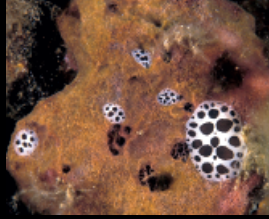




La capacità di alcuni organismi di costruire strutture permanenti (biocostruzioni) aumentando volume, complessità ed eterogeneità dell'habitat, caratterizzando così il paesaggio subacqueo, è un fenomeno di notevole importanza scientifica e pratica: le biocostruzioni coinvolgono, infatti, molteplici aspetti, da quelli biologici ed ecologici a quelli ambientali e climatici.



Sono due le strategie fondamentali sulle quali si basa una biocostruzione: il gregarismo e la colonialità. Tra le biocostruzioni il coralligeno è senza dubbio tra le più interessanti e complesse: non è una vera e propria comunità ma un insieme di comunità, risultato dell'equilibrio dinamico tra gli organismi costruttori, fra i quali fondamentali sono le alghe calcaree, e quelli distruttori.



Il coralligeno, oltre che nel suo aspetto primario con dominanza di alghe calcaree, può presentare facies con dominanza animale: grandi briozoi ramificati, madreporari coloniali, gorgonacei. In questo volume, oltre al coralligeno, vengono trattati le piattaforme a corallinacee e vermetidi, i banchi a *Cladocora caespitosa* e a policheti (*Sabellaria* e *Ficopomatus*), le facies a corallo rosso e briozoi, le associazioni a rodoliti, le biocenosi dei coralli profondi.



Molteplici sono le tipologie delle biocostruzioni presenti nei mari italiani, tutte soggette ad una forte pressione soprattutto antropica, basti pensare alla raccolta indiscriminata del pregiato corallo rosso o ad alcune metodologie di pesca. Sono habitat che caratterizzano il paesaggio marino e necessitano di grande attenzione e tutela, per evitare la scomparsa di preziosi hot spot di biodiversità.



Biocostruzioni marine

Quaderni habitat

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Museo Friulano di Storia Naturale - Comune di Udine

coordinatori scientifici

Alessandro Minelli · Sandro Ruffo · Fabio Stoch

comitato di redazione

Aldo Cosentino · Alessandro La Posta · Carlo Morandini · Giuseppe Muscio

"Biocostruzioni marine - Elementi di architettura naturale"

a cura di Giulio Relini

testi di

Daniela Basso · Guido Bressan · Carlo Cerrano · Renato Chemello · Francesco Cinelli · Silvia Cocito · Maria Cristina Gambi · Giuseppe Giaccone · Thalassia Giaccone · Maria Flavia Gravina · Paolo Guidetti · Maurizio Pansini · Andrea Peirano · Giulio Relini · Antonietta Rosso · Giovanni Santangelo · Leonardo Tunesi · Angelo Tursi

illustrazioni di

Roberto Zanella

progetto grafico di

Furio Colman

foto di

Lorenza Babbini 149/3 · Daniela Basso 45 · Guido Bressan 89, 94, 147/3, 147/4, 148/4, 149/1 · Mirella di Canzano 149/2 · Frine Cardone 119 · Carlo Cerrano 128, 141 · Renato Chemello 96 · Francesco Cinelli 11, 20, 28, 34, 38, 40, 42, 75/2, 114, 117, 124, 125, 126, 135, 136, 138, 139, 142, 145/1, 145/2 · Silvia Cocito 60, 61, 62, 110 · Paolo Donnini 147/2 · Giuseppe Giaccone 31, 32, 33/1, 33/2, 35/1, 35/2, 37, 39, 43, 46, 47, 109, 116, 121, 133, 146 · Jean Georges Harmelin 92, 147/1, 149/4 · Sara Kaleb 148/1, 148/2, 148/5 · Oguz Kurt 148/3 · Barbara La Porta 105 · Maurizio Pansini 26, 49, 52/2, 54/1, 69 · Roberto Pronzato 123 · Giulio Relini 129 · Giovanni Santangelo 66, 67 · Egidio Trainito 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 27, 29, 30, 48, 50, 51, 52/1, 53, 54/2, 55, 56, 57, 58, 59, 63, 64/1, 64/2, 65, 68, 71, 72, 73/1, 73/2, 74, 75/1, 76/1, 76/2, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 95, 99, 100, 101, 102, 106, 107, 108, 112, 113, 115, 120, 122, 130, 132, 134, 144 · Angelo Tursi 111, 143 · Christian Vaglio 140

Volume realizzato con la partecipazione della Società Italiana di Biologia Marina (SIBM)

©2009 Museo Friulano di Storia Naturale · Udine

*Vietata la riproduzione anche parziale dei testi e delle fotografie.
Tutti i diritti sono riservati.*

ISBN 88 88192 42 5
ISSN 1724-7209

In copertina: Parete di coralligeno con *Paramuricea*, *Eunicella* e *Parazoanthus* (foto E. Trainito)

QUADERNI HABITAT

Biocostruzioni marine

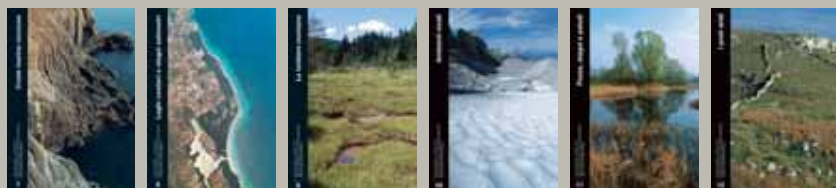
Elementi di architettura naturale

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE
MUSEO FRIULANO DI STORIA NATURALE · COMUNE DI UDINE

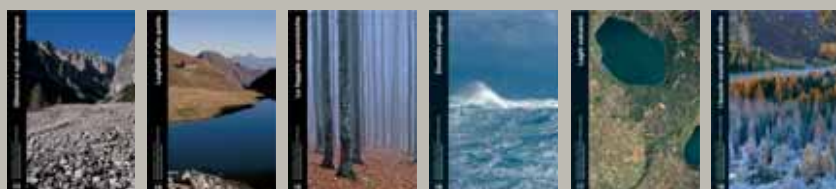
Quaderni habitat



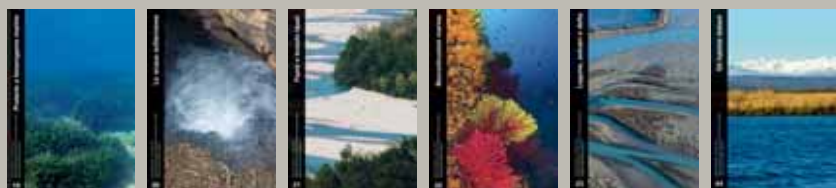
- 1 Grotte e fenomeno carsico
2 Risorgive e fontanili
3 Le foreste della Pianura Padana
4 Dune e spiagge sabbiose
5 Torrenti montani
6 La macchia mediterranea



- 7 Coste marine rocciose
8 Laghi costieri e stagni salmastri
9 Le torbiere montane
10 Ambienti nivali
11 Pozze, stagni e paludi
12 I prati aridi



- 13 Ghiaioni e rupi di montagna
14 Laghetti d'alta quota
15 Le faggete appenniniche
16 Dominio pelagico
17 Laghi vulcanici
18 I boschi montani di conifere



- 19 Praterie a fanerogame marine
20 Le acque sotterranee
21 Fiumi e boschi ripari
22 Biocostruzioni marine
23 Lagune, estuari e delta
24 Gli habitat italiani

Indice

Introduzione	7
Giulio Relini	
Il coralligeno	13
Francesco Cinelli · Leonardo Tunesi	
Le alghe	29
Thalassia Giaccone · Giuseppe Giaccone · Daniela Basso · Guido Bressan	
La fauna: gli invertebrati	49
Maurizio Pansini · Carlo Cerrano · Silvia Cocito · Maria Cristina Gambi · Antonietta Rosso	
La fauna: i vertebrati	79
Paolo Guidetti	
Altre principali biocostruzioni	89
Guido Bressan · Renato Chemello · Maria Flavia Gravina · Maria Cristina Gambi · Andrea Peirano · Silvia Cocito · Antonietta Rosso · Angelo Tursi	
Aspetti di conservazione e gestione	115
Francesco Cinelli · Giulio Relini · Leonardo Tunesi	
Proposte didattiche	143
Guido Bressan · Giuseppe Giaccone · Giulio Relini	
Bibliografia	151
Glossario	153
Indice delle specie	155

Altre principali biocostruzioni

GUIDO BRESSAN · RENATO CHEMELLO · MARIA FLAVIA GRAVINA · MARIA CRISTINA GAMBÌ · ANDREA PEIRANO · SILVIA COCITO · ANTONIETTA ROSSO · ANGELO TURSI

■ Piattaforme a corallinacee

Quando talli di alghe rosse calcaree (corallinacee, rodofite) o parte di essi, vengono a contatto tra di loro possono anastomizzarsi, fondendosi almeno apparentemente in ragione della loro mineralizzazione, oppure concrescere e persino sovrapporsi in modo occasionale o elettivo (specie-specificità che però è ancora poco indagata).



Concrezionamenti a *Lithophyllum*

Quando, in base ad un naturale sinergismo biotico tra le specie componenti, questi talli aderiscono ad un substrato duro, possono edificare, una roccia denominata "bio-construction", "bio-concrezionamento" o "formazione bio-costruita". Queste bio-costruzioni, per lo più plurispecifiche, sono dunque il risultato di una lenta crescita, sovrapposizione e successiva fossilizzazione dei talli almeno in alcune parti morte. I talli possono così occupare il più delle volte un volume cospicuo e attribuire caratteristiche morfologiche, biologiche e geologiche particolari all'ambiente colonizzato.

Le formazioni a corallinacee possono essere presenti a livello di diversi piani bionomici e quando interessano i piani più superficiali, facilmente visibili (ad es.: "trottoir" o marciapiedi), questi bio-concrezionamenti possono assumere una notevole importanza paesaggistica come veri e propri "monumenti naturali". Si può, quindi, ipotizzare che le piattaforme a vermetidi, i concrezionamenti a *Lithophyllum* e ogni altra bio-costruzione litorale funzionino come "dilatazioni spaziali orizzontali" delle zone superficiali, creando una maggiore disponibilità di nicchie per le specie preadattate a vivere in condizioni intertidali.

La presenza di bio-costruzioni in un punto dato del litorale mediterraneo dipende dalle condizioni climatiche, idrologiche e sedimentarie come anche dall'incidenza della pressione antropica. Le specie che maggiormente concorrono alla costituzione di queste formazioni sono: *Lithophyllum byssoides*, *Neogoniolithon brassica-florida*, *Corallina elongata* tra le bio-costruzioni più o meno evidenti; *Lithophyllum (Titanoderma) trochanter*, *Tenarea tortuosa*, *Lithophyllum (Goniolithon) papillosum* tra le bio-costruzioni minori.

Corallina elongata



Lithophyllum byssoides (in passato citato come *Tenarea tortuosa*) è costituito da talli a forma di cuscinetto (pulvino) emisferico del diametro di 8-15 cm, con superficie alveolata per numerose lamelle avventizie più o meno erette e più o meno saldate tra loro. Il colore va dal rosa al grigio viola. Questi talli si sviluppano incrostando saldamente il substrato roccioso con cuscinetti che possono saldarsi tra loro. Quando l'acqua è calma queste bio-costruzioni possono emergere completamente, fino a 20-30 cm al di sopra del livello del mare.

Neogoniolithon brassica-florida si presenta sotto forma di talli incrostanti, aderenti, semplici o mammellonari, con un diametro di 2-5 cm, talvolta provvisti di protuberanze verrucose. Il margine è ampiamente lobato, finemente striato con orlo sovente ispessito. Il colore varia dal rosa al violetto al grigio-malva, persino bianco avorio. È specie epilita, presente raramente su vecchie conchiglie, vive dal piano medio- all'infralitorale, ma è segnalata fino a 40 m di profondità, in siti sia riparati che esposti alle correnti. Relativamente euriecia, è in grado di sopportare cambiamenti di salinità, temperatura e luce: può così vivere anche in condizioni estreme come nel caso di pozze di marea, anche permanenti; mai epifita, è anche un componente importante dei "trottoir a vermetidi".

Corallina elongata presenta talli eretti, cespugliosi, alti 1.5-5 cm, articolati, con ramificazione pennata, regolare, abbondante. I rami giacciono su un piano, molto densi, più o meno regolari; gli articoli sono compressi. Il colore dei talli varia dal rosa pallido al grigio viola con margini più chiari su campioni freschi, dal grigio viola al bianco avorio su campioni secchi. Questa specie epilita, vive



Lithophyllum byssoides

a livello del piano medio- infralitorale, su rocce battute e in pozze di marea dalla superficie fino a 3 m di profondità.

Lithophyllum (Titanoderma) trochanter appare sotto forma di talli a cuscinetto emisferico, portamento cespuglioso, con diametro di 2-5 cm e altezza di 5 cm, formati da escrescenze più o meno cilindriche con strie anulari, poco marcate, talvolta ramificate dicotomicamente. Le escrescenze sono sottili, fragili, irte, orientate in tutte le direzioni, talvolta intrecciate. Il colore dei talli varia dal viola al grigio malva, persino al bianco. Vive a livello del piano mediolitorale, incrostante il substrato roccioso, verticale, esposto alle onde o alle correnti in stazioni ben illuminate; può essere presente persino nelle pozze permanenti del sopralitorale, ma anche nella frangia infralitorale. Di solito vive assieme con *Lithophyllum byssoides*, *Tenarea tortuosa*, *Neogoniolithon brassica-florida*.

Tenarea tortuosa è costituita da talli a forma di cuscinetto emisferico, il cui diametro è di 20-25 (molto raramente 10) cm, e superficie alveolata per numerose lamelle avventizie, erette, fragili, più o meno anastomizzate, che si dipartono da una crosta basale incrostante il substrato solo in punti singoli, quindi facilmente staccabile. Il margine delle lamelle è sempre in parte più o meno accartocciato, talvolta appena ispessito; bordo biancastro, più chiaro del tallo. Il colore dei talli varia dal rosa pallido al grigio violetto fino al giallo avorio, persino bianco. Vive a livello del piano medio-infralitorale, sempre immersa. I numerosi alveoli della superficie sembrano garantire il mantenimento di un'umettazione necessaria per brevi periodi di emersione. Si trova occasionalmente presente in sottostrato a *Cystoseira amentacea*. Piccole specie di *Ceramium*, *Polysiphonia* e *Laurencia* si trovano spesso come epifiti sul tallo.

Lithophyllum (Goniolithon) papillosum si presenta sotto forma di talli incrostanti il substrato roccioso, provvisti di protuberanze più o meno regolarmente emisferiche (diametro fino a 2 mm, altezza 3-5 mm). Questi talli si presentano con protuberanze o ben individualizzate (allora più alte che larghe ma fragili), o più o meno coalescenti (allora più larghe che alte, con superficie pisolitifforme o a cavolfiore, molto caratteristica).

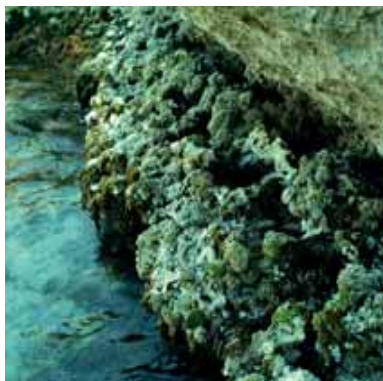
Dal punto di vista dell'impatto paesaggistico e dell'importanza geomorfologica delle corallinacee del mar Mediterraneo, si possono distinguere dal mediolitorale al circolitorale profondo:

- biocostruzioni più o meno evidenti, talvolta generate da concrezioni persino monumentali per l'imponenza acquisita nel corso dei secoli durante le trasformazioni dell'ambiente marino;
- biocostruzioni minori che, a fronte di un'importanza scientifica di un certo rilievo, non possono che essere considerate di secondo piano per il loro aspetto meno appariscente;
- biocostruzioni di profondità (trattate altrove in questo volume) che sono osservabili solo mediante l'esplorazione subacquea.

Come detto le bio-costruzioni più o meno evidenti, persino monumentali si possono distinguere come segue.

Cornice (o "encorbellement") a *Lithophyllum byssoides*. È la formazione più frequente del bacino Mediterraneo occidentale e quella la cui struttura e distribuzione sono state meglio studiate da diversi ricercatori. Questa formazione è stata designata nel tempo con diverse denominazioni, in rapporto alle variazioni nomenclaturali della specie dominante: "trottoir a *Tenarea*", "trottoir a *Lithothamnion*", "trottoir a *Lithophyllum tortuosum*", "encorbellement a *Lithophyllum lichenoides*" e finalmente "encorbellement a *Lithophyllum byssoides*".

Una cornice a *L. byssoides* si trova di



Cornice a *Lithophyllum byssoides*

solito leggermente al disopra del livello medio del mare, nella zona in cui frangono le onde (piano mediolitorale); si sviluppa su substrato roccioso, sia

calcareo, vulcanico o cristallino, dove c'è un sostanziale bilanciamento con l'azione delle maree; è quindi la costruzione biologica del dominio bentonico più elevata sul livello del mare.

Quando l'acqua è calma questa sorta di marciapiede (*trottoir*) emerge completamente; il suo bordo esterno si trova così a 20-30 cm al di sopra dell'acqua. Questa condizione è resa possibile grazie a un'umettazione continua prodotta dalla combinazione simultanea di due fattori: esposizione al moto ondoso e porosità della formazione calcarea. L'altezza al disopra del livello medio del mare varia localmente in funzione dell'importanza del moto ondoso e/o della presenza di fessure, di angoli, di calette aperte alle mareggiate del largo. Questa bio-costruzione raggiunge notevole sviluppo in larghezza e in spessore.

Le cornici si presentano, nei casi più semplici, come una densa copertura di talli su un'altezza di 20-30 cm fino a formare un cornicione aggettante persino di 1-2 m di larghezza. In questi casi la superficie superiore è per lo più largamente depressa in rapporto al bordo esterno, dando origine talvolta a delle "pozze di marea". Gli autori osservano che lo sviluppo di queste bio-costruzioni è tale che due cornici opposte, da una parte e dall'altra di una caletta, possono ricongiungersi e formare un ponte.

In sezione assiale, nelle cornici molto sviluppate, si possono osservare fondamentalmente tre parti, variamente descritte da diversi studiosi, ma per lo più corrispondenti: lo strato superiore esterno è poroso, di colore rosa violaceo ma più spesso beige-malva, formato da

cuscinetti di alghe viventi; non misura in generale che qualche centimetro di spessore ed è soprattutto sviluppato sulla parte più esterna della cornice, senza deposito sedimentario tra le ramificazioni.

La superficie della bio-concrezione può presentare alveoli originati dall'anastomosi di creste millimetriche, persino spinose, o da lamelle più o meno verticali e di altezza simile e, di rado, può presentarsi incisa da solchi (in caso di erosione).

Talvolta, sopra le bio-costruzioni principali, si distingue una placca superiore di talli vivi, in colonia densa, in raccordo con il substrato roccioso. Questa placca superiore è caratterizzata da una vitalità migliore del popolamento rispetto a quella della bio-costruzione sottostante. Lo strato inferiore esterno della cornice è morto e ricoperto da un insieme di animali e vegetali sciafili. La struttura interna è costituita da una zona indurita di spessore variabile, quale risultato di un deposito di detriti fini tra i rami dei talli stessi, fossilizzati in un fango micritico di calcite magnesiacca con formazione di un cemento calcareo microcristallino molto duro.

Questa zona mostra una struttura a strati concentrici separati da discontinuità: è il cuore del *trottoir*, che ha l'aspetto e la consistenza di una vera roccia. Se la cornice è molto aggettante, sulla superficie inferiore, nella massima zona d'ombra, si viene ad insediare una biocenosi sciafila simile a quella delle grotte e delle spaccature, nota come "area corallina", che ripropone la combinazione specifica delle biocenosi di profondità.

Si può affermare che le formazioni organogene con dominanza di *L. byssoides* danno vita ad un'associazione vegetale autonoma denominata *Lithophylletum byssoidis* (sub. nom.

lichenoidis) con specie caratteristiche dell'associazione: *L. byssoides*, *Chaetomorpha mediterranea*, *Laurencia papillosa*, *Pterocladia melanoidea*, *Lophosiphonia cristata* e *Taeniomanum*. La fauna interstiziale è rappresentata da diversi tipi di organismi demolitori (spugne del genere *Cliona*, molluschi del genere *Lithophaga* ecc.) che perforano la roccia, creando delle cavità e indebolendo la costruzione.

Cornice a *Corallina elongata*. È una biocostruzione molto diffusa che si sviluppa sulle pareti rocciose verticali, spesso ombreggiate, con profondità che vanno dalla superficie a qualche metro. Si tratta dunque di una formazione infralitorale legata alle pareti in ombra, vicine alla superficie ed esposte all'azione del mare. Spesso la cornice superiore è situata immediatamente al di sotto e all'ombra della cornice mediolitorale a *Lithophyllum byssoides*. Contrariamente alle formazioni superficiali, la cornice a *Corallina* non forma un corpo unico, ma una serie di cornici parallele le une alle altre.

Le dimensioni raggiunte sono variabili: più spesso si osservano delle cornici poco consolidate, di meno di 10 cm di diametro, ma in certi casi (calanchi stretti e poco illuminati, inclusi nelle alte falesie verticali) le cornici possono raggiungere quasi un metro di larghezza su 40-45 cm di spessore (sono allora d'una durezza e di una resistenza estreme, molto difficili da attaccare con un martello). La struttura interna mostra un impilamento di strati sottili, molto serrati, di colore bianco puro, disseminati di numerosi gusci rosa di *Miniacina miniacae*. Si osservano anche balani, briozoi, ecc. Alcune cornici a *Corallina* possiedono come nucleo i resti cementati ed erosi di cornici più antiche di *L. byssoides* che si sono sviluppate quando il livello marino

era più basso, poi sono stati avvolti e conservati dalle coralline quando il livello è salito.

Spesso in questo ambiente s'instaura l'associazione *Ceramio-Corallinetum elongatae* che ha come specie caratteristiche *Ceramium elongata*, come anche *C. ciliatum*, *C. rubrum* var. *barbatum*, *Gelidium pusillum*, *Anthithamnion cruciatum*.

Biocostruzione a *Lithophyllum trochanter*. Priva di una denominazione particolare, è presente solitamente a livello dell'Infralitorale (zona di risacca), su pareti rocciose generalmente poco inclinate, esposte all'azione moderata delle onde e in stazioni ben illuminate, più raramente anche a livello del mediolitorale

La morfologia esterna è a placche estese costituite da piccoli pulvini emisferici, che saldati al substrato solo in qualche punto, possono essere staccati piuttosto facilmente; questa specie, elegante nel suo aspetto esterno, può essere considerata a ragione tra le specie minacciate di estinzione.

Secondo alcuni autori, *Lithophyllum trochanter* (sub. nom. *byssoides*) si presenta come specie differenziale nella subassociazione: *Lithophylletosum trochanteris* (ex *byssoidis*).

Biocostruzioni a *Lithophyllum (Goniolithon) papillosum*. Sono poco rilevanti dal punto di vista macroscopico, si presentano a livello del Mediolitorale inferiore sotto forma di incrostazioni compatte, rosa violacee su esemplari vivi, più o meno estese, ma di scarso spessore (da qualche millimetro fino a 2 cm circa). Questa specie è soprattutto presente nelle stazioni soleggiate, lungo le coste rocciose battute dalle onde (sembra che sopporti male un'immersione permanente);

scompare però in quelle stazioni dove l'intensità luminosa è così forte da impedirne lo sviluppo assieme a *N. brassica-florida* con cui può essere di primo acchito confusa. Si trova spesso in combinazione specifica, oltre che con *N. brassica-florida*, anche con *L. byssoides* e altre specie molli. Secondo alcuni autori, *Lithophyllum papillosum*, assieme a *Polysiphonia opaca* e *P. sertularioides* caratterizzano il *Polysiphonio-Lithophylletum papillosum*.

Biocostruzione a *Tenarea tortuosa*. È solitamente presente fra i popolamenti superficiali dell'Infralitorale fotofilo, dal livello del mare sino a 4-5 metri di



Biocostruzione a *Tenarea tortuosa*

profondità. Anche questa biocostruzione è costituita da cuscinetti, a forma di pulvini emisferici, con un diametro di 2-4 (10) cm, per lo più friabili, che si ancorano al substrato soltanto in alcuni punti del tallo (come *L. byssoides*), pertanto facili da staccare con le sole mani.

Per la sua relativa rarità, fragilità ed eleganza anche questa specie può essere considerata tra quelle maggiormente minacciate d'estinzione, proprio perché anche oggetto di collezione.

■ Piattaforme a vermetidi

Le piattaforme - o reef - a vermetidi sono delle biocostruzioni edificate dal mollusco gasteropode vermetide *Dendropoma (Novastoa) petraeum* in associazione con alcune alghe rodoficee incrostanti, come *Neogoniolithon brassica-florida*.

Alla piattaforma si associa spesso un'altra specie di vermetide, *Vermetus triquetrus*, che, sia in forma solitaria che gregaria, occupa le porzioni perennemente immerse della struttura. Nel limite superiore del reef è spesso presente l'alga rodoficea *Lithophyllum byssoides*. Il vermeto biocostruttore è una specie fortemente gregaria che vive nel livello intermareale, al quale è particolarmente ben adattato grazie ad uno spesso opercolo corneo che chiude ermeticamente l'apertura della conchiglia. Questa strategia consente all'animale di resistere alle periodiche emersioni durante l'alternanza dei cicli di marea. Lo sviluppo diretto delle uova, incubate nella cavità del mantello e la schiusa di giovanili striscianti, capaci di insediarsi sulla conchiglia materna, conferiscono alla specie un vantaggio rispetto ai probabili competitori per lo spazio, consentendo una crescita continua della struttura.

I reef a vermetidi si insediano nella fascia intermareale unicamente sulle coste rocciose, con formazioni sempre meno imponenti in funzione del tipo di roccia: calcareniti, calcari, dolomie, basalti e flysch. La presenza di una piattaforma di abrasione diventa, quindi, la condizione fondamentale per la formazione



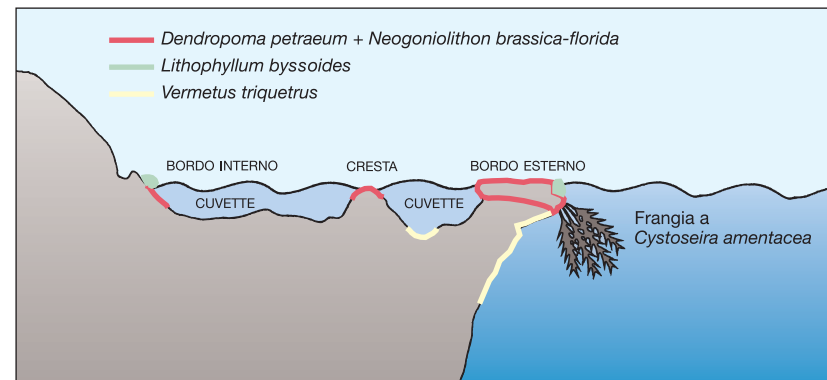
La corallinacea *Neogoniolithon* con il vermetide *Dendropoma petraeum*

di un reef. Un secondo fattore limitante la distribuzione e la dimensione delle strutture su piccola scala è l'idrodinamismo superficiale: risulta infatti assai difficile trovare delle piattaforme sviluppate in ambienti riparati in cui le acque sono poco mosse. In Sicilia, ad esempio, le piattaforme a vermeti sono presenti lungo tutte le coste esposte a Nord-Ovest e solo formazioni minori si hanno lungo le coste esposte a Nord-Est. Infine, anche l'inclinazione della costa regola la forma e la dimensione del reef. Le piattaforme di dimensioni maggiori si hanno con un profilo costiero con una pendenza compresa tra 15° e 40° rispetto alla linea di orizzonte.

La distribuzione geografica in Mediterraneo mostra come i reef a vermeti si ritrovino prevalentemente in acque con temperature medie non inferiori ai 24°C in estate e ai 14°C in inverno, con un limite settentrionale di distribuzione a cavallo del 38° parallelo Nord. I reef sono distribuiti, quindi, nella parte centro-meridionale del bacino, con le strutture di maggiori dimensioni segnalate con maggior frequenza lungo le coste israeliane e libanesi. Per quanto riguarda il settore occidentale del Mediterraneo, le piattaforme a vermeti sono state descritte solamente per l'Algeria, la Spagna e l'Italia insulare. Per l'Italia continentale non sono stati descritti dei veri reef a vermeti, sebbene siano note alcune strutture per l'isola di Licosa, in Campania, e la specie sia riportata fino a Ischia, la costiera del Golfo di Napoli e la Sardegna nord-orientale. Le strutture più imponenti si trovano, comunque, nella fascia costiera tirrenica della Sicilia.



Piattaforma a vermetidi emersa



Schema morfologico di una piattaforma a vermetidi

Uno schema morfologico generale. Dall'osservazione dei reef siciliani e dal materiale pubblicato, è possibile definire uno schema morfologico generale, rappresentabile secondo un transetto trasversale dalla costa verso il mare aperto lungo il quale sono presenti le seguenti componenti:

- una cornice prossimale, di pochi centimetri di spessore, spesso assente, formata da incrostazioni di *Neogoniolithon brassica-florida* e da cuscini mammellonari di *Lithophyllum byssoides*, considerata un marcatore superiore del reef;
- una incrostazione di *Dendropoma petraeum*, indicata come "margine interno", spesso alcuni centimetri e ampia da pochi centimetri a meno di mezzo metro, in funzione dell'esposizione all'idrodinamismo;
- una o più depressioni nella piattaforma, denominate *cuvettes*, dal diametro variabile da qualche decimetro ad oltre un metro e una profondità generalmente inferiore ai 50 cm; nei casi di maggiore estensione le *cuvettes* possono essere omologate a piccole lagune retrorecifali ed essere occupate anche da piccole chiazze di *Posidonia oceanica* o da alghe fotofile;
- un bordo esterno, costituito da una spessa incrostazione di *Dendropoma*, a volte superiore ai 40 cm di ampiezza, articolata e fessurata, che rappresenta la vera porzione attiva della piattaforma, in espansione verso il largo e l'alto;
- una cintura infralitorale a *Cystoseira amentacea* var. *stricta* (sinonimo di *Cystoseira stricta*), posta inferiormente al margine esterno della piattaforma.

Quanti tipi di reef esistono? Il tipo più semplice di struttura a vermeti è l'incrostazione (ovvero uno strato mono- o paucistratificato di conchiglie di vermeto, di ridotto spessore), che rappresenta il tipo più elementare di formazione ed è distribuita lungo molte coste del Mediterraneo, anche dove le condizioni non consentono lo sviluppo di un vero e proprio reef. Le vere biocostru-

zioni a *Dendropoma*, nel Mediterraneo, si sviluppano secondo quattro morfologie principali: la cornice, che si presenta soprattutto lungo le coste, i promontori e le falesie molto esposte al moto ondoso o a pendenza accentuata. L'ampiezza della struttura è generalmente inferiore al metro, con 10-20 cm di spessore lungo il margine esterno. Sia le cornici che le più semplici incrostazioni sono le formazioni più comuni nelle coste soggette ad una colonizzazione primaria, come ad esempio le isole vulcaniche o i singoli massi di crollo. Le cornici sono anche presenti in aree colonizzate da tempo ma nelle quali lo sviluppo di un vero reef è limitato, in toto o solamente in parte, dalla morfologia costiera sfavorevole o dalla ridotta esposizione al moto ondoso.

La seconda morfologia, in termini di complessità, è la piattaforma (il vero reef), molto simile ad un *fringing reef* (barriera frangente) edificato dai madreporari tropicali. Le piattaforme (a volte definite anche come *trottoir*) possono essere ampie anche 10 m e spesse, lungo il margine esterno, fino a 45 cm. La parte inferiore della struttura, sulla quale poggia il margine esterno, viene continuamente erosa e tende a formare un ripido gradino alto da 40 cm ad oltre 1 metro. La morfologia a reef costituisce circa il 90% di tutte le strutture a vermeti siciliane e la maggior parte di quelle spagnole e israeliane.

Una forma particolare è quella a "fungo" (*mushroom-like pillars*). Questa morfologia è probabilmente il prodotto di due differenti processi di formazione. La causa principale di sviluppo delle forme a "fungo" deriva dai diversi gradi di resistenza all'erosione meccanica (e, probabilmente, chimica) delle formazioni rocciose e delle sovrastanti strutture a vermeti. La roccia-madre viene erosa ad un ritmo più elevato rispetto alla biocostruzione, capace di compensare l'erosione attraverso la crescita continua di un margine esterno. Ad uno stadio maturo del processo, la morfologia della struttura è quella di un largo "cappello" che cresce sopra una base (il "gambo") più sottile. Nel secondo caso, le cornici a vermeti crescono sui massi di abrasione caduti alla base della falesia. L'evoluzione della struttura porta, sempre per erosione differenziale tra il maso e la cornice, ad una forma a "fungo". Le serie che portano, attraverso i due meccanismi, alla formazione di "funghi" sono osservabili lungo le coste rocciose della Sicilia nord-occidentale, mentre non sono ancora state descritte per altre aree mediterranee.

L'ultima morfologia conosciuta è quella a microatollo: descritta per le coste israeliane, solo raramente è presente nelle coste del Mediterraneo occidentale, dove spesso è confusa con la morfologia a fungo.

Il ruolo della piattaforma. Per capire realmente il ruolo ecologico di un reef a vermeti, bisognerebbe prima dare uno sguardo alle aree in cui questi non sono presenti. I popolamenti marini di coste rocciose prive di reef si distribuiscono ordinatamente lungo gradienti verticali, regolati dall'energia idrodinamica, dal-

l'ampiezza dell'escursione di marea e dalla morfologia costiera. La composizione dei popolamenti è ripetibile, quasi prevedibile, ma è comunque limitata ad uno spazio approssimativamente a due dimensioni.

Lungo le coste rocciose in cui la piattaforma a vermeti si sviluppa parallelamente alla superficie del mare, i popolamenti animali e vegetali si distribuiscono in uno spazio a tre dimensioni. La terza dimensione è, infatti, la larghezza del reef. In queste condizioni, aumentano le 'opportunità' ecologiche



Padina pavonica

per le specie animali e vegetali del piano mesolitorale e dell'infralitorale superiore e questo finisce col creare un complesso sistema a mosaico entro cui ritrovano cibo, riparo e rifugio dai predatori centinaia di specie di invertebrati e diverse decine di specie ittiche. Così, mentre nei margini esterni e interni le piattaforme ospitano popolamenti animali e vegetali tipicamente mesolitorali, i più diversificati popolamenti infralitorali occupano la zona di *cuvette*.

Questa distribuzione articolata si riflette sui livelli di biodiversità. Sebbene non esistano ad oggi studi complessivi sulla biodiversità dei reef a vermeti, essa può essere tuttavia desunta dall'esame dei singoli gruppi censiti in diverse ricerche condotte in varie regioni del Mediterraneo.

Partendo dai popolamenti algali, questi sono composti da oltre 100 specie che si distribuiscono nelle diverse porzioni della piattaforma. Tra le alghe presenti assumono una particolare rilevanza strutturale la rodoficea calcarea *Neogoniolithon brassica-florida*, che contribuisce al consolidamento della costruzione cementando tra loro i tubi di *Dendropoma petraeum*, e *Lithophilum byssoides*, che può formare incrostazioni o cuscinetti alle due estremità della piattaforma. Il complesso di specie del gruppo "*Laurencia*" (appartenenti alla famiglia delle rodomeleacee), *Padina pavonica* e alcune specie di *Cystoseira* e *Dictyota* occupano le basse pozze della *cuvette*. In condizioni di disturbo antropico queste specie vengono sostituite da corallinacee e ulvacee. Nei punti in cui la *cuvette* è più profonda (raramente al di sotto dei 50 cm di profondità in condizioni di bassa marea), compaiono le alghe rosse incrostanti e *Halimeda tuna*.

La cintura a *Cystoseira amentacea* var. *stricta* si impianta immediatamente al di sotto del bordo esterno della piattaforma, a livello della frangia dell'infralitorale superiore, nel cui sottostrato si insediano popolamenti ricchi di specie adattate a livelli elevati di idrodinamismo.

All'interno della piattaforma, ogni porzione del reef e ogni gruppo macroalgale ospita un peculiare popolamento animale associato. Guardando la piattaforma nel suo insieme sono, comunque, rappresentati tutti i principali gruppi animali legati al sistema fitale e ai popolamenti di roccia.

Per la fauna a molluschi una stima in difetto riporta un popolamento composto da una cinquantina di specie. Quelle caratteristiche delle diverse porzioni del reef sono *Mytilaster minimus*, *Cardita calyculata*, *Lepidochitona caprearum*, *Onchidella celtica* e *Patella ulyssiponensis* nel margine interno, nel margine esterno e nelle creste, mentre *Patella caerulea*, *Pisinna glabrata*, *Eatonina cosurae* e *Barleeia unifasciata* prediligono le *cuvettes*. Lungo il margine interno viene rinvenuto sempre più frequentemente il bivalve alloctono *Brachidontes pharaonis*, che spesso tende a sostituire *M. minimus*.

La polichetofauna delle piattaforme siciliane annovera circa 70 specie diverse, la cui distribuzione risente dell'estensione orizzontale dei reef. La maggior parte delle specie è criptica e trova rifugio sia nelle conchiglie vuote dei vermeti, sia nelle fessure e negli interstizi che si vengono a creare nella piattaforma, mentre un gruppo più ristretto si associa ai popolamenti algali delle pozze. Le specie dominanti sono i nereididi *Perinereis cultrifera* e *Platynereis dumerillii*, oltre a *Palola siciliensis*, numerose specie di *Lumbrineris*, *Syllis* e polinoidi.

La carcinofauna è meno conosciuta, anche se recentemente sono state condotte alcune ricerche sulla ripartizione spaziale dei decapodi *Pachygrapsus maurus*, *P. transversus*, *P. marmoratus* e del loro predatore *Eriphia verrucosa*



Cystoseira amentacea var. *stricta*

e della competizione con la specie alloctona *Percnon gibbesi*. Una specie caratteristica dei reef siciliani è il paguro *Calcinus tubularis* che occupa le conchiglie vuote di *Dendropoma*.

Per la fauna ittica, una ricerca condotta lungo le coste israeliane ha permesso l'identificazione di 36 specie associate a piattaforme a *Dendropoma petraeum*, quattro delle quali di origine eritrea, sopraggiunte nel bacino levantino in seguito all'apertura del canale di Suez. La comunità ittica strettamente bentonica è tipica del Mediterraneo ed

è composta da 18 specie. Le famiglie più abbondanti sono i blennidi, i gobiidi e i tripterigidi, rispettivamente con 9, 4 e 3 specie. I blennidi *Parablennius zvonimiri* e *Scartella cristata*, entrambi con abitudini criptiche, sono le specie più abbondanti assieme a *Trypterigion tripterotonotus*, *T. delaisi* e *T. melanurus*. Viene riportata la presenza di altre 16 specie necto-bentoniche e addirittura di 2 specie pelagiche.

I risultati finora ottenuti dalle ricerche mostrano, quindi, l'esistenza di due diversi raggruppamenti biocenotici spazialmente separati tra loro: una componente "mesolitorale" e una "infralitorale". La prima assume maggior importanza in punti ben precisi e definiti del reef e in particolare a livello dei margini esterni e interni della formazione e a livello delle creste, che si presentano più elevate rispetto alla piattaforma stessa. Le *cuvettes* della porzione interna del reef mostrano, invece, caratteri più spiccati di *enclave* infralitorale, poiché riescono a trattenere un velo d'acqua durante le emersioni, riuscendo ad ospitare popolamenti provenienti dalla fascia superiore dell'infralitorale.

In conclusione, l'aspetto più interessante del concrezionamento a vermetidi è la sua estensione orizzontale che crea un'ulteriore dimensione lungo la quale si distribuiscono i popolamenti, in funzione della distanza dal mare, dell'esposizione al moto ondoso e dell'altezza relativa sul livello del mare, tutti fattori che in definitiva condizionano l'umidificazione delle singole porzioni della piattaforma. Ciò accresce il carattere di originalità di tali formazioni, già evidenziato dalla distribuzione geografica puntiforme, che va considerata un compromesso fra le esigenze vitali dell'organismo costruttore e la competizione che si instaura con le specie proprie dei piani meso- e infralitorale.

È possibile quindi ipotizzare che i *trottoir* funzionino come dilatazione spaziale dei piani superficiali creando un ampliamento di habitat per specie che riescono ad insediarsi lontano dal loro biotopo originario.



Patella ulyssiponensis



Banchi a *Ficopomatus enigmaticus*

■ Banchi a policheti

Tra i numerosi organismi marini capaci di costruire le strutture note come bio-costruzioni, vanno ricordati i policheti, che in particolare con le due specie, *Ficopomatus enigmaticus* e *Sabellaria alveolata*, sono in grado di edificare importanti biocostruzioni rispettivamente in ambienti salmastri e marini costieri. Anche se per molti aspetti il ruolo ecologico svolto dalle due specie è molto simile, essendo entrambe specie "ingegnere", cioè strutturanti per l'ambiente marino, con evidenti parallelismi tra i due tipi di formazioni organogene, la loro diversa ecologia e distribuzione, e alcune caratteristiche dei banchi che formano, richiedono una trattazione separata.

I banchi a *Ficopomatus enigmaticus*. I policheti appartenenti alla specie *Ficopomatus enigmaticus*, altrimenti nota come *Mercierella enigmatica*, sono vermi marini in grado di edificare estese biocostruzioni, formate dagli ammassi di tubi calcarei prodotti da loro stessi. Tali tubi, all'interno dei quali vivono i singoli individui, possono aderire, per tutta la loro lunghezza, ad un substrato duro, ma possono anche crescere verticalmente intrecciandosi gli uni con gli altri; grazie a questa caratteristica e al suo comportamento gregario, la specie è in grado di dare origine ad ammassi di tubi anche molto estesi.

F. enigmaticus appartiene alla famiglia dei serpulidi. La specie è distribuita in tutto il mondo e considerata originaria delle coste australiane dell'Oceano Indiano, da dove si è diffusa in tutte le aree temperate, verosimilmente per trasporto passivo attaccata alle carene delle navi. Nel Mediterraneo è stata trovata per la prima volta nei primi anni '20 e vi si è diffusa negli anni successivi. I tubi sono cilindrici, lunghi generalmente 20-25 mm, ma possono raggiungere i 30-50 mm, hanno un diametro di 1,5-2 mm circa e presentano, negli esemplari più grandi, tipiche svasature ad intervalli irregolari verso l'estremità distale. Aderiscono a vari substrati duri, come conchiglie, pali, canne, moli, banchine, carene di barche, dalla superficie del mare fino ad una profondità massima di 1-2 m. Questa specie è particolarmente tollerante le variazioni di salinità, adattandosi ad acque da oligoaline (con bassi valori di salinità) ad iperaline (con elevati valori di salinità), e sopporta bene anche elevati tassi di eutrofizzazione, mentre è sensibile al moto ondoso e all'idrodinamismo intenso.

I banchi a *Ficopomatus* si sviluppano esclusivamente negli ambienti salmastri, dove formano cinture, barriere, piattaforme spesse fino a 1 m circa e larghe da vari decimetri a qualche metro. Tali biocostruzioni possono essere edificate anche al centro dei bacini salmastri poco profondi e assumere la forma di grandi funghi, che aderiscono a qualche frammento di substrato duro (conchiglie, rami, sassi, canne palustri) e arrivano a sfiorare la superficie dell'acqua. L'ampiezza dei banchi può estendersi per centinaia di metri quadrati ed è il risultato

dell'opera di numerose generazioni di vermi, che crescono gli uni attaccati agli altri. Il suo comportamento gregario è favorito dallo sviluppo di larve che vengono trattenute dai genitori, invece che essere rilasciate liberamente nell'acqua. La formazione del banco è un fenomeno molto veloce e la sua crescita può raggiungere i 30 mm al mese. Dopo una fase iniziale di rapido accrescimento, tuttavia, alcune porzioni esterne della struttura possono collassare sotto il peso eccessivo, ma questo momento di fragilità viene presto superato da una nuova veloce colonizzazione da parte di giovani individui che consolidano ulteriormente la parte basale della biocostruzione. Solo lo strato più superficiale, spesso circa 10 cm, infatti, risulta costituito da tubi che ospitano organismi vivi, mentre al di sotto i tubi, privi di vermi, sono riempiti da sedimento.

Ficopomatus funge da costruttore primario perché i suoi tubi costituiscono la vera e propria impalcatura della biocostruzione, ma altri organismi contribuiscono alla sua formazione: numerosi balani (*Balanus eburneus*, *B. improvisus*, *B. amphitrite*) si cementano con le loro muraglie; molti individui di mitilidi (*Mytilaster lineatus* e *M. marioni*) si fissano con il loro bisso ai tubi aumentando la superficie della biocostruzione, sono i costruttori secondari; altri organismi concorrono a stabilizzare la struttura: il briozoo *Conopeum seurati* con le sue colonie incrostanti cementa efficacemente l'ammasso dei tubi del polichete aumentando la rigidità e la coesione della costruzione. Questa può ospitare numerosi crostacei isopodi, come *Lekanesphaera hookeri*, *L. monodi*, *Sphaeroma serratum*, *Cyathura carinata*, anfipodi, con varie specie di corofidi (*Corophium insidiosum*, *C. acherusicum*) e gammaridi (*Gammarus aequicauda*, *G. insensibilis*), altri policheti, come *Hediste diversicolor*, *Neanthes succinea*, *Polydora ciliata*, larve di ditteri chironomidi; anche altri organismi coloniali, che aderiscono ai substrati duri, colonizzano questi banchi, come l'idrozoa *Cordylophora caspia*, il briozoo *Bowerbankia gracilis* e il tunicato *Botryllus schlosseri*.

Non esistono in questa biocostruzione veri e propri organismi distruttori, ma questo ruolo è svolto dai pesci, soprattutto mugilidi e gobidi, che mordono i bordi della concrezione per nutrirsi degli invertebrati che la popolano. Con la loro particolare tecnica di presa del cibo, tipica degli organismi filtratori, i milioni di individui per metro cubo di *Ficopomatus* del banco rimuovono dall'acqua le particelle di materia organica in essa presenti, condizionando la limpidezza e lo stato trofico delle acque lagunari. Ma l'impatto dei banchi si fa risentire a livello dell'intero ecosistema con l'evidente incremento apportato alla biodiversità, che non si realizza soltanto grazie all'insediamento di piccoli organismi invertebrati, ma anche alla frequentazione della laguna da parte di specie di pesci di elevato valore conservazionistico come il pesce ago (*Syngnathus abaster*), il nono (*Aphanius fasciatus*) e il caratteristico ghiozzetto di laguna (*Knipowitschia panizae*, interessante specie endemica del Mediterraneo), che riescono a trovare tra questi banchi uno spazio per vivere e un'abbondante fonte di cibo.

I banchi a *Sabellaria alveolata*. I policheti del genere *Sabellaria* appartengono alla famiglia sabellariidi, un gruppo peculiare di policheti tubicoli sessili che possiede la capacità di cementare saldamente la sabbia. Alcune specie in questo modo sono in grado di dare origine a biocostruzioni anche imponenti, vere e proprie "scogliere" organogene più o meno estese in aree costiere temperate e tropicali di tutto mondo. In Mediterraneo la specie *Sabellaria alveolata* è la sola in grado di costruire formazioni, anche di notevoli dimensioni, che potrebbero rientrare nella definizione di veri e propri reef. Altre due specie di *Sabellaria*, *S. spinulosa* e *S. halcocki*, sono segnalate nei mari Italiani: non costruiscono scogliere ma solo modesti aggregati.

Sabellaria è un organismo gregario, come *Ficopomatus*, ed è proprio l'aggregazione di numerosi individui e dei loro tubi che costituisce le tipiche costruzioni massive di sabbia cementata. Queste presentano una struttura alveolare, che ricorda quella di un alveare e da cui deriva appunto il nome specifico. Presentano forma globosa massiva o sono anche più incrostanti e appiattite nel caso di forte idrodinamismo locale. Il tubo di un adulto di *Sabellaria* può raggiungere oltre i 30 cm di lunghezza e circa mezzo centimetro di diametro.

Dai limitati dati a disposizione sembra che la dimensione dei tubi dipenda comunque dalla loro densità, con valori che variano da 53 a 475 individui/dm³ e che dipendono dall'orientamento della formazione stessa rispetto al substrato: se verticale presenta in genere densità maggiori, mentre in orizzontale le densità sono minori a causa probabilmente del disturbo provocato dalla



Banco a *Sabellaria alveolata*

sedimentazione e abrasione dovuta ai movimenti del sedimento stesso. I singoli tubi si accrescono in verticale e nuovi individui si aggiungono lateralmente o in strati sovrapposti in modo che la struttura si accresce in modo massivo. Questo processo è possibile grazie al fatto che i sabellaridi hanno escogitato un interessante sistema per garantire alle larve di insediarsi sui tubi degli adulti. Gli adulti infatti emettono particolari sostanze che stimolano e inducono l'attecchimento delle larve stesse in prossimità dell'adulto, un sistema efficace che è utilizzato anche da altri organismi gregari, come i balani.

Per quanto riguarda le coste italiane, banchi a *Sabellaria* sono riportati in alcune aree costiere della Campania (Golfi di Napoli, Salerno e Policastro), in Liguria e Toscana, in Sicilia, e nel Lazio. La specie colonizza aree molto superficiali della costa, dal livello della bassa marea fino a circa 3-5 m di profondità, dove l'energia del moto ondoso è la più elevata e permette la sospensione e mobilitazione delle particelle di sedimento, necessarie al verme per la costruzione del suo tubo, nonché del materiale organico di cui la specie si ciba per filtrazione. In generale quindi le formazioni a *Sabellaria* sono comuni di fronte a coste sabbiose esposte, anche se i banchi a *Sabellaria* attecchiscono utilizzando come supporto iniziale una formazione rocciosa (anche artificiale, come massi foranei e banchine) o un piccolo sasso. Lungo le coste della Toscana e della Sicilia sono documentati alcuni reef a *Sabellaria* inseriti all'interno della prateria a *Posidonia* che danno luogo così ad un interessante mosaico ambientale.



Mytilus galloprovincialis

Tra gli organismi associati ai banchi di *Sabellaria* sono documentati sia forme sessili e sedentarie, quali alghe incrostanti, altri policheti, molluschi, briozoi e ascidiacei, sia forme vagili. Sono esempi di organismi sessili e sedentari le macroalghe *Ulva* sp. ed *Enteromorpha* spp., come invertebrati i policheti *Sabellaria halcocki*, *Lanice conchilega*, *Terebella lapidaria*, *Cirriformia filigera*, *Notomastus lineatus* molti ser-



Il polichete *Lanice conchilega*

pulidi come *Pomatoceros lamarckii* e specie del genere *Hydroides*, ma soprattutto i bivalvi *Striarca lactea*, *Arca noae*, *Mytilus galloprovincialis* e *Mytilaster minimus*. Molte di queste specie sono comuni nei substrati duri e trovano quindi in *Sabellaria* un supporto fisso. Contrariamente al caso dei banchi a *Ficopomatus*, sono scarsi gli organismi a loro volta biocostruttori e cementanti, poiché i tubi di sabbia agglutinata hanno una resistenza inferiore e caratteristiche tessiture diverse da quelle di un substrato calcareo, anche se di tipo biogenico.

Tra le forme vagili dominano i policheti, con molti sillidi, fillodocidi (*Eulalia viridis*, *Eumida sanguinea*) nereididi (*Perinereis cultrifera*, *Nereis falsa*), esionidi e lumbrineridi (*Lumbrineris* spp.), ma sono soprattutto i crostacei peracaridi ad essere particolarmente abbondanti, come i tanaidacei *Apseudes latreilli* e *Lep-tochelia savignyi*, l'isopode *Gnathia phallonajopsis* e soprattutto gli anfipodi *Maera inaequipes*, *Jassa marmorata*, *J. ocia*, *Corophium sextonae*, *C. acherusicum* e *C. acutum*. Queste specie rappresentano forme comuni nei fondi sabbiosi o misti e fortemente esposti al moto ondoso.

È stata inoltre notata una relazione inversa tra la densità di *Sabellaria* e l'abbondanza e diversità della fauna associata ai suoi reef. Densità elevate di questi policheti, infatti, competono con gli altri organismi soprattutto per la filtrazione del cibo, mentre con densità più modeste si riduce la competizione, mentre la presenza di tubi vuoti favorisce la colonizzazione da parte di altri organismi. Non esistono infine organismi biodistruttori e i principali agenti distruttivi dei banchi a *Sabellaria* sono l'idrodinamismo eccessivo, l'azione abrasiva del sedimento stesso messo in sospensione dall'energia dinamica delle onde, o al contrario nel caso di un cambiamento di regine dinamico, l'eccessiva sedimentazione.

Come è stato anche messo in evidenza riguardo ai banchi a *Ficopomatus*, anche per le formazioni a *S. alveolata* si possono riconoscere alcune funzioni importanti per l'ambiente marino, come la potenziale biorimediazione dell'acqua. *Sabellaria* infatti, essendo un organismo filtratore rimuove sedimento e particolato dell'acqua, anche se vivendo in ambiente molto dinamico questa capacità ha una ricaduta ecologica più limitata.

■ I banchi a *Cladocora caespitosa*

Cladocora caespitosa è un corallo coloniale e zooxantellato appartenente alla famiglia faviide; è uno dei pochi madreporari ermatipici (capaci cioè di formare biocostruzioni cospicue o banchi) del Mediterraneo. Viene osservato frequentemente lungo le coste mediterranee tra pochi metri e 30-40 metri di profondità. Le sue colonie, normalmente di forma emisferica e di dimensioni variabili tra 10 e 30 cm di diametro, si ritrovano su substrati solidi in ambienti molto vari: in vicinanza dell'imboccatura dei fiumi, nelle praterie di *Posidonia oceanica* e in ambienti coralligeni. Solitamente le colonie sono poche e isolate ma quando la loro densità e le loro dimensioni aumentano possono fondersi tra loro e generare delle formazioni molto estese chiamate banchi a *Cladocora caespitosa*.

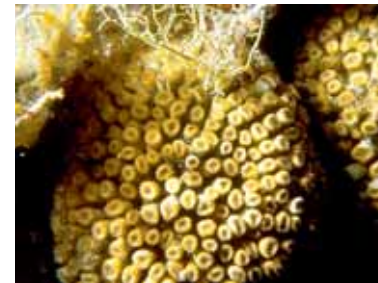
La forma di crescita del corallo è faceloide, cioè i singoli individui che compongono la colonia (polipi) non sono a contatto tra loro e sviluppano uno scheletro (corallite) di forma tubulare e con un diametro di circa mezzo centimetro che cresce verticalmente per la continua deposizione di carbonato di calcio. Le colonie di *Cladocora caespitosa* hanno ritmi di accrescimento molto lenti, da qualche millimetro a mezzo centimetro per anno, quindi colonie di 50 cm di altezza possono superare i 100-150 anni di età. L'età delle colonie è determinata per mezzo di una metodica chiamata sclerocronologia, una tecnica che consiste nel sottoporre ad analisi radiografica i coralliti di *Cladocora caespitosa*. Nelle radiografie il corallo mostra un'alternanza di bande più dense (scure) e meno dense (chiare)



Biocostruzione con *Cladocora caespitosa*

corrispondenti ai ritmi di deposizione di carbonato di calcio da parte del polipo nelle varie stagioni dell'anno. Il polipo deposita la banda di carbonato di calcio più denso in autunno-inverno mentre quello meno denso viene deposto in primavera-estate, quindi ogni coppia di bande chiara e scura corrisponde a circa un anno di età.

Cladocora caespitosa è uno dei coralli più antichi del Mediterraneo, i suoi resti si rinvencono nei depositi fossili a partire dal tardo Pliocene e costituisce un buon indicatore climatico caratterizzando le fasi più calde del Mediterraneo. Il più importante giacimento fossile di *Cladocora* in Italia è quello di Taranto, in località S. Teresiola dove, grazie anche a fenomeni geologici di sollevamento è possibile ammirare a cielo aperto un banco di *Cladocora* risalente a circa 125.000 anni fa con una estensione di circa 0,6 Km². Oggi ritrovare banchi viventi di tale entità in Mediterraneo risulta molto raro. Il banco più studiato è in Croazia e ricopre un'area di 0,65 Km² tra 6 e 18 metri di profondità ed è formato dalla fusione di numerose colonie di *Cladocora* alte circa mezzo metro che hanno dato origine ad un tavolato quasi ininterrotto di corallo. Oggi la sopravvivenza di questo banco, che può essere considerato come un vero monumento naturale, appare minacciata da due fattori legati al cambiamento climatico: il proliferare dell'alga verde *Caulerpa racemosa* che nei periodi estivi ricopre in sempre maggiore proporzione le colonie soffocandone i polipi, e l'innalzamento della temperatura che può raggiungere i 29°C causando sofferenza e morte dei polipi, con fenomeni simili allo "sbiancamento" dei coralli tropicali.



Cladocora caespitosa

■ Le biocostruzioni a briozoi dell'infraitorale e del circalitorale

Con circa 480 specie, i briozoi costituiscono un gruppo importante della fauna bentonica del Mediterraneo. Molte specie posseggono scheletri carbonatici più o meno mineralizzati e sviluppano colonie di taglia relativamente grande. Sono, pertanto, potenzialmente adatti a formare delle biocostruzioni sia come costruttori primari, costituenti da soli o con altri organismi fra cui principalmente le alghe, i serpulidi e i coralli, l'impalcatura (o frame) della struttura biocostruita, sia svolgendo dei ruoli subordinati che rientrano in differenti categorie funzionali.

Le specie più importanti come costruttori primari sono quelle a scheletro eretto rigido (arborescenti) e quelle a scheletro incrostante plurilaminare che, ripiegando e sovrapponendo più strati e talora inglobando altri organismi, formano spesse incrostazioni adattandosi alle irregolarità del substrato. Tra queste



Colonia di briozoi del genere *Pentapora*

ricordiamo alcune specie tendenzialmente perennanti, caratterizzate da crescita continua e rapida come *Pentapora ottomülleriana*, *Schizoporella* spp., *Schizomavella* spp., *Schizobrachiaella sanguinea*, *Parasmittina* spp., *Rhynchozoon* spp., *Calpensia nobilis* e *Reptadeonella violacea*. Nell'infrastruttura queste specie incrostano organismi viventi, roccia, concrezioni organogene e substrati di varia natura.

Il genere *Schizoporella* produce biocostruzioni, sia fossili sia attuali, estese anche diversi metri e spesse qualche decimetro sia in zone calme a debole profondità arricchite in materia organica (come *S. errata* nelle aree portuali) sia in aree con un certo idrodinamismo. È stato osservato come la specie cambi le modalità di costruzione, passando da spesse incrostazioni a costruzioni erette ramificate in relazione al grado di idrodinamismo e alla presenza di altri organismi eretti carbonatici che vengono ricoperti. Analoga modalità di costruzione è quella di *Calpensia nobilis*, briozoo a crescita molto rapida (circa 8 cm all'anno in estensione lineare), che avvolge i rizomi di *Posidonia* formando spessi e consistenti "manicotti" alti fino a 13 cm e spessi qualche centimetro nelle praterie in corrente. La coalescenza successiva di "manicotti" limitrofi può dar origine a consistenti biocostruzioni. *C. nobilis* costituisce anche delle brioliti libere (analoghe alle rodoliti) accrescendo delle colonie attorno a nuclei organici e inorganici su fondali mobili sabbioso-ghiaiosi. Più in profondità concrezionamenti sono prodotti da specie del genere *Parasmittina*.

Biocostruzioni particolarmente interessanti sono quelle formate da grandi briozoi eretti, quali *Pentapora* spp., *Reteporella* spp., *Smittina cervicornis*, *Adeonella* spp., *Myriapora truncata*, che possono accrescersi sia su fondi duri ombreggiati, sia su fondi mobili formando il cosiddetto "coralligeno di piattaforma".

In tutti i casi riportati, la presenza delle grandi costruzioni organogene prodotte dai briozoi aumenta la complessità dell'ambiente, consentendo un incremento delle nicchie e della diversità locale. Seppure di piccole dimensioni, infine, sono abbastanza interessanti i rilievi centimetrici nodulari o vermiformi formati sulle pareti delle grotte da *Celleporina mangnevellana* e dall'accrescimento di piccole colonie sovrapposte di diversi briozoi fra cui *Puellina pedunculata*, *P. corbula*, *Plagioecia inoedificata*, *P. platydiscus* e *Setosella cavernicola*.

Attualmente le biocostruzioni costituite dai briozoi non sono oggetto di protezione nelle acque italiane e più in generale mediterranee. Tuttavia, la facies a grandi briozoi del detritico costiero (DC/b) è stata associata al coralligeno e fatta afferire, pertanto, alle iniziative per l'attuazione del Piano UNEP di azione per

la protezione del coralligeno e delle altre biocostruzioni calcaree in Mediterraneo", adottato dalle parti contraenti la Convenzione di Barcellona.

È da sottolineare come alcune specie, e in particolare quelle erette arboreescenti di taglia elevata presenti a profondità raggiungibili con l'immersione ricreazionistica, siano particolarmente vulnerabili e andrebbero appositamente protette, facendo anche seguito a quanto espresso dal "Programma di azione strategica per la conservazione della diversità biologica".

■ Biocostruzioni dei coralli profondi

I coralli bianchi profondi, rappresentati soprattutto dalle specie *Lophelia pertusa* e *Madrepora oculata*, sono la complessa base strutturale di una biocenosi presente sui fondi fangosi batiali degli oceani e dello stesso Mediterraneo, rappresentando un *hot spot* di biodiversità, un biota insostituibile nonché molto vulnerabile di queste profondità. A differenza delle specie tropicali, i coralli bianchi si distribuiscono generalmente a elevate profondità e, pertanto, sono privi di alghe simbiotiche. Nel Mediterraneo, formano banchi a estensione variabile e con strutture tridimensionali in grado di ospitare un gran numero di specie sia di invertebrati che di vertebrati, molti dei quali di notevole interesse scientifico ed economico.



Colonia di *Madrepora oculata*, ripresa a circa 500 metri di profondità

La presenza dei coralli bianchi nel Mediterraneo è molto antica e può farsi risalire al Miocene. Alla fine di tale periodo, con l'inizio della crisi Messiniana, molte specie presenti nel bacino si estinsero. Successivamente, il ritorno del collegamento con l'Oceano Atlantico, nel Pliocene, vide anche il ripopolamento del Mediterraneo da parte di numerosissime specie atlantiche fra cui, quasi certamente, i coralli bianchi. È comunque durante le fasi glaciali del Pleistocene che i coralli bianchi si diffusero ed ebbero modo di svilupparsi nel Mar Mediterraneo. Attualmente, tranne poche eccezioni (come il banco di Santa Maria di Leuca), queste colonie di coralli bianchi sono estinte o in forte regressione. Delle tre specie che costituiscono il "core" della biocenosi, vale a dire *Lophelia*, *Madrepora* e *Desmophyllum*, è soprattutto *Lophelia* quella che mostra i segni di un maggior declino.

La biocenosi a coralli bianchi profondi, caratterizzata dalla presenza delle tre specie precedentemente citate (*Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata* e *Desmophyllum dianthus*) è molto diffusa in gran parte degli oceani. Nel Mediterraneo, sono conosciuti banchi fossili dal versante occidentale (Spagna) sino



Il bivalve *Spondylus gussonii*

a quello orientale (Isola di Rodi). Sebbene i resti fossili o sub-fossili di questi coralli siano quanto mai diffusi, non molto si conosce sui banchi attualmente viventi di *Lophelia* e *Madrepora*. Con molta probabilità le colonie viventi di queste specie sono molto più diffuse in Mediterraneo rispetto alle 2 stazioni riportate in letteratura. A fronte degli studi recenti, sono sicuramente da aggiungere le aree di Santa Maria di

Leuca e dello Stretto di Sicilia, dei mari di Toscana e del Golfo di Genova. Con ogni probabilità, la biocenosi a coralli bianchi profondi, sebbene in forte regressione, nel Mediterraneo è diffusa dai 250 m sino ai 2500 m, riducendosi man mano che ci si sposta da Occidente verso Oriente, laddove la temperatura più alta delle acque potrebbe rappresentare il fattore limitante.

I banchi a coralli bianchi profondi sono, come detto, veri e propri *hot spot* di biodiversità del piano batiale del Mediterraneo, considerato per secoli un deserto di vita. Il solo banco di Santa Maria di Leuca (Mar Ionio), in un'area di circa mille chilometri quadrati compresi tra i 300 e i 1000 metri di profondità, ha consentito l'identificazione di oltre 220 specie viventi. Poriferi, molluschi e cnidari sono presenti con il numero più elevato di specie, seguiti da briozoi e anellidi che possono rappresentare fonte di nutrimento per i numerosi decapodi bentopelagici nonché per la fauna ittica frequentatrice di questa biocenosi.

Fra le specie che più frequentemente si rinvencono all'interno in questa biocenosi, si possono ricordare i poriferi *Desmacella inornata*, *Pachastrella monilifera*, *Poecillastra compressa*, *Spiroxya* sp. e *Cliona* sp., gli cnidari *Lophelia pertusa*, *Madrepora oculata*, *Desmophyllum dianthus* (= *crisagalli*) e *Stenocyathus vermiformis*, gli anellidi *Eunice norvegica*, *Filogranula gracilis*, *F. stellata*, *Harmothoe vesiculosa* e *Subadyte* cfr. *pellucida*, i bivalvi *Delectopecten vitreus* e *Spondylus gussonii*, i decapodi *Bathynectes maravigna*, *Munida intermedia*, *M. tenuimana*, *Rochinia rissoana*. Fra i pesci cartilaginei sono comuni *Chimaera monstrosa*, *Etmopterus spinax* e *Galeus melastomus*, mentre fra quelli ossei *Caelorhynchus caelorhynchus*, *Helicolenus dactylopterus*, *Hoplostethus mediterraneus*, *Micromesistius poutassou*, *Pagellus bogaraveo* e *Phycis blennioides*.

C'è da evidenziare la difficoltà oggettiva di conoscere con precisione la struttura e la reale composizione specifica di questa biocenosi, a causa della sua elevata fragilità strutturale che mal sopporta tipologie di campionamento invasive. La biocenosi a coralli bianchi profondi del Mediterraneo funziona come un'oasi nel deserto. In effetti, la struttura tridimensionale delle colonie

dei coralli offre una miriade di microambienti, favorendo l'insediamento di numerose specie endo- ed epibionti. Inoltre, l'impossibilità di effettuare la pesca a strascico in queste aree, pena la rottura della rete e la perdita delle attrezzature, elegge i banchi a coralli bianchi rifugio per molte specie vagili, comprese anche specie di interesse commerciale, come crostacei e numerosi pesci. Tali aree

funzionano pertanto come zone di rifugio e di *spill-over* per le aree circostanti. Saper distinguere coralli bianchi vivi da quelli fossili o sub-fossili risulta quanto mai complesso e difficile anche per gli stessi specialisti. Infatti, è molto comune che pezzi di corallo bianco risalenti al Pleistocene, essendo stati sepolti in strati di sedimenti fini, possano aver mantenuto la loro brillantezza e il loro colore bianco vivo. Viceversa in altre zone, gli stessi scheletri possono aver subito un ricoprimento, totale o parziale, da parte di un film di ferro e manganese, assumendo un colore grigiastro. Al fine di poter riconoscere un corallo bianco vivo occorre poter evidenziare la presenza del tessuto dei polipi. In alternativa, pezzi di corallo vivente, immersi subito dopo il loro campionamento a bordo, in un acquario con acqua di mare, eliminano quasi subito un particolare film mucoso che sale verso l'alto, segno questo inequivocabile della presenza di corallo vivo. In laboratorio è stato possibile mantenere in vita per oltre 3 mesi, alcuni pezzi di corallo bianco tenuti al buio e a temperatura termostata di circa 13° C e nutriti con plancton liofilizzato.

Una caratteristica ulteriore di questa biocenosi è rappresentata dalla presenza dell'anellide polichete *Eunice norvegica*, dotato di un tubo papiraceo che, con il tempo, viene completamente ricoperto dalle madrepora, sino a formare delle vere gallerie tubicole nella massa del corallo.

I banchi a coralli bianchi profondi del Mediterraneo rivestono un'importanza considerevole sotto diversi aspetti:

- paleontologico: la loro antichità dimostrata dal fatto che hanno attraversato varie epoche geologiche, ne fanno delle specie quanto mai interessanti, soprattutto da un punto di vista genetico;
- ecologico: la ricchezza in specie di questa biocenosi è del tutto singolare sul piano batiale in cui essa è diffusa;
- produttivo: il fatto che essa sia caratterizzata anche da specie ittiche di interesse commerciale, associato all'impossibilità di pescarci sopra, ne fa un'area di *spill-over* da cui fuoriescono esemplari nati e accresciutisi in questa zona (*spawning* e *nursery area*), con evidente beneficio per i pescatori.



Il granchio *Bathynectes maravigna*