



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA
FACOLTÀ DI SCIENZE MM.FF.NN.

Dottorato in Ecologia
XXIV ciclo 2009-2011

**FATTORI ECOLOGICI NEL PROCESSO
RIPRODUTTIVO DI UNA SPECIE MARINA
NIDIFICANTE, *SYMPHODUS OCELLATUS*: RUOLO
DELL'HABITAT E DELLE RISORSE**

Dottoranda: Angela Timpanaro

Relatore: Prof. Giulio De Leo

Co-Relatori: Prof. Renato Chemello, Dr. Michele Gristina, Dr. Mauro Sinopoli

Sommario

INTRODUZIONE	4
Tattiche riproduttive alternative nei pesci.....	4
Territorialità e non territorialità	6
Cure parentali - la costruzione dei nidi	10
Fattori ecologici che influenzano la scelta del sito e l'attività di nidificazione	14
OBIETTIVI	19
AREA DI STUDIO	21
LA SPECIE <i>Symphodus ocellatus</i> (Forsskål, 1775).....	23
SELEZIONE DI HABITAT	28
Introduzione	28
Materiali e metodi	28
Risultati	31
Conclusioni	34
REQUISITI DI HABITAT PER LA SCELTA DEL SITO DI NIDIFICAZIONE IN <i>SYMPHODUS OCELLATUS</i> (FORSSKAL)	36
Introduzione	36
Materiali e metodi	37
Risultati	39
Conclusioni	41
COMPOSIZIONE E SELEZIONE DELLE SPECIE ALGALI USATE DAL LABRIDE <i>SYMPHODUS OCELLATUS</i> (FORSSKAL, 1775) PER LA COSTRUZIONE DEL NIDO	44
Introduzione	44
Materiali e metodi	45
Risultati	47
Conclusioni	50
CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DELLE SPECIE ALGALI USATE NELLA COSTRUZIONE DEL NIDO IN <i>SYMPHODUS OCELLATUS</i>	53
Introduzione	53
Materiali e metodi	54
Risultati	56

Conclusioni	61
CONCLUSIONI GENERALI	63
BIBLIOGRAFIA	66

INTRODUZIONE

Tattiche riproduttive alternative nei pesci

Alla base del concetto di selezione sessuale c'è la competizione tra gli individui di un sesso per l'accesso all'accoppiamento con gli individui del sesso opposto. Normalmente sono i maschi ad avere un maggiore potenziale riproduttivo e a competere per l'accesso alla femmine, ed è quindi tra i maschi che si è evoluto il maggiore numero di caratteri sessuali. Una via per trasmettere il proprio genoma al maggior numero possibile di discendenti è scegliere un partner di alta qualità, che dia valore genetico alla prole. Gli individui che non investono sulla scelta del partner, possono "scegliere" altre vie altrettanto efficienti per riprodursi. La diversità fenotipica intraspecifica nell'ambito della riproduzione è molto vasta e si riflette nell'esistenza di numerosi comportamenti, che contribuiscono ad un aumento del successo riproduttivo. L'insieme di tali comportamenti è conosciuto come *Alternative Reproductive Tactics* (ARTs) che indica le vie alternative (comportamentali, morfologiche o fisiologiche) adottate sia dai maschi che dalle femmine di una stessa specie, finalizzate al successo nella fecondazione (Gonçalves et al., 2008; Henson & Warner 1997; Taborsky et al., 2008). Queste alternative riproduttive sono usate nella competizione con i conspecifici e coesistono con i fenotipi definiti 'normali' (Gross, 1984). Si riferiscono, quindi, ai tratti selezionati per massimizzare la fitness in due o più vie alternative, nel contesto della competizione riproduttiva intraspecifica e intersessuale. Tra i vertebrati, i pesci mostrano la più alta variabilità nelle tattiche riproduttive alternative. Queste possono essere fisse o flessibili, variando in base alle condizioni sociali o allo sviluppo ontogenetico dell'individuo (Gross 1996; Taborsky 1994; 1998; 2001; Taborsky et al., 2008). In generale, i fenotipi alternativi sono caratterizzati da una distribuzione discontinua dei tratti evolutivi

indirizzati a uno stesso fine funzionale. Se il fine è la riproduzione, alcuni esempi di fenotipi alternativi sono il dimorfismo nella taglia e nelle strutture morfologiche, il polimorfismo cromatico e varie alternative comportamentali come l'investimento nell'accesso alle risorse, il parassitismo, la monopolizzazione delle risorse e la competizione e/o la territorialità. Le discontinuità possono quindi esistere anche a livello comportamentale e la performance delle tattiche alternative dipende da determinate condizioni ambientali o da particolari situazioni. I comportamenti riproduttivi alternativi nei pesci, in particolare dei maschi, sono stati ben documentati nella *review* di Henson & Warner (1997), da Taborsky (1994) e da Taborsky et al., (2008). Secondo Berglund (1997), in generale le tattiche alternative possono evolversi in tre circostanze: 1) quando l'ambiente cambia e una strategia risulta essere più vantaggiosa rispetto ad altre; 2) se gli individui differiscono fenotipicamente, con gli individui meno competitivi che mostrano una tattica meno vantaggiosa; 3) se due tattiche sono reali alternative con uguali vantaggi in termini di fitness (Krebs & Davies, 1993). In molte specie ittiche per esempio, maschi territoriali reclutano femmine nei loro siti riproduttivi mentre maschi non territoriali adottano tattiche alternative per l'accoppiamento (Martin & Taborsky, 1997).

Territorialità e non territorialità

Nella maggior parte dei pesci la riproduzione è esterna e diverse strategie si sono evolute in questo ambito. Gli individui di specie pelagiche rilasciano nella colonna d'acqua un enorme numero di uova (le femmine di *Mola mola* ne producono fino a 300 milioni: Balon, 1975) che, una volta fecondate, non ricevono alcuna cura parentale. In altre specie le uova vengono rilasciate in quantità sensibilmente minori, e alla fecondazione segue la cura delle uova stesse e della prole. Questa ultima strategia è molto diffusa nei pesci bentonici e demersali. I maschi, per massimizzare il successo riproduttivo, investono tra l'altro sulla scelta di habitat idonei alla riproduzione, sulla scelta del partner, sulla territorialità (difesa del territorio, costruzione del nido, ecc...) e sulle cure parentali (Potts, 1984). Nelle specie che seguono questa strategia assumono una grande importanza la disponibilità e la qualità delle risorse destinate alla riproduzione, e la loro limitata disponibilità spinge individui della stessa specie a competere per massimizzare il successo riproduttivo (Lindstrom & Pampoulie, 2004; Turner & Huntingford, 1986). Spesso sono i maschi a competere attivamente per difendere le risorse, come le aree per il nutrimento o i siti per la nidificazione che aumenteranno la fitness, per esempio in termini di attrazione del partner (Andersson, 1994). In questi casi è la capacità del maschio a mantenere e difendere un territorio che determina il suo successo riproduttivo. Dal momento che le aree idonee alla riproduzione sono limitate e che le capacità competitive degli individui sono differenti, si assiste allo sviluppo di tattiche riproduttive alternative che coesistono nella stessa specie. Grandi maschi, spesso con colorazioni brillanti, monopolizzano le risorse e difendono il territorio da conspecifici o da eterospecifici (tattica 'bourgeois': Taborsky, 1994), mentre altri, più piccoli e privi di colorazioni nuziali, adottano comportamenti

non territoriali usando tattiche alternative per contrastare la monopolizzazione delle risorse per la riproduzione. Questi riproduttori possono partecipare attivamente alla difesa del territorio del maschio dominante, in cambio di una quota di uova da fecondare (maschi ‘*helper*’ o satelliti), oppure sfruttare gli sforzi riproduttivi di altri maschi per ottenere fecondazione in maniera parassitica (maschi ‘*sneaker*’) (Alonzo et al., 2000; Gonçalves et al., 2008; Taborsky, 1994; 1997; 1998; 2001; Taborsky et al., 1987). Altri maschi imitano il comportamento e la morfologia delle femmine (‘*female mimics*’) per avere accesso al sito della riproduzione senza essere allontanati dai maschi territoriali. Questo tipo di polimorfismo nel comportamento maschile e nella *life history* è presente in diverse specie in cui i maschi competono per un partner (Gonçalves et al., 2008; Gross, 1991). Maschi satelliti sono stati trovati per esempio in varie specie appartenenti alle famiglie *Cyprinidae*, *Cyprinodontidae*, *Cichlidae*, *Embiotocidae*, *Pomacentridae*, *Tetraodontidae*, *Ostraciidae* e *Labridae* (Taborsky, 1994). L’esistenza di differenti tattiche contribuisce al successo riproduttivo dei loro portatori ed è probabilmente dovuta in parte alla competitività dei sistemi di accoppiamento e alla diffusione del sistema della fecondazione esterna (Gross & Shine, 1981). La fecondazione esterna infatti spesso spinge verso la territorialità per la difesa della paternità e alle cure parentali (Gross, 1984). Inizialmente il controllo di un’area può rappresentare una forma di difesa delle risorse di cibo, ma può anche fornire una “zona di esclusione” intorno la zona di deposizione (Potts, 1984; 1985). Il significato di questa territorialità va ricercato nell’aumento della probabilità di successo nella fecondazione delle uova (Perrone & Zaret, 1979), oltre che in una migliore protezione per lo sviluppo delle stesse. Tuttavia, mantenere e difendere i confini di un territorio è energeticamente dispendioso, e questa difficoltà, combinata con la naturale variabilità nell’abilità

competitiva dei maschi, crea una situazione favorevole per l'affermarsi di tattiche riproduttive alternative (Gross, 1984). Per esempio i maschi 'sneaker' sono generalmente più piccoli dei maschi 'bourgeois' e assumono morfologia e colorazione simile a quella delle femmine, caratteristiche queste che consentono loro di avvicinarsi o penetrare furtivamente nei nidi dei maschi dominanti e rilasciare velocemente gli spermatozoi durante gli accoppiamenti. In alcune specie i maschi non territoriali sono non riproduttori, mentre in altre hanno un successo nell'accoppiamento che è comparabile se non uguale a quello dei maschi territoriali (Gross, 1984; 1991; Henson & Warner, 1997; Warner & Lejeune, 1985). Per esempio, nella specie di acqua dolce *Lepomis macrochirus* (Rafinesque, 1819), come in molte altre specie dello stesso genere, grandi maschi costruiscono nidi e difendono i territori per la riproduzione, mentre altri maschi nella popolazione adottano comportamenti alternativi non territoriali. I maschi di taglia intermedia imitano le femmine al fine di ottenere l'accesso al nido per fecondare le uova. Altri maschi più piccoli si nascondono nelle vicinanze e provano continuamente a raggiungere il nido per la fecondazione. In questa specie, i maschi territoriali e non territoriali possono avere *pathways* di *life-history* completamente separate con differenti tassi di crescita (Gross, 1984; 1991; Henson & Warner, 1997). I maschi non territoriali maturano presto e hanno un tasso di riproduzione basso per un lungo periodo di tempo, mentre i maschi territoriali maturano tardivamente in cambio di un più alto successo nell'accoppiamento. Nonostante queste differenze i comportamenti alternativi sembrano offrire in media lo stesso successo nel corso della vita (Gross, 1991). In altre specie, gli stessi individui maschi adottano sia il comportamento territoriale che quello non territoriale in differenti fasi della loro vita. Per esempio, in *Thalassoma bifasciatum* (Bloch, 1791) i giovani maschi non difendono il territorio ma si riproducono in gruppi

nei siti di accoppiamento. I maschi più vecchi difendono il territorio intorno altri siti di accoppiamento e si riproducono in coppia con altre femmine. Il passaggio da non-territoriale a territoriale avviene quando gli individui sono abbastanza grandi da competere per il territorio (Henson & Warner, 1997). In alcune specie del genere *Symphodus* i maschi sono non riproduttivi o non territoriali nelle loro prime stagioni riproduttive, mentre gli individui di almeno due anni possono essere territoriali (Taborsky, 1994; 1998; Alonzo, 2004; Alonzo & Warner, 2000; Alonzo et al., 2000). In *Symphodus ocellatus*, in particolare, una proporzione di maschi si astiene dalla riproduzione in una data stagione e cresce durante questo periodo. Questi non riproduttori saranno, probabilmente, i riproduttori della stagione successiva (Taborsky et al., 1987).

Cure parentali - la costruzione dei nidi

La fitness parentale è misura del successo riproduttivo, che in parte dipende dalla sopravvivenza della prole. Nelle specie ovipare le femmine possono aumentare il successo riproduttivo investendo nella taglia, qualità e numero di uova deposte. I maschi dall'altro lato, danno solo un piccolo contributo alla qualità dell'embrione. Un meccanismo che incrementa la fitness parentale consiste nell'investire in alcune forme di cura sulle uova e sulla prole. Queste consentono un migliore sviluppo della prole (Gross & Sargent, 1985; Potts, 1985; Sargent, 1997; Sargent et al., 1998), possono influenzarne il fenotipo e ne aumentano la sopravvivenza (Sabat, 1994). Il 21% delle famiglie degli osteitti ha sviluppato forme di cure parentali, tra le quali la cova delle uova in un substrato è la forma più comune e il maschio solitamente è il principale artefice (Goodwin et al., 1998; Gross & Sargent, 1985). I maschi, infatti, difendono le uova dai predatori, fanno ventilazione per aumentare l'ossigenazione dell'acqua, fondamentale per lo sviluppo dell'embrione, puliscono le uova e rimuovono quelle morte. Negli organismi che mostrano cure parentali gli adulti possono compensare condizioni ambientali sfavorevoli, modificando il microclima intorno le uova. Per aumentare il grado di protezione del sito riproduttivo, i maschi riproduttori di alcune specie difendono il territorio in cui avviene l'accoppiamento e costruiscono nidi in cui diverse femmine possono deporre le uova e in cui avverrà la fecondazione e la cura della prole (Balon, 1975; Crawford & Balon, 1996; Gross & Sargent, 1985; Pampoulie et al., 2004). Questo comportamento è quasi assente nei pesci pelagici ma è molto comune nei pesci costieri (Potts, 1984). Queste strutture, oltre a rendere più efficienti le cure parentali, possono rappresentare un segnale delle qualità dei maschi verso potenziali partner (Östlund-Nilsson, 2000), e in questo senso possono essere visti come

l'espressione fenotipica dei geni dei loro costruttori. Dalla scelta di maschi che costruiscono strutture di qualità le femmine possono trarre vantaggi diretti (che si manifestano immediatamente), e indiretti (che si manifestano solo sulla prole). La costruzione del nido è dunque di cruciale importanza nel successo riproduttivo dal momento che serve come segnale verso i potenziali partner, e come forma di cura parentale delle uova e della nuova prole (Sargent & Gebler, 1980). I nidi possono essere costruiti: modificando il substrato (come nel caso di *Micropterus dolomieu* (Lacepède, 1802): Dauwalter & Fisher, 2007), utilizzando conchiglie vuote (*Pomatoschistus microps* (Krøyer, 1838): Pampoulie et al., 2001), o alghe e detriti vari che vengono arrangiati e sistemati in complesse strutture (*Gasterosteus aculeatus* (Linnaeus, 1758): Kraak et al. 2000; *Spinachia spinachia* (Linnaeus, 1758): Östlund-Nilsson, 2000; *Symphodus ocellatus* e *Symphodus roissali* (Risso, 1810): Alonzo et al., 2000; Alonzo, 2008; Raventos, 2004). Baylis (1981) ipotizza che l'evoluzione strutturale dei siti di nidificazione sia dovuta a un numero limitato di "siti ottimali" disponibili in relazione alle popolazioni di adulti riproduttori. In queste condizioni è necessario che una proporzione di adulti difenda la risorsa limitata, e che i restanti adulti accettino i siti meno favorevoli che devono essere modificati al fine di ottenere le condizioni ottimali per la riproduzione. Il significato funzionale di ogni nido può variare tra le specie e riflette la complessa relazione tra le tattiche comportamentali adottate e la natura delle pressioni ambientali sotto le quali si sviluppano le uova. La cura del nido può consistere nella ventilazione delle uova, ma anche nella protezione dai predatori, nella rimozione degli embrioni morti e nella sua pulizia. Le cure parentali sono molto frequenti nei pesci (Blumer 1979; Gross & Sargent 1985; Henson & Warner, 1997) e il fatto che le femmine scelgano il partner in base alle caratteristiche del nido può spiegare

l'evoluzione del sistema di cure parentali da parte dei maschi. Questi infatti investono le energie sul sito di nidificazione per promuovere la loro abilità nelle cure della prole e per attirare le femmine nel loro nido. L'attività di nidificazione può essere dunque vista come un comportamento sessualmente selezionato, e il nido come un carattere sessuale secondario (Andersson 1994). Potts (1984), nella *review* sul comportamento parentale nei pesci costieri, individua alcune delle principali funzioni dei nidi e dei siti in cui vengono costruiti:

1. forniscono il punto focale dell'home range e dell'attività territoriale;
2. sono siti di attrazione per il partner;
3. sono siti di deposizione;
4. offrono protezione fisica alle uova;
5. proteggono le uova da intrusi (es. maschi parassiti);
6. aumentano la probabilità della paternità per il maschio costruttore;
7. facilitano deposizioni multiple;
8. facilitano le cure parentali;
9. proteggono le uova da predatori;
10. proteggono le uova in assenza del genitore/i;
11. proteggono le uova da stress ambientali (turbolenze, insabbiamento, temperature estreme, deficit di ossigeno, ecc...);
12. proteggono le uova da infezioni (batteri, funghi, protozoi, ecc...).

Tutte queste funzioni possono essere svolte dal maschio e dal nido attraverso le sue caratteristiche strutturali. Tuttavia anche le caratteristiche dell'habitat scelto per la nidificazione determinano il successo riproduttivo e la selezione di un habitat idoneo per

la nidificazione è dunque di cruciale importanza per l'efficienza del nido e delle uova (Sargent & Gebler, 1980). Infatti, il sito selezionato per la nidificazione non solo deve offrire riparo dalle turbolenze, ma deve anche proteggere le uova e i genitori dai predatori. Ad esempio, la scelta di siti di nidificazione occultati risulta vantaggioso per quelle specie che trovano il nutrimento in zone lontane dal nido e per questo lasciano incustodite le uova per periodi di tempo relativamente lunghi (Potts, 1984). Diversi studi hanno cercato di comprendere quali siano i criteri che guidano i maschi nidificanti nella scelta dei siti più idonei alla costruzione dei nidi. Tale scelta sembra essere la risultante del compromesso tra i limiti comportamentali nella strategia riproduttiva di un pesce e la variabilità dell'ambiente in cui esso vive (Potts, 1984).

Fattori ecologici che influenzano la scelta del sito e l'attività di nidificazione

Nelle specie ittiche nidificanti il successo riproduttivo dei maschi varia considerevolmente e le femmine sono altamente selettive nella scelta di un sito per la deposizione (Sikkel, 1995). Un problema che si sono posti gli ecologi per molto tempo è quello di identificare quali siano le caratteristiche del sito di nidificazione che influenzano tale scelta e di conseguenza il successo riproduttivo. La qualità del sito di nidificazione e del nido ha infatti profondi effetti sul tasso di sopravvivenza e sullo sviluppo della prole. Molti organismi hanno poche opportunità di riprodursi durante la loro vita e la preferenza delle femmine per appropriati habitat di deposizione rappresenta un fattore soggetto a una dura selezione naturale. In molte specie le femmine basano la loro scelta del partner in base alle sue caratteristiche morfologiche, come la taglia, o a caratteristiche comportamentali come l'intensità del corteggiamento e l'abilità parentale. Tuttavia il successo nella nidificazione non dipende esclusivamente da caratteristiche del maschio, dal momento che lo stesso riproduttore può non avere successo in un tempo e successo in un altro (Lejeune, 1985). Ci sono casi in cui la scelta del partner può basarsi sulla valutazione di caratteristiche del nido, come il grado di occultamento (Kraak et al. 2000; Sargent & Gebler, 1980), la qualità del rifugio (Hastings, 1988), la profondità (Kraak et al., 2000; Mori, 1994), il substrato su cui è costruito, la misura del nido (Lindström 1992), la presenza di predatori nelle sue vicinanze (Candolin, 1998; Candolin & Voigt, 1998) e il contenuto di uova al suo interno (Alonzo, 2004; Alonzo & Warner, 2000). Anche lo stress da ossigeno può influenzare la scelta della femmina per il nido (Jones & Reynolds, 1999) e le energie investite nelle cure parentali (Lissaker et al., 2003). Modelli teorici indicano infatti che

il tasso e il grado di cure parentali dipendono da alcuni fattori ambientali caratterizzanti il sito di riproduzione, come la temperatura e l'ossigeno disciolto che, nei pesci, sono tra i fattori più importanti che influenzano le prime fasi dello sviluppo metabolico (Rombough, 1988). Poiché la domanda di ossigeno delle uova può essere un determinante critico del successo nello sviluppo, alcune specie di pesci scelgono siti per il nido con riferimento all'ossigeno disponibile nell'ambiente, mentre altre specie si prendono cura del nido per compensare la scarsità di ossigeno, ventilando le uova con le pinne pettorali. Quindi a influire sulla fitness riproduttiva possono essere sia le caratteristiche morfologiche e comportamentali del maschio, sia la qualità del territorio e del nido scelti per la riproduzione. Le risorse critiche che determinano la percezione della qualità del territorio sono dinamiche e dipendono dalle interazioni nei sessi e tra i sessi. Data la limitata disponibilità di siti di alta qualità per la riproduzione, saranno i maschi più competitivi ad aggiudicarsi i siti migliori, per cui è ipotizzabile una correlazione tra qualità del sito e qualità del maschio che lo difende. Questa preferenza potrebbe essere dovuta al vantaggio che i nidi con capienza maggiore e caratteristiche migliori conferiscono in termini di sopravvivenza delle uova (Warner et al., 1995). Le femmine spesso scelgono di deporre in nidi dove altre femmine hanno già deposto: la presenza di altre uova è infatti indice della capacità parentale del maschio (Alonzo, 2004; Alonzo & Warner, 2000; Forsgren et al., 1996; Ridley, 1978). Nei nidi con un alto numero di uova è anche ipotizzabile un effetto di "diluizione" della probabilità di predazione o cannibalismo (Forsgren et al., 1996). Inoltre le femmine spesso copiano la scelta del partner di altre femmine (Alonzo, 2008; Ridley, 1978) e questo comportamento, descritto in diverse specie, potrebbe essere dovuto al vantaggio di risparmiare tempo e quindi energie per la ricerca (Gonçalves et al., 2008) o, nel caso di

femmine ancora giovani e inesperte, di un minor rischio di accoppiarsi con maschi di scarsa qualità. I costruttori dei nidi possono poi influenzare la capacità funzionale del sito scelto attraverso le proprietà della loro costruzione. Le caratteristiche del nido e le condizioni ambientali intorno ad esso determinano dunque il successo della riproduzione, e in questo senso la scelta del sito può determinare benefici diretti o indiretti per la prole (bassa predazione, maggiore disponibilità di ossigeno, migliori cure parentali) (Svensson & Kvarnemo, 2005). Una delle specie più studiate per la comprensione delle variabili che determinano la qualità dei siti di nidificazione è lo spinarello *Gasterosteus aculeatus*. I maschi di questa specie difendono il territorio, costruiscono nidi e svolgono cure parentali sia sulle uova che sugli avannotti. Lo spinarello basa la scelta del sito per la nidificazione in base a diversi fattori come la presenza/assenza di copertura algale e il grado di occultamento (Kraak et al. 2000), la profondità dell'acqua (Mori, 1994) e la distanza dalla costa. Un vantaggio dei nidi nascosti, oltre alla diminuzione del rischio predatorio, sta nella migliore difesa contro riproduttori parassiti (Sargent & Gebler, 1980). Inoltre, maschi che difendono un nido occultato, possono destinare più energie nel corteggiamento e meno nella sorveglianza. La struttura dell'habitat e la copertura algale determinano infatti la misura del territorio e l'attività di corteggiamento, con territori più piccoli in habitat con più vegetazione (Candolin & Voigt, 2001). Tuttavia in certi casi siti troppo nascosti potrebbero risultare svantaggiosi rendendo il nido poco visibile alle potenziali partner (Mori, 1995). Per alcune specie, come lo spinarello, nidi più nascosti attraggono più femmine e hanno un successo riproduttivo mediamente più alto (Sargent & Gebler, 1980). Balon (1975) individua due principali fattori ambientali responsabili del successo nella riproduzione e dello sviluppo delle larve: la presenza di predatori e la disponibilità di ossigeno.

Candolin & Voigt (1998) hanno dimostrato sperimentalmente che in *G. aculeatus* la presenza di un predatore spinge più maschi a costruire il nido tra la vegetazione, che funge da rifugio e riparo. In uno studio su *Pomatoschistus minutus* (Pallas, 1870) è stato dimostrato che in condizioni di bassi livelli di ossigeno disciolto, i maschi costruiscono nidi più grandi e più esposti (Lissaker et al., 2003). Sikkel (1995) in un esperimento manipolativo ha osservato come il corteggiamento dei maschi di *Hypsypops rubicundus* (Girard, 1854), che costruiscono nidi su substrati poco profondi con diverse specie di alghe rosse filamentose, sia influenzato dalla qualità del sito di nidificazione, misurato dallo spessore dello strato di alghe. Quindi la variazione temporale e spaziale nel numero di nidi e nel numero di cicli completi di nidificazione può essere correlata con differenti cause. Un ulteriore fattore che influisce sul successo nella nidificazione è rappresentato dall'azione del moto ondoso (Raventos, 2004). È stato osservato che nei labride *Symphodus roissali*, la percentuale di nidi che riescono a resistere per l'intero ciclo di nidificazione aumenta quando prevalgono condizioni del mare favorevoli (per esempio, altezza delle onde < 1 metro) per un tempo sufficientemente lungo (min. 1 settimana). Queste condizioni permettono l'inizio della costruzione del nido e il completamento di tutti gli stadi del ciclo, senza soffrire gli effetti di perturbazioni esterne. Quindi periodi sufficientemente protratti nel tempo di condizioni del mare favorevoli, permettono il completamento del ciclo di nidificazione, ed è in corrispondenza di questi periodi che si ha la massima produzione larvale. In uno studio successivo Raventos (2006) ha provato a determinare una relazione tra il successo nella nidificazione in *S. roissali*, e alcune caratteristiche del sito come la profondità, la pendenza del substrato, il grado di esposizione alle onde, e la prossimità ai margini (zone di transizione tra due tipologie di substrato). Si è visto che l'effetto delle onde

nelle aree poco profonde è significativo, indipendentemente dall'orientazione del nido. Queste osservazioni dimostrano come la qualità di un sito di nidificazione sia determinata da numerose variabili ambientali, biotiche e abiotiche. È anche evidente che la percezione della qualità è specie-specifica, e se una caratteristica può aumentare la qualità del nido per una determinata specie, può rappresentare uno svantaggio per un'altra. Per esempio l'occultamento può essere visto come elemento di qualità del nido in alcune specie particolarmente vulnerabili alla predazione, mentre può risultare svantaggioso in altre specie in cui è più importante il grado di visibilità per i partner, come nel caso di *Spinachia spinachia* (Östlund-Nilsson, 2000). Esistono inoltre differenze nella percezione di qualità per un nido e per il sito di nidificazione, e di conseguenza nella loro scelta, nell'ambito di una stessa specie. Tali differenze possono essere dovute alla presenza di particolari fattori locali in regioni geografiche diverse.

OBIETTIVI

Come accennato nei precedenti paragrafi, nella complessa strategia riproduttiva delle specie nidificanti intervengono diverse componenti ecologiche abiotiche (i.e. caratteristiche fisiche del substrato) e biotiche (i.e. disponibilità di specie algali) che potrebbero assumere un ruolo importante nel successo riproduttivo. Questo ha permesso la formulazione di diverse ipotesi sul ruolo di queste componenti la cui analisi costituisce lo scopo del presente progetto di ricerca usando come modello il labride *Symphodus ocellatus*.

Nello specifico, le domande ecologiche e gli obiettivi del progetto di dottorato sono:

1. Dalla letteratura sappiamo che *S. ocellatus* costruisce il nido su substrato roccioso (Taborsky et al., 1987), ma poche informazioni sono disponibili riguardo la distribuzione della popolazione nei periodi non riproduttivi. Quindi è stata formulata la seguente domanda:

Nel periodo non riproduttivo si sposta su altri habitat (i.e. sabbia e/o P. oceanica)?

Studiare la selezione di habitat della specie è il primo obiettivo della ricerca;

2. *Ad una scala spaziale minore, a livello di microarea, esistono delle variabili che potrebbero influenzare la scelta del sito di nidificazione?*

Il secondo obiettivo, quindi, è quello di indagare sul ruolo dell'habitat nella riproduzione di *S. ocellatus*, studiando i requisiti di habitat per la nidificazione;

3. Il terzo obiettivo è quello di approfondire il ruolo delle risorse usate dal labride per la costruzione del nido studiandone la struttura e la composizione algale.

In questa fase di indagine, inoltre, è stata formulata la domanda: *S. ocellatus seleziona attivamente le specie algali impiegate nella costruzione del nido?*

4. Infine, analizzare il ruolo funzionale delle specie algali presenti nel nido attraverso l'analisi del comportamento meccanico delle specie per rispondere alla domanda:
Perché il labride sceglie determinate specie algali nella costruzione del nido rispetto ad altre?

AREA DI STUDIO

L'area (Fig. 1) prescelta per l'esecuzione del presente studio si trova nelle coste della Sicilia nord occidentale e ricade all'interno dell'Area Marina Protetta di Capo Gallo - Isola delle Femmine (Provincia di Palermo). La scelta dell'area è legata ad una abbondante presenza della specie oggetto di studio e ad una elevata accessibilità della costa che facilita la logistica delle operazioni di campo. Quindi, la presenza dell'AMP è da considerare non funzionale alle ipotesi del progetto. Tuttavia poiché il progetto si propone di studiare e descrivere processi finora poco approfonditi, lo svolgimento delle attività in una AMP può contribuire a restituire dei risultati meno condizionati dall'influenza di variabili di origine antropica.

La zona costiera scelta è caratterizzata da un'elevata eterogeneità del substrato. In particolare nell'infra-litorale superiore (tra 1 e 10 m di profondità), dove si concentrerà lo studio, un elemento caratteristico è rappresentato dall'ampia cintura ad alghe fotofile, dominate da *Cystoseira* spp. e specie appartenenti alla famiglia delle Dictyotacee. Anche le corallinacee *Corallina elongata* Ellis & Solander (1786) e *Jania rubens* (Linneus) Lamouroux, risultano molto abbondanti.

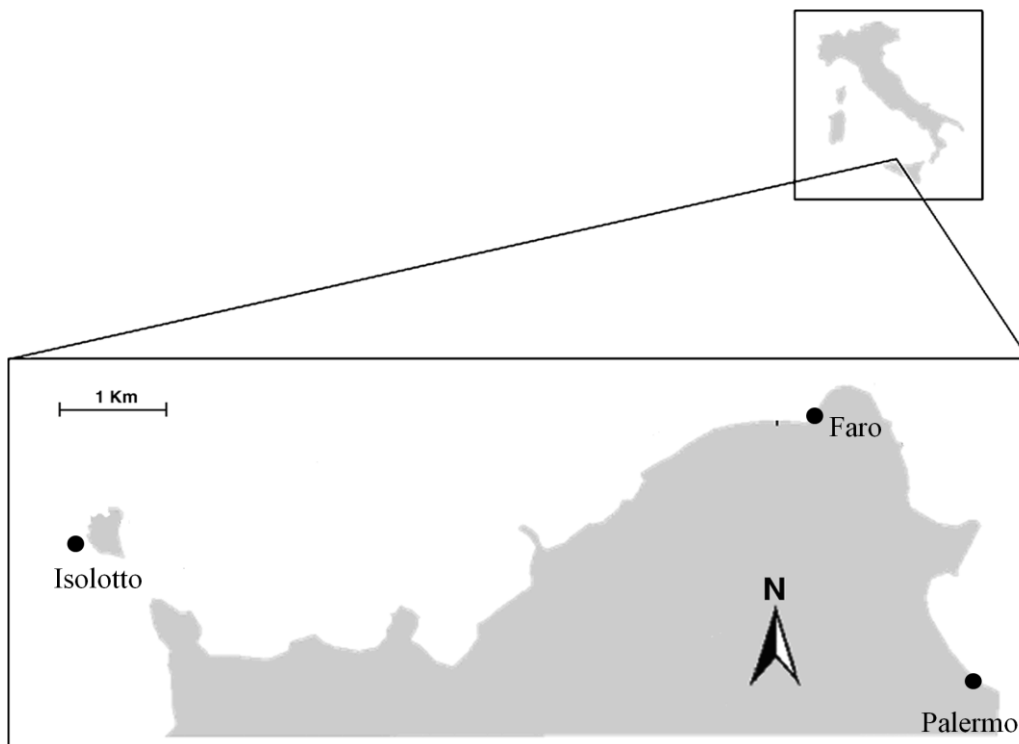


Figura 1 - L'area di studio comprende il tratto di costa che va da Isolotto (Isola delle Femmine) a Faro (Capo Gallo).

LA SPECIE *Symphodus ocellatus* (Forsskål, 1775)

Il tordo ocellato, *Symphodus ocellatus* (Forsskål, 1775), è un labride subtropicale il cui areale va dall'Atlantico orientale al Mar Nero e trova il massimo della sua densità lungo le coste del Mediterraneo (Fig. 2). Questa specie è distribuita a profondità comprese tra 1 e 30 metri e predilige i substrati rocciosi caratterizzati da una fitta copertura algale. Il tordo ocellato può raggiungere una lunghezza massima di 12 cm (Quignard & Pras, 1986). *S. ocellatus* si nutre di crostacei (copepodi, anfipodi e isopodi), foraminiferi e molluschi gasteropodi della fauna bentonica, oltre che di zooplancton quando questo è abbondante.

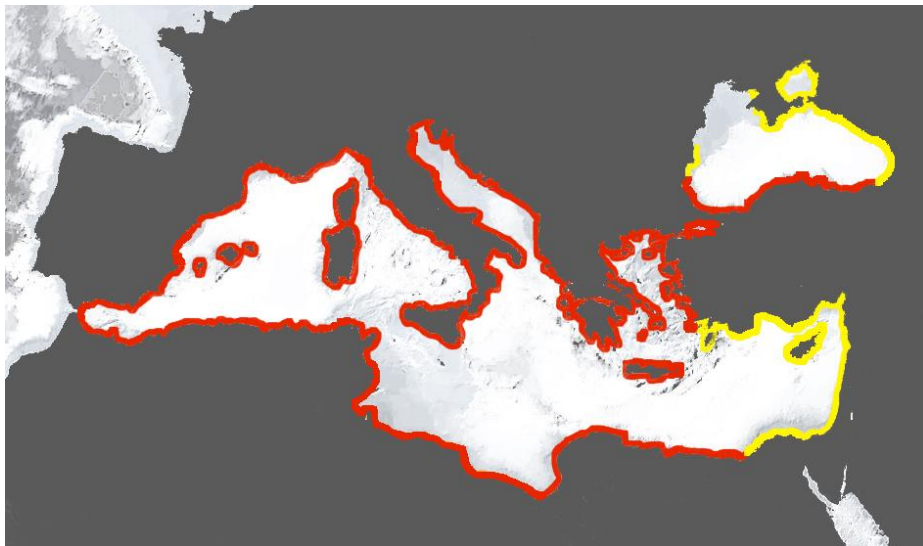


Figura 2 - Distribuzione di *S. ocellatus* nel Mediterraneo e nel Mar Nero (in rosso le zone a densità maggiore, in giallo le zone a densità minore).

Il comportamento riproduttivo

Il comportamento riproduttivo è facilmente osservabile lungo le coste rocciose in acque poco profonde. I maschi più grandi all'interno della popolazione assumono una

colorazione più intensa e brillante poco prima della stagione riproduttiva, mentre i maschi più piccoli e tutte le femmine mantengono la loro colorazione abituale (figure 3 e 4) (Lejeune, 1985). Per molto tempo si è creduto che, come molti altri labridi, questa specie fosse ermafrodita proteroginica, ma uno studio istologico delle gonadi ha dimostrato l'assenza di una inversione sessuale facendola tuttora ritenere a sessi separati (Bentivegna & Benedetto, 1989). La stagione riproduttiva si protrae per circa 2 mesi tra maggio e giugno, sebbene possa variare lungo il gradiente latitudinale in funzione di differenti condizioni termiche. In questo periodo i grandi maschi territoriali costruiscono, in più cicli successivi, dei nidi composti principalmente da macroalghe bentoniche (Lejeune, 1984). Il nido viene realizzato attraverso la raccolta e il trasporto, tramite la bocca, di frammenti di alghe che vengono disposte in una piccola cavità rocciosa circolare del diametro di circa 15 cm e della profondità di circa 12 cm (Soljan, 1930). Le femmine selezionano un nido e vi depongono le uova che sono immediatamente fecondate dal maschio. Avvenuta la fecondazione, il maschio provvede alla protezione ed alla ventilazione delle uova fino alla loro schiusa. Le uova fecondate si sviluppano in 3-4 giorni nel nido prima che diventino larve planctoniche. I maschi, in funzione della taglia e dell'età, assumono un ruolo ed un comportamento differente nell'ambito del processo riproduttivo (Alonzo et al. 2000; Taborsky et al., 1987). Per *S. ocellatus* sono state individuate quattro tipologie di maschi con quattro tipologie di comportamento (Taborsky, 1994):

- *'bourgeois'*, territoriali, costruttori o *'nest builder'*, di taglia maggiore, che costruiscono il nido e sviluppano cure parentali;

- Satelliti, o *'helper'*, di taglia intermedia, che collaborano con i costruttori nella difesa del nido contro i riproduttori parassiti e partecipano alla fecondazione delle uova;
- Parassiti, o *'sneaker'*, di piccola taglia, che fecondano le uova deposte nei nidi costruiti da altri maschi;
- non riproduttori, che sono troppo piccoli per partecipare alla riproduzione.

I maschi sono non riproduttori, parassiti o satelliti nelle loro prime stagioni riproduttive, mentre gli individui di almeno due anni possono essere satelliti o territoriali (Taborsky, 1998; Alonzo, 2004; Alonzo & Warner, 1999; 2000; Alonzo et al., 2000). Non è ancora ben chiaro se l'adozione di uno di questi comportamenti sia dovuto all' influenza di fattori ambientali sui singoli individui, o se esiste una determinazione genetica del tipo di maschio riproduttore. Alonzo et al. (2000) individuano un certo grado di plasticità dal momento che i maschi cambiano comportamento riproduttivo nel corso degli anni. Questa plasticità, e quindi l'adozione di una determinata tattica riproduttiva, è attribuita a una regolazione da parte dell'ambiente che influenza l'accrescimento degli individui, e quindi il raggiungimento della taglia di maturità sessuale, anche se non si può escludere una determinazione a livello genetico (Alonzo et al., 2000). I maschi satelliti traggono beneficio dall'accesso alla fecondazione delle uova, ma non partecipano alla loro covata o alla difesa dai predatori. I maschi *'nest builders'* possono completare fino a 5 cicli di nidificazione nel corso del periodo riproduttivo, e questi cicli non sono sincronizzati con l'attività degli altri maschi. Dopo la fecondazione curano la prole per 3-5 giorni, prima che le uova si schiudano e si disperdano le larve pelagiche (Alonzo & Heckman, 2010). Quindi scelgono un altro sito nelle vicinanze, costruiscono un nuovo nido e iniziano un altro ciclo di nidificazione (Taborsky et al., 1987). Mentre la maggior

parte dei maschi costruttori si dedicano alle cure parentali, circa un terzo dei maschi abbandona le uova prima che schiudano, causandone l'immediata predazione da parte dei conspecifici e di altri predatori (Taborsky et al., 1987). Le femmine non depongono tutti i giorni e solo in brevi periodi di tempo durante il giorno (Levi et al. 2005), durante i quali visitano diversi nidi prima di selezionarne uno per la deposizione (Taborsky et al., 1987). Le femmine, inoltre, sembrano evitare la deposizione con i piccoli maschi, anche se di solito depongono nei nidi in cui sono presenti 'sneaker' perché la loro presenza è indice di alto tasso di accoppiamento (Alonzo, 2004; Alonzo & Warner, 2000; Van den Berghe, 1992). Durante il periodo riproduttivo, oltre alle accennate interazioni intraspecifiche, si assiste ad interazioni interspecifiche, che riguardano fenomeni di predazione, soprattutto con individui cogenerici o altri labridi come *Coris julis* (Linnaeus, 1758), *Thalassoma pavo* (Linnaeus, 1758) e *Labrus bergylta* (Ascanius, 1767) (Taborsky et al., 1987).



Figura 3 - Individuo maschio *nest builder* di *S. ocellatus* sul nido.



Figura 4 - Individuo femmina di *S. ocellatus*.

SELEZIONE DI HABITAT

Introduzione

Durante le indagini preliminari del progetto di dottorato, sono state effettuate delle osservazioni in campo circa la distribuzione spaziale dei nidi. In particolare, da un censimento degli stessi all'interno dell'area di studio è emerso che i nidi non erano distribuiti uniformemente all'interno dell'area ma al contrario, sebbene siano stati tutti rinvenuti su substrato roccioso erano più abbondanti in alcune località rispetto ad altre.

Nella prima parte della tesi, quindi, si è proposto di raccogliere le informazioni riguardanti l'uso del territorio, in particolare la selezione dell'habitat del *Symphodus ocellatus* in un'area della Sicilia occidentale. Scopo di questo studio, quindi, è stato quello di esaminare la selezione di habitat del tordo ocellato, confrontando i diversi ambienti disponibili e il periodo di riproduzione. Nello specifico, si è ipotizzato che: 1) esaminando tre substrati (sabbia, roccia e *P.oceanica*), esistono delle differenze fra il periodo non-riproduttivo e riproduttivo in termini di numero medio di individui; 2) esistono, inoltre, differenze fra località nei tre substrati esaminati.

Materiali e metodi

Lo studio è stato condotto durante l'anno 2010 lungo le coste della Sicilia occidentale (Fig. 5).

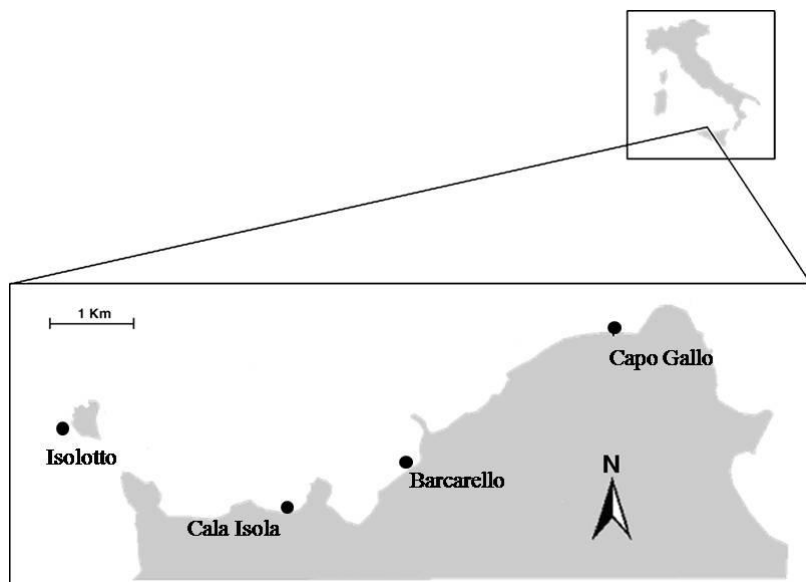


Figura 5 - Area di studio e località di campionamento.

Per stimare la presenza e la distribuzione degli individui di *Symphodus ocellatus* è stato sviluppato il disegno sperimentale mostrato in figura 6.

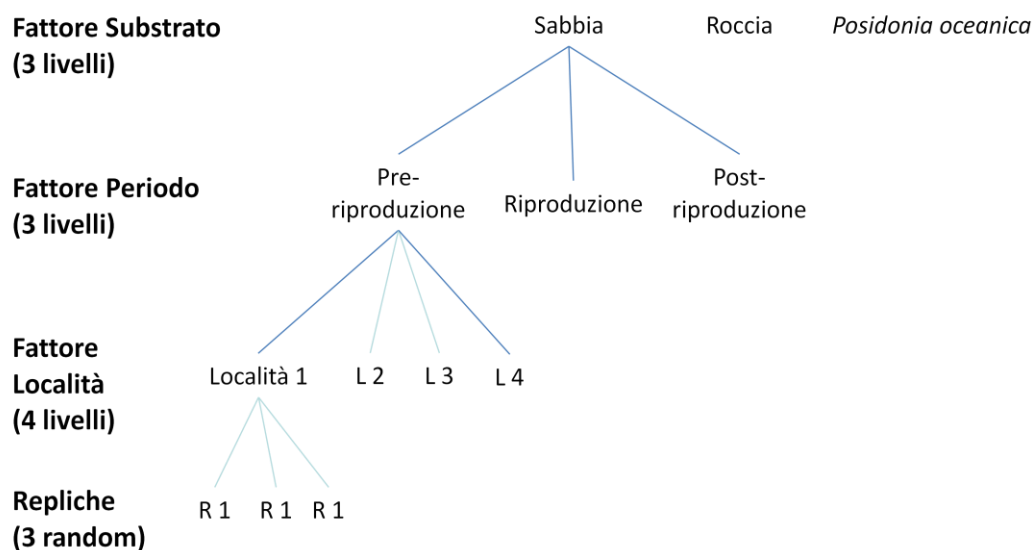


Figura 6 - Disegno sperimentale per lo studio di selezione di habitat

Per il fattore *Substrato* sono stati scelti tre livelli: substrato sabbioso, substrato roccioso e *Posidonia oceanica*. Per testare l'ipotesi che gli individui di *S. ocellatus* durante i periodi non riproduttivi si spostano in ambienti diversi da quelli di nidificazione, è stato inserito il fattore *Periodo* con tre livelli: pre-riproduzione, riproduzione e post riproduzione. I campionamenti sono stati svolti, quindi, in tre mesi. Considerando che il periodo riproduttivo va da maggio ad agosto Per il periodo pre riproduzione è stato scelto il mese di aprile, per il periodo riproduttivo è stato scelto il mese di luglio, ed infine, per il periodo post riproduttivo il mese di settembre. Il fattore località è stato inserito sulla base di osservazioni preliminari le quali indicano che in alcune località, sebbene il substrato sia roccioso i nidi non erano presenti.

I dati sono stati raccolti tramite tecniche non-distruttive basate sul censimento visivo, "UVC" (Underwater-Visual-Census). In questo caso è stato scelto il metodo del punto fisso (Harmelin-Vivien e Harmelin, 1975; Harmelin et al., 1985; Thresher e Gunn, 1986; D'Anna et al., 1999).

E' stata adottata una versione modificata del metodo utilizzato da D'Anna et al., 1999. Utilizzando una cima piombata, si è definito un cilindro ideale. Il raggio della base del cilindro è pari a 5 m. L'altezza del cilindro, essendo la profondità di 5 m il limite inferiore dello studio è stata adottata un'altezza standard di 2 metri. La raccolta dei dati è avvenuta seguendo un protocollo che prevedeva un tempo di attesa fissato in 3 minuti dopo l'immersione. Successivamente si procedeva al censimento degli individui di *S. ocellatus* all'interno del volume campionario per un tempo di 5 minuti. Ogni censimento rappresenta l'unità campionaria di base che è stata replicata per i quattro fattori considerati nel disegno sperimentale, per un totale di 108.

I dati sono stati espressi come media \pm D.S. Per testare la significatività delle differenze osservate è stata utilizzata l'Analisi della Varianza (ANOVA).

Risultati

In totale sono stati censiti 162 individui. Durante il periodo pre riproduzione (Fig. 7) il numero di individui maggiore è stato registrato nella località Barcarello su substrato roccioso (8 ± 4.4), e nella località Cala Isola (7.7 ± 1.5). Mentre, nessun individuo è stato registrato nelle due località di Isolotto e Capo Gallo e su substrato sabbioso.

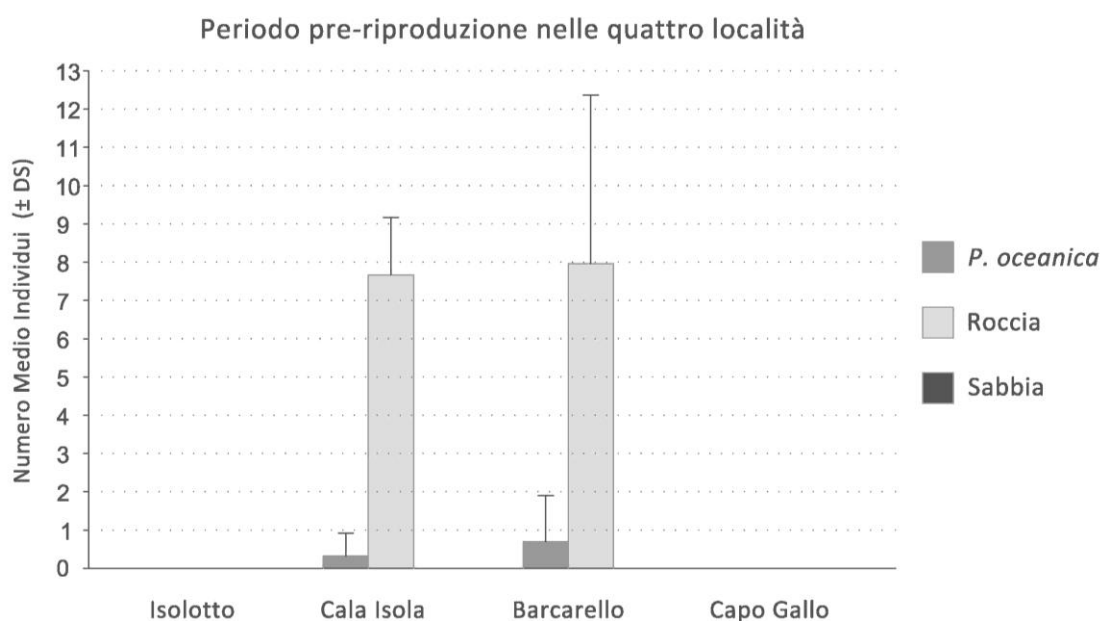


Figura 7 - Numero medio (\pm DS) degli individui di *S. ocellatus* nelle quattro località durante il periodo pre riproduzione.

In figura 8 sono riportati i risultati relativi la stagione riproduttiva. Anche in questo caso, la maggior parte degli individui si trovava nelle località Barcarello e Cala Isola su substrato roccioso (9 ± 1 ; 9 ± 2.6).

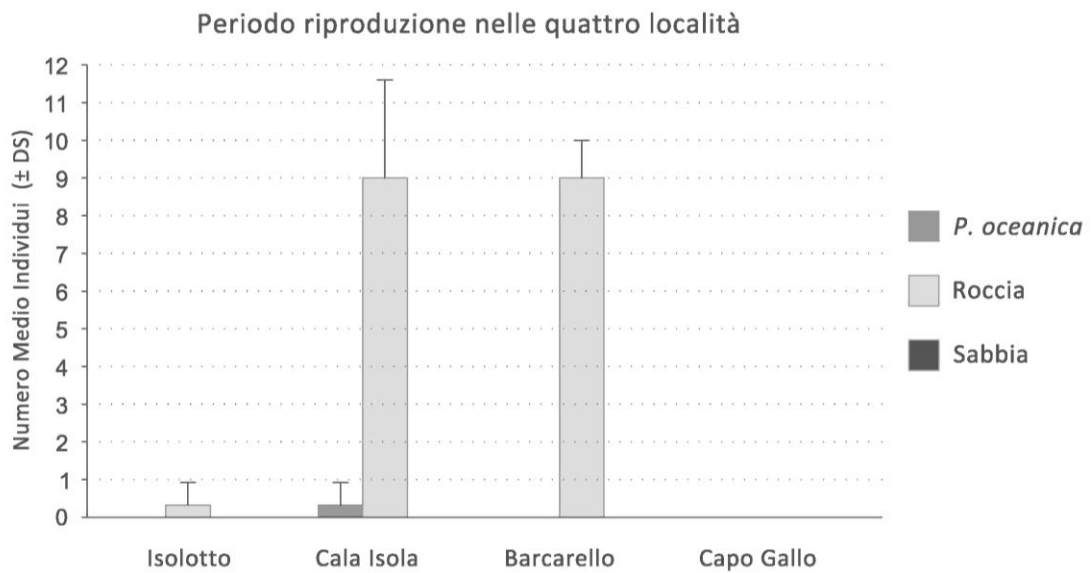


Figura 8 - Numero medio (\pm DS) di individui nelle quattro località durante il periodo di riproduzione.

Infine, anche nel periodo post riproduzione (Fig. 9) la maggior degli individui si trovava nelle due località “elettive”, Cala Isola e Barcarello (10 ± 4.4 ; 8 ± 4.4). E anche in quest’ultimo caso, nessun individuo è stato registrato nelle rimanenti località e su substrato sabbioso.

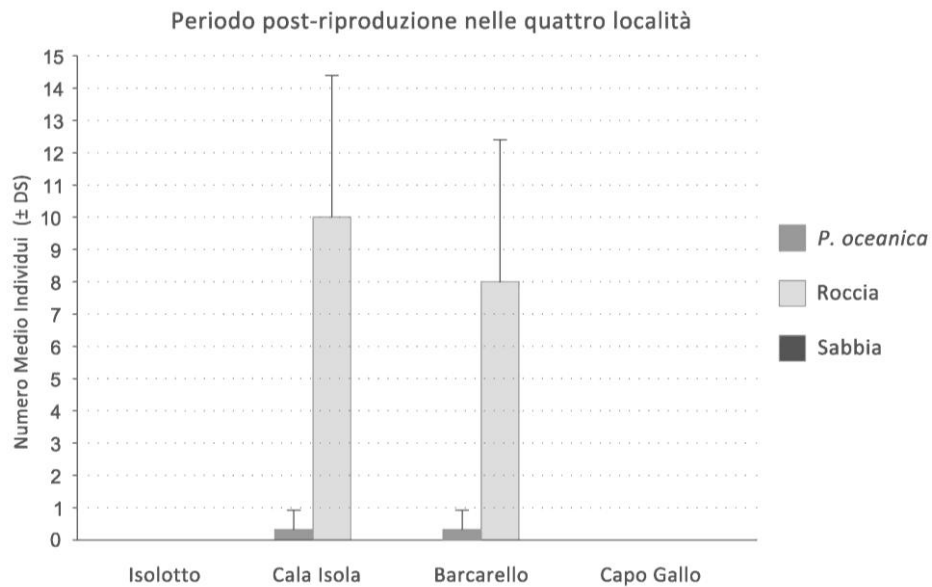


Figura 9 - Numero medio (\pm DS) di individui nelle quattro località durante il periodo post riproduzione.

L'ANOVA ha mostrato differenze statisticamente significative nell'interazione fra i fattori Località e Substrato (tabella 1). In particolare, ha messo in evidenza che *S. ocellatus* ha sempre densità maggiori nelle località di Barcarello e Cala Isola e nel substrato roccioso (tabella 1 SNK test). Inoltre, la mancanza di differenze significative nel fattore periodo indica che *S. ocellatus* ha densità maggiori a Cala Isola e Barcarello nei tre periodi esaminati, pre-riproduzione, riproduzione e post riproduzione.

Tabella 1 - Analisi della varianza e SNK test.

Source	SS	DF	MS	F	P	F versus
Periodo	0,4763	2	0,2381	0,06	0,9418	RES
Località	1003,2122	3	334,4041	84,33	0	RES
Substrato	1610,2851	2	805,1426	203,04	0	RES
Periodo X Località	5,2617	6	0,877	0,22	0,9688	RES
Periodo X Substrato	10,3787	4	2,5947	0,65	0,6257	RES
Località X Substrato	1490,0716	6	248,3453	62,63	0	RES
Periodo X Località X Substrato	13,698	12	1,1415	0,29	0,9896	RES
RES	285,5063	72	3,9654			
TOT	4418,89	107				

SNK TEST			
Località (Substrato)			
Sabbia	<i>Posidonia oceanica</i>	Roccia	
Isolotto = C. Isola = Barcarello = C. Gallo	Isolotto = C. Isola = Barcarello = C. Gallo	C. Isola = Barcarello > Isolotto = C. Gallo	
Substrato (Località)			
Isolotto	Cala Isola	Barcarello	Capo Gallo
Sabbia = <i>P. oceanica</i> = Roccia	Roccia > <i>P. oceanica</i> = Sabbia	Roccia > <i>P. oceanica</i> = Sabbia	Sabbia = <i>P. oceanica</i> = Roccia

Conclusioni

In questo studio è stata esaminata la selezione di habitat del tordo ocellato, confrontando diversi ambienti disponibili (substrato roccioso, substrato sabbioso e *P. oceanica*), e il periodo di riproduzione (pre riproduzione, riproduzione e post riproduzione). I risultati indicano che nell'età adulta *S. ocellatus* predilige i substrati rocciosi. Uno studio condotto da Garcia & Macpherson (1995), riporta che il reclutamento larvale di *S. ocellatus* avviene sia su fondali rocciosi con un alta copertura algale ma anche, in misura ridotta, su *P. oceanica* da luglio a settembre. Quindi, a parte la fase larvale che è

pelagica (Raventos & Macpherson, 2005), la specie svolge il suo intero ciclo vitale prevalentemente su fondali rocciosi.

Dal nostro studio è emerso che un numero relativamente basso di individui è stato trovato su *P. oceanica* e nessuno su substrato sabbioso.

Inoltre, dal confronto di diverse località a substrato roccioso è emerso che gli individui in tutti e tre i periodi si trovavano solo in alcune di queste. Questo potrebbe essere dovuto alla presenza di fattori locali capaci di influenzare fortemente la distribuzione della popolazione. Ulteriori indagini sono necessarie per approfondire questo aspetto legato alla distribuzione e potranno determinare quali siano tali fattori.

REQUISITI DI HABITAT PER LA SCELTA DEL SITO DI NIDIFICAZIONE IN *SYMPHODUS OCELLATUS* (FORSSKAL)

Introduzione

In alcune specie ittiche costiere le uova non sono deposte casualmente, ma in siti, preselezionati entro un certo range, che potrebbero offrire una qualche forma di protezione per i pesci e la prole (Potts, 1989). La scelta di un sito di riproduzione è, quindi, un processo che può avere un forte impatto sulla fitness (Boulinier et al. 2008) e i fattori ambientali, sia abiotici che biotici, possono assumere un importante ruolo. I meccanismi della selezione del sito sono molto studiati in taxa quali gli uccelli per i quali è disponibile un'ampia letteratura. Si è visto ad esempio che negli uccelli la selezione del sito di nidificazione si è sviluppata principalmente come una difesa contro i predatori dei nidi (Martin, 1992). Per quanto riguarda le specie ittiche marine che durante la riproduzione costruiscono il nido, i meccanismi di selezione del sito sono ad oggi poco conosciuti ed una valutazione dei requisiti di habitat è un importante passo per la definizione di tali meccanismi.

In generale, i requisiti di habitat per alcune specie ittiche sono stati studiati attraverso un approccio correlativo fra una serie di variabili ambientali sia biotiche che abiotiche e l'abbondanza della specie (La Mesa et al., 2002; Letourneur et al., 2003).

Lo scopo di questo studio è quello di valutare i requisiti di habitat per la scelta del sito di nidificazione usando come modello il labride *Symphodus ocellatus* (Forsskal).

Materiali e metodi

I campionamenti sono stati eseguiti durante la stagione estiva 2009 all'interno dell'area già descritta (Fig. 10).

Da un'indagine preliminare, svolta all'interno dell'area di studio, è emerso che la maggior parte dei nidi si trovava ad una profondità compresa fra 1 e 5 metri. Per ottimizzare il campionamento, questa profondità è stata scelta come limite inferiore per il presente studio.

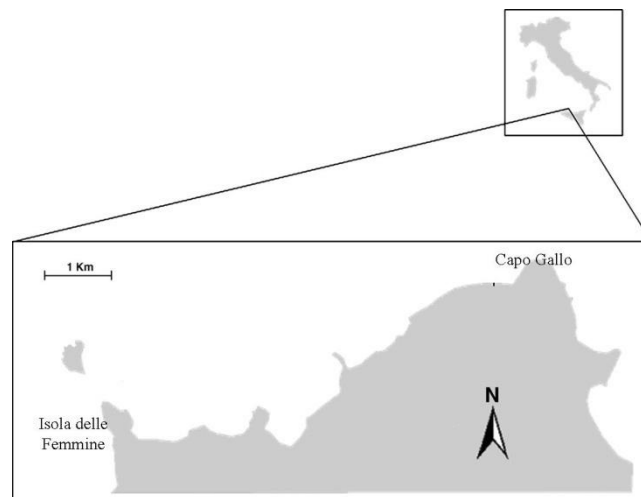


Figura 10 - Area di studio, Mar Tirreno meridionale.

Tramite osservazioni subacquee sono stati raccolti i dati relativi ad un numero elevato di nidi, seguendo un protocollo standardizzato. In particolare, sono stati eseguiti, in immersione, dei percorsi con la finalità di coprire integralmente le località scelte all'interno dell'area di studio. Durante il campionamento, per ciascun nido, sono state registrate le seguenti variabili biotiche e abiotiche: pendenza del substrato; presenza (in percentuale su un'area circolare di 9 m² intorno al nido) dei più abbondanti taxa algali (i.e Dictyotales, *Cystoseira* sp. e *Jania rubens*); presenza di substrato sabbioso;

profondità del nido (in metri); tipo di cavità usata per la costruzione del nido (cavità/buco); altezza media (in cm) della *canopy* algale che circondava il nido. Tutte le variabili sono state espresse in ranghi numerici (Tab. 2).

Tabella 2 - Sommario delle variabili ordinate per rango utilizzate per descrivere le caratteristiche dell'habitat di nidificazione

Set di variabili	Ranghi					
	0	1	2	3	4	5
Profondità (m)	0	1-1,8	1,9-2,6	2,7-3,4	3,5-4,2	4,3-5
Cavità/Buco	-	Cavità	Buco			
Altezza Canopy (cm)	0	2-7,6	7,8-13,2	13,3-18,9	19-24,6	24,7-30,3
Pendenza del substrato (°)	0	31-60	31-60	61-90	-	-
% Dictyotales	0	1-22,5	22,6-45	46-67,5	67,6-90	-
% <i>Cystoseira</i> sp.	0	17-32	21-40	41-60	61-80	-
% <i>Jania rubens</i>	0	1-17,5	17,6-35	36-52,5	52,6-70	-
% Sabbia	0	9 - 16	17-24	21-30	31-40	-

Analisi dei dati

L'influenza delle variabili abiotiche e biotiche sui requisiti di habitat del sito di nidificazione del *S. ocellatus* è stata studiata attraverso l'analisi delle coordinate principali PCO (Principal Coordinate Analysis) (Gower, 1966). Questa restituisce graficamente i punti che rappresentano i campioni in un spazio bidimensionale. Il suo uso è indicato nei casi in cui non si hanno ipotesi predefinite e si vogliono eleggere le variabili che maggiormente influenzano la dissimilarità fra i campioni (Anderson et al., 2008).

La matrice dei dati bruti, trasformata usando la radice quadrata, è stata successivamente usata per ricavare una matrice di similarità basata sull'indice di distanza del "Chi-quadro". Questa tecnica è stata usata precedentemente per lo studio dei requisiti di habitat in specie ittiche (La Mesa et al., 2002). Il grafico, oltre a determinare

l'ordinamento dei campioni, fornisce una sovrapposizione delle variabili che risultano anch'esse correlate con i due assi principali. Le elaborazioni sono state eseguite tramite l'uso del software PERMANOVA + for PRIMER (Anderson 2003; 2005).

Risultati

L'indagine preliminare sulla distribuzione dei nidi lungo la profondità (n=102) ha mostrato che la maggior parte di questi si trovava entro i 5 metri e lo schema di distribuzione è mostrato in figura 11.

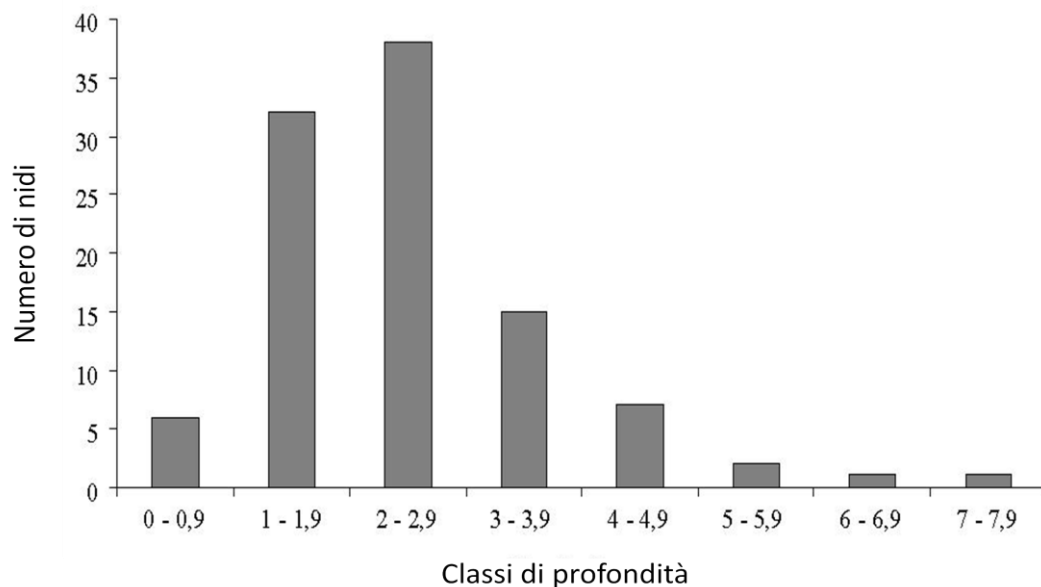


Figura 11 - Distribuzione dei nidi lungo le classi di profondità nell'intera area di studio (n=102).

Per la definizione dei requisiti di habitat, sono stati campionati in totale 84 nidi. Questi erano molto più abbondanti nelle località di Cala Isola (n=32), Barcarello (n=19) e Pietra Tara (n= 30) (Tab. 3)

Tabella 3 - Numero di nidi censiti.

Località	Numero di nidi
Cala Isola	32
Isolotto	1
Barcarello	19
Pietra Tara	30
Punta Barcarello	2
Totale	84

Le medie e le deviazioni standard delle variabili considerate per gli 84 nidi sono riportate in tabella 4.

Tabella 4 - Sommario delle variabili (media, deviazione standard, n=84).

Variabile	Media	DS
Profondità (m)	2,68	0,93
Altezza <i>Canopy</i> (cm)	11,69	5,89
Pendenza del substrato (°)	56	22
% Dictyotales	46,55	22,65
% <i>Cystoseira</i> sp.	24,58	20,18
% <i>Jania rubens</i>	18,39	19,64
% Sabbia	1,55	6,35

I risultati del modello di distribuzione delle variabili è mostrato in figura 12. Nella PCO i primi due assi hanno spiegato il 41,2% della varianza totale (PCO1 23,9%; PCO2 17,3%). Le variabili *J. rubens*, Dictyotales, *Cystoseira* sp. e *canopy* sono risultate quelle che maggiormente influenzano la distribuzione dei campioni. I campioni, inoltre, sono risultati principalmente concentrati in corrispondenza dei vettori relativi alle due variabili Dictyotales e *Canopy*.

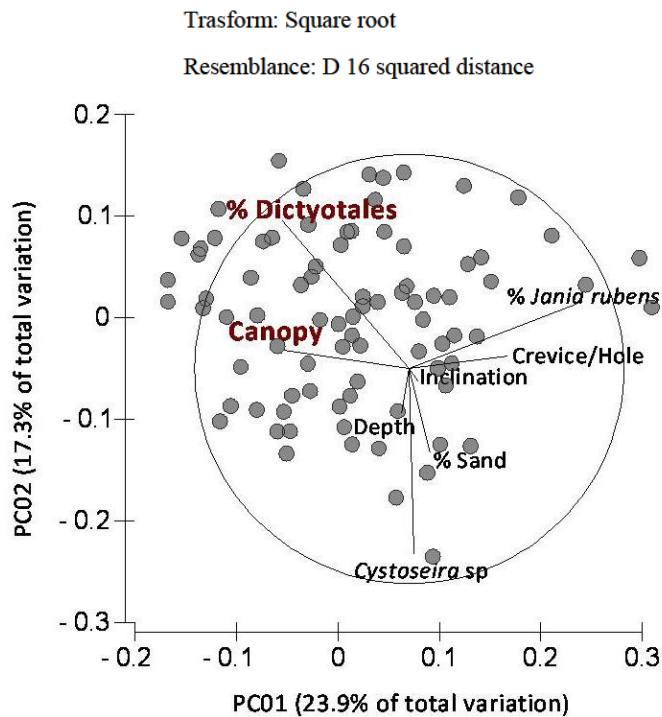


Figure 12 - Risultati della PCO (Principal Coordinate Analysis), modello di distribuzione dei nidi e delle variabili.

Conclusioni

In questo studio per la prima volta sono stati descritti i requisiti di habitat per il sito di nidificazione in *S. ocellatus*.

I risultati sembrano indicare che fra le variabili esaminate per la scelta del sito di nidificazione, la presenza di Dictyotales e di forme algali a *canopy* alta sono requisiti elettivi. Al contrario, le altre variabili assumono un ruolo casuale o non sono risultate sufficienti per spiegare una preferenza. Il risultato relativo alla presenza di Dictyotales appare in accordo con quanto trovato da Lipej et al., (2009), i quali avevano osservato che le specie del genere *Dictyota* (*D. dichotoma* e *D. linearis*) erano le più rappresentate nel microhabitat intorno ad ogni nido studiato, tralasciando tuttavia l'aspetto relativo

alla *canopy*. Dal nostro studio quest'ultima variabile appare essere un ulteriore requisito elettivo per la scelta del sito di nidificazione, e sembra che costituisca una forma di protezione del nido. Le alghe a *canopy* alta potrebbero infatti rappresentare una barriera fisica per l'attenuazione del moto ondoso, che secondo Raventos (2004) è il fattore che più influenza il successo della nidificazione in *S. roissali*. Candolin & Voigt (1998) individuano invece nel rischio predatorio il fattore principale che influenza la scelta del sito di nidificazione. In questo senso le alghe erette potrebbero determinare una diminuzione della visibilità del nido che risulterebbe vantaggiosa contro le incursioni di maschi conspecifici e di predatori. Già in altri studi condotti su altre specie ittiche nidificanti era stata dimostrata, per la costruzione del nido, la preferenza di siti nascosti dalla copertura di macrofite. Kraak et al., (2000) per esempio avevano osservato che i maschi di *Gasterosteus aculeatus* preferivano costruire i loro nidi in siti resi poco visibili dalla presenza di alghe erette. Questa condizione infatti diminuisce la predazione delle uova e la loro fecondazione da parte di maschi 'sneaker', e determina un aumento del successo riproduttivo dal momento che i maschi costruttori possono destinare più tempo all'accoppiamento e alle cure parentali (Sargent & Gebler, 1980; Candolin & Voigt, 1998; Kraak et al., 2000). La funzione protettiva risulterebbe vantaggiosa soprattutto nei periodi in cui il maschio deve allontanarsi dal nido per la ricerca di nuovo materiale per la costruzione o per la ricerca di cibo, come ipotizzato da Potts (1985) per *S. melops*. Tuttavia un nido posizionato in una zona eccessivamente riparata potrebbe anche rappresentare uno svantaggio per il successo riproduttivo di *S. ocellatus*, sia a causa di una diminuzione del flusso dell'acqua e quindi dell'ossigenazione, sia per una diminuzione del grado di visibilità per i potenziali partner (Lejeune, 1985; Mori, 1995). Nel nostro caso le caratteristiche ideali per la scelta del sito di nidificazione

corrispondono con la presenza di alghe a *canopy* alta e di Dyciotales, mentre le altre variabili come la pendenza del substrato e la presenza di sabbia non sono risultate essere oggetto di preferenza. Questi risultati suggeriscono che le caratteristiche ambientali locali del sito investigato potrebbero spingere i maschi costruttori alla scelta di siti in cui queste variabili sono più presenti. I maschi costruttori potrebbero dunque scegliere il sito ottimale per la nidificazione in seguito a una valutazione di costi e benefici, che varia in relazione alle caratteristiche peculiari delle diverse località. Il presente studio rappresenta un primo passo verso la comprensione dei meccanismi che regolano il processo riproduttivo e la selezione dell'habitat di nidificazione in specie ittiche nidificanti. In particolare, queste prime analisi mostrano che le specie algali a *canopy* alta possono fornire una forma di protezione al nido. Studi futuri potranno determinare se questa protezione è collegata alla bassa visibilità del nido dai predatori o se le alghe erette hanno un ruolo nella mitigazione del moto ondoso.

Inoltre, i risultati sulla distribuzione dei nidi all'interno dell'area di studio hanno messo in luce che questi erano molto più abbondanti in alcune località rispetto ad altre. Quindi, possiamo assumere che ci sono dei fattori locali che possono fortemente influenzare la distribuzione dei nidi. Queste osservazioni necessitano di ulteriori indagini. Uno *step* futuro dello studio potrebbe avere lo scopo di identificare, a scala di località, quali fattori possono influenzare la presenza e l'abbondanza dei nidi.

COMPOSIZIONE E SELEZIONE DELLE SPECIE ALGALI USATE DAL LABRIDE *SYMPHODUS OCELLATUS* (FORSSKAL, 1775) PER LA COSTRUZIONE DEL NIDO

Introduzione

La costruzione del nido e le cure parentali sono molto diffuse nelle specie ittiche che vivono in ambienti turbolenti e variabili come le zone costiere. Questo particolare tratto del comportamento riproduttivo può aumentare il benessere ed i tassi di sopravvivenza della prole attraverso la protezione dai predatori e grazie alla ventilazione delle uova (Potts, 1985). Mentre in alcune specie la costruzione del nido è un comportamento relativamente semplice in quanto le uova vengono deposte sul substrato e poca o nessuna protezione supplementare è fornita, in altre, come *Symphodus ocellatus*, raggiunge un elevato grado di complessità (Taborsky et al., 1987). I meccanismi che sono alla base della preferenza e della selezione delle specie algali per la costruzione del nido sono ancora poco conosciuti. È poco chiaro, infatti, se esiste una selezione attiva delle specie algali o, semplicemente, se l'utilizzo di queste è dovuto alla loro disponibilità all'interno dell'area di nidificazione.

Questo lavoro rappresenta una prima indagine sulla selezione, sulla struttura e sulla composizione algale del nido in *S. ocellatus*. Inoltre, sulla base di precedenti osservazioni sulla struttura del nido, sarà esaminata l'ipotesi che vi sono differenze in termini di composizione algale, tra la parte superiore e parte inferiore del nido.

Materiali e metodi

Per studiare la struttura e la composizione algale nel nido di *S. ocellatus* è stato sviluppato un disegno sperimentale che prende in esame due fattori: *Sito* e *Porzione del nido* (Fig. 13). Per il fattore *Sito* sono stati scelti due livelli: Barcarello e Cala Isola (entrambi in zona B dell'AMP), in accordo con l'ipotesi per cui non ci sono differenze nei nidi tra i due siti. Il fattore *Porzione del nido* è stato scelto seguendo l'ipotesi secondo cui esistono differenze nella composizione algale tra la porzione superiore e quella inferiore del nido stesso.

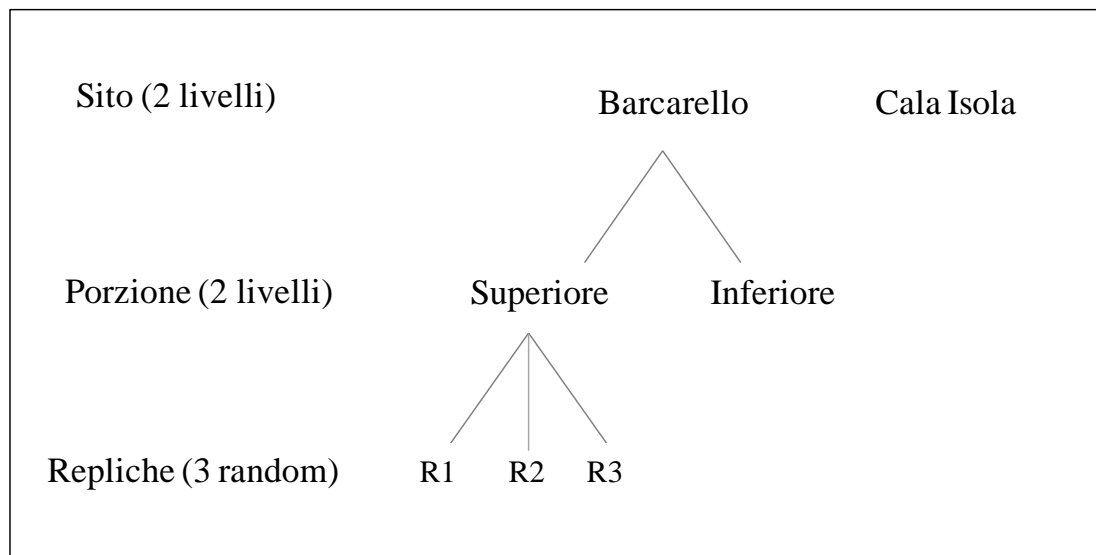


Figura 13 - Disegno sperimentale.

Il campionamento è stato effettuato lungo le coste della Sicilia nord occidentale durante la stagione estiva 2008. In questo periodo sono stati raccolti 12 nidi in due siti, Cala Isola e Barcarello (Fig. 14) e per ciascun nido, tramite il metodo del censimento visivo (English et al., 1994; Halford and Thompson, 1994), sono state caratterizzate e quantificate in termini di copertura percentuale le specie algali presenti nell'area

immediatamente circostante. Tale area era costituita da un cerchio di 2 metri di diametro, centrato sul nido, stabilito sulla base delle distanze medie coperte dai diversi maschi durante la ricerca e il trasporto delle alghe.

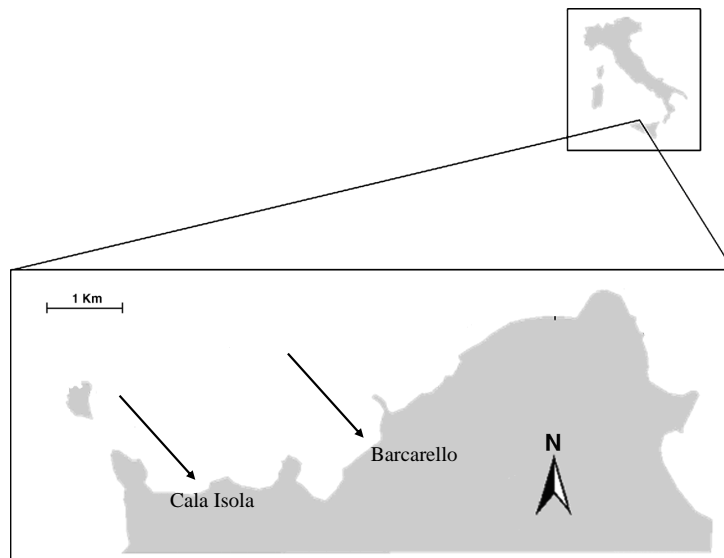


Figura 14 - Area di studio, le frecce indicano i due siti di campionamento: Cala Isola e Barcarello.

In laboratorio ogni nido è stato diviso in due porzioni (superiore e inferiore) e per ogni porzione è stata determinata la composizione algale e il contributo percentuale (in grammi) di ogni taxon. Le osservazioni sono state effettuate con l'ausilio di uno stereoscopio.

Analisi dei dati

Per testare le differenze in termini di composizione algale fra la porzione superiore ed inferiore del nido è stata applicata una PERMANOVA (Anderson, 2003) a due fattori: *Sito* e *Porzione del nido*. La PCO è stata usata per l'ordinamento dei dati. Questa restituisce graficamente i punti che rappresentano i campioni in uno spazio

bidimensionale basato su distanze euclidee. Il suo uso è indicato nei casi in cui non si hanno ipotesi prestabilite e si vogliono eleggere le variabili che maggiormente influenzano la dissimilarità fra i campioni (Anderson et al., 2008).

Per descrivere la selezione delle alghe usate dal labride per la costruzione del nido in riferimento alle specie disponibili nell'area è stato usato l'indice di selettività di Strauss (Unger and Lewis, 1983) secondo la formula:

$$S = Sp - Ds$$

dove S varia da 1 a -1, Sp è la percentuale delle specie in ciascun nido e Ds è la disponibilità percentuale di specie in ciascuna area intorno al nido. Il valore positivo di S indica una selezione attiva verso una determinata specie algale, sebbene nell'area in prossimità del nido essa sia poco rappresentata. I valori negativi di S indicano, invece, una bassa preferenza, nonostante l'alga si presenti abbondante nell'area circostante. Valori prossimi a 0 di S indicano che la selezione è casuale.

L'indice S è stato calcolato per ciascuna specie algale ed espresso come valore medio per i 12 nidi esaminati.

Risultati

L'analisi dei 12 nidi ha messo in luce la presenza di 19 taxa di alghe e 1 specie di fanerogama (*Posidonia oceanica*) usate dal tordo ocellato per la costruzione del nido. Fra questi, 10 erano presenti con elevata frequenza nel nido mentre il resto era costituito solamente da piccoli frammenti dal peso trascurabile (Tab. 5). L'alga calcarea *Jania rubens* è risultata la specie più abbondante, con un contributo del 49% sul peso totale. *Dictyota linearis* (C. Agard) Greville, 1830 e *Lophocladia lallemandii* (Montagne) F.

Schmitz, 1893 sono le seconde specie più abbondanti, rispettivamente con il 12% ed il 10%. Anche trattando statisticamente le due porzioni del nido (superiore ed inferiore) *Jania rubens*, risulta la specie prevalentemente utilizzata nella sua costruzione. Nel confronto fra le due porzioni questa specie ha mostrato valori percentuali maggiori nella porzione superiore (64,72%) rispetto a quella inferiore (43,15%).

Tabella 5 - Composizione algale espressa in media percentuale nei nidi di *Symphodus ocellatus*.

Specie	Contributo %		Totale
	Porzione superiore	Porzione inferiore	
<i>Jania rubens</i>	64,72	43,15	49,2
<i>Dictyota linearis</i>	11,74	12,96	12,53
<i>Lophocladia lallemandii</i>	8,6	12,02	10,97
<i>Laurencia</i> sp.	4,28	4,85	4,75
<i>Cladophora</i> sp.	3,29	12,2	9,91
<i>Amphiroa</i> sp.	1,56	0,62	0,9
<i>Corallina officinalis</i>	0,42	0,5	0,47
<i>Valonia</i> sp.	-	0,19	0,13
<i>Alopterys filicina</i>	-	0,12	0,08
<i>Cystoseira</i> sp.	1,67	4,01	3,3
Altre alghe e fanerogame*	3,73	9,39	7,75

*: *Halymenia floresia*, *Bryopsis plumosa*, *Padina pavonica*, *Hypnea* sp., Gigartinaceae, Ceramiales, *Acetabularia acetabulum*, *Dictyopterys membranacea*, *Liagora viscida*, *Posidonia oceanica*.

La PERMANOVA non ha mostrato differenze fra i siti, mentre l'analisi condotta sulle due porzioni del nido (*Porzione*) ha mostrato differenze statisticamente significative (Tab. 6). Questo indica che la composizione algale varia tra porzione superiore e inferiore, e che tale variazione è indipendente dai siti da cui sono stati prelevati i nidi.

Tabella 6 - Permanova (*Permutation Analysis of Variance*) a due fattori: Sito e Porzione del nido.

Source	df	MS	Pseudo-F
Site	1	705,13	1,967 ns
Portion	1	855,33	2,386*
SixPo	1	100,54	0,28045
Res	20	358,48	
Total	23		

I dati ordinati tramite la PCO hanno messo in evidenza le variabili che spiegano le differenze fra le porzioni superiore ed inferiore: *J. rubens* caratterizza le porzioni superiori dei nidi, mentre *Cystoseira* spp. e *Dictyota linearis* influenzano la composizione in specie delle porzioni inferiori (Fig. 15).

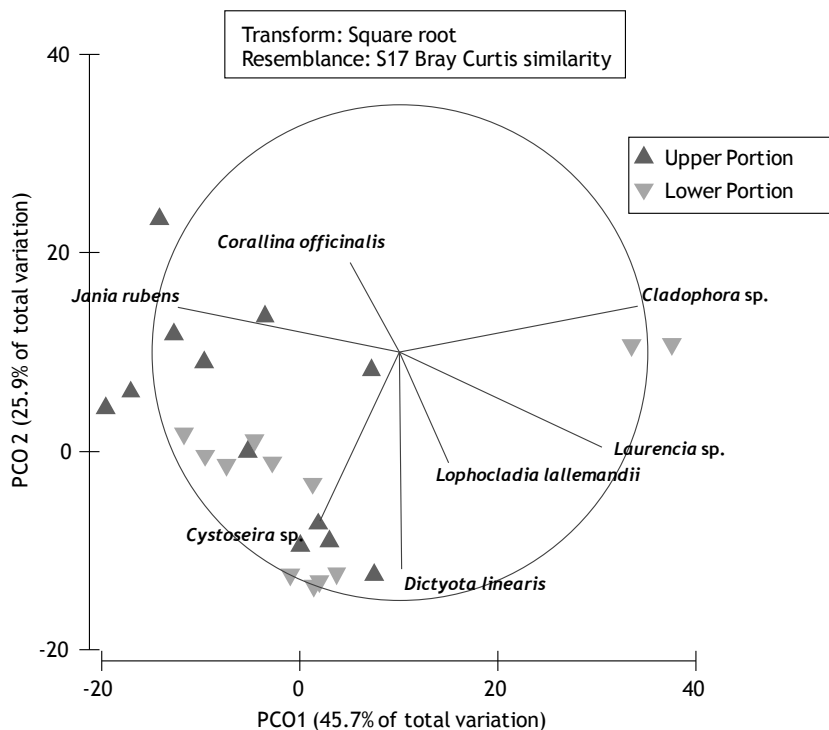


Figura 15 - PCO (Principal coordinate analysis) relativa alle porzioni superiore e inferiore del nido.

L'indice di selettività di Strauss (Fig. 16) ha messo in evidenza una selezione attiva di *S. ocellatus* per *J. rubens* ($S = 0,42 \pm 0,18$), sebbene nell'area in prossimità del nido essa sia poco rappresentata. I valori negativi dell'indice di Strauss per le specie *D. linearis* ($S = -0,33 \pm 0,13$) e *Cystoseira* sp. ($S = -0,26 \pm 0,16$), indicano una bassa preferenza di *S. ocellatus* per queste specie, nonostante siano abbondantemente presenti nell'area circostante. Valori prossimi a 0 di S per le restanti specie algali indicano che la selezione di queste ultime è casuale.

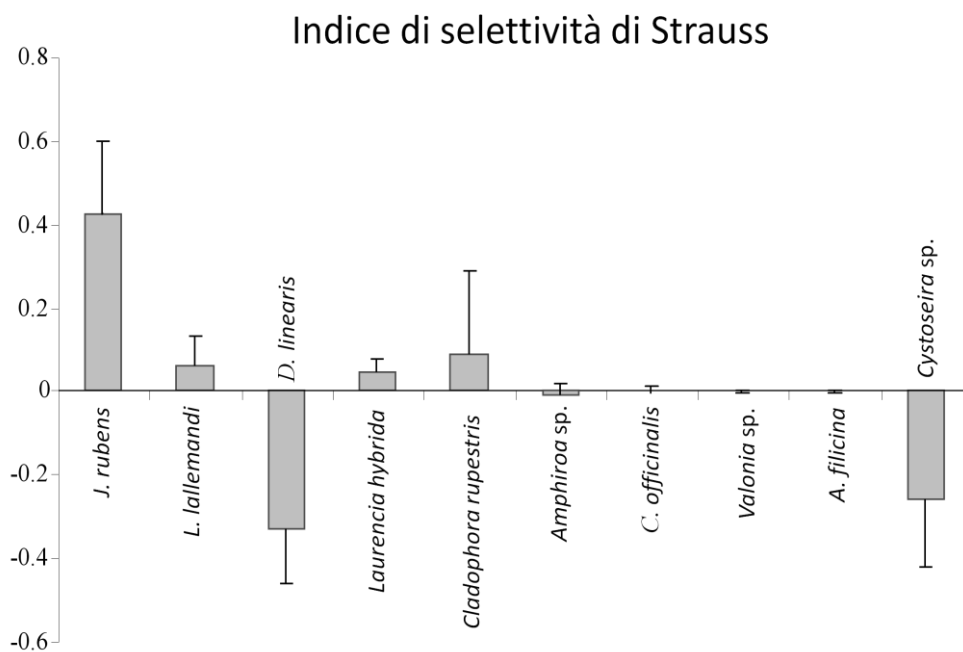


Figure 16 - Medie (\pm DS) dei valori dell' indice di selettività di Strauss per ciascuna specie algale.

Conclusioni

I risultati dello studio hanno messo in evidenza alcuni fattori caratterizzanti i nidi di *S. ocellatus*. Dall'analisi della struttura e della composizione algale dei nidi è risultato che

le specie più utilizzate per la loro costruzione sono rispettivamente *Jania rubens* e *Dictyota linearis*, sia per la porzione superiore che per quella inferiore. Queste specie infatti rappresentavano da sole più del 60% del peso secco dei nidi osservati. In letteratura esistono solo pochi studi sulla composizione algale dei nidi del tordo ocellato, alcuni dei quali si basano su semplici osservazioni. Lejeune (1984) aveva osservato nei nidi di *S. ocellatus* in Corsica una prevalenza di *Cystoseira balearica* in associazione con altre specie. Lipej et al. (2009), in uno studio condotto nel Golfo di Trieste, avevano trovato nei nidi della stessa specie che le alghe del genere *Dictyota* (*D. dichotoma* e *D. linearis*) erano le più frequenti, mentre la specie *J. rubens* risultava assente. Le differenze tra i risultati del presente studio e le osservazioni degli studi appena menzionati potrebbero suggerire che la composizione dei nidi e l'uso di determinate specie algali per la loro costruzione riflettono una variabilità delle condizioni locali e delle fitocenosi in differenti regioni. Differenze nella composizione dei nidi di una stessa specie in relazione a differenze geografiche erano già state ipotizzate da Potts (1985). L'autore aveva confrontato la struttura dei nidi di *Symphodus melops* delle coste sud ovest dell'Inghilterra, con quella osservata precedentemente da Fiedler (1964) nelle coste mediterranee della Francia. I nidi studiati da Fiedler avevano una struttura molto semplice e risultavano composti principalmente da *Cystoseira elicoides* (= *tamariscifolia*). Potts aveva invece osservato nidi molto più strutturati con una prevalenza nella composizione algale di *Corallina officinalis* (Linnaeus, 1758). L'autore aveva motivato tali differenze tra i nidi, con la differente disponibilità di alghe nelle diverse regioni. Inoltre nello stesso studio, aveva dimostrato una selezione attiva dell'alga calcarea (*Corallina officinalis*) per la costruzione del nido. Questa alga costituiva infatti il 54,7% del peso nei nidi, nonostante rappresentasse solo il 2,5% delle

alghe presenti nell'area di studio. Nel nostro studio l'indice di Strauss è risultato positivo per l'alga calcarea *Jania rubens*, la cui presenza nell'habitat intorno al nido risultava essere inferiore rispetto ad altre specie algali (per esempio *Cystoseira* spp. e *Dyctiota linearis*). Questo dato indica una selezione attiva da parte di *S. ocellatus* per questa specie, che potrebbe essere dovuta alle caratteristiche strutturali dell'alga e che potrebbe rispondere a determinate esigenze funzionali implicate nella protezione e nel corretto sviluppo delle uova, e quindi nel successo riproduttivo. Infatti la fitta matrice di frammenti dell'alga calcarea, flessibili ed al tempo stesso molto resistenti, potrebbe conferire al nido una resistenza meccanica, protezione delle uova e allo stesso tempo un'adeguata ossigenazione, superiori a quelli forniti da altre specie algali. Inoltre, come indicato dallo stesso Potts (1985), alghe di questo tipo sarebbero più resistenti al grazing da parte dei ricci.

CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DELLE SPECIE ALGALI USATE NELLA COSTRUZIONE DEL NIDO IN *SYMPHODUS OCELLATUS*

Introduzione

Uno dei principali risultati di questa ricerca è che *S. ocellatus*, nella costruzione del nido, mostra una chiara preferenza per alcune alghe.

Esaminando le alghe che sono state impiegate nella costruzione dei nidi si nota, infatti, che alcune specie vengono impiegate con maggiore frequenza ed abbondanza rispetto ad altre. I motivi di questa selezione attiva di alcune forme algali rispetto ad altre non sono del tutto chiari e la letteratura ha raramente affrontato tale argomento e comunque in maniera frammentaria.

Fra tante ipotesi formulate si è scelto di approfondire l'aspetto legato alle caratteristiche meccaniche delle alghe. Infatti, considerando che un ciclo di nidificazione per *S. ocellatus* dura mediamente 8 giorni (Taborsky et al., 1987), il nido deve avere delle *performance* meccaniche che ne assicurano l'integrità fino alla schiusa delle uova e il conseguente abbandono del nido.

Lo scopo di questo studio è quello di effettuare una caratterizzazione meccanica delle specie algali impiegate nella costruzione del nido, con particolare riferimento alla loro resistenza a trazione e al loro carico di rottura.

L'ipotesi è che le specie algali più rappresentate all'interno del nido di *S. ocellatus* hanno delle *performance* meccaniche migliori in termini di resistenza rispetto alle specie meno presenti.

Materiali e metodi

Il campionamento è stato condotto durante l'estate 2010 lungo le coste della Sicilia occidentale. Sono state raccolte le seguenti specie algali: *Jania rubens*, *Dictyota linearis*, *Cladophora rupestris*, *Laurencia hybrida* e *Cystoseira* sp. In particolare le prime tre sono le specie maggiormente presenti nei nidi, mentre le altre due sono poco rappresentate all'interno del nido. Tutti i campioni sono stati trasportati presso il Laboratorio di prove meccaniche del Dipartimento di Ingegneria Industriale e Meccanica dell'Università di Catania. In questa sede sono state determinate le caratteristiche meccaniche delle specie algali attraverso l'analisi del loro comportamento nel tempo sottoposte a sollecitazioni, in particolare sono state effettuate prove di *creep* e di rilassamento delle tensioni. Sono state utilizzate delle macchine di prova per microtrazione e microcompressione realizzate dalla facoltà di Ingegneria di Catania per materiali il cui comportamento meccanico si ipotizza essere viscoelastico. Per le prove di microtrazione sono stati creati dei microafferraggi appositi opportunamente zigrinati per evitare lo slittamento dell'alga durante la fase di trazione (Fig. 17)



Figura 17 - Macchina di prova per microtrazione.

Per le prove di micro compressione è stato realizzato un cilindretto apposito che potesse contenere una piccola massa d'alga al fine di ottenere una compressione monoassiale (Fig. 18).



Figura 18 - Macchina di prova per micro compressione.

Risultati

Microcompressione

I risultati riportati di seguito sono una media dei risultati delle 10 prove che comunque hanno mostrato una varianza abbastanza bassa. In figura 19 sono riportati i moduli di Young medi delle diverse specie algali, che misurano la resistenza a compressione, con le rispettive deviazioni standard.

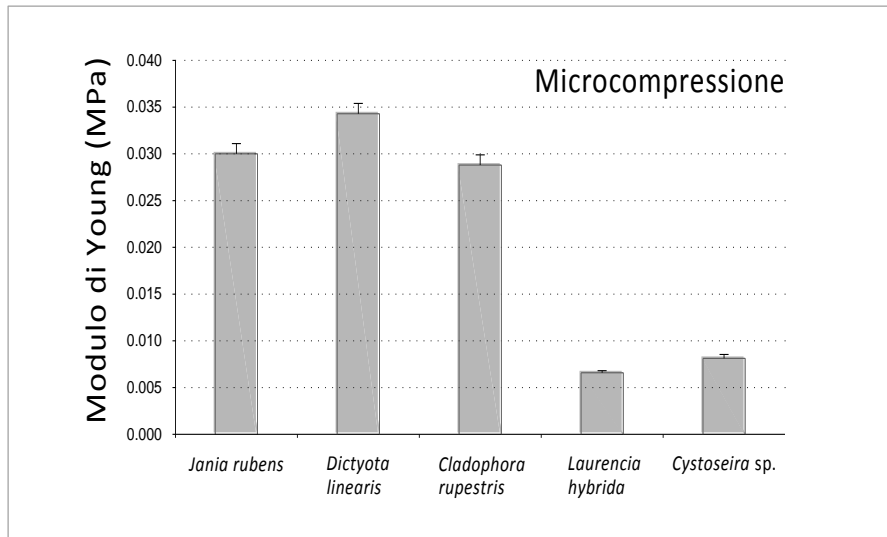


Figura 19 - Modulo di Young a compressione delle diverse specie.

Le 3 specie algali più selezionate dal pesce risultano avere un modulo di Young a compressione maggiore rispetto a quelle meno presenti nel nido (*J. rubens* = 0,0295±0,0012; *D. linearis* = 0,034±0,001; *C. rupestris* = 0,02818±0,0011), risultando così più resistenti a sforzi di compressione.

L'analisi della varianza per i valori di resistenza a compressione, effettuata con Minitab, è riassunta nella tabella 7 e dimostra che la percentuale di presenza della specie algale all'interno del nido è un fattore influente.

Tabella 7 - ANOVA per i dati della resistenza a compressione.

Source	DF	SS	MS	F	P
Specie algale	4	0,0065793	0,0016448	2884,44	0,000
Error	45	0,0000257	0,0000006		
Total	49	0,0066050			

Come è stato verificato anche con un test di Tukey, sempre con l'ausilio di Minitab, non vi è una differenza significativa solo tra la resistenza media delle specie *Laurencia hybrida* e *Cystoseira* sp. e tra le specie *Cladophora rupestris* e *Jania rubens*. Comunque sempre da questo grafico è possibile osservare che le alghe più selezionate sono quelle con modulo di Young maggiore.

Microtrazione

Sono state effettuate inizialmente 10 prove di rilassamento per ogni specie algale, dalle quali sono stati ricavati i rispettivi moduli di Young a trazione.

Anche in questo caso la varianza tra le diverse prove è risultata relativamente bassa, merito della precisione della macchina di prova e dell'accuratezza con cui sono stati creati e normalizzati i provini.

I moduli di Young delle diverse specie algali, che misurano la resistenza a trazione, sono riportati in figura 20.

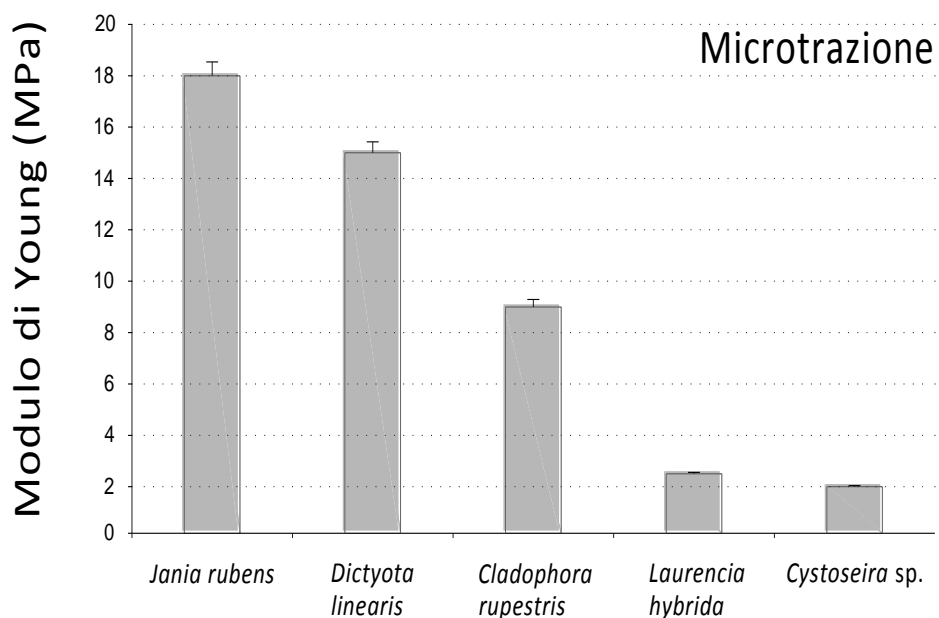


Fig. 20 - Modulo di Young a trazione delle diverse specie

Anche nelle prove di microtrazione, più interessanti per valutare gli sforzi del pesce durante la fase di prelievo dell'alga, le specie algali più scelte sono quelle con modulo di Young maggiore e che resistono meglio quindi alla trazione.

L'analisi della varianza è riportata nella tabella 8 e anche in questo caso il fattore risulta essere influente.

Tabella 8 - ANOVA per i dati della resistenza a trazione.

Source	DF	SS	MS	F	P
Specie algale	4	2065,465	516,366	1301,94	0,000
Error	45	17,848	0,397		
Total	49	2083,313			

Non c'è differenza significativa tra le medie di resistenza delle specie *Cystoseira* sp. e *Laurencia hybrida*, mentre per le altre specie algali la differenza tra le medie è significativa.

Prove a rottura

I risultati delle prove a rottura, effettuate quindi portando a rottura il microprovino di alga e ricavando lo sforzo massimo a cui è stato sottoposto sono riportati in figura 21.

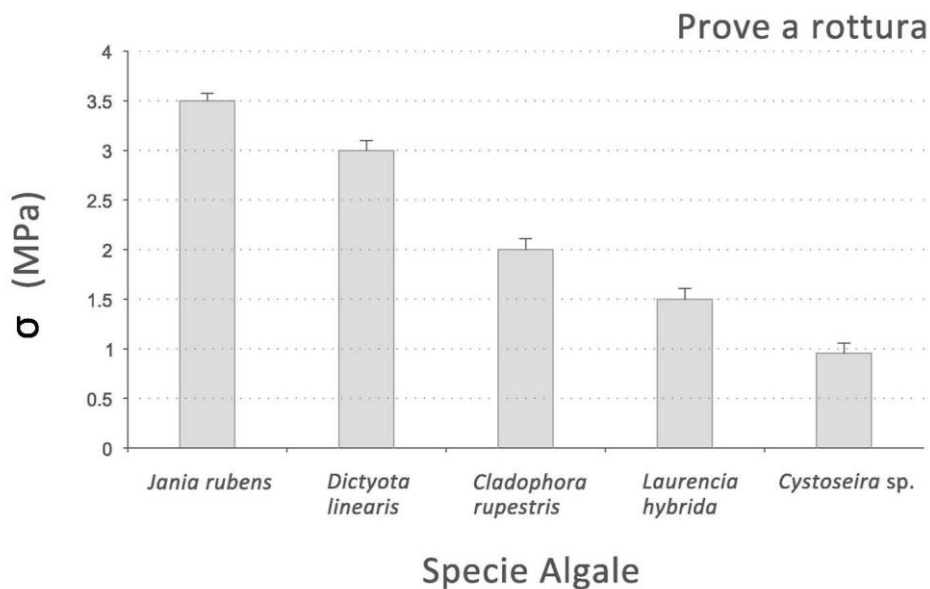


Figura 21 - Medie (\pm DS) delle prove a rottura sulle diverse specie algali.

Come possiamo notare dai risultati sopra esposti, lo sforzo maggiore è compiuto dal labride per prelevare le specie algali maggiormente presenti nel nido. Le specie meno

selezionate infatti presentano carichi di rottura minori rispetto alle specie preferite *Jania*, *Dictyota linearis* e *Cladophora rupestris*.

Anche in quest'ultimo caso l'analisi della varianza (Tab. 9) mostra che il fattore è influente.

Tabella 8 - ANOVA per i dati dello sforzo a rottura.

Source	DF	SS	MS	F	P
Specie algale	4	43,11914	10,77979	1138,42	0,000
Error	45	0,42611	0,00947		
Total	49	43,54525			

Conclusioni

Durante le prove di laboratorio presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale dell'Università di Catania sono state studiate le caratteristiche meccaniche di alcune specie algali presenti nel nido di *S. ocellatus*. La caratterizzazione meccanica delle specie algali infatti, oltre ad aggiungersi alle altre caratteristiche presenti in letteratura, può servire a capire le motivazioni delle preferenze della specie oggetto di studio nella selezione di determinate specie per la costruzione del nido. L'ipotesi di partenza era quella di trovare un legame tra le caratteristiche meccaniche delle specie algali presenti nel nido e la percentuale con cui il pesce le seleziona.

Tramite le prove è stato possibile determinare il comportamento meccanico e quindi la resistenza dell'alga sottoposta a compressione e a trazione.

I risultati delle prove mostrano come le specie più selezionate da parte del pesce hanno un maggiore modulo di Young sia a trazione che a compressione: sono quindi le più resistenti.

Inoltre, dai risultati delle prove a rottura è evidente che le specie *Jania rubens*, *Dictyota linearis* e *Cladophora rupestris* presentano un carico di rottura maggiore rispetto alle specie *Laurencia hybrida* e *Cystoseira* sp. che sono anche le alghe meno selezionate dal Tordo ocellato.

Questo può significare che *S. ocellatus* preferisce compiere uno sforzo maggiore per prelevare le alghe che risulteranno poi essere più resistenti nel nido, invece che rompere con facilità le alghe meno resistenti. Si potrebbe ragionare quindi in termini di bilancio energetico: il pesce potrebbe impiegare gran parte dei suoi sforzi per la rottura delle specie algali che costituiranno il nido che risulterà essere abbastanza resistente da permettergli un dispendio di energie minore per la sua cura e difesa.

Infine, se si guardano i dati sulla composizione del nido, è possibile notare che le specie algali più resistenti tendono ad essere posizionate sulla sua porzione superiore.

CONCLUSIONI GENERALI

In questi tre anni di ricerca sono stati esaminati diversi aspetti legati alla riproduzione della specie nidificante, *Symphodus ocellatus*. Aspetti che in letteratura, ad oggi, sono poco approfonditi.

Symphodus ocellatus è una specie stanziale, trascorre l'intero ciclo vitale, a esclusione della fase larvale che è pelagica, su ambienti rocciosi di basso fondale con una buona copertura vegetale dove si riproduce nel periodo fra giugno e agosto. Solo raramente si sposta su ambienti a *Posidonia oceanica*, probabilmente per cercare ripari momentanei dai predatori.

A giugno, quando inizia la riproduzione, i grandi maschi territoriali scelgono degli anfratti dove costruire i loro nidi. I siti di costruzione per la maggior parte sono scelti entro i primi 5 metri di profondità e sono caratterizzati da forme algali a *canopy* alta e dalla presenza di Dictyotales. In questo studio non è stato approfondito il ruolo delle alghe erette, in particolare del fattore *canopy*. Si potrebbe ipotizzare che esse hanno un ruolo nella protezione del nido da fattori legati per esempio al moto ondoso.

Trovato un sito idoneo alla riproduzione, il maschio comincia la fase di costruzione del nido che dura circa due giorni (osservazione personale). Durante questa fase, tramite la bocca, ricerca e trasporta frammenti di alghe al sito (questi spostamenti avvengono entro un raggio di azione di circa 2 metri dal nido) dove vengono poi intrecciati in complesse strutture a formare il nido. In una prima fase della costruzione il maschio di *S. ocellatus* seleziona specie algali quali *Jania rubens*, *Dictyota linearis*, *Lophocladia lallemandi* e *Cladophora rupestris*. Queste specie rappresentano la composizione principale per la parte basale del nido, quella a stretto contatto con il substrato.

Successivamente, la scelta delle alghe impiegate cambia gradualmente. Infatti, per la parte superiore del nido, quella dove vengono deposte le uova, il labride usa maggiormente la corallina *Jania rubens* che costituisce più del 60% sul totale della porzione superiore. La specie *J. rubens* ha un importante ruolo nella composizione e struttura del nido; precisamente, è una delle principali specie che lo compongono, sebbene nell'ambiente circostante essa sia poco rappresentata. Quindi *S. ocellatus* sceglie attivamente questa specie algale nonostante, nell'ambiente di nidificazione, siano disponibili e in abbondanza anche altre specie.

Uno dei possibili motivi legati alla scelta di alcune specie algali rispetto ad altre potrebbe essere correlato alle loro caratteristiche meccaniche. Infatti, confrontando alcune performance meccaniche di diverse specie algali, quelle maggiormente impiegate hanno una resistenza meccanica superiore rispetto a quelle impiegate in minor misura. Nello specifico: le specie più usate *Jania rubens*, *Dictyota linearis* e *Cladophora rupestris* presentano valori maggiori in termini di micro compressione, microtrazione e rottura, rispetto a *Laurencia hybrida* e *Cystoseira* sp. che sono specie meno usate.

Questo studio rappresenta un primo passo verso la comprensione dei processi che sono alla base delle scelte effettuate da *S. ocellatus* relative l'uso delle risorse impiegate nel delicato processo della nidificazione, in questo caso le alghe.

L'approccio qui usato allo studio dell'ecologia riproduttiva del *S. ocellatus* ha permesso di proporre un modello di un processo ecologico a varie scale spaziali. Partendo dalla selezione di habitat della specie fino a una possibile spiegazione "macroscopica" sull'uso delle risorse.

Come accennato nell'introduzione, lo studio si è svolto all'interno di un'area marina protetta del basso tirreno e la presenza dell'AMP non è stata considerata funzionale alle

ipotesi formulate. Sebbene, questo ha contribuito a restituire dei risultati meno condizionati dall'influenza antropica, ulteriori indagini sono necessarie per approfondire questi processi e valutare quali altri fattori possano avere un ruolo nell'indirizzare gli individui verso alcune risorse rispetto ad altre e su come queste scelte possono influire sul successo riproduttivo della specie sia a scala spaziale sia a scala temporale.

BIBLIOGRAFIA

- Alonzo S.H. (2004). Uncertainty in territory quality affects the benefits of usurpation in a Mediterranean wrasse. *Behav. Ecol.*, 15 (2): 278–285
- Alonzo S.H. (2008). Female mate choice copying affects sexual selection in wild populations of the ocellated wrasse. *Anim. Behav.*, 75: 1715-1723
- Alonzo S.H. and Heckman K.L. (2010). The unexpected but understandable dynamics of mating, paternity and paternal care in the ocellated wrasse. *Proc. R. Soc. B*, 277: 115-122
- Alonzo S.H. and Warner R.R. (2000). Female choice, conflict between sexes and the evolution of male alternative reproductive behaviours. *Evol. Ecol. Res.*, 2: 149-170
- Alonzo S.H., Taborsky M., Wirtz P. (2000). Male alternative reproductive behaviors in a Mediterranean wrasse, *Symphodus ocellatus*: Evidence from otoliths for multiple life-history pathways. *Evol. Ecol. Res.*, 2: 997-1007
- Anderson M.J. (2003). PCO: a FORTRAN computer program for principal coordinate analysis. Department of Statistics, University of Auckland, New Zealand
- Anderson M.J. (2005). PERMANOVA: a FORTRAN computer program for permutational multivariate analysis of variance. Department of Statistics, University of Auckland, New Zealand.
- Andersson M.B. (1994). Sexual selection. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

- Balon E.K. (1975). Reproductive guilds of fishes: a proposal and definition. *J.Fish. Res. Board Can.*, 32 (6): 821-864
- Baylis J.R. (1981). The evolution of parental care in fishes, with reference to Darwin's rule of male sexual selection. *Environmental Biology of Fishes*, 6 (2): 223-251
- Bentivegna F. And Benedetto F. (1989). Gonochorism and seasonal variations in the gonads of the labrid *Symphodus (Crenilabrus) ocellatus* (Forsskal). *J. Fish Biol.* 34: 343-348
- Berglund A. (1997). Mating systems and sex allocation. In Jean-Guy J. Godin (eds). *Behavioural ecology of teleost fishes*. Oxford University Press, pp 247-257
- Blumer L.S. (1979). Male parental care in the bony fishes. *Q. Rev. Biol.*, 54: 149-161
- Candolin U. (1998). Reproduction under predation risk and the trade off between current and future reproduction in the threespine stickleback. *Proc. R.Soc. Lond. B.*, 265: 1171-1175
- Candolin U. and Voigt H.R. (1998). Predator-induced nest site preference: safe nests allow courtship in sticklebacks. *Anim. Behav.*, 56: 1205-1211
- Candolin U. and Voigt H.R. (2001). Correlation between male size and territory quality: consequence of male competition or predation susceptibility?. *Oikos* 95: 225-230
- Crawford S.S. and Balon E.K. (1996). Cause and Effect of Parental Care in Fishes. An Epigenetic Perspective. *Advances in the study of behaviour*, Vol. 25
- Dauwalter D.C. and Fisher W.L. (2007). Spawning Chronology, Nest Site Selection and Nest Success of Smallmouth Bass During Benign Stream flow Conditions. *The American Midland Naturalist*. 158: 60-78

- English S., Wilkinson C., Baker V. (1994). Survey Manual for Tropical Marine Resources. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia
- Fiedler K. (1964). Verhaltensstudien an Lippfischen der Gattung *Crenilabrus* (Labridae, Perciformes). *Z Tierpsychol*, 21: 521-591
- Forsgren E., Karlsson A., Kvarnemo C. (1996). Female sand gobies gain direct benefits by choosing males with eggs in their nests. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 39: 91-96
- Gonçalves D.M., Oliveira R.F., McGregor P.K. (2008). Communication and the evolution of alternative reproductive tactics. Oliveira R. F., M. Taborsky, H. J. Brockmann (eds). *Alternative Reproductive Tactics*, ed. Published by Cambridge University Press, pp. 401-420
- Goodwin N.B., Balshine-Earn S., Reynolds J.D. (1998). Evolutionary transitions in parental care in cichlid fish. *The Royal Society, Proc. R. Soc. Lond. B.* 265, 2265-2272
- Gower J.C. (1966). Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. *Biometrika*, 53: 325-338
- Gross M.R. (1984). Sunfish, salmon, and the evolution of alternative reproductive strategies and tactics in fishes. In *Fish Reproduction: Strategies and Tactics*, ed. G.W. Potts, R.J. Wootton, pp. 55-75. London: Academic
- Gross M.R. (1991). Evolution of alternative reproductive strategies: frequency dependent selection in male bluegill sunfish. *Philos. Trans. R. Soc. London Ser. B* 332: 59-66

- Gross M.R. (1996). Alternative reproductive strategies and tactics: diversity within the sexes. *Trends Ecol. Evol.*, 11: 92-98
- Gross M.R. and Sargent R.C. (1985). The evolution of male and female parental care in fishes. *Amer. Zool.*, 25: 807-822
- Gross M.R. and Shine R. (1981). Parental care and mode of fertilization in ectothermic vertebrates. *Evolution*, 35(4): 775-793
- Halford A.R. and Thompson A.A. (1994). Visual census surveys of reef fish. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia
- Hastings P.A. (1988). Correlates of male reproductive success in the browncheek blenny, *Acanthemblemaria crockeri* (Blennioidea: Chaenopsidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 22 (2): 95-102
- Henson S.A. and Warner R.R. (1997). Male and female alternative reproductive behaviors in fishes: A New Approach Using Intersexual Dynamics. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 28: 571-929
- Jones J.C. and Reynolds J.D. (1999). Costs of egg ventilation for male common gobies breeding in conditions of low dissolved oxygen. *Anim. Behav.*, 57: 181-188
- Kraak S.B.M., Bakker T.C.M., Hocevar S. (2000). Stickleback males, especially large and red ones, are more likely to nest concealed in macrophytes. *Behaviour*, 137: 907-919
- Krebs J.R. and Davies N.B. (1993). An introduction to behavioural ecology. Third edition

- Lejeune P. (1984). Etude écoéthologique des comportements reproducteurs et sociaux des Labridae méditerranéens des genre *Symphodus* Rafinesque, 1810 et *Coris* Lacépède, 1802. Unpublished Ph.D. Thesis, Université de Liège, Liège, Belgium
- Lejeune P. (1985). Le comportement sociaux des labridés méditerranéens. Cahiers d'Etologie Appliquée, 5: 1-208
- Levi F., Boutoute M., Mayzaud P. (2005). Lipid composition of *Symphodus ocellatus* (Perciforme: Labridae) in the north-western Mediterranean: influence of two different biotopes. *Marine Biology*, 146: 805-814
- Lindstrom K. (1992). Female spawning patterns and male mating success in the sand goby *Pomatoschistus minutus*. *Marine Biology*, 113: 475-480
- Lindstrom K. and Pampoulie C. (2004). Effects of resource holding potential and resource value on tenure at nest sites in sand gobies. *Behavioral Ecology*, 16(1): 70-74
- Lipej L., Orlando-Bonaca M., Ozebek B., Dulčić J. (2009). Nest characteristics of three labrid species in the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea). *ACTA Adriat.*, 50(2): 139-150
- Lissåker M., Kvarnemo C., Svensson O. (2003). Effects of a low oxygen environment on parental effort and filial cannibalism in the male sand goby, *Pomatoschistus minutus*. *Behav. Ecol.*, 14: 374-381
- Martin E. and Taborsky M. (1997). Alternative male mating tactics in a cichlid, *Pelvicachromis pulcher* : a comparison of reproductive effort and success. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 41: 311-319.

- Mori S. (1994). Nest site choice by the 3-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* (form *Leirus*), in spring-fed waters. *J. Fish Biol.*, 45:279-289.
- Mori S. (1995). Spatial and temporal variations in nest success and the causes of nest losses of the fresh-water 3-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. *Environ. Biol. Fish.* 43: 323-328
- Östlund-Nilsson S. (2000). Are nest characters of importance when choosing a male in the fifteen-spined stickleback (*Spinachia spinachia*)?. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 48: 229-235
- Pampoulie C., Lindstrom K., Colette M. St. Mary (2004). Have your cake and eat it too: male sand gobies show more parental care in the presence of female partners. *Behav. Ecol.*, 15(2): 199-204
- Pampoulie C., Sasal P., Rosecchi E., Auby I., Bouchereau J.-L., Lindström K., Crivelli A.J. (2001). Nest use by the common goby *Pomatoschistus microps* in Camargue (France). *Ethology Ecology & Evolution*, 13: 181-192
- Perrone M.Jr. and Zaret T.M. (1979). Parental care patterns of fishes. *The American Naturalist*, 113(3): 351-361
- Potts G.W. (1984). Parental behavior in temperate marine teleosts with special reference to the development of nest structures. In: Potts, G.W., Wootton, R.J. (eds) *Fish reproduction: strategies and tactics*. Academic Press, Oxford, pp 223-44
- Potts G.W. (1985). The nest structure of the corkwing wrasse, *Crenilabrus melops* (Labridae: teleostei). *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 65: 531-546
- Quignard J.P. and Pras A. (1986). Labridae. Fishes of the North-Eastern Atlantic and Mediterranean. In: P.J.P. Whitehead et al. (Editors). UNESCO, Paris. pp. 919-942

- Rafinesque C. S. (1819). Prodrome de 70 nouveaux genres d'animaux découverts dans l'intérieur des Etas-Unis d'Amérique, durant l'année 1818. - Journal de Physique, de Chimie et d'Histoire Naturelle 88: 417-429. Paris
- Raventos N. (2004). Effects of wave action on nesting activity in littoral five-spotted wrasse, *Symphodus roissali* (Labridae), in the northwestern Mediterranean Sea. Sci. Mar., 68(2): 257-264.
- Raventos N. and Macpherson E. (2005). Effect of pelagic larval growth and size-at-hatching on post-settlement survivorship in two temperate labrid fish of the genus *Symphodus*. Marine Ecology Progress Series. 285: 205–211
- Ridley M. (1978). Paternal care. Anim. Behav., 26: 904-932
- Rombough P. J. (1988). Respiratory gas exchange, aerobic metabolism, and effects of hypoxia during early life. In: Hoar W.S. and D.J. Randall (ed.). Fish Physiology. Vol. XI, Part A, pp. 59-161
- Sabat A.M. (1994). Costs and benefits of parental effort in a brood-guarding fish (*Ambloplites rupestris* Centrarchidae). Behav. Ecol., 5: 195-201
- Sargent R.C. (1997). Parental care. In: Godin J.-G. (ed.). Behavioural ecology of teleost fishes, pp. 292-315. Oxford University Press
- Sargent R.C. and Gebler J.B. (1980). Effects of Nest Site Concealment on Hatching Success, Reproductive Success, and Paternal Behavior of the Threespine Stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. Behav. Ecol. Sociobiol., 7: 137-142
- Sargent R.C., Rush V.N., Wisenden B.D., Yan H.Y. (1998). Courtship and Mate Choice in Fishes: Integrating Behavioral and Sensory Ecology. *Amer. Zool.*, 38: 82-96
- Sikkel P.C. (1995). Effects of nest quality on male courtship and female spawning-site choice in an algal-nesting Damselfish. Bulletin Of Marine Science, 57(3): 682-689

- Soljan T. (1930). Die Fortpflanzung und das Wachstum von *Crenilabrus ocellatus* Forsk. Einem Lippfisch des Mittelmeeres. Z. Wiss. Zool., 137: 150-174
- Svensson O. and Kvarnemo C. (2005). The importance of sperm competition risk and nest appearance for male behavior and female choice in the sand goby, *Pomatoschistus minutus*. Behav. Ecol., 16: 1042–1048
- Taborsky M. (1994). Sneakers, satellites, and helpers: parasitic and cooperative behaviour in fish reproduction. Adv. Study Behav., 21: 1-100
- Taborsky M. (1997). Bourgeois and parasitic tactics: do we need collective, functional terms for alternative reproductive behaviours? Behavioral Ecology and Sociobiology, 41: 361-362
- Taborsky M. (1998). Sperm competition in fish: ‘bourgeois’ males and parasitic spawning. Trends Ecol. Evol., 13: 222-227
- Taborsky M. (2001). The evolution of parasitic and cooperative reproductive behaviors in fishes. Journal of Heredity, 92: 100-110
- Taborsky M., Hudde B., Wirtz P. (1987). Reproductive Behaviour and Ecology of *Symphodus* (*Crenilabrus*) *ocellatus*, a European Wrasse With Four Types of Male Behaviour. Behaviour. 102, p. 82-117
- Taborsky M., Oliveira R.F., Brockmann H.J. (2008). The evolution of alternative reproductive tactics: concepts and questions. In: Oliveira R. F., M. Taborsky, H. J. Brockmann (eds). Alternative Reproductive Tactics, ed. Published by Cambridge University Press, pp. 1-10

- Turner G.F. and Huntingford F.A. (1986). A problem for game theory analysis: assessment and intention in male mouth brooder contest. *Anim. Behav.*, 34: 961–970
- Unger P.A. and Lewis W.M.JR. (1983). Selective predation with respect to body size in a population of the fish *Xenomelaniris venezuelae* (Atherinidae). *Ecology* 64: 1136–1144
- Van den Berghe E. (1992). Parental care and the cost of reproduction in a Mediterranean fish. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 30: 373–78
- Warner R.R. and Lejeune P. (1985). Sex change limited by paternal care: a test using four Mediterranean labrid fishes, genus *Symphodus*. *Mar. Biol.* 87: 89-99
- Warner R.R., Wernerus F., Lejeune P., Van den Berghe E. (1995). Dynamics of female choice for parental care in a fish species where care is facultative. *Behav. Ecol.*, 6: 73–81