

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA
ALMA MATER STUDIORUM

SCUOLA DI SCIENZE

Corso di Laurea Magistrale in
BIOLOGIA MARINA

“Brown Band Disease: valutazione della distribuzione e prevalenza in relazione a diversi gradi di antropizzazione nella Repubblica delle Maldive.”

Tesi di laurea in: Habitat marini: rischi e tutela

Candidato:

Aurora Giorgi

Relatore

Prof. Marco Abbiati

Correlatore

Prof. Paolo Galli

Sessione III

Anno Accademico 2012/2013

ABSTRACT

Nonostante lo sforzo sempre crescente mirato allo studio delle malattie che colpiscono le sclerattinie di tutto il mondo, ancora poco si sa circa la distribuzione, prevalenza, *host range* e i fattori che concorrono alla comparsa di queste patologie, soprattutto nell'area indopacifica. Questo studio ha permesso di documentare la presenza della *Brown Band Disease* all'interno delle scogliere madreporiche dell'Arcipelago delle Maldive. Nel periodo compreso tra Novembre e Dicembre 2013 è stata effettuata una valutazione di tipo quantitativo di tale patologia attraverso dei campionamenti effettuati su tre isole appartenenti l'Atollo di Faafu caratterizzate da un diverso sfruttamento da parte dell'uomo: Magoodhoo abitata da locali, Filitheyo caratterizzata dalla presenza di un resort e infine Adangau un'isola deserta. Al fine di valutare prevalenza, distribuzione e *host range* della BrBD sono stati campionati 12 siti a due diverse profondità mediante l'utilizzo del metodo del *belt transect* (25x2 m). Nell'area indagata la *Brown Band Disease* è risultata essere abbastanza diffusa tra le isole con il 100% dei siti campionati che mostrano la presenza della malattia. Nel complesso si è ritrovata con una prevalenza media totale di 0,30%, e inferiore al 0,5% per ciascuna delle isole campionate. In tutta l'area investigata, comunque, le stazioni più profonde hanno mostrato valori di prevalenza maggiori. Le tre isole indagate non hanno mostrato differenze significative nei livelli di prevalenza della malattia, facendo quindi ipotizzare che i valori osservati potrebbero essere imputati a variazioni casuali e naturali. Tuttavia l'isola di Magoodhoo è quella che ha presentato valori in media più elevati. La patologia è stata registrata infestare solamente la famiglia *Acroporidae* e nello specifico il genere *Acropora* e *Isopora*. Tra i due in assoluto il genere più colpito è l'*Acropora* che ha mostrato valori medi totali di prevalenza comunque inferiori all'1%. È stata osservata una correlazione negativa tra la densità totale delle sclerattinie e la prevalenza della *Brown Band* sul genere *Acropora*, mentre è stata osservata positiva tra la prevalenza della BrBD e la presenza del gasteropode *Drupella* sulle colonie già malate. Poiché il principale ospite della patologia è anche il più abbondante nelle scogliere madreporiche maldiviane, si rendono necessari ulteriori accertamenti e monitoraggi futuri della BrBD.

INDICE

<u>1. INTRODUZIONE</u>	pag. 1
1.1 LE SCOGLIERE CORALLINE	1
1.2 CAMBIAMENTI CLIMATICI E IMPATTI ANTROPICI	3
1.3 LE MALATTIE DEI CORALLI	4
1.4 MALATTIE NELL' OCEANO INDO-PACIFICO	6
1.5 DESCRIZIONE GENERALE AREA DI STUDIO: La Repubblica delle Maldive	7
1.6 MALATTIE DELLE MALDIVE	9
1.6.1 <i>Black Band Disease</i>	10
1.6.2 <i>White Syndrome</i>	10
1.6.3 <i>Ulcerative White Spot Disease</i>	11
1.6.4 <i>Skeleton Eroding Band</i>	11
1.7 BROWN BAND DISEASE	12
1.7.1 <i>Brown Band Disease e Drupella sp.</i>	13
<u>2. SCOPO DELLO STUDIO</u>	pag. 15
<u>3. MATERIALI E METODI</u>	pag. 16
3.1 INQUADRAMENTO DELL' AREA DI STUDIO	16
3.2 PIANO DI CAMPIONAMENTO	17
3.3 METODI DI CAMPIONAMENTO UTILIZZATI	18
3.3.1 <i>Belt transect</i>	18
3.3.2 <i>Point intercept transect (PIT)</i>	23
3.3.3 Valutazione dello stato di sfruttamento delle isole	24

3.3.4 Riconoscimento malattie	25
3.4 ANALISI STATISTICA	26
3.4.1 Analisi multivariata	27
<u>4. RISULTATI</u>	pag. 28
4.1 RISULTATI MAGOODHOO	30
4.1.1 Analisi della composizione bentonica	30
4.1.2 Prevalenza <i>Brown Band Disease</i>	31
4.1.3 Analisi delle acque	35
4.2 RISULTATI FILITHEYO	36
4.2.1 Analisi della composizione bentonica	36
4.2.2 Prevalenza <i>Brown Band Disease</i>	37
4.2.3 Analisi delle acque	41
4.3 RISULTATI ADANGAU	42
4.3.1 Analisi della composizione bentonica	42
4.3.2 Prevalenza <i>Brown Band Disease</i>	43
4.3.3 Analisi delle acque	47
4.4 CONFRONTO TRA ISOLE	48
4.5 DRUPELLA E <i>BROWN BAND DISEASE</i>	53
<u>5. DISCUSSIONE</u>	pag. 55
5.1 CARATTERIZZAZIONE DEI <i>REEFS</i>	55
5.2 <i>BROWN BAND DISEASE</i>	56
5.2.1 Considerazioni a livello di isole	58
5.2.2. Considerazioni a livello di siti e profondità	60

5.3 DRUPELLA E *BROWN BAND DISEASE*

61

6. CONCLUSIONE

pag. 62

BIBLIOGRAFIA

pag. 63

1. INTRODUZIONE

1.1 LE SCOGLIERE CORALLINE

Le formazioni madreporiche (*coral reefs*) rappresentano un ecosistema di grande complessità ed interesse (Cesar, 2000), costituite principalmente da organismi appartenenti a numerosi phyla tra cui poriferi, cnidari, echinodermi molluschi e tunicati. L'esistenza di questo ecosistema lo si deve al costante accumulo degli scheletri carbonatici di diversi organismi animali e vegetali. Questi, proprio per questa caratteristica vengono definiti biocostruttori o ermatipici. I principali organismi ermatipici sono animali appartenenti al Phylum Cnidaria. Il Phylum comprende quattro classi, Scifozoi, Cubozoi, Idrozoi, e Antozoi. Quest'ultima classe è rappresentata da Cnidari con fase medusoide ridotta o assente, cui appartengono gli organismi bentonici dominanti della scogliera: i coralli (Lineamenti di zoologia sistematica). Per quanto ampiamente usato, il termine "corallo" non ha una valida definizione tassonomica. Comunemente però questo termine fa riferimento agli organismi appartenenti all'ordine Scleractinia (o Madreporaria), cui appartengono organismi in grado di produrre uno scheletro calcareo il cui accumulo contribuisce alla formazione delle scogliere coralline. Per questo motivo con il termine biocostruttore o ermatipico si indicano solo coralli e altri organismi capaci di contribuire alla formazione di strutture topografiche e biogeniche positive, resistenti all'azione del moto ondoso, e persistenti per un lungo periodo di tempo (Guilcher, 1988). I coralli ermatipici sono colonie di polipi che vivono in simbiosi con alghe unicellulari fotosintetiche che si trovano all'interno dei loro tessuti: le zooxantelle, dinoflagellati del genere *Symbiodinium* (Odum & Odum, 1955). Polipi e zooxantelle formano una simbiosi mutualistica dove entrambi i membri ricevono benefici da questa associazione: da una parte i polipi del corallo ricevono nutrimento ed energia dai prodotti fotosintetici (Muscatine, 1990), dall'altra le microalghe godono di protezione, trovandosi all'interno del tessuto dei polipi, e beneficiano di elementi essenziali come ammonio e fosfato (Trench, 1979). L'associazione invertebrato-dinoflagellato ha inoltre effetti diretti sull'efficienza e la velocità della deposizione del carbonato di calcio che costituisce lo scheletro del corallo stesso. Quando la CO₂ presente in atmosfera si diffonde negli oceani, questo reagisce con le molecole d'acqua andando a formare l'acido carbonico (H₂CO₃). Le zooxantelle utilizzando la CO₂, spostano verso destra l'equilibrio dinamico della reazione $H_2CO_3 \leftrightarrow H_2O + CO_2$; di conseguenza l'acido carbonico (H₂CO₃) diminuisce nei tessuti del polipo. La diminuzione di tale acido entro la membrana basale che circonda l'epiderma, sposta a sua volta verso destra l'equilibrio $Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow CaCO_3 + H_2CO_3$, e sotto di essa precipita perciò il carbonato di calcio che si deposita in forma di cristalli di

aragonite (Hickman *et al.* 2012). Le scogliere coralline dominano l'ambiente tropicale costiero tra i 25°N e i 25°S di latitudine in aree con temperature dell'acqua che variano dai 18°C ai 30°C ad una profondità media di circa 50- 60 metri (solitamente, negli strati superficiali, il reef è costituito da specie zooxantellate e non, mentre nelle zone più profonde prevalgono le specie azooxantellate), con intervalli di salinità tra il 32 e il 40‰ e un optimum di 36‰ (Veron, 1986) (fig 1).

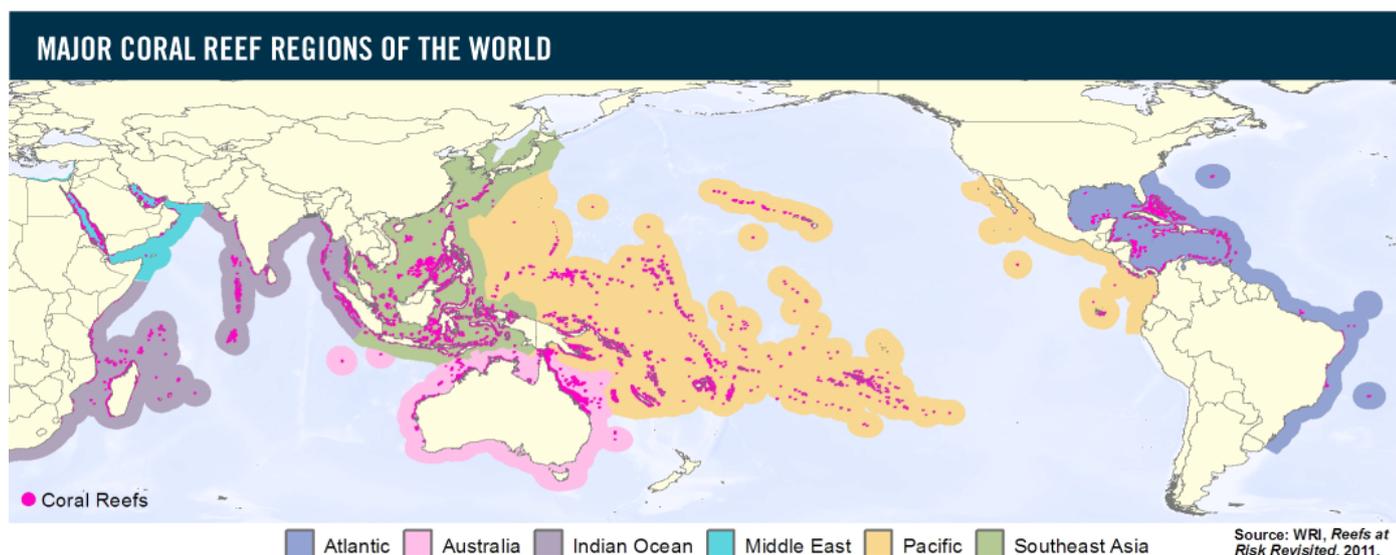


Fig.1 - Distribuzione delle scogliere coralline a livello mondiale

Questi ecosistemi esistono da circa 250 milioni di anni e sebbene ricoprono solamente lo 0.2% dell'area oceanica contengono ben il 25% delle specie totali marine (Roberts, 2003) offrendo rifugio a circa due milioni di specie (Hoegh-Guldberg, 1999). Tale caratteristica li rende, insieme alle praterie di fanerogame marine e ai mangrovieti, uno degli ecosistemi marini con la più elevata biodiversità (Roberts, 2003). Oltre al valore ecologico e biologico le formazioni madreporiche hanno anche un'importanza fondamentale da un punto di vista economico e sociale poiché costituiscono una fonte di reddito per centinaia di milioni di persone (Hoegh-Guldberg, 1999) che dipendono in parte, o totalmente, dalle scogliere coralline per il proprio sostentamento. Circa il 15% (0,5 miliardi di persone) della popolazione mondiale, infatti, vive entro 100 km da un ecosistema di reef (Pomerance, 1999). Le scogliere coralline costituiscono una risorsa fondamentale soprattutto per le popolazioni locali che le sfruttano, talvolta eccessivamente, per ricavarne cibo (pesca e maricoltura), mangimi per bestiame, prodotti farmaceutici, medicinali, e materiale da costruzione (Obura, 2003). Queste rappresentano inoltre una forte attrattiva per i turisti, portando un incremento delle entrate locali e favorendo gli scambi con i paesi esteri. Infine uno dei ruoli più importanti delle scogliere è la protezione naturale della costa dall'erosione causata dal moto ondoso, permettendo la formazione di ecosistemi ad esse strettamente associati come praterie di fanerogame marine e foreste di mangrovie (Cesar, 2000).

1.2 CAMBIAMENTI CLIMATICI E IMPATTI ANTROPICI

Nonostante la loro grande importanza, le scogliere coralline sono tra i più fragili e delicati ecosistemi al mondo (Hoegh-Guldberg, 1999). Esse sono infatti minacciate da numerosi disturbi di origine sia antropica (per esempio il sovra-sfruttamento delle risorse), che naturale attraverso i recenti cambiamenti ambientali (Moberg & Folke, 1999). Tutte queste minacce possono essere classificate come biotiche quando causate da fattori biologici come nel caso delle malattie (Harvell *et al.* 1999) quindi se provocate da organismi patogeni come batteri, funghi, protisti e virus, oppure abiotiche quando causate da fattori naturali o fattori ambientali. I disturbi antropici possono essere molteplici come il sovrasfruttamento delle risorse (Hughes, 1994) o la pesca eccessiva (Guard, 1997), che rimuovendo solo le specie apicali della catena alimentare della barriera possono determinare una miriade di effetti a cascata sull'ecosistema marino (Mumby *et al.* 2006). Solitamente, infatti, le specie target della pesca sono i grandi predatori che si trovano nelle posizioni apicali della catena trofica e il loro declino provoca un aumento del prelievo di organismi di minori dimensioni come ad esempio i pesci erbivori (fenomeno conosciuto come fishing down) (Burkepile & Hay, 2008). I *reef* colpiti da pesca eccessiva sono quindi soggetti a una sovracrescita di alghe e sembrano inoltre essere meno resistenti a fattori di stress, più vulnerabili alle malattie e più lenti nel recuperare da altri impatti umani (Hughes *et al.* 2007. Mumby & Harborne, 2010; Raymundo *et al.* 2009). Ulteriori impatti antropici sull'ecosistema marino possono essere rappresentati dalla pesca con la dinamite (Burke *et al.* 2011), dall'introduzione di specie invasive (Ruiz *et al.* 1997) e dallo sviluppo della zona costiera legato agli insediamenti umani (Clark, 1997). Attività come l'acquacultura e la costruzione di infrastrutture possono alterare profondamente gli habitat che si affacciano sul mare in seguito ad un correlato aumento degli eventi di sedimentazione sconsiderati per via di uno sfruttamento eccessivo dell'ecosistema terrestre (Grimsditch & Salm, 2006). Per quanto concerne invece i fattori naturali, un posto di rilievo è occupato dai cambiamenti climatici come il surriscaldamento globale, che combinato con l'aumento della CO₂ atmosferica avrà un forte impatto sulle scogliere madreporiche nei prossimi anni (Anthony *et al.* 2008). Infatti il 30% della CO₂ emessa dalle attività antropiche è assorbita direttamente dagli strati superficiali degli oceani, dove reagisce poi con l'acqua formando acido carbonico (Sabine, 2004). Questa lieve acidificazione ha profondi effetti sulla composizione chimica dell'acqua soprattutto per quanto riguarda la disponibilità e la solubilità della componente minerale come calcite e aragonite, necessari per i coralli e per altri organismi calcarei per costruire i loro scheletri (Cao *et al.* 2007; Silverman *et al.* 2009). In ultimo l'aumento del livello del mare e l'aumento della frequenza di eventi estremi come uragani e tempeste tropicali rappresentano ulteriori minacce che potranno impattare sui *reef* in

futuro (Burke *et al.* 2011). Il fenomeno naturale più evidente, correlato negativamente con le attività antropiche e che ha già in passato causato eventi di mortalità di massa è il *coral bleaching*. Questo fenomeno, letteralmente tradotto come sbiancamento del corallo, è caratterizzato dalla perdita dell'alga simbiote (genere *Symbiodinium*) e/o i suoi pigmenti (Brown, 1997). Senza zooxantelle il tessuto ancora vivo del corallo diventa trasparente e rende visibile lo scheletro bianco calcareo sottostante. Il *coral bleaching* è innescato da una serie di eventi stressanti tra cui una ridotta salinità, la mancanza di luce, eccessivo irraggiamento, torbidità dell'acqua o inedia (Glynn 1993, 1996; Hoegh-Guldberg 1999; Wilkinson 2000). Attualmente il fattore principale di eventi di sbiancamento è ritenuto essere l'elevata temperatura delle acque (Coles & Jokiel 1997; Glynn & D'Croz, 1990; Goreau & Hayes, 1994; Hoegh-Guldberg, 1999). Surriscaldamenti delle acque superficiali di breve durata di 3-4°C oltre il limite di tolleranza termico del corallo possono portare a sbiancamento, così come aumenti di soli 1-2 °C ma per periodi più lunghi (Jokiel & Coles, 1990). Se l'esposizione all'agente di stress ha breve durata (pochi giorni), il corallo può ristabilire l'associazione con le zooxantelle e ritornare rapidamente ad uno stato di salute ottimale. Viceversa se le elevate temperature delle acque superficiali persistono, esso può andare incontro a morte. Dall'intensità, dalla scala spaziale e dall'associata mortalità dei recenti episodi di sbiancamento di massa, il *bleaching* viene ormai considerato essere uno dei più seri problemi che minano la salute delle scogliere coralline di tutto il pianeta (Glynn, 1993; Goreau & Hayes, 1994; Hoegh-Golberg & Salvat, 1995; Brown, 1997). Previsioni stimano che le scogliere madreporiche stanno subendo un pericoloso declino suggerendo che il 27% nell'intero pianeta è già andato perduto, accompagnato da un altro 16% in grave rischio di perdita (Wilkinson, 2002).

1.3 LE MALATTIE DEI CORALLI

Sebbene la presenza di batteri all'interno del tessuto dei coralli fu osservata per la prima volta nei primi anni del '900 (Duerdon, 1902) la scoperta della prima malattia risale solo al 1965 (*Skeletal anomalies*, Squires, 1965). La definizione generale di malattia è il discostamento delle funzioni vitali dell'organismo o degli organi dal normale stato di salute (interruzione, cessazione, proliferazione o altri disturbi) (Stedman, 2000). Le malattie dei coralli sono aumentate notevolmente, negli ultimi venti anni (fig. 2), contribuendo sostanzialmente alla perdita e alla degradazione dei *reef* in tutto il mondo (Green & Bruckner, 2000; Rosenberg & Ben-Haim, 2002; Harvell *et al.* 2007, 2009). Queste infatti rappresentano una seria minaccia per le scogliere madreporiche e recenti eventi epizootici hanno minato profondamente la sopravvivenza di interi

reef e delle comunità associate (Harvell *et al.* 2002; Sokolow 2009).

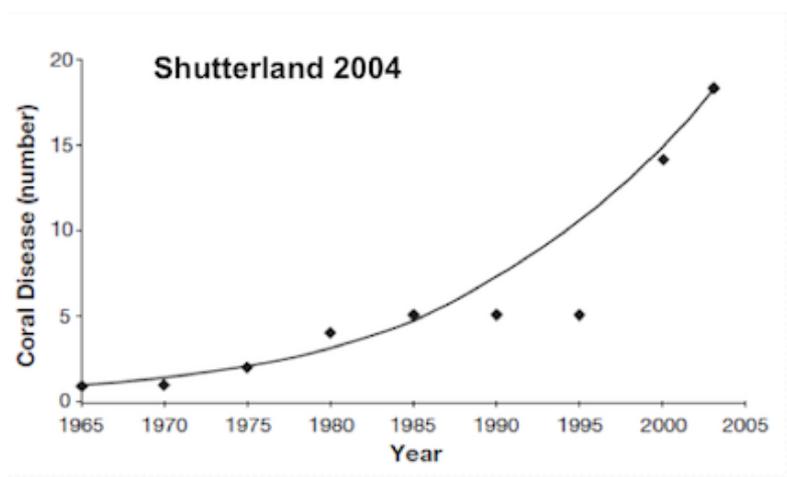


Fig. 2 - Il numero delle malattie dei coralli descritte dagli anni 60 ad oggi

Attualmente il numero di malattie registrate consta di 29 diverse patologie nei Caraibi (Weil, 2004), 7 nell'Oceano Indo-Pacifico (Willis *et al.* 2004), tra cui 4 presenti globalmente (Sutherland *et al.* 2004). Tra queste elenchiamo la *Skeletal anomalies* (Squires, 1965), *Black Band Disease* (Antonius, 1973), *White plague Type I* (Dustan, 1977), *Shut-down Reaction* (Antonius, 1977), *White Band Type I* (Gladfelter, 1982), *Aspergillosis* (Smith *et al.* 1966), *White Pox Disease* (Holden, 1966), *Vibrio Shiloi-induced Bleaching* (Kushmaro *et al.* 1996), *Yellow Blotch/Band* (Santavy & Peters, 1997), *White Plague Type II* (Richardson *et al.* 1998), *White Band Type II* (Ritchie & Smith, 1998), *Yellow Band* (Korrûbel & Riegl, 1998), *Dark Spots* (Goreau *et al.* 1998), *Skeleton Eroding Band* (Antonius & Lipscomb, 2001), *Fungal-protozoan Syndrome* (Cerrano *et al.* 2000), *White Plague Type III* (Richardson *et al.* 2001), *Pink-line Syndrome* (Ravindran *et al.* 2001), *Vibrio coralliilyticus-induced bleaching and disease* (Ben-Haim & Rosenberg, 2002), *Brown Band Disease* (Willis *et al.* 2004). L'insorgere delle malattie può determinare diversi disturbi: danni legati alla colonia come una ridotta fertilità, un minor tasso di accrescimento e infine morte oppure cambiamenti relativi alla comunità attraverso la riduzione della ricchezza in specie associata e a cambiamenti nella struttura dell'intera comunità. Situazioni del genere si sono già verificate come nel caso dell'*habitat shift* avvenuto in Belize (Aronson *et al.* 2002) dove a causa della mortalità indotta dalle malattie, sono avvenuti cambiamenti tali da passare da un ambiente dominato da Acroporidi ad un ambiente dominato da Agaricidi. Geograficamente il Mar dei Caraibi è considerato da sempre un "hot spot" per quanto concerne le patologie che colpiscono le sclerattinie. Questo sia per il numero di malattie descritte, la frequenza con cui vengono scoperte e l'aumento

degli eventi epizootici associati, sia per la loro rapida diffusione tra nuove località e nuovi ospiti. Infatti l'82% delle specie di coralli in queste zone è ospite target di almeno una malattia (Burke *et al.* 2011). La diffusione delle patologie nei coralli può talvolta essere correlata alla presenza di organismi corallivori, tra questi il vermocane *Hermodice carunculata* (Sussman *et al.* 2003), la lumaca *Coralliophila abbreviata* (Williams & Miller, 2005), il nudibranco *Phestilla sp.* (Dalton & Godwin, 2006) il mollusco gasteropode *Drupella sp.* (fig 3b) e numerose specie di pesci farfalla (*Chaetodontidae*) (Aeby ,1998; Aeby & Santavy 2006), che mediante predazione provocano lesioni al tessuto del corallo e sembra quindi giochino un ruolo importante nella trasmissione delle malattie agendo sia da agente stressante sia da vettore. Il principale mezzo di propagazione biologico però pare sia la stella corallivora *Acanthaster planci* (fig. 3a) la quale ha causato i maggiori danni ai *reefs* di sclerattinie nell'Indopacifico dal 1960 (Moran, 1986) poiché, cibandosene, trasmette in primis i patogeni durante la nutrizione e fornisce loro un facile punto d'accesso, andandone quindi ad aumentare la virulenza (Nugues & Bak, 2009).



Fig. 3 – a) *Acanthaster planci* ; b) Mollusco gasteropode *Drupella sp.* su un corallo

1.4 MALATTIE NELL' OCEANO INDO-PACIFICO

Le scogliere coralline dell'area Indo-Pacifica sono le più ricche di biodiversità del mondo comprendenti circa 581 specie di sclerattinie e rappresentando quindi il 91% dei *reefs* mondiali. Ciò nonostante, relativamente esigue sono le ricerche che si sono concentrate nello studio delle malattie dei coralli in questa zona. Al contrario invece l'Atlantico occidentale, dove sono localizzati i maggiori studi e ricerche in campo, consta di sole 62 specie segnalate (Veron, 2000). Quest'elevata biodiversità delle regioni indopacifiche potrebbe essere molto efficiente nel diminuire la velocità di propagazione delle malattie infettive che, essendo legate ad un

determinato ospite, sono sfavorite all'interno di comunità più biodiverse; tuttavia, considerata l'elevatissima ricchezza in specie, non si può comunque escludere un'altrettanta biodiversità anche di patogeni associati. Per questo motivo non si esclude l'esistenza di numerose nuove malattie ancora inesplorate. Attualmente sono state riportate negli ultimi anni 7 diverse patologie a partire dalle Filippine (Raymundo *et al.* 2005), Guam (Myers & Raymundo 2009), Great Barrier Reef, Australia (Willis *et al.* 2004), Hawaii (Aeby 2005), East Africa (McClanahan 2004), Indonesia (Haapkylä *et al.* 2007), il Golfo di Eilat (Barash *et al.* 2005), Giappone (Weil, 2012) e Maldive (Montano, 2012) che ci offrono un quadro generale sullo stato di salute dei *reefs* indopacifici. Nonostante ciò tutte le osservazioni effettuate fino ad ora ci danno informazioni puntiformi riguardo lo stato delle malattie dell'area indagata, ma mancano monitoraggi a lungo termine necessari a ottenere informazioni qualitative e quantitative più complete e approfondite sull'argomento.

1.5 DESCRIZIONE GENERALE AREA DI STUDIO: La Repubblica delle Maldive

La Repubblica delle Maldive (fig 4) (latitudine da 7°06' N a 00°45' S e longitudine da 72°13' E a 73°45' (Naseer, 1997) rappresenta la porzione principale della dorsale Laccadive-Maldive-Chagos e si estende per circa 2000 km di lunghezza, circa 700 km a Sud dello Sri Lanka. L'arcipelago è situato in direzione Nord-Sud nell'Oceano Indiano e ha una lunghezza di 820 km e larghezza di 130 km circa. Le Maldive occupano un'area totale di 90'000 km², occupata solamente per l'1% da terra e per il restante 99% da mare (Domroes, 1985). Le Maldive sono rappresentate da 26 diversi atolli, composti da approssimativamente 1190 strutture coralline (Zahir, 2000). Il termine atollo (derivato dalla parola *atholhu* nella lingua ufficiale maldiviana) indica una struttura di dimensioni e forme diverse, che racchiude al suo interno lagune, isole e *reef*, intervallata da pass o canali con una profondità che si aggira intorno ai 30–50 metri (Kuitert, 1998). Il clima è di tipo monsonico caratterizzato da due diversi periodi, con temperature medie costanti tutto l'anno e che oscillano tra i 29-32 °C diurni ed i 25-26 °C notturni. Il suolo è formato principalmente da sabbia di origine corallina e la vegetazione, composta soprattutto di palme da cocco, mangrovie e piante resistenti al sale, è piuttosto scarsa (Naseer, 1997). L'altezza massima delle isole non supera i 3 metri sul livello del mare e le isole sono sottoposte al fenomeno dell'erosione delle spiagge operato dai venti, dalle correnti e dalle maree. Questo è anche il motivo per il quale un'isola può assumere aspetti diversi nelle diverse stagioni, presentando lingue di sabbia o ampie spiagge provvisorie per alcuni mesi su un lato, che si “trasferiscono” sul lato opposto nei mesi successivi. Solamente 200 isole sono abitate

con una popolazione totale stimata di circa 335'000 persone (<http://www.reisen-malediven.eu>). I *coral reefs* nell'arcipelago delle Maldive sono tra i più biodiversi nell'Oceano Indiano e ospitano più di 180 specie di coralli zooxantellati appartenenti a 51 generi (Pichon & Benzoni, 2007). Su scala globale rappresentano i settimi in larghezza (inteso come area di ricoprimento) con un'area totale di 8.920 km² e contribuiscono fino al 5% alle barriere coralline nel mondo (Spalding *et al.* 2001). L'arcipelago delle Maldive è stato profondamente colpito da un evento di *coral bleaching* nel 1998 a causa del fenomeno conosciuto come ENSO (El Niño Southern Oscillation) che ha determinato una mortalità dei coralli pari al 98-100% sul totale con svariati effetti in base alle specie e alle località colpite (Bianchi *et al.* 2003).



Fig. 4 - La Repubblica delle Maldive

La componente dei coralli rimasta viva è stata di circa 2-8% immediatamente dopo l'evento di mortalità di massa mentre si è osservato un aumento fino a 12-37% di ricoprimento da parte del corallo negli 8 anni seguenti (Lasagna *et al.* 2008). Tutto ciò ha determinato un cambiamento

qualitativo nelle comunità dei coralli che sono mutati da un ambiente in cui la famiglia predominante erano l'*Acroporidae* ad un ambiente dominato da coralli appartenenti alla famiglia *Poritidae*.

1.6 MALATTIE DELLE MALDIVE

Le scogliere coralline della Repubblica delle Maldive sono una delle aree dell'Oceano Indiano meno impattate antropicamente (McClanahan *et al.* 2000) e per questo motivo i cambiamenti riscontrati in queste zone possono essere considerati un indicatore dei cambiamenti a livello globale. Uno studio condotto nel 2010 (Montano *et al.* 2012) ci offre delle informazioni preliminari circa le malattie che possono affliggere le scogliere madreporiche di queste zone. Le patologie osservate sono: la *Black Band Disease*, *White Syndrome*, *Ulcerative White Spot Disease*, *Skeletal-Eroding Band* e *Brown Band Disease* (fig 5). I principali ospiti di queste sono appartenenti a 5 famiglie di sclerattinie, rispettivamente *Acroporidae*, *Poritidae*, *Favidae*, *Pocilloporidae* e *Agaricidae*.

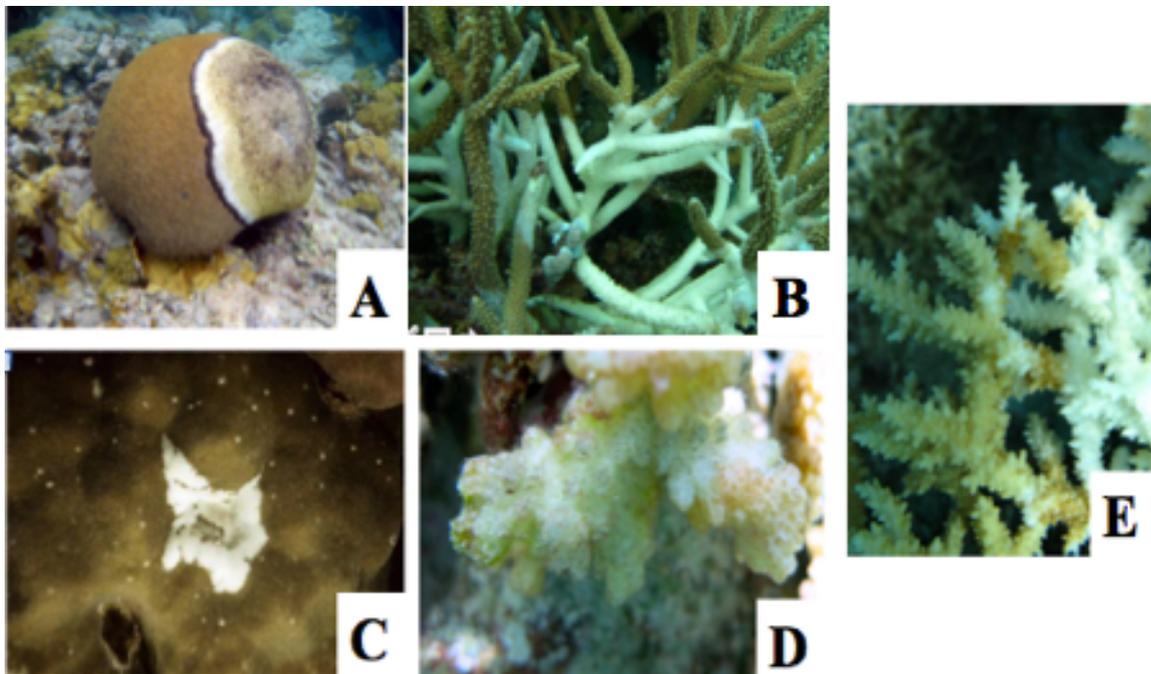


Fig 5 - a) *Black Band Disease*; b) *White Syndrome*; c) *Ulcerative White Spot Disease*; d) *Skeletal Eroding Band*; e) *Brown Band Disease*

1.6.1 *Black Band Disease*

La black band è considerata una delle principali malattie che contribuisce al declino dei coral reef in tutto il mondo (Sutherland *et al.* 2004). Questa è caratterizzata dalla presenza di un intreccio microbico che forma nel corallo una zona di colore scuro e la cui componente predominante è costituita da cianobatteri (principalmente *Roseofilum reptotaenium* [Casamatta *et al.* 2012] ma anche *Geitlerinema spp.*, *Oscillatoria spp.* e *Leptolyngbya* nel Mar dei Caraibi (Myers *et al.* 2007) o *Oscillatoria* e *Pseudoscillatoria* nelle regioni indopacifiche e nel Mar Rosso [Sussman *et al.* 2006, Sato *et al.* 2009]), organismi solfito riduttori (*Desulfovibrio spp.*), e batteri ossidanti (*Beggiatoa spp.*) (Rützler & Santavy, 1983; Richardson, 1997; Frias-Lopez *et al.* 2003). Quando la malattia si espande, questa forma una banda sempre più visibile che separa il tessuto ancora vivo del corallo dallo scheletro bianco appena esposto (Sutherland *et al.* 2004) determinando quindi danni strutturali al tessuto della madrepora e necrosi sempre più diffuse (Ainsworth *et al.* 2007) (fig 5a). La BBD è considerata una delle malattie più dannose a causa della sua persistenza (Kuta & Richardson 1996, Green & Bruckner 2000, Sutherland *et al.* 2004, Kaczmarek 2006, Page & Willis 2006, Zvuloni *et al.* 2009), in quanto questa può colpire la stessa barriera per decenni, portando ad una mortalità a lungo termine delle specie di coralli sensibili e quindi a cambiamenti nella struttura di comunità (Bruckner & Bruckner 1997). Alle Maldive la BBD può colpire circa 13 generi appartenenti alle famiglie *Acroporidae*, *Agariciidae*, *Dendrophyllidae*, *Favidae*, *Fungiidae*, *Merulinidae*, *Mussidae*, *Pocilloporidae*, *Poritidae* e *Siderasteridae* (Montano *et al.* 2013)

1.6.2 *White Syndrome*

Questa malattia viene facilmente distinta grazie alla presenza di una lesione molto diffusa che si sviluppa in modo lineare o circolare o in zone irregolari sulla colonia. È facilmente riconoscibile perché a livello macroscopico è evidente un'area nella quale lo scheletro del corallo recentemente esposto diventa visibile, contigua al tessuto apparentemente sano e non è presente una zona di transizione tra le due. Solo in alcuni casi vi possono essere segni di desquamazione dei tessuti, ma solitamente il margine tra i due è molto brusco. I confini della lesione sono privi di microrganismi visibili, bande pigmentate o altri organismi infestanti, questi vengono però colonizzati inizialmente da alghe filamentose, poi sostituite da macroalghe, alghe coralline e crostose che ricoprono lo scheletro del corallo recentemente esposto (Work & Aeby, 2006) (fig 5b). Il patogeno responsabile della malattia pare essere un batterio, *Vibrio coralliilyticus* (Sussman *et al.* 2008) che infesta solitamente il genere *Acropora* (motivo per cui la patologia in questo caso viene chiamata aWS) ma anche *Montipora*, *Astreopora*, *Galaxea*, *Leptoseria*, *Pavona*, *Pocillopora*, *Porites*, *Seriopora* e

Turbinaria (Work & Aeby, 2006).

1.6.3 Ulcerative White Spot Disease

Le prime evidenze della malattia sono state ritrovate nel genere *Porites* e la patologia fu quindi inizialmente chiamata PUWS (*Porites Ulcerative White Spot*) ma più recentemente, essendo identica alla malattia ritrovata in tutti gli altri taxa fu rinominata UWS. Questa è caratterizzata da una o più zone circolari sbiancate dai 3 ai 5 mm di diametro solitamente localizzate nella parte basale della colonia. Le zone affette possono talvolta essere ancora vive ma nel tempo il tessuto sbiancato può evolvere in ulcerazioni prive di tessuto. Occasionalmente le lesioni si fondono e possono causare mortalità dell'intera colonia; in altre circostanze invece può anche verificarsi il completo recupero (Raymundo *et al.* 2003) (fig 5c). La causa di questa malattia è stata attribuita a organismi del genere *Vibrio spp.* tra cui *V. shiloi*, *V. charchariae*, *V. alginolyticus* e *V. coralliilyticus* e possono colpire prevalentemente i *Porites spp.* ma anche *Goniastrea minuta*, *Echinopora lamellosa*, *Heliopora coerulea*, *Favia stelligera*, *Favia spp.*, *Montipora grisea*, *M. malampaya*, *M. turtlensis*, *M. digitata*, *M. vietnamensis* e *M. turgescens* (Arboleda & Reichardt, 2010).

1.6.4 Skeleton Eroding Band

Questa patologia, associata al ciliato *Hallofolliculina corallasia* (Antonius, 1999; Willis *et al.* 2004) è riconoscibile dalla presenza di una banda nera, che può variare dall'essere una sottile linea di 1cm a una fascia di 10 cm in relazione alla densità del ciliato patogeno, all'interfaccia tra lo scheletro del corallo recentemente esposto e il tessuto in apparenza sano. I ciliati si annidano nello scheletro stesso dando così un aspetto eroso al corallo; si pensa inoltre che la morte dell'ospite sia dovuta al rilascio di sostanze chimiche da parte della fase mobile di *H.corallasia* prodotta a sessualmente (Antonius & Lipscomb, 2001). Lo scheletro bianco privo di tessuto del corallo immediatamente dietro il fronte della SEB (che può muoversi a velocità variabili da 1mm a settimana a 1mm al giorno) mostra una moltitudine di punti neri che non sono altro che le loriche dei ciliati stessi (fig 5d).

1.7 BROWN BAND DISEASE

La *Brown Band Disease* (BrBD) è stata descritta per la prima volta durante uno studio a Nord e a Sud della Great Barrier Reef (Willis *et al.* 2004). Negli anni seguenti è stata poi riscontrata su numerose specie di *Acropora* nei reef delle Filippine (Raymundo *et al.* 2009), Guam (Myers *et al.* 2009), Palau (Page *et al.* 2009), Zanzibar (Tanzania), Est Africa (Weil & Jordàn-Dahlgren 2005), e Australia (Bourne *et al.* 2008). I segni macroscopici della malattia sono rappresentati da una fascia marrone di spessore variabile all'interfaccia tra il tessuto sano e lo scheletro bianco recentemente esposto (Bourne *et al.* 2008; Nugues & Bak, 2009) (fig. 6a). La banda di colore scuro è caratterizzata dalla presenza di dense concentrazioni di ciliati mobili che si nutrono del tessuto del corallo (Willis *et al.* 2004) La *Brown Band Disease* colpisce solitamente coralli con crescita ramificata come Acroporidi, in particolare *Acropora formosa*, *A. aspera*, *A. acuminata* e *A. intermedia* ma anche Pocilloporidi e Favidi con minor frequenza (Willis *et al.* 2004). Nelle specie ramificate la fascia scura circonda il ramo e migra dalla base fino alla punta con tassi di progressione tra i più rapidi mai osservati tra le malattie dei coralli (> 5cm per giorno [Ulstrup *et al.* 2007]). Solitamente è presente una sola banda per ramo, mentre possono essere più numerose nelle forme colonnari. Nelle specie tabulari o massive essa parte dal margine esterno della colonia e procede verso l'interno (Willis *et al.* 2004). Con il diffondersi dell'infestazione porzioni sempre maggiori dello scheletro rimangono esposte e vengono quindi velocemente infestate da alghe (solitamente nell'arco di una sola settimana) (Willis *et al.* 2004). Studi molecolari hanno dimostrato che gli organismi responsabili della patologia appartengono alla classe *Oligohymenophorea*, sottoclasse *Scuticociliatia* (Bourne *et al.* 2008, Lobban *et al.* 2011) ma rimane ancora sconosciuto se a provocare tale malattia sia implicato un solo genere di ciliati oppure diversi. Sono state infatti descritte, in associazione alla lesione che provocano due diverse morfologie: la prima è stata ricondotta alla specie *Porpostoma guamensis* (Lobban *et al.* 2011) mentre la seconda inizialmente è stata descritta come *Philaster digitiformis* (Sweet & Bythell, 2012). Successivi studi molecolari suggeriscono far parte della medesima specie e per questo è stata rinominata in seguito come *Philaster guamensis* (Sweet & Bythell, 2012). Nonostante le ricerche, tanti aspetti dell'ecologia di questa malattia rimangono ancora incerti, soprattutto per ciò che concerne le modalità di trasmissione e i potenziali vettori patogeni. L'unico vettore di diffusione noto risulta essere la stella dalla corona di spine (*Acanthaster planci*) che formando nel corallo grandi cicatrici dovute alla loro attività predatoria, promuove l'insorgenza della patologia fornendo dei facili punti di accesso per i ciliati che in questo modo possono rapidamente colonizzare i tessuti dell'ospite (Nugues & Bak, 2009). Infatti i protozoi responsabili della BrBD infestano rapidamente il tessuto

decomposto del corallo facendo ulteriormente peggiorare il già precario stato di salute dell'ospite che, in queste condizioni, può essere infestato da numerosi altri ciliati opportunisti (Nugues & Bak, 2009). Ciò potrebbe essere alla base del motivo per cui rimane ancora incerto il numero preciso di organismi che determina l'insorgere della patologia. Altri studi dimostrano inoltre come l'azione di numerosi organismi tra cui pesci corallivori, in particolare dei pesci farfalla (*Chaetodontidae*) o invertebrati come il gasteropode *Drupella* possano allo stesso modo facilitare il diffondersi della malattia (Nicolet *et al.* 2013). (fig 6)

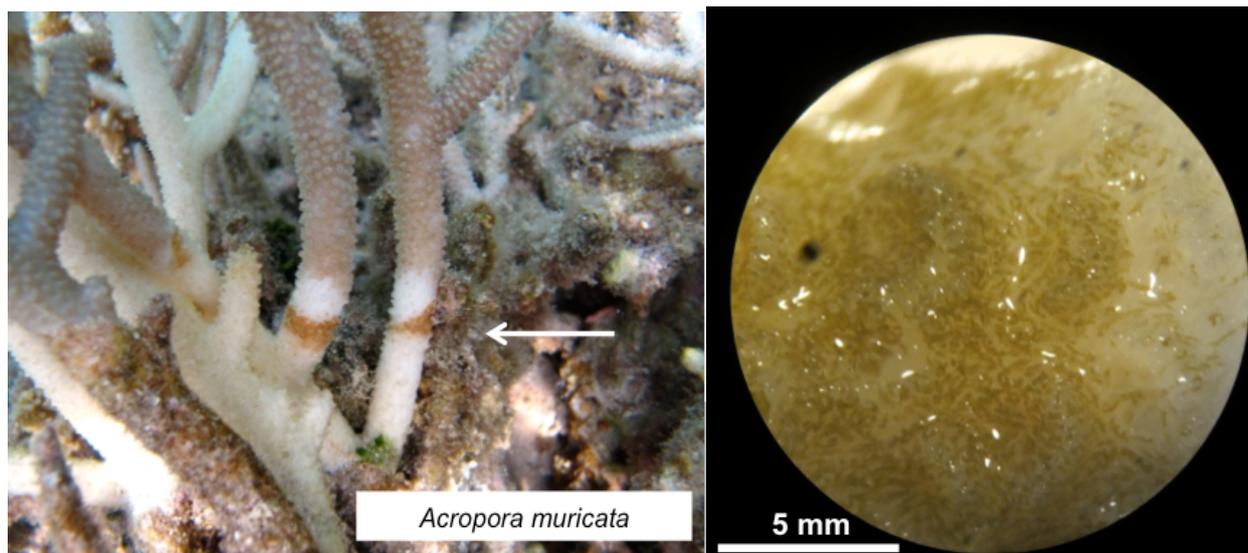


Fig 6 - a) *Brown Band Disease* a livello macroscopico; **b)** ciliati della BrBD allo stereomicroscopio

1.7.1 *Brown Band Disease e Drupella sp.*

Il gasteropode *Drupella* è un mollusco carnivoro che si ciba esclusivamente del tessuto di coralli, preferendo in particolare quelli della famiglia *Acroporidae* (Turner, 1994). Solitamente questi si aggregano in grandi numeri ed è molto comune ritrovarli in corrispondenza di coralli morti (Masaki *et al.* 2005). Questi gasteropodi, comunque, non sono immuni alle nematocisti dei coralli ancora vive e per questo motivo evitano il contatto con il tessuto ancora in vita della madrepora. Infatti è molto comune ritrovarli su coralli morti mentre si nutrono dei tessuti di questi, mediante ausilio di una proboscide (Cox, 1986). Questo implica che i coralli sui quali vengono ritrovati questi organismi siano stati precedentemente danneggiati da altri predatori o da forti. Sin dai primi anni '80, sono stati riportati focolai di *Drupella sp.* nel Ningaloo Reef in Australia occidentale (Ayling & Ayling, 1987), Isole Izu in Giappone meridionale, nel golfo di Eliat e di Aqaba nella parte Nord del Mar Rosso (Schuhmacher, 1992; Shafir *et al.* 2008; Antonius & Riegl, 2010) e a questi corrisponde una notevole insorgenza di patologie. Rimane ancora incerto, comunque, se sia la mortalità

associata alla patologia ad attrarre *Drupella* o se invece i focolai di questo gasteropode promuovano l'insorgenza delle malattie. Studi condotti in laboratorio hanno dimostrato, però che la presenza della *Drupella* e la sua azione corallivora hanno effetti diretti sulla comparsa in particolare della *Brown Band Disease* (Nicolet *et al.* 2013). Infatti la trasmissione della BrBD ad opera della lumaca corallivora, è strettamente associata all'attività predatoria della stessa. Infatti la banda tipica della patologia parte chiaramente dalla cicatrice provocata dal gasteropode e progredisce rapidamente, provocando in alcuni casi la morte della colonia nel giro di qualche giorno. (Onton *et al.* 2011). Quindi come altri organismi corallivori, l'attività predatoria aumenta la probabilità della trasmissione della malattia, sia trasportando attivamente la patologia tra le colonie (Sussman *et al.* 2003; Rypien & Banker, 2009; Sutherland *et al.* 2011) sia perché perturbando il muco antibiotico protettivo del corallo, si va a creare l'ingresso per patogeni (Williams & Miller, 2005; Dalton & Godwin, 2006; Nugues & Bak, 2009).

2. SCOPO DELLO STUDIO

Nonostante le malattie dei coralli siano in rapida diffusione nelle scogliere madreporiche a livello globale, per la maggior parte di esse rimane ancora poco chiara la loro eziologia (agenti che le causano), patologia (effetti fisiologici e meccanismi che inducono la mortalità dell'ospite) e la loro epizootiologia (prevalenza, incidenza e tasso di diffusione) nelle popolazioni naturali (Richardson 1998, Sutherland *et al.* 2004, Weil *et al.* 2006). Queste informazioni sono ritenute fondamentali per cercare di prevenire la diffusione di eventi epizootici tra gli oceani e migliorare le conoscenze riguardo l'attuale stato di salute dei *coral reef* in tutto il mondo. Questo è però essenziale per cercare di prevenire la diffusione di epizootici tra gli oceani. Lo studio delle patologie che affliggono le sclerattinie è infatti ancora relativamente all'inizio sia da un punto di vista di analisi fisio-patologiche che di studi bio-ecologici dedicati. Infatti mentre la maggior parte degli studi si concentrano nell'Oceano Pacifico e nell'Atlantico Occidentale (McClanahan, 2004) ancora esigui sono gli sforzi per determinare natura, origine e intensità di questo fenomeno nel resto del globo. Tale mancanza di informazioni comprende soprattutto le regioni affacciate all'Oceano Indiano, tra cui appunto la Repubblica delle Maldive. Per quanto concerne questo arcipelago infatti le prime malattie che colpiscono le sclerattinie sono state riportate solo nel 2010 (Montano *et al.* 2012). Per quanto altri lavori in merito sono stati condotti (Seveso *et al.* 2012; Montano *et al.* 2013), ulteriori indagini sono necessarie per migliorare le conoscenze riguardo un disturbo potenzialmente catastrofico. L'obiettivo primario di questo lavoro di tesi è stato quindi quello di investigare una delle patologie recentemente ritrovate in questa zona con i seguenti scopi:

1. Quantificare prevalenza, distribuzione e host range della malattia *Brown band disease* in tre isole dell'atollo di Faafu
2. Valutare l'esistenza di differenze nei valori di prevalenza della malattia in relazioni a tre diversi utilizzi delle isole da parte dell'uomo
3. Determinare in modo preliminare se la presenza della BrBD può essere dovuta, amplificata, collegata alla presenza di organismi corallivori: il caso del mollusco gasteropode *Drupella sp.*

3. MATERIALI E METODI

3.1 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

Il presente studio è stato realizzato nel periodo compreso tra il 3/11/2013 e il 1/12/2013. Tale periodo di campionamento coincide con il termine della stagione umida in cui la *surface sea temperature* (SST) media è relativamente costante (media $29,4 \pm 0,4$ °C) oscillando in un range compreso tra i 28,4°C e i 30,1°C (<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov>). I siti di campionamento sono rappresentati dai *reef* corallini che si sviluppano attorno a 3 isole dell'atollo di Faafu, Repubblica delle Maldive. L'atollo di Faafu, il cui nome originale è *Northern Nilandhé Atoll* (fig. 3.1.1 B), misura 30 km in lunghezza e 27 in larghezza (<http://www.tsitours.com>) e rappresenta una divisione amministrativa delle Maldive, formato da 23 isole di cui solo 5 abitate, con popolazione totale di circa 2000 persone.

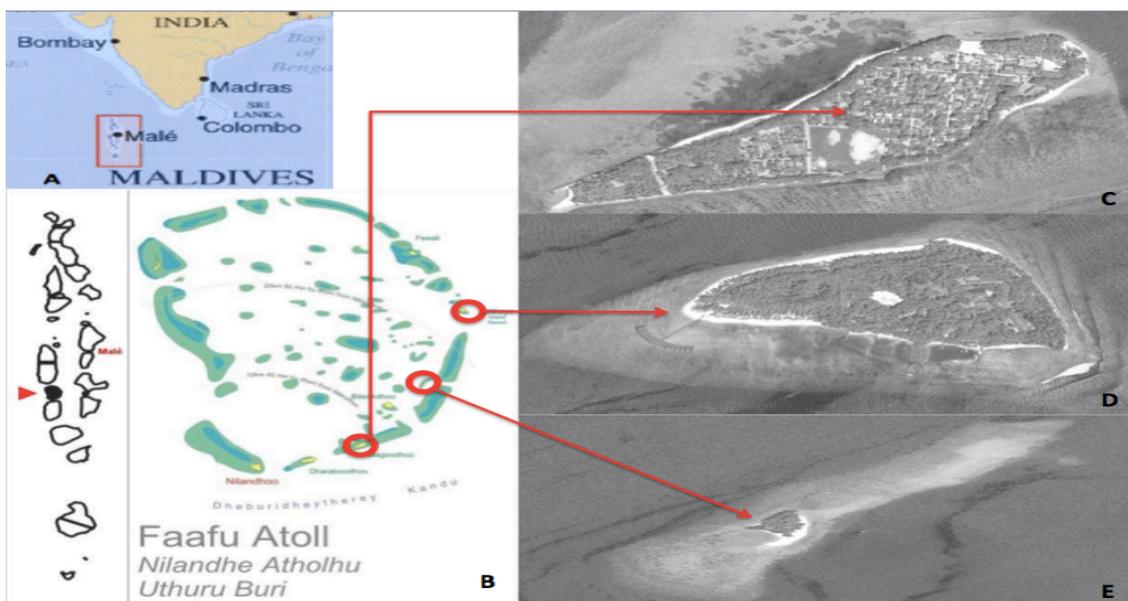


Fig. 7 - Area di studio: A) Repubblica delle Maldive, B) Atollo di Faafu; C) Magoodhoo; D) Filitheyo; E) Adangau

Per quanto riguarda le isole, Magoodhoo ($3^{\circ}04'42.92''$ N $72^{\circ}57'52.31''$ E) (fig 7 C) è un'isola di 970 m di lunghezza e 350 m di larghezza e ricopre un'area totale di 17.1km^2 . Situata nella parte Sud-Est dell'atollo dista circa 134 km dalla capitale Male'. Essa è priva di strutture turistiche, tuttavia è abitata da una popolazione locale di circa 700 individui. Le principali attività svolte sull'isola sono la pesca, l'agricoltura che inizia lentamente a svilupparsi mentre una piccola parte della popolazione è impiegata presso i resort dell'atollo oppure in uffici del governo (UNDP, 2006). Filitheyo

(3°12'47.59" N 73°02'13.51" E) (fig 7 D) invece è una delle due isole dell'atollo di Faafu su cui fu costruito un resort nel 1999: il Filitheyo Island Resort; essa è di forma triangolare con dimensioni di 900x500 metri ed è localizzata tra due pass nella parte est dell'atollo. Questa ospita all'incirca 350 persone che vivono e lavorano sull'isola, più 200 posti riservati ai turisti che vi alloggiano. Infine Adangau (3°08'20.31" N 73°00'31.48" E) (fig 7 E) è rappresentata da un piccolo lembo di sabbia tra Magoodhoo e Filitheyo di circa 200 m di lunghezza e 70 di larghezza, ricoperto di lussureggiante vegetazione. Su tale isola non esiste alcun insediamento umano.

3.2 PIANO DI CAMPIONAMENTO

Il piano di campionamento di questo studio ha previsto la scelta casuale, in ciascuna delle 3 isole, di 4 siti di campionamento. Per ciascun sito sono stati effettuati campionamenti a 2 diverse profondità. In questo modo si sono ottenute 12 stazioni *shallow*, definite così in quanto caratterizzate da una profondità tra i 0 e 5 m e per questo campionati attraverso attività di snorkeling e stazioni *deep*, caratterizzate da una profondità compresa tra i 5 e 15 metri e per questo motivo campionati in immersione con attrezzatura ARA. Ad ogni stazione sono state raccolte informazioni quantitative circa la prevalenza della BrBD effettuando un numero minimo di 3 repliche (fig. 8).

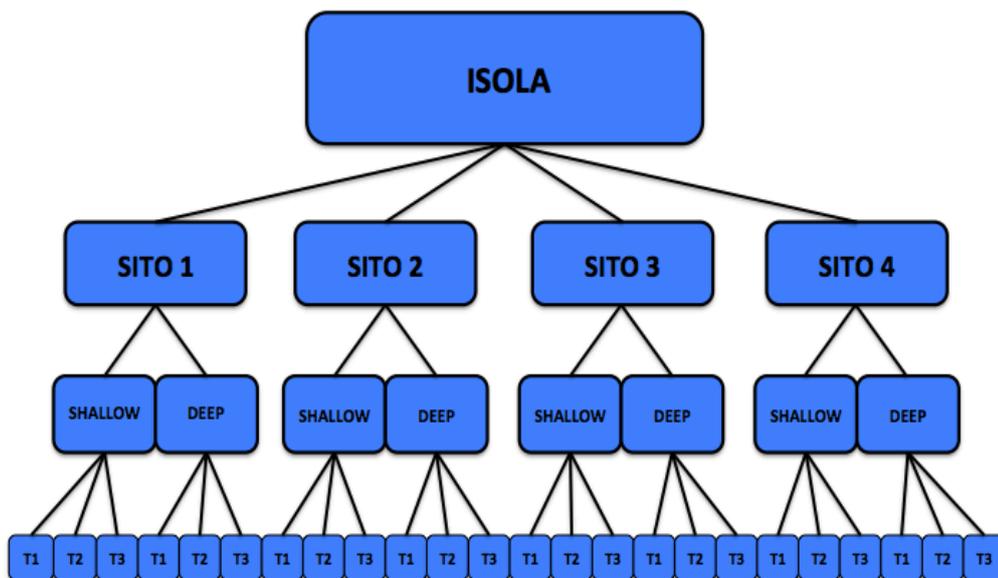


Fig. 8 - Disegno di campionamento per ogni isola censita; Siti analizzati in ogni isola

3.3 METODI DI CAMPIONAMENTO UTILIZZATI

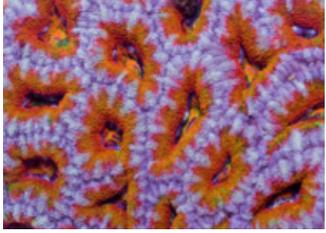
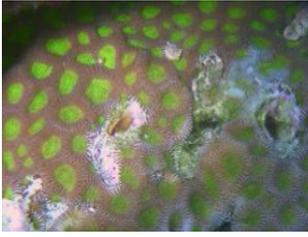
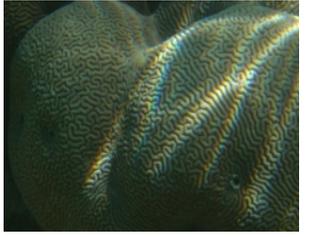
3.3.1 Belt transect

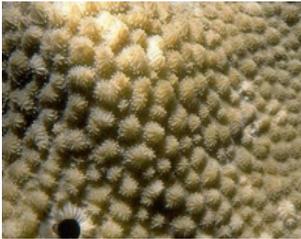
Ogni replica effettuata è rappresentata da un *belt transect* (fig. 3.2.1) di 25x2 metri (Grimsditch *et al.* 2008) posizionato casualmente e parallelo alla linea di costa ad una distanza approssimativa di 10-20 metri dal successivo. La cima è stata disposta parallelamente alla linea di costa al fine di minimizzare la varietà ambientale, in quanto essendo ad una profondità costante permette di studiare la composizione quali-quantitativa di un popolamento specifico (Loya, 1978). Tale metodo prevede l'utilizzo di una cima metrata o una bindella. In questo caso, il campionamento degli organismi target è stato limitato ad un' area di 50 m². I dati sono stati raccolti mediante l'utilizzo di fogli di lavoro subacquei duracopy della rainintherain, progettati per lo studio in questione e posti su una lavagnetta subacquea. Tali fogli, essendo in formato A4, più grandi delle classiche lavagnette subacquee, forniscono all'operatore uno spazio maggiore sul quale annotare le informazioni e gli consentono, inoltre, di conservare i dati raccolti senza doverli immediatamente copiare prima di iniziare il successivo campionamento. Ad alcune categorie inoltre è stata affiancata un'informazione aggiuntiva relativa alla morfologia di crescita.

Tabella 1: Categorie utilizzate durante il campionamento

CATEGORIE			
FAMIGLIA			
Acroporidae	Acropora ramificata (ACR) 	Acropora digitata (ACD) 	Acropora tabulare (ACT) 
Acroporidae	Montipora (MONT) 	Astreopora (ASTR) 	Isopora (ISO) 
Pocilloporidae	Pocillopora (POC)		

			
Poritidae	Porites (POR) 	Goniopora (GON) 	Alveopora (ALV) 
Agariciidae	Pavona (PAV) 	Leptoseris (LEPT) 	Pachyseris (PACH) 
Agariciidae	Gardineroseris (GAR) 		
Fungiidae	Fungia (FUN) 	Herpolitha (HER) 	Halomitra (HAL) 
Oculinidae	Galaxea (GAL)		

			
Pectinidae	Pectina (PEC) 	Mycedium (MIC) 	
Mussidae	Acanthastrea (ACA) 	Lobophyllia (LOBO) 	Symphyllia (SYMF) 
Mussidae	Scolymia (SCOL) 		
Faviidae	Favia (FAV) 	Favites (FAVIT) 	Platygyra (PLAT) 
Faviidae	Leptoria (LEPT) 	Diploastrea (DIPL) 	Echinopora (ECHI) 
Faviidae	Leptastrea (LEPTAS)	Cyphastrea (CYPHA)	Goniastrea (GONIAS)

			
Faviidae	Caulastrea (CAU) 		
Dendrophylliidae	Tubastrea (TUB) 	Turbinaria (TURBI) 	
Euphyllidae	Euphyllia (EUPH) 	Physogyra (PHYSO) 	
Siderasteridae	Psammocora (PSAM) 		
Merulinidae	Merulina (MER) 	Hydnophora (HYDN) 	

Trachyphyllidae	Trachyphyllia (TRACHI) 		
-----------------	---	--	--

Le sclerattine, all'interno dell'area del transetto, sono state identificate *in situ*, a livello di genere, mediante *visual census* in accordo con Veron (2000). Sono state contate le colonie al margine del *belt transect* solamente quando esse erano contenute all'interno dello stesso per più del 50% (Methods for the Study of Marine Benthos). Per ogni replica sono state contate tutte le colonie di corallo rinvenute all'interno del bel transect. Per ogni singola colonia si è investigato il relativo stato di salute registrando l'eventuale presenza della malattia in questione: la *Brown Band Disease*. In questo modo è possibile ottenere i valori di prevalenza considerati come il rapporto tra le colonie malate e il numero totale di colonie osservate. Per ogni transetto, è stato poi calcolato sia un valore complessivo relativo alla prevalenza della BrBD sia i valori di prevalenza della stessa relativa al taxon specifico, calcolata come il rapporto tra il numero di colonie di corallo malate appartenenti ad un particolare genere, e il numero totale di colonie osservate appartenenti a quel genere. Poi sono stati calcolati i valori di prevalenza generale e specifici del taxon per ogni sito facendo la media dei valori di prevalenza corrispondenti misurati nei tre transetti. Al fine di chiarire incertezze relative al riconoscimento dei generi osservati durante il visual census sono state effettuate fotografie subacquee, utilizzando una Canon PowerShot S110 con scafandro WP-DC47. Per lo stesso motivo sono stati prelevati piccoli campioni di corallo analizzati in seguito in laboratorio mediante l'ausilio di uno stereomicroscopio (Leica ZD4).

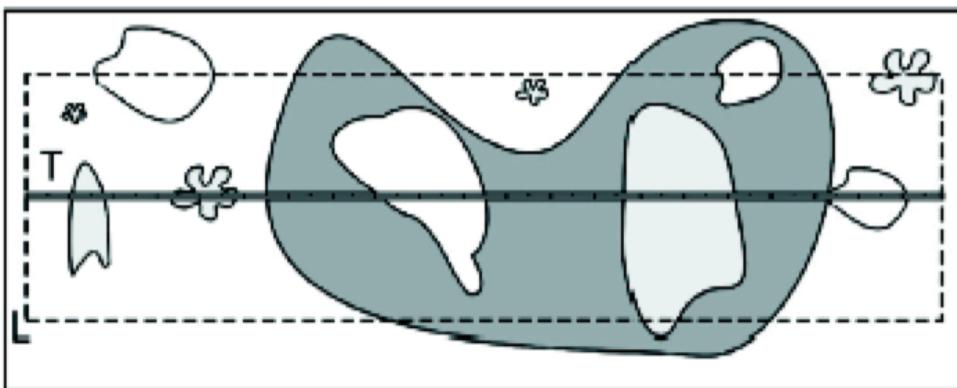


Fig. 9- schema *Point intercept transect*



Fig. 10- Fotografia illustrante la raccolta dei dati

3.3.2 Point intercept transect (PIT)

Al fine di stimare il ricoprimento percentuale di diverse categorie bentoniche dei siti di campionamento è stato utilizzato il metodo del point intercept transect (PIT). Questo metodo di campionamento consiste nell'annotare tutte le categorie bentoniche selezionate presenti al di sotto di punti a distanza prestabilita lungo una cima metrata (Pinca *et al.* 2002). Questo metodo è estremamente rapido e poco costoso. Unica limitazione è relativa al fatto che questo metodo tende a sottostimare l'eterogeneità delle aree indagate, rinvenendo raramente le specie meno abbondanti (fig. 10) (Hill & Wilkinson, 2004).

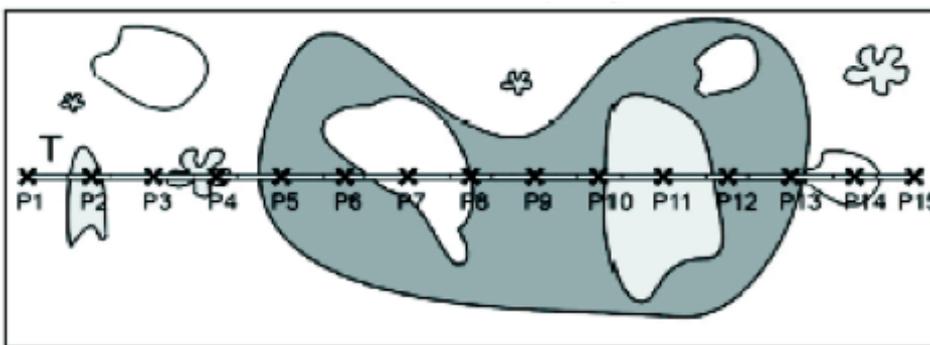


Fig. 11 - Schema point intercept transect

In questo studio sono state registrate macrocategorie e generi di corallo duro presenti al di sotto di ogni 50 cm di bindella. Le macrocategorie annotate sono state: Corallo vivo, Corallo morto, Roccia, Sabbia, Rubble, Altro (coralli molli, poriferi, bivalvi, macroalghe e altri organismi) Sono stati

utilizzati dei codici in modo da rendere più veloce la raccolta. (ved tabella 2).

Tabella 2 - descrittori utilizzati

CORALLO VIVO		CV	In questa categoria venivano annotati i coralli identificati a livello di genere.
CORALLO MORTO		CM	Corallo morto ma ancora intatto nella sua forma.
RUBBLE		RU	Accumululi di detriti corallini, sabbia e frammenti di conchiglie.
ROCCIA		RO	Subdtrato duro nudo
SABBIA		SA	Sedimento di sabbia corallina
ALTRO		AL	In questa categoria erano inclusi organismi tra cui tunicati, coralli molli, echinodermi, molluschi, alghe e altro non considerato precedentemente.

All'interno della macrocategoria corallo vivo sono state identificate le sclerattinie a livello di genere ottenendo così le percentuali di ricoprimento per ognuno di essi. Per ottenere il ricoprimento percentuale di un genere o di una macrocategoria si sommano i punti in cui essa è presente e si divide per il numero totale dei punti del transetto: $r_x\% = P_x/P_{tot} \times 100$.

3.3.3 Valutazione dello stato di sfruttamento delle isole

Come noto da letteratura (Peirano & Bianchi, 1997; Diviacco, 1998), esiste una relazione tra il diverso numero di abitanti presenti in un'area e il probabile impatto antropico associato. Ipotizzando che tale relazione sia ritrovabile in diversi ecosistemi marini, non si esclude che tale scenario sia presente anche nel remoto Arcipelago delle Maldive, dove la maggior parte delle scogliere coralline sono considerate in uno stato di regressione (Lasagna, 2010). Al fine di determinare

qualitativamente il possibile stato di sfruttamento da parte dell'uomo delle isole da noi campionate si è deciso quindi di considerare il numero di abitanti come il fattore chiave per determinare l'eventuale stato di antropizzazione. In base a questi presupposti abbiamo classificato le isole come:

- sfruttamento elevato: Magoodhoo con popolazione di 700 individui presente,
- sfruttamento medio: Filitheyo con popolazione di 500 individui
- assenza di sfruttamento: Adangau priva di qualsiasi insediamento umano

Inoltre considerando che l'attività umana ha delle ripercussioni tangibili sulla salute dei coralli a causa dello sversamento di composti organici e di rifiuto in mare (Bruno *et al.* 2003), si è deciso di effettuare test chimici in laboratorio con l'intento di registrare il livello di nutrienti e sostanza organica presenti. A tal proposito campioni di acqua proveniente da ognuna delle profondità e siti analizzati sono stati prelevati tramite l'utilizzo di falcon da 50 ml e successivamente analizzati mediante l'utilizzo di kit commerciali ad uso acquariofilo. I kit utilizzati sono: 1) Nyon Phosphate Test; 2) Nyon Nitrate Test; 3) Salifert Profi Test Nitrite; 4) Salifert Prof Test Ammonia; 5) Salifert Profi Test Organics. Ognuno dei seguenti test dichiara una sensibilità attorno al centesimo di mg/l.

3.3.4 Riconoscimento malattie

La *Brown Band Disease* nei coralli è stata identificata mediante visual census, in quanto per la malattia presa in considerazione la lesione è un carattere distintivo per il riconoscimento (Bourne *et al.* 2007; Nugues & Bak, 2009). Tra le alterazioni riscontrabili e identificabili inerenti lo stato di salute delle madrepore elenchiamo la perdita del tessuto, una crescita anomala, pigmentazioni insolite e la presenza di materiale colorato al di sopra dello stesso (Aeby, 1998). A differenza delle lesioni di alcune malattie, ne esistono altre dovute alla predazione da parte di pesci, che danneggiano lo scheletro, predazione ad opera di gasteropodi, della stella corallivora *Acanthaster*, eccessiva sedimentazione e sovraccrescita algale che possono confondere l'operatore (Aeby, 1998; Aeby & Santavy, 2006). Il riconoscimento della malattia è stato possibile mediante le linee guida di Willis *et al.* che nel 2004 hanno registrato per la prima volta la presenza della patologia (Willis *et al.* 2004). Al fine di chiarire incertezze relative al riconoscimento delle malattie osservate durante il visual census sono state effettuate fotografie subacquee, utilizzando una Canon PowerShot S110 con scafandro WP-DC47. Per lo stesso motivo sono stati prelevati piccoli campioni di corallo analizzati in seguito in laboratorio mediante l'ausilio di uno stereomicroscopio (Leica ZD4).

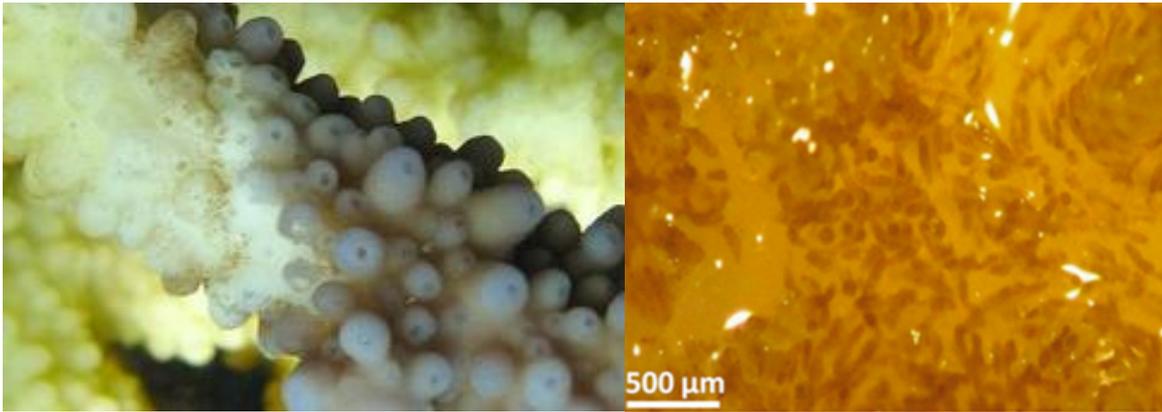


Fig. 12 - Fotografia in campo di una malattia / accertamento della malattia allo stereomicroscopio

Al fine di valutare se eventi particolari di predazione possano incrementare la presenza della malattia sono state inoltre annotate e contate le colonie di madrepore malate caratterizzate dalla presenza del gasteropode *Drupella sp* (fig. 13).

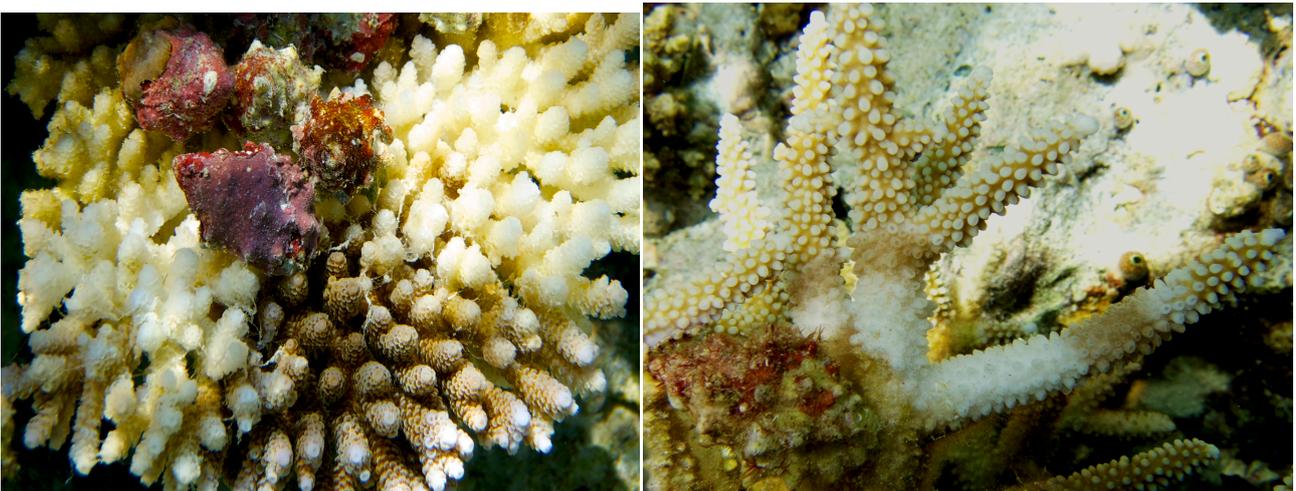


Fig 13 – Mollusco gasteropode *Drupella sp.* su colonie di *Acropora* malata

3.4 ANALISI STATISTICA

I dati sono stati raccolti e analizzati mediante le tipologie di descrittori illustrati in tabella 1 e in tabella 2. Sono state inoltre annotate il numero delle malattie e l'ospite relativo, presenti all'interno dell'area censita. L'analisi dei dati è stata effettuata poi in maniera gerarchica calcolando media e deviazione standard di tutti i valori osservati: quelli totali per ciascuna isola, per profondità, per sito e per stazioni analizzate. Questo è stato fatto sia per valutare il ricoprimento percentuale di ogni macrocategoria e dei generi osservati ma anche per le densità totali delle sclerattinie e le prevalenze della malattia. I dati sono stati elaborati utilizzando tabelle e grafici. In particolare sono stati

realizzati istogrammi per valutare la diversa prevalenza della malattia a tutte le scale osservate. Per i confronti statistici si sono utilizzati test non parametrici in quanto i dati non rispettano le assunzioni della normalità (Zar, 1999). A tal proposito si è utilizzato il Mann-Whitney U-test per cercare differenze nei livelli di prevalenza della BrBD per le due diverse profondità, mentre il test di Kruskal-Wallis per cercare differenze nei livelli di prevalenza tra le isole. Lo Spearman's rho è stato invece utilizzato per analizzare l'esistenza di possibili correlazioni tra i valori di prevalenza della malattia osservati e le relative densità e percentuale di ricoprimento sia dei coralli ospiti, che dei coralli in generale. Le analisi statistiche sono state effettuate utilizzando il software SPSS. Tutti i dati sono riportati sotto forma di media aritmetica \pm deviazione standard (D.S.) tranne quando diversamente espresso.

3.4.1 Analisi multivariata

Le eventuali differenze presenti nella prevalenza delle *Brown Band Disease* tra le isole e le profondità censite, sono state valutate ricorrendo all'analisi multivariata ed in particolar modo a tecniche di ordinamento scalare non metrico multidimensionale (nMDS). L'analisi multivariata si basa sul coefficiente di similitudine di Bray-Curtis (Morri *et al.* 2003). Questo è stato utilizzato per calcolare matrici triangolari di similitudine attraverso il confronto a coppie della prevalenza della malattia nelle diverse stazioni analizzate (Kruskall & Wish, 1978). Le matrici triangolari così ottenute possono essere risolte tramite analisi agglomerativa o di ordinamento e analisi fattoriale o di classificazione, trasformando la matrice a due vie in una matrice delle distanze che attribuisce un coefficiente di similarità/dissimilarità ad ogni coppia di campioni. L'analisi agglomerativa o di ordinamento permette di visualizzare graficamente le similarità e dissimilarità tra campioni, per evidenziare possibili *pattern* e comparare la prevalenza della malattia. L'algoritmo del nMDS, infatti, è una procedura interattiva volta a costruire un grafico attraverso una progressiva ridefinizione delle posizioni dei diversi punti in uno spazio a due o tre dimensioni. Il posizionamento dei campioni all'interno del grafico e le loro distanze relative riflettono il livello di similarità tra i campioni. All'aumentare della similarità diminuiscono progressivamente le distanze fra i campioni (Clarke & Warwick, 1994). Lo stress statistico esprime il livello di significatività del grafico nMDS, la cui rappresentazione della distribuzione dei punti è considerata ottima per valori inferiori di 0,05; buona fra 0,06 e 0,1; accettabile fra 0,11 e 0,19; pessima se superiore a 0,20 (Clarke & Warwick, 1994). Tutte le analisi multivariate sono state realizzate attraverso il software PRIMER (Clarke & Warwick, 1994).

4. RISULTATI

Durante il lavoro di campo svolto tra Novembre e Dicembre 2013, sono state indagate le prevalenze della *Brown Band Disease* in 3 isole appartenenti all'atollo di Faafu. In totale sono stati campionati 12 siti a due diverse profondità per un totale di 24 stazioni. Nel complesso sono stati effettuati 72 *belt transect* e 72 *point intercept transect* ricoprendo un'area totale di 3600 m² (fig. 14).

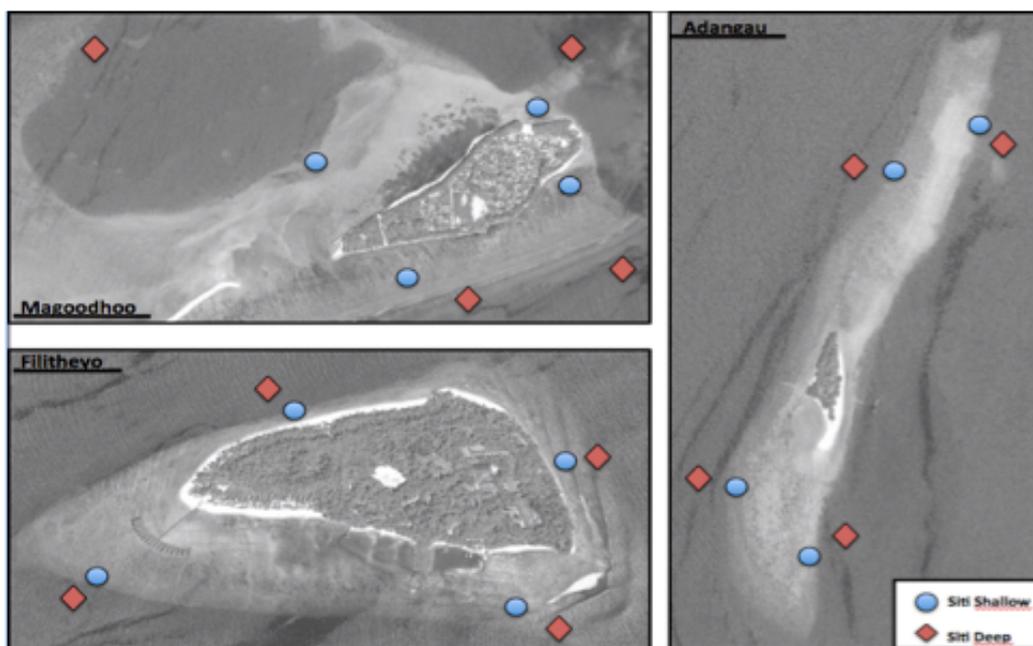


Figura 14 - Mappa stazioni analizzate (*shallow* e *deep*) per Magoodhoo, Filitheyo e Adangau

Nell'area di studio sono state contate in totale 29'625 colonie appartenenti a 40 generi di sclerattinie. Questi generi hanno mostrato insieme (considerati come categoria di corallo duro, ved metodo) un ricoprimento percentuale totale medio di $57,19\% \pm 9,08$, seguite dal *coral rubble* con $16,25\% \pm 9,27$, dalla roccia $10,45\% \pm 7,36$, dal corallo morto ($6,03\% \pm 2,44$) e per finire dalla sabbia ($6,00\% \pm 5,44$) e altro ($3,97\% \pm 2,88$) (ved tabella 3).

Tabella 3 – Ricoprimento percentuale delle macrocategorie osservate presenti sulle 3 isole e media totale

	MAGOODHOO		FILITHEYO		ADANGAU		TOTALE	
	MEDIA	D.S	MEDIA	D.S	MEDIA	D.S	MEDIA	D.S
Corallo duro	58,42	5,20	54,58	7,51	58,58	15,37	57,19	9,08
Roccia	6,75	4,63	17,33	7,43	7,25	7,07	10,45	7,36
Rubble	13,75	6,91	15,75	9,14	19,25	14,29	16,25	9,27
Sabbia	12,17	2,92	2,67	1,55	3,17	4,60	6,00	5,44
Corallo morto	5,58	1,92	4,50	2,41	8,00	4,17	6,03	2,44
Other	3,33	0,71	4,83	4,87	3,75	2,91	3,97	2,88

Per quanto riguarda la malattia oggetto dello studio sono state individuate in totale 77 colonie affette dalla *Brown Band disease*. Tale malattia è stata osservata avere le tipiche caratteristiche riportate nel paragrafo 1.7 dell'introduzione. Le colonie colpite hanno mostrato infatti una fascia marrone di spessore variabile posizionata all'interfaccia tra il tessuto sano del corallo e lo scheletro bianco recentemente esposto. In seguito a osservazioni allo stereomicroscopio è stato possibile confermare che tale banda era costituita dai un ammasso di ciliati mobili (fig. 15 e 16). Tali patogeni tuttavia non sono stati identificati tassonomicamente. Circa l'87.5% (21 stazioni) delle aree campionate hanno mostrato almeno una colonia di corallo colpita da BrBD. La BrBD è stata maggiormente ritrovata nelle stazioni *deep* (59.74%), rispetto alle stazioni *shallow* (40,26%). Tale patologia nel complesso è stata rinvenuta in 2 generi facenti entrambi parte della famiglia *Acroporidae*: *Acropora* e *Isopora*.



Fig 15 – a) Le frecce indicano la banda marrone caratteristica della malattia; b) ingrandimento del cluster di ciliati mobili responsabili della BrBD.



Fig 16 – a-b) Diverse morfologie in cui può presentarsi la BrBD

4.1 RISULTATI MAGOODHOO

Sull'isola di Magoodhoo sono stati effettuati 24 transetti all'interno di 8 stazioni scelte casualmente a due profondità distinte (*shallow* e *deep*) coprendo un'area totale di 1200 m². In quest'isola sono state contate un totale di 8'548 colonie di sclerattinie appartenenti a 34 generi. Tra queste la *Brown Band disease* è stata riscontrata in un totale di 35 colonie all'interno di 13 transetti (54,16%) appartenenti a 7 stazioni (87,5%). La malattia è stata maggiormente ritrovata nelle stazioni *deep* (57,14%).

4.1.1 Analisi della composizione bentonica

L'indagine svolta sulle formazioni madreporiche dell'isola di Magoodhoo tramite *point intercept transect* ha permesso di calcolare i valori medi di ricoprimento percentuale delle macrocategorie indagate prese in considerazione (ved. metodo). Per quanto riguarda le macrocategorie indagate Magoodhoo presenta una percentuale totale media del 58,42% ± 10,26 di corallo duro, 13,75% ± 6,65 di rubble, 12,17% ± 7,34 di sabbia, 6,75% ± 5,02 di roccia, 5,58% ± 1,78 di corallo morto e infine 3,33% ± 4,14 della categoria altro. In particolare il ricoprimento percentuale di corallo duro è risultato maggiore alla profondità tra i 5 e 15 m con valori di 62,33% ± 12,32 rispetto a 54,50% ± 7,27 ritrovato a profondità inferiori. Inoltre tale macrocategoria ha mostrato il maggior ricoprimento nella stazione "sito 2 *deep*" (73,33% ± 4,16) e il minore nella stazione "sito 2 *shallow*" con valore percentuale di 44,00% ± 10,00. I risultati sono riportati in tabella 4.

Dall'analisi dei PIT è emerso che i generi maggiormente presenti all'interno dei transetti sono risultati: *Acropora* (21,89% ± 8,90), *Porites* (7,78% ± 7,09), *Pavona* (2,32% ± 2,09), *Isopora* (1,92% ± 4,65), *Echinopora* (1,20% ± 2,34), *Favites* (1,18% ± 0,87), *Psammococora* (1,06% ± 1,18), *Pocillopora* (0,95% ± 1,38), *Hydnophora* (0,64% ± 1,63) e *Galaxea* (0,62% ± 0,90). Altri generi ritrovati sono: *Astreopora*, *Favia*, *Goniastrea*, *Fungia*, *Turbinaria*, *Pectinia*, *Lobophyllia*, *Leptoseris*, *Pachyseris*, *Cyphastrea*, *Goniopora*, *Platygyra*, *Halomitra* e *Tubastrea* i quali presentano valori percentuali inferiori al 0,50%.

Tabella 4- Valori di ricoprimento percentuale ottenuti col PIT per sito e profondità isola Magoodhoo

	SITO 1				SITO 2				SITO 3				SITO 4				TOTALE	
	SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		MEDIA TOT.	D.S
	MEDIA	D.S																
Corallo duro	56,00	15,62	65,33	4,16	44,00	10,00	73,33	4,16	57,33	5,03	44,67	8,33	60,67	9,02	66,00	7,21	58,42	10,26
<u>Roccia</u>	10,67	5,77	5,33	2,31	12,00	10,58	6,67	2,31	2,67	3,06	14,00	4,00	0,00	0,00	2,67	3,06	6,75	5,02
<u>Rubble</u>	8,00	6,00	11,33	3,06	26,67	7,02	8,00	4,00	14,00	2,00	20,67	8,33	9,33	4,16	12,00	7,21	13,75	6,65
<u>Sabbia</u>	16,00	11,14	8,67	4,16	6,67	5,03	5,33	3,06	22,00	3,46	3,33	1,15	22,00	5,29	13,33	6,11	12,17	7,34
Corallo morto	8,00	5,29	6,67	1,15	7,33	4,62	4,00	2,00	3,33	1,15	4,00	4,00	6,67	5,03	4,67	2,31	5,58	1,78
<u>Other</u>	1,33	1,15	2,67	1,15	3,33	3,06	2,67	1,15	0,67	1,15	13,33	1,15	1,33	1,15	1,33	1,15	3,33	4,14
TOTALE	100,00	-																
<u>Acropora</u>	46,00	7,21	40,67	5,77	30,00	4,00	38,67	10,07	24,67	8,08	20,67	6,11	39,33	6,43	40,67	5,77	21,89	8,90
<u>Pavona</u>	6,00	5,29	5,33	1,15	0,00	0,00	2,00	2,00	3,33	1,15	0,67	1,15	2,00	2,00	2,67	1,15	2,32	2,09
<u>Porites</u>	0,67	1,15	7,33	6,11	10,67	7,02	18,67	7,02	16,00	10,00	7,33	3,06	1,33	2,31	18,00	8,72	7,78	7,09
<u>Pocillopora</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	1,15	4,00	3,46	1,33	2,31	0,67	1,15	0,95	1,38
<u>Psammocora</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	3,33	3,06	0,67	1,15	0,67	1,15	2,00	2,00	0,00	0,00	1,06	1,18
<u>Echinopora</u>	0,00	0,00	6,00	5,29	0,00	0,00	4,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	1,20	2,34
<u>Astreopora</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,35
<u>Goniastrea</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	2,31	1,33	2,31	0,45	0,61
<u>Favia</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,24
<u>Favites</u>	2,00	3,46	2,00	2,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	0,67	1,15	0,67	1,15	1,18	0,87
<u>Fungia</u>	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,71
<u>Turbinaria</u>	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,31
<u>Pectinia</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,31
<u>Hydnophora</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,67	3,06	0,67	1,15	0,00	0,00	0,64	1,63
<u>Galaxea</u>	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00	3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,90
<u>Isopora</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,33	2,31	0,00	0,00	12,00	7,21	0,00	0,00	1,92	4,65
<u>Lobophyllia</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,24
<u>Leptoseris</u>	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,31
<u>Pachyseris</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,24
<u>Cyphastrea</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,47
<u>Goniopora</u>	0,00	0,00	1,33	2,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	2,31	0,33	0,62
<u>Platygrya</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,24
<u>Halomitra</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,24
<u>Roccia</u>	10,67	5,77	5,33	2,31	12,00	10,58	6,67	2,31	2,67	3,06	14,00	4,00	0,00	0,00	2,67	3,06	6,75	5,02
<u>Rubble</u>	8,00	6,00	11,33	3,06	26,67	7,02	8,00	4,00	14,00	2,00	20,67	8,33	9,33	4,16	12,00	7,21	13,75	6,65
<u>Sabbia</u>	16,00	11,14	8,67	4,16	6,67	5,03	5,33	3,06	22,00	3,46	3,33	1,15	22,00	5,29	13,33	6,11	12,17	7,34
Corallo morto	8,00	5,29	6,67	1,15	7,33	4,62	4,00	2,00	3,33	1,15	4,00	4,00	6,67	5,03	4,67	2,31	5,58	1,78
<u>Other</u>	1,33	1,15	2,67	1,15	3,33	3,06	2,67	1,15	0,67	1,15	13,33	1,15	1,33	1,15	1,33	1,15	3,33	4,14
TOTALE	100,00	-																

4.1.2 Prevalenza *Brown Band Disease*

Delle 8'548 colonie di sclerattine contate nei *reefs* di Magoodhoo il 37,13%, appartiene al genere *Acropora*, il 19,37% al genere *Pavona*, il 13,85% al genere *Porites*, *Psammocora* 5,03%, *Isopora* 4,68% e *Pocillopora* 4,45%. I restanti generi mostrano abbondanze relative al di sotto del 4% (ved. tabella 5).

Tabella 5: Numero totale di colonie contate e valori di densità medi per m² dei generi osservati

	NUM. COLONIE	DENS. PER M ²	ABB. REL.
<u>Acropora</u>	3174	2,645	37,13%
<u>Pavona</u>	1656	1,380	19,37%
<u>Porites</u>	1184	0,987	13,85%
<u>Psammocora</u>	430	0,358	5,03%
<u>Isopora</u>	400	0,333	4,68%
<u>Pocillopora</u>	381	0,318	4,46%
<u>Favites</u>	193	0,161	2,26%
<u>Fungia</u>	193	0,161	2,26%
<u>Goniastrea</u>	163	0,136	1,91%
<u>Echinopora</u>	141	0,118	1,65%
<u>Galaxea</u>	99	0,083	1,16%
<u>Hydnophora</u>	89	0,074	1,04%
<u>Astreopora</u>	69	0,058	0,81%
<u>Favia</u>	66	0,055	0,77%
<u>Cyphastrea</u>	57	0,048	0,67%
<u>Pectina</u>	39	0,033	0,46%
<u>Goniopora</u>	32	0,027	0,37%
<u>Leptoseris</u>	30	0,025	0,35%
<u>Pachyseris</u>	23	0,019	0,27%
<u>Turbinaria</u>	20	0,017	0,23%
<u>Gardineroseri</u>	18	0,015	0,21%
<u>Symphyllia</u>	14	0,012	0,16%
<u>Lobophyllia</u>	12	0,010	0,14%
<u>Alveopora</u>	12	0,010	0,14%
<u>Platygira</u>	11	0,009	0,13%
<u>Tubastrea</u>	8	0,007	0,09%
<u>Herpolitha</u>	7	0,006	0,08%
<u>Leptoria</u>	6	0,005	0,07%
<u>Diploastrea</u>	5	0,004	0,06%
<u>Halomitra</u>	5	0,004	0,06%
<u>Leptastrea</u>	4	0,003	0,05%
<u>Caulastrea</u>	4	0,003	0,05%
<u>Micedium</u>	2	0,002	0,02%
<u>Acanthastrea</u>	1	0,001	0,01%

All'interno dell'area censita sono state inoltre contate le colonie di madrepora che riportavano i segnali macroscopici della *Brown Band Disease*. Su quest'isola, sono state ritrovate 35 colonie colpite da tale patologia appartenenti tutte alla famiglia *Acroporidae*. Nello specifico sono state contate 34 colonie colpite appartenenti al genere *Acropora* e una singola colonia colpita appartenenti al genere *Isopora*. La prevalenza media della malattia, registrata per l'isola è di 0,40% \pm 0,28. La prevalenza media della BrBD a livello di profondità è risultata maggiore nelle stazione *deep* (0,45% \pm 0,49) rispetto a minori quelle *shallow* (0,34% \pm 0,10)(Grafico 1). Per quanto riguarda i siti analizzati, i valori massimi sono stati riscontrati nel sito 2 (0,79% \pm 0,51) e i minimi nel sito 3 (0,13% \pm 0,19) (ved. tabella 6).

Tabella 6: Prevalenza BrBD totale, per profondità, per sito e per profondità x sito nell'isola di Magoodhoo

PREVALENZA TOTALE BrBD PER ISOLA	0,40% ± 0,28							
PREVALENZA TOTALE PROFONDITA'	SHALLOW 0,34% ± 0,10	DEEP 0,45% ± 0,49						
PREVALENZA TOTALE BrBD PER SITO	SITO 1 0,31% ± 0,11	SITO 2 0,79% ± 0,51	SITO 3 0,13% ± 0,19	SITO 4 0,35% ± 0,12				
PREVALENZA TOTALE PROFONDITÀXSITO	SITO 1 0,23% ± 0,40	SITO 2 0,42% ± 0,50	SHALLOW SITO 3 0,27% ± 0,30	SITO 4 0,43% ± 0,41	SITO 1 0,39% ± 0,34	DEEP SITO 2 1,15% ± 0,31	SITO 3 0% ± 0,00	SITO 4 0,27% ± 0,47

A seguito vengono riportati i grafici illustranti i valori di prevalenza riportati in tabella.

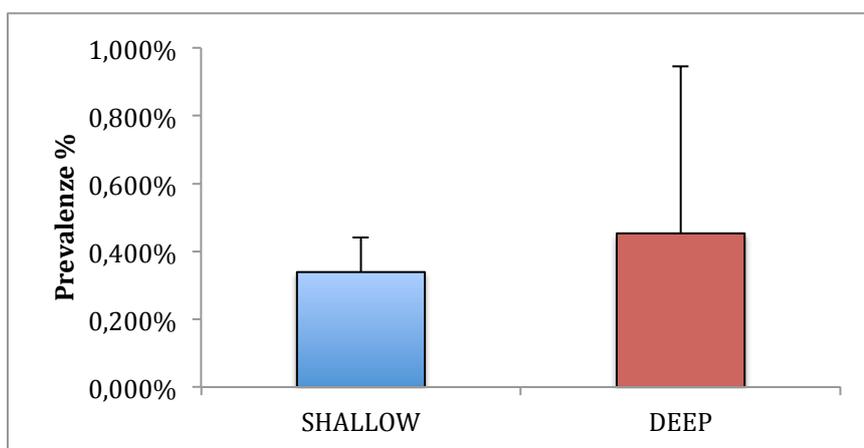


Grafico 1 – Prevalenze BrBD per profondità isola di Magoodhoo

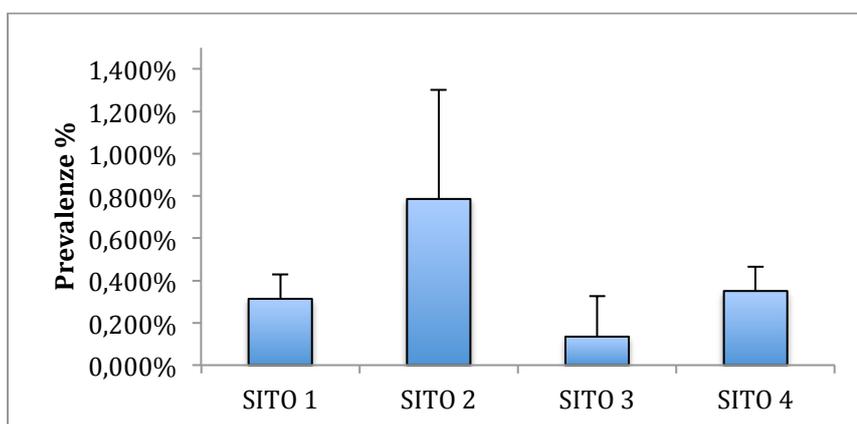


Grafico 2 – Prevalenze BrBD in ognuno dei 4 siti censiti a Magoodhoo

Dal grafico 2 è evidente come le prevalenze più elevate si siano riscontrate nel sito 2 con valori di 0,79% ± 0,51. Segue il sito 4 (0,35% ± 0,12), il sito 1 (0,31% ± 0,11) e in ultimo il sito 3 con 0,13% ± 0,19.

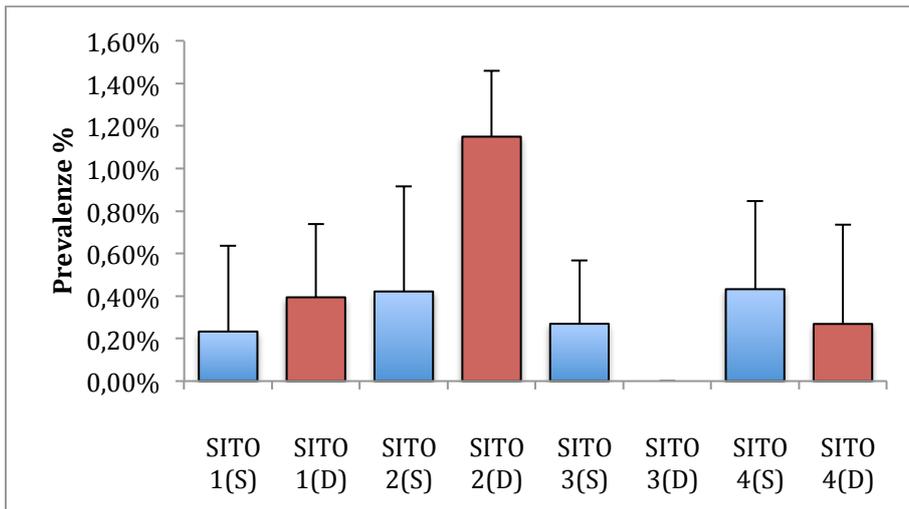


Grafico 3 – Prevalenze BrBD per profondità x sito nell’isola di Magoodhoo

Il grafico 3 mostra come la stazione “sito 2 *deep*” sia quella con la prevalenza più alta tra tutti i siti. Mostra infatti un valore superiore l’1% (1,15% ± 0,31) . Nelle altre stazioni censite le prevalenze risultano più o meno costanti, fatta eccezione della stazione “sito 3 *deep*” nella quale non è stata affatto ritrovata alcuna colonia malata. Sono stati poi calcolati i valori di prevalenza specifica del *taxon* colpito dalla *Brown band disease* calcolate come rapporto tra il numero di colonie di corallo malate appartenenti ad un particolare genere, e il numero totale di colonie osservate appartenenti a quel genere (ved tabella 7).

Tabella 7: Prevalenza totale, per profondità, per sito e per profondità x sito relativa ai singoli generi colpiti dalla BrBD sull’isola di Magoodhoo (*Acropora* e *Isopora*)

PREVALENZA TOT PER ISOLA		media d.s										
		<i>Acropora</i>	<i>Isopora</i>									
PREVALENZA TOT PROFONDITÀ		SHALLOW		DEEP								
		media d.s	media d.s	media d.s	media d.s							
PREVALENZA TOT PER SITO		SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4							
		media d.s	media d.s	media d.s	media d.s							
PREVALENZA TOT PROFONDITÀXSITO		SITO 1	SHALLOW		SITO 4	SITO 1	DEEP		SITO 3	SITO 4		
		media d.s	media d.s	media d.s	media d.s	media d.s	media d.s	media d.s	media d.s	media d.s	media d.s	media d.s
	<i>Acropora</i>	0,43% 0,74%	0,87% 1,01%	0,87% 0,92%	0,84% 0,80%	1,06% 0,93%	3,80% 1,07%	0,00% 0,00%	0,93% 1,60%			
	<i>Isopora</i>	0,00% 0,00%	0,00% 0,00%	0,00% 0,00%	0,48% 0,82%	0,00% 0,00%	0,00% 0,00%	0,00% 0,00%	0,00% 0,00%	0,00% 0,00%		

Qui a seguito è riportato un grafico illustrante i valori espressi in tabella.

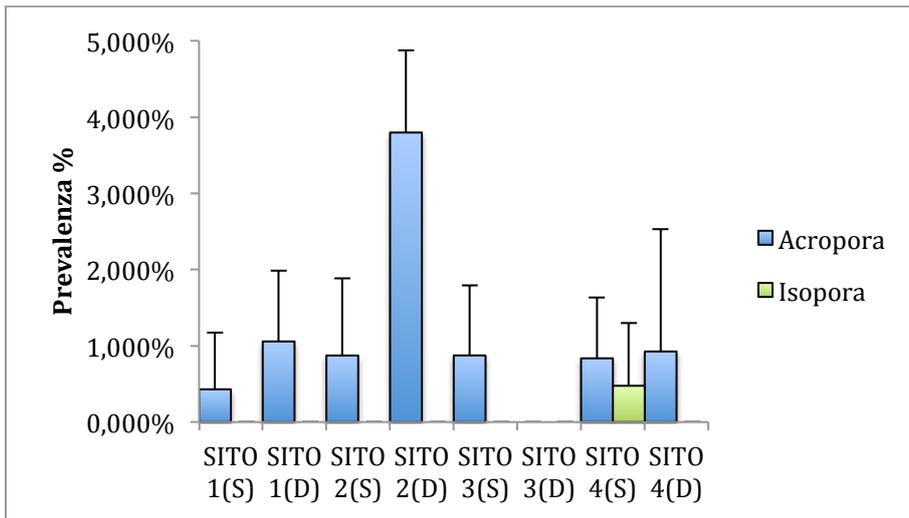


Grafico 4 – Prevalenze per profondità x sito nei generi colpiti dalla BrBD (*Acropora* e *Isopora*)

Dal grafico si evince che il genere più colpito dalla *Brown Band Disease* è l'*Acropora* con una prevalenza media totale nell'isola di $1,10\% \pm 0,84$. Il genere *Acropora* presenta colonie malate in tutti i siti e a tutte le profondità osservate, fatta eccezione della stazione "sito3 deep" dove non è stata ritrovata alcuna malattia. La prevalenza più elevata è stata riscontrata nella stazione "sito 2 deep" con valori di $3,80\% \pm 1,07$. L'*Isopora* è stata individuata colpita da BrBD in una sola stazione censita, nella quale ha una prevalenza di $0,48\% \pm 0,82$. La sua prevalenza totale sull'isola di Magoodhoo è invece di $0,06\% \pm 0,12$.

4.1.3 Analisi delle acque

L'analisi chimica delle acque nei reef di Magoodhoo ha evidenziato nella stazione "sito 2 shallow" il maggior contenuto di PO_4 che risulta compreso nel range di 0,07-0,10 mg/l. Inoltre in altre 3 stazioni (sito 1 shallow, sito 2 deep e sito 3 shallow) è stata rilevata la presenza di fosfati con valori rispettivamente di 0,02 mg/l, 0,02 mg/l e 0,01 mg/l. Per quanto riguarda il NO_3 e gli NO_2 le uniche stazioni in cui sono stati rilevati sono state rispettivamente "sito 2 shallow" (1 mg/l) e "sito 1 deep" (0,1 ppm). Dai test effettuati per rilevare ammoniaca e carico organico, tutte le stazioni hanno dato risultati non rilevabili (ved tabella 8).

Tabella 8 – risultati analisi chimica acque isola di Magoodhoo

	<u>SITO 1 S</u>	<u>SITO 1D</u>	<u>SITO 2S</u>	<u>SITO 2D</u>	<u>SITO 3S</u>	<u>SITO 3D</u>	<u>SITO 4S</u>	<u>SITO 4D</u>
<u>PO4</u>	0,02 mg/l	0,00mg/l	0,07-0,10mg/l	0,02mg/l	0,01mg/l	0,00mg/l	0,00mg/l	0,00mg/l
<u>NO3</u>	0,00mg/l	0,00mg/l	1 mg/l	0,00mg/l	0 mg/l	0,00mg/l	0,00mg/l	0,00mg/l
<u>NO2</u>	0 ppm	0,1 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm
<u>AMMONIA</u>	< 0,25 mg/l							
<u>ORGANICS</u>	very low pollution							

4.2 RISULTATI FILITHEYO

Sull'isola di Filithayo sono stati effettuati 24 transetti all'interno di 8 stazioni scelte casualmente a due profondità distinte (*shallow* e *deep*) coprendo un'area totale di 1200 m². Sono state contate in totale 9'162 colonie di sclerattinie appartenenti a 38 generi. Tra queste la *Brown Band disease* è stata riscontrata in un totale di 14 colonie all'interno di 9 transetti (37,5%) appartenenti a 7 stazioni (87,5%). La malattia è stata maggiormente ritrovata nelle stazioni *deep* (57,14%).

4.2.1 Analisi della composizione bentonica

L'indagine svolta sulle formazioni madreporiche dell'isola di Filithayo tramite *point intercept transect* ha permesso di ottenere i valori medi di ricoprimento percentuale delle macrocategorie analizzate (vedi metodo). Per quanto riguarda le macrocategorie analizzate, l'isola mostra una percentuale totale media di corallo duro del 54,58% ± 7,51, di *coral rubble* del 15,75% ± 9,14, di sabbia del 2,67% ± 1,55, di roccia del 17,33% ± 7,43, corallo morto del 4,50% ± 2,41 e infine 4,83% ± 4,87 della categoria altro. In particolare il ricoprimento percentuale di corallo duro è risultato maggiore alla profondità tra i 5 e 15 m con valori di 56,67% ± 3,35 rispetto a quello ritrovato a profondità inferiori 52,50% ± 10,43. Inoltre tale macrocategoria ha mostrato il maggior ricoprimento percentuale nella stazione "sito 4 *shallow*" (62,67% ± 5,77) e il minore nella stazione "sito 3 *shallow*" con valore percentuale di 38,00% ± 8,72. Dall'analisi dei PIT è emerso che i generi maggiormente presenti all'interno dei transetti sono risultati: *Acropora* (22,50% ± 9,44), *Porites* (8,83% ± 5,54), *Pocillopora* (7,75% ± 3,57), *Pavona* (3,17% ± 2,41), *Cyphastrea* (1,92 ± 1,15), *Psammocora* (1,83% ± 1,41), *Montipora* (1,75 ± 1,63), *Astreopora* (1,58 ± 1,63), *Leptoseris* (1,08 ± 1,28), *Leptastrea* (0,92 ± 1,00) e *Favites* (0,83% ± 0,93). Altri generi ritrovati sono: *Favia*, *Symphyllia*, *Mycedium*, *Tubastrea*, *Goniastrea*, *Pachyseris*, *Leptoria*, *Diploastrea*, *Hydnophora*, *Fungia*, *Galaxea* e *Lobophyllia* con valori percentuali inferiori allo 0,5%. I risultati sono riportati in tabella 9.

Tabella 9- Valori di ricoprimento percentuale ottenuti col PIT per sito e profondità isola Filitheyo

	SITO 1				SITO 2				SITO 3				SITO 4				TOTALE	
	SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		MEDIA TOT	D.S
	MEDIA	D.S																
Corallo duro	53,33	16,17	52,00	4,00	56,00	7,21	60,00	2,00	38,00	8,72	57,33	12,22	62,67	5,77	57,33	1,15	54,58	7,51
Roccia	14,00	12,17	32,67	6,11	10,00	11,14	12,67	4,62	22,67	4,62	19,33	2,31	12,00	8,72	15,33	4,16	17,33	7,43
Rubble	21,33	11,02	3,33	4,16	24,67	6,43	8,67	4,16	30,67	10,07	10,00	5,29	15,33	5,03	12,00	2,00	15,75	9,14
Sabbia	1,33	1,15	0,00	0,00	3,33	1,15	4,00	4,00	4,00	2,00	1,33	2,31	4,00	0,00	3,33	4,16	2,67	1,55
Corallo morto	9,33	5,03	2,67	3,06	6,00	3,46	2,67	3,06	3,33	4,16	2,67	1,15	6,00	2,00	3,33	3,06	4,50	2,41
Other	0,67	1,15	9,33	3,06	0,00	0,00	12,00	3,46	1,33	1,15	8,67	4,62	0,00	0,00	6,67	1,15	4,83	4,87
TOTALE	100,00	-																
Acropora	33,33	14,05	18,67	1,15	35,33	3,06	17,33	1,15	7,33	2,31	18,00	4,00	29,33	6,43	20,67	2,31	22,50	9,44
Porites	4,00	0,00	4,00	3,46	3,33	3,06	14,00	2,00	18,67	8,08	6,00	2,00	11,33	10,26	9,33	2,31	8,83	5,54
Pocillopora	8,00	2,00	6,67	1,15	8,00	2,00	4,67	1,15	5,33	5,03	4,00	2,00	15,33	9,02	6,00	2,00	7,25	3,57
Pavona	0,67	1,15	6,00	2,00	1,33	1,15	4,00	2,00	0,67	1,15	5,33	1,15	1,33	2,31	6,00	2,00	3,17	2,41
Cyphastrea	0,67	1,15	1,33	2,31	1,33	1,15	4,00	0,00	1,33	1,15	3,33	3,06	1,33	1,15	2,00	2,00	1,92	1,15
Psammocora	2,00	2,00	0,67	1,15	1,33	2,31	3,33	1,15	0,67	1,15	2,67	2,31	0,00	0,00	4,00	2,00	1,83	1,41
Montipora	1,33	1,15	4,00	2,00	1,33	2,31	4,00	2,00	0,00	0,00	2,67	2,31	0,67	1,15	0,00	0,00	1,75	1,63
Astreopora	0,67	1,15	2,67	3,06	3,33	5,77	2,00	2,00	0,00	0,00	4,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,58	1,63
Leptoseris	0,00	0,00	3,33	2,31	0,00	0,00	1,33	1,15	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	1,08	1,28
Leptastrea	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	2,67	3,06	1,33	2,31	0,67	1,15	0,92	1,00
Favites	0,00	0,00	1,33	1,15	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	1,33	1,15	0,83	0,93
Favia	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,67	1,15	0,00	0,00	1,33	2,31	0,42	0,50
Symphyllia	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,67	1,15	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,36
Micedium	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,94
Tubastrea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	3,46	0,00	0,00	0,67	1,15	0,33	0,71
Goniastrea	1,33	2,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50
Pachyseris	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,25	0,35
Leptoria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	2,31	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,25	0,50
Diploastrea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	3,46	0,25	0,71
Hydnophora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,17	0,31
Fungia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24
Galaxea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,08	0,24
Lobophyllia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24
Roccia	14,00	12,17	32,67	6,11	10,00	11,14	12,67	4,62	22,67	4,62	19,33	2,31	12,00	8,72	15,33	4,16	17,33	7,43
Rubble	21,33	11,02	3,33	4,16	24,67	6,43	8,67	4,16	30,67	10,07	10,00	5,29	15,33	5,03	12,00	2,00	15,75	9,14
Sabbia	1,33	1,15	0,00	0,00	3,33	1,15	4,00	4,00	4,00	2,00	1,33	2,31	4,00	0,00	3,33	4,16	2,67	1,55
Corallo morto	9,33	5,03	2,67	3,06	6,00	3,46	2,67	3,06	3,33	4,16	2,67	1,15	6,00	2,00	3,33	3,06	4,50	2,41
Other	0,67	1,15	9,33	3,06	0,00	0,00	12,00	3,46	1,33	1,15	8,67	4,62	0,00	0,00	6,67	1,15	4,83	4,87
TOTALE	100,00	-																

4.2.2 Prevalenza *Brown Band Disease*

Delle 9'162 colonie di sclerattine contate nei *reefs* di Filitheyo il 29,43% appartiene al genere *Acropora*, il 12,62% al genere *Pocillopora*, il 11,89% al genere *Porites*, *Pavona* 11,85%, *Psammocora* 7,57%. I restanti generi mostrano abbondanze relative al di sotto del 3% (ved. tabella 10).

Tabella 10 - Numero totale di colonie contate e valori di densità medi per m² dei generi osservati

	NUM. COLONIE	DENS. PER M²	ABB. REL.
<u>Acropora</u>	2696	2,247	29,43%
<u>Pocillopora</u>	1156	0,963	12,62%
<u>Porites</u>	1089	0,908	11,89%
<u>Pavona</u>	1086	0,905	11,85%
<u>Psammocora</u>	694	0,578	7,57%
<u>Cyphastrea</u>	230	0,192	2,51%
<u>Favites</u>	222	0,185	2,42%
<u>Astreopora</u>	208	0,173	2,27%
<u>Leptastrea</u>	205	0,171	2,24%
<u>Montipora</u>	181	0,151	1,98%
<u>Favia</u>	179	0,149	1,95%
<u>Leptoseris</u>	150	0,125	1,64%
<u>Goniastrea</u>	125	0,104	1,36%
<u>Tubastrea</u>	118	0,098	1,29%
<u>Galaxea</u>	109	0,091	1,19%
<u>Pachiseris</u>	95	0,079	1,04%
<u>Leptoria</u>	87	0,073	0,95%
<u>Fungia</u>	86	0,072	0,94%
<u>Lobophyllia</u>	86	0,072	0,94%
<u>Hydnophora</u>	69	0,058	0,75%
<u>Diploastrea</u>	58	0,048	0,63%
<u>Micedium</u>	48	0,040	0,52%
<u>Platygira</u>	32	0,027	0,35%
<u>Pectina</u>	28	0,023	0,31%
<u>Turbinaria</u>	26	0,022	0,28%
<u>Synphyllia</u>	24	0,020	0,26%
<u>Goniopora</u>	18	0,015	0,20%
<u>Echinopora</u>	16	0,013	0,17%
<u>Caulastrea</u>	9	0,008	0,10%
<u>Gardineroseris</u>	7	0,006	0,08%
<u>Alveopora</u>	7	0,006	0,08%
<u>Isopora</u>	6	0,005	0,07%
<u>Halomitra</u>	5	0,004	0,05%
<u>Herpolitha</u>	3	0,003	0,03%
<u>Scolymia</u>	1	0,001	0,01%
<u>Trachyphyllia</u>	1	0,001	0,01%
<u>Euphyllia</u>	1	0,001	0,01%
<u>Physogyra</u>	1	0,001	0,01%

All'interno dell'area censita sono state inoltre contate le colonie di madrepora che riportavano i segnali macroscopici della *Brown Band Disease*. Su quest'isola sono state ritrovate 14 colonie colpite da tale patologia appartenenti tutte al genere *Acropora*. La prevalenza media della malattia, registrata per l'isola è di $0,17\% \pm 0,13$. La prevalenza media della BrBD a livello di profondità, è risultata maggiore nelle stazioni *deep* ($0,18\% \pm 0,15$) rispetto a quelle *shallow* ($0,15\% \pm 0,13$) (Grafico 5). Per quanto riguarda i siti analizzati, i valori massimi sono stati riscontrati nel sito 1 ($0,29\% \pm 0,08$) e i minimi nel sito 3 ($0,06\% \pm 0,09$) (Tabella 11).

Tabella 11 - Prevalenza BrBD totale, per profondità, per sito e per profondità x sito nell'isola di Filitheyo

PREVALENZA TOTALE BrBD PER ISOLA	0,17% ±0,13							
PREVALENZA TOTALE PROFONDITA'	SHALLOW 0,15% ±0,13	DEEP 0,18% ±0,15						
PREVALENZA TOTALE BrBD PER SITO	SITO 1 0,29% ±0,08	SITO 2 0,11% ±0,05	SITO 3 0,06% ±0,09	SITO 4 0,22% ±0,21				
PREVALENZA TOT PROFONDITÀXSITO	SITO 1 0,34% ±0,35	SITO 2 0,07% ±0,13	SHALLOW SITO 3 0,12% ±0,21	SITO 4 0,07% ±0,14	SITO 1 0,23% ±0,40	DEEP SITO 2 0,14% ±0,25	SITO 3 0% ±0,00	SITO 4 0,37% ±0,32

A seguito vengono riportati i grafici illustranti i valori di prevalenza riportati in tabella.

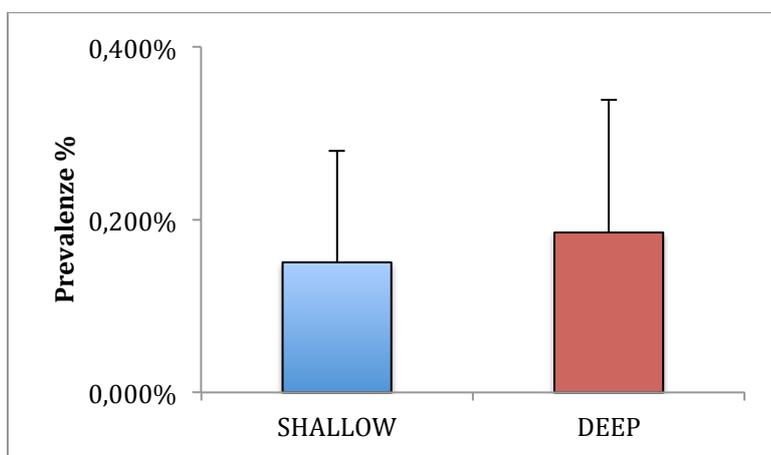


Grafico 5 - Prevalenze BrBD per profondità isola di Filitheyo

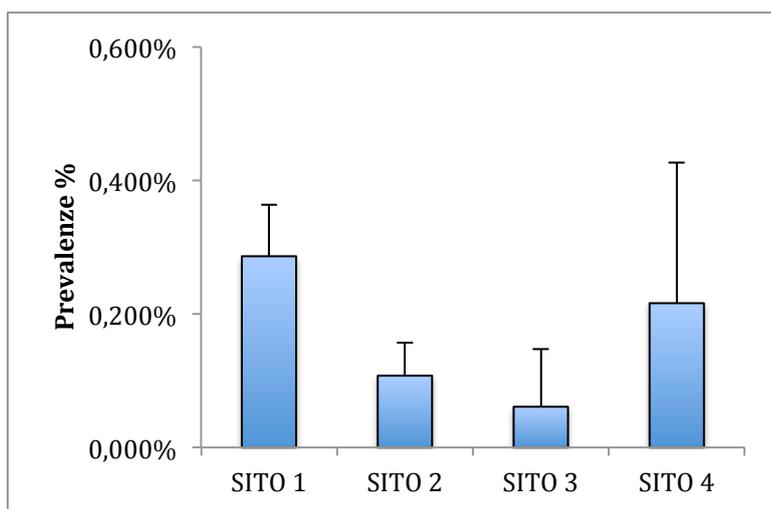


Grafico 6 – Prevalenze BrBD in ognuno dei 4 siti censiti a Filitheyo

Dal grafico è evidente come le prevalenze più elevate si siano riscontrate nel sito 1 con valori di $0,29\% \pm 0,08$. Segue il sito 4 ($0,22\% \pm 0,21$), il sito 2 ($0,11\% \pm 0,05$) e in ultimo il sito 3 con $0,06\% \pm 0,09$.

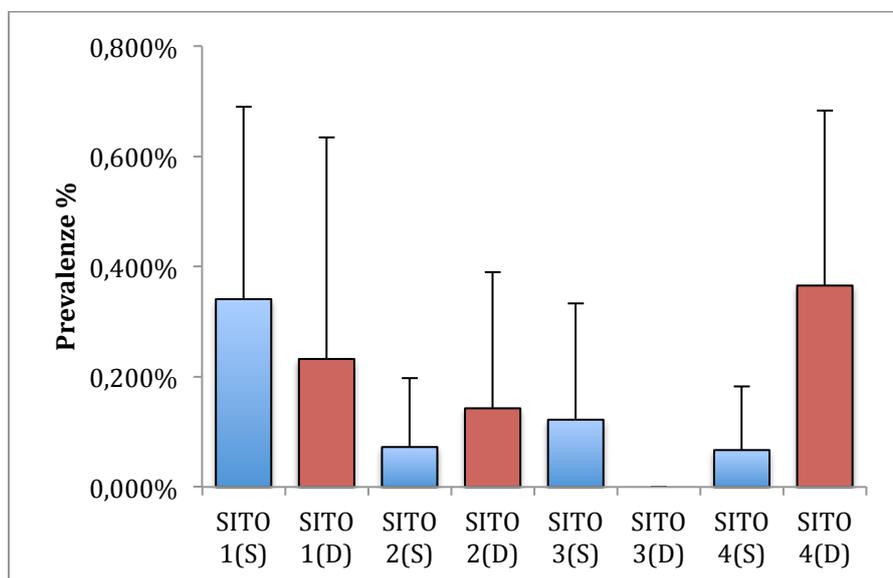


Grafico 7 – Prevalenze BrBD per profondità x sito nell'isola di Filitheyo

Il grafico 7 mostra come la stazione “sito 4 deep” sia quella con la prevalenza maggiore $0,37\% \pm 0,32$. Valori molto prossimi sono presenti nella stazione “sito 1 shallow” di $0,34\% \pm 0,35$. La stazione meno colpita è invece la stazione “sito 3 deep” dove non è stata affatto ritrovata alcuna colonia malata. Sono stati poi calcolati i valori di prevalenza specifica del *taxon* colpito dalla *Brown Band Disease* calcolate come rapporto tra il numero di colonie di corallo malate appartenenti ad un particolare genere, e il numero totale di colonie osservate appartenenti a quel genere (ved. tabella 12).

Tabella 12: Prevalenza totale, per profondità, per sito e per profondità x sito relativa ai singoli generi colpiti dalla BrBD sull'isola di Filitheyo (*Acropora*)

PREVALENZA TOT PER ISOLA	Acropora	media 0,75% ± 0,75							
PREVALENZA TOT PROFONDITÀ	Acropora	SHALLOW media 0,42% ± 0,36	DEEP media 1,08% ± 0,95						
PREVALENZA TOT PER SITO	Acropora	SITO 1 media 1,38% ± 0,66	SITO 2 media 0,36% ± 0,30	SITO 3 media 0,22% ± 0,31	SITO 4 media 1,03% ± 1,23				
PREVALENZA TOT PROFONDITÀXSITO	Acropora	SITO 1 media 0,92% ± 0,93	SITO 2 media 0,14% ± 0,25	SHALLOW SITO 3 media 0,44% ± 0,77	SITO 4 media 0,16% ± 0,28	SITO 1 media 1,85% ± 3,21	SITO 2 media 0,57% ± 0,99	SITO 3 media 0% ± 0,00	DEEP SITO 4 media 1,90% ± 1,65

Qui a seguito è riportato un grafico illustrante i valori espressi in tabella.

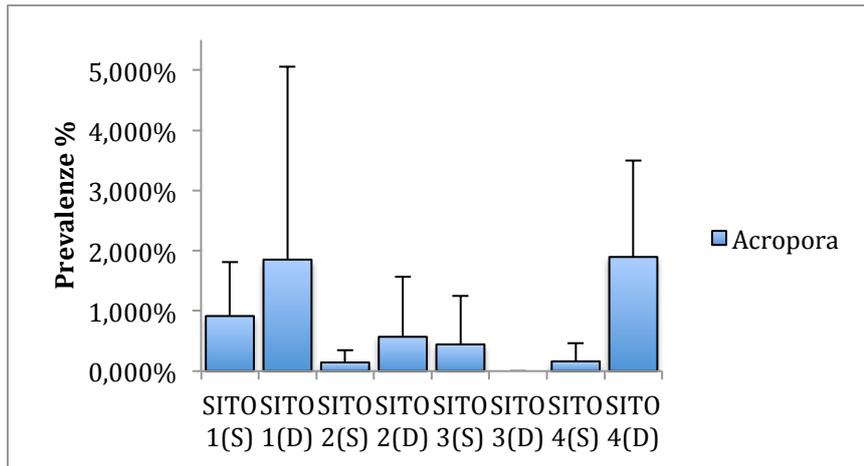


Grafico 8 – Prevalenze per profondità x sito nel genere *Acropora*, l’unico colpito dalla BrBD

Dal grafico si evince che l’unico genere colpito dalla *Brown Band Disease* è l’*Acropora* con una prevalenza media nell’isola di $0,75\% \pm 0,75$, che presenta segni evidenti della malattia in tutti i siti e a tutte le profondità osservate fatta eccezione della stazione “sito 3 deep” dove però non è stata ritrovata. La stazione con la più elevata prevalenza della malattia è “ sito 4 deep” con valori di $1,90\% \pm 1,65$.

4.2.3 Analisi delle acque

L’analisi chimica delle acque nei reef di Filithayo ha evidenziato che solamente i nitriti della stazione “sito 3 shallow” sono presenti in concentrazione rilevabile dai test utilizzati (0,1 ppm). Fosfati, nitrati, ammoniaca e carico organico, al contrario non hanno raggiunto livelli tali da essere rilevati dai test in alcuna delle stazioni analizzate. (Tabella 13).

Tabella 13– risultati analisi chimica acque isola di Filithayo

	<u>SITO 1 S</u>	<u>SITO 1 D</u>	<u>SITO 2 S</u>	<u>SITO 2 D</u>	<u>SITO 3 S</u>	<u>SITO 3 D</u>	<u>SITO 4 S</u>	<u>SITO 4 D</u>
<u>PO4</u>	0,00mg/l							
<u>NO3</u>	0,00mg/l							
<u>NO2</u>	0,1 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0,1 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm
<u>AMMONIA</u>	< 0,25 mg/l							
<u>ORGANICS</u>	very low pollution							

4.3 RISULTATI ADANGAU

Sull'isola di Adangau sono stati effettuati 24 transetti all'interno di 8 stazioni scelte casualmente a due profondità distinte (*shallow* e *deep*) coprendo un'area totale di 1200 m². Sono state contate un totale di 11'915 colonie di sclerattinie appartenenti a 36 generi. Tra queste la *Brown Band disease* è stata riscontrata in un totale di 28 colonie all'interno di 14 transetti (50%) appartenenti a 7 stazioni (87,5%). La malattia è stata maggiormente ritrovata nelle stazioni *deep* (64,28%).

4.3.1 Analisi della composizione bentonica

L'indagine svolta sulle formazioni madreporiche dell'isola di Adangau tramite *point intercept transect* ha permesso di calcolare i valori medi di ricoprimento percentuale delle macrocategorie indagate prese in considerazione (ved Metodo). Per quanto riguarda le macrocategorie indagate, Adangau presenta una percentuale totale media del 58,58% ± 15,37 di corallo duro, 19,25% ± 14,29 di rubble, 3,17% ± 4,60 di sabbia, 7,25% ± 7,07 di roccia, 8,00% ± 4,17 corallo morto e infine 3,75% ± 2,91 della categoria altro. In particolare il ricoprimento percentuale di corallo duro è risultato maggiore alla profondità tra i 0 e i 5 m con valori di 68,67% ± 9,90 rispetto a 48,50% ± 4,76 ritrovato a profondità maggiori. Inoltre tale macrocategoria ha mostrato il maggior ricoprimento nella stazione "sito 2 *shallow*" (78,67% ± 9,45) e il minore nella stazione "sito 1 *deep*" con valore percentuale di 42,67% ± 20,03. Dall'analisi dei PIT è emerso che i generi maggiormente presenti all'interno dei transetti sono risultati: *Acropora* (33,00% ± 9,14), *Pocillopora* (6,00% ± 1,75), *Porites* (5,67% ± 1,98), *Pavona* (2,67% ± 2,02), *Psammococora* (2,33% ± 1,55), *Montipora* (1,17% ± 1,17), *Leptastrea* (1,08% ± 1,47), *Isopora* (0,92 ± 2,34), *Favites* (0,83% ± 0,085). Altri generi ritrovati sono: *Fungia*, *Galaxea*, *Diploastrea*, *Astreopora*, *Leptoseris*, *Herpolitha*, *Goniastrea*, *Favia*, *Symphyllia*, *Lobophyllia*, *Halomitra*, *Hydnophora*, *Cyphastra*, *Echinopora*, *Pectina*, *Gardineroseris*, *Leptoria* e *Tubastrea* con valori percentuali inferiori allo 0,5%. I risultati sono riportati in tabella 14.

Tabella 14- Valori di ricoprimento percentuale ottenuti col PIT per sito e profondità isola Adangau

	SITO 1				SITO 2				SITO 3				SITO 4				TOTALE	
	SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		MEDIA TOT	D.S
	MEDIA	D.S																
Corallo duro	75,33	1,15	42,67	20,03	78,67	9,45	50,00	9,17	58,00	10,39	54,00	12,49	62,67	5,03	47,33	9,45	58,58	15,37
Roccia	8,00	3,46	2,67	2,31	5,33	3,06	8,00	3,46	16,67	17,01	4,67	1,15	8,67	4,16	4,00	5,29	7,25	7,07
Rubble	2,67	2,31	40,00	19,08	5,33	9,24	23,33	5,77	13,33	3,06	24,00	4,00	14,00	4,00	31,33	9,87	19,25	14,29
Sabbia	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	7,33	7,57	0,00	0,00	6,67	3,06	2,00	2,00	7,33	7,02	3,17	4,60
Corallo morto	12,00	3,46	8,67	4,62	8,67	1,15	6,67	3,06	9,33	7,02	5,33	4,16	8,67	4,62	4,67	3,06	8,00	4,17
Other	2,00	2,00	4,00	2,00	2,00	0,00	4,67	3,06	3,33	3,06	4,67	6,43	4,00	2,00	5,33	3,06	3,75	2,91
TOTALE	100,00	-																
Acropora	50,00	4,00	22,67	7,57	40,00	4,00	28,00	9,17	30,67	7,02	25,33	6,43	38,67	4,16	28,67	5,03	33,00	9,14
Pocillopora	6,67	2,31	7,33	5,77	7,33	2,31	2,67	1,15	7,33	2,31	6,00	2,00	6,67	2,31	4,00	3,46	6,00	1,75
Porites	4,00	2,00	5,33	3,06	8,00	2,00	5,33	2,31	9,33	4,16	5,33	6,11	4,00	5,29	4,00	0,00	5,67	1,98
Pavona	0,67	1,15	0,00	0,00	5,33	4,16	3,33	4,16	4,00	3,46	2,67	2,31	4,67	3,06	0,67	1,15	2,67	2,02
Psammocora	2,00	2,00	2,00	3,46	1,33	1,15	4,00	5,29	0,00	0,00	3,33	3,06	1,33	2,31	4,67	3,06	2,33	1,55
Montipora	0,00	0,00	2,67	4,62	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	2,31	0,67	1,15	2,00	2,00	2,67	3,06	1,17	1,17
Leptastrea	3,33	3,06	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	1,33	1,15	0,00	0,00	3,33	1,15	0,00	0,00	1,08	1,47
Isopora	0,00	0,00	0,00	0,00	6,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	2,34
Favites	0,67	1,15	1,33	1,15	0,67	1,15	0,67	1,15	0,00	0,00	2,67	4,62	0,67	1,15	0,00	0,00	0,83	0,85
Fungia	2,67	1,15	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,07
Galaxea	2,67	3,06	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	1,33	2,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,94
Diploastrea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	4,00	6,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	1,40
Astropora	0,67	1,15	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	2,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,78
Leptoseris	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	1,33	2,31	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	1,33	1,15	0,50	0,59
Herpolitha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	2,31	0,00	0,00	1,33	2,31	0,00	0,00	0,67	1,15	0,42	0,61
Goniastrea	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,35
Favia	0,67	1,15	0,00	0,00	1,33	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50
Symphyllia	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,25	0,35
Lobophyllia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,35
Halomitra	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,71
Hydnophora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,17	0,31
Cyphastrea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,31
Echinopora	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24
Pectina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24
Gardineroseris	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24
Leptoria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24
Tubastrea	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24
Roccia	8,00	3,46	2,67	2,31	5,33	3,06	8,00	3,46	16,67	17,01	4,67	1,15	8,67	4,16	4,00	5,29	6,17	7,07
Rubble	2,67	2,31	40,00	19,08	5,33	9,24	23,33	5,77	13,33	3,06	24,00	4,00	14,00	4,00	31,33	9,87	13,43	14,29
Sabbia	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	7,33	7,57	0,00	0,00	6,67	3,06	2,00	2,00	7,33	7,02	2,66	4,60
Corallo morto	12,00	3,46	8,67	4,62	8,67	1,15	6,67	3,06	9,33	7,02	5,33	4,16	8,67	4,62	4,67	3,06	6,14	4,17
Other	2,00	2,00	4,00	2,00	2,00	0,00	4,67	3,06	3,33	3,06	4,67	6,43	4,00	2,00	5,33	3,06	3,24	2,91
TOTALE	100,00	-																

4.3.2 Prevalenza *Brown Band Disease*

Delle 9'162 colonie di sclerattine contate nei reefs di Adangau, il 38,72% appartiene al genere *Acropora*, il 16,55% al genere *Pavona*, il 9,99% al genere *Porites*, *Pocillopora* 6,71%, *Psammocora* 6,08%. I restanti generi mostrano abbondanze relative al di sotto dell'1% (ved. tabella 15).

Tabella 15 - Numero totale di colonie contate e valori di densità medi per m² dei generi osservati

	NUM. COLONIE	DENS. PER M ²	ABB. REL.
<u>Acropora</u>	4614	3,845	38,72%
<u>Pavona</u>	1972	1,643	16,55%
<u>Porites</u>	1190	0,992	9,99%
<u>Pocillopora</u>	799	0,666	6,71%
<u>Psammocora</u>	724	0,603	6,08%
<u>Echinopora</u>	44	0,037	0,37%
<u>Astreopora</u>	60	0,050	0,50%
<u>Goniastrea</u>	157	0,131	1,32%
<u>Favia</u>	63	0,053	0,53%
<u>Favites</u>	314	0,262	2,64%
<u>Fungia</u>	379	0,316	3,18%
<u>Turbinaria</u>	3	0,003	0,03%
<u>Herpolitha</u>	70	0,058	0,59%
<u>Pectina</u>	13	0,011	0,11%
<u>Hydnophora</u>	74	0,062	0,62%
<u>Galaxea</u>	102	0,085	0,86%
<u>Isopora</u>	267	0,223	2,24%
<u>Synphyllia</u>	29	0,024	0,24%
<u>Lobophyllia</u>	65	0,054	0,55%
<u>Leptoseris</u>	91	0,076	0,76%
<u>Pachiseris</u>	38	0,032	0,32%
<u>Cyphastrea</u>	207	0,173	1,74%
<u>Gardineroseris</u>	54	0,045	0,45%
<u>Goniopora</u>	5	0,004	0,04%
<u>Leptastrea</u>	267	0,223	2,24%
<u>Leptoria</u>	8	0,007	0,07%
<u>Platygyra</u>	28	0,023	0,23%
<u>Diploastrea</u>	59	0,049	0,50%
<u>Halomitra</u>	1	0,001	0,01%
<u>Acanthastrea</u>	3	0,003	0,03%
<u>Micedium</u>	1	0,001	0,01%
<u>Merulina</u>	2	0,002	0,02%
<u>Montipora</u>	175	0,146	1,47%
<u>Tubastrea</u>	28	0,023	0,23%
<u>Euphyllia</u>	6	0,005	0,05%
<u>Physogyra</u>	3	0,003	0,03%

All'interno dell'area censita sono state inoltre contate le colonie di madrepora che riportavano i segnali macroscopici della *Brown Band Disease*. Su quest'isola, sono state ritrovate 28 colonie colpite da tale patologia appartenenti tutte al genere *Acropora*. La prevalenza media della malattia, registrata per l'isola è di 0,30% ± 0,27. La prevalenza media della BrBD a livello di profondità, è risultata maggiore nelle stazioni *deep* (0,48% ± 0,27) rispetto a quelle *shallow* (0,12% ± 0,10)(Grafico 9). Per quanto riguarda i siti analizzati, i valori massimi sono stati riscontrati nel sito 3 (0,47% ± 0,54) e i minimi nel sito 2 (0,20% ± 0,28) (Tabella 16).

Tabella 16 - Prevalenza BrBD totale, per profondità, per sito e per profondità x sito nell'isola di Adangau

PREVALENZA TOTALE BrBD PER ISOLA	0,30% ±0,27							
PREVALENZA TOTALE PROFONDITA'	SHALLOW 0,12% ±0,10	DEEP 0,48% ±0,27						
PREVALENZA TOTALE BrBD PER SITO	SITO 1 0,22% ±0,01	SITO 2 0,20% ±0,28	SITO 3 0,47% ±0,54	SITO 4 0,31% ±0,18				
PREVALENZA TOT PROFONDITÀXSITO	SITO 1 0,22% ±0,07	SITO 2 0% ±0,00	SHALLOW SITO 3 0,09% ±0,15	SITO 4 0,19% ±0,18	SITO 1 0,23% ±0,39	DEEP SITO 2 0,39% ±0,53	SITO 3 0,86% ±0,54	SITO 4 0,44% ±0,41

A seguito vengono riportati i grafici illustranti i valori di prevalenza riportati in tabella.

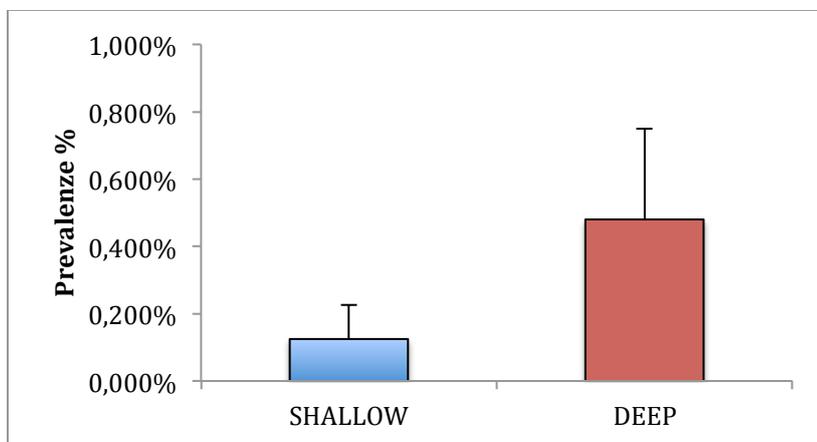


Grafico 9 - Prevalenze BrBD per profondità isola di Adangau

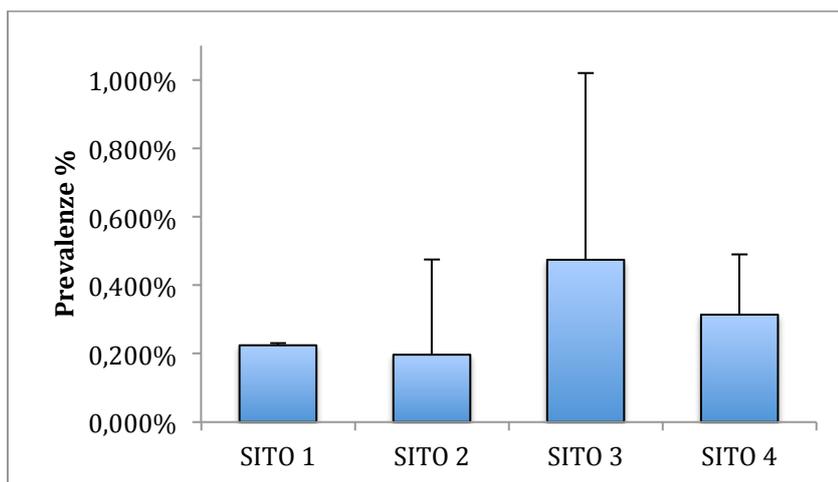


Grafico 10 – Prevalenze BrBD in ognuno dei 4 siti censiti a Adangau

Dal grafico 10 è evidente come le prevalenze più elevate si siano riscontrate nel sito 3 con valori di $0,47\% \pm 0,54$. Segue il sito 4 ($0,31\% \pm 0,18$), il sito 1 ($0,22\% \pm 0,01$) e in ultimo il sito 2 con $0,20\% \pm 0,28$.

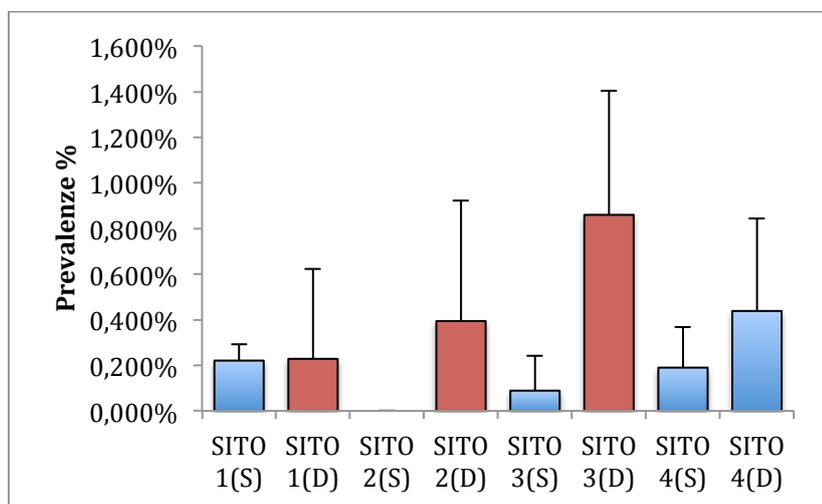


Grafico 11 – Prevalenze BrBD per profondità x sito nell'isola di Adangau

Il grafico 11 mostra come la stazione “sito 3 *deep*” sia quella con la prevalenza più alta tra tutti i siti, con valori di $0,86\% \pm 0,54$. La stazione meno colpita è invece “sito 2 *shallow*” dove non è stata affatto ritrovata alcuna colonia malata, ma anche la stazione “sito 3 *shallow*” mostra valori molto bassi ($0,09\% \pm 0,15$). Sono stati poi calcolati i valori di prevalenza specifica del *taxon* colpito dalla *Brown band disease* calcolate come rapporto tra il numero di colonie di corallo malate appartenenti ad un particolare genere, e il numero totale di colonie osservate appartenenti a quel genere (ved tabella 17).

Tabella 17: Prevalenza totale, per profondità, per sito e per profondità x sito relativa ai singoli generi colpiti dalla BrBD sull'isola di Adangau (*Acropora*)

PREVALENZA TOT PER ISOLA	Acropora	media 0,93% ±0,94							
PREVALENZA TOT PROFONDITÀ	Acropora	SHALLOW media 0,32% ±0,27	DEEP media 0,99% ±0,99						
PREVALENZA TOT PER SITO	Acropora	SITO 1 media 0,70% ±0,21	SITO 2 media 0,56% ±0,78	SITO 3 media 1,61% ±1,99	SITO 4 media 0,86% ±0,47				
PREVALENZA TOT PROFONDITÀXSITO	Acropora	SITO 1 media 0,55% ±0,12	SITO 2 media 0% ±0,00	SHALLOW SITO 3 media 0,20% ±0,34	SITO 4 media 0,53% ±0,50	SITO 1 media 0,84% ±1,46	SITO 2 media 1,11% ±1,53	SITO 3 media 3,02% ±1,85	DEEP SITO 4 media 1,20% ±1,04

Qui a seguito è riportato un grafico illustrante i valori espressi in tabella.

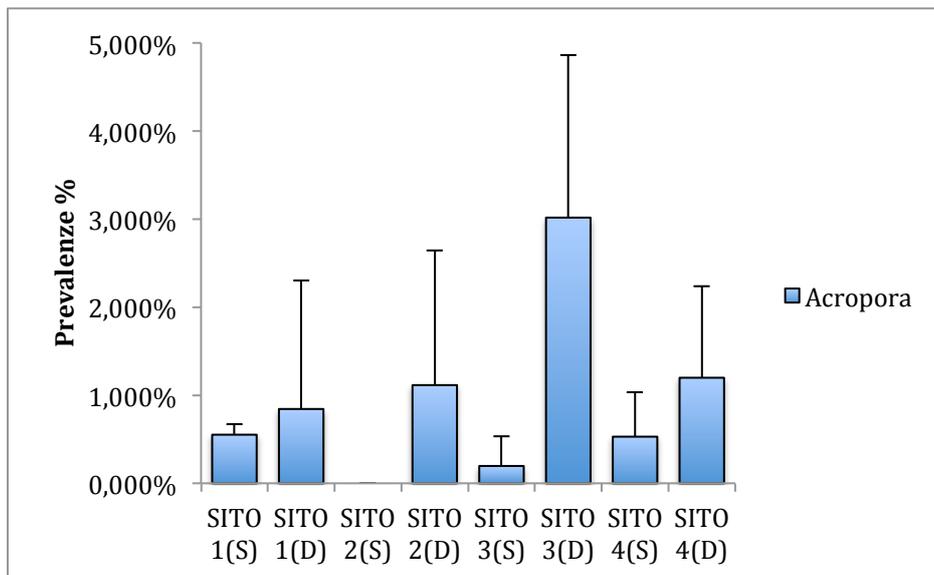


Grafico 12 – Prevalenze per profondità x sito nel genere *Acropora*, l'unico colpito dalla BrBD

Dal grafico 12 si evince che l'unico genere colpito dalla *Brown Band Disease* è l'*Acropora* con una prevalenza media nell'isola di $0,93\% \pm 0,94$, che presenta segni evidenti della malattia in tutti i siti e a tutte le profondità osservate fatta eccezione della stazione "sito 2 shallow" dove però non è stata ritrovata alcuna malattia. La stazione con la più elevata prevalenza della malattia è "sito3 deep" con valori di $3,02\% \pm 1,85$.

4.3.3 Analisi delle acque

L'analisi chimica delle acque nei reef di Adangau ha evidenziato che solamente i nitriti della stazione "sito 1 shallow" e "sito 3 shallow" sono presenti in concentrazione rilevabile dai test utilizzati (0,1 ppm). Fosfati, nitrati, ammoniaca e carico organico, al contrario, in nessuna delle stazioni analizzate su quest'isola hanno raggiunto livelli tali da essere rilevati dai test (ved tabella 18).

Tabella 18 – risultati analisi chimica acque isola di Adangau

	SITO 1 S	SITO 1D	SITO 2S	SITO 2D	SITO 3S	SITO 3D	SITO 4S	SITO 4D
PO4	0,00mg/l							
NO3	0,00mg/l							
NO2	0,1 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0,1 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm
AMMONIA	< 0,25 mg/l							
ORGANICS	very low pollution							

4.4 CONFRONTO TRA ISOLE

Effettuando dei confronti circa l'analisi della componente bentonica dei reef di Magoodhoo, Filitheyo e Adangau, è emerso come il maggior ricoprimento percentuale di corallo duro tra le isole sia piuttosto simile, con valori di $58,58\% \pm 15,37$ ad Adangau, segue Magoodhoo con $58,42\% \pm 10,26$ e in ultimo Filitheyo con $54,58\% \pm 7,51$. Valutando inoltre le differenze di tale macrocategoria in base alla profondità si è potuto constatare che Adangau presenta il maggior ricoprimento di sclerattinie tra i 0 e i 5 metri con valori di $68,67\% \pm 9,90$ e il minore invece sull'isola di Filitheyo con un ricoprimento di $52,50\% \pm 10,43$. Per quanto concerne invece il range tra i 5 e i 15 m il valore massimo di copertura percentuale è stato ottenuto a Magoodhoo ($62,33\% \pm 12,32$) e il minore invece ad Adangau ($48,50\% \pm 4,76$).

Il genere *Acropora* si è rivelato il più abbondante in tutte le isole censite con valori di abbondanza relativa di $38,72\%$ ad Adangau, $37,13\%$ a Magoodhoo e $29,43\%$ a Filitheyo. Per quanto riguarda la *Brown Band Disease*, l'isola maggiormente colpita è Magoodhoo (Grafico 13).

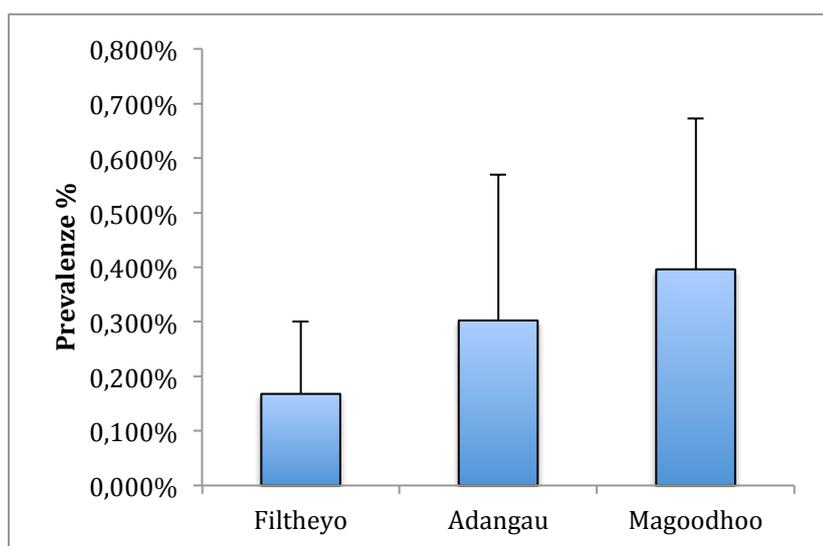


Grafico 13 – Confronto prevalenze BrBD tra isole

Dal grafico 13 si può infatti notare come la prevalenza maggiore si sia riscontrata a Magoodhoo con valori di $0,40\% \pm 0,28$. Situazione intermedia si ha ad Adangau con $0,30\% \pm 0,27$ e invece i valori più bassi si hanno a Filitheyo ($0,17\% \pm 0,13$). Per valutare se le differenze osservate circa la prevalenza della *Brown Band Disease* fossero significative ci si è avvaluti dell'ausilio di diversi test statistici. Per quanto concerne le differenze tra le prevalenze totali della BrBD tra isole campionate si è utilizzato il test Kruskal-Wallis. Questo si è rivelato non significativo con valori di $p=0,131$ (per $p<0,05$).

È stata inoltre effettuata un' analisi multivariata, mediante nMDS, per indagare se esistesse una dissimilarità tra la prevalenza della *Brown Band Disease* nelle tre isole censite.

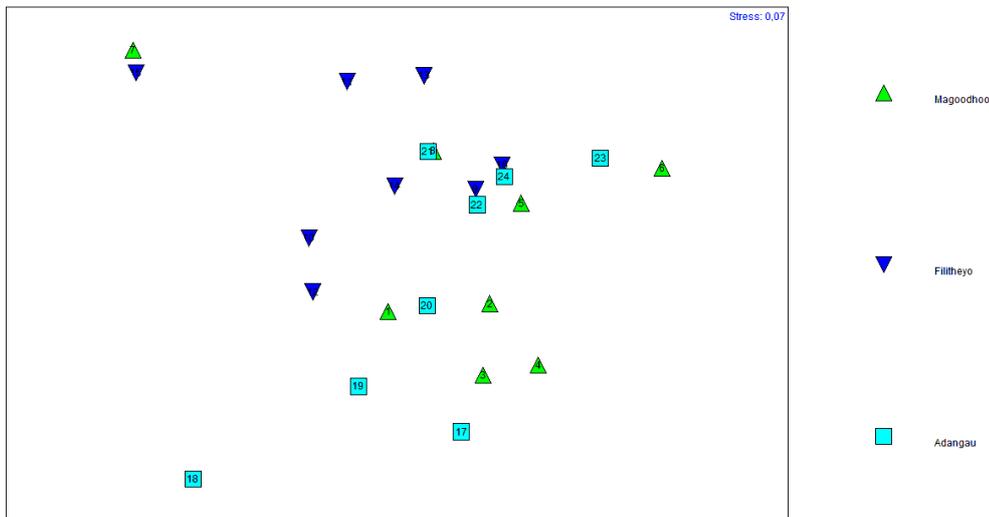


Grafico 14 – nMDS illustrante la similarità tra le stazioni censite sulle tre isole

Così come l'analisi univariata, anche l'analisi multivariata conferma non vi sia dissimilarità tra le prevalenze della BrBD all'interno delle stazioni censite. Si osserva infatti una similarità tra le stazioni campionate senza però alcun evidente raggruppamento delle stesse per ciascun isola (ved grafico 14).

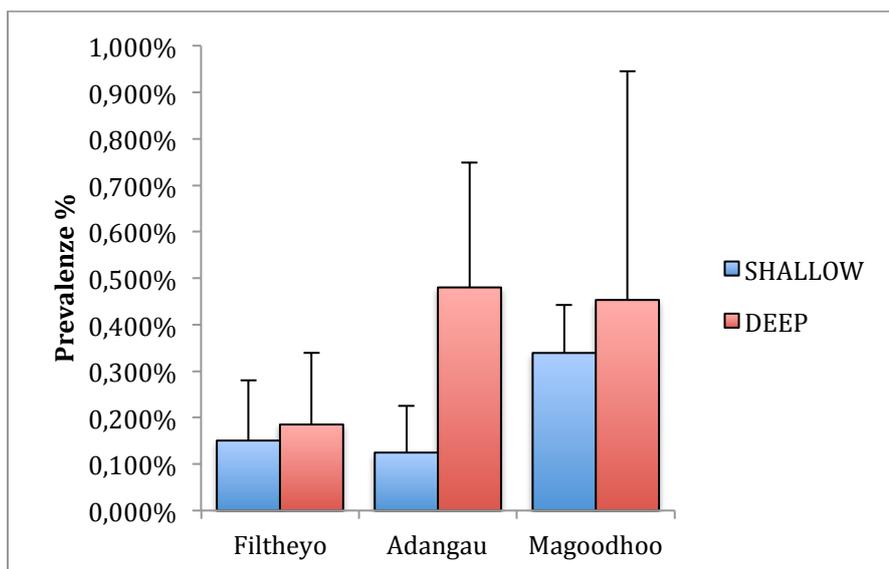


Grafico 15 – Confronto prevalenze BrBD per isola e per profondità

Se si va a valutare invece come varia la prevalenza della patologia in base alla diversa profondità sulle isole osservate, si nota come la malattia raggiunga i valori massimi nei fondali di Adangau tra

i 5 e 15 m con valori di $0,48\% \pm 0,27$, superiori anche a quelli presenti sull'isola di Magoodhoo alla stessa profondità ($0,45\% \pm 0,49$). Seguono i siti *shallow* di Magoodhoo con prevalenze di $0,34\% \pm 0,10$, i siti *deep* di Filitheyo ($0,18\% \pm 0,15$) e in ultimo Filitheyo *shallow* e Adangau *deep* (Grafico 15). Effettuando dei confronti singoli tra le due profondità censite per ciascuna isola, utilizzando il test di Mann-Whitney, si è potuto riscontrare che Magoodhoo e Filitheyo non presentano differenze significative ($p=0,886$ Magoodhoo e $p=0,686$ Filitheyo) mentre nei *reef* di Adangau la prevalenza media della *Brown Band* è risultata significativamente differente tra le due profondità indagate con valori di $p=0,029$ (per $p<0,05$).

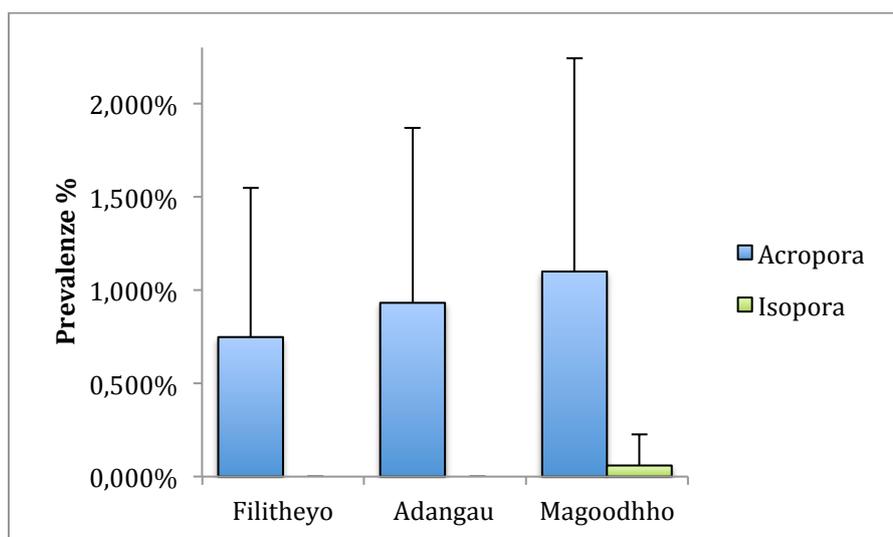


Grafico 16 – Prevalenze BrBD per isola, relative ai soli generi colpiti

Analizzando i generi ospiti della *Brown Band Disease* è stato possibile osservare come il bersaglio principale della patologia sia il genere *Acropora*. Questa è stata ritrovata malata su tutte le isole. La maggior prevalenza della *Brown Band disease* è stata osservata a Magoodhoo, con valori di $1,10\% \pm 1,14$. Seguono Adangau con $0,93\% \pm 0,94$ e in ultimo Filitheyo ($0,75\% \pm 0,80$). Nei *reef* di Magoodhoo è risultata malata anche l'*Isopora* con prevalenze di $0,06\% \pm 0,17$ (Grafico 16).

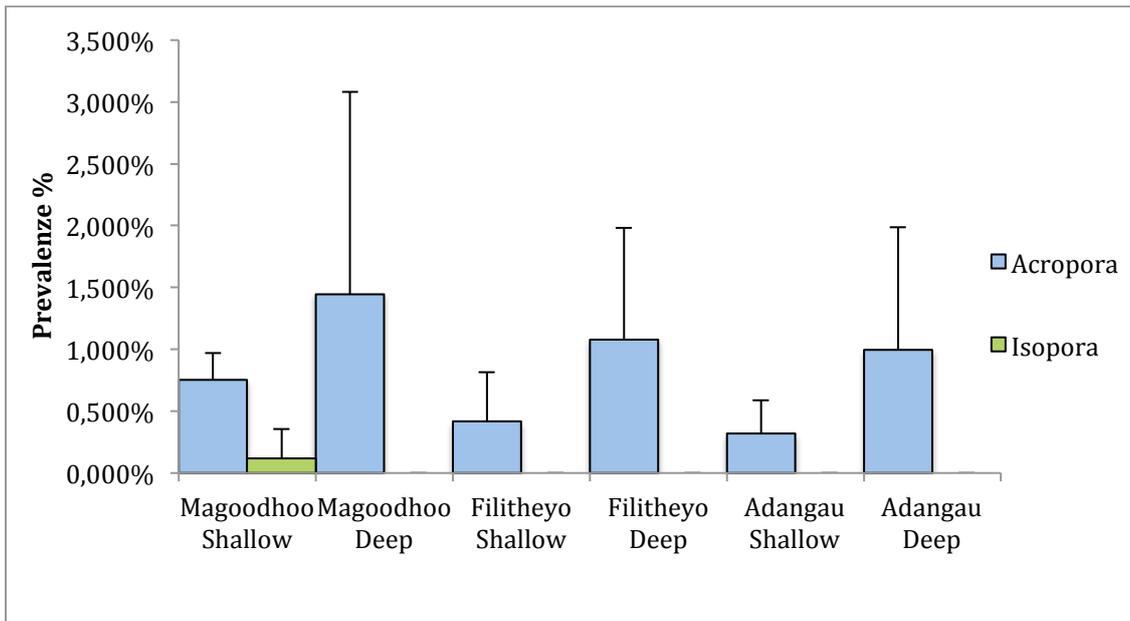


Grafico 17 – Prevalenze BrBD per isola e profondità relative ai soli generi colpiti

Dal grafico 17 si può notare come il genere *Acropora* sia stato ritrovato infestato dalla malattia su tutte le isole e a tutte le profondità indagate. Oltre ad esso, solamente nei reef di Magoodhoo alla profondità tra i 0 e i 5 m (*shallow*) è stata ritrovata la patologia anche sul genere *Isopora* (0,12% ± 0,24).

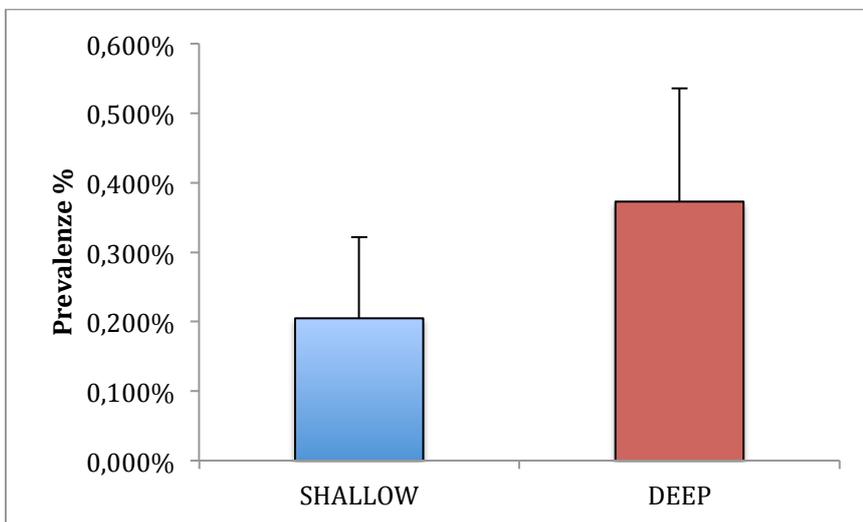


Grafico 18 - Prevalenze totali rapportate alle profondità

Dal grafico 18, in ultimo, si evince che la *Brown Band Disease* mostri le maggiori prevalenze a profondità più elevate, quindi tra i 5 e i 15 metri (0,37% ± 0,16) rispetto ai siti *shallow* che presentano invece valori inferiori (0,20% ± 0,12). Per analizzare se questi confronti fossero significativamente differenti, si è utilizzato il test di Mann-Whitney. Questo ha rivelato come non ci

sia una differenza significatività tra i valori medi delle prevalenze tra le due profondità indagate $p=0,219$ (per $p < 0,05$).

È stata inoltre effettuata un'analisi multivariata, mediante nMDS, per indagare la distribuzione della *Brown Band Disease* nelle profondità censite.

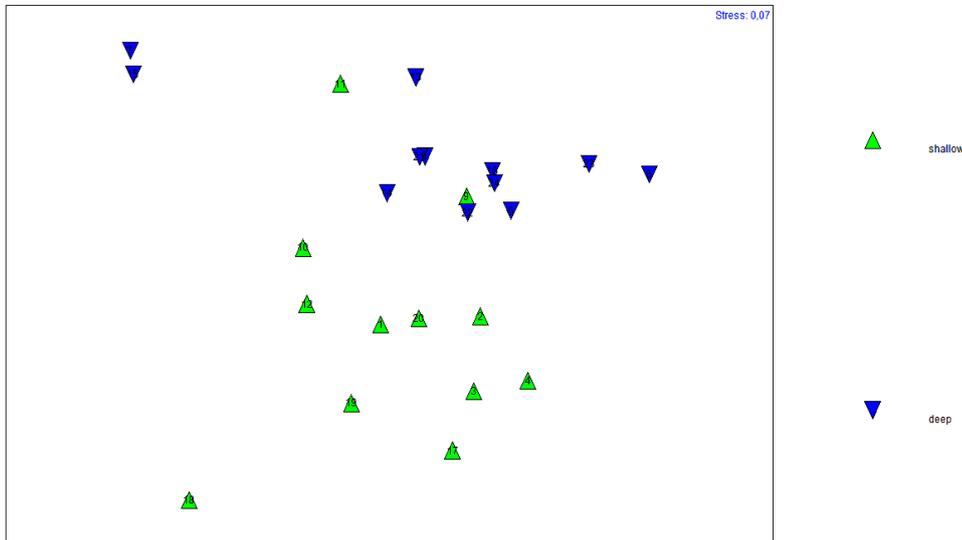


Grafico 19 - nMDS illustrante la similarità tra le profondità indagate

Nonostante l'analisi univariata abbia mostrato come non vi siano differenze significative, l'analisi multivariata mostra in questo caso l'esistenza di una leggera dissimilarità tra le prevalenze della *Brown Band Disease* ritrovate nelle stazioni *shallow* e nelle stazioni *deep*.

Sono state inoltre effettuate analisi per cercare possibili correlazioni tra la prevalenza della BrBD e densità e/o ricoprimento percentuale di corallo duro.

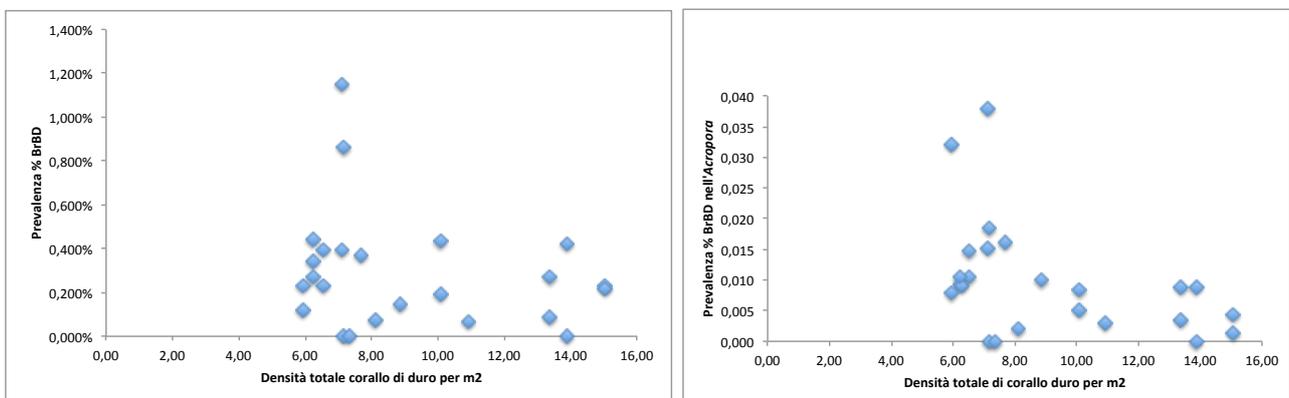


Grafico 20 – a) Scatterplot con densità coralli per m^2 correlata alla prevalenza percentuale totale BrBD b) Scatterplot con densità coralli per m^2 correlata alla prevalenza percentuale di BrBD sul genere *Acropora*

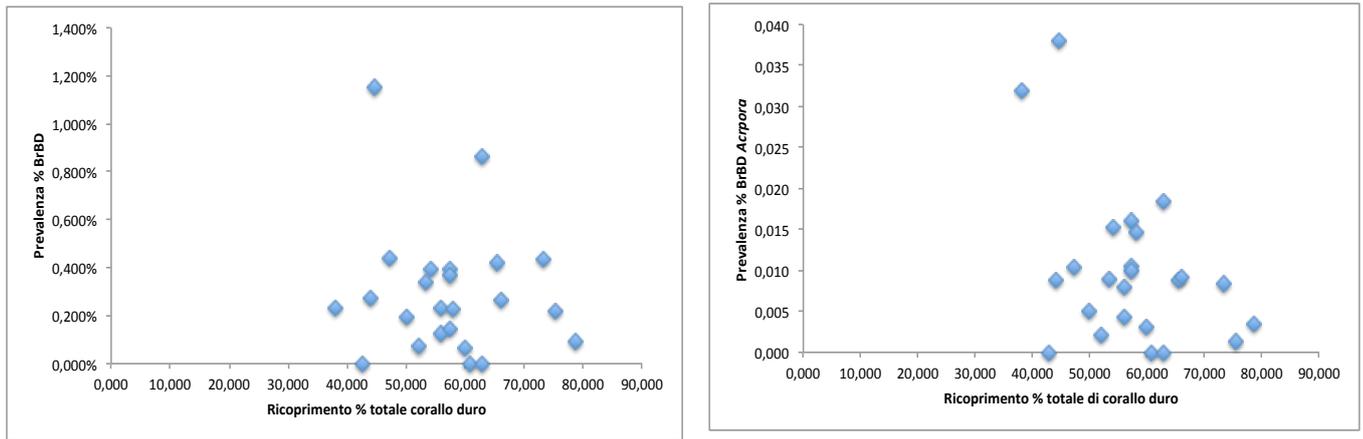


Grafico 21 – a) Scatterplot con ricoprimento percentuale di corallo duro correlato alla prevalenza percentuale totale BrBD b) Scatterplot con ricoprimento percentuale di corallo duro correlato alla prevalenza percentuale di BrBD sul genere *Acropora*

Per quanto concerne le correlazioni tra densità di coralli e/o ricoprimento percentuale di questi con la prevalenza della patologia è stato utilizzato il coefficiente di correlazione Spearman rho. Dal grafico 20 si evince come non si sia osservata alcuna correlazione significativa tra la densità totale di corallo e la prevalenza percentuale della *Brown Band Disease* (spearman's rho $\rho = -0,243$ $p > 0,05$) (fig. 20a). Al contrario una correlazione negativa si è osservata tra la densità totale di corallo duro e la prevalenza totale di BrBD sul genere *Acropora* (Spearman 's rho $\rho = -0,533$, $p < 0,01$) (fig 20b). Dal grafico 21 si evince come non esistano correlazioni di alcun tipo tra il ricoprimento percentuale di corallo duro con la prevalenza percentuale totale di BrBD Spearman rho ($\rho = -0,078$ $p > 0,05$) (fig. 21a). La stessa cosa si osserva tra il ricoprimento percentuale di corallo duro e la prevalenza percentuale di BrBD sul genere *Acropora* ($\rho = -0,207$ $p > 0,05$) (fig 21b).

4.5 DRUPELLA E BROWN BAND DISEASE

Per quanto concerne l'analisi della presenza della *Drupella sp.* sulle madrepore colpite dalla *Brown Band Disease*, nel complesso delle tre le isole indagate, si è potuto notare come sul totale di 77 colonie malate, 38 di queste erano caratterizzate dalla presenza del mollusco gasteropode. In particolare a Magoodhoo, *Drupella* è stata ritrovata in un totale di 19 colonie all'interno di 10 transetti (41,67%) appartenenti a 6 stazioni (75%). A Filithayo invece è presente su 6 colonie all'interno di 5 transetti (20,83%) appartenenti a 4 stazioni (50%). In ultimo ad Adangau il gasteropode è stato riscontrato su 13 colonie all'interno di 9 transetti (37,5%) appartenenti a 6 stazioni (75%). Calcolando quindi la prevalenza percentuale media della presenza della *Drupella* rapportata al totale delle colonie colpite dalle *Brown Band Disease* si sono ottenuti i valori di

30,56% ± 40,13 per Magoodhoo, 12,50% ± 26,58 per Filitheyo e 24,72% ± 36,14 per Adangau (ved Grafico 22).

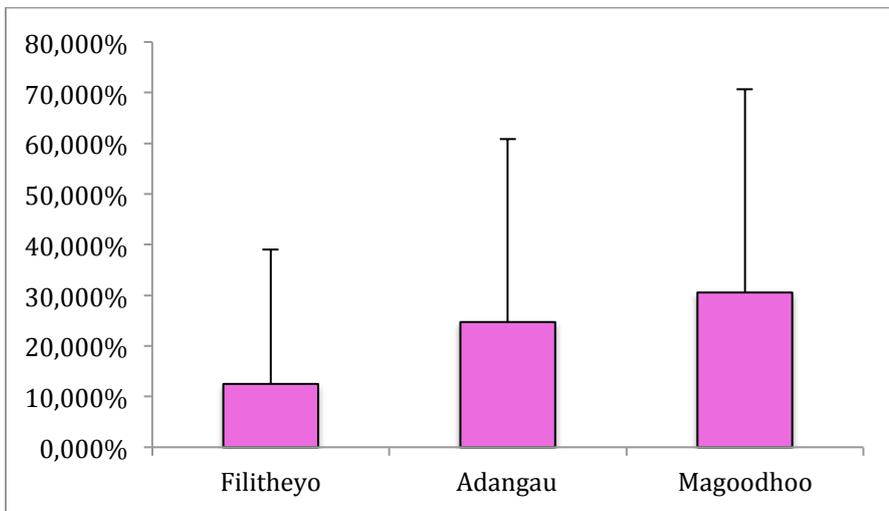


Grafico 22 – Prevalenza delle colonie malate che presentano *Drupella* nelle tre isole

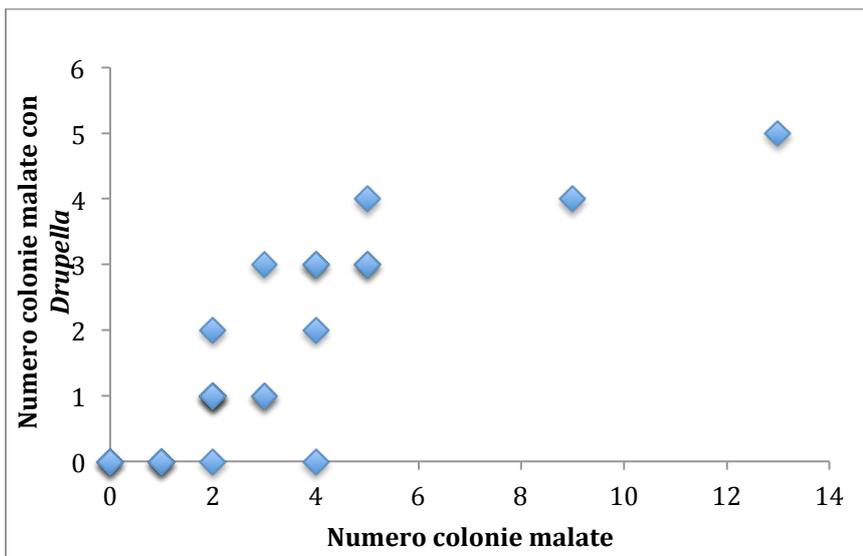


Grafico 23 – Scatterplot con correlazione tra numero di colonie malate. e numero di colonie malate con presenza di *Drupella sp*

Dal grafico si può notare come esista una correlazione positiva tra la prevalenza della *Brown Band Disease* e la presenza del gasteropode *Drupella sp*. (Spearman rho $\rho=0,854$ $p<0,01$).

5. DISCUSSIONE

Questo studio, svolto nel periodo compreso tra Novembre 2013 e Dicembre 2013, ci ha permesso di acquisire alcune nuove informazioni riguardanti una malattia dei coralli conosciuta con il termine di *Brown Band Disease*. Tale malattia, diffusa ormai in quasi tutto l'Indo-Pacifico (Raymundo *et al.* 2005; Myers & Raymundo, 2009; Willis *et al.* 2004), è risaputo attualmente essere in grado di infestare anche le formazioni madreporiche presenti nell'Atollo di Faafu, Repubblica delle Maldive. Come noto da letteratura le malattie delle sclerattinie sono aumentate notevolmente negli ultimi 20 anni (Rosenberg & Ben-Haim, 2002; Harvell *et al.* 2007, 2009). Tale incremento sta determinando il depauperamento dei sistemi corallini attraverso danni diretti sia alle colonie, che alle comunità biologiche associate (Hoegh-Golberg & Salvat, 1995). A causa di questo declino le malattie destano sempre maggior interesse in un campo che prima era pressochè inesplorato. Questa patologia è stata scoperta la prima volta nel 2004 nella Great Barrier Reef (Willis *et al.* 2004) mentre la sua presenza nei *reefs* maldiviani risale solamente al 2010 (Montano *et al.* 2012). Questo studio si prefigge quindi l'obiettivo di ampliare le informazioni già possedute inerenti a prevalenza, distribuzione e *host range* di questa malattia nell'Arcipelago delle Maldive, e di verificare l'esistenza di differenze nei livelli di tale patologia su tre isole con differenti livelli di impatto antropico.

5.1 CARATTERIZZAZIONE DEI REEFS

I dati inerenti le tre isole campionate rivelano la presenza di un'elevata copertura di corallo duro. Ciò potrebbe indicare come gli effetti dei cambiamenti climatici, che hanno dato luogo a eventi catastrofici come il *coral bleaching* o a tsunami, non avrebbero danneggiato irreparabilmente queste formazioni. È utile ricordare però che la mancanza di dati storici ci rende impossibile fare confronti con situazioni che precedono tali fenomeni. (McClanahan, 2000). Non è quindi possibile sapere se le formazioni madreporiche dei *reefs* dell'atollo di Faafu siano state anch'esse colpite dal fenomeno di *bleaching* del 1998. Studi effettuati su un'altra isola maldiviana nell'atollo di Lhaviyani, Komandoo, mostrano come nonostante un'elevata mortalità di corallo (circa il 95%) dopo El Niño del 1998 (Schuhmacher *et al.* 2005), nel periodo compreso dal 2000 al 2004, un notevole aumento del numero di colonie di coralli ha determinato il recupero pressoché completo delle formazioni coralline presenti (Schuhmacher *et al.* 2005). Questo indirettamente può suggerire che o le scogliere madreporiche dell'Atollo di Faafu non siano state direttamente colpite dal fenomeno di *coral bleaching* oppure che, a seguito dell'evento di sbiancamento abbiano poi presentato una ripresa molto rapida simile a quella dell'isola di Komandoo. Per quanto concerne il ricoprimento

percentuale di sclerattinie, è stato inoltre possibile notare come le tre isole presentino valori molto simili tra loro. Questi oscillano, infatti, tra i 58% e 54%. Si possono tuttavia riscontrare differenze relative alle profondità indagate, infatti Adangau è l'unica isola che presenta ricoprimenti percentuali molto elevati a profondità minori con valori che raggiungono perfino i 78,67% in un singolo sito indagato, ed una media di 68,67%. Le altre due isole censite mostrano invece un maggior ricoprimento di sclerattinie nel range tra i 5 e i 15 metri, rispettivamente 62,33% a Magoodhoo e 56,67% a Filithayo. Questo può essere rappresentativo del fatto che le formazioni madreporiche più superficiali di queste ultime due isole, siano soggette a maggior disturbo ad opera dell'attività umana. In particolare a Magoodhoo i principali danni meccanici possono essere da imputare all'attività di pesca e al transito di imbarcazioni per il sostentamento dei locali. A Filithayo invece il turismo e una balneazione irresponsabile potrebbero provocare accidentalmente lesioni e rotture alle sclerattinie rallentando i ritmi di crescita delle madrepori, aggiungendo un ulteriore fattore di stress ai *reefs* (Cole *et al.* 2012). I coralli, infatti, se danneggiati devono reindirizzare l'energia in processi di difesa e di guarigione (Gochfeld, 2004) che ne possono andare a diminuire la biomassa, il tasso riproduttivo (Cole *et al.* 2012) e le capacità competitive (Cox, 1986). Alla minor copertura di corallo corrisponde, infatti, un elevato ricoprimento percentuale di *rubble* nelle acque superficiali delle due isole, rispettivamente di 14,50% a Magoodhoo e 23% a Filithayo. È comunque opportuno dire che questo potrebbe essere dovuto ad andamenti naturali non imputabili all'azione umana. Adangau invece essendo un'isola deserta non presenta un altrettanto elevato ricoprimento percentuale di *rubble* nelle stazioni *shallow*, poichè non sottoposta alla continua azione distruttiva dell'uomo. In generale sono state contate sulle tre isole censite un totale di 40 generi di sclerattinie. Tra queste il genere *Acropora* risulta essere la componente predominante. Questa può presentare morfologia di tipo ramificato, digitato e tabulare ma in generale quella più comune è la crescita di tipo ramificato. Questa situazione è tipica di ambienti lagunari caratterizzati da basso idrodinamismo, un'elevata intensità luminosa ed elevata sedimentazione (Introduzione alla paleontologia). Gli altri generi predominanti sono *Pavona*, *Porites*, *Pocillopora* e *Psammocora*.

5.2 BROWN BAND DISEASE

Nel presente studio, sono state ritrovate colonie di madrepori colpite dalla BrBD su tutte le tre isole campionate appartenenti tutte all'atollo di Faafu. Considerando che questo studio rappresenta una prima valutazione e che i siti di campionamento sono stati selezionati in modo del tutto casuale rispetto alle caratteristiche ambientali ed ecologiche, i risultati potrebbero suggerire

che la *Brown Band Disease* sia ben distribuita in tutto l'Atollo di Faafu. Da un punto di vista quantitativo, l'indagine rivela una bassissima prevalenza media globale di BrBD (0,29%). Tale valore che è comunque coerente con la bassa prevalenza generale di BrBD già segnalata dal precedente studio effettuato nell'arcipelago delle Maldive da Montano nel 2012 (Montano, 2012). I valori ottenuti sono però in contrasto con gli studi effettuati negli altri *reefs* indopacifici dove la malattia è stata ritrovata nella maggior parte dei casi con prevalenze superiori (Willis *et al.* 2004; Myers & Raymundo, 2009; Haapkylä *et al.* 2010; Weil *et al.* 2012). Queste oscillano infatti tra i 0,31% osservati da Willis e coautori nel 2004 (Willis *et al.* 2004), fino a prevalenze di 3,29% osservati da Haapkylä e coautori nel 2010 (Haapkylä *et al.* 2010), entrambi effettuati nella Great Barrier Reef. Per quanto concerne i generi, la *Brown Band Disease* è stata riscontrata prevalentemente sul genere *Acropora* come già stato riportato in altri studi (Willis *et al.* 2004; Haapkylä *et al.* 2010). Il fatto che la BrBD sembri infestare prevalentemente il genere *Acropora*, potrebbe comunque indicare una maggior predisposizione alla malattia di questo genere, ma anche un'elevata resistenza al patogeno di tutti gli altri generi di sclerattinie. Questa situazione potrebbe essere drammatica nel caso si assistesse ad un aumento di prevalenza repentino della *Brown Band Disease*. Infatti essendo il genere *Acropora* la componente bentonica predominante dei *reefs* maldiviani, un aumento nella prevalenza della BrBD potrebbe comportare un calo nella sua abbondanza, portando nei casi più gravi a cambiamenti di dominanza dei *reefs* e a conseguenze profonde anche per quanto concerne le comunità biologiche ad esse associate (Aronson *et al.* 2002). Questo sottolineerebbe quindi la necessità di continui monitoraggi della malattia e delle malattie che, allo stesso modo, hanno come principale ospite organismi appartenenti al genere *Acropora*. Oltretutto questa caratteristica rappresenta comunque una situazione atipica, in quanto, solitamente, le patologie hanno un host range molto più ampio come nel caso della *Skeleton Eroding Band* che è stata registrata infestare circa 26 generi di Sclerattinie (Antonius *et Lipscomb*, 2001) o della *Black Band Disease* che solo alle Maldive colpisce 13 generi di coralli duri (Montano *et al.* 2013). La BrBD è stata ritrovata in media sul totale delle *Acropore*, con una prevalenza del 0,93%, valore che si discosta dalle informazioni preliminari già possedute dallo studio antecedente che registra prevalenze del 0,37% (Montano, 2012). A tal proposito è utile ricordare che sebbene durante il periodo di campionamento non siano stati ritrovati eventi epizootici, non si deve comunque sottovalutare che questa malattia ha un tasso di progressione sui rami del corallo estremamente rapidi (Nash, 2003; Willis *et al.* 2004). Il tasso di perdita del tessuto sulle colonie di *Acropora* è stato registrato oscillare dai 0,3 fino ai 9 cm per giorno suggerendo che la progressione di questa malattia può essere largamente variabile e estremamente rapida in alcuni casi (Nash, 2003). Altri studi condotti, comunque, registrano prevalenze

percentuali della BrBD per il genere *Acropora* molto più elevati di quelli riscontrati in questa area. In generale, avendo testato inoltre le correlazioni tra la densità di coralli e la prevalenza della malattia è stato possibile notare come non esistano correlazioni significative tra la densità totale dei coralli e la prevalenza totale della BrBD. Si è riscontrata invece una correlazione negativa tra la densità totale di sclerattinie e la prevalenza percentuale della *Brown Band* sul genere *Acropora*. Questo implica quindi che laddove le densità di corallo siano inferiori, lì la *Brown* ha raggiunto prevalenze maggiori. Tutto ciò potrebbe essere spiegabile con la differente taglia dei coralli: non si può infatti escludere che le densità minori di coralli si trovino in zone dove le *Acropora*, in particolare, raggiungano dimensioni elevate. Questo implica che le madrepore, essendo più grandi, abbiano maggior probabilità di venir a contatto tra loro, fattore che quindi favorirebbe la trasmissione della *Brown Band Disease* (Nicolet *et al.* 2013) e quindi un correlato aumento di prevalenza della stessa. Un'ulteriore differenza osservata riguarda la diversa prevalenza della malattia correlata alla struttura morfologica dello scheletro del corallo duro dove in generale sembra che la tipologia di crescita più colpita sia quella di tipo ramificato. In ultimo pare chiaro come i patogeni abbiano maggior successo su quei coralli le cui capacità di immunodifesa sono già state compromesse (Harvel & Jordán-Dahlgren, 2007), quindi su madrepore sottoposte a fattori stressanti o già danneggiate meccanicamente. Evidenze hanno infatti dimostrato come la maggior prevalenza delle malattie e la principale insorgenza di queste avvenga a seguito di eventi di coral bleaching (Bruno *et al.* 2007).

5.2.1 Considerazioni a livello di isole

La *Brown Band Disease* è stata ritrovata su tutte tre le isole censite nell'Atollo di Faafu: Magoodhoo, l'isola abitata da una popolazione locale, Filitheyo l'isola adibita ad uso turistico con un resort e Adangau, l'isola deserta. L'obiettivo che si prefiggeva questo studio era valutare se la prevalenza della malattia variasse con il diverso utilizzo delle isole, se quindi fosse maggiore con l'aumentare della popolazione residente e quindi al correlato impatto della stessa sull'ambiente. Questa ricerca è stata eseguita poiché numerosi studi dimostrano come con il degrado della qualità ambientale causata dall'uomo, corrisponda una maggior insorgenza delle malattie dei coralli (Peters, 1993; Bruckner *et al.* 1997; Goreau *et al.* 1998; Kim & Richardson, 2002; Bruno *et al.* 2003; Voss & Richardson, 2006), immissione di materia organica (Kuntz *et al.* 2005; Kline *et al.* 2006; Baker *et al.* 2007), effluenti fognari (Kaczmarzky *et al.* 2005; Bruno *et al.* 2007) sono indicati come fattori che concorrono alla comparsa di patologie. Anche se il degrado della qualità dell'acqua viene considerato un fattore fondamentale per quanto riguarda le malattie che colpiscono le

sclerattinie, pochi studi hanno dimostrato se esistono correlazioni positive tra l'insorgenza di patologie e l'aumentato livello di nutrienti (Bruno *et al.* 2003; Voss & Richardson, 2006). Nel caso corrente, questa ipotesi non ha trovato realizzazione. L'isola che ha mostrato la più alta prevalenza della BrBD è stata Magoodhoo, l'isola abitata da locali con valori di 0,40%. Questo dato potrebbe non essere sorprendente se si considerano le non eccellenti condizioni di salute dei *reefs* circondanti l'isola di Magoodhoo, registrate nel 2010 (Montano, 2012). Filitheyo invece, l'isola del resort, è stata quella che ha rivelato la minor prevalenza della malattia (0,17%). Un fattore che potrebbe concorrere alle basse prevalenze della *Brown Band Disease* osservate a Filitheyo, può essere imputato all'alto capitale investito per il mantenimento in salute dei *reef* che circondano l'isola. A tal fine, infatti, è stata istituita un'area marina protetta nella zona antistante l'isola dove quindi è vietato alcun tipo di pesca o qualsiasi attività che potrebbe minare la salute del *reef*. Inoltre la presenza di depuratori e il divieto assoluto di sversamento di rifiuti tossici in mare, potrebbero essere tutti microfattori che concorrerebbero a una scarsa prevalenza della malattia in questa zona. Al contrario, invece, sia a Magoodhoo che ad Adangau è molto frequente ritrovare pescatori che sia con piccole barche, sia con attrezzature più specializzate, pescano nelle zone che circondano l'isola. Questo potrebbe avere ripercussioni indirette sulle scogliere madreporiche in quanto, la diminuzione della fauna potrebbe avvantaggiare la presenza di alghe poiché competitivamente superiori, e minare quindi la presenza e la salute del *reef* (Miller, 1998; McCook, 1999, McCook *et al.* 2011). L'analisi statistica di questi dati però non mostra esista una differenza significativa tra l'impatto e la prevalenza della patologia sulle tre isole censite. A supporto di ciò oltre ai campionamenti visivi sono state affiancate analisi delle acque che andavano a valutare fosfati, nitrati, nitriti, ammoniaca e carichi organici, per testare se effettivamente l'impatto antropico andasse a determinare dei cambiamenti tangibili nei parametri chimico-fisici delle acque, comportando un maggiore stress alle sclerattinie. Questi test si sono rivelati omogenei su tutte le tre isole, presentando valori in media non rilevabili per tutte le componenti analizzate. Questo quindi ci induce alla conclusione che in generale le diverse prevalenze delle malattie sulle tre isole dell'atollo di Faafu non siano da imputare a un diverso utilizzo delle isole e ad un suo correlato aumento del carico organico nelle acque circostanti, quanto piuttosto a normali oscillazioni casuali della patologia stessa o a diversi accorgimenti che l'uomo ha nei confronti delle tre isole censite.

5.2.2. Considerazioni a livello di siti e profondità

Confrontando i valori di prevalenza ottenuti nei diversi siti, alle due profondità indagate, è stato possibile notare come la *Brown Band Disease* presenti, in tutti i casi, la maggior prevalenza nel range di profondità compreso tra i 5 e i 15 m. Mentre per Magoodhoo e Filithayo i valori per quanto differenti, non mostravano significatività tra le due profondità indagate, la differenza tra le profondità *shallow* e *deep* di Adangau oltre a essere estremamente marcata, si è anche rivelata significativa per il test di Mann-Whitney. Questo potrebbe essere dovuto al variare di parametri abiotici tra e due profondità come ad esempio una diversa irradiazione solare, una differente salinità, o dovuta a parametri biotici come la competizione con altri organismi o a predazione. Possiamo inoltre supporre che questa significatività osservata ad Adangau possa essere da imputare al fatto che, come osservato precedentemente, esiste una correlazione negativa tra la densità totale di corallo duro e la prevalenza percentuale totale delle malattie sul genere *Acropora*. Cioè la densità totale di corallo duro, è minore a maggiori profondità, laddove infatti la prevalenza della Brown Band, in questo caso è significativa. Tutti questi fattori sono aspetti incerti circa la dinamica della patologia, che quindi a maggiori profondità sembrerebbe essere favorita, o a causa dell'indebolimento dell'ospite o a causa dell'avvantaggiamento dei patogeni. Per quanto riguarda i siti analizzati, questi sono stati scelti in modo casuale intorno alle isole campionate e in generale non mostrano differenze riguardo l'insorgenza della malattia. La bassa differenza osservata tra i siti può essere spiegata dal fatto che tutti i campionamenti sono stati effettuati in periodo compreso tra il 1 novembre e il 1 dicembre, le cui temperature si aggirano costantemente intorno ai 29,5 °C, con escursioni massime di 1 °C, e i siti trovandosi nella medesima area sono probabilmente soggetti alle stesse condizioni meteo marine e di esposizione a stress ambientali. I valori di prevalenza rimangono infatti in tutti i casi inferiori all'1% avvalorando l'ipotesi della non differenza tra i siti analizzati e confermando quindi che le differenze osservate sono molto più correlate a variazioni naturali delle malattie. Un caso particolare però si è osservato a Magoodhoo dove il massimo valore di prevalenza è stato riscontrato nel sito 2 dove, in totale, ha una prevalenza di *Brown Band Disease* di 0,79% e in particolare di 1,15% nella stazione 2 *deep*. Questi valori si pensa siano così elevati poiché il sito scelto per i campionamenti corrisponde alla zona antistante il piccolo porto dell'isola dove quindi passano più volte al giorno piccole imbarcazioni. Questo sito è stato anche l'unico ad aver registrato valori di fosfati e nitrati più alti rispetto alle zone adiacenti, cosa che potrebbe dare conferma alla teoria della maggior prevalenza delle malattie quando presenti condizioni ambientali alterate.

5.3 DRUPELLA E BROWN BAND DISEASE

Analizzando la presenza del gasteropode *Drupella sp.* in prossimità delle colonie già affette dalla *Brown Band Disease*, è stato possibile notare in conclusione come esista una notevole correlazione positiva tra la prevalenza della patologia e la presenza del mollusco gasteropode corallivoro. Tale risultato è quindi in accordo con quelli ottenuti dagli esperimenti condotti in laboratorio da Nicolet e coautori (Nicolet et al. 2013) i quali avevano provato come il gasteropode *Drupella* fosse un vettore effettivo di trasmissione della BrBD nella maggior parte dei casi. Questo quindi potrebbe far supporre che anche nelle scogliere madreporiche dell'Atollo di Faafu questo mollusco sia un importante mezzo di propagazione di tale patologia.

6. CONCLUSIONE

Dopo numerosi anni di ricerca, risulta ancora estremamente ardua la comprensione della maggior parte delle sindromi che affliggono le sclerattinie di tutto il mondo, sia per quanto concerne la loro origine, gli agenti causanti, gli effetti fisiologici responsabili della mortalità dell'ospite e la loro incidenza, prevalenza e tasso di diffusione nelle popolazioni naturali (Richardson, 1998; Sutherland *et al.* 2004; Weil *et al.* 2006). Lo studio di queste nell'Arcipelago delle Maldive è, nel caso particolare, ancora agli esordi essendo una delle aree indopacifiche meno indagate. Questo fa sì che qualsiasi studio effettuato in tale area possa rappresentare un utile contributo sia alla regione in sé, ma anche alle formazioni coralline di tutto il mondo. Le malattie dei coralli rappresentano, infatti, una seria minaccia per le scogliere madreporiche e recenti eventi epizootici hanno minato profondamente la sopravvivenza di interi *reef* e delle comunità associate (Harvell *et al.* 2002; Sokolow, 2009). Tuttavia, molto spesso queste malattie, essendo ancora sconosciute, sono state sottovalutate e la mortalità causata dalla malattia può essere stata attribuita ad altri fattori o disturbi (Bruno & Selig, 2007). Le patologie dei coralli sono spesso amplificate da anomalie del normale range termico superficiale marino e questo può facilitare la nascita e la diffusione di agenti patogeni implicati nella trasmissione delle malattie o favorire la diffusione di altri agenti stressanti che potrebbero influenzare la resistenza fisica dell'ospite (Alker *et al.* 2001; Jones *et al.* 2004; Mydlarz *et al.* 2009; Palmer *et al.* 2011). Il probabile aumento del numero di malattie sarà incrementato non solo dai cambiamenti climatici, ma anche da fattori di origine antropica sia su scala regionale che locale (Bruno *et al.* 2003). Tra queste l'imput di nutrienti derivanti dall'agricoltura, la pressione sui pesci erbivori (Mumby *et al.* 2006), danni fisici a causa di ancoraggio e/o di sub e snorkeling (McManus *et al.* 1997) potrebbero migliorare il vantaggio competitivo delle macroalghe sui coralli e di conseguenza ridurre i tassi di recupero delle madrepori, aumentando la virulenza e la suscettibilità del corallo al patogeno (Willis *et al.* 2004). Il seguente studio della *Brown Band Disease* nell'Arcipelago delle Maldive, ha dimostrato come la malattia sia presente con un valore medio della prevalenza totale estremamente bassa, minore all'1% e questa nel caso particolare, non sembra essere correlata al diverso utilizzo antropico delle isole. Questo potrebbe essere un buon segno, se si pensa che queste basse prevalenze sono poi accompagnate da parametri delle acque pressochè ottimi che quindi denotano una situazione ancora non compromessa dall'impatto umano. Studi futuri potrebbero prevedere piani di campionamento su isole con caratteristiche simili a quelle indagate, con analogo impatto antropico, per rendere confrontabili i risultati ottenuti. Questo potrebbe essere utile per capire se le scarse differenze osservate siano da attribuire a fattori casuali, quindi a proprietà intrinseche delle isole stesse, o se effettivamente la BrBD non risenta di tali

impatti e quindi un suo aumento o diminuzione siano semplicemente da imputare a oscillazioni casuali. Le difficoltà logistiche di spostamento nell'area indagata, l'assenza di isole con simile impatto antropico nelle zone limitrofe e le lunghe ore di viaggio necessarie al raggiungimento di altri atolli, non ha permesso di ampliare il disegno di campionamento per valutare già queste differenze. Non si esclude inoltre che i risultati ottenuti siano stati influenzati da variazioni di carattere locale, da errori dell'operatore e dalla difficoltà di riconoscimento in campo delle sclerattinie che per la maggior parte delle volte necessiterebbero l'utilizzo di analisi genetiche. Va inoltre detto che il trend riscontrato possa comunque non essere rappresentativo della situazione riguardante la *Brown Band Disease* nell'intera Repubblica delle Maldive. Ulteriori studi futuri avranno inoltre il compito di valutare se la salute delle sclerattinie e l'insorgenza delle patologie possa essere inoltre correlata alla presenza di organismi quali batteri e funghi dannosi per la salute del corallo o se al contrario il benessere delle madrepore possa invece essere legata alla presenza degli stessi. Considerando che l'intera popolazione maldiviana vive in isole completamente circondate dalle barriere coralline e che sia il loro reddito, ma anche il cibo e la protezione costiera si basano totalmente su questi ecosistemi, il potenziale impatto dovuto alle malattie dei coralli avrà profonde implicazioni per il sistema sociale stesso e si rendono quindi fondamentali sia sistemi di gestione e monitoraggio continui e costanti nel tempo volti alla tutela dei *reefs*, ma anche una sensibilizzazione della popolazione maldiviana al problema. L'unico mezzo efficiente per riuscire a diminuire l'insorgenza di nuove malattie è quindi comprenderne le cause che le determinano e cercare quindi di correggere i fattori a monte, piuttosto che ideare sistemi di "guarigione" o "cura" come risposta al problema. Sono già stati valutati sistemi di rimozione della malattia con mezzi fisici (Hudson, 2000), l'aspirazione delle bande infestate nel caso delle malattie a bande, la copertura dell'area interessata con argilla o stucco (Raymundo, 2010) o strategie tradizionali come la messa in quarantena, vaccinazione e trattamento antibiotico (Wobeser, 2006). Tuttavia questi metodi possono essere rimedi puntiformi e circoscritti, nella scala dai 10 ai 100 m², quindi estremamente deboli se confrontati all'entità reale del problema. Questo è anche sottolineato dal fatto che gli agenti patogeni marini possono muoversi molto velocemente e per distanze ancora maggiori se poi veicolati da mezzi di trasporto umani come barche ad uso commerciale e militare, ma anche il trasporto di specie marine per l'acquacoltura e l'acquariologia (McCallum *et al.* 2003). Una cosa certa è che non è realistico tentare di ripristinare le condizioni ambientali originarie per evitare completamente il problema, ma senza uno sforzo tra i governi, i ricercatori e le comunità coinvolte, qualsiasi intervento risulterà vano.

BIBLIOGRAFIA

Aeby GS (2005). Outbreaks of coral disease in the Northwestern Hawaiian Islands. *Coral Reefs* 24:481

Aeby GS (1998). A digenean metacercaria from the reef coral, *Porites compressa*, experimentally identified as *Podocotyloides stenometra*. *J Parasitol* 84:1259–1261

Aeby GS, Santavy DL (2006). Factors affecting susceptibility of the coral *Monastrea faveolata* to black-band disease. *Mar Ecol Prog Ser* 318:103–110

Ainsworth TD, Kamasky-Winter E, Loya Y, Hoegh-Guldberg O, Fine M (2007). Coral disease diagnostics: what's between a Plague and a Band? *App Environ Microbiol* 73:981-992

Alker AP, Smith GW and Kim K (2001). Characterization of *Aspergillus sydowii*, a fungal pathogen of Caribbean sea fan corals. *Hydrobiologia* 460:105–111.

Anthony SL, Page CA, Bourne DG, Willis BL (2008). Newly characterized distinct phases of the coral disease 'atramentous necrosis' on the Great Barrier Reef. *Dis Aquat Org* 81:255–259

Antonius A, Lipscomb D (2001). First protozoan coral-killer identified in the Indo-Pacific. *Atoll Res Bull* 481-493: 1-21

Antonius A (1973). New observations on coral destruction in reefs. *Abs Assoc Isl Mar Lab Caribb* 10:3

Antonius A (1977). Coral mortality in reefs: a problem for science and management. *Proc. 3rd Int. Coral Reef Symp., Miami*, 2:6 18-623

Antonius A (1999). *Halofolliculina corallasia*, a new coral-killer ciliate on Indo-Pacific Reefs. *Coral Reefs* 18:300

Antonius A & Riegl B (2010). Coral disease and *Drupella cornus* invasion in the Red Sea. Coral Reefs 17(1): 48. doi:10.1007/s003380050093

Arboleda MDM, Reichardt WT (2010). *Vibrio* sp. causing Porites Ulcerative White Spot Disease. Dis Aquat Org 90:93–104

Aronson RB, Macintyre IG, Precht WF, Murdoch TJT, Wapnick CM (2002). The expanding scale of species turnover events on coral reefs in Belize. Ecol Monogr 72: 233-249

Ayling AM, Ayling AL (1987) Ningaloo Marine Park: preliminary fish density assessment and habitat survey. Sea Research, Daintree, Australia

Baker DM, MacAvoy SE, Kim K (2007). The relationship between water quality, D15 N, and aspergillosis of Caribbean sea fan

Barash Y, Sulam R, Loya Y, Rosenberg E (2005). Bacterial strain BA-3 and a filterable factor cause a white plague-like disease in corals from the Eilat coral reef. Aquat Microb Ecol 40: 183–189

Ben-Haim, Y, and Rosenberg, E (2002). A novel *Vibrio* sp pathogen of the coral *Pocillopora damicornis*. Mar Biol 141: 47–55

Bianchi CN, Pronzato R, Cattaneo-Vietti R, Benedetti-Cecchi L, Morri C, Pansini M, Chemello R, Milazzo M, Fraschetti S, Terlizzi A, Peirano A, Salvati E, Benzoni F, Calcinai B, Cerrano C, Bavestrello G, (2003). I fondi duri. Biol.Mar.Medit, suppl. 10, pp. 199-232.

Bourne DG, Boyett HV, Henderson ME, Muirhead A, Willis BL (2008). Identification of a ciliate (Oligohymenophora: Scutico- ciliatia) associated with Brown Band disease (BrB) on corals of the Great Barrier Reef. Appl Environ Microbiol 74:883–888

Brown, BE (1997). Coral bleaching: causes and consequences. Coral Reefs 16: 129-138.

Bruckner AW, Bruckner RJ, Williams EH (1997). Spread of black band disease epizootic through the coral reef ecosystem in St. Ann's Bay, Jamaica. *Bull Mar Sci* 61:919–928

Bruckner AW, Bruckner RJ (1997). The persistence of black-band disease in Jamaica: impact on community structure. *Proc 8th In Coral Reef Symp* 1:601- 606

Bruno JF, Petes LE, Harvell CD, Hettinger A (2003). Nutrient enrichment can increase the severity of coral diseases. *Ecol Lett* 6:1056–1061

Bruno JF, Selig ER, Casey KS, Page CA and others (2007). Thermal stress and coral cover as drivers of coral disease outbreak. *PLoS Biol* 5:e124

Bruno JF, Selig ER, Casey KS, Page CA, Willis BL, Harvell CD, Sweatman H, and Melendy AM (2007). Thermal Stress and Coral Cover as Drivers of Coral Disease Outbreaks. *PLoS Biol* 5: 1220–1227.

Burke L, Reyntar K, Spalding M, Perry A, (2011). *Reefs at Risk Revisited*. World Resources Institute, Washington, DC114.

Burkepile DE, & Hay ME (2008). Herbivore Species Richness and Feeding Complementarity Affect Community Structure and Function on a Coral Reef. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 16201–16206

Cao L, Caldeira K, and Jain AK (2007). Effects of Carbon Dioxide and Climate Change on Ocean Acidification and Carbonate Mineral Saturation. *Geophysical Research Letters* 34: 5607

Casamatta DA, Stanić D, Gantar M, Richardson LL (2012). Characterization of *Roseofilum reptotaenium* (Cyanobacteria, Oscillatoriales) gen. et sp. nov. isolated from Caribbean black band disease. *Phycologia* 51: 489-499

Cerrano C, Bavastrello G, Bianchi CM, Cattaneo-Vietti R, Bava S, Morganti C, Morri C, Picco P, Sara 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.

Cesar HSJ (2000). Coral reefs: their functions, threats and economic value. Collected Essays on the economics of coral reefs. *CORDIO*, Kalmar University, Sweden, pp 14-39.

Clark J (1997). Coastal Zone Management for the New Century. *Ocean and Coastal Management* 37: 191–216.

Cole AJ, Lawton RJ, Wilson SK, Pratchett MS (2012). Consumption of tabular acroporid corals by reef fishes: a comparison with plant–herbivore interactions. *Funct Ecol* [doi: 10.1111/j.1365-2435.2011.01935]

Coles SL, Jokiel PL, Lewis CR (1997). Thermal tolerance in tropical versus subtropical Pacific reef corals. *Pac Sci* 30:159–166

Cox EF (1986). The effects of a selective corallivore on growth rates and competition for space between two species of Hawaiian corals. *J Exp Mar Biol Ecol* 101:161–174

Dalton SJ, Godwin S (2006). Progressive coral tissue mortality following predation by a corallivorous nudibranch (*Phestilla* sp.). *Coral Reefs* 25:529

Diviacco G (1998). Indagine sulla Qualita` Dell'ambiente Naturale Costiero Marino in Liguria. Stato di Conservazione delle Biocenosi Bentiche Costiere. Regione Liguria, Genova, 92 pp.

Domroes M, (1985). Tourism resources and their development in Maldive Islands. *GeoJournal*, Suppl 10.1, pp 119-126.

Dustan P, (1977). Vitality of reef coral populations of Key Largo, Florida: recruitment and mortal-

ity. *Environ Geol* 2:51–58

Frias-Lopez J, Bonheyo GT, Jin Q, Fouke BW (2003). Cyanobacteria associated with coral Black Band Disease in Caribbean and Indo-Pacific reefs. *Appl Environ Microbiol* 69:2409-2413

Gladfelter WB, (1982). White-band disease in *Acropora palmata*: implications for the structure and growth of shallow reefs. *Bull Mar Sci* 32:639–643

Glynn PW, & D’Croz L, (1990). Experimental evidence for high temperature stress as the cause of El Niño warming event. *Science* 253, 69-71.

Glynn, PW, (1993). Coral reef bleaching ecological perspectives. *Coral reefs* 12, 1-17

Glynn PW, (1996). Coral reef bleaching: facts, hypotheses and implications. *Global Change Biology* 2: 495-509.

Gochfeld DJ (2004). Predation-induced morphological and behavioral defenses in a hard coral: implications for foraging behavior of coral-feeding butterflyfishes. *Mar Ecol Prog Ser* 267:145–158

Goreau TJ & Hayes RM (1994). Coral bleaching and ocean ‘hot spots’. *Ambio* 23, 176-80

Goreau TJ, Cervino J, Goreau M, Hayes R and 14 others (1998). Rapid spread of diseases in Caribbean coral reefs. *Rev Biol Trop* 46:157–171

Goreau T, Mc Clanahan TR, Hayes R & Strong, A (2000). Conservation of coral reef after the 1998 global bleaching event. *Conservation Biology* 14, 5-15.

Green EP, Bruckner AW (2000) The significance of coral disease epizootiology for coral reef conservation. *Biol Conserv* 96:347–361

Grimsditch GD & Salm RV (2006). Coral Reef Resilience and Resistance to Bleaching. IUC,

Grimsditch G, Kilonzo J, & Amiyo N, (2008). The Effects of Habitat on Coral Resistance and Resilience to Bleaching. CORDIO Status Report 2008. Coastal Oceans Research and Development in the Indian Ocean/Sida-SAREC. Mombasa.

Guard M, (1997). Effects of fishing with dynamite on coral reefs of East Africa. *Marine Pollution Bulletin* 34, 758-762.

Guilcher, (1988). *Coral reef geomorphology*. Chichester: John Wiley. 288 pp.

Haapkylä J, Seymour AS, Trebilco J, Smith D (2007) Coral disease prevalence and coral health in the Wakatobi Marine Park, South-East Sulawesi Indonesia. *J Mar Biol Assoc UK* 87:403–414

Haapkylä J, Melbourne-Thomas J, Flavell M, Willis BL (2010). Spatiotemporal patterns of coral disease prevalence on Heron Island, Great Barrier Reef, Australia. *Coral Reefs* 29: 1035-1045

Harvell CD, Kim K, Burkholder JM, Colwell RR, Epstein PR, Grimes DJ, Hofmann EE, Lipp EK, Osterhaus ADME, Overstreet RM, Porter JW, Smith GW, Vasta GR (1999). Emerging marine diseases-climate links and anthropogenic factors. *Science* 285: 1505-1510.

Harvell CD, Mitchell CE, Ward JR, Altizer S, Dobson AP, Ostfeld RS, Samuel MD (2002). Climate warming and disease risk for terrestrial and marine biota. *Science* 296, 2158-2162.

Harvell CD & Jordán-Dahlgren E (2007). Coral Disease, Environmental Drivers, and the Balance between Coral and Microbial Associates. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 20: 58–81.

Harvell CD, Markel S, Jordán-Dahlgren E, Merkel S, Rosemberg E, Raymundo L, Smith G, Weil

- E, Willis B (2007). Coral disease, environmental driver and the balance between coral and microbial associates. *Oceanography* 20:36-59
- Harvell CD, Altize SR, Cattadori IM, Harrington L, Weil E (2009). Climate change and wildlife diseases: When does the host matter the most? *Ecology* 90: 912–920
- Hill J & Wilkinson C (2004). *Methods For Ecological Monitoring Of Coral Reefs: A Resource For Managers*. Version 1. Australian Institute of Marine Science (AIMS), Townsville, Australia. 117 p.
- Hoegh-Guldberg, O, (1999). *Climate Change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs*. Greenpeace, Sydney (Australia), 28 pp
- Hoegh-Guldberg O, & Salvat B, (1995). Periodic mass bleaching of reef corals along the outer reef slope in Moorea, French Polynesia. *Marine Ecology Progress Series* 121, 181-90.
- Hudson H, (2000). First aid for massive corals infected with black band disease: an underwater aspirator and post-treatment sealant to curtail re-infection. In: Hallock P, French L (eds) *Diving for science in the 21st century*. American Academy of Underwater Sciences, Alabama, pp 10–11
- Hughes TP, (1994). Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265, 1547-1551.
- Hughes TP, Rodrigues MJ, Bellwood DR, Ceccarelli D, Hoegh-Guldberg O, McCook L, Moltschaniwskyj N, Pratchett MS, Steneck RS, and Willis B, (2007). Phase Shifts, Herbivory, and the Resilience of Coral Reefs to Climate Change. *Current Biology* 17: 360–365.
- Jokiel PL & Coles SL (1990). Response of Hawaiian and other Indo-Pacific reef corals to elevated temperature. *Coral Reefs* 8: 155-162.
- Jones RJ, Bowyer J, Hoegh-Guldberg O, and Blackall LL (2004). Dynamics of a temperature related coral disease outbreak. *Marine Ecology Progress Series* 281:63–77.

Kaczmarzsky L, Draud M, Williams EH (2005). Is there a relationship between proximity to sewage effluent and the prevalence of coral disease? *Caribb J Sci* 41:124–137

Kaczmarzsky LT (2006). Coral disease dynamics in the central Philippines. *Dis Aquat Org* 69: 9-21

Kim K & Harvell CD (2002). Aspergillosis of sea fan corals: disease dynamics in the Florida Keys. In: *The Everglades, Florida Bay, and Coral Reefs of the Florida Keys: An Ecosystem Sourcebook* (eds Porter, J.W. & Porter, K.G.). CRC Press, Boca Raton, pp. 813–824.

Kline DI, Kuntz NM, Breitbart M, Knowlton N, Rohwer F (2006). Role of elevated organic carbon levels and microbial activity in coral mortality. *Mar Ecol Prog Ser* 314: 119–125

Korrb bel JL & Riegl B (1998). A new coral disease from the southern Arabian Gulf. *Coral Reefs*, 17(1):22

Kuiter RH (1998). Photo guide to fishes of the Maldives. Atoll Editions.

Kuntz NM, Kline DI, Sandin SA, Rohwer F (2005). Pathologies and mortality rates caused by organic carbon and nutrient stressors in three Caribbean coral species. *Mar Ecol Prog Ser* 294:173–180

Kushmaro A, Loya Y, Fine M, and Rosenberg M (1996). Bacterial infection and coral bleaching. *Nature* 380, 396.

Kuta KJ, Richardson LL (1996). Abundance and distribution of black band disease on coral reefs in the northern Florida Keys. *Coral Reefs* 15:219-398

Kuta K, Richardson L (2002). Ecological aspects of black band disease of corals: relationships between disease incidence and environmental factors. *Coral Reefs* 21: 393–398

Lasagna R, Albertelli G, Giovannetti E, Grondona M, Milani A, Morri C, Bianchi CN (2008).

Status of Maldivian reefs eight years after the 1998 coral mass mortality. *Chem Ecol* 24:67–72

Lobban CS, Raymundo LM, Montagnes DJS (2011). *Porpostoma guamense* n. sp., a philasterine scuticociliate associated with brown-band disease of corals. *Eukaryotic Microbiology* 58(2):103-113

Loya Y (1978). Plotless and transect methods. In Stoddart, D.R., Johannes, R.E., (eds) *Monographs on oceanic methodology. Coral reef: research methods*. UNESCO Press. Paris, Vol 5, pp 197-218.

Loya Y, Sakai K, Yamazato K, Nakano Y, Sambali H, Van Woesik R (2001). Coral bleaching: the winners and the losers. *Ecol. Lett.* 4, 122–131.

Masaki K, Makoto K, Tomoyuki K, Toshiaki T, Hiroshi M, Yoshikatsu N, Daisuke U (2005). Feeding attractants for the muricid gastropod *Drupella cornus*, a coral predator. *Tetrahedron Letters* 46 (49): 8583–8585.

McCallum H, Harvell CD, Dobson A (2003). Rates of spread of marine pathogens. *Ecol Lett* 6:1062–1067

McClanahan T (2000). Bleaching damage and recovery potential of Maldivian coral reefs. *Marine Pollution Bulletin* 40, 587-597

McClanahan T (2004). The relationship between bleaching and mortality of common corals. *Marine Biology* 144, 1239-1245.

McCook LJ (1999) Macroalgae, nutrients and phase shifts on coral reefs: scientific issues and management consequences for the Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 18: 357±367

McCook LJ (2001). Competition between coral and algal turfs along a gradient of terrestrial runoff

in the nearshore central Great Barrier Reef. *Coral Reefs* (this issue)

McManus JW (1997). Tropical marine fisheries and future of coral reef: a brief review with emphasis on Southeast Asia. *Coral Reefs* 16: 121-127

Miller MW (1998). Coral/seaweed competition and the control of reef community structure within and between latitudes. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev* 36: 65-96

Moberg F & Folke C (1999). Ecological goods and services of coral reef ecosystem. *Ecol. Econ.* 29, pp 215-233.

Montano S (2012). PhD Thesis: Coral health and disease assessment in the central Republic of Maldives.

Montano S, Strona G, Seveso D, Galli P (2012). First report of coral diseases in the Republic of Maldives. *Dis Aquat Org* 101:159-165

Montano S, Strona G, Seveso D, Galli P (2013). Prevalence, host range, and spatial distribution of black band disease in the Maldivian Archipelago. *Dis Aquat Org* 105: 65–74

Moran PJ (1986). The Acanthaster phenomenon. *Oceanography Mar Biol A Rev* 24:379–480

Mumby PJ *et al* (2006). Fishing, Trophic Cascades, and the Process of Grazing on Coral Reefs. *Science* 311: 98–101.

Mumby PJ & Harborne AR (2010). Marine Reserves Enhance the Recovery of Corals on Caribbean Reefs. *PLoS ONE* 5: e8657

Muscatine L, (1990). The role of symbiotic algae in carbon and energy flux in reef corals. *Coral reef* 25, 1-29.

Mydlarz LD, Couch CS, Weil E, Smith G, Harvell CD (2009). Immune defenses of healthy,

bleached and diseased *Montastrea faveolata* during a natural bleaching event. *Dis Aquat Org* 87:67–78

Myers RL, Raymundo LJ (2009) Coral disease in Micronesian reefs: a link between disease prevalence and host abundance. *Dis Aquat Org* 87: 97–104

Myers JL, Sekar R, Richardson, L (2007). Molecular detection and ecological significance of the Cyanobacterial genera *Geitlerinema* and *Leptolyngbya* in black band disease of corals. *Appl. Environ. Microbiol.* 73, 5173–5182

Myers RL, Raymundo LJ (2009). Coral disease in Micronesian reefs: a link between disease prevalence and host abundance. *Dis Aquat Org* 87:97-104

Naseer A (1997). Profile and status of coral reefs in Maldives and approaches to its management. In *Proceedings of the Regional Workshop on the Conservation and Sustainable Management of Coral Reefs*. M.S. Swaminathan Research Foundation, Chennai, India.

Nash K (2003). Ecological importance of Brown Band Syndrome. Masters of Applied Science Project, James Cook University, Townsville, Australia

Nicolet KJ, Hoogenboom MO, Gardiner NM, Pratchett MS, Willis BL (2013). The corallivorous invertebrate *Drupella* aids in transmission of brown band disease on the Great Barrier Reef, DOI 10.1007/s00338-013-1010-8

Nugues M & Bak R (2009). Brown band syndrome on feeding scars of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci*. *Coral Reefs*, 28:507–510.

Obura D, Uku J, Wawiye O, Mwachireya S, Mdodo R (2000). Coral Reef Degradation in the Indian Ocean. Status Reports 2000. CORDIO/SAREC Marine Science Program eds. D. Souter, D. Obura, O. Linden.

Obura D, (2003). Biodiversity and livelihoods: a perspective from coral reefs. SwedBio workshop on biodiversity, poverty and livelihoods. Stockolm.

Odum HT, & Odum EP, (1955). Trophic structure and productivity of a windward coral reef community on Eniwetok Atoll. *Ecol. Monogr.* 25(3), 291-320.

Onton K, Page CA, Wilson SK, Neale S, Armstrong S (2011). Distribution and drivers of coral disease at Ningaloo reef, Indian Ocean. *Mar Ecol Prog Ser* 433:75–84

Page C, Willis B (2006). Distribution, host range and large-scale spatial variability on black band disease prevalence on the Great Barrier Reef, Australia. *Dis Aquat Organ* 69:41-51

Page C, Baker DM, Harvell CD, Golbuu Y, Raymundo L, Neale SJ, Rosell KB, Rypien, K, Andras, J & Willis B (2009). Do marine protected areas influence coral disease prevalence? *Dis. Aquat. Org.*, 87:35–150.

Palmer CV, McGinty SE, Cummings DJ, Smith SM, Bartels E, Myldzard LD (2011) Patterns of coral ecological immunology: variation in the responses of Caribbean corals to elevated temperature and a pathogen elicitor. *J Exp Biol* 214:4240–4249

Peirano A, Bianchi CN (1997). Decline of the seagrass *Posidonia oceanica* in response to environmental disturbance: a simulation-like approach off Liguria (NW Mediterranean Sea). In: Hawkins LE, Hutchinson S (Eds.), *The Response of Marine Organisms to their Environments*. University of Southampton, UK, pp. 87–95.

Peters EC (1993). Diseases of other invertebrate phyla: Porifera, Cnidaria, Ctenophora, Annelida,

Echinodermata. In: Couch JA, Fournie JW (eds) Pathobiology of marine and estuarine organisms. CRC Press, Boca Raton, FL, pp 393–449

Pichon M, Benzoni F (2007). Taxonomic re-appraisal of zooxanthellate Scleractinian Corals in the Maldives Archipelago. *Zootaxa* 1441: 21–33

Pinca S, Beger M, Peterson E, Richards Z and Reeves E (2002) Coral reef biodiversity community-based assessment and conservation planning in the Marshall Islands: baseline surveys, capacity building and natural protection and management of coral reefs of the atoll of Rongelap. RALgov public report.

Pomerance R. (1999). Coral Bleaching, Coral Mortality, And Global Climate Change: Report presented by, Deputy Assistant Secretary of State for the Environment and Development to the U.S. Coral Reef Task Force, 5 March 1999, Maui, Hawaii.

Ravindran J, Raghukumar C (2002). Pink line syndrome (PLS) in the scleractinian coral *Porites lutea*. *Coral Reefs* 21:252

Raymundo LJ, Harvell CD, Reynolds T (2003). *Porites* ulcerative white spot disease: description, prevalence, and host range of a new coral disease affecting Indo-Pacific Reefs. *Dis Aquat Org* 56:95–104

Raymundo LJ, Rosell KB, Reboton CT, Karczmarsky LT (2005). Coral diseases on Philippine reefs: genus *Porites* is a dominant host. *Dis Aquat Org* 64: 181- 191

Raymundo LJ, Halford AR, Maypa AP, Kerr AM (2009). Functionally diverse reef-fish communities ameliorate coral disease. *Proc Natl Acad Sci USA* 106:17067–17070

Richardson LL (1997). Occurrence of Black Band Disease cyanobacterium on healthy corals of the Florida Keys. *Bull Mar Sci* 61:485-490

- Richardson LL (1998). Coral diseases: what is really known? *Trends Ecol Evol* 13:438–443
- Richardson LL, Goldberg WM, Kuta KG, Aronson RB, Smith GW, Ritchie KB, *et al.* (1998). Florida's mystery coral-killer identified. *Nature* **392**: 557–558.
- Richardson LL, Smith GW, Ritchie KB, and Carlton RG (2001). Integrating microbiological, micro- sensor, molecular, and physiologic techniques in the study of coral disease pathogenesis. *Hydrobiologia* 460:71–89.
- Ritchie KB, and Smith GW (1998). Type II white- band disease. *Revista de Biología Tropical* 46:199–203.
- Roberts E (2003). Scientists warn of coral reef damage from climate change. *Marine Scientist* 2, pp 21-23.
- Roberts CM (1995). Effects of Fishing on the Ecosystem Structure of Coral Reefs. *Conservation Biology* 9: 988–995.
- Rosenberg E, Ben-Haim Y (2002). Microbial diseases of corals and global warming. *Environ Microbiol* 4:318–326
- Ruiz GM, Carlton JT, Grosholz ED, and Hines AH (1997). Global Invasions of Marine and Estuarine Habitats by Non-Indigenous Species: Mechanisms, Extent, and Consequences. *Integrative and Comparative Biology* 37: 621– 632;
- Rützler K, Santavy D (1983). The black band disease of Atlantic reef corals. *PSZN I: Mar Ecol* 4: 301-319
- Sabine CL (2004). The Oceanic Sink for Anthropogenic CO₂. *Science* 305: 367–371.
- Santavy D, Peters E (1997). Microbial pests: coral disease in the Western Atlantic. *Proc 8th Int*

Sato Y, Bourne DG, Willis BL (2009). Dynamics of seasonal outbreaks of black band disease in an assemblage of *Montipora* species at Pelorus Island (Great Barrier Reef, Australia). *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 27:2795-2803

Schuhmacher H (1992). Impact of Some Corallivorous Snails on Stony Corals in the Red Sea. *Proc. 7th Int. Coral Reef Symp.*, Guam, 1992, Vol. 2: 840-846

Schuhmacher H, Loch K, Loch W, See W. R. (2005). The aftermath of coral bleaching on a Maldivian reef a quantitative study. *Facies* 51, 80-92.

Seveso D, Montano S, Strona G, Orlandi I, Vai M, Galli P (2012). Up-regulation of Hsp60 in response to skeleton eroding band disease but not by algal overgrowth in the scleractinian coral *Acropora muricata*. *Mar Environ Res* 78:34–39

Shafir S, Gur O, Rinkevich B (2008). A *Drupella cornus* outbreak in the northern Gulf of Eilat and changes in coral prey. *Coral Reefs* 27:379

Silverman J, Lazar B, Cao L, Caldeira K, and Erez J (2009). Coral Reefs May Start Dissolving When Atmospheric CO₂ Doubles. *Geophysical Research Letters* 36: L05606.

Sokolow S (2009). Effects of a changing climate on the dynamics of coral infectious disease: A review of the evidence. *Dis Aquat Org* 87: 5-18

Spalding DS, Ravilious C, Green EP (2001). *World Atlas of Coral Reefs*. University of California

Stedman TL (2000). *Stedman's medical dictionary*, 27th edn. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore

Sussman M, Loya Y, Fine M, Rosenberg E (2003). The marine fireworm *Hermodice carunculata* is

a winter reservoir and spring-summer vector for the coral-bleaching pathogen *Vibrio shiloi*. *Environ Microbiol* 5:250–255

Sussman M, Bourne DG, Willis BL (2006). A single cyanobacterial ribotype is associated with both red and black bands on diseased corals from Palau. *Dis Aquat Org* 69:111-118

Sussman M, Willis BL, Victor S, Bourne DG (2008). Coral Pathogens Identified for White Syndrome (WS) Epizootics in the Indo-Pacific. *PLoS ONE* 3(6): e2393. doi:10.1371/journal.pone.0002393

Sutherland KP, Porter JW, Torres C 2004. Disease and immunity in Caribbean and Indo-Pacific zooxanthellate corals. *Mar Ecol Prog Ser* 266:273-302.

Sutherland KP, Shaban S, Joyner JL, Porter JW, Lipp EK (2011). Human pathogen shown to cause disease in the threatened elkhorn coral *Acropora palmata*. *PLoS ONE* 6(8):e23468

Sweet M, Bythell J (2012). Ciliate and bacterial communities associated with White Syndrome and Brown Band Disease in reef-building corals. *Environ Microbiol* 14: 2184–2199

Trench RK (1979). The cell biology of plant-animal symbiosis. *Annual Reviews of Plant Physiology* 30, 485-31.

Turner ST (1994). Spatial variability in the abundance of the corallivorous gastropod *Drupella cornus*. *Coral Reefs* 13:41–48

Ulstrup KE, Ku'hl M, Bourne DG (2007). Zooxanthellae harvested by ciliates associated with brown band syndrome of coral remain photosynthetically competent. *Appl Environ Microbiol* 73:1968– 1975

UNDP, (2006). Tsunami recovery in the Maldives. *United Nations Development Programme*, pp 29.

Veron JEN (1986). Corals of Australia and the Indo - Pacific. Angus and Robertson, London, Sydney.

Veron, JEN (2000). Corals of the World vols 1–3 Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.

Voss JD, and Richardson LL (2006). Nutrient enrichment enhances black band disease progression in corals. *Coral Reefs* 25:569–576.

Weil E, Jordàn-Dahlgren E (2005). Status of coral diseases in Zanzibar and Kenya, western Indian Ocean. Disease working group progress report, GEF- CRTR Programm

Weil E (2004). Coral reef diseases in the wider Caribbean. In: Rosenberg E, Loya Y (eds) *Coral health and disease*. Springer-Verlag, Berlin, p 35–68

Weil E, Smith GW, Gil-Aguedelo DL (2006). Status and progress in coral reef disease research. *Dis Aquat Org* 69:1-7

Weil E, Irikawa A, Casareto B, Suzuki Y (2012). Extended geographic distribution of several Indo-Pacific coral diseases. *Dis Aquat Org* 98:163-170

Wilkinson C (2000). World-wide coral reef bleaching and mortality during 1998: a global climate change warning for the new millennium? *Seas of the millennium: an environmental evaluation*, 43-55.

Wilkinson C (ed) (2002). *Status of coral reefs of the world: 2002*. Australian Institute of Marine Science, Townsville

Williams DE, Miller MW (2005). Coral disease outbreak: pattern, prevalence and transmission in *Acropora cervicornis*. *Mar Ecol Prog Ser* 301:119–128

Willis BL, Page CA, Dinsdale EA (2004). Coral disease on the Great Barrier Reef. In: Rosenberg E, Loya Y (eds) Coral health and disease. Springer-Verlag, Berlin p 69–104

Wobeser GA (2006). Essentials of disease in wild animals. Blackwell, Ames

Work TM, Aeby GS (2006). Systematically describing gross lesion in coral. Dis Aquat Org 70:155-160

Zahir H (2000). Status of the coral reefs of Maldives after the bleaching event in 1998. In: Souter D, Obura D, Lindèn O (eds) Coral reef degradation in the Indian Ocean. Cordio, Stockholm, Sweden, pp 64-68

Zvuloni A, Artzy-Randrup Y, Stone L, Kramarsky-Winter E, Barkan R, Loya Y (2009). Spatio-temporal transmission patterns of black-band disease in a coral community. PLoS ONE 4:e4993

Altre fonti:

-siti internet consultati: <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov>

<http://www.reisen-malediven.eu>

<http://www.cordioea.org>

-libri di testo: Lineamenti di Zoologia Sistemica (Ed. Zanichelli)

Introduzione alla paleontologia (Ed. UTET)

Methods for the Study of Marine Benthos (Ed. Anastasious Eleftheriou)