



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PALERMO**  
**FACOLTA' DI SCIENZE MM. FF. NN.**  
**CORSO DI LAUREA IN BIOLOGIA MARINA**

---

**Metodi di valutazione dei popolamenti del coralligeno:**  
**un'applicazione sulla gorgonia *Paramuricea clavata***



**Tesi di primo livello di:**

Pietro Patti Genovese

**Relatore:**

Prof. Renato Chemello

---

**ANNO ACCADEMICO 2007/2008**

# INDICE

<b>1. Introduzione .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Il coralligeno.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. I gorgonacei .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3. Paramuricea clavata.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.1. Morfologia .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.2. Ecologia.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3.3. Mortalità e necrosi .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4. Inquadramento fisico .....</b>	<b>18</b>
<b>1.4.1. Isole Egadi.....</b>	<b>18</b>
<b>1.4.2. Favignana.....</b>	<b>20</b>
<b>1.5. Scopo della Tesi.....</b>	<b>21</b>
<b>2. Materiali e metodi.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1. Campionamento visivo .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2. Elaborazione dei dati.....</b>	<b>25</b>
<b>3. Risultati.....</b>	<b>27</b>
<b>4. Bibliografia .....</b>	<b>30</b>
<b>5. Ringraziamenti.....</b>	<b>35</b>

# **1. INTRODUZIONE**

## **1.1 IL CORALLIGENO**

Nel Mar Mediterraneo, i sistemi litorali profondi (tra i 25- 30 m e i 150- 200 m) sono generalmente colonizzati da popolamenti bentonici di fondo duro dominati da organismi calcarei. A tali popolamenti, caratterizzati soprattutto da bioconcrezioni di alghe calcaree, è dato il nome di “coralligeno”. E’ costituito da comunità sciafile in grado di erigere biocostruzioni permanenti e di grande estensione su fondali rocciosi a 30-40 metri di profondità, sempre al disotto del limite inferiore della prateria di posidonia. Al pari con questa pianta, poi, il coralligeno è una biocenosi ad altissima diversità biologica e molto produttiva, che riveste una grande importanza anche economica per le ricche popolazioni di crostacei e di pesci che se ne giovano come riparo e fonte di nutrimento.

Tipica del coralligeno è la fitta copertura di origine biologica, tanto che la superficie delle rocce è rivestita da organismi che ne coprono ogni centimetro quadrato, spesso crescendo sovrapposti gli uni agli altri, nascondendo la vera natura del substrato.

La biocenosi del coralligeno è basata su numerose specie vegetali e animali in grado di deporre carbonato di calcio. Le alghe coralline, adattate a vivere in condizioni di bassa luminosità, sono i maggiori rappresentanti di questa biocenosi e insieme ad altri organismi biocostruttori, quali briozoi e serpulidi, spugne, cnidari come gorgonie e corallo originano concrezioni calcaree.

La base di questo concrezionamento organico, fondamentale per l’esistenza stessa del

coralligeno, è costituita da alghe rosse, (*Mesophyllum lichenoides* e *Lithophyllum expansum*) le sole teoricamente in grado di sfruttare adeguatamente, grazie ai loro pigmenti foto sintetici altamente specializzati, l'energia luminosa che ancora penetra a queste profondità.

E' un sistema estremamente eterogeneo influenzato da diversi fattori tra cui la luce sembra essere quello che condiziona maggiormente la distribuzione degli organismi bentonici (Ballesteros 1992, Martì et al. 2004, 2005).

Se la torbidità dell'acqua è tale da limitare notevolmente la penetrazione della luce, il coralligeno si può sviluppare anche a modeste profondità (Laborel 1987, Santoretto 1994). Può anche essere presente nel piano infralitorale, quindi a profondità ancora minori, all'interno di grotte ed anfratti che presentano condizioni di luminosità simili a quelle del piano circalitorale formando così biocenosi di *énclaves*.

Dalla fine del 1800 ad oggi sono stati fatti numerosi studi, volti ad approfondire le conoscenze di questa biocenosi, ma la maggior parte di essi si riferiscono al Mediterraneo occidentale. Mentre è nota la composizione qualitativa del coralligeno meno chiare sono le dinamiche legate alle successioni ed ai rapporti tra gli organismi che costituiscono il popolamento.

Coralligeno vuol dire "produttore di corallo" ed è relativo all'abbondanza del corallo rosso che si trova in questo tipo di fondale. Questo termine è stato usato per la prima volta da Marion (1883) per descrivere i fondi duri che sono stati trovati ad una profondità compresa tra i 30 m e i 70 m.

Pérès e Picard classificarono la biocenosi coralligena come *climax* di una serie evolutiva, in relazione ad una stabilità dei parametri ambientali, quali salinità e temperatura, unitamente alla forte riduzione della luce, tale da permettere la crescita algale.

La morfologia e la struttura della biocenosi a coralligeno dipendono principalmente dalla profondità, dalla topografia e dalla natura delle alghe incrostanti (Laborel, 1961). Si possono distinguere due principali morfologie (Pérès & Picard 1964, Laborel 1987): coralligeno di piattaforma (banks) e coralligeno di falesia (rims).

Il coralligeno di piattaforma può avere uno spessore che va da 0.5 a 3-4 m, è tipico di substrati più o meno orizzontali, caratterizzati da anfratti che spesso mostrano una struttura caratteristica. Questi anfratti sono spesso circondati da substrati sedimentari e Peres & Picard (1952) hanno ipotizzato che derivino dall'aggregazione dei rodoliti di Maërl.

Il coralligeno di falesia invece si sviluppa nella parte più esterna delle grotte marine e sulle pareti verticali, solitamente in acque più limpide rispetto a quello di piattaforma.

Lo spessore del coralligeno di falesia è variabile ed è compreso tra i 20- 25 cm e i 2 m ed aumenta con l'aumentare della profondità (Laborel, 1987).

Anfratti e cavità nelle strutture del coralligeno spesso sostengono una complessa comunità dominata da organismi sospensivori (suspension feeders) (spugne, idrozoi, antozoi, briozoi, serpulidi, molluschi e tunicati). Nelle cavità e negli interstizi del coralligeno c'è una straordinaria ricchezza di endofauna vagile, di policheti e crostacei.

L'abbondanza dei "suspension feeders" dipende principalmente dall'intensità delle correnti e dalla disponibilità di cibo (plankton, DOC, POC). Nelle zone più ricche la comunità può essere dominata dalle gorgonie, mentre in acque molto oligotrofiche i "suspension feeders" più abbondanti sono poriferi, briozoi ed esacoralli di piccole dimensioni.

I gorgonacei giocano un ruolo essenziale nel mantenimento della biodiversità contribuendo alla struttura tridimensionale dell'habitat e permettendo dunque lo sviluppo di numerosi altri organismi. Esse rappresentano un elemento caratterizzante le biocenosi coralligene in quanto possono raggiungere il 95% della biomassa

## **1.2 I GORGONACEI**

Con il termine generico di gorgonie indichiamo tutti gli ottocoralli dotati di uno scheletro corneo.

Ci troviamo nel phylum degli Cnidaria o Coelenterata, che comprende animali a struttura di base molto semplice, sono infatti diblastici, con due caratteristici stadi di crescita: polipo e medusa. Il polipo è nella sua essenza il celenterato, la struttura morfologica con cui si può rendere simbolo tale phylum. Si può rappresentare come un sacco diversamente allungato (celenteron), caratterizzato dalla simmetria raggiata: dall'asse principale del corpo possono essere fatti passare diversi piani i quali dividono l'animale in spicchi morfologicamente uguali fra loro. All'estremità inferiore si trova il disco basale col quale il polipo rimane adeso al substrato, mentre

all'estremità superiore si trova la bocca, o peristoma, circondata da una corona di tentacoli.

La medusa è semplicemente un polipo capovolto e modificato per condurre una vita da planctonica. La parte superiore della medusa (esombrella) corrisponde al disco basale e al tronco del polipo, mentre la parte inferiore (subombrella) corrisponde all'apice dello stesso comprensivo di apertura orale allungata (manubrium) e tentacoli.

I celenterati presentano un'anatomia semplicissima, cosa che non deve sorprendere vista la primitività di questi animali. Sono costituiti da due soli tipi di tessuti: ectoderma ed endoderma (il primo è esterno, mentre il secondo è interno), fra questi è interposto uno strato amorfo e gelatinoso, costituito in gran parte da acqua e proteine, detto mesoglea. Quest'ultimo è maggiormente rappresentato nello stadio medusoide. Un'altra differenza importante ai fini riproduttivi è la presenza nel solo stadio polipoide di cellule "germinali", in altre parole cellule che possono andare incontro a cicli di differenziamento, trasformandosi in diversi tipi cellulari. Ciò permette al polipo di andare spesso incontro alla riproduzione asessuata e al fenomeno della totale rigenerazione del corpo da piccoli frammenti di esso.

Non esistono apparati veri e propri, la digestione è ancora intracellulare, il sistema nervoso è fra i più semplici esistenti al mondo e qualunque funzione metabolica è deputata ancora al livello cellulare. Ma i celenterati sono temibili predatori, a dispetto della loro semplicissima organizzazione cellulare, possiedono fra le più complesse strutture esistenti nel regno animale deputate alla predazione: le cnidocisti (anche

dette nematocisti o cellule urticanti). Queste sono a forma di sacco contenenti un filamento avvolto a molla che può estroflettersi per inoculare il veleno contenuto. L'estroflessione del filamento non avviene solo per semplice contatto ma è necessario anche uno stimolo chimico che deve essere fornito dalla preda stessa.

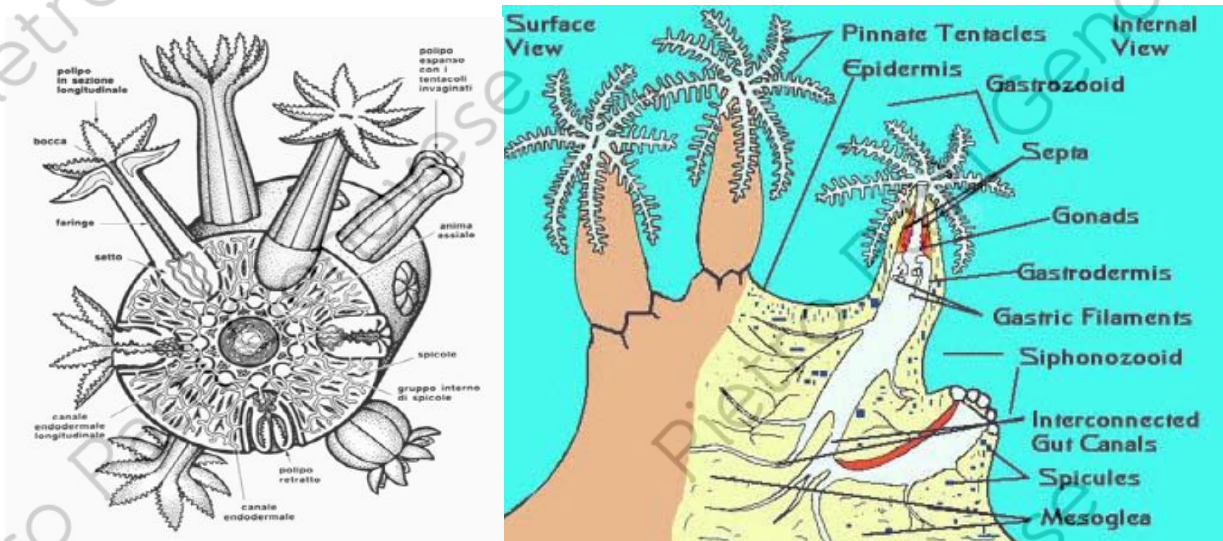
Le gorgonie appartengono alla classe Anthozoa, sottoclasse Octocorallia. Sono tipicamente organismi coloniali formati da molti polipi tutti uguali, originati da un polipo fondatore per divisione asessuata caratterizzati dalla presenza di uno scheletro assile interno (sclerasse), che può essere suddiviso in una parte più interna detta medulla ed una più esterna chiamata cortex formata da gorgonina, rivestito da un cenenchima contenente numerose spicole calcaree o cornee (scleriti) i cui colori ne determinano la colorazione. La gorgonina è un composto organico costituito da proteine, carboidrati ed alogeni (iodio e bromo) (Goldberg, 1978) ed è prodotta da cellule epiteliali dell'asse, specializzate, dette assoblasti. Gli assoblasti hanno una notevole polarità cellulare e, in essi, sono riconoscibili tre regioni citoplasmatiche: una basale che si affaccia sulla mesoglea, una centrale col nucleo ed una apicale rivolta verso il cortex, ricca di reticolo endoplasmatico, con vescicole esocitiche le quali contengono la matrice proteica del materiale scheletrico che poi subirà un processo di sclerotizzazione extracellulare (Tidball, 1979). Questo fenomeno sembra seguire ritmi stagionali essendo più lento in inverno e più rapido nel periodo estivo; si può così osservare, in una sezione trasversale della parte basale dell'asse, una serie concentrica di anelli di colore chiaro più spessi (estivi) alternati ad altri scuri e sottili (invernali) (Grigg, 1974; Mistri e Ceccherelli, 1994).



Il conteggio di tali anelli costituisce ancora oggi il metodo più preciso e sicuro, anche se distruttivo, per conoscere l'età di una colonia (Grigg, 1974).

Il polipo è costituito da una porzione sacciforme, cava e mobile che contiene la cavità gastrica, i setti (otto a simmetria radiata) e, periodicamente, le gonadi. Otto tentacoli pennatulati circondano il disco orale, con la bocca allungata in posizione centrale.

Un sistema di tubuli (solenogastri) mette in comunicazione le cavità gastriche di ogni polipo permettendo lo scambio di sostanze nutritive ma anche informazioni attraverso una rete nervosa.



La colonia rappresenta il compromesso tra l'esigenza di massimizzare la superficie esposta per gli scambi metabolici e quella di minimizzare la resistenza alle forze idrodinamiche (Koel, 1984). Sono costituite da gruppi di polipi connessi tra loro e capaci di svolgere tutte le loro funzioni biologiche in maniera indipendente (Russo et al. 1994); alcune aree della colonia sono specializzate per la riproduzione (Harrison & Wallace, 1990) o la difesa (Lang & Chornesky, 1990). Per quanto riguarda la struttura della colonia, essa si adatta alle variazioni di intensità e direzione delle

correnti (Wainwright & Dillon, 1969; Riedl, 1971) ma è anche influenzata da fattori come la riproduzione (Brazeau & Lasker, 1992) e l'approvvigionamento di cibo (Leversee, 1976).

Ricoprono un importante ruolo ecologico sia negli ambienti costieri che profondi, dove rappresentano uno dei principali anelli di trasferimento di energia dalla colonna d'acqua al benthos. Esse rappresentano un elemento caratterizzante le biocenosi coralligene, incrementando la biomassa e la biodiversità degli habitat che occupano e conferendo ai fondali anche un notevole valore estetico.

In maggioranza sono organismi sciafili, con l'eccezione di alcune specie con zooxantelle simbiotiche. Queste ultime, per trarre vantaggio dall'attività di fotosintesi delle alghe simbiotiche, vivono in acque poco profonde e ben illuminate. Si nutrono da filtratori passivi, catturando con i tentacoli particelle dall'acqua. Le nematocisti possono paralizzare le prede più mobili.

*Paramuricea clavata* ed *Eunicella cavolinii* si trovano spesso in sympatria e questa loro distribuzione può essere spiegata, oltre che da esigenze simili di un adeguato idrodinamismo ed irradianza, anche da una diversa dieta che riduce la competizione tra le specie. La prima, infatti, predilige prede mobili e grandi, mentre l'altra, con una organizzazione delle nematocisti più semplice, non sfrutta con lo stesso successo tale tipo di dieta e sembra essersi specializzata ad una alimentazione di tipo sospensivoro. *Corallium rubrum*, specie tipica del coralligeno e delle zone di grotta, occupa generalmente aree interessate da forti correnti al riparo dalla luce e dalla sedimentazione. Queste esigenze ecologiche si accompagnano ad una dieta

soprattutto carnivora. L'organizzazione delle nematocisti consente un buono sfruttamento di prede mobili. Infine *Eunicella singularis*, specie tipica delle facies ad alghe fotofile, predilige fondi orizzontali o leggermente in pendenza fino a 45 m di profondità, zone ad elevata intensità luminosa dove sembra sfruttare maggiormente la componente fitoplanctonica della colonna d'acqua.

La colonia cresce di solito estendendo le proprie ramificazioni a formare un ventaglio planare perpendicolare alle correnti dominanti. La rete formata dalle ramificazioni intercetta le correnti, le smorza determinando dei vortici di acqua a valle della colonia, che riportano ai polipi le particelle di cibo. Le colonie del genere *Eunicella* presentano, generalmente, uno sviluppo planare, mentre in *Paramuricea clavata* la crescita è meno ordinata con varie ramificazioni che si estendono su diversi piani.

La maggior parte delle gorgonie sono gonocoriche, hanno cioè colonie a sessi separati. Le cellule riproduttive derivano dall'endoderma e maturano all'interno delle gonadi che si trovano in posizione distale sui mesenterici. Quando raggiungono la maturità sessuale uova e spermatozoi sono emessi simultaneamente e la fecondazione è esterna, ma nella maggior parte delle specie la femmina capta gli spermatozoi, e le uova sono incubate nella colonia femminile. Dall'uovo fecondato si sviluppa in tutti i casi una larva natante cigliata, detta planula, che si allontana dalla colonia madre, si fissa, metamorfosa e dà origine a un nuovo polipo fondatore.

La propagazione asessuale, per frammentazione delle colonie, non è molto comune tra le gorgonie, tuttavia presentano un'elevata capacità rigenerativa.

### 1.3 PARAMURICAEA CLAVATA



#### 1.3.1 MORFOLOGIA

La gorgonia rossa, *Paramuricea clavata*, è endemica del Mediterraneo e caratteristica delle biocenosi a coralligeno su fondi rocciosi litorali (Carpine et Grasshoff, 1975 ; Weinberg, 1976 ; Harmelin, 1995). E' uno dei più grandi invertebrati sessili del Mediterraneo, con un'altezza che può superare 1,3 m (Harmelin et Marinopoulos, 1994). La densità delle popolazioni può arrivare a più di colonie 50 per m<sup>2</sup>, contribuendo per più del 40% alla biomassa della comunità alla quale appartengono (Weinberg, 1978, 1979).

Questa gorgonia ha forma arborescente, normalmente alta quanto larga, con un tronco che può misurare 4 cm di diametro alla base che è fissata al substrato roccioso per mezzo di un disco espanso. Il colore può variare da una colonia all'altra, alcune sono

completamente rosse, altre hanno la base rossa e la porzione apicale delle ramificazioni di colore giallo, raramente sono completamente gialle (Carpine et Grasshoff, 1975). Come gli altri gorgonacei possiede uno sclerasse interno di natura cornea coperto dal cenenchima costituito dai numerosi polipi rigonfi d'acqua che si possono ritirare all'interno degli opercoli formati da scleriti.

### 1.3.2 ECOLOGIA

La distribuzione batimetrica di *Paramuricea clavata* è decisamente vasta, si estende infatti da qualche metro fino alle pareti verticali a più di 100 m di profondità. E' una specie sciafila con distribuzione altamente specifica: è situata in aree soggette ad un tasso di sedimentazione consistente, battute da correnti intense, come promontori o pareti verticali, in modo da assicurarsi il riflusso d'acqua (Mistri e Ceccherelli, 1993). Questa gorgonia è un filtratore passivo, cattura le prede utilizzando i tentacoli: su di essi, ma anche attorno alla bocca dei polipi, sono disposte ciglia epidermiche le quali hanno sia funzione di reclutamento delle particelle sia di convogliare e distribuire le prede nel celenteron. Recenti studi dimostrano che la principale fonte di cibo sono particelle planctoniche di taglia compresa tra 3,8  $\mu\text{m}$  e 200  $\mu\text{m}$  (Ribes et al. 1999), in termini di numero di cellule si alimentano principalmente di nanoeucarioti mentre in termini di biomassa si nutrono essenzialmente di fitoplancton e ciliati (Coma *et al.*, 1994). La dieta comprende, anche se in minima parte, POC (carbonio organico particellato) detritale e vivente, la cui assunzione è elevata in inverno e in primavera

(Ribes et al. 1999); questa variazione nella cattura dipende dalla variazione di POC nella colonna d'acqua.

*Paramuricea clavata* seleziona attivamente le prede planctoniche infatti il range di prede catturate è più ristretto del range di plancton presente nella colonna d'acqua; il tasso di cattura dipende dalla densità, quindi dalla disponibilità, di zooplancton. L'energia ingerita in termini di zooplancton raggiunge circa il 43% della richiesta energetica totale per la produzione netta ed il metabolismo basale, quindi è necessario ricercare altre fonti alimentari tra la sostanza organica disciolta e particellata (Coma et al., 1994).

La velocità di crescita degli organismi appartenenti a questa specie varia dai circa 3.4cm/anno per colonie più giovani fino a ridursi ai 2.5cm/anno per colonie più adulte, da ciò è scaturita una valutazione del tempo di rinnovo che si aggira intorno ai 7.5 anni (Mistri e Ceccherelli, 1994). Gli studi su questi individui hanno permesso di capire che non vi è senescenza nelle popolazioni naturali mentre c'è una forte correlazione tra capacità riproduttiva e dimensioni della colonia (Coma et al., 1995).

Nei primi anni di vita, le colonie investono nella crescita tutte le risorse energetiche al fine di aumentare le probabilità di sopravvivenza: raggiungere discrete taglie dimensionali con un andamento esponenziale permette di accumulare una quantità maggiore di energia che successivamente verrà investita per assicurare il successo riproduttivo.

La riproduzione è generalmente sessuale ma può essere, più raramente, asessuale. Gli eventi di stolonizzazione sono trascurabili in termini quantitativi. La bassa capacità di

rigenerazione dopo la frammentazione evidenzia l'inefficienza di questo meccanismo di riproduzione asessuale nella specie (Coma 1994). La mancanza di colonie provenienti da frammenti è causata dall'incapacità di fissarsi al substrato.

La dimensione minima per la riproduzione è rappresentata da individui con taglia di circa 10 cm e tra i 7 ed i 13 anni di età (Coma et al 1995, Linares Prats 2006).

*Paramuricea clavata* è iteropara, cioè si riproduce annualmente, i sessi sono separati ma non c'è dimorfismo sessuale inoltre, anche se non comunemente, sono state isolate colonie ermafrodite cioè contenenti sia sacche che oociti. Sembra essere la specie che investe maggiormente nella riproduzione in termini di oociti maturi prodotti per polipo. Ci sono polipi fertili su quasi tutti i rami tuttavia quelli posti sui rami distali sono più fecondi degli interni. La fecondità, aumenta con la taglia della colonia in quanto vi è una maggior percentuale di colonie e di polipi fertili e ciascun polipo porta un numero maggiore di gonadi (Coma *et al.*, 1995).

Le colonie maschili e femminili maturano contemporaneamente pur essendo i tempi dell'oogenesi superiori a quelli della spermatogenesi. Le colonie femminili secernono una sostanza mucosa che raccoglie le uova facendole aderire alla superficie della colonia madre ove, in condizioni normali, può avvenire l'embriogenesi e la maturazione delle planule mentre, in presenza di correnti intense, avviene il distacco della sacca mucosa con le uova che vanno a deporsi sul substrato sempre in prossimità della colonia madre cosa che si verifica anche in seguito al rilascio delle larve. A differenza delle altre gorgonie le uova sono più piccole, le gonadi che le producono sono più piccole di quelle maschili. L'elevato dispendio energetico



destinato alla spermatogenesi è bilanciato dal maggiore successo riproduttivo dato dalla fecondazione e dalla successiva incubazione sulle colonie femminili. Questa strategia dimostra quanto questa specie investa nella riproduzione.

Le planule sono di colore rosa chiaro dovuto alle riserve vitelline utilizzate come risorsa alimentare durante lo stadio mobile, si possono incontrare durante i primi mesi estivi periodo in cui si registra un marcato aumento di temperatura dell'acqua. Eventi così circoscritti spazialmente e temporalmente contribuiscono ad una maggiore probabilità di successo di fertilizzazione. I tassi di reclutamento restano comunque bassi (Coma et al. 2001).

### **1.3.3 MORTALITA' E NECROSI**

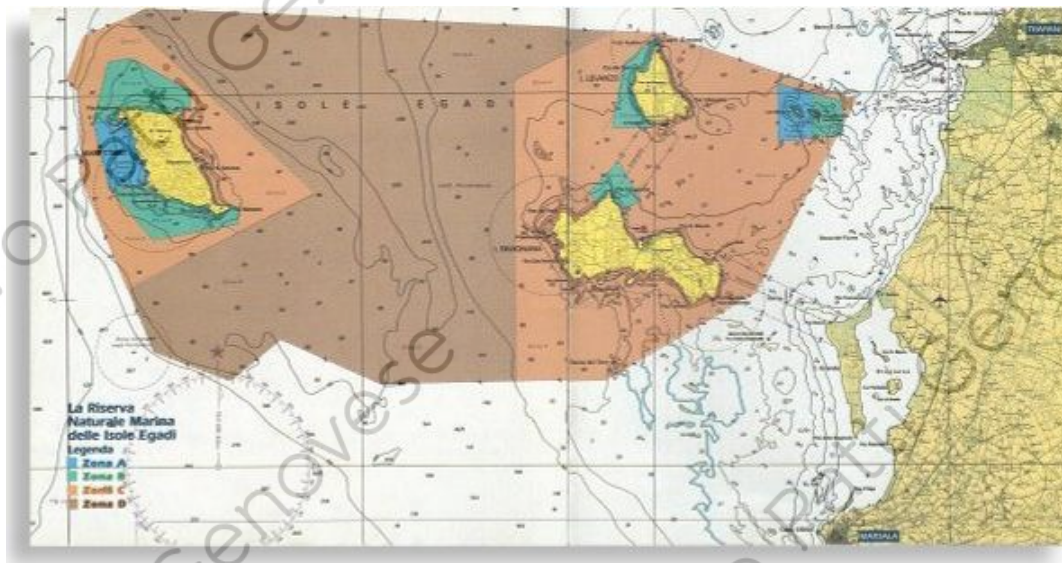
Il tasso di mortalità naturale per *Paramuricea clavata* è inferiore al 3% (Coma et al. 2004) ma i cicli vitali ed una marcata fragilità dei tessuti ne fanno una specie particolarmente sensibile alle perturbazioni. Queste causano la necrosi di zone più o meno estese dei tessuti che ricoprono gli assi delle ramificazioni. Sono state individuate diverse perturbazioni che causano il danneggiamento o peggio la morte delle colonie. E' affetta da predazione da parte di gasteropodi (*Coralliophila brevis*) e Policheti (*Hermodice carunculata*) o può soffrire del ricoprimento da parte di alghe filamentose e mucillagini o ancora danneggiata da frizioni tra individui vicini dovute ad un forte idrodinamismo. Inoltre è soggetta ad occasionali fenomeni di mortalità massiva (Arnoux et al. 1992; Bavestrello et al., 1994, 1997; Cerrano et al. 2000; Coma et al., 2004; Harmelin e Marinopoulos, 1994; Mistri e Ceccherelli, 1995, 1997;



Perez et al., 2000, 2002). Al momento, i disturbi più duri registrati, con elevata mortalità di *Paramuricea clavata* a profondità di -30, -35 m, sono stati associati con anomalie termiche verificatesi in tarda estate su grandi aree geografiche nel 1999 e nel 2003. Altri danneggiamenti sono di natura antropica: ad esempio le lenze abbandonate o le ancore dei natanti impigliate tra i rami delle gorgonie, danneggiano le colonie degli organismi eretti. In particolare, nelle gorgonie i fili tesi delle reti si avvolgono intorno ai rami e, sotto l'azione della corrente, provocano un'abrasione meccanica del cenenchima. Questa azione è notevolmente aumentata nel caso di palamiti, dai pesci che abboccano agli ami e che, nel tentativo di liberarsi, avvolgono con ampi giri la lenza attorno alle gorgonie stesse. Quando l'attrezzo viene salpato, gli ami si impigliano nelle ramificazioni provocando ulteriori danni al cenenchima. Esiste una ben determinata sequenza di eventi che si osserva in seguito al danneggiamento. Inizialmente le zone danneggiate della colonia cambiano colore, da rosso a grigio, ciò indica che è iniziata la decomposizione dei tessuti al di sopra dello scheletro assile. Successivamente si susseguono diverse lacerazioni che portano a nudo lo sclerenchima esponendolo all'attacco dei microorganismi colonizzatori. Se il danno meccanico è occasionale e di modesta entità la gorgonia è in grado di rimarginare rapidamente la ferita e di inibire così lo sviluppo del 'fouling' tramite la produzione di polipi differenziati caratterizzati da lunghi tentacoli privi di pinnule e ricchi di nematocisti. Se la superficie esposta è ampia, alle specie pioniere si sostituiscono idrozoi, briozoi, serpulidi ed alghe che non possono più essere eliminati dal cenenchima in rigenerazione. Di conseguenza, l'aumentata resistenza alla

corrente, può, col tempo, portare ad un generale indebolimento dell'intera colonia. Tale fenomeno rappresenta una delle principali cause di mortalità per questa specie, caratterizzata da un basso tasso di crescita.

## 1.4 INQUADRAMENTO FISICO



### 1.4.1 ISOLE EGADI

L'arcipelago delle Egadi, posizionato di fronte la costa occidentale della Sicilia, tra Trapani e Marsala, comprende tre grandi isole – Favignana, Levanzo e Marettimo – e gli isolotti di Maraone e Formica. Le isole Egadi fanno parte della piattaforma continentale della quale condividono la natura carbonatica. La piattaforma si restringe tra Levanzo e Marettimo in una fascia dalla quale, sul lato settentrionale, dopo pochi chilometri, ha inizio la scarpata continentale che raggiunge in breve i 1000 metri di profondità (Agnesi et al., 1993). Il mare delle Egadi è uno dei mari più trasparenti e ricchi di specie nel Mediterraneo e presenta una grande varietà di ambienti grazie

all'influenza di numerosi fattori, quali il vento, la natura geologica dei substrati, le condizioni idrodinamiche e la morfologia dei fondali. Tanto i fondali della piattaforma continentale quanto quelli della scarpata superiore mostrano una morfologia molto articolata per la presenza di falesie, banchi rocciosi, piattaforme di abrasione e valli sottomarine. Questi lineamenti morfologici sono il risultato dell'azione di diversi fattori morfogenetici: processi tettonici, variazioni eustatiche, processi erosivi dovuti all'idrodinamismo. Riguardo a questi ultimi va ricordato che nell'area delle Isole Egadi, soprattutto all'interno delle valli sottomarine, le correnti marine accelerano raggiungendo velocità anche molto elevate, contribuendo in modo significativo agli scambi di masse d'acque che avvengono tra il Mediterraneo occidentale ed orientale.

I fondali di Favignana e Levanzo presentano solo caratteristiche bionomiche del piano infralitorale; il fondo di Marettimo invece, offre un largo piano circolitorale a stretto contatto con il primo orizzonte del piano più profondo

Le rocce più compatte di Levanzo e Marettimo favoriscono l'insediamento entro i 30-40 metri di profondità della vegetazione fotofila come per esempio *Cystoseira sp.*, mentre il substrato facilmente erodibile di Favignana fornisce un ottimo sedimento per l'insediamento e la crescita delle angiosperme marine (*Posidonia oceanica*, *Cymodocea sp.*). La prateria a *Posidonia oceanica* occupa la maggior parte dei fondali antistanti la costa trapanese e forma addirittura una copertura continua tra Favignana e Levanzo. Essa costituisce un vero e proprio ecosistema, estendendosi da una profondità di 3-4 metri fino ad oltre i 25 metri, ma nel tratto di mare meno

profondo, caratterizzato da substrati duri, spesso si alterna a biocenosi fotofile di substrato duro costituendo le aree nelle quali si rileva la maggiore varietà e diversità di organismi. Oltre 30-40 metri di profondità, l'ambiente è semibuio e la superficie delle rocce è ricoperta da organismi incrostanti e da numerose gorgonie di diverse specie.

#### **1.4.2 FAVIGNANA**

Fra le isole dell'arcipelago Favignana, posta tra il mar Tirreno e il mare di Sicilia, è la principale con una superficie di 19 km<sup>2</sup>. L'isola, prevalentemente pianeggiante, è interessata da una dorsale montuosa che tocca i 314 m nel monte Santa Caterina.

La costa si presenta molto frastagliata e caratterizzata da diverse grotte e cale. Il settore esposto verso il quadrante meridionale presenta numerose pieghe e faglie che rendono particolarmente articolata la linea di costa e la fisiografia del fondo. Lungo la fascia costiera sommersa affiorano diffusamente sul fondo rocce carbonatiche ma anche depositi calcarenitici che compongono gli isolotti di Preveto, Galeotta e Corrente e numerose piccole secche distribuite nell'area. Verso la zona ovest di Favignana lungo le pareti sommerse degli scogli attecchiscono numerosi popolamenti sciafili.

Distante circa due miglia e mezzo a sud dell'isola di Favignana, si trova una delle zone più ricche dell'arcipelago delle Egadi: la Secca del Toro. Il cappello si trova ad una batimetrica di -6m, spostandosi sul margine occidentale ci si affaccia su una parete semiverticale che arriva ad una quota di circa -35 m ricchissima di comunità sciafile, i cui principali rappresentanti sono le gorgonie.

## 1.5 SCOPO DELLA TESI

*Paramuricea clavata* è una specie chiave nella struttura delle biocenosi del coralligeno in Mediterraneo. E' una specie molto longeva, con un basso tasso di accrescimento, maturità sessuale molto ritardata e un limitato reclutamento annuale (Coma et al. 1995, 1998, 2001).

Recentemente queste gorgonie sono state utilizzate per progetti di monitoraggio basati su censimenti visuali, essendo rappresentate da una gamma di esemplari di grandi dimensioni, abbondanti lungo il gradiente di distribuzione e altamente sensibili alle perturbazioni. Queste caratteristiche ne fanno dei buoni indicatori di "Salute" dell'ecosistema.

Durante gli anni trascorsi si sono verificati una serie di eventi di morie di gorgonacei generati da diversi fattori: ad esempio negli anni 1986-87 Rivoire (1991), con campionamenti effettuati con un sottomarino, ha individuato un legame tra l'esposizione delle gorgonie alla corrente e la mortalità, Mistri & Ceccherelli (1996) nello stretto di Messina ne hanno ipotizzato la dipendenza dalla presenza di mucillagine quindi dalla situazione di anossia.

Ma è stato l'evento di moria registrato nell'estate del 1999 ad aver focalizzato l'attenzione sui gorgonacei. La mortalità era legata ad una anomalia di temperatura, verificatasi tra la seconda metà di agosto e ottobre, durante la quale si sono registrati valori superiori alla media stagionale mantenutisi poi costanti lungo gran parte della colonna d'acqua (fino a circa 40 m), ciò ha innescato in tempi brevissimi un processo

di degradazione di molte delle specie appartenenti alle comunità dell'infralitorale e del circalitorale

Per questo motivo è importante effettuare un monitoraggio spaziale e temporale di questa specie che ci permetta l'identificazione e la comprensione degli effetti significativi dei cambiamenti ambientali.

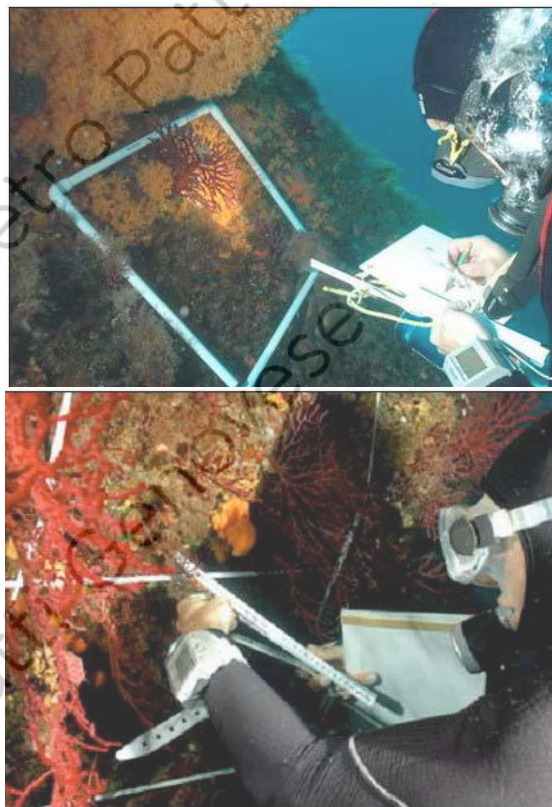
## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 CAMPIONAMENTO VISIVO

Per analizzare il popolamento di *Paramuricea clavata* è stato effettuato un rilevamento subacqueo *in situ* lungo la parete occidentale della Secca del Toro. Essa presenta un substrato verticale, con un gradiente di distribuzione della specie quasi continuo e con un'ampia escursione batimetrica.

Si è deciso di condurre il campionamento a diverse profondità ad intervalli di 5 m partendo da -10 m fino ad arrivare a -30 m. Per ogni quota

sono state effettuate 3 repliche delle misurazioni su un'area di 1 m<sup>2</sup>, selezionata in modo casuale, per un totale di 15 repliche totali. Per mezzo di un quadrato ben



visibile, costruito con tubi in PVC bianco di 1 m per lato, fissato sulla roccia è stata isolata la superficie standard per i rilievi. Su una tabella, riportata sopra una lavagna subacquea in plexiglass, sono state inseriti i dati riguardanti ogni colonia, che sono i seguenti:

- altezza in cm;
- larghezza in cm;
- sezione in cm;
- livello delle lesioni secondo una classe di appartenenza;
- tipo di epibiosi secondo una classe di appartenenza;
- presenza/assenza di mucillagini;
- presenza/assenza di attrezzature da pesca;
- numero di reclute.

L'altezza è stata misurata con un metro in plastica misurando la distanza tra il disco basale e l'estremità distale della colonia. Lo stesso si è fatto per la larghezza ma prendendo come riferimento le ramificazioni laterali che determinano l'ampiezza massima del ventaglio. Con l'ausilio di un calibro in plastica è stata determinata la sezione alla base dell'asse centrale, operazione non sempre semplice dato il fitto ricoprimento del substrato e l'eventuale presenza di epibionti sullo sclerenchima.

Per stimare il livello delle lesioni è stata creata una scala con cinque classi di appartenenza in base alla percentuale di necrosi rispetto all'intera colonia. Per colonie integre si intendono le strutture che non presentano segni di necrosi o se esistono sono in percentuali irrilevanti, per colonie morte si intendono strutture del tutto



necrotizzate, per colonie degradate si intendono quelle aventi caratteristiche intermedie rispetto alle suddette categorie:

0. nessuna lesione, colonia integra;
1. 1% - 25% di colonia danneggiata;
2. 26% - 50% di colonia danneggiata;
3. 51% - 75% di colonia danneggiata;
4. 76% - 99% di colonia danneggiata;
5. assenza di cenenchima, colonia morta.



Al livello quantitativo delle necrosi è stata affiancata una valutazione qualitativa del tipo di epibiosi che le interessava. Le classi sono state determinate in base alla successione temporale degli organismi che colonizzano lo sclerenchima nudo a partire dalle specie pioniere, fino ad arrivare agli organismi incrostanti con scheletro calcareo:

0. sclerasse nudo, assenza di epibionti;
1. specie pioniere (alghe filamentose, piccoli serpulidi, piccoli idroidi);
2. spesso ricoprimento algale e grandi idroidi;
3. organismi con scheletro calcareo (alghe corallinacee, briozoi, vermetidi).





Il danneggiamento da parte di mucillagini o di attrezzi da pesca è stato stimato semplicemente in base alla presenza o assenza degli stessi. Come ultimo dato è stato inserito il numero di individui giovanili, cioè di taglia inferiore ai 5 cm.

## 2.2 ELABORAZIONE DEI DATI

I dati raccolti sono stati trascritti su una tabella in un foglio di calcolo creato con il software 'Microsoft® Excel 2003'. All'interno del foglio sono stati aggiunte la data, le coordinate del sito di campionamento e l'esposizione.

Ogni riga rappresenta una singola colonia di *Paramuricea clavata* esaminata all'interno del quadrato di 1 x 1 m.

Per ogni campione sono state trascritte la quota, il numero della replica, la presenza o

Coordinate		Data		Esposizione						
37° 58' 709" NORD		10/06/2008		Ovest						
12° 18' 571" EST										
Profondità	Replica	Specie	Altezza(cm)	Larghezza(cm)	Sezione(cm)	Lesione	Epibiosi	Mucillagini	attrezzi da pesca	Reclute
30	1	ASSENTE								
30	2	ASSENTE								
30	3	<i>P. clavata</i>	46,3	36,0	0,9	3	2	0	0	
30	3	<i>P. clavata</i>	12,8	14,0	1	4	2	0	0	
30	3	<i>P. clavata</i>	25,7	22,1	0,9	0		0	0	
30	3	<i>P. clavata</i>	7,0	9,0	0,3	0		0	0	
30	3	<i>P. clavata</i>	12,3	9,3	0,4	0		0	0	
30	3	<i>P. clavata</i>	25,5	24,0	0,7	0		0	0	
30	3	<i>P. clavata</i>	47,0	33,6	1,1	1	1	0	0	
30	3	<i>P. clavata</i>	26,1	13,5	1,1	0		0	0	
30	3	<i>P. clavata</i>	19,1	19,4	0,5	0		0	0	
25	1	<i>P. clavata</i>	23,4	12,2	0,5	2	2	0	0	2
25	1	<i>P. clavata</i>	12,1	7,6	0,3	4	2	0	0	
25	1	<i>P. clavata</i>	38,7	31,0	1	2	2	0	0	
25	2	<i>P. clavata</i>	30,0	30,5	1,2	2	2	0	0	4
25	2	<i>P. clavata</i>	18,1	10,4	0,6	1	2	0	0	
25	2	<i>P. clavata</i>	18,3	16,2	0,3	1	2	0	0	
25	2	<i>P. clavata</i>	64,0	44,5	1,7	2	3	0	0	
25	2	<i>P. clavata</i>	12,0	13,2	0,4	3	3	0	0	
25	3	<i>P. clavata</i>	34,7	27,2	0,7	1	2	0	0	2
25	3	<i>P. clavata</i>	27,8	24,2	0,5	2	3	0	0	
25	3	<i>P. clavata</i>	37,3	33,0	1	1	2	0	0	
25	3	<i>P. clavata</i>	14,0	12,0	0,3	0		0	0	
20	1	<i>P. clavata</i>	41,2	21,5	0,7	1	2	0	0	
20	1	<i>P. clavata</i>	45,4	36,9	1,2	1	2	0	0	
20	1	<i>P. clavata</i>	40,0	29,3	1,6	2	1	0	0	
20	1	<i>P. clavata</i>	32,4	21,4	1	1	2	0	0	
20	1	<i>P. clavata</i>	31,8	22,0	0,9	0	1	0	0	
20	2	<i>P. clavata</i>	39,7	56,2	1,7	1	1	0	0	
20	2	<i>P. clavata</i>	19,5	27,4	1	1	1	0	0	
20	2	<i>P. clavata</i>	40,2	28,0	0,9	1	1	0	0	
20	2	<i>P. clavata</i>	41,3	29,4	1	1	1	0	0	
20	3	<i>P. clavata</i>	42,1	31,0	1,1	1	2	0	0	
20	3	<i>P. clavata</i>	23,0	18,5	0,8	0		0	0	
20	3	<i>P. clavata</i>	28,0	34,0	1	1	1	0	0	
15	1	ASSENTE								
15	2	ASSENTE								
15	3	ASSENTE								
10	1	ASSENTE								
10	2	ASSENTE								
10	3	ASSENTE								

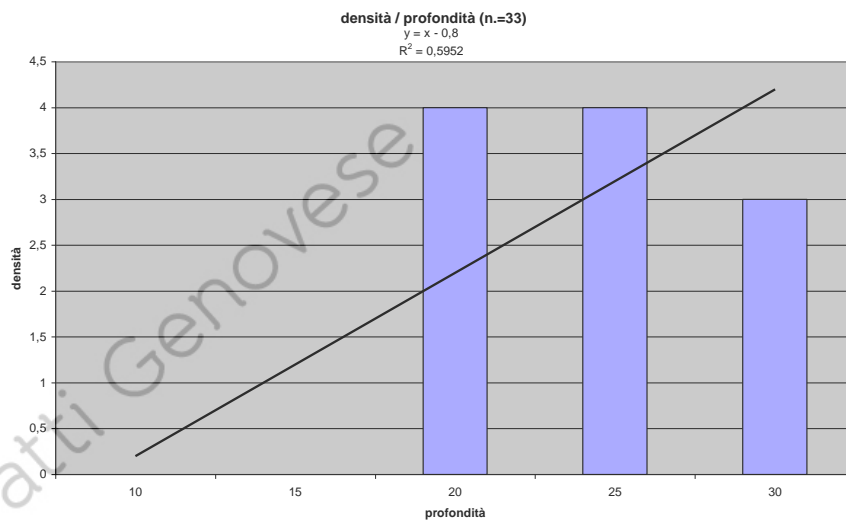
l'assenza della specie, l'altezza massima misurata, la larghezza delle ramificazioni, la sezione alla base, la classe indicante la percentuale di necrosi, la classe di appartenenza degli epifiti, la presenza di coperture da parte di mucillagini, la presenza di attrezzi da pesca ed infine il numero di individui giovanili individuati.

In seguito alla trascrizione è stata aggiunta una colonna alla prima tabella riportante i valori della superficie in  $\text{cm}^2$ , calcolata moltiplicando altezza e larghezza delle colonie.

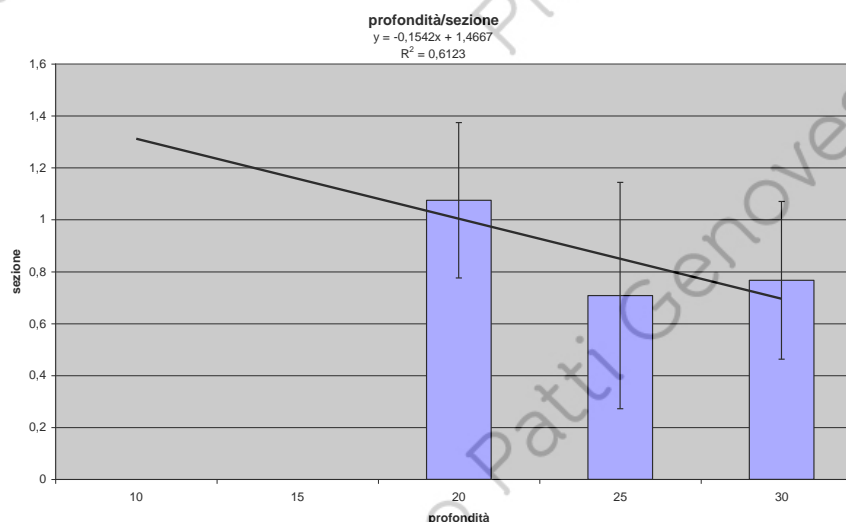
Al fine di rendere più significativi i dati per una successiva elaborazione grafica sono state calcolate la media e la deviazione standard per altezza, sezione e superficie relative ad ogni profondità.

Per raccogliere i dati così ottenuti è stata creata una tabella riassuntiva in cui sono stati messi in relazione alla quota i valori precedentemente descritti con in più la densità espressa in numero di colonie per  $\text{m}^2$ .

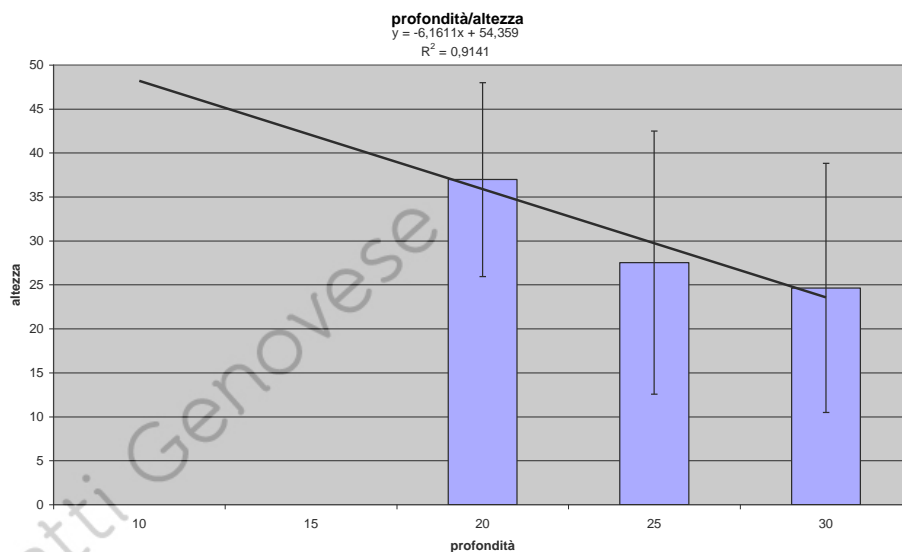
### 3. RISULTATI



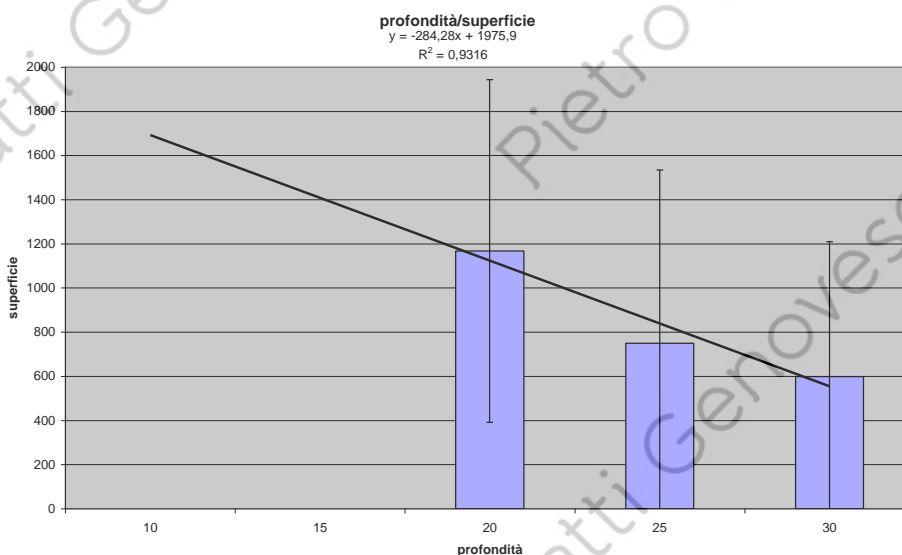
Il grafico mostra la variazione della densità secondo un gradiente di profondità. La retta di regressione non ha un coefficiente tanto elevato da indicare una perfetta linearità dei dati, ma osservando l'istogramma è facile intuire che *Paramuricea clavata* è presente con valori quantitativamente significativi a partire da -20 m di profondità.



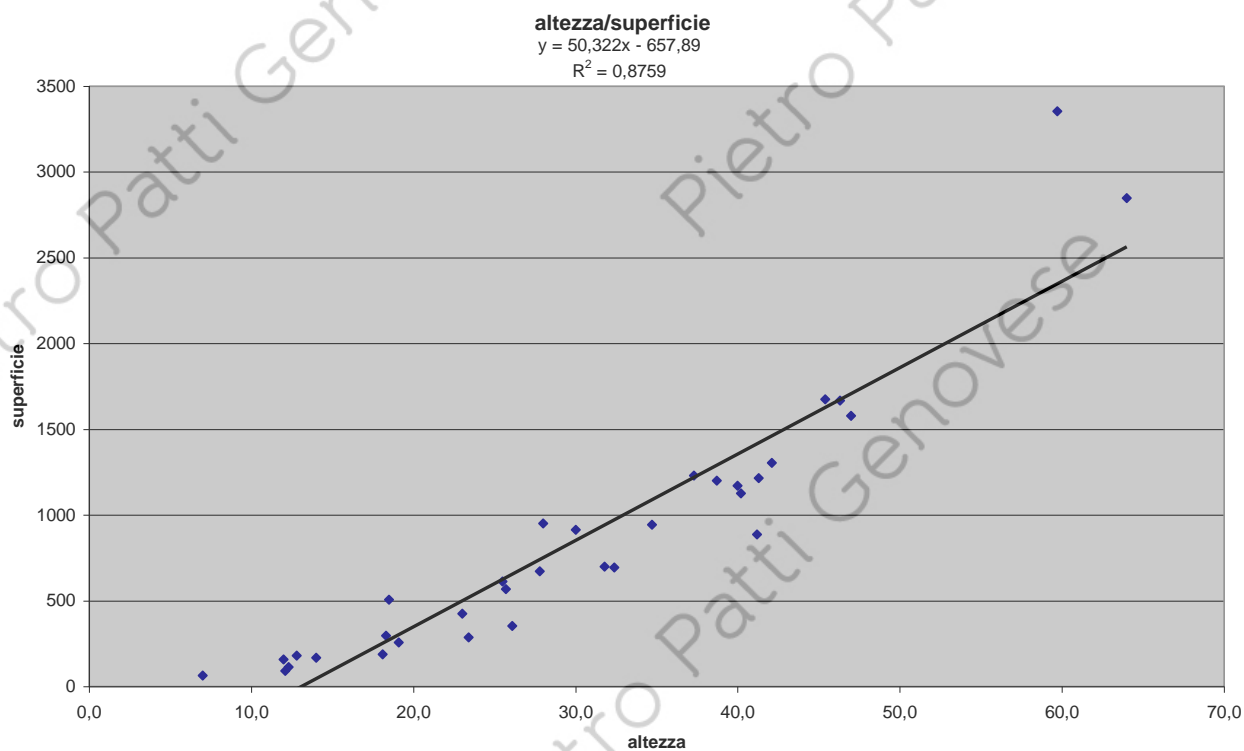
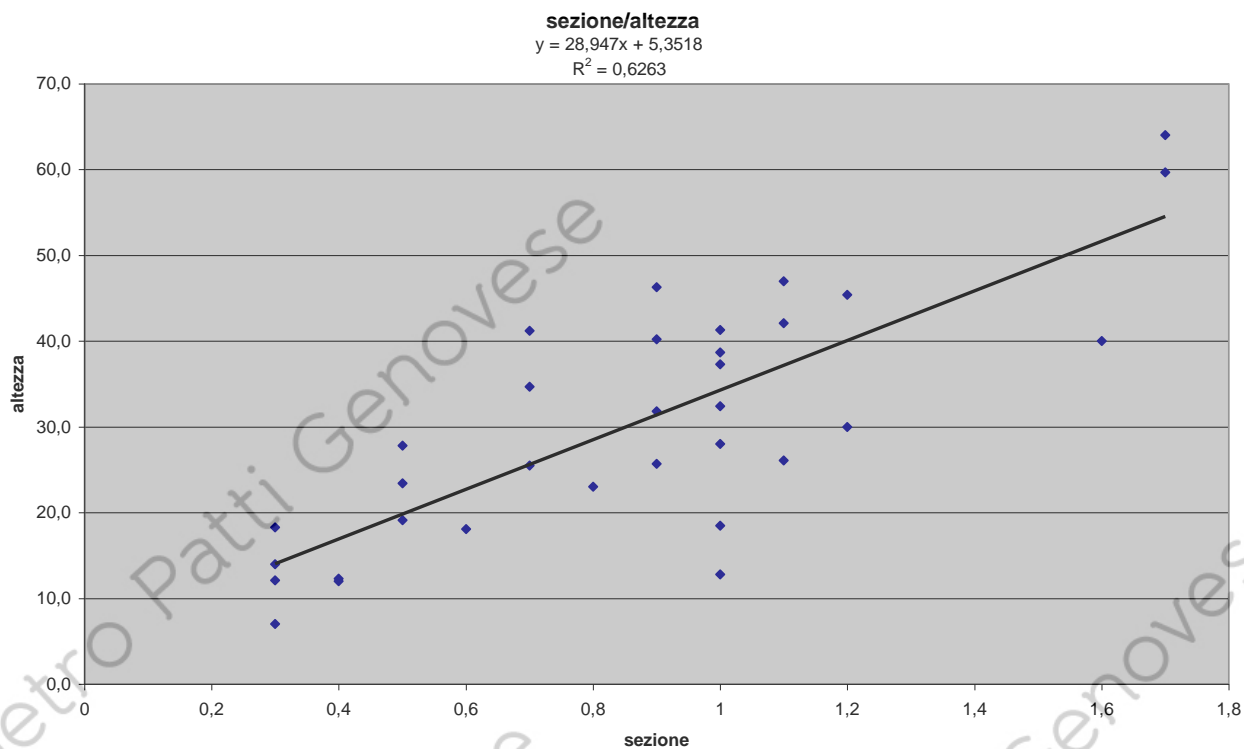
Confrontando con la profondità i valori della sezione media (o anche età media) degli individui si osserva una distribuzione con una discreta correlazione lineare di tipo inversamente proporzionale.



Questo istogramma, mettendo a confronto l'altezza media delle colonie e le quote a cui sono state rilevate, rivela una pressoché perfetta linearità della correlazione tra questi dati. E' evidente una graduale e progressiva diminuzione di taglia dei gorgonacei con l'aumentare della profondità.



Come per il grafico precedentemente illustrato anche sostituendo ai valori di altezza quelli di area o superficie media delle colonie si ha un tipo di correlazione inversamente proporzionale che indica con andamento lineare il rapporto fra questi valori.



#### 4. BIBLIOGRAFIA

Agnesi V., Macaluso T., Orrù P., Ulzega A., 1993. Paleogeografia dell'arcipelago delle Egadi (Sicilia) nel Pleistocene superiore – Olocene. *Naturalista Siciliano*, s.IV, 17 (1-2): 3-22.

Arnoux, A. J.G. Harmelin, J.L. Monod, L.A. Romaña & H. Zibrowius 1992. Altérations des peuplements benthiques de roches profondes en Méditerranée nord-occidentale: quelques aspects biologiques et molysmologiques. *Comptes Rendus Académie des Sciences de Paris III*, 314: 219-225.

Ballesteros, E., (1992). Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. *Arxius Secció Ciències*, **101**: 1-616. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.

Bavestrello, G., Bertone, S., Cattaneo- Vietti, R., Gaino, E. & Zanzi, D., (1994). Mass mortality of *Paramuricea clavata* (Anthozoa, Cnidaria) on Portofino Promontory cliffs, Ligurian Sea, Mediterranean Sea. *Marine Life*. **4**: 15-19.

Brazeau D.A., Lasker H.R., 1992. Growth rates and growth strategy in a colonial marine invertebrate, the Caribbean octocoral *Briareum asbestinum*. *Biol. Bull. Woods Hole* 183(2): 269-277.

Carpine C., M. Grasshoff ,1975. Le Gorgonaires de la Méditerranée. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, **71**, n°1430: 1-140.

Cerrano C., Bavestrello G., Bianchi C. N., Cattaneo-Vietti R., Bava S., Morganti C., Morri C., Picco P., Sarà G., Schiaparelli 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. *Ecology Letters*, **3**: 284-293.

Coma R., Gili J. M., Zabala M., Riera T., 1994. Feeding and prey capture cycles in the aposymbiotic gorgonian *Paramunicea clavata*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **115**: 257-270.

Coma R., Ribes M., Zabala M., Gili J.M., 1995. Reproduction and cycle of gonadal development in the Mediterranean gorgonian *Paramunicea clavata*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **117**: 173-18.

Coma R., Ribes M., Zabala M., Gili J.M., 1995. Sexual reproductive effort in the Mediterranean gorgonian *Paramunicea clavata*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **117**: 185-192.

Coma, R., M. Ribes, M. Zabala & J.M. Gili 1998. Growth in a modular colonial marine invertebrate. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 47: 459-470.

Coma, R., E. Polà, M. Zabala & J. Ros 2001. Effect of recreational activity on the coralligenous community: a decade of assessment of demographic parameters of the gorgonian *Paramuricea clavata*. *Poster presentation. European Marine Biology Symposium. Maó, Menorca.*

Coma, R., Polà, E., Ribes, M. & Zabala, M., (2004). Long- term assessment of temperate octocoral mortality patterns, protected vs. unprotected areas. *Ecological Applications*. **14**: 1466-1478.

Goldberg W.M., 1978. Chemical changes accompanying maturation of the connective tissue skeletons of gorgonian and antipatharian corals. *Mar. Biol.*, 49: 203-210.

Grigg R.W., 1974. Growth rings: annual periodicity in two gorgonian corals. *Ecology*, 55: 876-881

Koehl M.A.R., 1984. How do benthic organisms withstand moving water? *Am. Zool.*, 24: 57-70.

Marion, A. F., (1883). Esquisse d' une topographie zoologique du Golfe de Marseille. *Annales Musée d'Histoire Naturelle Marseille*. **1**: 1-108.

Martì, R., Uriz, J.M., Ballesteros, E. & Turon, X., (2004). Benthic assemblages in two Mediterranean caves: species diversity and coverage as a function of abiotic parameters and geographic distance. *Journal of the Marine Biological Association of the united Kingdom*. **84**: 557-572.

Martì, R., Uriz, J.M., Ballesteros, E. & Turon, X., (2005). Seasonal variation in structure of three algal communities under 128 different light conditions. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. **64**: 613-622.

Mistri M., Ceccherelli V.U., 1993. Growth and secondary production of the Mediterranean gorgonian *Paramunicea clavata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **103**: 291-296.

Mistri M. & Ceccherelli V.U., 1994. Growth and secondary production of the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **103**: 291-296.

Mistri M. & Ceccherelli V.U. (1995) Damage and partial mortality in the gorgonian *Paramuricea clavata* in the Strait of Messina (Tyrrhenian Sea). *marine life*, 5, 43-49.



Laborel, J., 1961. Le concrétionnement algal coralligène et son importance géomorphologique en Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Eudome* 23 (37) : 37-60.

Laborel, J. 1987. Marine biogenic constructions in the Mediterranean. A review *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park Fr.*, 13 : 97-126

Laversee G.R. JR, 1976. Flow and feeding in fan-shaped colonies of the octocoral *Leptogorgia virgulata*. *Biol. Bull. Woods Hole* 151: 344-356

Pérès, J. & J.M. Picard 1952. Les corniches calcaires d'origine biologique en Méditerranée Occidentale. *Recueil Travaux Station Marine d'Endoume*, 4: 2-33.

Pérès, J. M. & Picard, 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar.* Endoume 31 (=47): 123 pp

Perez T., Garrabou J., Sartoretto S., Harmelin J.G., Francour P., Vacelet J., 2000. Mortalité massive d'invertébré marins: un événement sans précédent en Méditerranée nord- occidentale. *Life sciences*, **323**: 853-865.

Perez T., Sarrazin V., Rebouillon P. & Vacelet J. (2002) First evidences of surfactant biodegradation by marine sponges (Porifera): an experimental study with a linear alkylbenzenesulfonate. *Hydrobiologia*, 489, 225-233

Ribes M., Coma R., Gili J.M., 1999. Heterogeneous feeding in benthic suspension feeders: the natural diet and grazing rate of the temperate gorgonian *Paramunicea clavata* (Cnidaria: Octocorallia) over a year cycle. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **183**: 125-137.

Riedl H.M., 1971. Water movement: Animals. In: O. KINNE Ed., Marine Ecology. 1(2). J. Wiley, London: 1123-1156.

Russo G.F. & vari, 1994 – Le strategie riproduttive degli antozoi coloniali ed il significato della frammentazione. Tratto da: Biologia e tutela del corallo rosso e di altri ottocoralli del Mediterraneo. F. Cicogna G. Bavestrello & R. Cattaneo Vietti 1997, 131-197.

Tidball J.G., 1979. The fine structure of the “gorgonin” secreting cells of the gorgonian coral *Leptogorgia virgulata*. In: Tardent P., Tardent R., *Developmental and cellular biology Coelenterates*.

Wainwright S.A., Dillon J.R., 1969. On the orientation of sea fans. *Biol. Bull.*, 136: 130-139.

Weinberg S. (1976) Revision of the common Octocorallia of the Mediterranean circalittoral. 1. Gorgonacea. *Beaufortia*, 24, 63-104.

Weinberg, S. 1978. 'Mediterranean octocorallian communities and the abiotic environment', *Marine Biology*, 49, 33-40.

Weinberg S., 1979. Autoecology of shallow-water octocorallia from mediterranean rocky substrata, I. The Banyuls area. *Bijdragen tot de Dierkunde*, **49** (1): 1-15.

## **5. RINGRAZIAMENTI**

Un sentito grazie a tutti coloro mi sono stati vicino durante la stesura di questa tesi.

Un ringraziamento particolare va al Prof. Giovanni Fulvio Russo (CoNISMa, U.L.R. Università di Napoli Parthenope) per aver fornito tutto il materiale a sua disposizione, indispensabile per una sufficiente conoscenza dell'argomento.

Ringrazio Ivan per l'assistenza fornita e la sua immensa esperienza.

Infine un ulteriore ringraziamento al Dott. Francesco Bertolino per la sua disponibilità e per il materiale sulle Egadi che ha fornito.