can reach in this region up to 100 km/h, a superficial strong current pushes the water outside of the channel producing a superficial water turbulence. The substrate is represented mainly by a detriticus that becomes muddy in the deeper waters and at the end of the channel, where sedimentation is higher.

A study on the dynamics of the Limski kanal's benthic community was performed exclusively on the muddy bottom, using a dredge net (Zavodnik, 1971). In former times, Vatova (1928) carried out the most complete study on the area of Rovinj, where the Limski kanal lays. He reported also on the dynamic of the benthic community that was studied with a dredge net as well. He listed several benthic species in the Limski kanal, including three sponge species. Subsequently he investigated the benthic fauna of the channel but without including sponges (Vatova, 1931). Today we know that the semi-closed Limski kanal hosts a large number of sponge species (Brümmer et al., 2004), most of them concentrated in the middle part of the channel. In the channel,

hard substrates are limited to the very shallow water (1-10 m, depending on the area) and are represented mainly by small vertical rocky walls or big stones, only in few cases a real cliff was found (pers. observ.). In such an environment the competition for the space on hard substrate is supposed to be very strong and limited by the high sedimentation.

The constant survey of a sponge community and the understanding of the mechanisms that produces changes in it, constitutes an important tool for the interpretation of unexpected modifications due to unknown causes, like in the case of mass-mortality phenomena that periodically affect the Mediterranean sponge populations (Gaino & Pronzato, 1989; Vacelet et al., 1994; Corriero et al., 1996; Cerrano et al., 2000; Perez et al., 2000). Moreover the North Adriatic Sea is a high sensitive area, subjected to strong seasonal temperature fluctuations and a high eutrophication, which render the environment unstable (Forti, 1906; Nümann, 1941; Vatova, 1948; Crisciani & Ferraro, 1990; Maack & Rademaker-Wolff, 2001).

Location	GPS position	Depth	Characteristic
Loc. 32	45°7,896' N – 13°38,002' E	7,1 m	Rocky wall
Loc. 11	45°7,956' N – 13°41,168' E	8,0 m	Big rock
Loc. 15	45°8,110' N – 13°43,194' E	6,5 m	Big rock
Loc. 36	45°7,779' N – 13°40,872' E	5,0 m	Rocky wall
Loc. 24	45°8,088' N – 13°42,452' E	10,5 m	Big rock

Table 1: List of the monitored sites, depth on which the frame was allocated and substrate typology.

This is particularly true for the Limski kanal, where the peculiar semiclosed conditions as well as the carsic characteristics of the area, suggest fluctuations of the water parameters such as salinity, pH and dissolved oxygen.

Materials and Methods

The Limski kanal is a semi-closed channel-like bay located in the northern Adriatic Sea, nearby the Croatian village of Rovinj. It is 11 km long and 600 m large in its

widest section. The bottom is mainly an inclined detritic that tends to become almost flat and muddy in the central part of the channel and at the end. Sedimentation is high, especially in its second half, and it consists of a fine particulate that together with the „terra rossa“ originates the typical coastal terrigenous mud (CTO). Nearby the surface the hard bottoms are represented by small vertical rocky walls, some big stones and, in some areas, a by a notch.

	Loc. 11	Loc. 15	Loc. 24	Loc. 32	Loc. 36
<i>Antho involvens</i>		X			
<i>Hemimycale columella</i>	X	X			
<i>Crambe crambe</i>			X		
<i>Chondrilla nucula</i>	X	X	X		X
<i>Chondrosia reniformis</i>		X			
<i>Ircinia cf. oros</i>			X		
<i>Ircinia sp.1</i>	X	X	X		X
<i>Ircinia sp. 2</i>				X	
<i>Aplysina aerophoba</i>	X				X

Table 2: List of the monitored species and their presence in the frames at the four sites.

We chose five survey sites at different depths along the channel (Fig. 1). In each site, a 40x40 cm frame was fixed (Sará, 1970; Pansini & Pronzato, 1990; Pronzato & Pansini 1994) and photographed starting from March 2002 and subsequently in June 2002, April 2003 and August 2003. All the frames were placed in shallow water between 5 and 10,5 m of depth and the sites were arbitrarily chosen, according to accessibility, presence of hard substrate, inclination (between 60° and 90°) and presence of different sponge species (Tab. 1). A total of 9 species was monitored long the two years period (Tab. 2): *Antho involvens*, *Hemimycale columella*, *Crambe*

crambe, *Chondrilla nucula*, *Chondrosia reniformis*, *Ircinia cf. oros*, *Ircinia sp.*, *Aplysina aerophoba*. Among them, *Ircinia* species are massive; *A. aerophoba* is branched; *C. nucula* is thick-encrusting and lobate, where several lobes can fuse together in forming a more or less compact patch; *C. reniformis* is also lobate but thicker than *C. nucula*; *A. involvens*, *H. columella* and *Crambe crambe* are encrusting. Among the surveyed sites, locations 11, 15 and 24 were represented by big rocks on which the frames were positioned on one of its lateral side while in locations 32 and 36 frames were placed on a vertical rocky wall (Tab. 1).

Sedimentation was high especially in loc. 11 and loc. 15 where a fine brownish sediment coat covers all the surfaces (Zavodnik, 1971).

Underwater pictures were made using a Nikon F-80D, objective Sigma 24mm DG macro, caged into a Sealux cage or alternatively a digital camera Nikon Coolpix caged into a UK-Germany cage. Digitalized images were transferred on the

computer where they were warped using ENVI 3.2 (BSC, Colorado, USA), in order to reduce distortional mistakes due to slightly different camera angles. A sector of 30x30 cm only, visible in all of the time series, was considered for the analyses. The coverage of each species was calculated using ImageJ 1.30v and expressed in cm². Changes were calculated as percentage variations of the coverage.

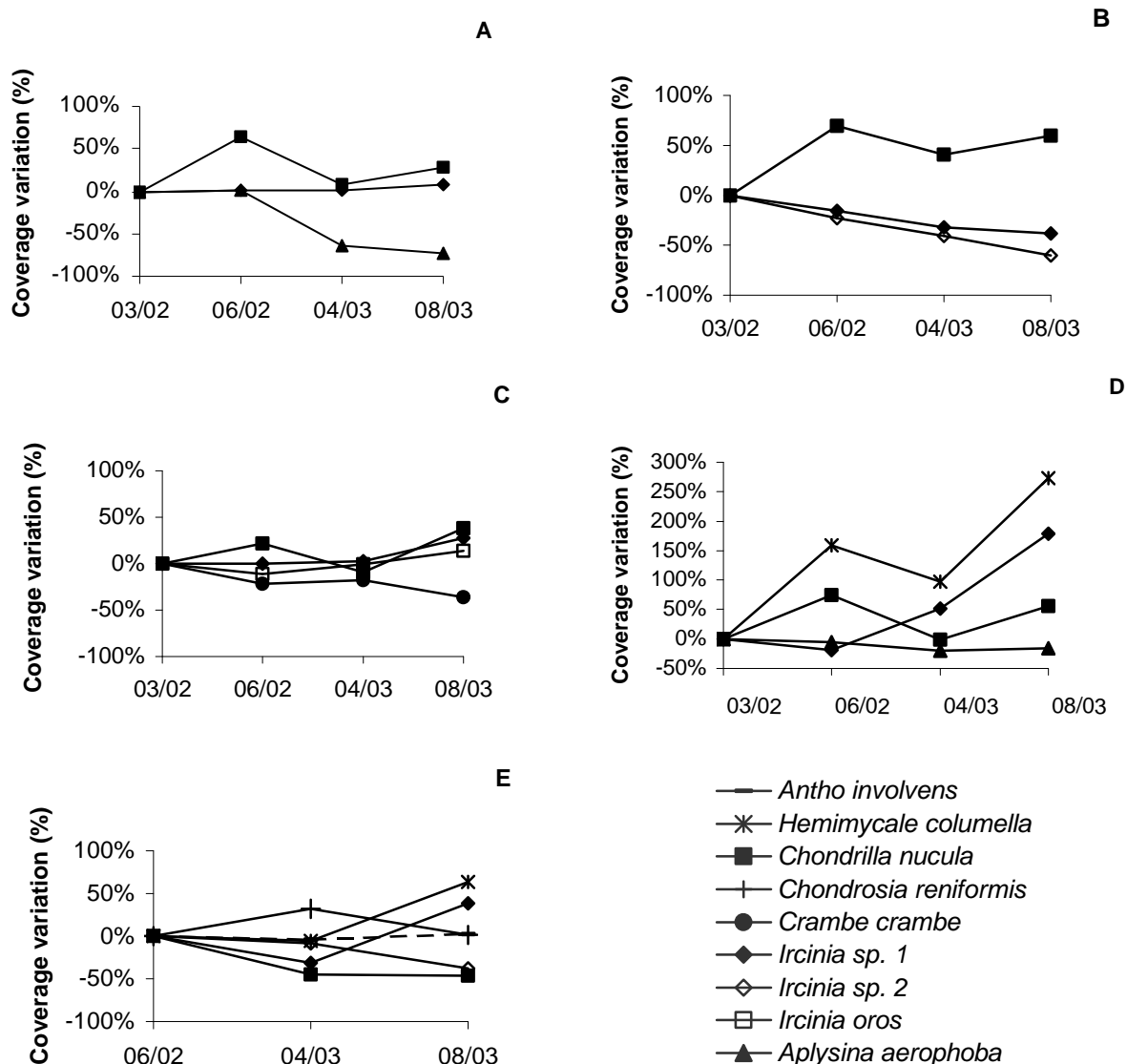


Fig. 2: Fluctuations of the coverage (%) of the monitored species in the five locations: A, loc. 36; B, loc. 32; C, loc. 24; D, loc. 11; E, loc. 15.

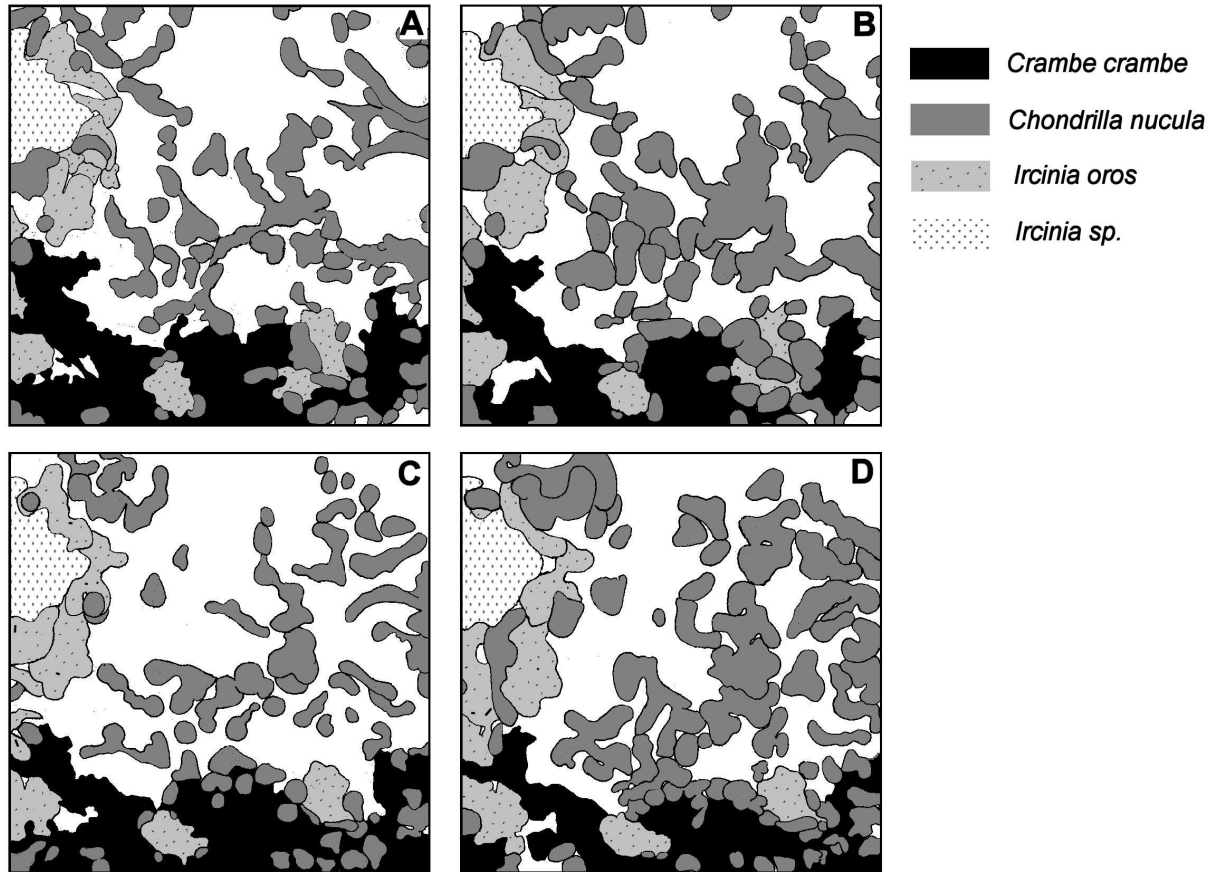


Fig. 3: Long term photo series in location 24. A, March 2002; B, June 2002; C, April 2003; D, August 2003. *Chondrilla nucula* fuses and fragments continuously. Small specimens of *Ircinia oros* fuse together (right side of the frame) while the big specimen of *Ircinia sp.* remains stable.

Results

The location with the highest number of monitored species was loc. 15 (6 species) while the one with the lowest number of species was loc. 36 and loc. 32 that hosted 3 species only (Tab. 2). Fluctuations of the coverage of each species varied a lot from species to species (Fig. 2). In loc. 24 *Crambe crambe* showed a variation in shape and a depletion of the average coverage that decreased of about 40% between March 2002 and August 2003. The specimens of *Ircinia* spp. behaved in

different ways: the small *I. oros* at loc. 24, fused together (Fig. 3) and, after a slight depletion in June 2002, they started growing, increasing more than 10% of the original coverage. The same happened for the specimen of *Ircinia sp.* at the same location and at loc. 11. On the other hand, the two specimens of *Ircinia sp.* at loc. 32 underwent a decrease in coverage of almost 50% (Fig. 2). The specimen of *Ircinia sp.* in loc. 36 remained stable (Fig. 2).

Among the encrusting species, *Hemimycale columella* proved to be a very dynamic species. In loc. 11, two small specimens grew and fused together in the first three observations, then they disappeared and a „new“ specimen appeared few centimetres apart (Fig. 4). In total, the sponge increased its coverage of more than 250%. In the same location, *Ircinia sp.* 1 gained more than 170% (Fig. 2).

During the two years of study we did not observe the disappearance of any of the monitored species. In one case (loc. 11), a specimen of *Aplysina aerophoba*, started reducing and apparently degenerating till it

was almost completely covered by algae in the survey of august 2003. The coverage fluctuations, expressed as percentage of variations in respect with the first observation, showed the same trend for *Chondrilla nucula* in all the locations, with highest peaks of coverage in June 2002 and August 2003 except for loc. 15 where this species underwent a depletion (Fig. 5). In these two months, due to the reduction process, the sponge fragmented originating more scattered patches while in June 2002 and August 2003, it grew and single lobes fused together forming a more compact patch (Fig. 3).

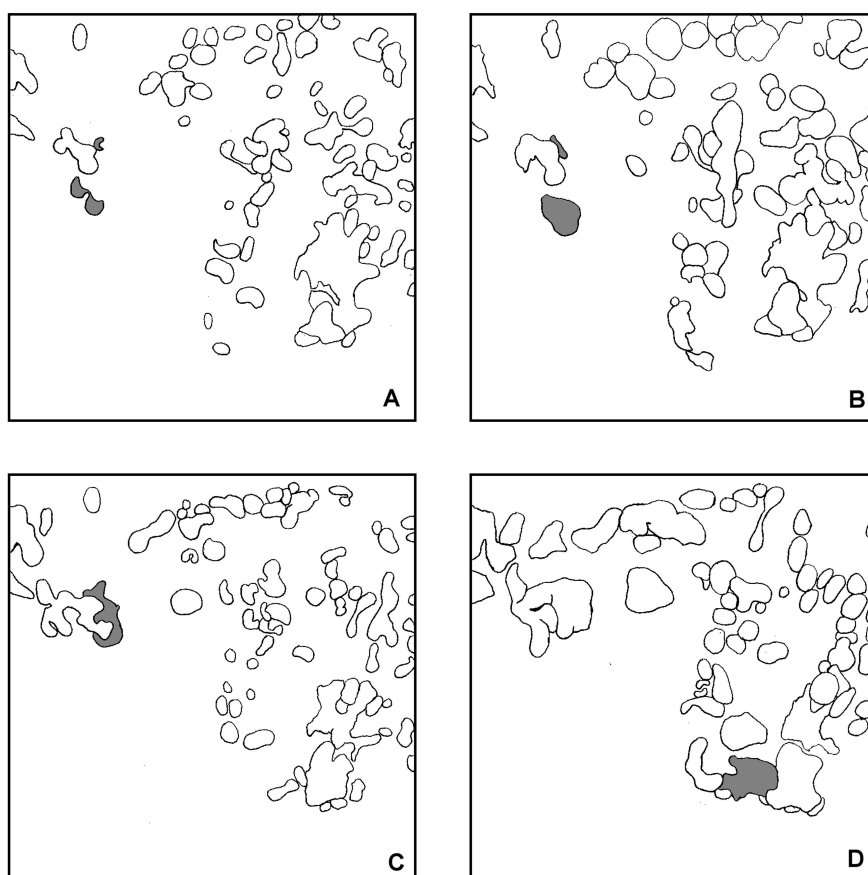


Fig. 4: Morphological variability of *Hemimycale columella* in loc. 11: A, the two small specimens grow (B) and fuse together (C); then the new sponge disappear another specimen appears on the right side of the frame (D).

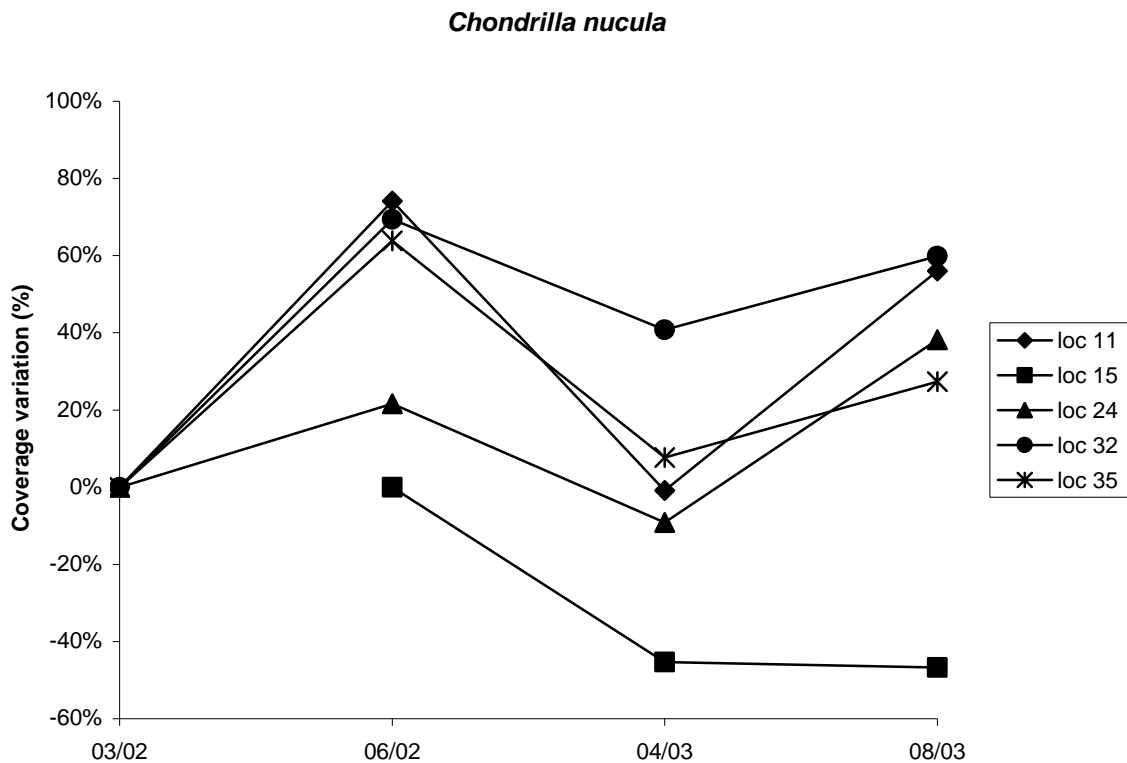


Fig. 5: Fluctuations of the coverage (%) of the monitored *Chondrilla nucula* specimens in the five sites along the two years of observation.

C. nucula was frequently observed overgrowing other species such as *Aplysina aerophoba* (locs. 11 and 35), *Ircinia* spp. (locs. 35 and 24), *Hemimycale columella* (loc. 11) and *Crambe crambe* (loc. 24). An increasing of algal coverage was evident in all the locations during August 2003.

Discussion

Long-term studies on Mediterranean sponge communities are not common in sponge literature. In the last years, with the same method used here, a sponge community of the north-western Mediterranean have been investigated over a period of 6 years by Pansini & Pronzato (1990). In the northern Adriatic Sea a long-term study on a soft bottom benthic

community have investigated by a fixed photographic transect (Kollmann & Stachowitsch, 2001). Garrabou & Zabala (2001) obtained interesting results on growth dynamics of some Mediterranean demosponges using an accurate photographic method. Three of the monitored sponge species were present also in our investigation: *Crambe crambe*, *Hemimycale columella* and *Chondrosia reniformis* and, even though the methods used are not comparable, results are similar. In particular *H. columella*, showed high growth rates, shrinkage and division/fusion phenomena.

The lifespan of most of the surveyed individuals overcomes the two years period of observation, like already suggested by

Pansini & Pronzato (1990) and others (e.g. Burton, 1949, Sará & Vacelet, 1973). Massive Dycioceratida and Dendroceratida (e.g. commercial sponges) undergo normally small changes in their body shape and dimensions along periods of few years and live longer (Laubenfels, 1952, Reiswig, 1973; Sidri, 1997). According with these studies, the specimens of *Ircinia oros* and *Ircinia* spp. monitored in locs. 24 and 35 were also relatively stable. In contrast two small individuals of *I. oros* (loc. 24; Fig. 3) and a small specimen of *Ircinia* sp. (loc. 11) showed appreciable variations (Fig. 2). Growth was particularly appreciable in loc. 11, where a small specimen of *Ircinia* sp. increased more than 170% in coverage. These observations indicate that mainly the small specimens undergo most important changes

Recruitment of a young *Ircinia* sp. occurred in loc. 35 since during April 2003 and March 2002 several specimens of *Ircinia* sp. in the Limski channel were carrying larvae.

Periodical body reduction or shrinkage are common among sponges. Sometimes they are not apparently connected to environmental conditions or competition such as in *Clathrina clathrus* (Gaino et al. 1991). In most of the cases these variations are induced by temperature which depletion leads in some cases to a reduction of the aquiferous system like in *Microciona prolifera* (Simpson, 1968) or *Haliclona loosanoffi* (Hartman, 1958). *Chondrilla nucula* showed a clear tendency to reduce and fragment more during winter. Bavestrello et al. (1993) reported about a spicular annual cycle in *C. nucula* related with temperature, which can be probably

linked to what observed here. But the reduction can be due not only to temperature, but also to light availability, that in this photophilic species may play an important role because of the symbiosis with cyanobacteria (Gaino et al. 1976, 1977). Further investigations are needed to clarify the mechanisms that deal this seasonality.

In most of the stations, except at loc. 24, the algae coverage reaches its maximum in August. Other authors reported on disturbance of algae on photophilic sponges (Rützler, 1965; Zabala & Ballestreros, 1989) but in this case this evidence has still to be proved. Anyway, at least in one case algae proliferation seems covered completely a specimen of *Aplysina aerophoba* but this seemed to be already in a degeneration process. In this sense *C. nucula*, being a very plastic and fast growing sponge, can be advantaged in comparison with other species.

The encrusting demosponge *Crambe crambe* changed also its shape and a shrinkage was observed but it has to be considered that real coverage was sometimes masked by the overgrown of *C. nucula*.

Hemimycale columella represents the only case in which the death of a sponge and a recruitment of a new one was likely to occur: from the observations in loc. 11 (Fig. 6) the sponge undergoes important variations, including growth and fusion of two specimens; then it is difficult to say if the same sponge just moves towards the right side or if the first one died and a new one settled and grew few centimetres apart. There is no information in literature, as far as the authors know, about the locomotion

of this species but fusion has been already observed (Garrabou & Zabala, 2001).

Arborescent and encrusting species such as *Aplysina aerophoba* are not easy to monitor considering the coverage only. It has to be considered that the error is higher than in the encrusting ones because growth, of a new branch, cannot be always detected.

Even though the seasonality of the water parameter in the Limski is well marked like in the whole northern Adriatic Sea, we did not observe any disappearance or new appearance of any species. Water parameters appear quite homogeneous along the channel as it also confirmed by the fast water exchange reported by Nika Kuzmanović (personal communication, Center for Marine Research Ruder Bosković, Rovinj, Croatia).

The study of the dynamic of sponge communities in sensitive environments such as semi-closed bays like the Limski kanal, gives important basic information on the mechanisms of development of the whole benthic community, where Porifera represent an important part. The constant monitoring correlated with the fluctuations of the water parameters (seasonal or due to peculiar events) represents a useful tool to evaluate the general "health condition" of the whole benthic community. This is particularly useful and feasible in such semi-closed environments, in which environmental variations cannot be "diluted" like in the open sea and have consequently a strongest impact on the ecosystem. Moreover, it could be particularly useful in the understanding of unpredictable phenomena like massive mortality among invertebrates.

Acknowledgements

This work is part of the *BIOTEC* marin project, which is supported by the Federal Ministry of Education and Research, Germany (03F0345D).

References

- Ayling A.L. (1983) Factors affecting the spatial distributions of thinly encrusting sponges from temperate waters. *Oecologia* 60: 412-418.
- Bavestrello G., Bonito M. & Sará M. (1993) Silica content and spicular size variation during an annual cycle in *Chondrilla nucula* Schmidt (Porifera, Demospongiae) in the Ligurian Sea. *Scie. Mar.* 57(4): 421-425.
- Bell J. & Barnes D.K.A. (2003) The importance of competitor identity, morphology and ranking methodology to outcomes in interference competition between sponges. *Mar. Biol.* 143: 415-426.
- Brümmer F., Calcinaï B., Götz M., Leitermann F., Nickel M., Schillak L., Sidri M. & Zucht W. (2004) Overview on the Sponge Fauna of the Limski kanal, Croatia, Northern Adriatic Sea. Proceedings of the VI International Sponge Conference, Rapallo 2002. *Boll. Ist. Biol. Zool. Univ. Genova* (in press).
- Burton M. (1949) Observations on littoral sponges, including the supposed swarming of larvae, movement and coalescence in mature individuals, longevity and death. *Proc.Zool. Soc. London* 118: 893-915.
- Cerrano C., Bavestrello G., Nike Bianchi C., Cattaneo-Vietti R., Bava S., Morganti C., Morri C., Picco P., Sara G., Schaparelli S., Siccardi A. & Sponga F. (2000) A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean), summer 1999. *Ecol. Lett.* 3: 284-293.
- Corriero G., Scalera Liaci L. & Rizzitello R. (1996) Osservazioni sulla mortalità di

- Ircinia spinosula (Schmidt) ed Ircinia sp. (Porifera, Demospongiae) nell'insenatura della Stresa di Porto Cesareo. T. Salentina 22: 51-62.
- Crisciani F. & Ferraro S. (1990) Climatological aspects of the occurrence of "Mare sporco" (dirty sea) episodes in the northern Adriatic sea during the period 1841-1990. Boll. Oceanol. Teorica Appl., 8 (4): 289-298.
- Dayton P.K. (1978) Observations of growth, dispersal and population dynamics of some sponges in McMurdo Sound, Antarctica. In: Sponge biology. C. Lévi & N. Boury-Esnault. Colloq. Int. CNRS 291: 271-282.
- Forti A. (1906) "Alcune osservazioni sul 'Mare sporco' ed in particolare sul fenomeno avvenuto nel 1905", Nuovo Giorn.Bot.It., n.s., vol.XIII, fasc.IV: 357-374.
- Gaino E. & Pronzato R. (1989) Ultrastructural evidence of bacterial damage to Spongia officinalis fibres (Porifera, Demospongiae). Dis. Aquat. Org. 6: 67-74.
- Gaino E., Pansini M., Pronzato R. (1976) Osservazioni sull'associazione fra una cianofitea crococcale e la demospongia *Chondrilla nucula*. Archo. Oceanogr. Limnol. 18(3): 545-552.
- Gaino E., Pansini M., Pronzato R. (1977) Aspetti dell'associazione tra *Chondrilla nucula* Schmidt (Demospongiae) e microorganismi simbiotici (batteri e cianofitee) in condizioni naturali e sperimentali. Cah. Biol. Mar. 18: 303-310.
- Gaino E., Pansini M., Pronzato R. & Cicogna F. (1991) Morphological and structural variations in *Clathrina clathrus* (Porifera, Calcispongiae). In: Fossil and recent sponges. H. Reitner and H. Keupp (eds.), Springer Verlag, Heidelberg: 360-371.
- Garrabou J. & Zabala M. (2001) Growth dynamics in four Mediterranean Demosponges. Estuar. Coast. Shelf Sci. 52: 293-303.
- Hartman W.D. (1958) Natural History of the marine sponges of Southern New England. Bull. Peabody Mus. Nat. Hist.12: 1-155.
- Kollmann H. & Stachowitsch M. (2001) Long-term changes in the benthos of the Northern Adriatic Sea: a phototranssect approach. Mar. Ecol. 22(1-2): 135-154.
- Labate M. (1968) Variazioni temporali in un popolamento di Poriferi. Arch. Oceanogr. Limnol. 16: 63-80.
- Laubenfels M.W. de (1952) Life history and longevity of Porifera. Vie et Milieu 3: 386-388.
- Maack T., Rademaker-Wolff V. 2001: Umweltsituation: Gefährdung und Schutz. In: Das Mittelmeer, Vol I. R. Hofrichter (ed.), Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 500-523.
- Nümann W. (1941) Der Nährstoffhaushalt der nordöstlichen Adria. Thalassia, V, 1-68.
- Pansini M. & Pronzato R. (1990) Observations on the dynamics of a Mediterranean sponge community. In: New perspectives in sponge biology. Rützler K. (Ed), Smithsonian Institute Press, Washington: 404-415.
- Perez T., Garrabou J., Sartoretto S., Harmelin J.G., Francour P. & Vacelet J. (2000) Mortalité massive d'invertébrés marins: un événement sans précédent en Méditerranée nord-occidentale. C. R. Acad. Sci., Sér. III 323: 853-865.
- Pronzato R. & Pansini M. (1994) Evoluzione temporale delle comunità di Poriferi di ambiente roccioso litorale in Mediterraneo. Biol. Mar. Med.1(1): 159-166.
- Reiswig H.M. (1973) Population dynamics of three Jamaican Demospongiae. Bull. Mar. Sci. 23: 191-226.

- Rützler K. (1965) Systematik und Ökologie der Poriferen aus Littoral-schattengebieten der Nordadria. Z. Morph. Ökol. Tiere 55: 1-82
- Sará M. (1970) Competition and cooperation in Sponge population. Symp. Zool. Soc. Lond. 25: 273-284.
- Sará M. & Vacelet J. (1973) Ecologie des Démospoges. In : Traité de Zoologie, Anatomie, Sistematique, Biologie : Spongiaires. Grassé P.P. Ed. Masson, Paris, 3 : 462-576.
- Sidri M. (1997) Variazioni morfologiche temporali in *Spongia officinalis* ed incidenza della malattia (Promontorio di Portofino). Tesi di laurea dell'Università degli studi di Genova, Facoltà di Biologia. 120 pp.
- Simpson T.L. (1968) The biology of the marine sponge *Microciona prolifera* (Ellis and Solander). II Temperature related annual changes in functional and reproductive elements with a description of larvae metamorphosis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2: 252-277.
- Vacelet J., Vacelet E., Gaino E. & Gallisian M.F. (1994) Bacterial attack of sponging skeleton during the 1986-1990 Mediterranean sponge disease. In: Sponges in time and space. R. van Soest, van Kempen & Braekman (Eds.). Balkema, Rotterdam: 355-361.
- Vatova A. (1928) Compendio della Flora e Fauna del Mare Adriatico presso Rovigno, Mem. R. Comitato talass. ital., 143: 1-613.
- Vatova A. (1931) La fauna bentonica del Canal di Leme in Istria. Mem. R. Comitato Talass. Ital., 181: 1-10.
- Vatova A. (1948) Osservazioni idrografiche periodiche nell'alto Adriatico (1937-1944). Nova Thalassia 1(2): 5-63.
- Zabala M. & Ballestreros E. (1989) Surface-dependent strategies and energy flux in benthic marine communities or, why corals do not exist in the Mediterranean. Scie. Mar. 53(1): 3-17.
- Zavodnik D. (1971) Contribution to the dynamics of benthic communities in the region of Rovinj (Northern Adriatic) Thalassia Jugosl. 7(2): 447-514.

***Chondrilla nucula* (Porifera, Demospongiae):
abundance, coverage and distribution in the
Limski kanal (Northern Adriatic Sea, Croatia)**

SIDRI M., ZUCHT W., HAMER B. & BRÜMMER F.

***Chondrilla nucula* (Porifera, Demospongiae): abundance, coverage and distribution in the Limski kanal (Northern Adriatic Sea, Croatia)**

SIDRI M., ZUCHT W., HAMER B.¹ & BRÜMMER F.

Universität Stuttgart, Biologisches Institut, Abteilung Zoologie Pfaffewaldring, 57 - 70569 Stuttgart, Germany

¹Ruder Boskovic Institut, G. Paliaga, 5 - 52210 Rovinj, Croatia

Abstract

The Mediterranean sponge *Chondrilla nucula* (Porifera, Demospongiae) is one of the most common species in the Limski kanal (Northern Adriatic Sea, Croatia). Presence/absence, abundance, coverage and distribution have been studied in 12 locations along the channel using 20 m long horizontal belt transects and 1x1 m frames. The Limski channel seems to be an optimal environment for the sponge that is present in all the surveyed locations. A gradient along the channel is evident, with highest values of abundance and coverage in the opening sector of the channel. Highest coverage values were also recorded in the first 3 m of water. Substrate, high sedimentation rates and light exposure influence the distribution of this species. In relation with the light, *C. nucula* shows a preference for the very shallow waters of the more shadowed southern side and for the deepest waters (around 10 m) of the most sunny northern shore of the channel. The sponge presents a typical patch distribution and can adapt to different kind of substrate displaying different patch patterns: more dense patches are present on hard and stable substrates while scattered and small patches are more frequent on detritic bottoms. On muddy bottoms only

few specimens loose in the mud can be found. In the competition with co-occurring sponge species and other benthic organisms, *C. nucula* is very often dominant and overgrowth phenomena occur frequently. This is due to its characteristics (high plasticity, locomotion capability and asexual reproduction by fragmentation) that are typical for a pioneer organism.

Introduction

Many factors such as the environmental conditions, the availability and kind of substrate and the interactions between the organisms define the structure of a benthic community. Presence, abundance and coverage of a species are strictly related to its peculiar biology, to its reproductive strategies and in particular to its morphological plasticity and adaptability to the ecological conditions. Porifera display different morphotypes as a response to different conditions (Palumbi 1984, Gaino et al. 1991, Mercurio et al. 1997, Bell & Barnes 2000ab, Bell & Barnes 2001). For example, *Petrosia ficiformis* shows a massive form and a purple colour in light exposure but it becomes repent and almost white in caves (Regoli et al. 2000). Adaptive reactions like contractions phenomena are common at least in some

species (Pansini & Pronzato 1994, Gaino et al. 1991). As a consequence of this extreme adaptability, Porifera always represent an important and consistent part of the biocenosis also in peculiar environments like caves, closed bays, channels or lagoons (Sará 1958, Sará & Siribelli 1964, Gili et al. 1986, Corriero et al. 2000, Mercurio et al. 2001).

Chondrilla nucula (Porifera, Demospongiae, Chondrosida, Chondrillidae) is an encrusting sponge, up to 1 cm thick, growing as patches on hard substrates (Fig. 1). It is considered an anfi-atlantic species, being recorded from tropical, subtropical and temperate waters (Boury-Esnault 2002). Nevertheless, the systematic position of the Caribbean *C. nucula* is presently under debate (Carballo et al. 2003).

In the Mediterranean, *C. nucula* reaches its maximum distribution in the phytal area where it can move on the substrate, reorganising completely its bodyplan, to rapidly colonise new substrates (Bond & Harris 1988, Gaino & Pronzato 1983, Sidri et al., this volume pag. 179). It rapidly reproduces asexually producing clones by fragmentation (Gaino & Pronzato 1983), forming large patches, and overgrowing other organisms (Vicente 1985, Mercurio et al. 2001). Free growing specimens have been also frequently observed on soft bottoms (Mercurio et al. 2001). *C. nucula* is a photophilic sponge probably because of the presence of symbiotic Cyanobacteria in the cortical region that confer it the typical brown-olive color (Sará & Liaci 1964, Gaino et al. 1977). Some bleached specimens, almost without symbionts, may be occasionally found also in caves (Gaino et al. 1977). In the Northern Adriatic Sea it

has been recorded everywhere by several authors (Vatova 1928, Müller et al. 1984, Rützler 1965, Novosel et al. 2002; Brümmer et al. 2004).

In coral reefs of tropical waters the efficiency in colonisation and the overgrowth on other invertebrates has been already studied showing that *C. nucula* is the dominant aggressor of several scleractinian corals but it can only infrequently overgrow other sponge species (Vicente 1985, Antonius & Ballestreros 1998).

Closed bays, channels, estuaries and lagoons often display critical ecological conditions, where the fluctuation of abiotic factors may be very strong. On the other hand, these variations are easier to monitor and quantify in such semi-closed systems in comparison with the open sea. For this reason, the Limski kanal, with its peculiar morphology and position, represents a suitable study area. Moreover, given to the presence of the research institute "Ruder Bošković" in Rovinj, many aspects of the channel are constantly monitored since a long time and data are available. In particular a study of Kuzmanović (1985) shows that water exchange is rapid and strictly dependent on meteorological conditions, being faster in autumn (34,8 hrs) and slowest in summer (60,3 hrs) with a main resultant outward current on the surface and income current in the depth. Aim of this study is to analyse the abundance, covered area and distribution patterns of *C. nucula* population in the Limski kanal, *versus* the distance from the opening (presence of a gradient), the bathymetry, the light exposition and the kind of substrate.

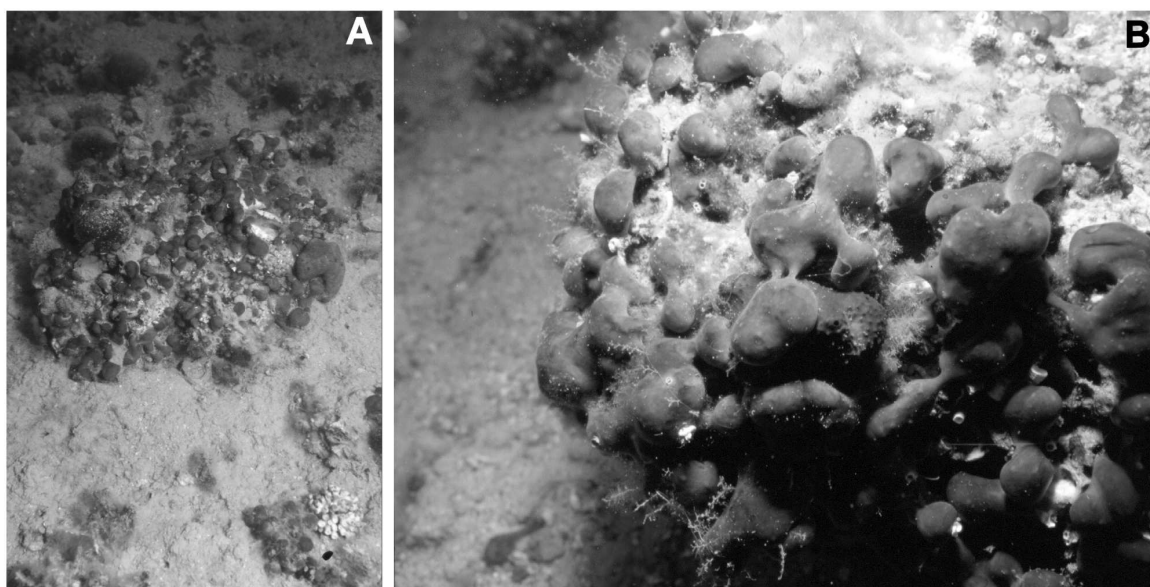


Fig. 2: *Chondrilla nucula* in its natural environment (A) on a detritic bottom and (B) on a rock.

Materials and Method

Study site

The Limski kanal is a channel-like bay located in the Istrian peninsula nearby Rovinj (Northern Adriatic Sea, Croatia). It is 11 km long and ca. 600 m large in its widest point with a maximum depth of about 33 m. It lies along the W-E axis, with the entrance on the western side so that the two shorelines face one the N and the other the S (fig. 2). For practicality, even though it is incorrect from the geomorphological point of view, we will use the word “channel” when referring to the Limski kanal.

In former times, the channel was the valley of the Foiba River. During the Holocene the sea level started to increase penetrating through the valley and originating the current scenario (Vatova, 1928). The area is carsic and several small rivers and springs open into the channel carrying sediment and detritus especially during heavy rainfall periods. In the second half some mussels

and fish farms are present. The center of the channel and its final sector have a muddy bottom that becomes a detritic towards the surface. Large stones are frequently encountered on the detritic and muddy bottoms. In some of the investigated sites the detritic reaches the surface, but it is also possible to encounter rocky walls and, especially on the south shore, a notch (about 40 cm wide), derived from the erosive activity of the water. Except for the opening part of the channel, a fine sediment cover is present becoming more conspicuous in the middle and especially in the ending part (Zavodnik, 1971). In some areas, a *Cladocora caespitosa* reef finds place parallel to the northern coastline at a depth comprised between 9 and 15 m on a muddy bottom. Here the species diversity is highest due to the availability of hard substrate offered by the *Cladocora* (Brümmer et al., 2004).

Water parameters (temperature, pH, dissolved oxygen and salinity) have been measured at 6 locations along the channel and at one location about 2 km south from the opening of the channel (WTW multimeter set, Weilheim, Germany). Samples of water have been collected each 5 m, from the surface till the maximum depth of 25 m (when reachable) by means of a water sampler.

According to the observations of Zucht et al. (in prep.), the Limski kanal can be ecologically divided in three sectors: opening, middle and end. For each section, 4 sampling locations have been randomly selected, two on the north and two on the

South side, for a total of 12 locations (Table 1).

Data have been collected by SCUBA diving, using horizontal belt transects (HBTs) and 1x1 m frames randomly positioned. SCUBA dive surveys have been performed with the logistic support of the Institute “Ruder Bošković” in Rovinj and its research vessel “Burin”. HBTs have been used to count the number of patches.

Then, the impossibility to define an individual of *Chondrilla nucula* leads us to the idea of using a more quantitative method such as the evaluation of the coverage using the frames method (Bianchi et al., 2004).

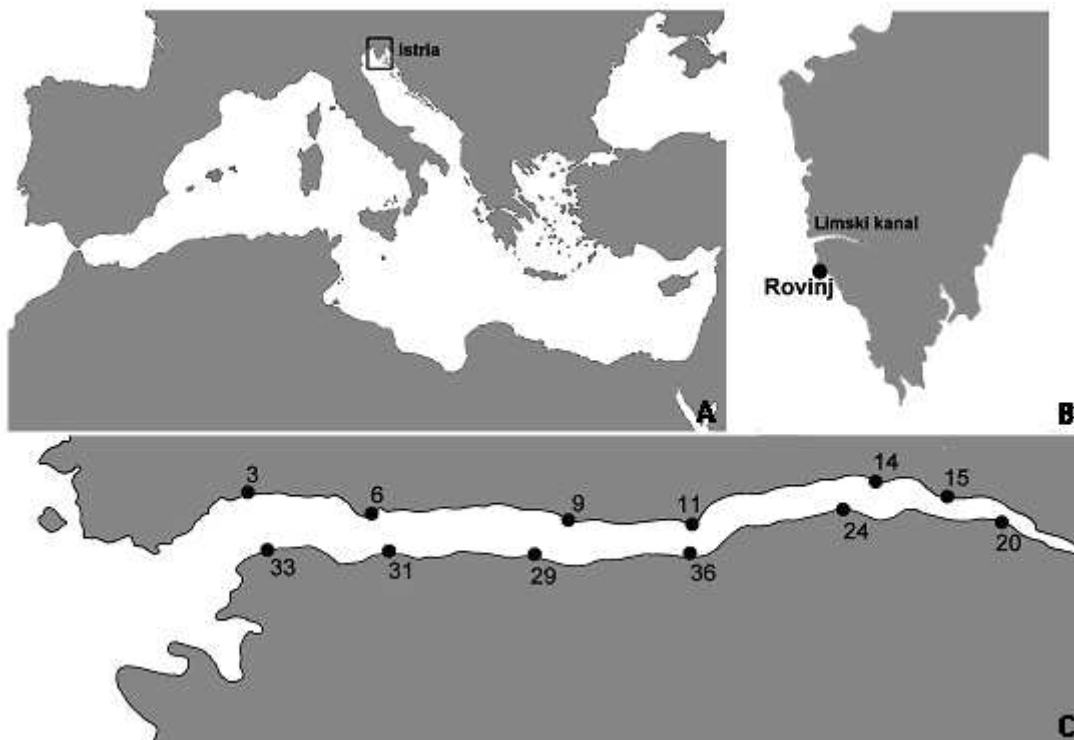


Fig. 1: Northern Adriatic Sea (A) with the map of the Istrian peninsula (B) and of the Limski kanal with the with the 12 surveyed locations (C).

LOCATION	GPS POSITION		CHANNEL SECTION
	GPS-N	GPS-E	
3	45°8.709'	13°37.513'	opening
33	45°7.849'	13°37.587'	opening
6	45°8.082'	13°38.407'	opening
31	45°7.816'	13°38.697'	opening
9	45°8.003'	13°40.154'	middle
29	45°7.777'	13°39.861'	middle
11	45°7.956'	13°41.722'	middle
36	45°7.779'	13°40.872'	middle
14	45°8.222'	13°42.663'	end
24	45°8.088'	13°42.452'	end
15	45°8.110'	13°43.194'	end
20	45°7.972'	13°43.734'	end

Table 1: The 12 surveyed locations along the Limski kanal (opening, middle and end sector) and their GPS positions.

Horizontal belt transects (HBTs)

HBTs, 20 m long and 2 m wide, have been laid at 2, 6, 10 and 15 m in each location. Presence/absence and abundance of *Chondrilla nucula* have been recorded. Abundance is expressed as the number of patches intercepting the transect. Abundance has been then correlated with the depth, the position along the channel and the light exposition.

Frames

In each location, three different depth ranges (1-3 m; 6-10 m, 12-18 m) have been surveyed and at each range 1x1 m frames have been randomly positioned for a total of 30 replicates per location (10 replicates each depth range). The first depth range is normally represented by a vertical wall, in

some places surmounted by a notch; the 6-10 m range is generally an inclined detriticus while the 12-18 m range is a detriticus with thick sediment cover or a muddy bottom moderately inclined or flat, depending on the position along the channel. In the locations at the end of the channel (especially at locc. 15 and 20) the maximum depth is about 10 to 15 m so that we surveyed the maximum reachable depth. The 1x1 m square was made of a PVC frame, divided by nylon lines into 25 sub-frames (20x20 cm). Each sub-square was considered as a unit in which the percentage of coverage was visually recorded and the corresponding class assigned. Classes of coverage have been classified as reported in Table 2 following the botanical method by

Braun-Blanquet (1964). Data have been processed in order to obtain the percentage of coverage per square meter. For each frame the depth and the kind of substrate have been also recorded. Five substratum categories have been identified: mud (M): mainly composed by fine organic and inorganic sediment; detriticus (D): mixed bottom with small stones (<30 cm in diameter), sand and sediment; rocks (R): rocks bigger than 30 cm (considering the maximum diameter); rocky wall (RW): hard surface with a vertical or sub-vertical inclination (>60°); rocky wall under notch (RW u.n.): the same than RW but directly under the rocky notch, often presents along the channel. Another category has been added, when appearing intermediate situations like rocks on mud or on detriticus (R/D). For some analysis, all the hard substrates have been grouped in one category.

Coverage has been then related to the position along the channel, to the depth and to the kind of substrate encountered. In order to build a patch pattern, we counted the number of units belonging to each class. A Covered Area Index (CAI) has been calculated for each location, dividing the number of units belonging to a class by the total number of units with a sponge coverage. A majority of class 1 units in a location is indicative of fragmented or small patches while highest classes are representative of dense patches, independently from the main covered area of the location. The number of units per each class has been then correlated to the kind of substrate.

All the data, both for frames and transects, have been annotated on underwater paper

(Avery-Zweckform, Germany) and then processed in Microsoft Excel 2000 (Microsoft Corporation, U.S.A.).

Statistical analysis (one-way ANOVA) has been performed using SPSS 11.

Underwater photographs, used as a supporting tool for the description of *C. nucula* population, have been made with a Nikon F-80D, objective Sigma 24 mm DG macro, caged into a Sealux cage, using Kodak slide film 100/200 ASA.

Table 2: Classes of coverage of *C. nucula* in the 1x1m frames.

Class 1	1-5%
Class 2	5-25%
Class 3	25-50%
Class 4	50-75%
Class 5	75-100%

Results

Temperature, dissolved oxygen, pH were homogeneous along the channel, while salinity decreased of about 2‰ at the end of the channel, probably because of the presence of freshwater springs. Visibility changed, with highest Secchi disc values at the beginning of the channel as demonstrated also by the coat of fine sediment that increases towards the inner part of the Limski (fig. 3).

Specimens of *Chondrilla nucula* were recorded in all the surveyed locations, both by HBT and frames. With HBT we recorded a maximal average abundance of 24 patches at the opening of the channel

that decreases to 10 at the end (fig 4A). Differences along with the gradient are strongly significant ($P < 0,05$). Comparing the abundance in relation to the depth *C. nucula* reaches its maximum average abundance of 26 patches on the north exposed side at 2 meters and of 21 at 10 m on the south exposed side (fig. 4B). Average abundances at the two sides and at the four depths are not significantly different ($P > 0,05$). On the contrary, differences in average abundance at the four depths are significant ($P < 0,05$).

Coverage ranges of *C. nucula* at each location are reported as percentage (fig 5). Loc. 33 showed the highest value (9,6%), while the lowest was recorded in the loc. 15 (0,3%). Among these data, the highest values recorded for one square are 59,6% in loc. 9 and 51,7% in loc. 4 (depth range 1-3 m), 25,8% and 21% in loc. 22 (depth ranges 6-10 m and 12-18 m, respectively).

The three sectors of the channel (opening, middle and end) were compared in order to evaluate the coverage gradient from the opening to the end of the channel. Coverage was highest in the opening sector (5,7%), decreasing to 1,8% in the middle and to 1,6% in the end (fig. 6A). Differences are significant ($P < 0,05$). Average coverage values for each depth range along the whole channel were also compared resulting strongly different ($P < 0,05$) and varying from a maximum of 5,7% in the first 3 meters, to 1,7% between 6 and 10 m and to a minimum of 0,8% between 12 and 18 m of depth (fig. 6B). Considering also the exposition, north exposed sponges reached

higher values of coverage than the south exposed ones (fig. 6B) but differences were not significant. The kind of substrate, grouping together as hard substrate R, RW and RW u.n., was also considered to show the percentages of each class of substrate present both along the channel (fig. 6C) and at the three depth ranges (fig. 6D). According to the gradient along the channel, hard substrate predominates in the opening sector (20%), detriticus in the middle (22%) and a muddy bottoms is mostly present at the end of the channel (22%; Fig. 6C). According to the depth, the detriticum dominated both between 6-10 m and 12-18 m, but it was present almost in the same percentage (around 15%) also in the shallowest depth range. Hard substrate was always present but it dominated in the shallow waters only (18%). Muddy bottoms appeared between 6-10 m and remained constant also at 12-18 m of depth (between 8 and 10%; fig. 6D). It has to be considered that our surveys reached the maximum depth of 18 m, where possible, which is not enough, in the opening and middle sector of the channel to reach the muddy bottom that characterises the deep waters of the whole Limski.

For each location the CAI was calculated and values ranged from 0 to 1, where 1 represented the presence of a single class only. The highest value for class 1 was recorded in loc. 3 (0,7), for class 2 in loc. 36 (0,4), for class 3 in loc. 33 (0,3), for class 4 in loc. 4 (0,2) and for class 5 in loc. 36 (0,1).

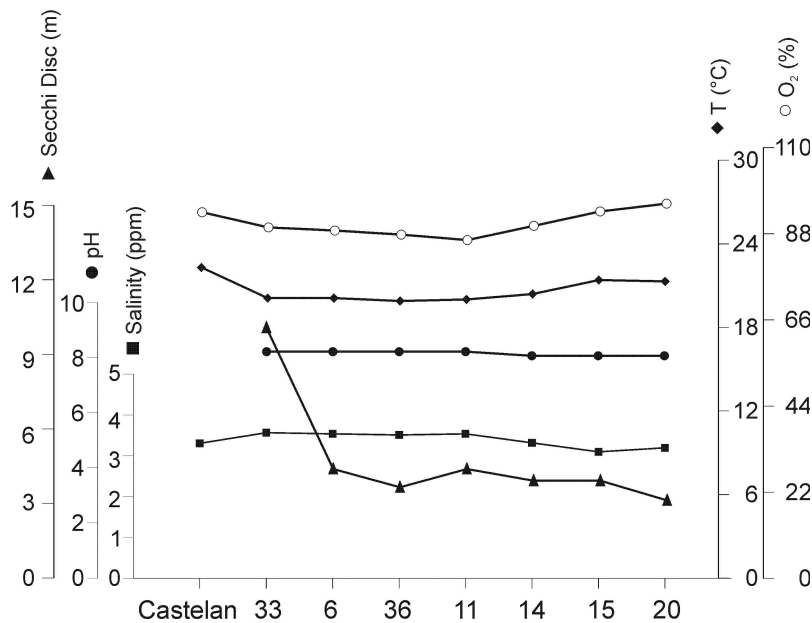


Fig 3: Average water parameters values measured in June 2003 along the channel, considering also a location outside the Limski kanal (Castelan). Secchi Disc (m) measures turbidity; Salinity (ppm) is in parts pro thousand; O₂ (%) is the percentage of dissolved oxveen.

In all the locations, independently from the side of the channel, the trend resulted in a decreasing in the number of units from class 1 to class 5 as shown for locations 14 and 24 (fig. 7).

Keeping into account that 45% of the surveyed area is represented by detriticus (D), 19% by mud (M) and a total of 36% is hard bottom (R, RW, RW u.n.) (fig. 8), the percentage of units for each class of covered area was then correlated to the kind of substratum. Majority of class 1 was recorded on M (79,6%), R (79%), D (54%) and R on D (32,6%). Class 2 units dominated on D (31%), R/D (30,4%) and RW u.n. (29,8%) while the same percentage of classes 1 and 2 was recorded on RW (29,2%).

Classes 3, 4 and 5 were dominant on RW u.n. (28,8%, 19,7% and 16,3%, respectively) and were completely absent on R and M. Highest classes (4 and 5) were

present with very low percentages only (2,2% and 0,8% respectively), on D (fig. 9).

Discussion

In previews investigations in the area of Rovinj, *Chondrilla nucula* was recorded everywhere, including in some locations in the Limski kanal (Rützler 1965, Müller et al. 1984). In concordance with these data, we found that the sponge is present in all the 12 surveyed locations and can be considered one of the dominant sponge species along the channel.

Brümmer et al. (2004), considering the sponge fauna of the Limski, observed highest abundance values and highest biodiversity in the middle part of the channel. In contrast, considering *C. nucula* only, abundance and coverage are highest in the opening part and decrease in the middle and in the final sector of the channel.

The approach to study the distribution of *C. nucula* along the channel used two different methods that are commonly employed in the study of benthic communities: the HBTs and the frames. With the HBTs it was possible to obtain only the presence/absence and the abundance of the patches. Since the definition of individual in *C. nucula* can generate confusion, we decided to refer to the number of patches.

Subsequently, for a more accurate analysis we chose to integrate the HBTs with the frames that allowed us to estimate the area covered by the sponge patches, recording also the substrate kind (Bianchi et al. 2004). Even though it is not possible to make a comparison between the two methods, both deal to the same conclusions, confirming the presence of a gradient along the channel and the depth.

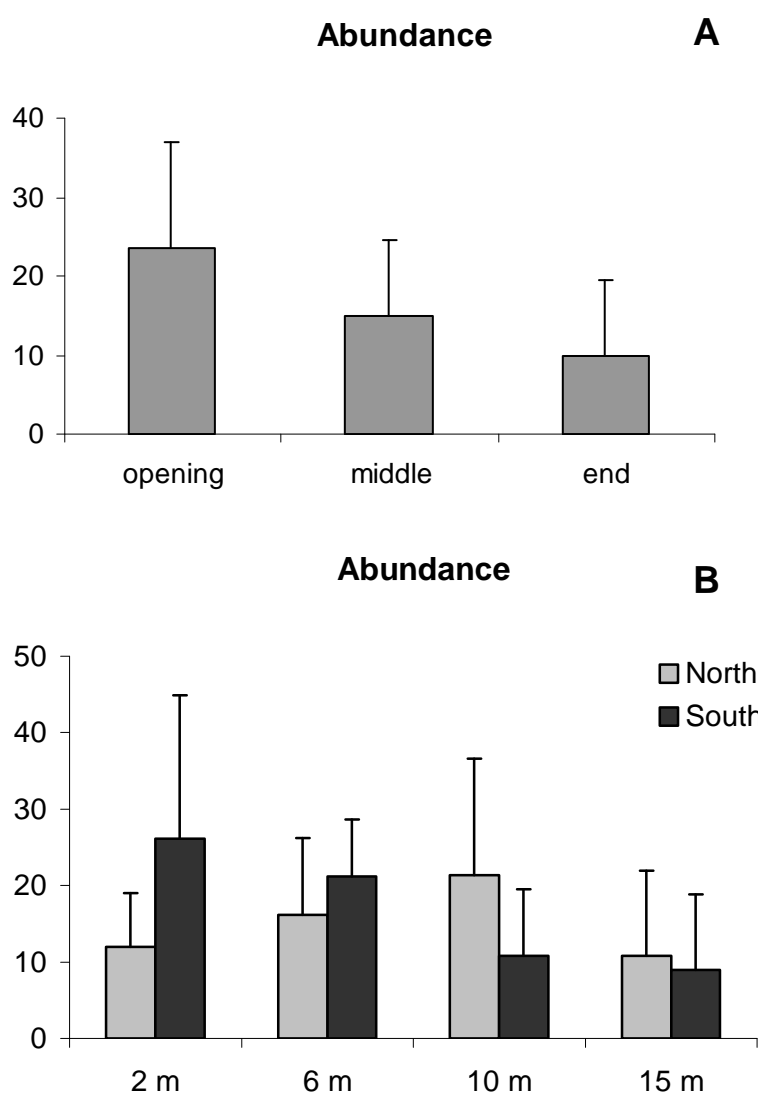


Fig.4: A, average abundance in the three sectors along the channel (significant, $P < 0,05$); B, average abundance at the four depths where the horizontal belt transects were laid (2, 6, 10, 15 m) in the northern and southern locations (not significant, $P > 0,05$).

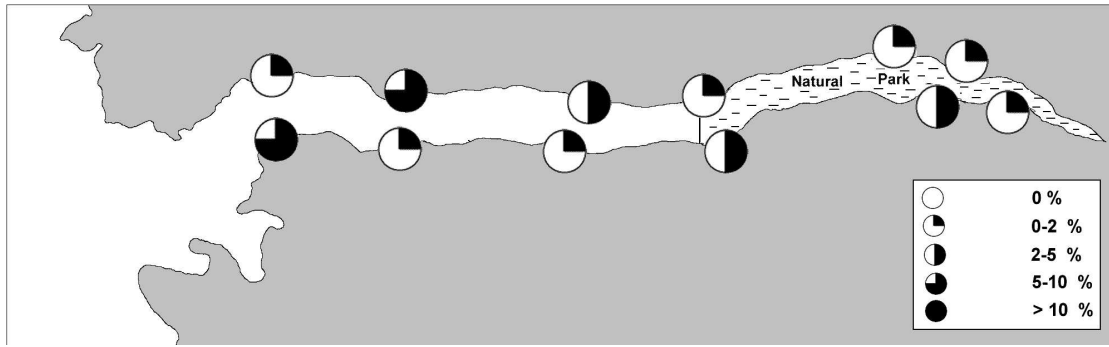


Fig. 5: Percentage ranges of coverage of *C. nucula* in the 12 surveyed locations along the Limski kanal.

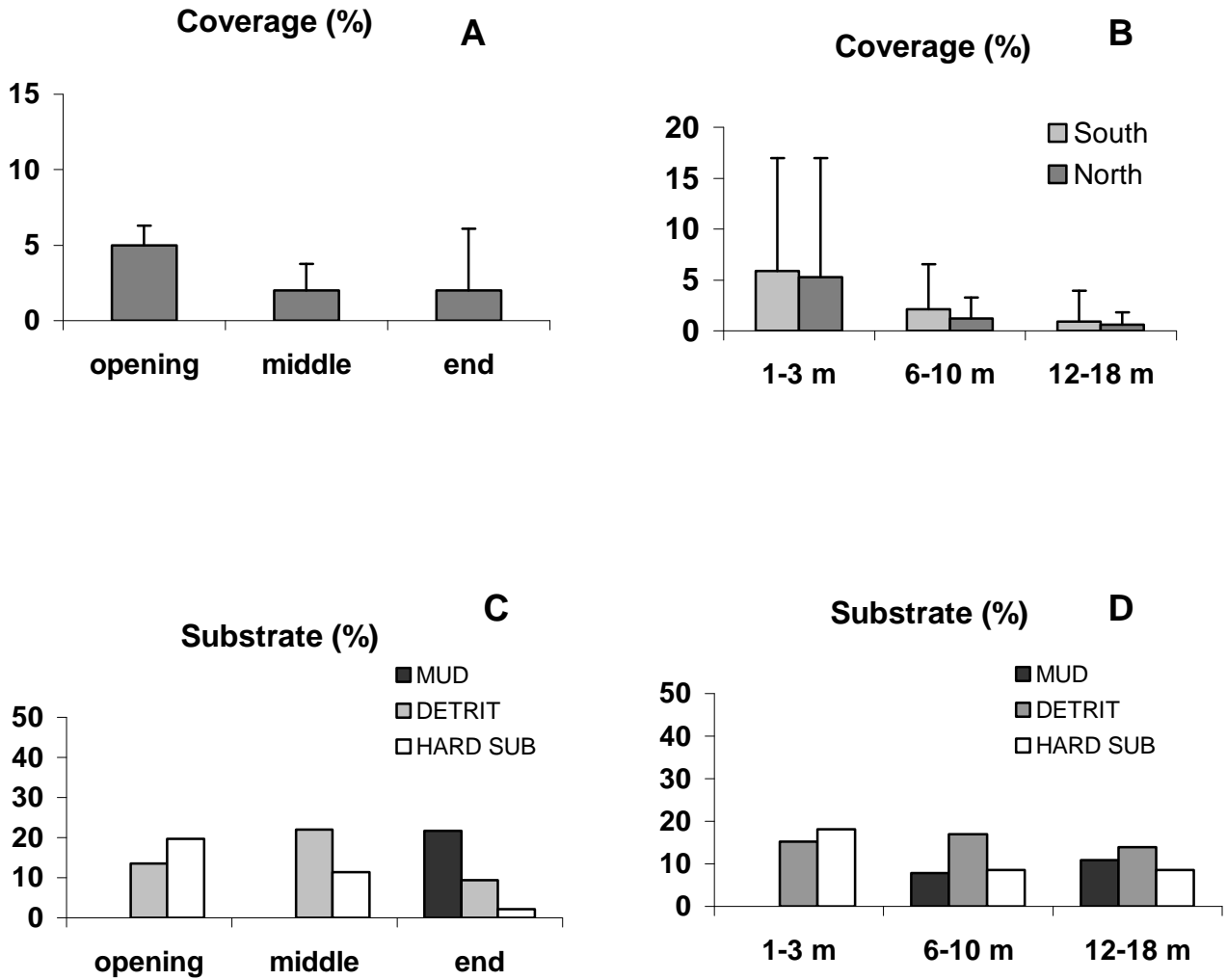


Fig. 6: A, average coverage values in the opening, middle and ending sector of the Limski kanal; B, main coverage values at the three depth ranges (1-3 m, 6-10 m, 12-18 m); repartition of the different kind of substrate in the sampling area: C, in the three sectors of the channel, D, at the different depth ranges. (MUD = soft bottom; DETRIT = detritic bottom; HARD SUB = hard substrates, including rocks, rocky walls and the notch).

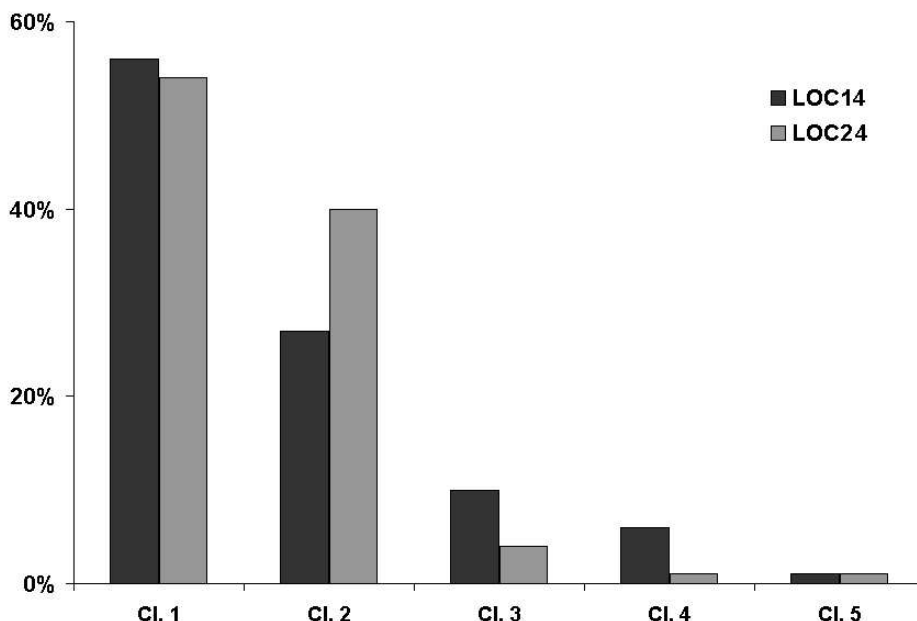


Fig. 7: Covered area index (CAI) divided per classes of coverage, in two representative locations along the Limski kanal.

A strong correlation between the water parameter values and our data on *C. nucula* distribution along the channel does not exist. Only salinity and visibility decrease along the channel. The significant decrease of coverage and abundance recorded along the channel gradient and especially in the back side, could be possibly be linked to the decrease of the salinity due to the fresh water inflow. Rainy periods influence the salinity in the channel especially in the shallow waters (Uffenorde 1970) but it has to be considered that some sponge species, like *Cliona* spp. that is also common in the Limski (Brümmer et al., 2004), showed a high resistance to low salinity exposition for short periods of time (Sarà & Vacelet 1973, Hartman 1957).

Rain influences also sedimentation: streams and springs bring especially during the rain season (spring and autumn), a big quantity of detritic material, enhancing sedimentation and pulling down the visibility. In fact a classical situation in the backside of the Limski is a detriticus with a

thick cover of fine sediments which becomes a muddy bottom in the depth. *C. nucula* is able to get rid of the sediment (Sidri et al., this volume pag. 179) but larvae as well as fragment settlement is probably very difficult in this area.

The factors that seem to influence more the distribution of the sponge are light and substrate. It is assumed that light is a limiting factor for *C. nucula* because of the presence of symbiotic Cyanobacteria (Sarà & Liaci 1964, Gaino et al 1977, Regoli et al 2000). Because of the peculiar position and geomorphology of the Limski kanal, during part of the year, the south coastline is never exposed to direct sun light, while the northern one receives more light. It has been demonstrated that *Cliona nigricans* although it is a photofilic sponge, reaches a maximum chlorophyl content at 20 m (Calcinai et al. 1999), suggesting that each sponge species has an optimum in light exposition. In our case, *C. nucula* reaches its maximum abundance at 2 m on the south side and at 10 m on the north side,

suggesting an optimal light exposure that does not necessarily correspond to the maximal light availability, probably also because of concurrence with algae (Rützler 1965, Fanelli et al. 2003).

In considering the depth gradient together with the exposition (North or South) the coverage, as well as the abundance, seems to be a little higher in the North exposed side even though the difference resulted statistically not significant. Comparing the trend of coverage along the channel with the kind of substrate, main coverage

decreases together with the decreasing of hard substrate (fig. 6AC). On the other hand, the coverage decrease along the depth gradient appears not to be linked to the substrate only, even though it can be argued that coverage undergoes a depletion as long as a muddy substrate is present. In this case light plays the other important role in the distribution and coverage (fig. 6BD). Standard errors were very high, which indicates a high variability among the observations and a typical patch coverage.

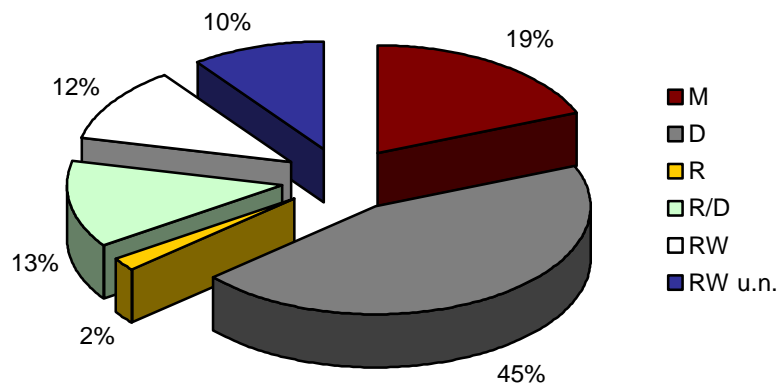


Fig. 8: Percentages of substrate categories present along the Limski kanal. M: mud; D: detritic bottom; R: rocks; R/D: rock on detritic bottom; RW: rocky wall; RW u.n.: rocky wall under the notch.

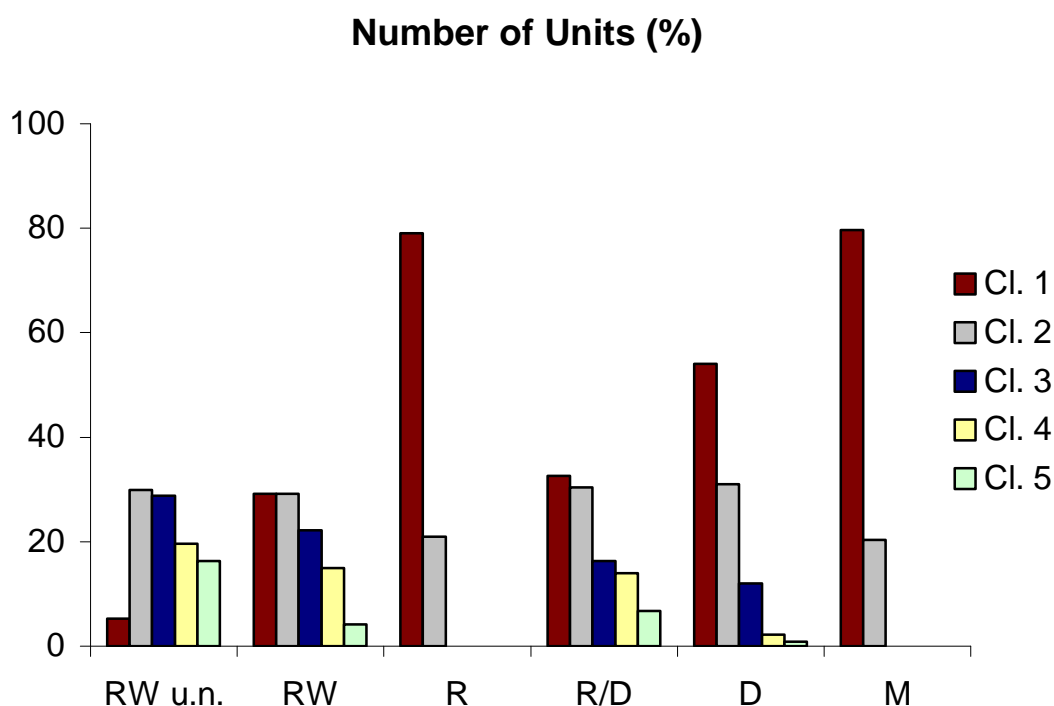


Fig. 9: Graphic representation of the classes of covered area (in percentage of units) per substrate category.

C. nucula can adapt to different substrates thanks to its plasticity and, to this extent, it is the substrate that defines the patch-pattern. Patches form by asexual reproduction that occurs quite rapidly in *C. nucula* (Sidri et al., this volume pag. 179). Different strategies of asexual fragmentation result in different patch-patterns according to the nature of the bottom. On a detritic bottom covered by fine sediments like in the Limski kanal (Zavodnik, 1971), propagulos attach over small stones or shells without forming a compact patch. In agreement with the observations of Mercurio et al. (2001), small rounded propagulous detached from an individual may start rolling on the

bottom, over sediments and sand as also observed in some sites outside the channel. In estimating the coverage it must be take into account the over-estimation of the low coverage classes. It is derived from considering a portion of a large patch falling between two or more units of a frame, as belonging to a low class of coverage. For example, a large and compact patch can be considered as class 5 if it falls completely in one unit. On the other hand, it might also be comprised between two or more units, each one of them will belong to a lowest class of coverage. Keeping this into account, the trend seems not to be artificially affected. In fact, results show the clear tendency of *C. nucula* in forming more large and dense patches (presence of

all the classes of covered area) where the substrate is hard and stable (fig 9). A little discrepancy is due to the presence of the lowest classes (1 and 2) only, on the isolated rocks. A possible explanation is that rocks occur in the Limski kanal, as "islands" on the detriticus or on the muddy bottom, more frequently below 10 m of depth, so that the competition especially with massive sciaphilic sponges is very strong. In this case *C. nucula* fragments more, trying to colonise all the available substrate, also overgrowing other organisms without being able to form large and dense patches. Considering the whole channel, the trend suggested by the CAI, indicates always that *C. nucula* tends to assume a fragmented pattern in most of the cases. In one location (not surveyed for this study) where illegal fishing on *Lithophaga lithophaga* produces new available substrate, there are evidences of a rapid pioneering colonisation of *C. nucula*. In such areas, in shallow waters, its coverage reaches 80% generating a *C. nucula* facies. Competition with other organisms seems not to influence the distribution of *C. nucula*. In fact, other organisms like *Aplysina* spp., *Sarcotragus foetidus*, *Ircinia* spp., *Spongia officinalis*, *Cladocora caespitosa* (but also algae like *Halimeda tuna* and *Codium bursa*) are easily overgrown by *C. nucula*, thus falling into the "available substrate" to this species without apparently causing any damage (Sidri et al., this volume pag 179). Fanelli et al. (2003) in Salento (Ionian Sea, Italy) reported of the competition with sea urchins, protecting the community from their grazing activity with consequent enhancement of the biodiversity: in the

Limski we do not observe such a competition even though only a study targeted to this topic could permit us to compare the two scenarios. In Puerto Rico, Vicente (1985) describes *C. nucula* as a dominant aggressor of corals, which are very often displaced by the sponge, but in the Limski kanal, even though *C. nucula* can be considered an epibiont we do not have any evidence of aggressive phenomena *versus* the overgrown organisms.

In conclusion, in the Limski kanal *C. nucula* finds an optimal habitat, where its peculiar life strategies allow it to be present everywhere and to reach a quite high abundance and high values of covered areas especially in shallow waters. Where unstable conditions and/or disturbance occur (e.g. *Lithophaga* illegal fishing) *C. nucula* takes an advantage from the situation becoming the dominant species. The extraordinary adaptability and plasticity of this species cannot be underestimated and have to be interpreted, from the evolutionary point of view, as a pioneering strategy to face a wide range of environmental conditions.

Acknowledgement

Many thanks to WEG Mueller (University of Mainz, Germany), R Batel, D Degobis, N Bihari, our captain D Devescovi and all the people at the Ruder Bosković Institute of Rovinj, Croatia without whom this work would not be possible; to B Calcinai, C Cerrano, M Milanese, M Mori, C Morri, A Sará, M Sará (University of Genova, Italy) for their important support and suggestions; to P Guidetti (University of Lecce Italy), L Aguilera and J Garibay (University of

Stuttgart, Germany), Gisela Fritz (University of Tübingen, Germany) for their fundamental help in statistical analyses and imaging; to M Götz, F Leitermann and M Nickel (University of Stuttgart, Germany) for their precious help in data collection in Limski channel. A very special thank to L Schillak for his support, help, time and fundamental advice.

This work has been performed in the frame of the Project BIOTECmarin (03F0345D) funded by the German Federal Ministry of Education and Research, Research and the Arts of Baden-Württemberg and the University of Stuttgart.

References

- Antonius A. & Ballestreros E., 1998: Epizooism: a new threat to coral health in Caribbean reefs. *Rev. Biol. Tropic.* 46: 145-156.
- Bell J.J. & Barnes D.K., 2000a: The distribution and prevalence of sponges in relation to environmental gradients within a temperate sea lough: vertical cliff surfaces. *Div. Distr.* 6: 283-303.
- Bell J.J. & Barnes D.K., 2000b: The distribution and prevalence of sponges in relation to environmental gradients within a temperate sea lough: inclined surfaces. *Div. Distr.* 6: 305-323.
- Bianchi C.N., Pronzato R., Cattaneo-Vietti R., Benedetti Cecchi L., Morri C., Pansini M., Chemello R., Milazzo M., Frascchetti S., Terlizzi A., Peirano A., Salvati E., Benzoni F., Calcinai B., Cerrano C., Bavestrello G., 2004: Hard bottoms. In: *Mediterranean Marine Benthos: A Manual of methods for its sampling and study.* MC Gambi, M Dappiano (eds). *Biol Mar Med*, 11 (1): 185-216.
- Bond C. & Harris A., 1988: Locomotion of sponges and its physical mechanism. *The J. Exp. Zool.* 246: 271-284.
- Boury-Esnault N., 2002: Order Chondrosida Boury-Esnault & Lopés, 1985. Family Chondrillidae Gray, 1872. In: JNA Hooper & RWM Van Soest (eds). *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges*, Kulwer Academic/Plenum Publisher, New York: 291-297.
- Braun-Blanquet J., 1964: *Pflanzensoziologie*, 3. Springer-Verlag. Aufl.: 1-865.
- Brümmer F., Calcinai B., Götz M., Leitermann F., Nickel M., Schillak L., Sidri M. & Zucht W., 2004: Overview on the Sponge Fauna of the Limski kanal, Croatia, Northern Adriatic Sea. *Proceedings of the VI International Sponge Conference, Rapallo 2002.* *Boll. Ist. Biol. Zool. Univ. Genova* (in press).
- Carballo J.L., Gómez P., Cruz-Barraza J.A. & Flores-Sánchez D.M., 2003: Sponges of the family Chondrillidae (Porifera: Demospongiae) from the Pacific coast of Mexico, with the description of three new species. *Proc. Biol. Soc. Washington* 116(2): 515-527.
- Calcinai B., Cerrano C., Bavestrello G. & Sará M., 1999: Biology of the massive symbiotic sponge *Cliona nigricans* (Porifera: Demospongiae) in the Ligurian Sea. *Mem. Queens. Mus.* 44: 77-83.
- Corriero G., Scalera-Liaci L., Ruggiero D. & Pansini M., 2000: The sponge community of a semi-submerged Mediterranean cave. *P.S.Z.N.: Mar. Ecol.*, 21 (1): 85-96.
- Fanelli G., Portacci G. & Boero F., 2003: Patches of *Chondrilla nucula*: high-biodiversity spots within low-biodiversity barrens. *EMBS* 38. *Book of abstracts*: 127.
- Gaino E. & R. Pronzato, 1983: Étude en microscopie électronique du filament des formes étirées chez *Chondrilla nucula*

- Schmidt (Porifera, Demospongiae). Ann. Scienc. Natur., Zool., Paris. 5: 221-234.
- Gaino E., R. Pronzato & Pansini M., 1977: Aspetti sull'associazione tra *Chondrilla nucula* Schmidt (Demospongiae) e microorganismi simbiotici (batteri e cianoficee) in condizioni naturali e sperimentali (1). Cah. Biol. Mar. 18: 303-310.
- Gaino E., M. Pansini, R. Pronzato & Cicogna F., 1991: Morphological and structural variations in *Clathrina clathrus* (Porifera, Calcispongiae). In: J. Reitner & H. Keupp (eds.). Fossil and Recent sponges. Springer-Verlag: 360-371.
- Gili J., Riera T. & Zabala M., 1986: Physical and biological gradients in a submarine cave on the Western Mediterranean coast (North-East Spain). Mar. Biol. 90: 291-297.
- Hartman W.D., 1957: Ecological niche differentiation in the boring sponges (Clionidae). Evolution 11: 294-297.
- Kuzmanović N., 1985: Preliminarna istraživanja dinamičke vodene mase Limskeg kanala, Završni izvještaj (internal report of the center of marine research "Ruder Boskovic", Rovinj, HR).
- Mercurio M., Scalera Liaci L. & Corriero G., 1997: Modificazioni morfologiche in esemplari sessili di *G. Cydonium* Jameson (Porifera, Demospongiae). Riass. 58' Congr. Naz. U.Z.I. - Cattolica - Settembre 1997: 39 pp.
- Mercurio M., Scalera-Liaci L. & Corriero G., 2001: La fauna a poriferi del bacino della strea di Porto Cesareo (Le). Biol. Mar. Medit. 8 (1): 403-412.
- Müller W.E.G., Zahn R.K., Kurelec B. & Müller I., 1984: A catalogue of the sponges near Rovinj. Thalassia Jugoslavica 20 (1): 13-23.
- Novosel M., Bakran-Petricioli T., Požar-Domac A., Kružić P. & Radic I., 2002: The benthos of the Northern part of the Velebit channel (Adriatic Sea, Croatia). Nat. Croatica 11(4):387-409.
- Palumbi S.R., 1986: How body plans limit acclimation: responses of a demosponge to wave force. Ecol. 67: 208-214.
- Pansini M. & Pronzato R., 1994: Evoluzione temporale delle comunità di Poriferi di ambiente roccioso litorale in Mediterraneo. Biol. Mar. Med. 1 1): 159-166.
- Regoli F., Cerrano C., Chierici E., Bompadre S. & Bavestrello G., 2000: Susceptability to oxidative stress of the Mediterranean demosponge *Petrosia ficiformis*: role of endosymbionts and solar irradiance. Mar. Biol. 137: 453-561.
- Rützler K., 1965: Systematik und Ökologie der Poriferen aus Littoral-schattengebieten der Nordadria. Z. Morph. Ökol. Tiere 55: 1-82.
- Sarà M., 1958: Studio sui Poriferi di una grotta di marea del Golfo di Napoli. Arch. Zool. Ital. 43: 203-280.
- Sarà M. & Siribelli L., 1960: La fauna di Poriferi delle "secche" del Golfo di Napoli. I. La "secca" della Gaiola. Ann. Ist. Mus. Zool. Univ. Napoli 12: 1-93.
- Sarà M. & Liaci L., 1964: Associazione fra la Cianoficea *Aphanocapsa feldmanni* ed alcune Demospongie marine. Boll. Zool. 31: 55-65.
- Sarà M. & Vacelet J. 1973: Écologie des Démosponges. In: Traité de Zoologies. Anatomie, Systematique, Biologie. P. P. Grassé (Ed.). Masson et C.ie Editeurs, Paris.III (Spongiaires): 462-576
- Schulze F.E., 1877: Untersuchungen Über den Bau und die Entwicklung der Spongien. Die Gattung *Halisarca*. Z. wiss. Zool. 28: 1-48.
- Uffenorde H., 1970: Zur Ostracoden-Fauna eines marinen Schammbodens an der

istrischen Küste (Limski kanal, NW-Jugoslavien). Geol. Rund. 60: 223-234.

Vatova A., 1928: Compendio della Flora e Fauna del Mare Adriatico presso Rovigno. Mem. R. Comitato talassografico ital. 143: 613 pp.

Vicente V.P., 1985: Overgrowth activity by the encrusting sponge *Chondrilla nucula* on

a coral reef in Puerto Rico. In: K. Rützler (ed.) New Perspectives in Sponge Biology. Smithsonian Institute. 436-442.

Zavodnik D., 1971: Contribution to the dynamics of benthic communities in the region of Rovinj (Northern Adriatic) *Thalassia Jugosl.* 7(2): 447-514.

**Morphological plasticity, locomotion and
epibiosis in the Mediterranean sponge *Chondrilla
nucula* Schmidt 1862 (Porifera, Demospongiae):
an overview**

SIDRI M., BRÜMMER F., MILANESE M., NICKEL M. & ZUCHT W.

Morphological plasticity, locomotion and epibiosis in the Mediterranean sponge *Chondrilla nucula* Schmidt, 1862 (Porifera, Demospongiae): an overview

Sidri M., Brümmer F., Milanese M.*, Nickel M., Pronzato R.* & Zucht W.

Universität Stuttgart, Biologisches Institut, Abteilung Zoologie, Pfaffenwaldring 57, 70567 Stuttgart, FRG

* Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse, Università di Genova, C.so Europa, 26, I-16132, Genoa, Italy

Abstract

The sponge *Chondrilla nucula* is a thick-encrusting demosponge widely distributed in the shallow water of the Mediterranean Sea. In this study, an overview on its extraordinary morphological dynamics and adaptability to a wide range of environmental conditions is given. Locomotion has been observed both in aquarium and in nature, very often associated with fragmentation phenomena. The sponge can drop a portion of its body to a new surface but it is also able to crawl on a substrate showing a tendency to go upward when the conditions are not favourable (e.g. high sedimentation and low water circulation). Experiments in which the sponge was subjected to a low flow water regime, demonstrated that *C. nucula* in most of the cases can actively move searching for a more favourable position. High sedimentation may obstruct the canal system and *C. nucula* can easily eliminate it, by trapping it into a mucous. Rhythmical contractions have been observed and they probably help in the mechanism of elimination of the sediment. Thanks to all these features *C. nucula* can be considered

a pioneer sponge that can easily and rapidly colonise new substrate that can be also represented by other organisms. In fact overgrowth phenomena have been frequently observed on a wide range of organisms including other sponge species. In no one case, damage on an overgrown organism has been observed because the attachment on the surface is not invasive.

Introduction

The rapid reorganisation capability of Porifera and their plasticity are based on a simple body plan, on the absence of organs and tissues and on the totipotent potential of some cell types (Gaino et al., 1995). Morphological plasticity is a dynamic process and rearrangements occur continuously. Sponge species that display more defined structures and shapes are normally less plastic so that variations on macro-morphology are less evident (Palumbi, 1984). On the contrary, other sponge species show an extraordinary capability in modifying their structure over a very short time span as in the case of *Clathrina clathrus* (Gaino et al., 1991) or *Oscarella lobularis* (Gaino et al., 1987;

Pronzato & Pansini, 1994). This property is very important both to face changes in the ecological conditions and to compete with co-occurring benthic organisms (Bell et al., 2002; Pronzato & Pansini, 1994). Rapid morphological modifications can be also related to the physiological status of the sponge like in the case of *C. clathrus* (Gaino et al., 1991).

In some cases, this high dynamic structure can allow the sponge to rapidly change its shape and to move on the substrate (Bond & Harris, 1988). Small and periodical scale changes as contraction phenomena and locomotion have been reported for plenty of species such as *Chondrilla nucula*, *Chondrosia reniformis*, *Ephydatia fluviatilis*, *Haliclona loosanoffi*, *O. lobularis*, and *Tethya wilhelma* (Gaino & Pronzato, 1983; Bond & Harris, 1988; Bonassoro et al., 2001; Nickel, 2001; Nickel et al., 2004). Traumatic events such as mechanical fragmentation following sea storms have been reported to foster dispersal and act as asexual reproduction means for many massive or branched sponge species (Wulff, 1985; 1995). Furthermore, some sponges like *C. nucula*, *C. reniformis* and *O. lobularis* can actively drop one small part onto a new free substrate or simply fragment letting a small body part crawl away from the parent sponge (Sara & Vacelet, 1973; Bond & Harris, 1988). This is also interpreted as an asexual reproduction phenomenon.

In *C. nucula* locomotion was estimated in 1-4 mm per day (Bond & Harris, 1988). This kind of morphological strategies, allows the sponge to colonise new substrate, spreading more rapidly than other sponges and adapting to new conditions.

Several studies dealt with the morphological changes such as acclimation response to environmental variations (e.g. Palumbi, 1986; Bell & Barnes, 2000; Bell et al. 2002). The problems that normally a sponge faces are related from one side to the current and wave actions and from the other to the sediment fall. Bell and Barnes (2000), in their study on inclined surfaces, report that species with a more massive and robust morphology resist to strong current or wave action though living normally in shallow and exposed waters while branching species prefer slow current conditions (deeper waters or closed bays or caves) and, due to their shape, are able to face higher sedimentation rates. As high sedimentation can obstruct the canal system, affecting the efficiency of filtration, branching sponges are advantaged in such conditions with respect to massive ones (see for a review Sara & Vacelet, 1973). Some species, such as *Tetilla limicola* that lives completely embedded in the sediment, have developed some vestibular cavities that avoid sediment to be pumped directly into the system (Dendy, 1905; Sara & Vacelet, 1973). Another strategy is the production of a mucous that facilitates the elimination of the sediment, like in *Haliclona viscosa* (Rutzler, 1965). Finally, light too can act as a limiting factor related to depth and exposure and inclination of the substrate. Light has a great importance especially in photophilic sponges like *C. nucula* probably because of the presence of symbiotic Cyanobacteria (Gaino et al., 1976; 1977; Usher, 2001).

Very often, the plastic features of some sponge species results in overgrowing phenomena and in the formation of a

unique mass, where two or more sponges join together in a stable association (Sara 1970). This was also described by Wulff (1997) when observing that sponges growing in intimate association do not damage or disturb each other but, on the contrary, enhance their own growth and survival. Epibiosis can be species-specific: some species tend always to overgrow other sponges with no evidences of negative effects nor serious damage of the overgrown species (Sara, 1970; Wulff, 1997). It has been demonstrated that sometimes overgrown sponges can take an advantage from epibiosis such as protection from predators and solar irradiation. Epibiosis is often accidental and the faster growing species simply overgrows the slowest one (Sara, 1970). Water circulation of the overgrown species is normally guaranteed by a crevice between the two surfaces that are strictly in contact only in some zones (Sara & Vacelet, 1973). A case in which the overgrown sponge utilises the aquiferous system of the epibiont in a sort of cooperation was also reported (Rutzler, 1970). *C. nucula* has been observed to overgrow and therefore damage corals on Caribbean coral reefs (Vicente, 1990) but no evidences of this phenomenon have been reported for the Mediterranean Sea. Aim of this study is to provide an overview on the morphological plasticity of *Chondrilla nucula* through the study of locomotion and fragmentation patterns, epibiosis events, body contraction phenomena and the mechanism of sediment elimination.

Materials and methods

Locomotion and asexual reproduction in natural and artificial conditions

In situ observations and collection of *Chondrilla nucula* were performed in the Limski kanal, an 11 Km long fjord-like bay in the Istrian peninsula, few kilometres from Rovinj, and at the Portofino Marine Reserve in the Ligurian Sea, both at a depth comprised between 1 and 15 m. Specimens for the aquaria were collected by scuba diving, both in the Limski kanal and in Portofino, then transported to the laboratory avoiding contact with air and maintaining the temperature below 15°C.

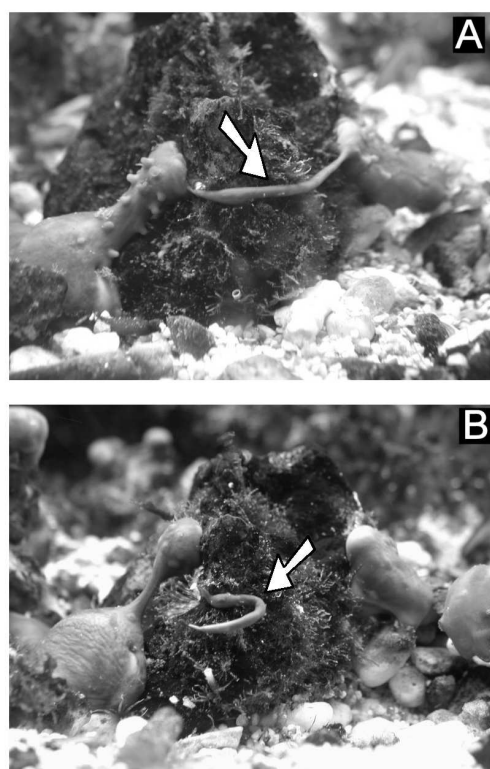


Fig. 1: A specimen of *Chondrilla nucula* crawling on the substrate in the aquarium and fragmenting into two specimens: the sponges stretches till the two new specimens remain connected only by a thin filament (A) that breaks after about one week (B). The filament, indicated by an arrow, will be reabsorbed by the mother sponge (on the left).

A total of 26 glass cups, filled with about 30-50 cm³ of sponge, were kept in Genoa aquarium and photographed monthly for a period varying from 4 to 7 months. For the pictures in aquarium we used a digital camera Nikon Coolpix and a Nikon F-80D, objective Sigma 24mm DG macro, into a Sealux cage for the underwater observations.

Elimination of the sediment

Specimens were collected in the Limski kanal, then transferred into a pool, directly connected to the sea by a pipe wage. Several lobes of *Chondrilla nucula* (about 30 cm³) were placed inside glass cups into the pool, for a total of 7 cups. Sediment came occasionally together with the water that is pumped from a depth of about 25 m, depending on the sea conditions. Sponges were maintained under these conditions for one week. Glass cups were used to avoid that the current present in the pool could interfere with the sediment settlement.

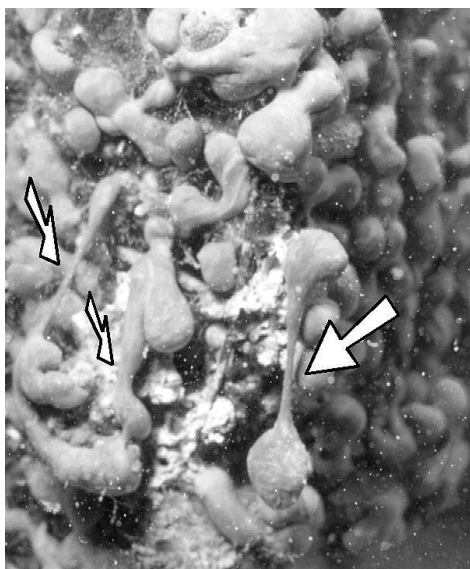


Fig. 2: *Chondrilla nucula* patch (Limski kanal) where fragmentation by dropping is evident (see arrows).

Contraction phenomena

A specimen of *Chondrilla nucula* was placed into a special semi-isolated chamber. A digital camera (Nikon Coolpix) connected to a computer, was mounted directly onto the glass slide of the chamber to avoid small movements or vibrations. Pictures were taken each 6 minutes for a total of 711 frames (72 hours). Projected area variations were calculated using the program ImageJ and values were graphically represented using Excell.

Epibiosis

Data about epibiosis were collected at a site close to the entrance of the Limski kanal at a depth comprised between 5 and 10 meters, over a surveyed area of about 20 m². The number of individuals per species overgrown by *C. nucula* were recorded. Pictures were taken using a Nikon F-80D, objective Sigma 24mm DG macro, caged into a Sealux cage. Samples of *C. nucula* overgrowing *Aplysina aerophoba* were fixed in glutaraldehyd 2,5% and embedded in paraffin. Slices were stained with Giemsa and observed under the light microscope.

Results

Locomotion and asexual reproduction in natural and artificial conditions

Chondrilla nucula moved actively on the substrate both in natural and artificial conditions. Locomotion and fragmentation events can be subdivided in three categories: crawling, dropping and climbing. In the first case the sponge can simply move, crawling on the substrate and eventually, a new sponge may generate by stretching and separating from the original one. When this happened, the newly

generated sponge moved actively on the substrate, more or less horizontally, remaining connected to the originating sponge by a filament that became thinner till it broke and is reabsorbed by the “parent” sponge (fig. 1). In any case, even when no fragmentation occurs, the crawling sponge extends its front edge so that the whole sponge stretches. In the second case a portion of the “parent” sponge starts stretching and drops down remaining connected to the original sponge again by a

thin filament that breaks when the dropping specimen settle on a new substrate (fig 2). Also in this case the filament is reabsorbed by the “parent” sponge. In both cases the whole process can last 2-3 weeks, and the connecting filament can reach 20-30 cm of length in dropping specimens. Only one sample out of 26 put into cups at the Genoa Aquarium died during the observed period. In most of them (21 over 26), *C. nucula* showed a same pattern.

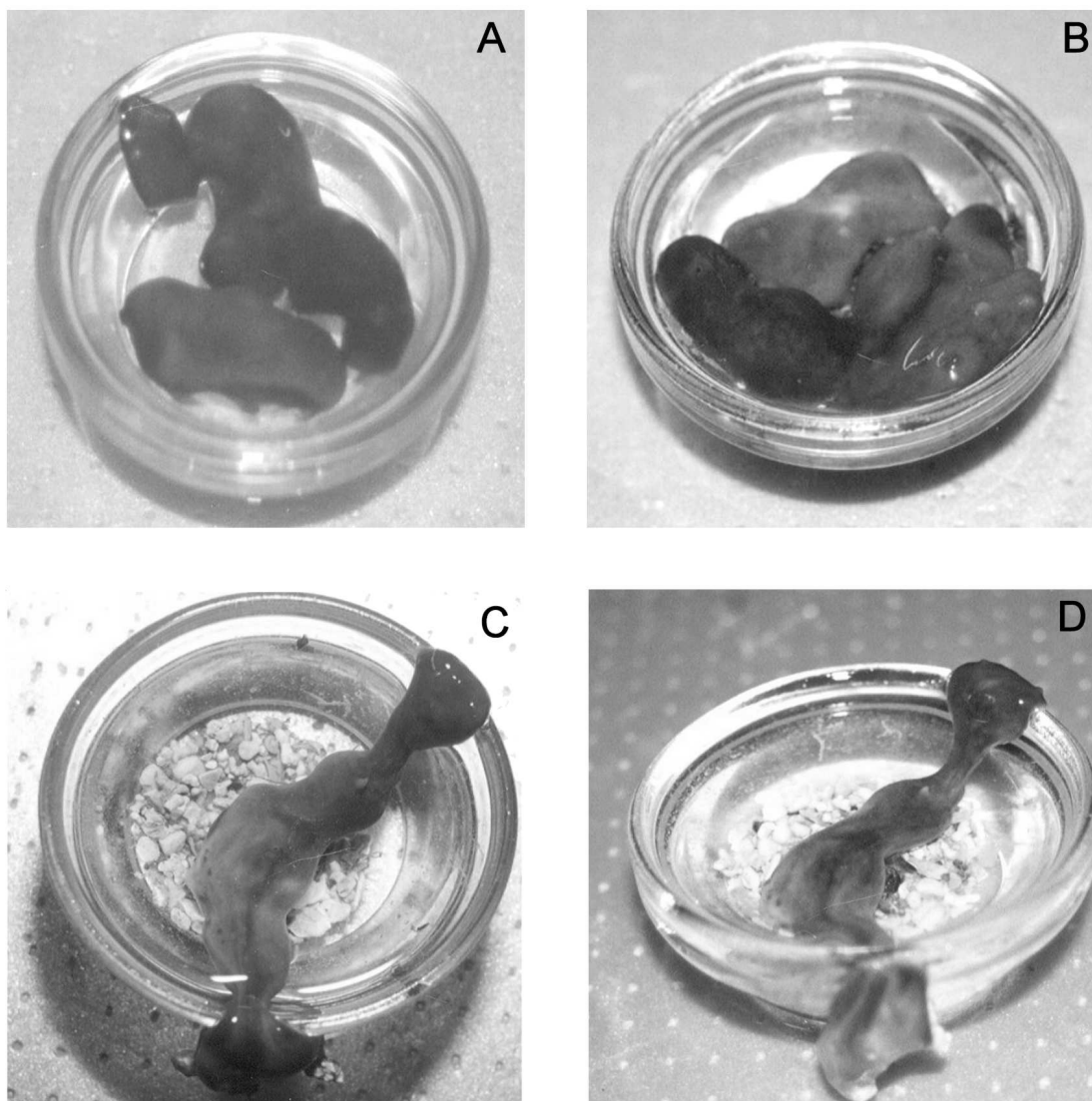


Fig. 3: *Chondrilla nucula* climbing up the glass wall of the cup in aquarium. A, the first day few lobes of *C. nucula* were put into a glass cup inside the aquarium; B, after one month the lobes fused together; C, after two months the sponge had already climbed up the glass wall and started dropping outside the cup; D, after three months a fragment was completely detached from the “parent” sponge and dropped outside.

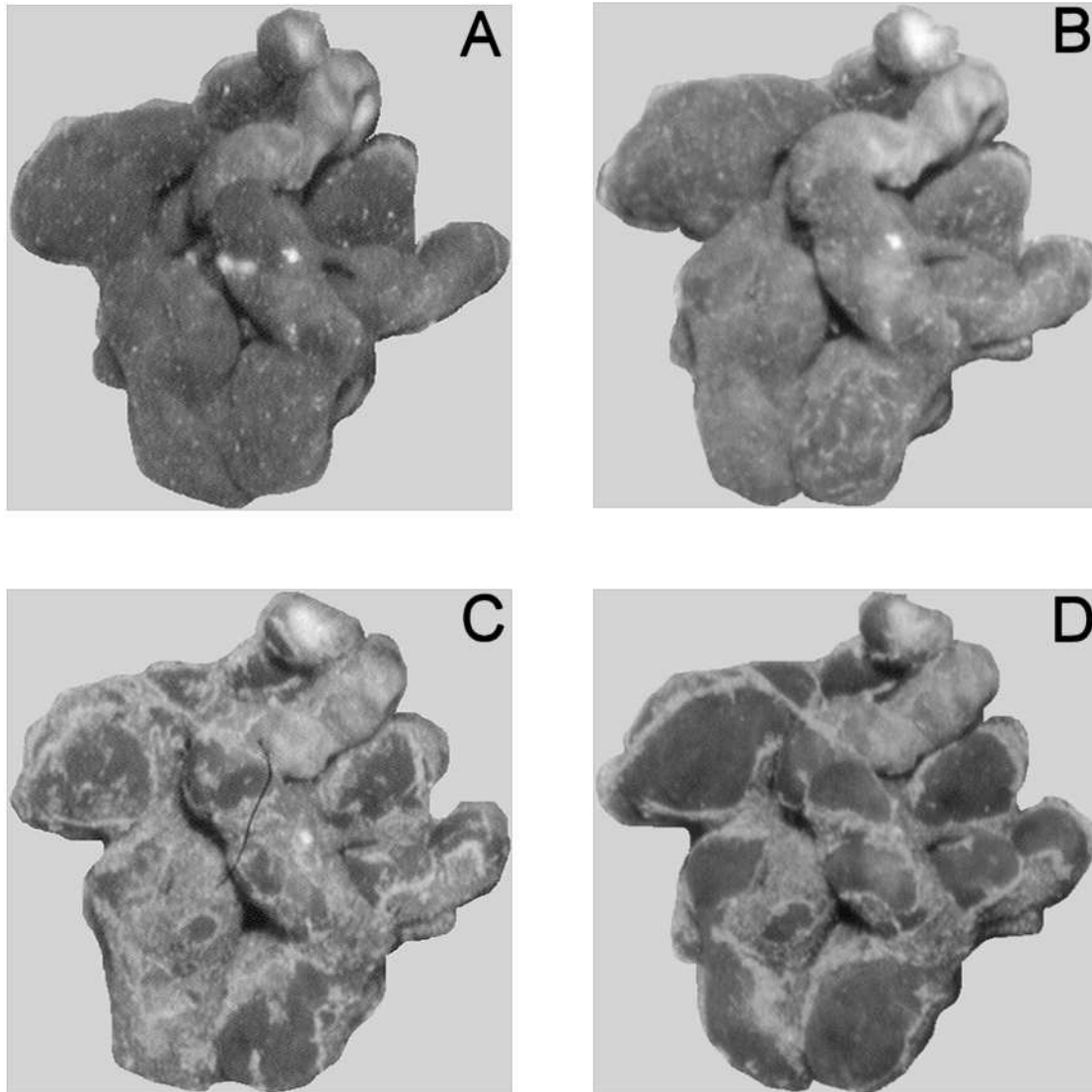


Fig. 4: Elimination of sediment in *Chondrilla nucula* during an experiment: A, the sponge is free of sediment; B, during the second day it is covered by a fine sediment; C, on the next day the sponge already starts trapping the sediment in a mucous slime; D, mucous and sediment exfoliate and fall apart leaving the surface clean.

After the first month all the lobes or fragments present in the cup fused together adapting their shape to the container (fig. 3A and B). After two months they started to climb up the glass wall of the cup (fig. 3C) until a portion of them dropped down, finally completely detached from the mother sponge (fig. 3D). Only 4 samples did not follow this pattern, just fusing together but remaining inside the cup

without any relevant movement. Often, moving specimens appeared striated.

Elimination of the sediment

Chondrilla nucula developed a peculiar strategy to get rid of the fine sediment typical of the studied area. Once covered with sediment, the sponge starts trapping it into the mucous that covers normally its surface. Then, starting from the top of the

body, this mucous starts to break thus falling apart together with the sediment, leaving the surface completely clean. When new sediment falls again on the sponge, the process is repeated. The whole process could be easily appreciable in our experiment because of the conspicuous quantity of sediment deposited. We photographed the sponge every day over a period of 6 days: the first day the sponge was clean (fig. 6A). The second day the sediment covered its body (fig. 6B). The third day the mucous started to break and exfoliate (fig. 6C). On the fourth day most of the surface was completely clean and the sediment, trapped in the mucous, had fallen apart (fig. 6D).

Since no further variations occurred in the remaining two days we present here the pictures of the first four days.

Contraction phenomena

During the 72 hours of time-lapse photography we observed rhythmic contractions in a specimen of *Chondrilla nucula*. Variations of the projected area (mm^2) showed a rhythmic contraction pattern especially in the first 36 hours with a shorter contraction period of about 3 hours and a longer expansion time (5-6 hours). The interval between each contraction was variable and comprised between 4,3 and 9,3 hours (fig. 5).

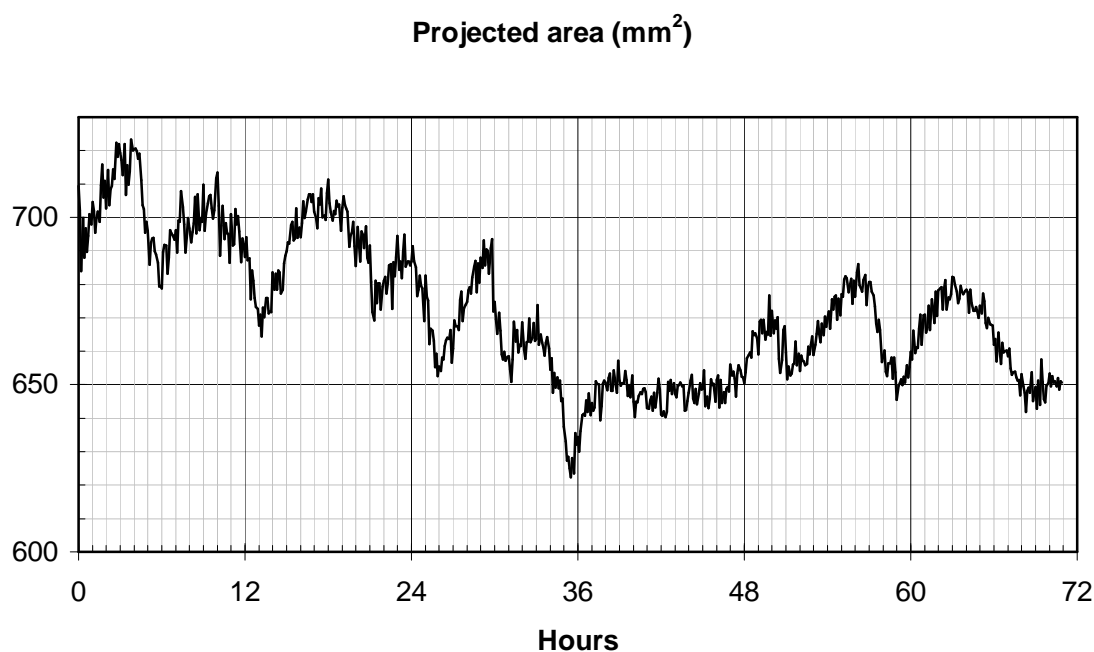


Fig. 5: Graphical representation of rhythmic contraction activity of *Chondrilla nucula* over a period of 72 hour of time-lapse photography. Measured projected area (mm^2) variations are shown.

Competition and epibiosis

We reported here a list of 13 organisms that were observed to be overgrown by *C. nucula* (tab. 1). In all cases the overgrown species do not appear to be damaged. In the competition with other sponge species, *C. nucula* has the advantage to be more dynamic, also if compared with the other plastic sponge, *Chondrosia reniformis* that results to be one of the overgrown species. Light microscopy observations on the contact surfaces of *C. nucula* and *A. aerophoba* (fig. 6A) showed that contact areas are reduced to some spots only. Here *C. nucula* produces a basal collagenous layer 10-20 μm thick that completely isolates the two specimens (fig. 6B).

In some area of the Limski kanal, a particular consortium was observed between 2 and 10 m of depth. In these areas *C. nucula* is often associated with *Aplysina aerophoba*, *Sarcotragus foetidus*, *Ircinia* spp., *Cacospongia* spp. and *Spongia officinalis* (fig. 7). This sponge community occurs in well enlighten areas, on a detritic or hard bottom with an inclination not greater than 45° .

A. aerophoba and the Ircinidae or Spongidae normally grow as stand-off specimens while *C. nucula* was observed both as stand-off and as epibiont of the other species with a preference for *Ircinia* spp. and *A. aerophoba* (tab. 1).

Discussion and conclusions

Thanks to its morphological plasticity *Chondrilla nucula* can be considered a pioneer sponge that successfully faces unstable situations e.g. presence of high sedimentation rate or low hydrodynamism. This can be easily observed both in natural and artificial conditions where the sponge was observed to crawl, drop, fragment and fuse. Where other sponge species find difficulties in settling on the substrate, *C. nucula* can exploit the unfavourable conditions for itself. This is evident in aquaria where stressful conditions (e.g. subsequent displacement from the substrate and artificial environmental conditions) seem to stimulate the movement and the asexual reproduction by fragmentation.

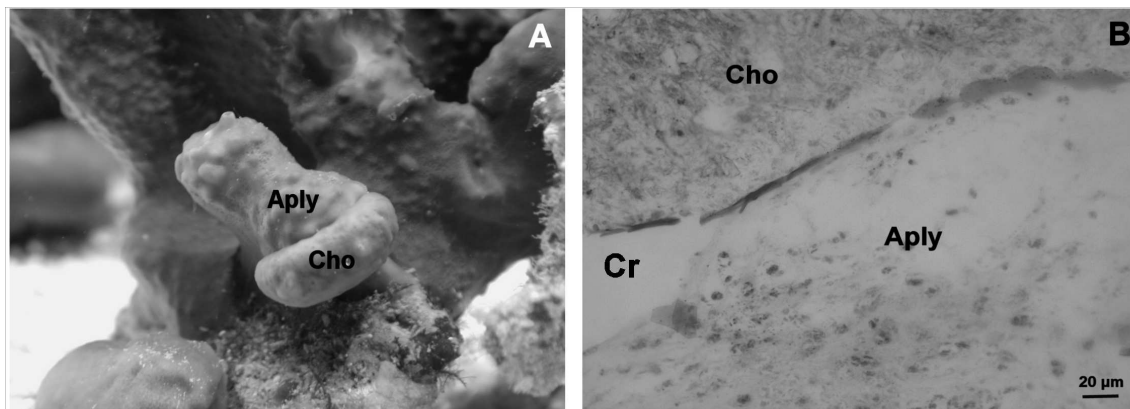


Fig. 6: A, a specimen of *A. aerophoba* (Aply) overgrown by *C. nucula* (Cho); B, light microscopy of the contact area between the two sponges: a collagenous layer separating them and, on the left side, a crevice (Cr) are evident.

Overgrown organisms	Occurrence
Algae	
<i>Halimeda tuna</i>	+
<i>Codium bursa</i>	++
Porifera	
<i>Tethya spp.</i>	+
<i>Chondrosia reniformis</i>	+
<i>Hemimycale columella</i>	++
<i>Ircinia spp.</i>	+++++
<i>Sarcotragus foetidus</i>	+
<i>Spongia officinalis</i>	+
<i>Aplysina aerophoba</i>	++++
Mollusca	
<i>Pinna nobilis</i>	+
Crustacea	
<i>Dromia personata</i>	+
Asciacea	
<i>Halocynthia papillosa</i>	+
<i>Microcosmus sp.</i>	+

Tab. 1 : List of the organisms overgrown by *C. nucula* in the Limski kanal. The right column represent the frequency in a surveyed area of 20 m²: +++++ = > 20 times; ++++ = 20-16; +++ = 15-11; ++ = 10-6; + = 5-1.

The movement pattern of *C. nucula* observed in our aquarium is very similar to that described by Bond and Harris (1988) who additionally calculated an average speed of 1-4 mm/day. They reported that the sponge elongates along the axis of locomotion and fragments. This was also observed in our study, even though crawling was not necessarily coupled with fragmentation.

As far as the speed during movement is concerned, it is not regular as a specimen can start moving and run one centimeter in few days and then stop, without any change occurs. Moreover we observed that during

locomotion in stretched forms the colour is not uniform but striated. This is probably due to the reorganisation processes occurring when some of the external layers, that are normally darker because of the presence of cyanobacteria (Gaino et al., 1977), are pushed deeper in the mesohyl, where they are visible as dark-brown strips. This could give an idea on the pattern of reorganisational plasticity at the cellular level in view of a deeper investigation on the mechanisms that lead this phenomenon. Moreover, it is also easy to distinguish between static individuals that are normally uniform in colour and the moving ones, normally striated. Also in nature, specimens in movement (dropping or crawling) present stripes.

Coalescence between different "individuals" (considering as individuals lobes of *C. nucula* that were not in contact with each other before collection) always occurred just a few days after they were put into the glass cups. The reason for fusion phenomena in such an artificial condition probably stands in the lack of a suitable substrate where the formation of a unique patch is more convenient, in terms of stability, as the presence of several small and separated sponges.

In our artificial condition, always in accordance with Bond and Harris (1988), we observed a negative geotaxis when the specimens were subjected to a unfavourable water flow, as it is inside the glass cups. The same was observed under farming conditions in the sea by Pronzato (2002) who also reported about a negative geotaxis when the sponges were kept into plastic tubes. More probably *C. nucula* is

stimulated to start moving when it faces bad conditions such as low water circulation or high sedimentation rates. Anyway, as demonstrated during our experiments, the problem of the sediment is firstly solved thanks to the mucous and more likely to the rhythmic contractions that were previously observed also in other species (Kilian & Wintermann-Kilian, 1979; Bond & Harris, 1988).



Fig. 7: Typical shallow waters consortium of sponges in the Limski kanal, with *Chondrilla nucula*, *Sarcotragus foetidus* and *Aplysina aerophoba* specimens.

According to the data reported by Brümmer *et al.* (2004) about the biodiversity index for the sponge fauna of the Limski kanal, *C. nucula* and *A. aerophoba* result strictly related to each other, almost sharing the same ecological niche. Both species can be found in shallow and enlighten waters, on hard or detritic bottom. Both are able to face the problem of high sedimentation although in different ways. *A. aerophoba* exploits its tubular form and very smooth surface to remain free of sediment (W. Zucht, pers. observ.), while *C. nucula* produces a mucous that constantly covers its body, in which the fine sediment is trapped to be subsequently eliminated. This strategy is also adopted by other sponge species like *Haliclona viscosa* (Rützler,

1965). In this process the rhythmic contractions of the body are likely to help the exfoliation of the mucous. An active particle transport on the sponge surface probably occurs in *C. nucula* as well as demonstrated in *Chondrosia reniformis* (Bavestrello *et al.*, 1998) or in *Dysidea etheria* (Teragawa, 1986) but yet this aspect has to be proved. The presence of the mucous and the ability to perform relatively rapid movements are probably the reasons why the sponge is never overgrown by other organisms. In this sense the antifouling activity expressed by the species would be due to a mechanical process but further investigations are necessary to clarify the composition of the mucous that may contain antifouling compounds, like already reported for other sponge species (e.g. Thompson 1985). On the other hand, the presence of biologically active secondary metabolites in crude extracts obtained by *C. nucula* has been pointed out by several authors (see e.g. Schröder *et al.*, 1990; Sepcic *et al.*, 1997). The rapidity that *C. nucula* showed in crawling, climbing and fragmenting allows the sponge not only to colonise new spaces but also to exploit every kind of substrate including other organisms that do not appear to be damaged or disturbed by overgrowth. This is consistent with the observation by Rützler (1970), Sará (1970) and Wulff (1997) on several sponge species and in contrast with the results by Vicente (1990) for *C. nucula* in Caribbean coral reefs. As previously reported for other sponge-sponge epibiosis phenomena, we too could depict a crevice between *C. nucula* and the overgrown sponges. Contact areas between *C. nucula* and the basibiont sponge are characterised

by a collagenous layer, produced by the epibiont as already reported for other species by Rützler (1970) and Gross et al. (1956).

In conclusion, these observations on *C. nucula* confirm and underline that sponges are in some cases not sessile but capable of active movement as stated for the first time by Burton (1949) and then demonstrated by other authors (Bond & Harris, 1988; Pronzato, 2002). The scenario proposed in this study does not claim to be exhaustive but is intended as an overview where some major interest points are touched to be re-examined in future deeper and more detailed investigations at the cellular, physiological and ecological level.

Acknowledgments

Many thanks to the colleagues at the DIP.TE.RIS of the University of Genoa.

A special thank to the Aquarium of Genoa (Italy) and to the Institute Ruder Boskovic of Rovinj (Croatia) that kindly gave us the possibility to use their facilities.

This work is part of the *BIOTEC*marin project, which is supported by the Federal Ministry of Education and Research, Germany (03F0345D).

References

Bavestrello G., Benatti U., Calcinai B., Cattaneo-Vietti R., Cerrano C., Favre A., Giovine M., Lanza S., Pronzato R. & Sarà M. (1998) Body polarity and mineral selectivity in the Demosponge *Chondrosia reniformis*. *Biol. Bull.* 195: 120-125.

Bell J.J., D.K. Barnes (2000) The distribution and prevalence of sponges in relation to environmental gradients within a

temperate sea lough: inclined surfaces. *Div. Distr.* 6: 305-323.

Bell J.J., Barnes D.K.A., Turner J.R. (2002) The importance of micro and macro morphological variation in the adaptation of a sublittoral demosponge to current extremes. *Mar. Biol.* 140: 75-81

Bonassoro F., Wilkie I.C., Bavestrello G., Cerrano C., Candia Carnevali M.D. (2001) Dynamic structure of the mesohyl in the sponge *Chondrosia reniformis* (Porifera, Demospongiae). *Zoomorph.* (2001) 121: 109-121.

Bond C. & Harris A. (1988) Locomotion of sponges and its physical mechanism. *J. Exp. Zool.* 246: 271-284.

Burton M. (1949) Observations on littoral sponges, including the supposed swarming of larvae, movement and coalescence in mature individuals, longevity and death. *Proc. Zool. Soc. London*, 118: 893-915.

Brümmer F., Calcinai B., Götz M., Leitermann F., Nickel M., Sidri M. & Zucht W. (2004) The sponge fauna of the Limski kanal. *Proceeding of the 6th Sponge Symposium. Boll. Mus. Ist. Univ. Genova.* In press.

Dendy A. (1905) Report on the sponges collected by Professor Herdman, at Ceylon, in 1902. *Herdman Rep. Pearl Oyster Fisheries, suppl.* 18: 57-246.

Gaino E. & Pronzato R. (1983) Étude en microscopie électronique du filament des formes étirées chez *Chondrilla nucula* (Porifera, Demospongiae). *Ann. Sci. Nat. Zool.* 5: 221-234.

Gaino E., Pansini M., Pronzato R. (1976) Osservazioni sull'associazione fra una cianoficea croococcale e la demospongia *Chondrilla nucula*. *Archo oceanogr. limnol.* 18(3): 545-552.

Gaino E., Pansini M., Pronzato R. (1977) Aspetti dell'associazione tra *Chondrilla nucula* Schmidt (Demospongiae) e

- microorganismi simbiotici (batteri e cianofite) in condizioni naturali e sperimentali. *Cah. Biol. Mar.* 18: 303-310.
- Gaino E., Pansini M., Pronzato R. & Cicogna F. (1991) Morphological and structural variations in *Clathrina clathrus* (Porifera, Calcispongiae). In: Fossil and recent sponges. H. Reitner and H. Keupp (eds.), Springer Verlag: 360-371.
- Gaino E., Manconi R. & Pronzato R. (1995) Organizational plasticity as a successful conservative tactics in sponges. *Animal Biol.* 4: 31-43.
- Gaino E., Burlando B. & Buffa P. (1987) Structural and ultrastructural aspects of growth in *Oscarella lobularis* (Porifera, Demospongiae). *Growth* 51 : 451-460.
- Gross J., Sokal Z. & Raugvie M. (1956) Structural and chemical studies on the connective tissues of marine sponges. *J. Histochem. Cytochem.* 4 : 227-246.
- Kilian E.F. & Wintermann-Kilian G. (1979) Mouvement cellulaire et contraction chez *Spongilla lacustris* et *Ephydatia fluviatilis*. In : *Biologie de Spongiaires*. C. Leví & N. Boury-Esnault (eds.) Colloq. Int.C.N.R.S., Paris 291: 137-143.
- Nickel M. (2001) Cell biology and Biotechnology of Marine Invertebrates. Sponges (Porifera) as Model Organisms. Thesis. Arbeiten und Mitteilungen aus dem Biologischem Institut der Universität Stuttgart 32: 149 pp.
- Nickel M., Ellwanger K. & Brümmer F. (2004) Rhythm and coordination of contractions in the sponge *Tethya wilhelma* (Porifera: Demospongiae). *Jahrestagung der Deutschen Zoologischen Gesellschaft*, Berlin, 31. Mai.-4. Juni 2004, Abstractband: 137.
- Palumbi S.R. (1984) Tactics of acclimation: morphological changes of sponges in an unpredictable environment. *Science* 225: 1478-1480
- Palumbi S.R. (1986) How body plans limit acclimation: responses of a demosponge to wave force. *Ecology* 67: 208-214
- Pronzato R. (2002) A climber sponge. *Bollettino dei Musei e degli Istituti biologici dell'Università di Genova* 66-67: 159.
- Pronzato R. & Pansini M. (1994) Evoluzione temporale delle comunità di Poriferi di ambiente roccioso litorale in Mediterraneo. *Biol. Mar. Med.* 1 (1): 159-166.
- Rützler K. (1965) Systematik und Ökologie der Poriferen aus Litoral-Schattengebieten der Nordadria. *Z. Morph. Ökol. D. Tiere* 55: 1-82.
- Rützler K. (1970) Spatial competition among Porifera: solution by epizooism. *Oecologia* 5: 85-95.
- Sará M. (1970) Competition and cooperation in sponge populations. *Symp. zool. Soc. Lond.* 25: 273-284
- Sará M. & Vacelet J. (1973) Ecologie des Démosponges. In : *Traité de Zoologie, Anatomie, Sistématique, Biologie : Spongiaires*. Grassé P.P. Ed. Masson, Paris, 3 : 462-576.
- Schröder H.C., Kljajić Z., Weiler B.E., Gasić M., Uhlenbruck G., Kurelec B., Müller W.E.G. (1990) The galactose-specific lectin from the sponge *Chondrilla nucula* displays anti-human immunodeficiency virus activity *in vitro* via stimulation of the (2'-5')oligodeanelylate metabolism. *Antiviral Chem. Chemo.* 1(2): 99-105.
- Sepčić K., Batista U., Vacelet J., Macek P., Turk T (1997) Biological activities of aqueous extracts from marine sponges and cytotoxic effects of 3-alkylpyridinium polymers from *Reniera sarai*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 117C: 47-53
- Simpson T.L. (1984) The cell biology of sponges, pp. 1-662. Springer Verlag, New York

Teragawa C.K. (1986) Particle transport and incorporation during skeleton formation in a keratose sponge: *Dysidea etheria*. Biol. Bull. 170: 321-334.

Thompson J.E. (1985) Exudation of biologically-active metabolites in the sponge *Aplysina fistularis*. I. Biological evidence. Mar. Biol. 88: 23-26.

Usher K.M., Kuo J., Fromont J. & Sutton D.C. (2001) Vertical transmission of cyanobacterial symbionts in the marine sponge *Chondrilla australiensis* (Demospongiae). Hydrob. 461 : 15-23.

Vicente V.P. (1990) Overgrowth activity by the encrusting sponge *Chondrilla nucula* on a coral reef in Puerto Rico. In: New perspectives in sponge biology. K. Rützler (Ed.) Smithsonian Institution Press. Washington D.C., London : 436-442.

Wilcox T.P., Hill M. & De Meo K. (2002) Observations on a new two-sponge symbiosis from the Florida Keys. Coral Reefs 21: 198-204.

Wulff J.L. (1985) Dispersal and survival of fragments of coral reef sponges. Proceeding Intern. Coral Reef Symp. 5: 119-124.

Wulff J.L. (1995) Effects on hurricane on survival and orientation of large erect coral reef sponges. Coral reefs 14: 55-61.

Wulff J.L. (1997) Mutualisms among species of coral reef sponges. Ecology 78(1): 146-159.

Zucht W., Sidri M. & Brümmer F. Distribution of *Aplysina aerophoba* (Porifera, Demospongiae) in the Limski kanal, a semi-enclosed bay in the northern Adriatic Sea. In preparation.

**First observations on egg release in the
oviparous sponge *Chondrilla nucula*
(Mediterranean Sea)**

SIDRI M., MILANESE M. & BRÜMMER F.

Invertebrate Biology (in press)

First observations on egg release in the oviparous sponge *Chondrilla nucula* (Mediterranean Sea)

Sidri M., Milanese M. & Brümmer F.

¹ Biologisches Institut, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring, 57, D-70569, Stuttgart, Germany

² Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse, Università di Genova, C.so Europa, 26, I-16132, Genoa, Italy

Abstract. The reproduction of the demosponge *Chondrilla nucula* in Portofino (Ligurian Sea, Italy) was studied during August 2001. Eighteen individuals were sampled and examined with light microscopy for the presence of gametes and 5 samples carrying oocytes were found. Besides microscopic observation, reproductive female individuals could be easily identified even at the macroscopic level because of the presence of a greyish layer in the mesohyl where oocytes were concentrated. Oogenesis resulted in modifications of the external sponge morphology and of the aquiferous system

due to the reproductive process. Approximately one-third of the sponge body was filled with oocytes with the consequent disappearance of choanocyte chambers in the reproductive portion of the sponge. Under laboratory conditions, we obtained fertilized eggs from females and observed the first stages of embryonic development. Our observations suggest that fertilization in *Chondrilla nucula* occurs internally and not in the water. During the two years following these observations, no reproductive specimens were found among the same population during the reported reproductive period.

Additional key words: Porifera, reproduction, gametes release, sponge embryo development, cleavage

Several studies on the sexual reproduction of demosponges are available although reproduction for many species still remains undescribed (for review see: Arndt 1930; Sará 1984; Simpson 1984). This is mainly due to difficulties in finding reproductive individuals and in being “at the right time in the right place”. Spawning is frequently observed by divers, especially in coral reefs, where some species reproduce year

round (Reiswig 1973), but in most of the Mediterranean species gametogenesis and spawning are strictly related to temperature and difficult to predict (Sará & Vacelet 1973; Simpson 1984). Most of the previous studies deal with viviparous sponges where it is possible to follow the complete reproductive cycle up to larval development and release (e.g. Fry 1971; Gaino et al. 1987). Yet, little is known about oviparous

species (Lévi 1951; Mariani et al. 2000), for which fertilization and cleavage have been rarely observed (Borojevic 1967; Scalera Liaci et al. 1971; Lévi & Lévi 1976; Simpson 1984; Gallisan 1988). Among these species, in a *Tetilla* species only, fertilization has been shown to occur externally (Watanabe 1978). In other oviparous sponges like *Chondrosia reniformis* and *Polymastia robusta*, the products of spawning are zygotes and young embryos; complete larval development has been observed only in these two species (Borojevic 1967; Lévi & Lévi 1976).

The sexual reproduction of the demosponge *Chondrilla nucula* Schmidt 1862 (Fig. 1a) in the Mediterranean Sea takes place in late summer-early autumn (Scalera Liaci & Sciscioli 1969; Scalera Liaci et al. 1971; Scalera Liaci & Sciscioli 1975). During the whole year this species reproduces mainly

asexually by fragmentation (Fig. 1b), which allows the sponge to rapidly spread on the substrate, forming large patches (Brümmer et al. 2003; Sidri 2004). The species is considered gonochoristic and oviparous but gamete release and larval development have never been observed (Boury-Esnault 2002). Previous studies mainly report light microscopy observations on the reproductive portion of samples (Scalera Liaci et al. 1971; Scalera Liaci & Sciscioli 1975) and the ultrastructure of eggs (Gaino 1980). These studies describe females bearing a variable density of oocytes grouped in the mesohyl close to the exhalant channels and stress the low percentages of specimens developing gametes during the reproductive season within the observed populations, with females exceeding males for a sex ratio up to 5:1 (Scalera Liaci et al. 1971).

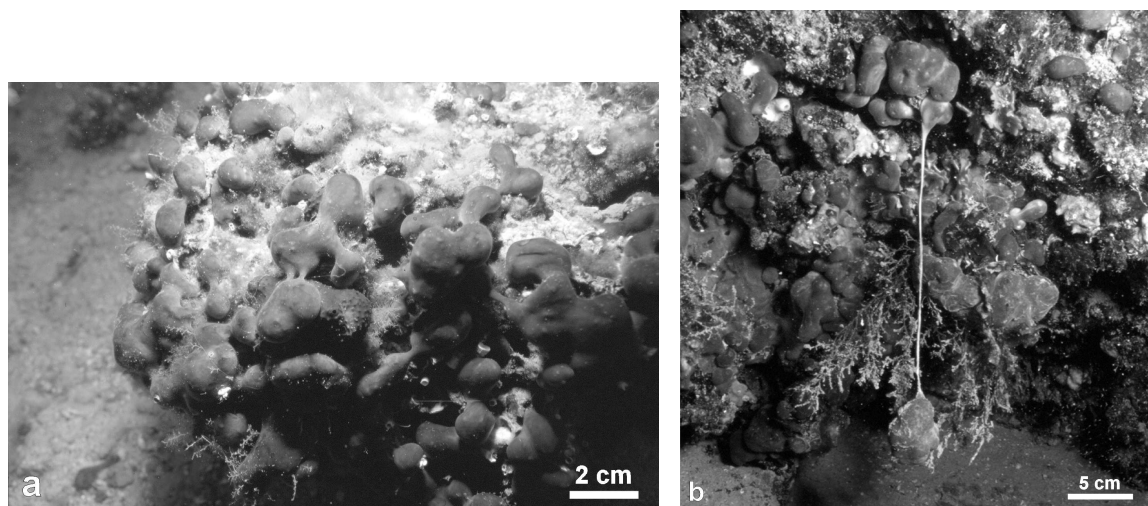


Fig. 1a—b. In **a** a specimen of *Chondrilla nucula* on a rock in its natural environment; **b**, a specimen of *C. nucula* reproducing asexually by dropping part of the sponge body (fragmentation).

Aim of this study was to investigate the still unknown aspects of the reproduction of *C. nucula*, including both the macro-morphological and micro-morphological aspects linked to the gametogenesis and the modifications of the aquiferous system. This work is intended as a contribution to the reconstruction of the reproductive cycle, till the larval development of the sponge.

Methods

Specimens of *Chondrilla nucula* (Fig. 1) were collected by SCUBA diving at the end of August 2001 in the Portofino Promontory Marine Protected Area (Ligurian Sea, Italy) between 10 and 15 m of depth at a temperature of about 22°C. A total of 18 specimens were fixed in 2.5% Glutaraldehyd in seawater within a few minutes after collection. Fixed material was cut in small pieces, dehydrated in ascending alcohol series (20%, 50%, 70%, 80%, 95%, 100% in water) and embedded in paraffin (Plano, Germany). From paraffin blocks, 10 µm slices were cut with a microtome (Leitz 1208), hydrated with a descending alcohol series and stained with 0.1% Toluidin blue. Stained slices were observed with a light microscope and digitally photographed (Zeiss Axiovert 200M equipped with AxioCam). Live specimens taken to the laboratory were placed into small cups provided with an aerator and maintained at 18--20°C. Seawater used for maintenance was collected in the same place where the sponges were sampled. After a few days, some of the specimens started releasing a mucous and the process was facilitated by applying a gentle pressure. This mucus was collected directly from the oscula with a glass pipette. Pairs of glass slides were

therefore glued together as “sandwiches” leaving a space of about 0.5 mm in between to build up small incubation-chambers where the mucous was transferred with a pipette. Slides were observed and photographed during the first hours using a Nikon F-80 camera mounted onto a light microscope (Axioscope, Zeiss, Germany). The same *C. nucula* population was surveyed in the following two years during the supposed reproductive period (August-September). Observations were carried out about once per week and macromorphological changes typical of oogenesis (over-production of mucus, dark-greyish layer in the mesohyl; see the chapter Results) were checked directly underwater. Some samples were also fixed, embedded in paraffin and observed with the light microscope as reported before.

Results

Of the 18 specimens collected in Portofino, 5 were identified as females carrying oocytes while no males carrying spermicysts were detected. Female sponges showed an irregular rough surface covered by an abundant mucous. Hand cut sections from these specimens showed a thick greyish layer right in the middle portion of the mesohyl. Here, densely grouped oocytes could be seen with a stereomicroscope as dark spots (Fig.2).

Once observing the stained sections with the microscope, the oocytes appeared all at the same stage of development and the separation between reproductive and normal portion of the mesohyl was well defined (Fig. 3a). Oocytes measured 50--60 µm in diameter and eggs were surrounded

by a crown of cytoplasmic pseudopodia 15-20 μm long (fig. 3b) as already described by Gaino (1980). We estimated that 30% of the sponge body developed into a mesohyl filled with oocytes. In particular, where oocytes were present there were no choanocyte chambers as in the normal choanosome (fig. 3c) but only some exhalant channels completely surrounded by eggs. Only the upper mesohyl layer presented a normal aquiferous system structure where a higher number of exhalant channels were present.

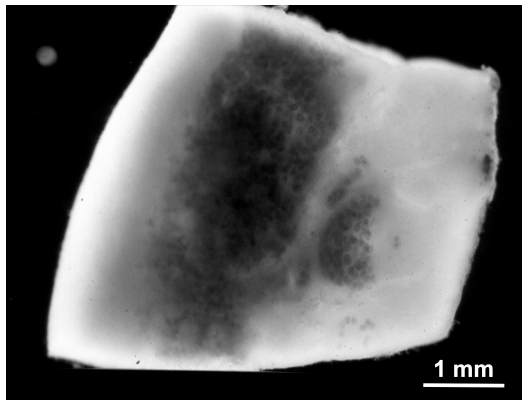


Fig. 2. Hand cut section of a female of *Chondrilla nucula* observed under the stereo microscope. The mesohyl portion filled with oocytes is clearly visible as a dark layer where single rounded oocytes can be distinguished as dark spots.

After few days in aquaria, live specimens released a whitish fluid (a gentle finger pressure was additionally applied to facilitate the collection of the material). Spawning occurred at a temperature of 18--20°C and two days after the full moon. In the spawned material, just after collection, we observed eggs and some of them started soon to divide. The process was not synchronised and after few hours we could observe embryos at different stages of development (Fig. 4a--b). After releasing the eggs, the mother sponges died.

The observed cleavage divisions are holoblastic. The first one resulted in two unequal cells (fig. 4c). Second cleavage was probably asynchronous (fig. 4d). In fact, the only observed second cleavage showed three cells suggesting that the second cleavage was not yet occurred (asynchronous cleavage). The following stage (fig. 4e) appeared as an embryo with two macromeres and four micromeres, but this could also be interpreted as an asynchronous cleavage where the two bigger blastomeres were not yet divided. A stage with more than eight cells was also observed (fig. 4F) but the exact number of blastomeres could not be determined. After few hours of observation a proliferation of ciliates occurred and all the embryos died.

Discussion

Chondrilla nucula is an oviparous sponge for which little is known about its reproductive cycle (Boury-Esnault 2002). In accordance with other works (Scalera Liaci et al. 1971 Gaino 1980), we found a low number of female reproductive specimens suggesting that oogenesis is supported only by few individuals among a population. No male specimens carrying sperm were found in our samples and it is possible that spermatogenesis occurred before oogenesis. In that case, some of the collected specimens that were not reproductive could have been males. The possibility of a parthenogenesis phenomena is not completely excluded although it has been observed in sponges only once in *Halisarca dujardini* (Korotkova & Alpakova 1975).

We observed total mortality of specimens after spawning, which could be consistent

with a scenario of energy expenditure devoted to reproduction (Usher et al. 2004).

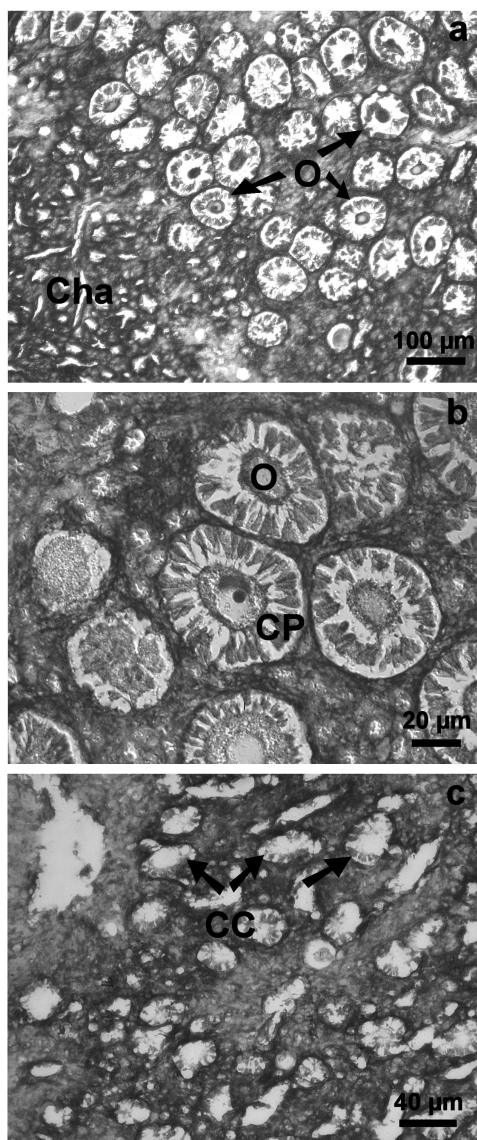


Fig. 3a—c. Micrographs of paraffin sections of the mesohyl of *Chondrilla nucula*. **a.** Mesohyl of a female specimen on the boundary between the reproductive portion where oocytes are clearly visible, and another part where the channels are present. **b.** Mature egg surrounded by cytoplasmic pseudopodia. **c.** Portion of the mesohyl of a non-reproductive individual where choanocyte chambers are visible. (CC = choanocyte chambers; Cha = channels; O = oocytes; CP = cytoplasmic pseudopodia).

Higher energy investments in reproduction have been proposed for oviparous sponge species versus viviparous ones (Garrabou & Zabala 2001). One hypothesis explaining

the mortality after spawning could be that up to 1/3 of each reproductive specimen was occupied by oocytes with a consequent corresponding reduction in the aquiferous system. This is also supported by the observations of Usher et al. (2004) on *C. australiensis*, in which reproduction appeared to seriously deplete the nutritional status of the sponges that were considerably thinner after spawning. In our case, the artificial conditions were not optimal for the sponge and this, together with the energy expenditure of reproduction may have hastened the process.

Some studies on other demosponges demonstrated that oocytes are derived either from choanocytes (Diaz et al. 1973, 1975; Korotkova & Aisenstadt 1976; Diaz 1979a; Gallisan 1981; Gaino et al. 1986; 1987) or from archeocytes (Leveaux 1941; Lévi 1956; Simpson 1968). Usher et al. (2004) reported that in *C. australiensis*, the oocytes develop within choanocyte chambers. In *C. nucula*, the almost complete absence of choanocytes chambers in the reproductive portion also suggests a similar origin but this has still to be demonstrated.

During our study, we were able to observe the release of zygotes and to follow their development up to different cell division stages. As it was possible to collect them directly from the osculum, and each sponge specimen was kept separated from the others being maintained in different cups, fertilization in *C. nucula* must be internal and must have occurred prior to collection. This is consistent with observations on other sponge species (e.g. Borojevic 1967) and especially the work by Lévi & Lévi (1976) on *Chondrosia reniformis*, a close relative of *C. nucula*.

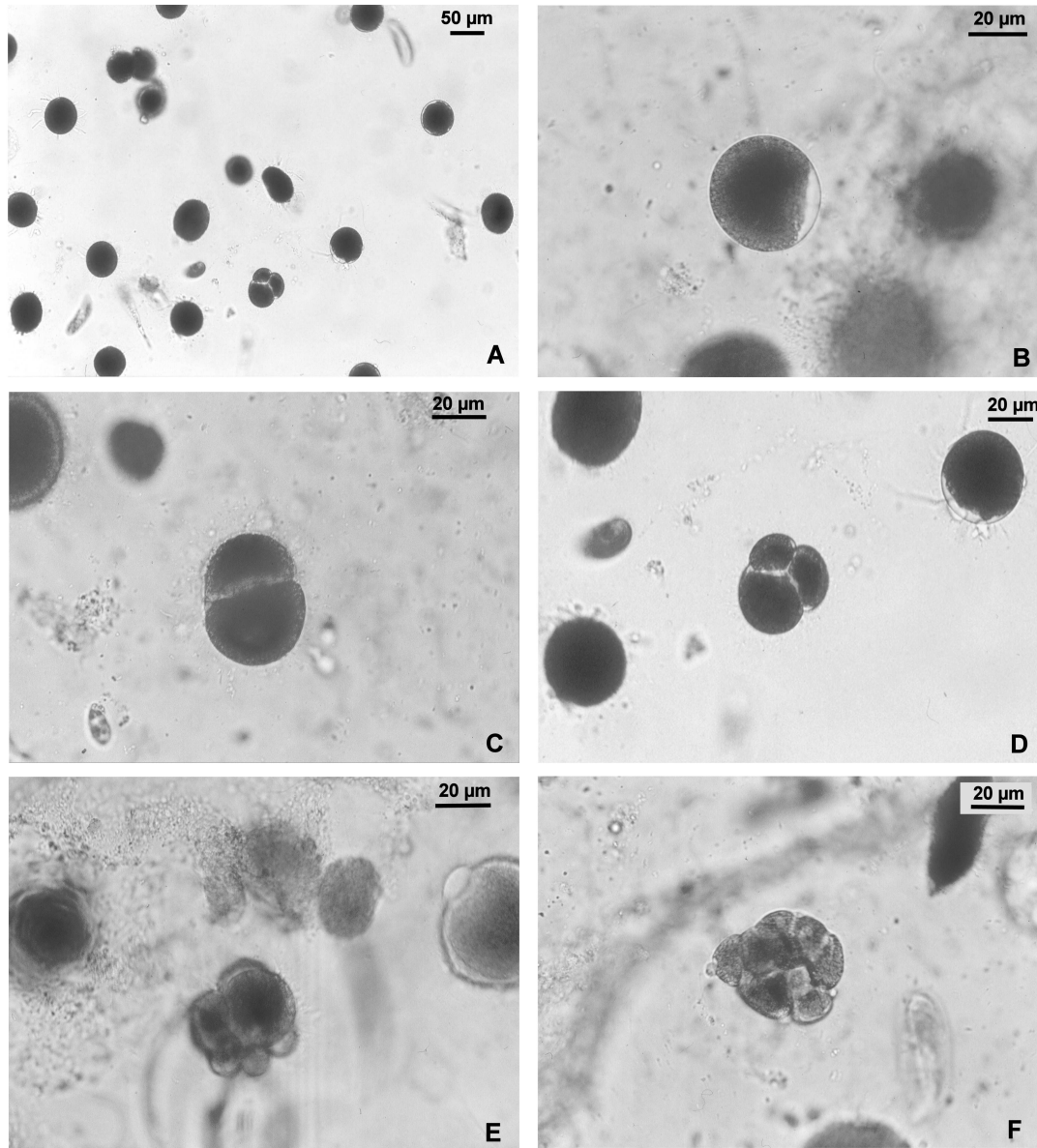


Fig. 4a–f. Fertilized eggs of *Chondrilla nucula* in different stages of development photographed just after release. **a.** Eggs and young embryos just after release. **b.** One-cell stage. **c.** Two-cells stage after the first division. **d.** An embryo after the second cleavage division (three- or four-cells stage). **e.** Embryo at six-cells stage probably originating from an asynchronous cleavage; **f.** A more than eight-cells stage.

The observed embryo divisions resemble to a holoblastic and unequal cleavage (fig. 4c–f). Although it is not easy to understand from these pictures, an unequal and orthogonal cleavage would lead to the formation of a blastula with micromeres and macromeres, which we did not observe in the following stages (fig. 4f) giving the impression that divisions are asynchronous.

In some sponges a radial or pseudo-radial cleavage with orthogonal divisions has been observed in some oviparous sponges, leaving open this hypothesis also in *C. nucula* (Watanabe 1978). From these first results it is still impossible to build up a detailed cleavage model for *C. nucula* and further studies are necessary.

The difficulty to rear mature sponges in aquaria (Nickel et al. 2001; Nickel & Brümmer 2003) largely increases when sponge embryos and/or larvae are concerned (Simpson 1984). Protozoans proliferation, that constitutes the prime contaminating factor during cell-culture attempts with sponge cells (for a review see Rinkevich 1999), rapidly developed in our incubation-chambers, thus making it impossible to follow the complete larval cycle through metamorphosis. In order to obtain more information e.g. more detailed cleavage stages, we surveyed the same *C. nucula* population over a two-year period during the reported reproductive season (Scalera Liaci & Sciscioli 1969; Scalera Liaci et al. 1971; 1975) but we never succeeded again in obtaining reproductive specimens. As already stated by Gaino (1980) and Scalera-Liaci et al. (1971; 1975), sexual reproduction in *C. nucula* seems not to occur every year among the same population. Although the prediction of the effect is difficult, temperature, and probably lunar cycle, plays important roles in triggering the reproductive process as suggested also for *C. australiensis* (Usher et al. 2001). A synchronised timing for gametes release might be needed to maximise success and optimise the high-energy cost of sexual reproduction. Given this, it is not surprising that *C. nucula* mostly reproduces asexually by fragmentation (Pronzato 2002), which results in a very successful dispersal method occurring over the whole year and not limited to a precise and synchronised spawning season.

In conclusion, our observations contribute to the knowledge of embryo development

in oviparous sponges, adding some of the hitherto still unknown information about the first stages of the life history of *C. nucula*.

Acknowledgments

The authors want to thank Prof. Pronzato and Prof. Sará of the Dip.Te.Ris. of the University of Genoa (Italy) for their support and precious suggestions. A special thanks goes to the staff at “The European Dive’in Centre” of Santa Margherita Ligure (Italy) for field support and logistics.

References

- Arndt W 1930. Schwämme. In: *Tabulae Biologicae*, Junk W, ed., pp. 39-120. Junk, Berlin.
- Borojević R 1967. La ponte et le développement de *Polymastia robusta*. *Cah. Biol. Mar.* 8: 1-6.
- Boury-Esnault N 2002. Order Chondrosida Boury-Esnault & Lopés, 1985. Family Chondrillidae Gray, 1872. In: *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges*, JNA Hooper & RWM Van Soest eds., pp. 291-297. Kulwer Academic/Plenum Publisher, New York.
- Brümmer F, Nickel M & Sidri M 2003. Porifera (Schwämme). In: *Das Mittelmeer*. Hofrichter R, ed, pp. 302-383. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- Diaz JP 1979. La degenerescence ovocytaire chez la demosponge *Suberites massa*. In: *Biologie des Spongiaires*. Lévi C. & Boury-Esnault N. (eds) *Colloq. Internat. C.N.R.S.*, Paris pp 79-86
- Diaz JP, Connes R & Paris J 1973. Origine de la lignée germinale chez une demosponge de l'étang de Thau: *Suberites massa* Nardo. *C. R. Acad. Sci.* 277: 661-663.

- 1975. Étude ultrastructurale de l'ovogenèse d'une demosponge: *Suberites massa* Nardo. J. Micros. 24: 105-116.
- Fry WG 1971. The biology of larvae of *Ophlitaspongia seriata* from two North Wales populations. Proceedings of the 4th European marine biology Symposium, Gisp DJ, ed., pp. 155-178. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gaino E 1980. Indagine ultrastrutturale sugli ovociti maturi di *Chondrilla nucula* Schmidt (Porifera, Demospongiae). Cah. Biol. Mar. 21: 11-22.
- Gaino E, Burlando B & Buffa P 1986. Contribution to the study of egg development and derivation in *Oscarella lobularis* (Porifera, Demospongiae). Internat. J. Invert. Reprod. Dev. 9: 59-69.
- 1987. Ultrastructural study of oogenesis and fertilization in *Sycon ciliatum* (Porifera, Calcispongiae). Internat. J. Invert. Reprod. Dev. 11: 73-82.
- Gallisan MF 1981. Etude ultrastructurale de l'ovogenèse chez quelques éponges calcaires (Porifera, Calcarea). Arch. Zool. Exp. Gén. 122(4): 329-340.
- 1988. Étude ultrastructurale de l'ovogenèse et de la fécondation chez *Leucilla endoumensis* (Spongiaire, Calcarea). C.R. Acad. Sci. Paris Sér. III, 306 : 245-252.
- Garrabou J & Zabala M 2001. Growth dynamics of four Mediterranean Demosponges. Estuar. Coast. Shelf Sci. 52 : 293-303.
- Korotkova GP & Alpakova LV 1975. Oogenesis of the Barentz Sea sponge *Halisarca dujardini* Johnston. In: Comparative and Experimental Morphology of the Sea Organisms, pp. 9-26. Kolske Filial Academic Science, USSR.
- Korotkova GP & Aisenstadt TB 1976. A study of the oogenesis of the marine sponge *Halisarca dujardini*. I. The origin of oogonia and early stages of oocyte development. Tsitologiia 18 : 549-555.
- Leveaux M 1941. Contribution à l'étude histologique de l'ovogénèse et de spermatogénèse des spongillidae. Ann. Soc. Roy. Zool. Belg. 72 : 251-269.
- Lévi C 1951. L'Òviparité chez les spongiaires. C .R. Acad. Sci. Ser. A, Paris 233: 272--275.
- 1956. Étude des *Halisarca* de Roscoff. Embriologie et systematique des démosponges. Arch. Zool. Exp. Gén. 93: 1-118.
- Lévi C & Lévi P 1976. Embriogenée de *Chondrosia reniformis* (Nardo), démosponge ovipare, et transmission des bactéries symbiotiques. Ann. Sci. Nat. Zool. 18 : 367--380.
- Mariani S, Uriz MJ & Turon X 2000. Larval bloom of the oviparous sponge *Cliona viridis*: coupling of larval abundance and adult distribution. Mar.Biol.137: 783--790.
- Nickel M & Brümmer F 2003. In vitro sponge fragment culture of *Chondrosia reniformis* (Nardo, 1847). J. Biotech.100: 147--159.
- Nickel M, Leininger S, Proll G & Bümmer F 2001. Comparative studies on two potential methods for the biotechnological production of sponge biomass. J. Biotech. 92: 169--178.
- Pronzato R 2002. A climber sponge. Boll. Mus. Istit. Biol. Univ. Genova 66--67: 159.
- Reiswig H 1973. Population dynamics of three Jamaican Demospongiae. Bul. Mar. Sci. 23: 191--226.
- Rinkevich B 1999. Cell cultures from marine invertebrates: obstacles, new approaches and recent improvements. J. Biotech. 70: 133--153.
- Sará M 1984. Porifera. In: Reproductive biology of Invertebrates. Vol V, Sexual Differentiation and Behaviour. Aydodi K.G & Aydodi R.G. (Eds.). Oxford & IBH

Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi: 1--29.

Sará M & Vacelet J 1973. Ecologie des Démosponges. In: Traité de Zoologie, Anatomie, Sistematique, Biologie: Spongiaires, tome3. Grassé PP, ed. pp. 462--576. Masson, Paris,

Scalera Liaci L & Sciscioli M 1969. La riproduzione sessuale di alcuni Tetractinellidi (Porifera). Boll. Zool. 36(1): 61--70.

----1975. Sexual reproduction of some marine Porifera. Pubbl. Staz. Zool. Napoli 39: 307--316.

Scalera Liaci L, Sciscioli M & Matarrese A 1971. La riproduzione sessuale di alcuni Tetractinomorpha (Porifera). Atti Soc. Pelorit. Sci. Fis. Mat. Nat. 17(3--4): 235--245.

Sidri M 2004. *Chondrilla nucula* (Porifera, Demospongiae): an example of successful

plasticity. Moephological and ecological aspects. PhD thesis, University of Stuttgart, Stuttgart, Germany. 223 pp.

Simpson TL 1968. The biology of the marine sponge *Microciona prolifera* (Ellis and Sollander). II. Temperature-related annual changes in functional and reproductive elements with a description of larval metamorphosis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2 : 252--277.

----1984. The cell biology of sponges, pp. 1--662. Springer Verlag, New York.

Usher KM, Kuo J, Fromont J & Sutton DC 2001. Vertical transmission of cyanobacterial symbionts in the marine sponge *Chondrilla australiensis* (Demospongiae). Hydrobiologia 461: 15--23.

Watanabe Y, 1978. The development of two species of *Tetilla* (Demosponge). Natural Science Report of the Ochanomizu University 29: 71--106.

**The marine sponge *Chondrilla nucula* Schmidt,
1862 as an elective candidate for bioremediation
in integrated aquaculture**

**MILANESE M., CHELOSSI E., MANCONI R., SARÀ A., SIDRI M.,
PRONZATO R.**

Biomolecular Engineering (2003) 20: 363-368



ELSEVIER

Biomolecular Engineering 20 (2003) 363–368

**Biomolecular
Engineering**

www.elsevier.com/locate/geneanabioeng

The marine sponge *Chondrilla nucula* Schmidt, 1862 as an elective candidate for bioremediation in integrated aquaculture

Martina Milanese^{a,*}, Elisabetta Chelossi^a, Renata Manconi^b, Antonio Sarà^a,
Marzia Sidri^c, Roberto Pronzato^a

^a Dip. Te. Ris., Università di Genova, C.so Europa 26, 16132 Genoa, Italy

^b Dipartimento di Zoologia e Antropologia Biologica dell'Università, Via Muroni 25, 07100 Sassari, Italy

^c Biologisches Institut, Abteilung Zoologie, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 57, 70596 Stuttgart, Germany

Abstract

The use of sponges for marine bioremediation in a farming scenario has been investigated focusing on *Chondrilla nucula*. We report experiments examining clearance and retention rates of the bacterium *Escherichia coli*. Despite low values expressed for clearance tests, *C. nucula* exhibited a marked ability to retain high quantities of bacteria. One square meter patch of this sponge can filter up to 14 l/h of sea water retaining up to 7×10^{10} bacterial cells/h. This suggests that *C. nucula* is a suitable species for marine environmental bioremediation.

© 2003 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

Keywords: Bioremediation; *Chondrilla nucula*; Clearance rates; Retention rates

1. Introduction

Sponges are filter-feeding animals frequently characterising large benthic communities that have capability to process the water column above within 24 h [1], retaining up to 80% of suspended particles [2,3]. Despite relatively low pumping rates, sponges can exhibit high retention rates as a function of well-developed aquiferous systems [4,5]. This ability is significant in benthic–pelagic coupling, and suggests the Porifera are able to influence or ameliorate microbial polluting assemblages associated with faecal contamination [6].

During the last decades, sponge farming has been proposed for the production of sponge biomass [7–12], for helping sponge population recover after overexploitation and mass mortality events [11] and for integrated aquaculture systems [10–12]. Sponge farming is relatively simple, practicable and utilises inexpensive technologies. To optimise productivity in an integrated aquaculture sponge farming, operative target sponge

species must show good adaptability to the local environmental conditions, to the farming system itself and must exhibit efficient food retention rates. Many different approaches, both direct and indirect, have been applied to investigate filtering efficiencies and particle uptake in sponges. These studies have focused on the energy balance of filtering activity [1,4,13], the effects of temperature [13,14], and on the uptake of microorganisms and/or particles [2,3,15–18].

A common method used to define filtering and retention rates is to apply a clearance test, that is, to calculate the clearance effect of a filter feeder on suspended particles within a given volume of water [19]. This test leads to the indirect evaluation of the theoretical volume of water filtered in a unit of time, through the progressive depletion in suspended particles, assuming that 100% of these are retained. The test can give a good estimation of the actual retention rate of a filter feeder on a given class of particulate matter. Although clearance tests can be performed using a wide range of tracers (i.e. microbes, unicellular algae or synthetic calibrated particles), we decided to use *Escherichia coli* [6,15,17,20,21] in order to additionally determine the potential impact of sponge filtering activity on waters polluted by bacteria and faecal contamination. *E.*

* Corresponding author. Tel.: +39-010-353-8036; fax: +39-010-353-8209.

E-mail addresses: m.milanese@dipteris.unige.it, martinix@iol.it (M. Milanese).

coli has already been used in such tests and proved to be easily assumed by sponges as a food item [17,20,21].

Chondrilla nucula is a Mediterranean marine sponge living in shallow waters [22], also in presence of high sedimentation rates [23]. This photophylous species shows a modular growth system due to the production of clones that can form large patches on hard substrata [24]. *C. nucula* exhibits a strong ability to compete for space [25–27], and contains deterrent chemicals [28,29] as well as novel compounds [30–33]. We already tested *C. nucula* in Mediterranean experimental sponge farms, where it showed high tolerance to transplantation as well as high growth rates [24]. We report results on *C. nucula* clearance and retention rates, to better focus on its suitability within bioremediation sponge farming plants.

2. Materials and methods

2.1. Sponge sampling

Sponge samples were collected at the Olivetta (Portofino Promontory, Ligurian Sea) by SCUBA diving, at a depth of 10–15 m ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) in August 2002. Samples were carefully detached from the substratum, immediately transported to the laboratory within cooled bags and kept in an aquarium containing sterilised artificial sea-water (SASW) at a temperature between 16 and $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Samples were let acclimating for 1 day before testing and water was substituted twice with new SASW in order to avoid water contamination by other bacteria and particulate matter that could compete with *E. coli* uptake. To ascertain any chemical influence originated by the sponge that could inhibit *E. coli* growth or determine *E. coli* death, we performed preliminary tests using crude extracts of *C. nucula*. No biological activity on *E. coli* in Petri dishes was registered (unpublished data).

2.2. Clearance test

Two clearance tests were performed in batches at a temperature comprised between 16 and $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ using *E. coli* ATCC 25922 strain.

An appropriate number of sponge clones to reach approximately 25 cm^3 (test 1) and 20 cm^3 (test 2) as final sponge volume were put into three batches containing 300 ml each of SASW. Water was kept in constant movement by a magnetic stirrer (ca. 100 rpm). Control batches were prepared containing 300 ml of the same water without sponges. Overnight culture of *E. coli* was added to both the sample and control batches at a final concentration of approximately $6\text{--}7 \times 10^6$ bacterial cells/ml.

Aliquots of water (1 ml, three replicates) were taken every hour from each batch; at the first sampling time (t_0) the number of bacterial cells inoculated was checked. Test 1 was performed for 7 h for a total of eight water samplings ($t_0\text{--}t_7$) and test 2 for 8 h ($t_0\text{--}t_8$). Each aliquot was 10-fold diluted and plated on M-Faecal Coliform Agar (Microbiol, Italy) in three replicates. Plates were incubated at $44\text{ }^{\circ}\text{C}$ overnight and colony forming units (CFU)/ml were counted. Viable counts of each sample were compared with the control, appropriately corrected with the natural mortality rate and analysed as suggested by Coughlan [19]. The average number of bacterial cells ingested per h by 1 cm^3 of living sponge was also calculated.

3. Results

The average concentration of *E. coli* at any sampling time after correction for blank and related clearance rates are shown for every batch in Fig. 1a and b (test 1) and Fig. 2a and b (test 2). Initial concentrations of 7.3×10^6 bacterial cells/ml (test 1) and 2.3×10^7 bacterial cells/ml (test 2) were found.

Though variability was quite high for each batch (Fig. 1a and Fig. 2a), bacterial concentrations decreased markedly with time, with an average depletion of 6.4×10^5 and of 3×10^5 bacterial cells/ml per h in test 1 and test 2, respectively (Fig. 3a; data calculated on a linear regression curve, $R^2_{(\text{test}1)} = 0.6904$ and $R^2_{(\text{test}2)} = 0.1472$). These average depletions corresponded to 7.4×10^6 (test 1) and 6×10^6 (test 2) bacterial cells retained per h by 1 cm^3 of living sponge.

Clearance values reflected the variability in concentration of *E. coli* at any sampling time (Fig. 1b and Fig. 2b). Each batch exhibited a broad range of clearance rates during the experiments but there was a substantial overlap of values when considering the three batches of each test together. Some negative clearance rates were recorded from bacterial concentrations, which were higher than the t_0 value. These were a function of the variability recorded around each mean estimate. This phenomenon had already been reported in other works [3,13]. Linear regressions for each batch (except batch 3 in test 2) showed a positive slope suggesting an increase in the filtering activity with time. This apparent trend was confirmed when plotting the mean clearance values for each sampling time in the two tests, though correlation was quite low (Fig. 3b; $R^2 = 0.0507$ for test 1 and $R^2 = 0.1131$ for test 2). The average clearance rates were 1.4 ± 0.3 ml and 0.2 ± 0.4 ml filtered per h by 1 cm^3 of living sponge in test 1 and 2, respectively. The two sets of data were compared for each sampling time using a *T*-test, proving to be significantly distinct ($P < 0.05$) except for t_2 and t_3 .

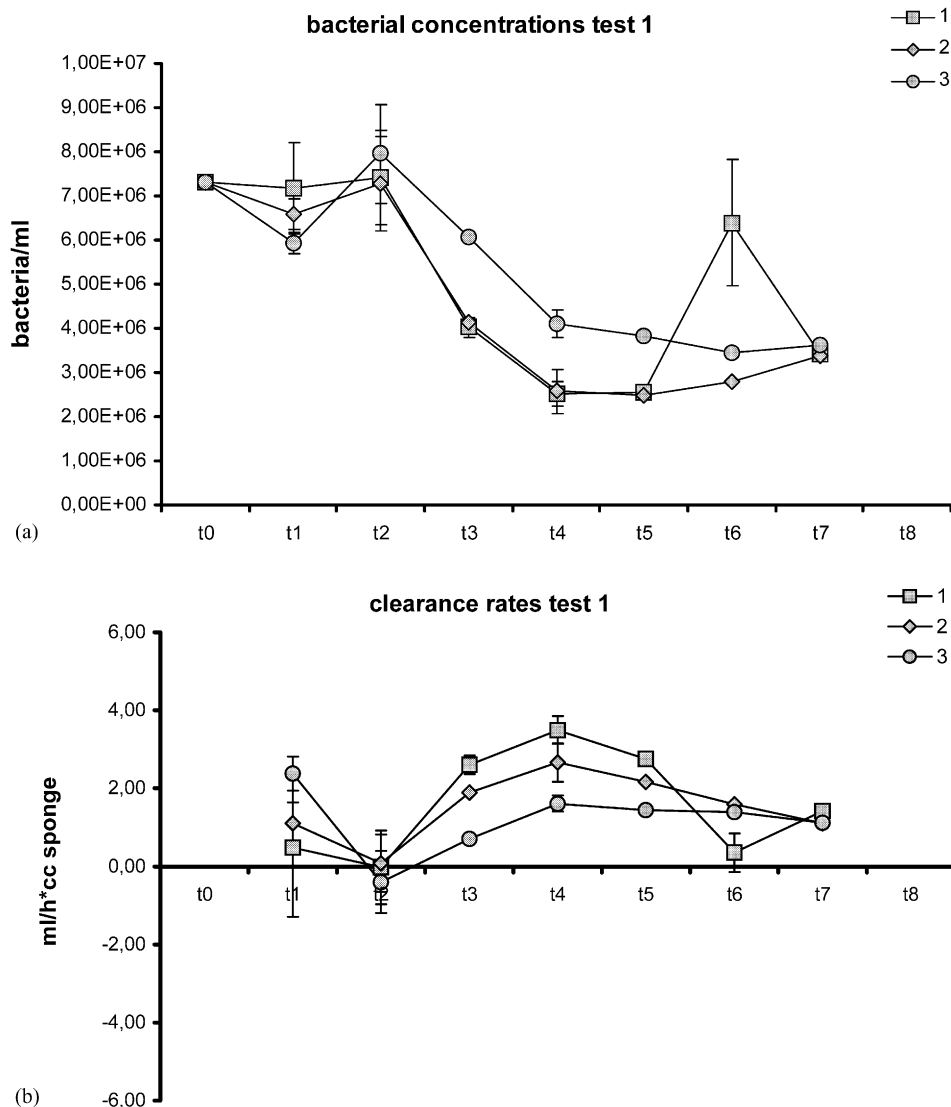


Fig. 1. Test 1: bacterial concentrations (a) and related clearance rates (b) for the three experimental batches. Error bars indicate standard errors. Numbers 1–3 indicate the three experimental batches (replicates).

Clearance rates in the two tests differed for one order of magnitude while the average numbers of bacterial cells filtered by a unit of sponge in a unit of time were of the same order of magnitude. This fact is presumably related to the initial concentration of suspended bacterial cells in the two tests (Table 1).

4. Discussion

E. coli was chosen as suspended tracer following indications by several authors of its suitability in such a test [6,15,17,20,21]. It is known that sponges can retain a wide dimensional range of particulate matter, feeding both on colloidal macromolecules and on the smallest elements of bacterioplankton [2,3,34]. In particular, sponges can actively feed on bacteria [2,3,35] and good

growth rates have been recorded using these microorganisms as food sources [20,36,37]. *E. coli* enters the aquatic environment from the discharge of faecal contamination introduced by some warm-blooded animal sources and is commonly used as a bioindicator to determine the rate of faecal contamination in the sea [38]. Our data show a strong variability in bacteria depletion and clearance rates by sponges with time, consistent with reports by other authors [3,14,21]. Such variability, as well as the presence of negative clearance rates, might be due both to local differences in bacterial concentration when sampling water aliquots and to actual changes in filtering activity and/or water transport by sponges over time [3,14,39]. In fact, it is well known that sponges can regulate their pumping rates and even stop filtering, according to physiological and/or behavioural needs [3,34]. Results of clearance tests on

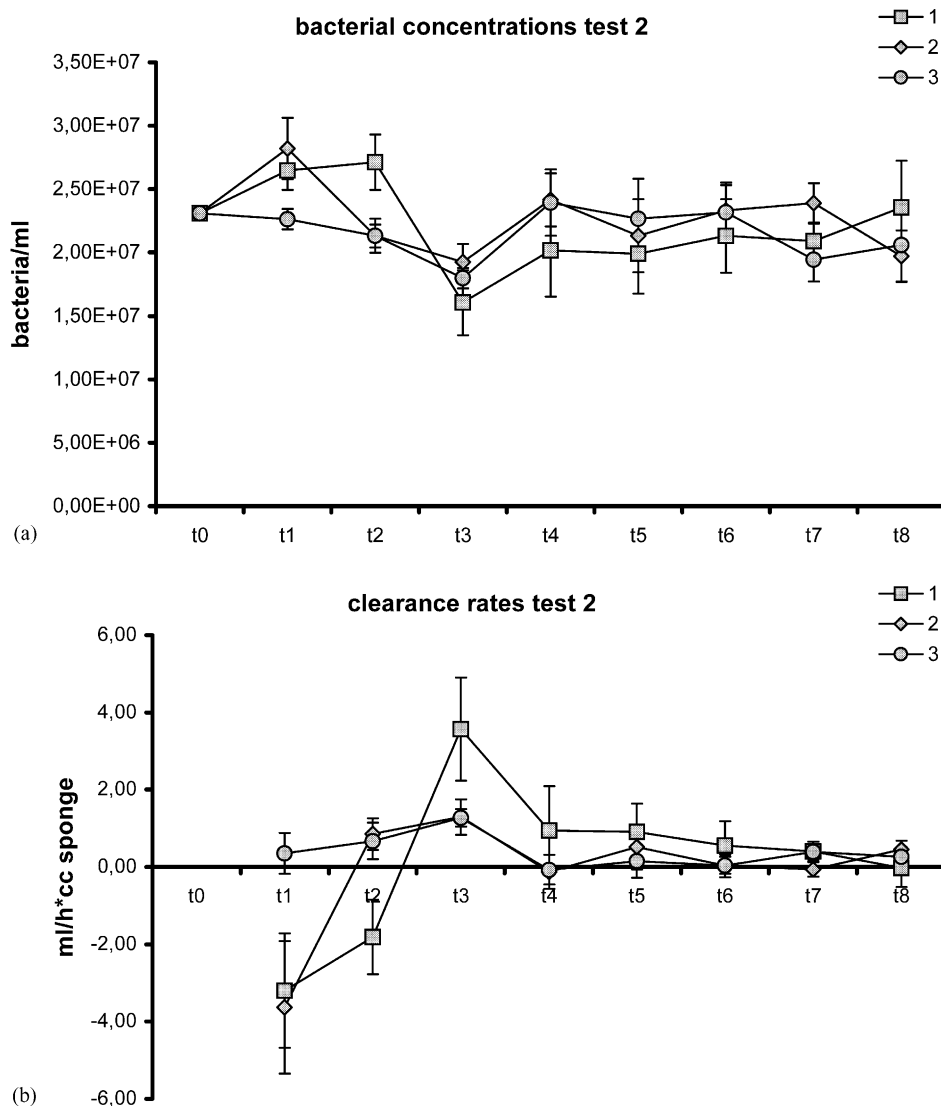


Fig. 2. Test 2: bacterial concentrations (a) and related clearance rates (b) for the three experimental batches. Error bars indicate standard errors. Numbers 1–3 indicate the three experimental batches (replicates).

C. nucula showed low clearance rates, compared with values reported elsewhere [13,14]; retention rates, however, were high, that is, the sponge expressed a strong impact on suspended bacteria.

Clearance rate is an indirect evaluation of the filtering capability of an organism, assuming 100% retention of suspended particles passed through its filtering apparatus [19]. This leads to an underestimation of the actual volume of water filtered by the tested species. As far as the potential use of sponges within integrated aquaculture is concerned, a more useful value is constituted by the effective retention rates expressed by tested organisms. Data reported in this paper show a marked decline in *E. coli* concentration corresponding to a retention activity of $6\text{--}7 \times 10^6$ bacterial cells/h per 1 cm^3 of living sponge despite the quite low clearance rates demonstrated. Comparing the two tests, no substantial

differences were depicted in the average retention rates. Clearance rates differed by one order of magnitude, presumably due to the corresponding differences in initial concentrations of *E. coli* in the two tests. This fact suggests that *C. nucula* could regulate its filtering activity in order to keep the amount of food ingested constant. The former hypothesis is also strengthened by the positive slopes observed in the linear regression curves, which indicate a progressive increase in filtration with time, and with depletion in bacterial cells (Fig. 3a and b). Converting these results to a larger scale, this means that a 1 m^2 patch of *C. nucula* (ca. $10\,000 \text{ cm}^3$ of sponge volume) can process up to 1.4×10^4 ml of water (14 l)/h, retaining up to 7.4×10^{10} suspended bacterial cells.

Bioremediation in marine systems is a new and sustainable tool to be applied in waters subjected to

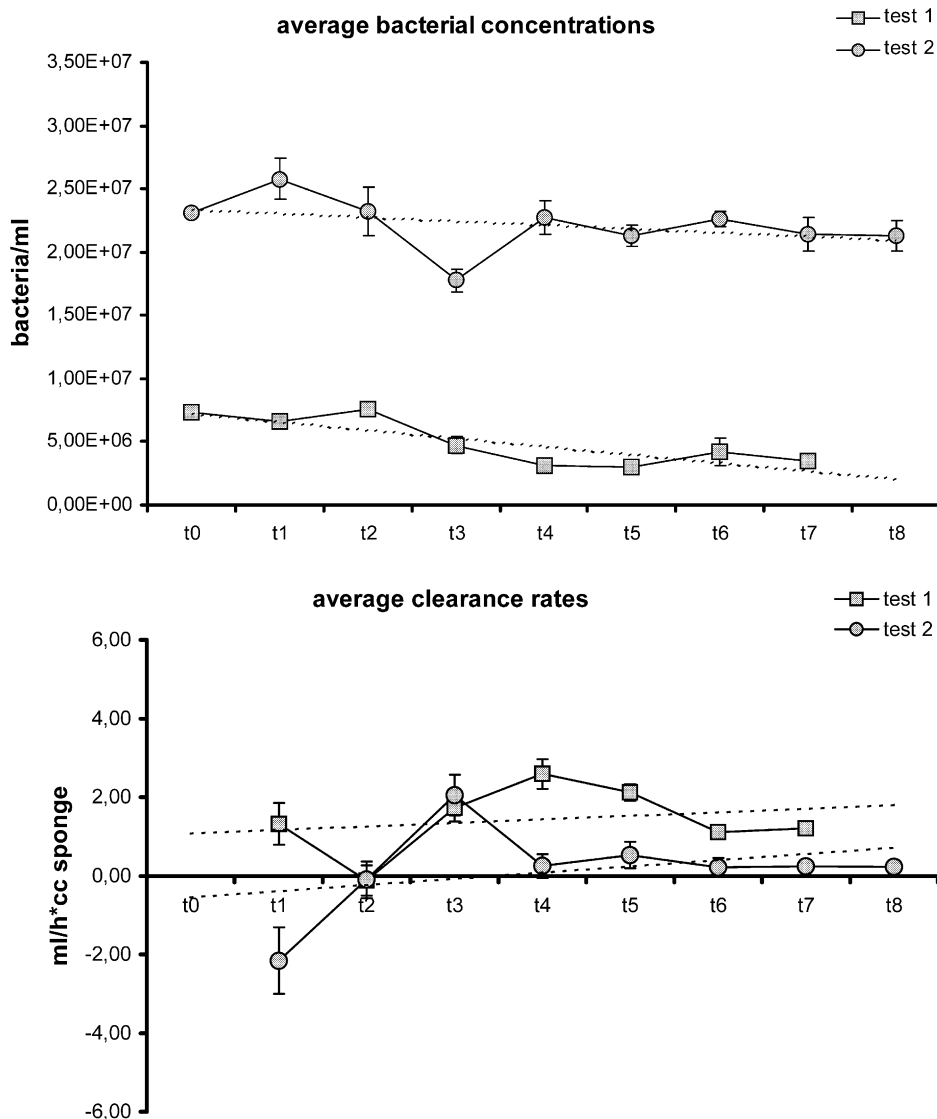


Fig. 3. Comparison between average bacterial concentrations in test 1 and test 2 (a); comparison between average clearance rates in test 1 and test 2 (b). Error bars indicate standard errors.

high charges of organic pollutants (such as fish farms and urban sewage discharges).

C. nucula is a Mediterranean species that can be easily farmed due to its ability of reproducing quickly by

Table 1

The table summarises the results of the two tests performed on *C. nucula*

	Test 1	Test 2
Initial <i>E. coli</i> concentration ^a (cells/ml)	7.3×10^6	2.3×10^7
Retained bacteria (cells/h) ^b	7.4×10^6	6×10^6
Clearance rate ^c	1.4 ± 0.3	0.2 ± 0.4

^a Average concentration of *E. coli*.

^b The average amount of retained bacteria is expressed as a function of time and sponge volume (1 h, 1 cm³ of living sponge).

^c The clearance rates are expressed in ml/h per cm³ of sponge \pm standard error.

fragmentation [24] and also because it is a strong competitor for space [25–27]. Moreover, as demonstrated, *C. nucula* can retain high quantities of suspended bacteria. The species also produces several bioactive chemicals [30–33] and is postulated to contain deterrent compounds [28,29]. These characteristics promote the farming of *C. nucula* in many different areas as a bioremediator in marine waters. The cultivation of the species can be used as biofilter and associated to the production of sponge biomass for commercial extraction of useful metabolites.

Acknowledgements

This work was supported by the Italian Government (Ministero Politiche Agricole e Forestali).

References

- [1] Reiswig HM. *J Exp Mar Biol Ecol* 1974;14:231–49.
- [2] Reiswig HM. *Biol Bull* 1971;141:568–91.
- [3] Reiswig HM. *Can J Zool* 1977;55:582–9.
- [4] Thomassen S, Riisgård HU. *Mar Ecol Prog Ser* 1995;128:239–46.
- [5] Riisgård HU, Larsen PS. *J Sea Res* 2000;44:169–93.
- [6] Claus G, Madri P, Kunen S. *Nature* 1967;216:712–4.
- [7] Verdenal B, Vacelet J. In: Rützler K, editor. *New perspectives in sponge biology*. Washington, DC: Smithsonian Institute Press, 1990:416–24.
- [8] Josupeit H. *Infofish Int* 1991;91:21–6.
- [9] Shang YC. *Infofish Int* 1991;91:42–4.
- [10] Manconi R, Cubeddu T, Corriero G, Pronzato R. In: Enne G, Greppi GF, editors. *New species for Mediterranean aquaculture*, 1999:269–74.
- [11] Pronzato R. *Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst* 1999;9:485–93.
- [12] Pronzato R, Bavestrello G, Cerrano C, Magnino G, Manconi R, Pantelis J, Sarà A, Sidri M. *Mem Queensl Mus* 1999;44:485–91.
- [13] Riisgård HU, Thomassen S, Jakobsen H, Weeks JM, Larsen PS. *Mar Ecol Prog Ser* 1993;96:177–88.
- [14] Frost TM. *Arch Hydrobiol* 1980;99:330–56.
- [15] Madri PP, Claus C, Kunen SM, Moss EE. *Life Sci* 1967;6:889–94.
- [16] Wilkinson CR, Garrone R, Vacelet J. *Proc R Soc London B* 1984;220:519–28.
- [17] Van de Vyver G, Vray B, Belaouane S, Toussaint D. In: Rützler K, editor. *New perspectives in sponge biology*. Washington, DC: Smithsonian Institute Press, 1990:511–5.
- [18] Turon X, Galera J, Uriz M. *J Exp Zool* 1997;278:22–36.
- [19] Coughlan J. *Mar Biol* 1969;2:356–8.
- [20] Rasmont R. *Ann Soc R Zool Belg* 1961;91:147–56.
- [21] Willenz P, Vray B, Maillard MP, Van de Vyver G. *Physiol Zool* 1986;59:495–504.
- [22] Boury-Esnault N. In: Hooper JNA, Van Soest RWM, editors. *Systema Porifera: a guide to the classification of sponges*, vol. 1. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002:291–7.
- [23] Brümmer F, Götz M, Leitermann F, Nickel M, Sidri M, Zucht W. *Boll Mus Ist biol Univ Genova* 2002;66–67:38.
- [24] Pronzato R. *Boll Mus Ist biol Univ Genova* 2002;66–67:159.
- [25] Suchanek TH, Carpenter RC, Witman JD, Harvell CD. In: Reaka ML, editor. *The ecology of deep and shallow coral reefs*. Rockville, MD: National Oceanic and Atmospheric Administration/NURP, 1983:55–60.
- [26] Vicente VP. In: Rützler K, editor. *New perspectives in sponge biology*. Washington, DC: Smithsonian Institute Press, 1990:436–42.
- [27] Alcolado PM. In: Van Soest RWM, Van Kempen TMG, Braekman J, editors. *Sponges in time and space*. Rotterdam: AA Balkema, 1994:251–5.
- [28] Waddell B, Pawlik JR. *Mar Ecol Prog Ser* 2000;195:125–32.
- [29] Waddell B, Pawlik JR. *Mar Ecol Prog Ser* 2000;195:133–44.
- [30] Schmitz FJ, McDonald FJ. *J Lipid Res* 1974;15:158–64.
- [31] Carballeira NM, Maldonado L. *Lipids* 1986;21:470–1.
- [32] Carballeira NM, Maldonado L. *Lipids* 1987;22:767–9.
- [33] Opric MM, Poznanovic S, Kljajic Z, Sladic D, Pupic G, Perunovic B, Gasic MJ. *Eur J Histochem* 1996;40:211–8.
- [34] Simpson TL, editor. *The cell biology of sponges*. New York: Springer, 1984:661.
- [35] Wilkinson RC. *Mar Biol* 1978;49:161–7.
- [36] Rasmont R. In: Moscona A, Monroy A, editors. *Current topics in developmental biology*, vol. 10. New York: Academic Press, 1975:141–59.
- [37] Mank A, Kilian EF. In: Lévi C, Boury-Esnault N, editors. *Biologie des spongiaires*, vol. 291. Paris: Colloques internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique, 1979:353–60.
- [38] Geldreich EE. In: Mitchell R, editor. *Water pollution microbiology*. New York: Wiley-Interscience, 1972:207–41.
- [39] Reiswig HM. *Mar Biol* 1971;9:38–50.

Abbreviations

m	Meter
mm	Millimeter
cm	Centimeter
km	Kilometer
l	Liter
ml	Milliliter
cc	Cubic centimeter
t	Time
hrs	Hours
T	Temperature
°C	Centigrades degrees
CFU	Colony-forming units
TEM	Transmission electron microscope
PBS	Phosphate buffered saline
Loc	Location
CAI	Covered area index
D	Detritic
M	Mud
R	Rock
RW	Rocky wall
RW u.n.	Rocky wall under notch
HBT	Horizontal belt transect

Curriculum Vitae

Personal data

Born on 8th of January 1971 in Genoa, Italy

Nationality: Italian

Marital status: single

School and academic education

1984 – 1989 Technical High School “Duchessa di Galliera”, Genoa, Italy

1990 – 1997 Student in Biology at the University of Genoa, Italy.

1995 – 1997 Diploma student at the Institute of Zoology of the University of Genoa.

1997 Diploma in Biology, with Ecological address at the University of Genoa, Italy. Title of the thesis: “Variazioni morfologiche e temporali in una popolazione di *Spongia officinalis*, Promontorio di Portofino.”

1997 – 1998 Master of specialisation in Conservation and management of the wild fauna. University of Florence, Italy.

1998 Course of specialisation in Naturalistic Engineering, Regione Liguria, Italy.

1997 – 2000 Scientific collaborator at the Dip.Te.Ris. of the University of Genoa, Italy. Topic: biology and ecology of sponges and benthic communities, cultivation of marine sponges. Teaching in student courses, supervision of diploma students.

2001 – 2004 Ph.D. student at the Biological Institute at the University of Stuttgart, Germany.

Academic teachers

List of my academic teachers of the University of Genoa, Italy, in alphabetical order:

Arillo Attilio

Balduzzi Andrea

Cattaneo-Vietti Riccardo

Chessa Maria Giovanna

Falugi Carla

Ferrara Giovanni Battista

Franceschi Francesca

Fugassa Emilia

Gianmarino Giacomo

Modenesi Paolo

Matricardi Giorgio

Morelli Alessandro

Mori Mario

Morri Carla

Osculati Bianca

Orsi Lidia

Pane Luigi

Pansini Maurizio

Perdelli Fernanda

Pronzato Roberto

Ramoino Paola

Sará Michele

Salamanna Giovanni

Spanó Silvio

Troiano Giorgio

Uva Bianca Maria

