



# **Valutazione della fauna ittica costiera e monitoraggio dell'effetto riserva presso l'Area Marina Protetta 'Isola di Bergeggi'**



## **Relazione finale**

(15 Agosto 2014)

A cura di:

Paolo Guidetti - Responsabile scientifico

Antonio Di Franco

Simona Bussotti

---

Convenzione tra l'AMP Isola di Bergeggi ed il Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare per l'esecuzione di attività di ricerca relativa alla fauna ittica costiera ed all'effetto riserva.

## **Ringraziamenti**

Un ringraziamento sincero va, in primo luogo, a Pino Di Luccia (detto Rudy; Bergeggi Diving School) e Silvano Mongiardino (Beluga Diving School) per il loro l'impeccabile supporto logistico e per tutte le informazioni sui fondali che hanno con noi condiviso, fondamentali per le fasi di campionamento in mare.

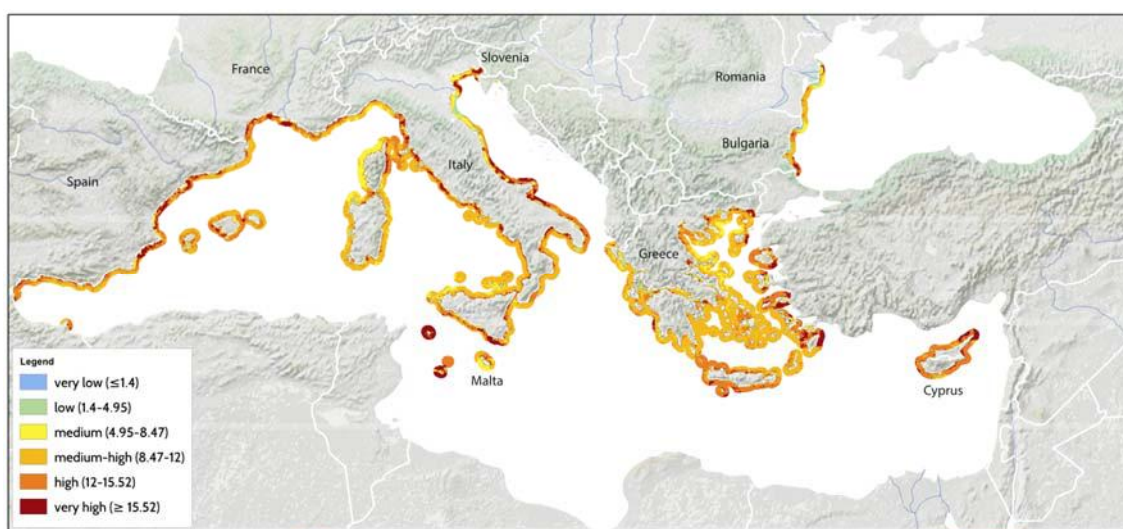
Un ringraziamento va anche a Simone Bava, direttore dell'AMP, non solo per il suo continuo supporto, ma anche per l'entusiasmo che ha sempre mostrato e trasmesso. Un ringraziamento, infine, a Federico Betti, per l'aiuto fornito durante alcune fasi dei campionamenti e per le belle immagini fotografiche che ha messo a disposizione.

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>2. METODI.....</b>	<b>17</b>
2.1 AREA DI STUDIO – AREA MARINA PROTETTA ISOLA DI BERGEGGI .....	17
2.2 VALUTAZIONE DELL’EFFETTO RISERVA SULLA LA FAUNA ITTICA E CARATTERIZZAZIONE DEL POPOLAMENTO ITTICO IN AMBIENTI DI GROTTA E DI SECCA.....	25
2.3 ORGANIZZAZIONE ED ANALISI DEI DATI .....	28
<b>3. RISULTATI.....</b>	<b>30</b>
3.1 VALUTAZIONE DELL’EFFETTO RISERVA NELL’INFRALITORALE ROCCIOSO .....	30
3.2 CARATTERIZZAZIONE DEL POPOLAMENTO ITTICO DELLA GROTTA MARINA DI BERGEGGI .....	51
3.3 CARATTERIZZAZIONE DEL POPOLAMENTO ITTICO DELLE SECCHIE .....	53
<b>4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>55</b>
<b>LETTERATURA CITATA.....</b>	<b>62</b>
<b>APPENDICE 1.....</b>	<b>68</b>

# 1. Introduzione

Negli ultimi decenni, a scala mondiale, gli impatti umani sull'ambiente marino, soprattutto costiero, sono notevolmente aumentati. Questo fenomeno è da mettere in relazione principalmente alla progressiva espansione delle città costiere e delle opere a difesa della costa, degli impianti industriali, dell'inquinamento e delle attività di pesca (Chapman & Bulleri, 2003; Worm et al., 2006). In relazione a questo, si stima che il 20% del bacino mediterraneo sia severamente impattato dalle attività umane (Micheli et al., 2013a, Fig 1.1).



**Figura 1.1.** Distribuzioni degli impatti cumulativi in ambiente costiero in Mediterraneo. I colori corrispondono a differenti livelli di impatto (si veda legenda della figura). Da Micheli et al. 2013a.

Per quel che concerne gli impatti derivanti dalla pesca, quest'ultima è evidentemente legata alla necessità di accedere a risorse viventi provenienti da mari ed oceani di tutto il mondo. L'aumento costante della domanda di *seafood* a livello mondiale ha indotto l'industria della pesca ad aumentare il prelievo di risorse in modo tutt'altro che sostenibile (Jacquet & Pauly 2007; FAO 2010). Oltre alla pesca industriale, che avviene in ambiente costiero così come in mare aperto, un impatto non trascurabile sulle risorse costiere può essere causato dalla piccola pesca, detta anche pesca artigianale. Quest'ultima, in alcune regioni tropicali e temperate del mondo (incluso il Mediterraneo), è spesso

spinta dalla domanda locale legata al turismo a prelevare ben oltre il sostenibile, in particolare durante la stagione turistica. A ciò vanno aggiunti gli effetti della pesca ricreativa e di una miriade di forme di pesca illegale (es. pesca con gli esplosivi, pesca pseudo-ricreativa a fini di lucro) che arrecano danni non trascurabili sia all'ambiente, sia alla stessa economia dei pescatori artigianali. Tutte queste tipologie di pesca (legali ed illegali) possono determinare un effetto sommatorio devastante sugli *stock* ittici.

Ai problemi sopra esposti non si può ovviamente rispondere con un'unica forma di gestione. Il mutamento dei mercati (es. globalizzazione) e le diverse economie legate alla pesca (da quelle locali a quelle mondiali) necessitano di un approccio integrato tra forme di gestione locali e di *marine spatial planning* su ampia scala (Agardy et al., 2011) al fine di indirizzare il mercato ed il consumo dei prodotti della pesca verso pratiche più sostenibili (ecologicamente, economicamente e socio-culturalmente).

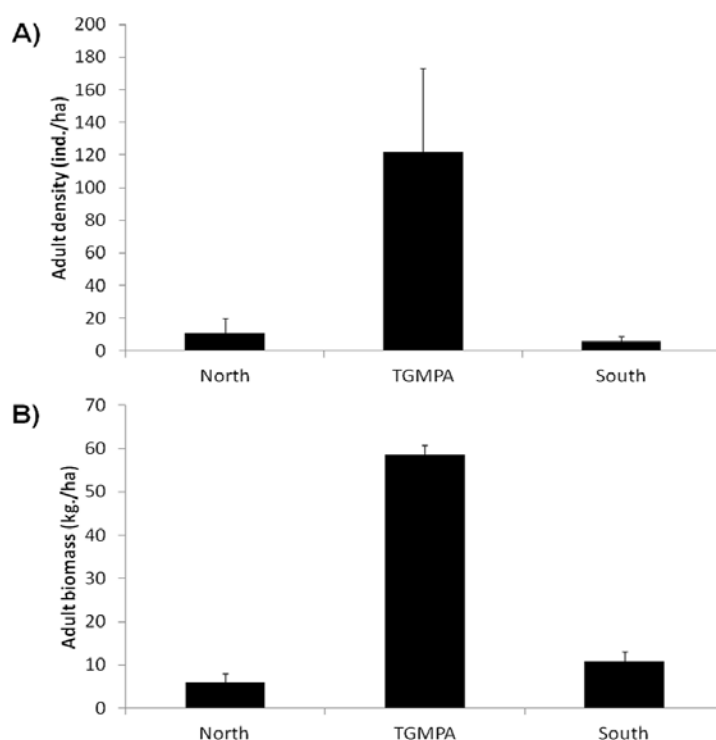
Focalizzando l'attenzione sulla gestione a scala locale, negli ultimi decenni le Aree Marine Protette (da qui in poi definite con l'acronimo AMP) sono divenute uno degli strumenti più popolari su scala mondiale (Halpern 2003) finalizzati alla:

- 1) conservazione degli ecosistemi marini (che includono habitat, specie e funzioni/servizi ecosistemici);
- 2) gestione delle risorse (incluse quelle di pesca);
- 3) conservazione e valorizzazione delle componenti storiche e socio-culturali locali.

L'esigenza di istituire AMP (in cui le attività di pesca sono vietate o regolamentate) è scaturita dalle crescenti evidenze che lo sfruttamento eccessivo delle risorse alieutiche abbia in generale determinato un intenso impatto non solo sulle popolazioni di specie bersaglio (es. diminuzione della densità e/o della taglia media di molte specie commerciali), ma anche scompensi a livello di intere comunità ed ecosistemi (Jackson et al., 2001), con effetti deleteri su servizi e beni ecosistemici forniti all'uomo (Worm et al., 2006).

Il fatto che la pesca impatti in particolar modo le specie bersaglio, cioè quelle di maggiore valore economico (spesso predatori di alto livello trofico), ha come

implicazione che il suo divieto dovrebbe produrre risposte più evidenti da parte delle popolazioni di queste specie, per esempio in termini di aumento (i.e. recupero) di densità e/o frequenza di individui di taglia più grande: ciò corrisponde al cosiddetto 'effetto riserva' (ER, Guidetti 2002). La valutazione dell'ER (Fig. 1.2) consiste, quindi, nello studio del possibile aumento della densità, taglia e/o biomassa delle specie bersaglio all'interno di una AMP in confronto ad aree di controllo in cui la pesca è consentita (Guidetti 2002).



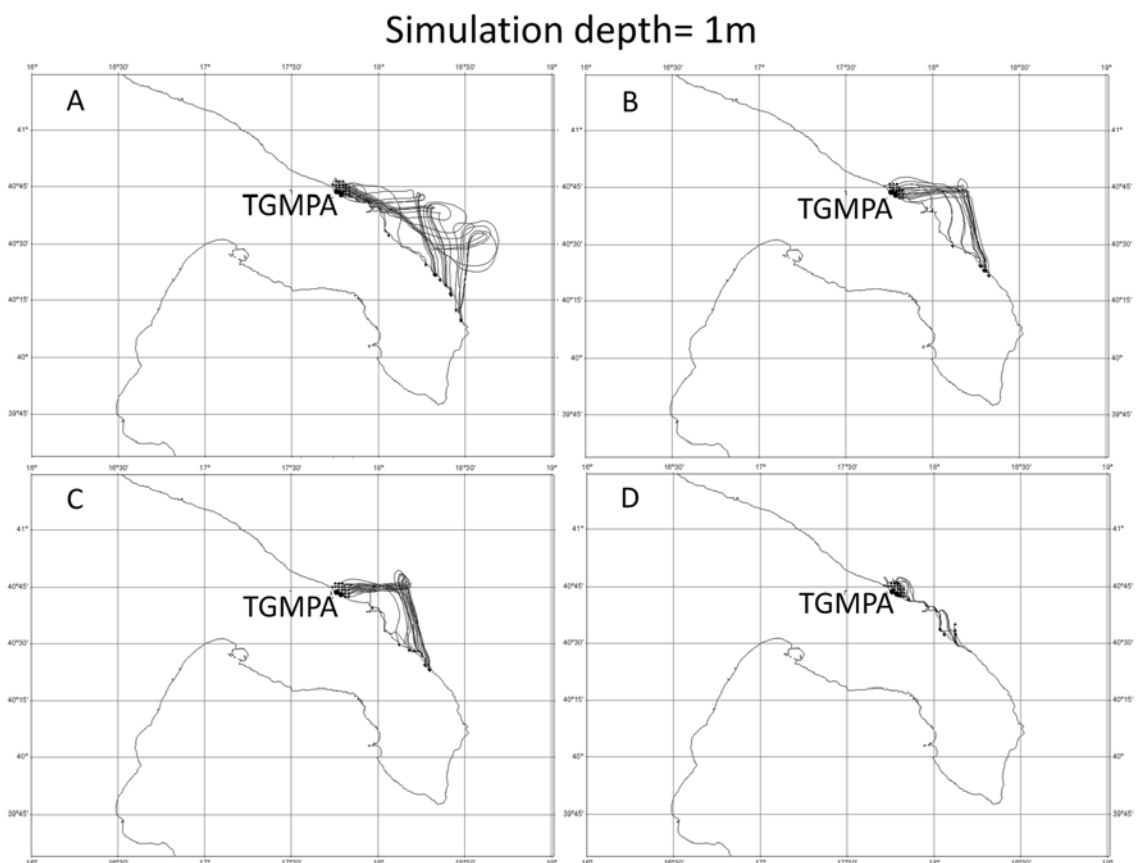
**Figura 2.2.** Esempio di 'effetto riserva' (ER). Densità (A) e biomassa (B) media ( $\pm$ SE; numero di individui e biomassa per ettaro) di sarago maggiore, *Diplodus sargus sargus*, in siti protetti dell'AMP di Torre Guaceto (TGMPA, Brindisi) e non protetti (North, South) a nord e sud dell'AMP stessa. Da Di Franco et al., 2012.

Per quel che concerne il Mar Mediterraneo, sono numerosi gli studi che hanno indagato gli effetti ecologici delle AMP in termini di:

- 1) recupero di singole popolazioni, intere comunità o reti trofiche (Sala et al., 1998; Guidetti 2006; Guidetti et al., 2005; Guidetti & Sala 2007; Claudet et al., 2006; Di Franco et al., 2009; Di Franco et al., 2012);
- 2) benefici per la pesca (Harmelin-Vivien et al., 2008; Guidetti & Claudet 2010; Guidetti et al., 2010).

I risultati ottenuti sono intimamente legati alla protezione reale e non solo formale (Guidetti et al., 2008), così come al disegno ed alla gestione di ogni singola AMP (Claudet et al., 2008).

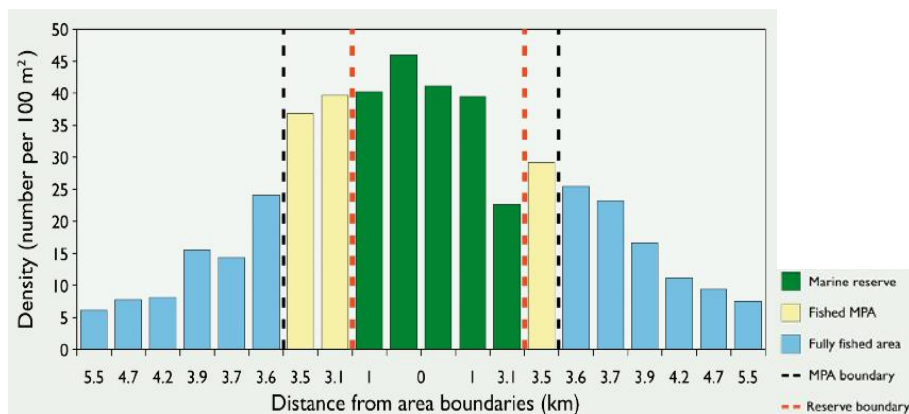
Va detto che gli effetti delle AMP sulle specie *target* della pesca non sono potenzialmente limitati a cambiamenti che si realizzano solo all'interno dei confini delle AMP. L'aumento della taglia, infatti, implica un aumento delle potenzialità di produzione di uova e larve da parte dei riproduttori (Kellner et al., 2007). Tale aumento della produzione di propaguli (uova e larve) all'interno delle AMP ha la potenzialità di aumentare l'auto-rifornimento di giovanili all'interno della stessa AMP oltre ad un *export* a vantaggio di aree esterne all'AMP (Pelc et al., 2010; Fig 1.3).



**Figura 1.3.** Esempio di *export* di larve ed uova a partire da una AMP Mediterranea (Torre Guaceto, TGMPA) verso zone non protette esterne. I differenti pannelli (A-D) evidenziano le possibili differenti traiettorie di larve ed uova a secondo dei giorni di *spawning* (rilascio delle uova da parte dei riproduttori). Da Di Franco et al., 2012.

A ciò si aggiunge che, quando all'interno di una AMP le densità/biomasse di pesci divengono elevate, una parte di questi tende ad uscire dai confini attraverso un processo, spesso densità-dipendente, denominato *spillover* (letteralmente traducibile come 'traboccamento').

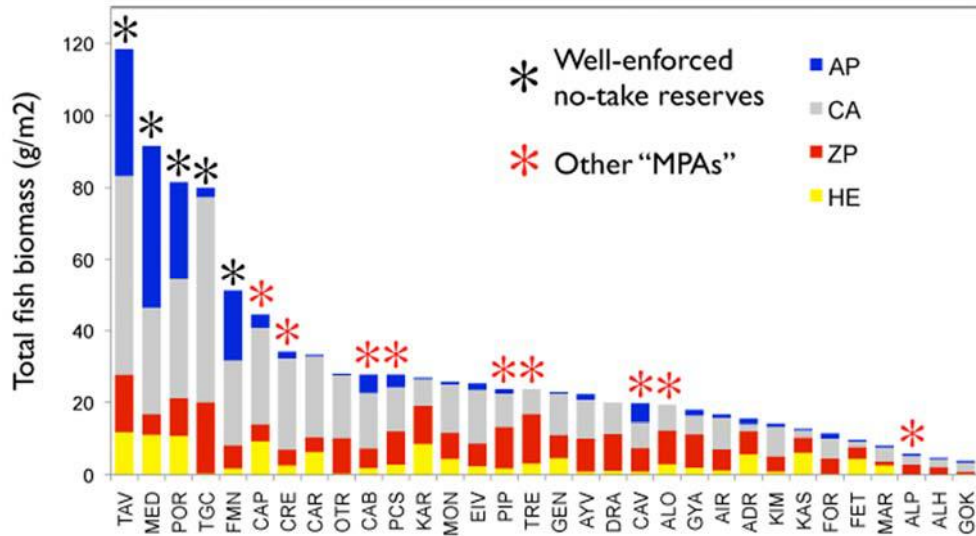
Questo *export* di biomassa di pesci adulti che si realizza attraverso i confini delle AMP (vedi Fig. 1.4) può determinare un incremento dei rendimenti della pesca al di fuori delle AMP (Harmelin-Vivien et al., 2008; White et al., 2008).



**Figura 1.4.** L'abbondanza di 8 specie ittiche commerciali è maggiore al centro dell'AMP (Torre Guaceto) per poi declinare verso i confini e, procedendo oltre, a distanza crescente dai confini stessi dell'AMP (da Lubchenco et al., 2007).

Le AMP in Mediterraneo hanno mostrato una notevole capacità di determinare un recupero delle specie relativamente stanziali e di alto livello trofico in ambiente costiero. Recenti studi su scala mediterranea (Sala et al., 2012; Guidetti et al., 2014a) hanno evidenziato che i pesci predatori, in particolar modo i predatori apicali, sono di gran lunga meglio rappresentati nelle AMP rispetto alle zone aperte alla pesca (18.4 vs 5.5% dei popolamenti complessivi in termini di biomassa; Fig. 1.5), risultato che è per altro in linea con quel che è stato osservato in altre regioni del mondo (Friedlander & De Martini 2002).





**Figura 1.5.** Biomassa totale della fauna ittica in aree a diverso grado di protezione: zone A di AMP efficientemente protette (“*well-enforced no-take reserves*”), AMP dove qualche forma di prelievo è consentita (“*other MPAs*”) e siti non protetti. I diversi colori nelle barre evidenziano il contributo relativo alla biomassa ittica totale di differenti gruppi trofici (AP: predatori apicali; CA: carnivori; ZP: zooplanktivori; HE: erbivori). Da Sala et al., 2012.

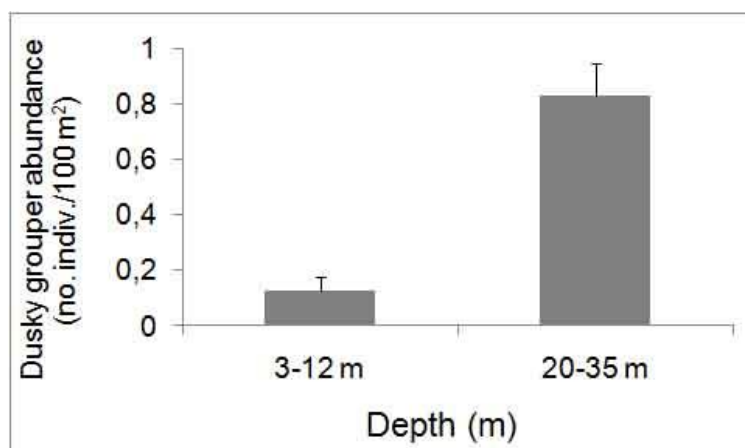
Tra le specie di grandi predatori che più comunemente beneficiano della protezione all’interno di AMP mediterranee spicca la cernia bruna (*Epinephelus marginatus*; Fig. 1.6).



**Figura 1.6.** Esemplare di cernia bruna.

La cernia bruna è una specie importante per il suo valore economico diretto per la pesca professionale ed indiretto per quella ricreativa, ma è anche una specie bandiera e carismatica per il turismo subacqueo.

In molte aree del Mediterraneo è evidente che specie ittiche come la cernia bruna siano praticamente scomparse dai fondali rocciosi relativamente superficiali (0-15 m circa; Fig. 1.7) a causa della pesca, in particolar modo quella subacquea (Guidetti e Micheli, 2011).

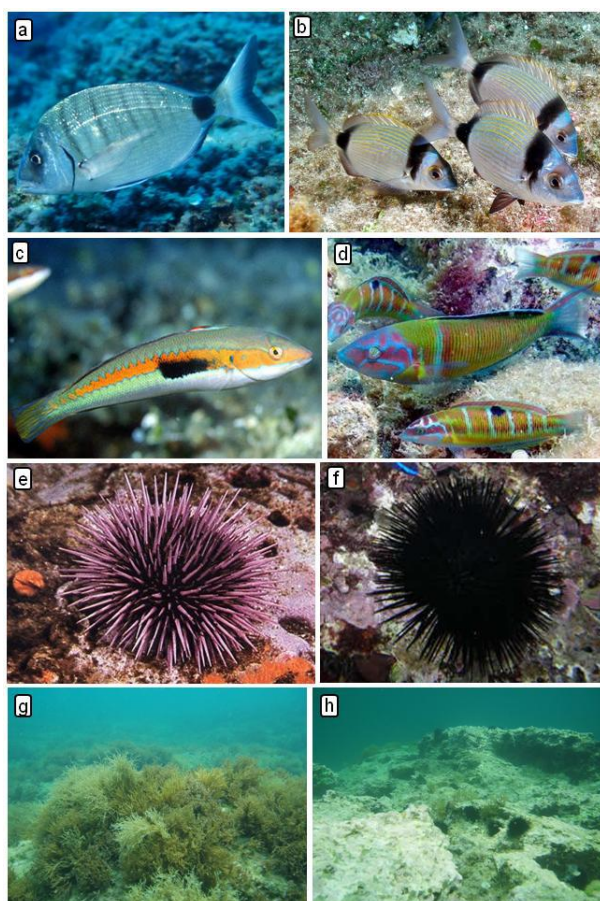


**Figura 1.7.** Distribuzione batimetrica della cernia bruna, *Epinephelus marginatus*, lungo le coste italiane al di fuori delle AMP (Guidetti & Micheli, 2011).

Sebbene la cernia bruna sia la specie più emblematica in Mediterraneo, va detto chiaramente che questa non è la sola specie che può rispondere alla protezione. Vi sono anche altre specie ittiche, infatti, che fuori dalle AMP sono impattate dalla pesca, mentre dentro le AMP le popolazioni mostrano un chiaro recupero. E' il caso delle corvine, dei saraghi maggiore e fasciato, giusto per fare qualche esempio. In aggiunta, la cernia bruna non è la specie più adatta 'ovunque'. Guidetti et al. (2014a) hanno mostrato che in diverse AMP in Mediterraneo possono essere differenti le specie da considerare al fine di valutare l'ER. La cernia bruna, per esempio, è assente in alto adriatico (es. presso l'AMP Miramare) ed è scarsamente abbondante lungo le coste rocciose brindisine (es. dentro e fuori Torre Guaceto), a prescindere dalla protezione. Presso le AMP di Miramare e Torre Guaceto e nei loro dintorni, evidentemente, questa specie non ritrova condizioni ambientali idonee e non è quindi la specie più significativa da tenere presente per valutare l'ER delle suddette AMP, mentre corvine e/o saraghi possono essere migliori indicatori.

Al di là dell'ER diretto su singole specie (recupero delle popolazioni di specie bersaglio della pesca), le AMP possono determinare un *recovery* a livello di intere comunità.

In Mediterraneo, per esempio, è ormai noto che il sarago maggiore (*Diplodus sargus sargus*) ed il sarago fasciato (*D. vulgaris*), note specie bersaglio della pesca professionale e ricreativa, svolgono un'importante funzione ecologica. Questi saraghi, infatti, predano i ricci di mare (giovani ed adulti) e possono controllarne le densità di popolazione. Diversamente, alcuni labridi come *Coris julis* e *Thalassoma pavo* predano solo i ricci piccoli. I ricci, ad elevate densità, possono determinare la transizione da substrati rocciosi ricoperti da macroalghe a *barren* (cioè substrati rocciosi 'desertificati', privati cioè della copertura di macroalghe erette; Fig. 1.8).



**Figura 1.8.** a: sarago maggiore, *Diplodus sargus sargus*; b: sarago fasciato, *Diplodus vulgaris*; c: donzella, *Coris julis*; d: donzella pavonina, *Thalassoma pavo*; e: riccio viola, *Paracentrotus lividus*; f: riccio nero, *Arbacia lixula*; g: substrato roccioso ricoperto da macroalghe erette; h: *barren*.

In zone dove la pesca dei saraghi è intensa si possono formare *barren* a causa degli effetti indiretti sulla rete trofica (la cosiddetta 'cascata trofica'). Questa transizione implica non solo drammatici cambiamenti nella struttura di comunità (es., diminuzione della biodiversità), ma anche un impatto su funzionamento ecosistemico (es. produzione primaria e disponibilità di detrito).

Presso l'AMP di Torre Guaceto studi recenti hanno mostrato che le popolazioni di molte specie ittiche, inclusi *D. sargus sargus* e *D. vulgaris*, mostrano densità e taglie più elevate nell'AMP rispetto a zone esterne aperte alla pesca (Guidetti 2006; Di Franco et al., 2012, 2013). L'estensione dei *barren* risulta maggiore al di fuori dell'AMP dove sono stati stimati tassi di predazione da parte dei pesci sui ricci di gran lunga inferiori rispetto alle zone A (Guidetti 2006) (Fig. 1.9).

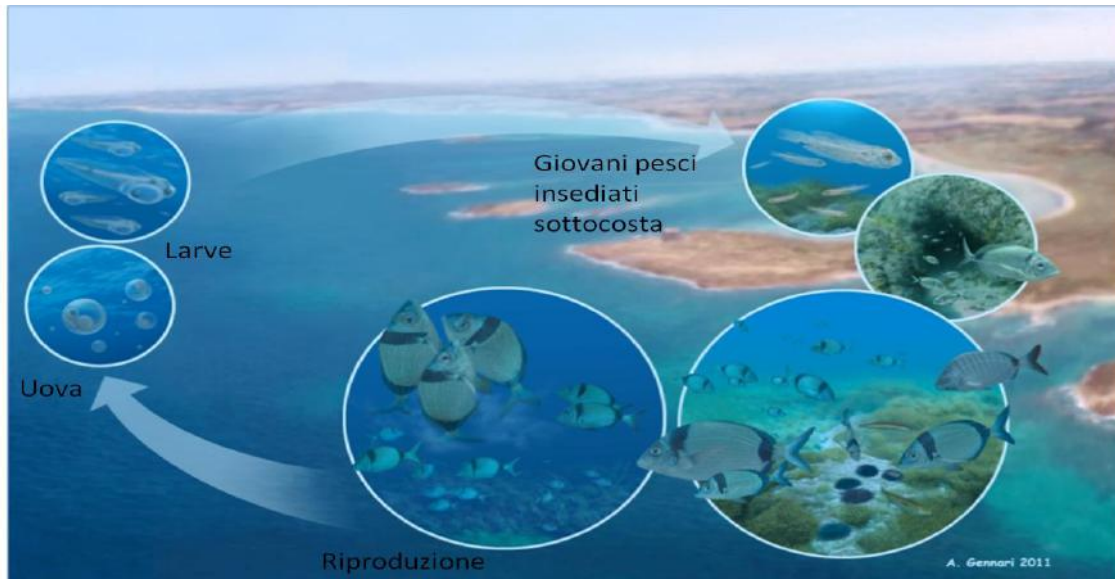


**Figura 1.9.** I due scenari relativi agli stati alternativi delle comunità costiere di fondo duro in relazione all'impatto della pesca: a sinistra, nella zona A dell'AMP di Torre Guaceto, la comunità ittica è più florida e maggiore è la copertura da parte delle macroalghe erette; a destra, al di fuori della zona A e dell'AMP, le comunità ittiche sono meno rigogliose, i ricci più abbondanti ed i *barren* più estesi. Disegno di Alberto Gennari 2011.

L'esempio di Torre Guaceto suggerisce che le AMP possono contribuire ad un recupero delle popolazioni di specie bersaglio, delle funzioni ecologiche e di intere comunità.

Altro punto cruciale per la conservazione è la persistenza delle popolazioni di specie marine nel tempo, sul lungo termine. Senza l'apporto costante e significativo di giovanili, le popolazioni locali di specie ittiche si estinguerebbero a causa della mortalità naturale a cui si aggiunge quella dovuta alla pesca o ad altri impatti umani. L'arrivo ciclico di nuovi individui giovani (chiamato 'reclutamento') è quindi fondamentale per il mantenimento degli *stock* ittici nel tempo. Da questa prospettiva, è importante che le AMP includano aree con specifiche caratteristiche in termini di distribuzione e varietà di habitat (es., praterie di *Posidonia oceanica*, fondali rocciosi, etc.) appropriati per il reclutamento. Per assicurare il ciclo biologico di tutte le specie costiere sono infatti indispensabili mosaici di differenti tipologie di habitat che gli individui delle varie specie ittiche usano da adulti e/o durante le fasi più precoci del ciclo vitale (Guidetti et al., 2009). Molte specie, da questo punto di vista, usano habitat diversi da giovani e da adulti (es., molti sparidi). Si veda, per esempio, il caso del sarago fasciato (*Diplodus vulgaris*). Gli adulti (i riproduttori) vivono su fondali di natura rocciosa e praterie di *P. oceanica*, uova e larve permangono per poco più di un mese nelle acque del largo, mentre gli stadi giovanili (dai piccoli pesci appena metamorfosati di 1 cm di lunghezza totale fino a giovanili che qualche mese dopo raggiungono i 5-6 cm di lunghezza) vivono per alcuni mesi in ambienti apparentemente banali, cioè su fondali molto vicini a costa dove la roccia si alterna a lenti di sabbia tra circa 1 e 4 m di profondità (Fig. 1.10). Tali zone ed habitat, in cui i giovanili trascorrono una parte della loro vita prima di aggregarsi alle frazioni adulte delle popolazioni, prendono il nome di *nursery areas* (vedi Guidetti et al., 2009).





**Fig. 1.10.** Ciclo vitale di *Diplodus vulgaris*, sarago fasciato. Disegno di Alberto Gennari, 2011.

Allo stesso modo sono di cruciale importanza gli habitat o le zone in cui gli adulti sessualmente maturi (i riproduttori) si ritrovano per riprodursi, le cosiddette *spawning areas*. A seconda delle specie considerate sono diversi gli habitat costieri di rilevanza, ma un ruolo particolarmente importante sembra essere svolto dalle secche rocciose, come dimostrato da un recente studio che ha preso in considerazione il ruolo ecologico degli ambienti di secca presso l'AMP Tavolara-Punta Coda Cavallo (Sardegna nord-orientale) (Sayhoun et al., 2013).

Al di là dell'assicurare i cicli biologici delle specie, alcuni habitat marini costieri possono presentare caratteristiche peculiari tali da ospitare specie che in altri habitat sono rare se non del tutto assenti: è il caso delle grotte marine sommerse. Bussotti e Guidetti (2009), da questo punto di vista, hanno valutato quanto siano importanti gli ambienti di grotta sommersa in termini di contributo alla diversità ittica delle coste rocciose in Mediterraneo, suggerendo di conseguenza che sarebbe opportuno preservare tali ambienti all'interno di AMP.

Preservare habitat o siti di particolare rilevanza ecologica, quindi, può contribuire in modo significativo al mantenimento di elevati livelli di biodiversità e di produttività degli ecosistemi marini costieri. In una logica di sistema è

evidente che gli effetti prodotti dalle AMP (incluso l'ER) sono il risultato di una serie di processi biologici accompagnati da adeguate misure di conservazione e gestione che una AMP può adottare.

Gli elementi forniti mostrano chiaramente le potenzialità delle AMP (ovviamente quelle in cui la gestione è efficace e le restrizioni rispettate) e su scala di bacino, in Mar Mediterraneo le AMP sono aumentate vertiginosamente di numero negli ultimi decenni. La maggior parte è stata creata nel bacino occidentale (Gabri  et al., 2012), soprattutto in Italia (Cattaneo-Vietti e Tunesi 2007). Va ricordato che a livello internazionale (quindi a prescindere dalla legislazione italiana) il termine 'Area Marina Protetta'   molto generico ed indica un 'settore di costa o un'area di mare in cui le attivit  umane, pesca inclusa, sono in qualche modo gestite, limitate o totalmente vietate' (Agardy et al., 2003). Diverso e molto pi  specifico   invece l'uso del termine 'riserva marina', di solito indicato come '*no-take marine reserve*' nella letteratura anglosassone, cio  un 'tratto di costa o un'area di mare in cui qualsiasi attivit  estrattiva (di risorse viventi e non viventi)   vietata'. Le zone A delle AMP italiane, secondo questa terminologia, andrebbero definite come '*no-access/no-take reserves*'.

In molti paesi nel mondo (es., USA, Australia) sono diffuse le '*no-take reserves*'. Per contro, in Mediterraneo (Italia inclusa), dove la densit  di popolazione lungo le coste   molto elevata, si   maggiormente investito sulle AMP, le quali consentono di meglio bilanciare conservazione ed uso delle risorse legate al mare. Le AMP, infatti, sono generalmente suddivise in sub-aree caratterizzate da differenti livelli di protezione. Le zone A (*no-access/no-take reserves*) sono spesso circondate da aree 'cuscinetto' caratterizzate da livelli progressivamente meno restrittivi in termini di divieti/regolamentazione delle attivit  umane. Ci  ha senso se riferito allo specifico contesto del Mediterraneo, cio  un bacino le cui coste sono densamente popolate, dove sono presenti grandi citt  e dove si svolgono gran parte delle attivit  umane che implicano un ritorno economico, incluso il turismo. Malgrado ci    molto scarsa l'informazione relativa ad una valutazione dell'efficacia delle AMP, in Mediterraneo ed in Italia, che abbia considerato esplicitamente anche le zone cuscinetto (i.e. le zone B e C delle AMP italiane). Vi   pi  di un sospetto, da questo punto di vista, che le zone cuscinetto che circondano le riserve integrali delle AMP attirino e concentrino

non solo i pescatori professionisti, ma soprattutto quelli ricreativi (Stelzenmuller et al., 2007; Lloret et al., 2008). Vi sono evidenze crescenti che i pescatori ricreativi (o sportivi) possano causare un impatto significativo sulla fauna ittica, in alcune località simile se non superiore a quello dei pescatori professionisti (Lewin et al., 2006; Lloret et al., 2008). Essendo l'impatto dei pescatori sportivi una forma di impatto sulle risorse, essa può anche determinare effetti negativi sulle rese della piccola pesca artigianale (Rocklin et al. 2011). Emerge quindi la necessità sempre più pressante di attuare specifici monitoraggi nelle zone cuscinetto al fine di mettere a punto misure adeguate di regolamentazione della pesca nel suo complesso, così da evitare che tale concentrazione di pescatori (professionisti e ricreativi) possa determinare un impatto sulla fauna ittica nelle zone cuscinetto addirittura maggiore di quello che si realizza all'esterno delle AMP (contraddicendo di fatto le ragioni per cui le zone cuscinetto sono istituite intorno alle riserve integrali).

In conclusione, quanto riportato in questa introduzione evidenzia la vitale importanza, per arrivare ad una sintesi gestionale di sistema, di valutare presso le diverse AMP italiane gli effetti delle misure di conservazione/gestione in termini di effetto riserva (utilizzando indicatori e tecniche standard, come i censimenti visuali della fauna ittica).

Il presente intervento effettuato presso l'AMP Isola di Bergeggi ha perseguito come obiettivo la progettazione e l'attuazione di un piano di monitoraggio della fauna ittica attraverso l'impiego di tecniche non-distruttive (censimenti visuali in immersione). Nell'ambito del presente studio sono state effettuate anche delle valutazioni tese alla caratterizzazione del popolamento ittico associato ad habitat di particolare interesse ecologico (i.e. grotta ed ambienti di secca relativamente profondi), per valutare il loro contributo alla rappresentatività delle diversità biologica della fauna ittica costiera.





Le norme generali e quelle specifiche alle attività di pesca all'interno dell'AMP Isola di Bergeggi sono di seguito riportate:

## **Norme generali**

### **ZONA A – Riserva Integrale**

#### **Sono consentite:**

Le attività di soccorso e sorveglianza; le attività di servizio svolte per conto dell'Ente gestore; le attività di ricerca scientifica debitamente autorizzate dall'Ente gestore; le visite guidate subacquee autorizzate dall'Ente gestore e organizzate dai centri di immersione subacquea.

### **ZONA B – Riserva Generale**

#### **Sono consentite:**

Le attività consentite in ZONA A; la balneazione; la navigazione a vela e a remi; la navigazione a motore, ai natanti e alle imbarcazioni a velocità non superiore a 5 nodi; la navigazione a motore di unità navali adibite al trasporto passeggeri e alle visite guidate autorizzate dall'Ente gestore a velocità non superiore a 5 nt.; le attività di ormeggio in zone individuate e autorizzate dall'Ente gestore; le attività di piccola pesca artigianale, riservata alle imprese di pesca aventi sede legale nel comprensorio dei Comuni di Bergeggi, Vado Ligure, Spotorno e Noli alla data di entrata in vigore del decreto istitutivo, e ai soci delle stesse cooperative inseriti alla stessa data nel registro di ciascuna cooperativa; il pesca-turismo, riservato alle imprese di pesca aventi sede legale nel comprensorio dei Comuni di Bergeggi, Vado Ligure, Spotorno e Noli alla data di entrata in vigore del istitutivo Regolamento di disciplina e ai soci delle stesse cooperative inseriti alla stessa data nel registro di ciascuna cooperativa; le attività di pesca sportiva, con lenza e canna autorizzate dall'Ente gestore e riservate ai residenti nel Comune di Bergeggi; le visite guidate subacquee, organizzate dai centri di immersione subacquea autorizzati dall'Ente gestore.

## **ZONA C – Riserva Parziale**

### **Sono consentite:**

Le attività consentite in ZONA A e in ZONA B; la navigazione a motore, ai natanti e alle imbarcazioni a velocità non superiore ai 10 nt.; la navigazione a motore di unità navali adibite al trasporto passeggeri e alle visite guidate a velocità non superiori a 10 nt.; le attività di ormeggio e ancoraggio in zone appositamente individuate dall'Ente gestore; la pesca sportiva, riservata ai residenti nel Comune di Bergeggi e la pesca sportiva con lenza e canna, previa autorizzazione dell'Ente gestore per i non residenti nel Comune di Bergeggi.

### **Norme specifiche relative alle attività di pesca - Regolamento di esecuzione ed organizzazione D.M. 13.10.2008 n. 1660 (G.U. n. 258 del 04.11.2008).**

**Articolo 19 - *Disciplina dell'attività di pesca sportiva*** (comprensiva della pesca ricreativa)

1. La pesca subacquea in apnea non è consentita in tutta l'area marina protetta.
2. Nell'area marina protetta non sono consentite le gare di pesca sportiva.
3. Nell'area marina protetta non è consentita la pesca sportiva in notturna, dalle ore 20.00 alle ore 6.00.
4. Nell'area marina protetta non è consentita la pesca sportiva con le nasse.
5. Nella zona A non è consentita qualunque attività di pesca sportiva.
6. In zona B, nello specchio acqueo antistante la grotta marina di Bergeggi, per un raggio di 20 m dal centro dell'imboccatura della grotta, non è consentita la pesca sportiva.
7. In zona B, la pesca sportiva è consentita ai soli residenti nel Comune di Bergeggi, previa autorizzazione da parte dell'Ente gestore, con le seguenti modalità:
  - a) da riva con numero massimo 2 canne, con ami di lunghezza non inferiore a 18 mm;
  - b) da natante, con non più di 3 lenze fisse per natante quali canne, bolentini,

- correntine a non più di tre ami di lunghezza non inferiore a 18 mm.;
- c) con non più di 3 palangari aventi un numero massimo di 50 ami di lunghezza non inferiore a 22 mm;
- d) da natante a motore, a velocità non superiore ai 5 nodi, con non più di 2 lenze a traino, che abbiano ami di lunghezza non inferiore a 18 mm.
8. In zona C l'attività di pesca sportiva è consentita liberamente ai residenti nel Comune di Bergeggi e, previa autorizzazione da parte dell'Ente gestore, anche ai non residenti nel suddetto Comune, con le seguenti modalità:
- a) da riva, con lenza e canna in numero massimo di 2 a persona, con ami di lunghezza non inferiore a 18 mm;
- b) da natante, con bolentino e canna in numero massimo di 3 per natante, con ami di lunghezza non inferiore a 18 mm;
- c) da natante, con non più di 3 correntine a non più di 3 ami di lunghezza non inferiore a 18 mm;
- d) con non più di 3 palangari aventi un numero massimo di 50 ami di lunghezza non inferiore a 22 mm, ad una distanza minima di 80 metri dalla costa;
- e) da natante, a velocità non superiore ai 5 nodi, con non più di 2 lenze a traino che abbiano ami di lunghezza non inferiore a 18 mm.
9. La quantità del prodotto pescato non può superare i 3 chili al giorno per persona, a meno che tale quantitativo non sia superato dalla cattura di un singolo esemplare.
10. È fatto obbligo di essere muniti di idonei contenitori per il pescato ed è fatto divieto di rilasciare nell'ambiente residui del pescato o altre sostanze.
11. Ai fini del rilascio delle autorizzazioni alla pesca sportiva con lenza e canna nelle zone B e C, l'Ente gestore rilascia un massimo di 200 autorizzazioni, contestualmente operative, di cui 120 nominali e 80 alle associazioni di pesca sportiva. Le autorizzazioni rilasciate alle associazioni di pesca sportiva consentono ad un massimo di 20 associati di usufruire di tale autorizzazione.
12. Ai fini del rilascio dell'autorizzazione alle attività di pesca sportiva nell'area marina protetta, i soggetti richiedenti devono versare all'Ente gestore un corrispettivo a titolo di diritto di segreteria e rimborso spese, secondo le

modalità di cui al successivo articolo 27.

13. Il rilascio dell'autorizzazione alla pesca sportiva comporta l'obbligo di:
- a) esporre i contrassegni autorizzativi rilasciati dall'Ente gestore, da esibire durante l'esercizio dell'attività di pesca sportiva e da esporre sull'unità navale;
  - b) riportare su un apposito libretto, vidimato dall'Ente gestore, la data, le ore e le zone di pesca, il tipo di pesca effettuata, la classificazione del pescato e il peso. Il registro dovrà essere tenuto aggiornato a fine pesca, esibito a richiesta all'Ente gestore e consegnato al medesimo Ente gestore alla scadenza dell'autorizzazione, ai fini del monitoraggio dell'area marina protetta.
14. A fronte di particolari esigenze di tutela ambientale, l'Ente gestore, con successivo provvedimento, può disciplinare ulteriormente la pesca sportiva, relativamente alle modalità ed al periodo, per garantire la salvaguardia della risorsa ittica e la conservazione dei fondali.
15. Per tutte le discipline non esplicitate al presente articolo, valgono per le attività di pesca sportiva le disposizioni di cui al presente Regolamento, al decreto istitutivo, al Regolamento di disciplina delle attività consentite nell'area marina protetta e alle ordinanze della competente Autorità marittima.

#### **Articolo 20 - *Disciplina dell'attività di pesca professionale***

1. Nell'area marina protetta non è consentita la pesca a strascico.
2. In zona A non è consentita qualunque attività di pesca professionale.
3. In zona B, nello specchio acqueo antistante la grotta marina di Bergeggi, per un raggio di 20 m dal centro dell'imboccatura dalla grotta non è consentita l'attività di pesca professionale.
4. Nelle zone B e C è consentita esclusivamente la piccola pesca artigianale, compatibilmente a quanto disposto dal Regolamento CE n. 1967/2006 del Consiglio del 21 dicembre 2006, relativo alle misure di gestione della pesca nel Mar Mediterraneo, riservata alle imprese di pesca che esercitano l'attività sia

individualmente, sia in forma cooperativa, aventi sede legale nel comprensorio dei comuni di Bergeggi, Vado, Spotorno e Noli, alla data del 28 settembre 2007, e ai soci delle suddette cooperative inseriti alla stessa data nel registro di ciascuna cooperativa, con i seguenti attrezzi:

a) attrezzi da posta (imbrocco, tramaglio, nasse, cestelli, cogolli, bertovelli, rete da posta fissa, rete da posta a circuizione e rete circuitante);

b) ferrettara, lenze e arpioni.

c) palangari, con un numero complessivo massimo di 500 ami e lunghezza degli ami non inferiore a 22 mm.

5. Dal 1 maggio al 30 settembre, la disciplina della piccola pesca artigianale nell'area marina protetta è conforme alle disposizioni emesse dalle competenti Autorità marittime.

6. Dal 1 maggio al 30 settembre, nelle zone B e C, la piccola pesca artigianale non è consentita dalle ore 8.00 alle ore 19.30, ad una distanza inferiore a 100 m dalle coste a picco.

7. Dal 1 maggio al 30 settembre, in zona B, nello specchio acqueo antistante le coste a picco dell'Isola di Bergeggi, è consentita esclusivamente la piccola pesca artigianale esercitata con reti da posta a circuizione e con rete circuitante, salvo il rispetto di quanto disposto dal Regolamento CE n. 1967/2006 del Consiglio del 21 dicembre 2006, relativo alle misure di gestione della pesca nel Mar Mediterraneo, dalle ore 18.00 alle ore 11.00 del giorno successivo, nel rispetto delle seguenti condizioni:

a) assenza di operatori subacquei per una distanza di metri 100 dall'unità da pesca; nel caso di subacquei assistiti da centri d'immersione, la distanza minima di sicurezza si intende misurata dalla barca di appoggio;

b) prima di immettere in mare gli attrezzi da pesca, nel rispetto delle condizioni di cui alla precedente lettera a), il Comandante dell'unità di pesca deve assicurarsi che lo specchio acqueo sia sgombro;

c) gli attrezzi da pesca utilizzati devono essere segnalati regolarmente e sorvegliati dalle unità da pesca fino al loro recupero;

d) le unità da pesca devono tenere issato a riva il previsto segnalamento di nave intenta alla pesca.

8. Nella fascia di mare dell'ampiezza di metri 100 dalle coste a picco dell'Isola di Bergeggi, la pesca professionale è consentita procedendo esclusivamente a remi.

9. È fatto divieto di scarico a mare di acque non depurate provenienti da sentine o da altri impianti dell'unità navale e di qualsiasi sostanza tossica o inquinante, nonché la discarica di rifiuti solidi o liquidi.

10. L'ormeggio per l'esercizio della piccola pesca artigianale è consentito esclusivamente alle unità navali aventi lunghezza inferiore a 12 metri, ai rispettivi gavitelli singoli, contrassegnati e appositamente predisposti dall'Ente gestore, posizionati compatibilmente con l'esigenza di tutela dei fondali.

11. L'Ente gestore effettua il monitoraggio delle attività di pesca professionale nell'area marina protetta al fine di garantire una gestione sostenibile della risorsa e adeguare con successivi provvedimenti, a fronte di particolari esigenze di tutela ambientale, la disciplina delle attività di pesca, con particolare riferimento alle tipologie di pesca tradizionali.

12. I soggetti abilitati alle attività di piccola pesca artigianale devono comunicare annualmente all'Ente gestore i periodi, gli attrezzi utilizzati e le modalità di pesca all'interno dell'area marina protetta. Tali comunicazioni vengono riportate su un apposito registro tenuto dall'Ente gestore, ai fini del monitoraggio dell'area marina protetta.

13. Per tutte le discipline non esplicitate al presente articolo, valgono per le attività di pesca professionale le disposizioni di cui al presente Regolamento, al decreto istitutivo, al Regolamento di disciplina delle attività consentite nell'area marina protetta e alle ordinanze della competente Autorità marittima.

#### **Articolo 21 - *Disciplina dell'attività di pescaturismo***

1. Nella zona A non è consentita qualunque attività di pescaturismo.

2. Nelle zone B e C sono consentite le attività di pescaturismo, con gli attrezzi e le modalità stabilite per la pesca professionale al precedente articolo, riservate alle imprese di pesca che esercitano l'attività sia individualmente, sia in forma cooperativa, aventi sede legale nel comprensorio dei comuni di Bergeggi, Vado,

Spotorno e Noli, alla data del 28 settembre 2007, e ai soci delle suddette cooperative inseriti alla stessa data nel registro di ciascuna cooperativa.

3. L'Ente gestore effettua il monitoraggio delle attività di pesca professionale nell'area marina protetta al fine di garantire una gestione sostenibile della risorsa e adeguare con successivi provvedimenti la disciplina delle attività di pescaturismo.

4. Non è consentito l'uso improprio di impianti di diffusione della voce e di segnali acustici o sonori.

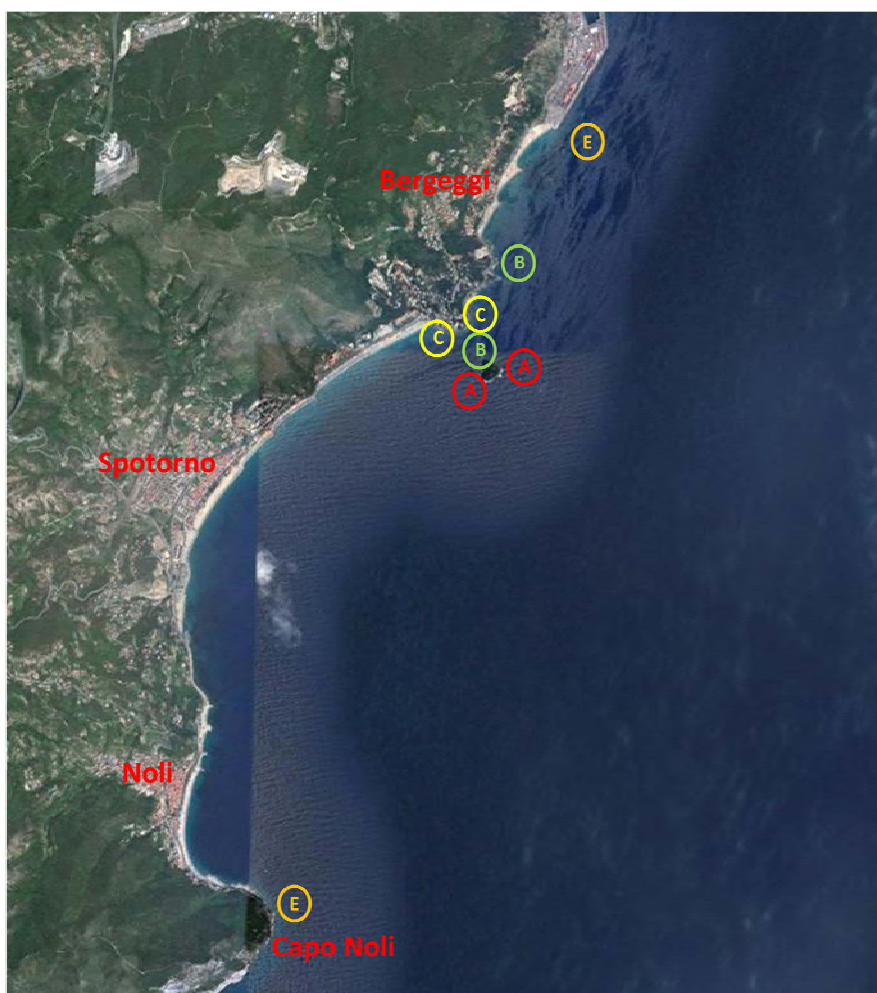
5. L'ormeggio delle unità navali impegnate in attività di pescaturismo è consentito ai rispettivi gavitelli singoli, contrassegnati e appositamente predisposti dall'Ente gestore, posizionati compatibilmente con l'esigenza di tutela dei fondali.

6. Per tutte le discipline non esplicitate al presente articolo, valgono per le attività di pescaturismo le disposizioni di cui al presente Regolamento, al decreto istitutivo e al Regolamento di disciplina delle attività consentite nell'area marina protetta.



## **2.2 Valutazione dell'effetto riserva sulla la fauna ittica e caratterizzazione del popolamento ittico in ambienti di grotta e di secca**

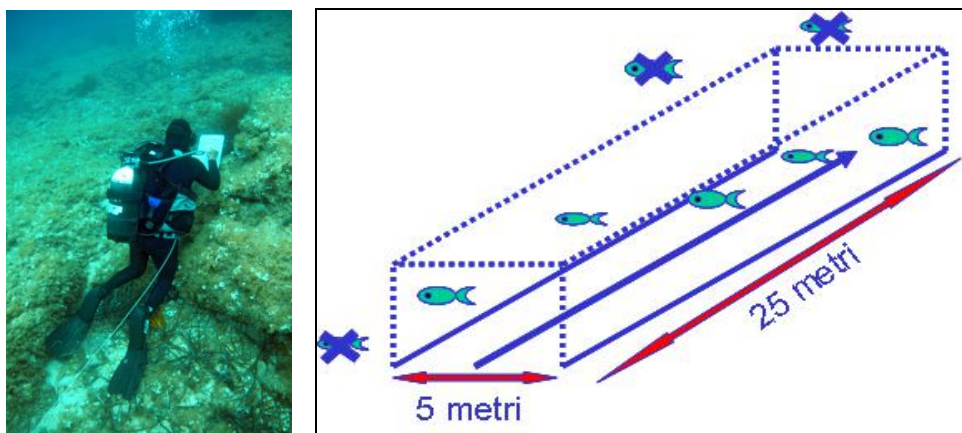
La valutazione dell'effetto riserva sulla fauna ittica è stata effettuata presso le 3 zone a diverso livello di protezione dell'AMP Isola di Bergeggi (zona A, B e C) e presso delle aree non protette esterne all'AMP. All'interno di ciascuna delle 4 zone identificate (A, B, C ed esterno) sono stati scelti in maniera randomica 2 siti (Fig. 2.2.1).



**Figura 2.2.1.** Localizzazione degli 8 siti di campionamento. Ogni sito è caratterizzato da una lettera che identifica il livello di protezione all'interno del quale ricade il sito: A, B, C (corrispondenti alle 3 zone dell'AMP) ed E (esterno all'AMP Isola di Bergeggi).

Il piano di campionamento appositamente elaborato ha previsto l'esecuzione di censimenti visuali della fauna ittica nell'infralitorale roccioso ad una profondità compresa tra i 5 ed i 10 metri in ciascuno degli 8 siti di campionamento.

Nello specifico, presso ogni sito di campionamento sono stati effettuati 4 transetti (i.e. repliche) per la fauna ittica, per un totale di 32 rilevamenti in ciascuna delle due campagne di rilevamento. Nell'ambito del presente progetto, infatti, sono state effettuate due campagne di campionamento: una prima campagna (Tempo 1) è stata condotta nell'Ottobre 2013 ed una seconda (Tempo 2) nel Maggio 2014. Nel complesso sono stati effettuati 64 rilevamenti al fine di valutare l'ER. Tale valutazione è stata condotta attraverso censimenti visuali utilizzando la tecnica dei transetti (Harmelin-Vivien et al., 1985). Tale tecnica consiste nel censire, direttamente in immersione subacquea, le specie oggetto della ricerca lungo 'corridoi' di fondale roccioso di 25 x 5 m, valutandone l'abbondanza e la taglia (Fig. 2.2.2).

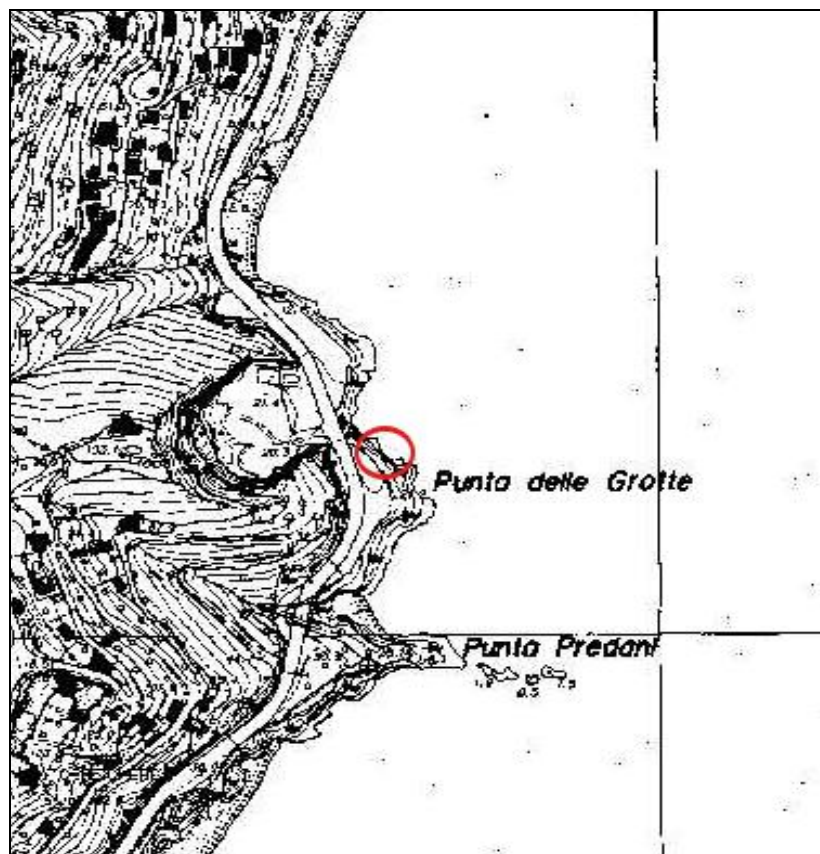


**Figura 2.2.2.** sx: operatore subacqueo intento a raccogliere dati durante un *visual census*; dx: rappresentazione schematica di un transetto di 25 m di lunghezza e 5 m di larghezza.

Per gran parte delle specie ittiche, comprese quelle bersaglio (es., il sarago maggiore *Diplodus sargus sargus*), la taglia, in termini di lunghezza totale (LT) è stata valutata secondo classi di 2 cm di ampiezza, mentre per specie di dimensioni assolute più grandi (es., la cernia bruna *Epinephelus marginatus* e la corvina *Sciaena umbra*) sono state utilizzate classi dimensionali di 5 cm.

Al fine di integrare i dati relativi alla valutazione dell'effetto riserva con delle altre osservazioni effettuate in habitat di particolare interesse ecologico, in entrambe le campagne di campionamento sono state effettuate delle immersioni esplorative in ambiente di grotta e di secca (queste ultime localizzate al di fuori dei confini dell'AMP).

Nello specifico tali immersioni esplorative sono state effettuate nella grotta marina di Bergeggi (2 cavità, relative alle due entrate più facilmente accessibili) (Fig. 2.2.3) e presso le secche profonde (*range* batimetrico complessivo: 25-51 m) denominate Garage (N 44° 15.133' N, 08° 27.417' E), Corallo Nero (44° 15.602' N, 08°27.621' E) e Ramoni (44° 15.650' N, 08° 27.854' E), nell'ottobre 2013 e giugno 2014. Le secche si trovano al di fuori dell'AMP.



**Figura 2.2.3.** Localizzazione (cerchio rosso) della grotta marina di Bergeggi.

Per quanto concerne la grotta e le secche profonde, la fauna ittica è stata caratterizzata attraverso l'utilizzo classi di abbondanza (bassa, media, elevata)

per ogni *taxon* della fauna ittica censito. In tali ambienti, infatti, non è possibile applicare un piano di campionamento formale e quantitativo. La grotta è troppo piccola per poter eseguire dei transetti opportunamente replicati, mentre le secche sono relativamente contenute in estensione e comunque piuttosto profonde, il che implica tempi operativi in immersione piuttosto ridotti. L'approccio utilizzato per quel che concerne i dati della grotta e delle secche è, quindi, sostanzialmente descrittivo.

I rilevamenti sono stati eseguiti da personale scientifico esperto dell'URL CoNISMa dell'Università di Nizza-Sophia Antipolis.

### ***2.3 Organizzazione ed analisi dei dati***

I dati raccolti sul popolamento ittico concernenti la valutazione dell'ER sono stati analizzati mediante tecniche di analisi multivariata ed univariata al fine di esaminare sia la struttura dei popolamenti (composizione in specie ed abbondanze relative), sia singole variabili (e.g., densità espressa come numero di individui/125 m<sup>2</sup> e/o biomassa espressa come grammi di peso fresco/125 m<sup>2</sup> di singole specie) in relazione alla variabilità tra i diversi livelli di protezione (zona A, B, C ed esterno).

Sulla base delle densità e dei valori stimati delle taglie sono state stimate le biomasse (peso umido) per unità di campionamento, utilizzando le relazioni lunghezza-peso disponibili in letteratura per le specie oggetto di analisi ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)). Sono stati scelti, quando possibile, i coefficienti di correlazione relativi a relazioni stabilite su campioni raccolti in Mediterraneo.

I dati relativi alle due campagne (Ottobre 2013 e Maggio 2014) sono stati analizzati separatamente al fine di evitare possibili problemi di dipendenza tra le repliche. La possibile dipendenza tra le repliche effettuate nei due tempi è legata alle ridotte superfici dei siti di campionamento (ad esempio i due siti in zona A) che implica che le repliche effettuate nei due tempi possano ricadere all'interno stesse aree. Le repliche effettuate nei due tempi all'interno di ciascun sito possono quindi essere dipendenti tra di loro in funzione di caratteristiche

specifiche del sito. Al fine quindi di evitare questo possibile *bias* si è scelto di analizzare i due tempi di campionamento separatamente.

Le differenze nella struttura dei popolamenti ittici (in termini di densità e biomassa) tra zone a diverso livello di protezione sono state testate attraverso analisi statistiche multivariate condotte con il package PRIMER 6 (Plymouth Marine Laboratory, UK) implementato con le routine Permanova+. Dalla matrice ad  $n$  colonne  $\times$   $m$  righe è stata calcolata, tramite il coefficiente di similarità di Bray-Curtis, una matrice triangolare di similarità. Basandosi su tale matrice, il test è stato condotto utilizzando Permanova (*Permutational Multivariate Analysis of Variance*; Anderson 2001).

La visualizzazione dei *pattern* multivariati è stata ottenuta mediante nMDS (*non-metric Multi Dimensional Scaling*), una procedura multivariata di ordinamento che permette di costruire una 'mappa' dei campioni a due o tre dimensioni, tale che le distanze tra i punti (i campioni, in questo studio le singole repliche o transetti) sulla mappa riflettano la maggiore o minore similarità tra i campioni stessi.

L'analisi della varianza permutazionale (PERMANOVA univariata) è stata condotta al fine di testare l'ipotesi di possibili differenze tra zone nella distribuzione di numero di *taxa*, densità e biomassa totali e di alcune specie *target* (la cernia bruna, il sarago maggiore ed il sarago fasciato).

I dati relativi alla taglia degli individui di alcune specie *target* della pesca (i.e. i saraghi maggiore e fasciato, oltre alla cernia bruna) censiti sono stati riportati in grafici lunghezza/frequenza al fine di visualizzare le distribuzioni di taglia presso l'AMP Isola di Bergeggi in relazione ad ognuno dei 4 livelli di protezione.

### 3. Risultati

#### 3.1 Valutazione dell'effetto riserva nell'infralitorale roccioso

Nell'infralitorale roccioso sono stati censiti complessivamente 53 *taxa* della fauna ittica durante le due campagne di campionamento mediante censimento visivo condotte nel presente studio (Tab. 3.1.1).

**Tabella 3.1.1.** Lista dei *taxa* della fauna ittica censiti nell'infralitorale roccioso presso l'AMP Isola di Bergeggi.

Famiglia	
<i>Genere specie</i>	
Apogonidae	Lophiidae
<i>Apogon imberbis</i>	<i>Lophius</i> sp.
Belonidae	Mugilidae
<i>Belone belone</i>	
Blennidae	Phycidae
<i>Parablennius gattorugine</i>	<i>Phycis phycis</i>
<i>Parablennius pilicornis</i>	
<i>Parablennius rouxi</i>	Mullidae
<i>Parablennius zvonimiri</i>	<i>Mullus surmuletus</i>
Carangidae	Muraenidae
<i>Seriola dumerili</i>	<i>Murena helena</i>
Centracanthidae	Pomacentridae
<i>Spicara maena</i>	<i>Chromis chromis</i>
<i>Spicara smaris</i>	
Clupeidae	Scorpaenidae
<i>Sardina pilchardus</i>	<i>Scorpaena porcus</i>
	<i>Scorpaena scrofa</i>
Congridae	Serranidae
<i>Conger conger</i>	<i>Epinephelus marginatus</i>
	<i>Serranus cabrilla</i>
	<i>Serranus scriba</i>
Gobiidae	
<i>Gobius cobitis</i>	
<i>Gobius cruentatus</i>	Sparidae
	<i>Boops boops</i>

<i>Gobius geniporus</i>	<i>Dentex dentex</i>
<i>Gobius vittatus</i>	<i>Diplodus annularis</i>
<i>Gobius xanthocephalus</i>	<i>Diplodus cervinus</i>
	<i>Diplodus puntazzo</i>
Labridae	<i>Diplodus sargus sargus</i>
<i>Coris julis</i>	<i>Diplodus vulgaris</i>
<i>Labrus merula</i>	<i>Lithognathus mormyrus</i>
<i>Symphodus cinereus</i>	<i>Oblada melanura</i>
<i>Symphodus doderleini</i>	<i>Pagrus pagrus</i>
<i>Symphodus mediterraneus</i>	<i>Sarpa salpa</i>
<i>Symphodus melanocercus</i>	<i>Sparus aurata</i>
<i>Symphodus ocellatus</i>	<i>Spondyliosoma cantharus</i>
<i>Symphodus roissali</i>	
<i>Symphodus rostratus</i>	Sphyraenidae
<i>Symphodus tinca</i>	<i>Sphyraena viridensis</i>
<i>Thalassoma pavo</i>	
	Tripterygiidae
	<i>Tripterygion delaisi</i>

Considerando le densità concernenti il popolamento ittico (tutti i *taxa* censiti in immersione, analisi multivariata) nel tempo 1, è stata registrata una variabilità significativa in relazione al livello di protezione. La variabilità tra siti all'interno di ciascuna zona non è risultata statisticamente significativa (Tab. 3.1.2.).

**Tabella. 3.1.2.** PERMANOVA multivariata condotta su dati di densità della fauna ittica nel tempo 1. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

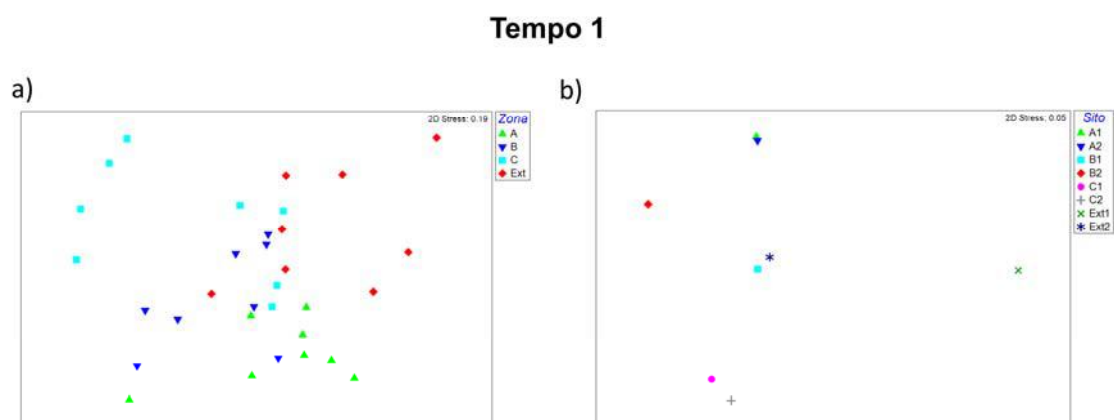
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	11885	3961.7	2.7766	<b><u>0.0064</u></b>
Si(Zo)	4	5707.2	1426.8	1.4577	0.0826
Res	24	23492	978.83		
Total	31	41084			

Il successivo test a posteriori (*pairwise*) ha evidenziato una differenza significativa tra la zona A e tutte le altre zone a diverso grado di protezione, con la zona B, C e l'esterno che non presentano differenze statisticamente significative tra loro.

La variabilità tra zone viene in parte messa in evidenza anche dall'ispezione visuale dei grafici nMDS, sia quando vengono rappresentate tutte le repliche



(Fig. 3.1.1a), sia quando vengono rappresentati solo i centroidi relativi ai siti di campionamento (Fig. 3.1.1b).



**Figura 3.1.1.** Analisi nMDS sulla struttura dei popolamenti ittici (dati di densità) nel tempo 1. a: nMDS delle singole repliche relative alle 4 tipologie di zona; b: nMDS dei centroidi relativi ai siti caratterizzati da diversi livelli di protezione.

L'analisi multivariata condotta sui dati di biomassa nel tempo 1 ha evidenziato una differenza statisticamente significativa relativamente al livello di protezione e tra i siti (Tab. 3.1.3).

**Tabella 3.1.3.** PERMANOVA multivariata condotta sui dati di biomassa della fauna ittica nel tempo 1. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

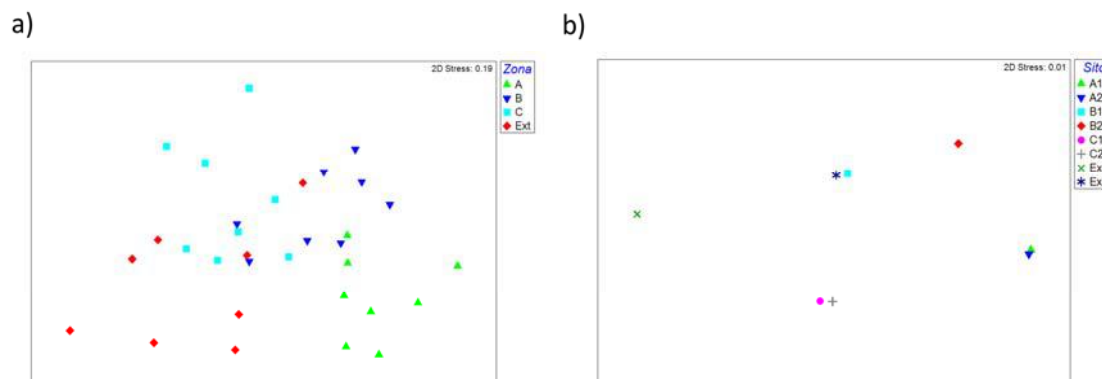
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	19828	6609.3	2.7691	<b><u>0.0052</u></b>
Si(Zo)	4	9547.3	2386.8	1.7728	<b><u>0.0017</u></b>
Res	24	32314	1346.4		
Total	31	61689			

I confronti a coppie (*pairwise*) hanno evidenziato una differenza significativa tra la zona A e tutte le altre zone a diverso grado di protezione, con la zona B, C e l'esterno, che non presentano differenze statisticamente significative tra loro.

La variabilità tra zone viene in parte messa in evidenza anche dall'ispezione visuale dei grafici nMDS, sia quando vengono rappresentate tutte le repliche (Fig. 3.1.2a), sia quando vengono rappresentati solo i centroidi relativi ai siti di campionamento (Fig. 3.1.2b).



## Tempo 1



**Figura 3.1.2.** Analisi nMDS sulla struttura dei popolamenti ittici (dati di biomassa) nel tempo 1. a: nMDS delle singole repliche relative alle 4 tipologie di zona; b: nMDS dei centroidi relativi ai siti caratterizzati da diversi livelli di protezione.

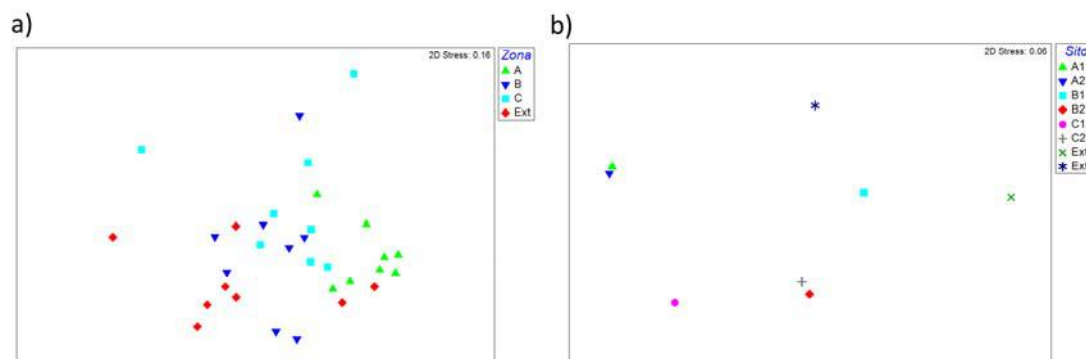
Per quanto riguarda il secondo tempo di campionamento (tempo 2), considerando i dati di densità (tutti i *taxa* censiti in immersione, analisi multivariata) non è stata registrata alcuna variabilità significativa tra le zone a diverso livello di protezione. Da notare, da questo punto di vista, che il valore di *p* relativo all'effetto del livello di protezione non è molto distante dalla soglia di significatività statistica e che la variabilità tra siti all'interno di ciascuna zona è risultata particolarmente importante in questo caso (Tab. 3.1.4.).

**Tabella 3.1.4.** PERMANOVA multivariata condotta su dati di densità della fauna ittica nel tempo 2. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di *P* statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	10217	3405.6	1.9229	0.0624
Si(Zo)	4	7084.2	1771.1	1.8732	<b><u>0.0025</u></b>
Res	24	22691	945.47		
Total	31	39992			

La rappresentazione nMDS per le densità del tempo 2, quando tutte le repliche vengono considerate (Fig. 3.1.3a), evidenzia una relativamente elevata variabilità tra i campioni della zona A, rispetto alla variabilità evidenziata nel tempo 1. Una distinzione più evidente tra zone emerge quando vengono considerati i soli centroidi relativi ai siti di campionamento (Fig. 3.1.3b).

## Tempo 2



**Figura 3.1.3.** Analisi nMDS sulla struttura dei popolamenti ittici (dati di densità) nel tempo 2. a: nMDS delle singole repliche relative alle 4 tipologie di zona; b: nMDS dei centroidi relativi ai siti caratterizzati da diversi livelli di protezione.

L'analisi multivariata condotta sui dati di biomassa del popolamento ittico nel tempo 2 ha evidenziato una differenza statisticamente significativa relativamente al livello di protezione e tra i siti (Tab. 3.1.5).

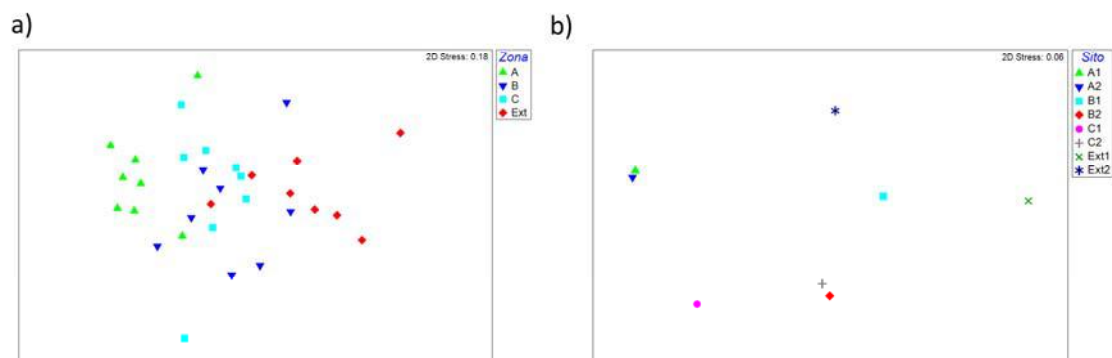
**Tabella 3.1.5.** PERMANOVA multivariata condotta sui dati di biomassa della fauna ittica nel tempo 2. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	15193	5064.3	2.1731	<b><u>0.0216</u></b>
Si(Zo)	4	9322	2330.5	2.0111	<b><u>0.0001</u></b>
Res	24	27812	1158.8		
Total	31	52326			

I confronti a coppie (*pairwise*) hanno evidenziato una differenza significativa solamente tra la zona A e l'esterno. Tutti gli altri confronti a coppie non hanno messo in evidenza nessuna differenza statisticamente significativa.

La variabilità tra zone viene evidenziata anche dall'ispezione visuale dei grafici nMDS, sia quando vengono rappresentate tutte le repliche (Fig. 3.1.4a), sia quando vengono rappresentati solo i centroidi relativi ai siti di campionamento (Fig. 3.1.4b).

## Tempo 2



**Figura 3.1.4.** Analisi nMDS sulla struttura dei popolamenti ittici (dati di biomassa) nel tempo 2. a: nMDS delle singole repliche relative alle 4 tipologie di zona; b: nMDS dei centroidi relativi ai siti caratterizzati da diversi livelli di protezione.

Nel tempo 1 è stata registrata una variabilità significativa del numero di *taxa* del popolamento ittico (una misura analoga alla ricchezza specifica) tra le zone a diverso livello di protezione, ma non alla scala dei siti (Tab. 3.1.6.).

**Tabella 3.1.6.** PERMANOVA univariata condotta sui dati relativi al numero di *taxa* della fauna ittica nel tempo 1. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

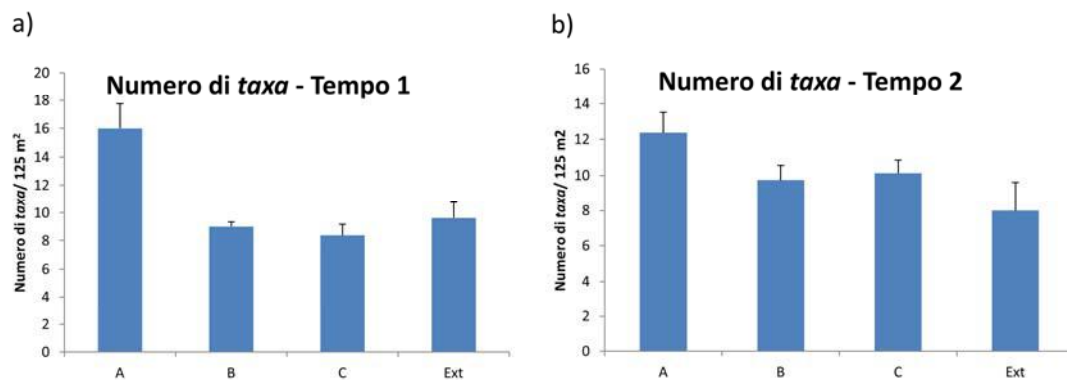
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	300.25	100.08	228.76	<b><u>0.0002</u></b>
Si(Zo)	4	1.75	0.4375	3.6713E-2	0.9973
Res	24	286	11.917		
Total	31	588			

Il successivo test a posteriori ha messo in evidenza una differenza significativa tra la zona A e tutte le altre zone a diverso grado di protezione, con la zona B, C e l'esterno che non presentano differenze statisticamente significative tra loro (Fig. 3.1.5). In particolare la zona A ospita un numero di *taxa* significativamente più elevato rispetto a tutte le altre zone considerate.

Nel tempo 2, nonostante i valori medi rispecchino il *pattern* registrato nel tempo 1 (con i valori più elevati registrati in zona A), le differenze in termini di numero medio di *taxa* non sono risultate essere statisticamente significative. La variabilità tra siti è risultata, per contro, significativa (Tab 3.1.7.).

**Tabella 3.1.7.** PERMANOVA univariata condotta sui dati relativi al numero di *taxa* della fauna ittica nel tempo 2. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	77.625	25.875	0.52471	0.6871
Si(Zo)	4	197.25	49.313	13.298	<b><u>0.0001</u></b>
Res	24	89	3.7083		
Total	31	363.88			



**Figura 3.1.5.** Numero medio ( $\pm$ SE) di *taxa* della fauna ittica nel tempo 1 (a) e nel tempo 2 (b) per zona a diverso livello di protezione.

Considerando i dati di densità totale (numero medio di individui per 125 m<sup>2</sup>, considerando insieme tutte le specie) dell'intero popolamento ittico, le analisi hanno evidenziato una differenza significativa tra le zone a diverso livello di protezione sia nel tempo 1 che nel tempo 2 (Tab 3.1.8., Tab 3.1.9.). In entrambi i tempi non è stata evidenziata una variabilità significativa alla scala dei siti.

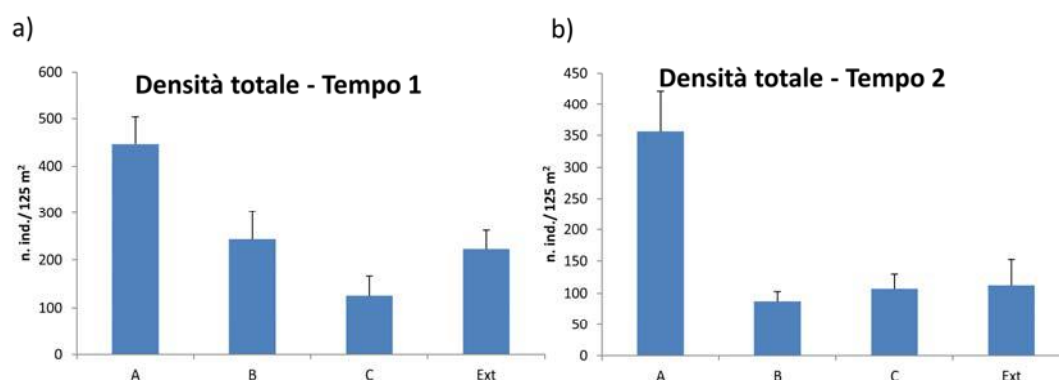
**Tabella 3.1.8.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di densità totale della fauna ittica nel tempo 1. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	4.3261E5	1.442E5	13.116	<b><u>0.0152</u></b>
Si(Zo)	4	43977	10994	0.50419	0.7283
Res	24	5.2333E5	21806		
Total	31	9.9992E5			

**Tabella 3.1.9.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di densità totale della fauna ittica nel tempo 2. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	3.903E5	1.301E5	9.8425	<b><u>0.0257</u></b>
Si(Zo)	4	52873	13218	0.99924	0.4221
Res	24	3.1748E5	13228		
Total	31	7.6065E5			

Nel tempo 1, il valore medio più elevato è stato registrato in zona A (Fig. 3.1.6a). Il test a posteriori a coppie ha evidenziato differenze significative tra la zona A e la zona C. Nessun altro confronto ha mostrato differenze significative. Nel tempo 2, il test a posteriori a coppie ha evidenziato valori di densità media significativamente più elevati in zona A rispetto alle altre zone (Fig. 3.1.6b). Nessuna differenza significativa è stata registrata tra zona B, C ed esterno.



**Figura 3.1.6.** Densità totale media ( $\pm$ SE) nel tempo 1 (a) e nel tempo 2 (b) per zona a diverso livello di protezione.

Considerando i dati di biomassa totale (grammi per 125 m<sup>2</sup>, considerando insieme tutte le specie) dell'intero popolamento ittico, le analisi hanno evidenziato una differenza significativa tra le zone a diverso livello di protezione sia nel tempo 1, sia nel tempo 2 (Tab 3.1.10., Tab 3.1.11.). In entrambi i tempi non è stata evidenziata una variabilità significativa alla scala dei siti.

**Tabella 3.1.10.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di biomassa totale della fauna ittica nel tempo 1. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

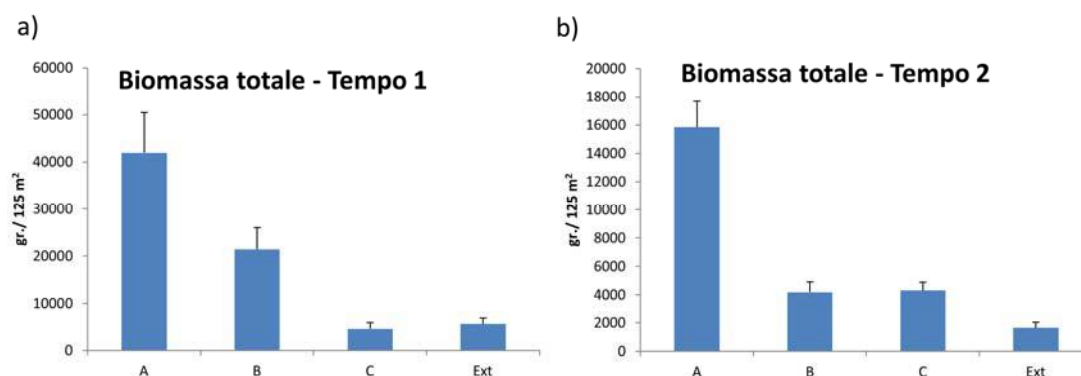
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	96181	32060	16.113	<b><u>0.0096</u></b>
Si(Zo)	4	7958.9	1989.7	1.306	0.3002
Res	24	36563	1523.5		
Total	31	1.407E5			

**Tabella 3.1.11.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di biomassa totale della fauna ittica nel tempo 2. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	31751	10584	18.172	<b><u>0.0083</u></b>
Si(Zo)	4	2329.6	582.41	2.7269	0.0507
Res	24	5125.9	213.58		
Total	31	39206			

Nel tempo 1, il test a posteriori a coppie ha evidenziato valori di biomassa significativamente più elevati in zona A rispetto alla zona C ed all'esterno (Fig. 3.1.7a). Nessun altro confronto ha mostrato differenze significative.

Nel tempo 2, il test a posteriori a coppie ha evidenziato valori di densità media significativamente più elevati in zona A rispetto a tutte le altre zone (Fig. 3.1.7b). Nessuna differenza significativa è stata registrata tra zona B, C ed esterno.



**Figura 3.1.7.** Biomassa totale media ( $\pm$ SE) nel tempo 1 (a) e nel tempo 2 (b) per zona a diverso livello di protezione.

Per quel che concerne la cernia bruna *Epinephelus marginatus* (Fig. 3.1.8), l'analisi ha mostrato differenze significative tra le zone a diverso livello di protezione in termini di densità nel tempo 1 e non nel tempo 2 (Tab 3.1.12., Tab 3.1.13.). Relativamente al tempo 2 l'analisi presenta delle difficoltà di calcolo dovute alla totale assenza di cernie nelle zone B, C ed esterno. La variabilità a scala di sito è risultata essere significativa esclusivamente nel tempo 2.



**Figura 3.1.8.** Esemplare adulto di cernia bruna (foto di Claudio Mancuso).

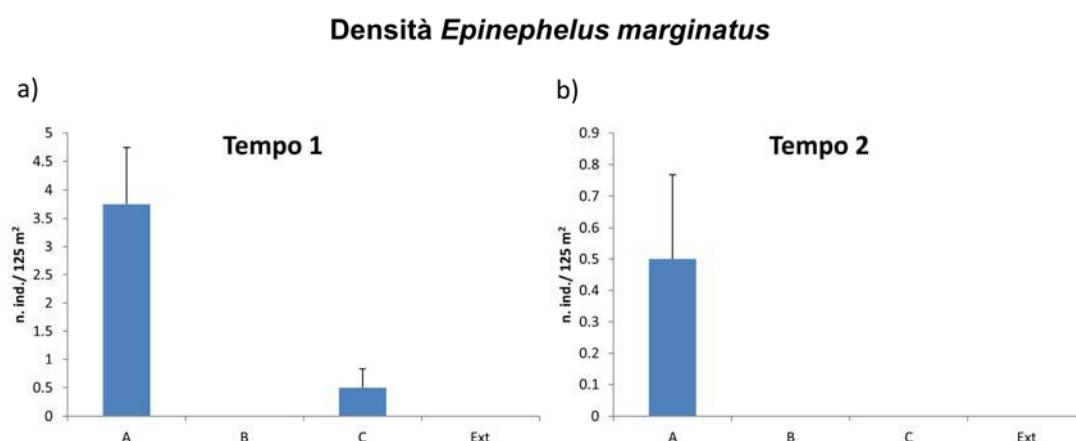
**Tabella 3.1.12.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di densità della cernia bruna *Epinephelus marginatus* nel tempo 1. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	78.375	26.125	52.25	<b><u>0.0018</u></b>
Si(Zo)	4	2	0.5	0.20168	0.9391
Res	24	59.5	2.4792		
Total	31	139.88			

**Tabella 3.1.13.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di densità della cernia bruna *Epinephelus marginatus* nel tempo 2. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	1.5	0.5	1	0.4842
Si(Zo)	4	2	0.5	6	<b><u>0.0002</u></b>
Res	24	2	8.3333E-2		
Total	31	5.5			

Per quanto riguarda il tempo 1, il test a posteriori *pairwise* ha evidenziato densità medie significativamente più elevate nella zona A rispetto a tutte le altre zone (Fig. 3.1.9a). Per quanto, come descritto in precedenza, non siano state formalmente evidenziate differenze significative in termini di densità tra zone nel tempo 2, l'analisi visuale del grafico (Fig. 3.1.9b) evidenzia come la zona A sia l'unica zona dove siano stati censiti individui di cernia.



**Figura 3.1.9.** Densità media ( $\pm$ SE) della cernia bruna *Epinephelus marginatus* nel tempo 1 (a) e nel tempo 2 (b) per zona a diverso livello di protezione.

In termini di biomassa, la cernia bruna ha mostrato un *pattern* simile a quello della densità (Tab 3.1.14., Tab 3.1.15.). La variabilità a scala di sito è risultata essere significativa esclusivamente nel tempo 2.

**Tabella 3.1.14.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di biomassa della cernia bruna *Epinephelus maginatus* nel tempo 1. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

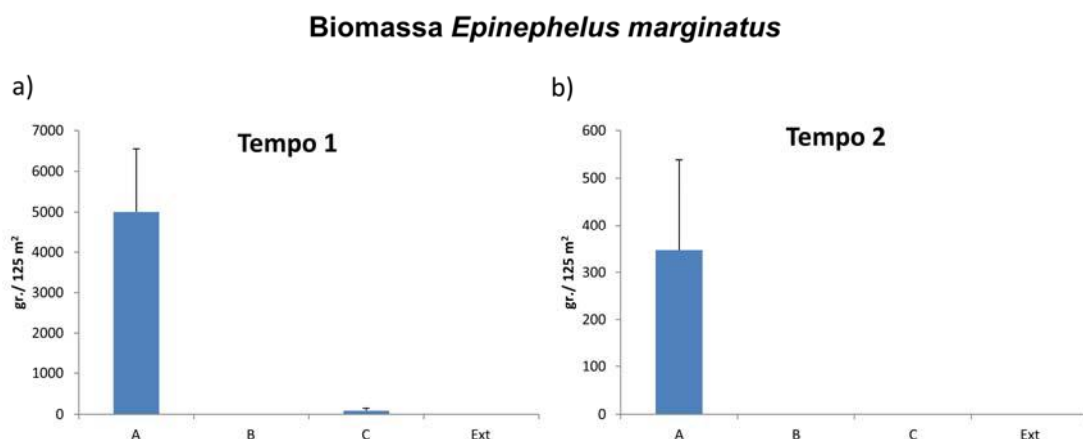
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	1.4865E8	4.9549E7	81.661	<b><u>0.0006</u></b>
Si(Zo)	4	2.4271E6	6.0677E5	0.1115	0.9788
Res	24	1.3061E8	5.442E6		
Total	31	2.8168E8			



**Tabella 3.1.15.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di biomassa della cernia bruna *Epinephelus marginatus* nel tempo 2. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

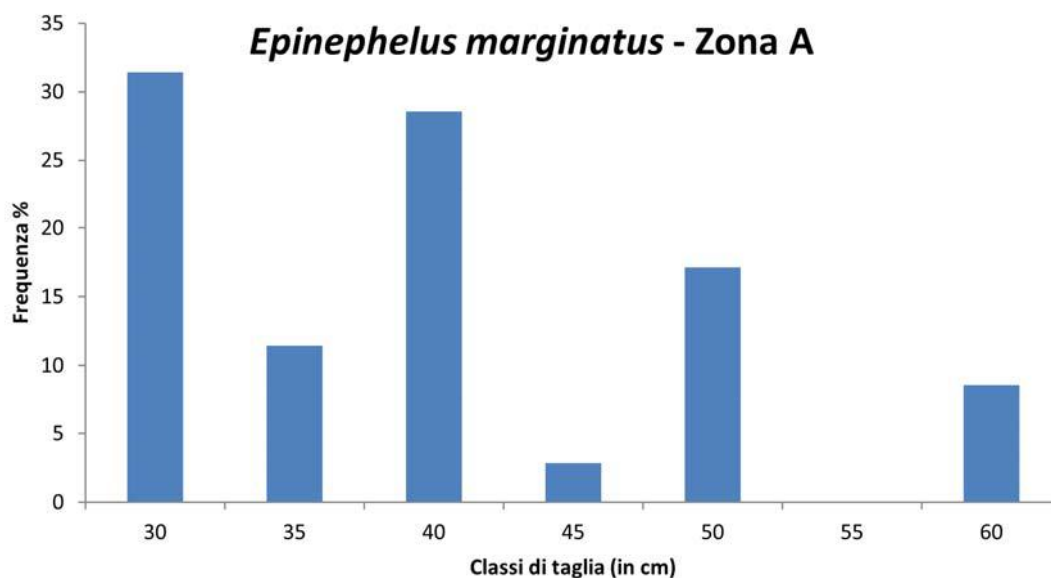
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	7.2231E5	2.4077E5	1	0.4789
Si(Zo)	4	9.6309E5	2.4077E5	5.3557	<b><u>0.0002</u></b>
Res	24	1.0789E6	44956		
Total	31	2.7643E6			

Per quanto riguarda il tempo 1, il test a posteriori *pairwise* ha evidenziato biomasse medie significativamente più elevate nella zona A rispetto a tutte le altre zone (Fig. 3.1.10a). Analogamente a quanto descritto per le analisi della densità, l'analisi visuale del grafico relativo al tempo 2 (Fig. 3.1.10b) evidenzia come la zona A sia l'unica zona dove sono stati censiti individui di cernia.



**Figura 3.1.10.** Biomassa media ( $\pm$ SE) della cernia bruna *Epinephelus marginatus* nel tempo 1 (a) e nel tempo 2 (b) per zona a diverso livello di protezione.

Dei 39 individui di cernia censiti complessivamente durante i due tempi di campionamento, 35 sono stati avvistati all'interno della zona A e i restanti 4 in zona B. Al fine di considerare un numero sufficiente di campioni, di seguito viene riportata la distribuzione di taglia relativa esclusivamente agli individui censiti nelle due campagne di campionamento (dati aggregati) all'interno della zona A (Fig 3.1.11.).



**Figura 3.1.11.** Distribuzione di taglia della cernia bruna *Epinephelus marginatus* in zona A. I dati relativi ai due tempi di campionamento sono aggregati.

Gli individui censiti in zona A sono risultati compresi tra 30 e 60 cm. Gli individui censiti in zona B, sono risultati tutti di classi di taglia tra 25 e 30 cm.

Riguardo al sarago maggiore *Diplodus sargus sargus* (Fig. 3.1.12), nessuna differenza significativa è stata riscontrata tra le zone a diverso grado di protezione in termini di densità sia nel tempo 1, sia nel tempo 2 (Tab. 3.1.16., Tab. 3.1.17.). In entrambi i tempi di campionamento non è stata evidenziata una variabilità significativa alla scala di sito.



**Figura 3.1.12.** Esemplare adulto di sarago maggiore.

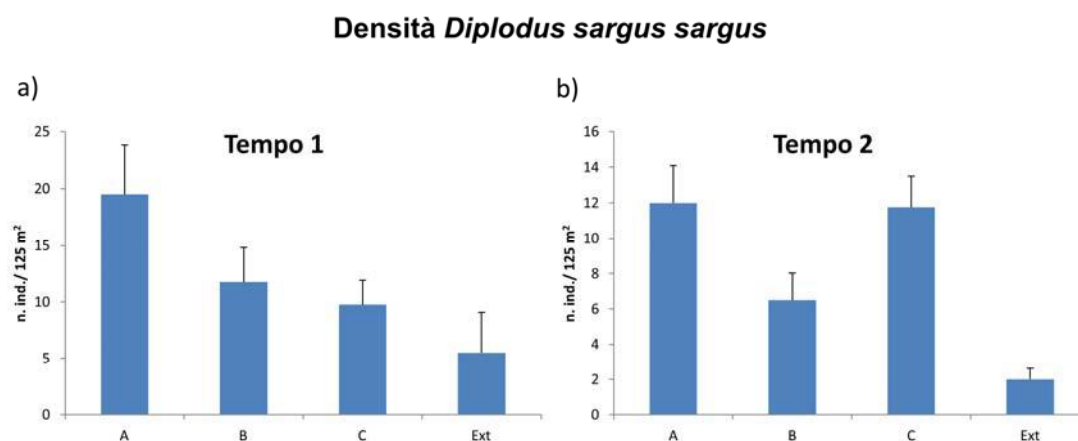
**Tabella 3.1.16.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di densità del sarago maggiore *Diplodus sargus sargus* nel tempo 1. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto e sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	824.5	274.83	1.3837	0.3811
Si(Zo)	4	794.5	198.63	2.7201	<b>0.0564</b>
Res	24	1752.5	73.021		
Total	31	3371.5			

**Tabella 3.1.17.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di densità del sarago maggiore *Diplodus sargus sargus* nel tempo 2. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto e sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	546.38	182.13	5.6038	0.0671
Si(Zo)	4	130	32.5	1.7747	0.1633
Res	24	439.5	18.313		
Total	31	1115.9			

L'ispezione visiva dei grafici mostra come nel tempo 1 i valori medi più elevati siano stati registrati in zona A (Fig. 3.1.13a). Mentre nel tempo 2 il *pattern* è diverso con valori paragonabili tra zona A e zona C, entrambi più elevati rispetto alla zona B ed all'esterno (Fig. 3.1.13b).



**Figura 3.1.13.** Densità media del sarago maggiore *Diplodus sargus sargus* ( $\pm$ SE) nel tempo 1(a) e nel tempo 2 (b) per zona a diverso livello di protezione.

Considerando la biomassa del sarago maggiore *Diplodus sargus sargus*, le analisi statistiche non hanno evidenziato differenze significative tra le zone a diverso grado di protezione per entrambi i tempi di campionamento (Tab. 3.1.18. e Tab 3.1.19). La variabilità a scala di sito è risultata essere statisticamente significativa esclusivamente nel tempo 2.

**Tabella 3.1.18.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di biomassa del sarago maggiore *Diplodus sargus sargus* nel tempo 1. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

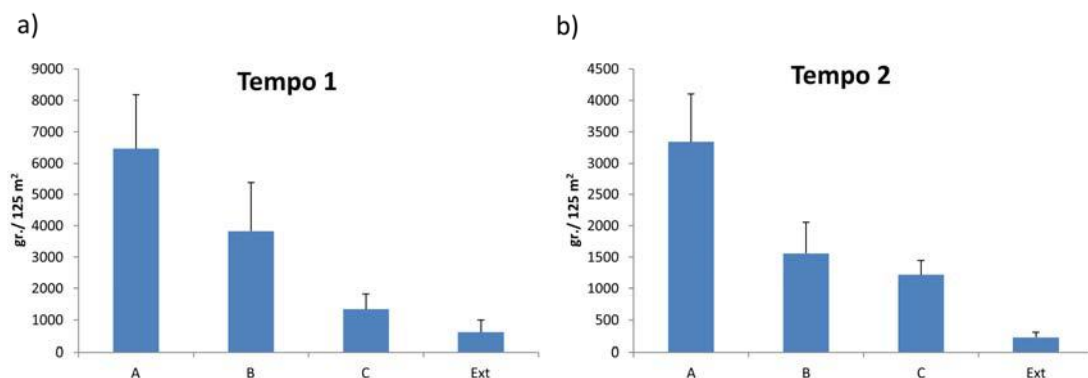
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	1.689E8	5.6301E7	3.023	0.16
Si(Zo)	4	7.4496E7	1.8624E7	1.8347	0.1534
Res	24	2.4363E8	1.0151E7		
Total	31	4.8703E8			

**Tabella 3.1.19.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di biomassa del sarago maggiore *Diplodus sargus sargus* nel tempo 2. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	4.0441E7	1.348E7	2.2287	0.2402
Si(Zo)	4	2.4194E7	6.0484E6	5.7598	<b><u>0.0017</u></b>
Res	24	2.5203E7	1.0501E6		
Total	31	8.9837E7			

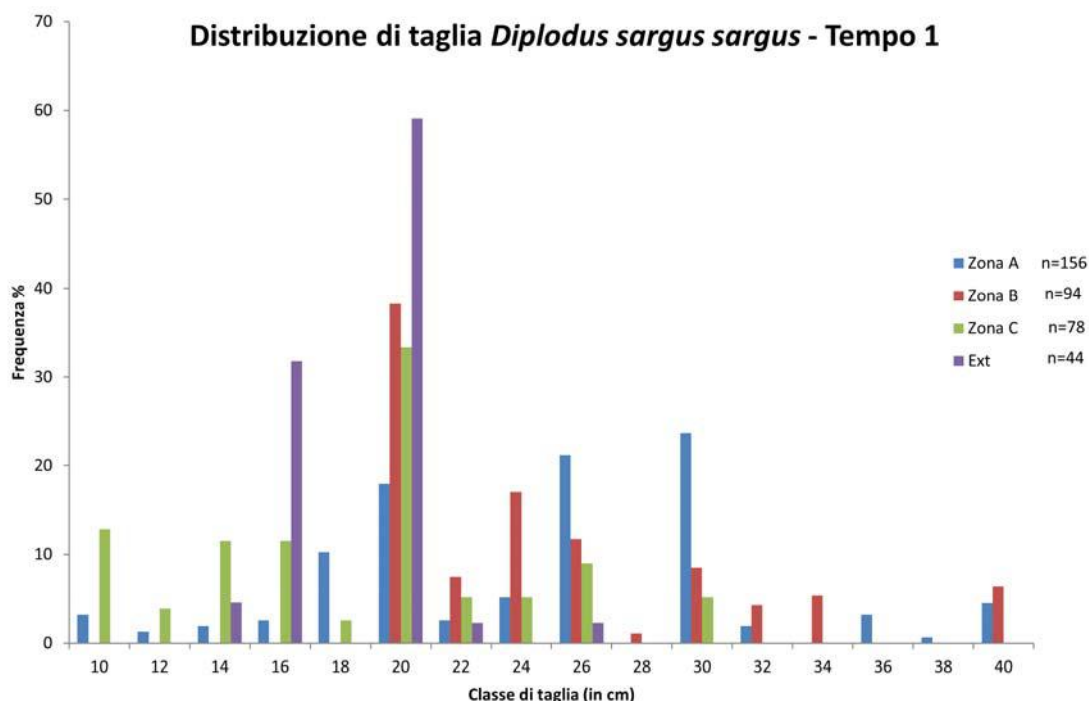
Al di là, dell'*output* dell'analisi formale, l'ispezione visuale dei grafici evidenzia chiaramente come i valori più elevati di biomassa per il sarago maggiore *Diplodus sargus sargus* siano stati registrati in zona A in entrambi i tempi di campionamento (Fig. 3.1.14 a,b).

### Biomassa *Diplodus sargus sargus*



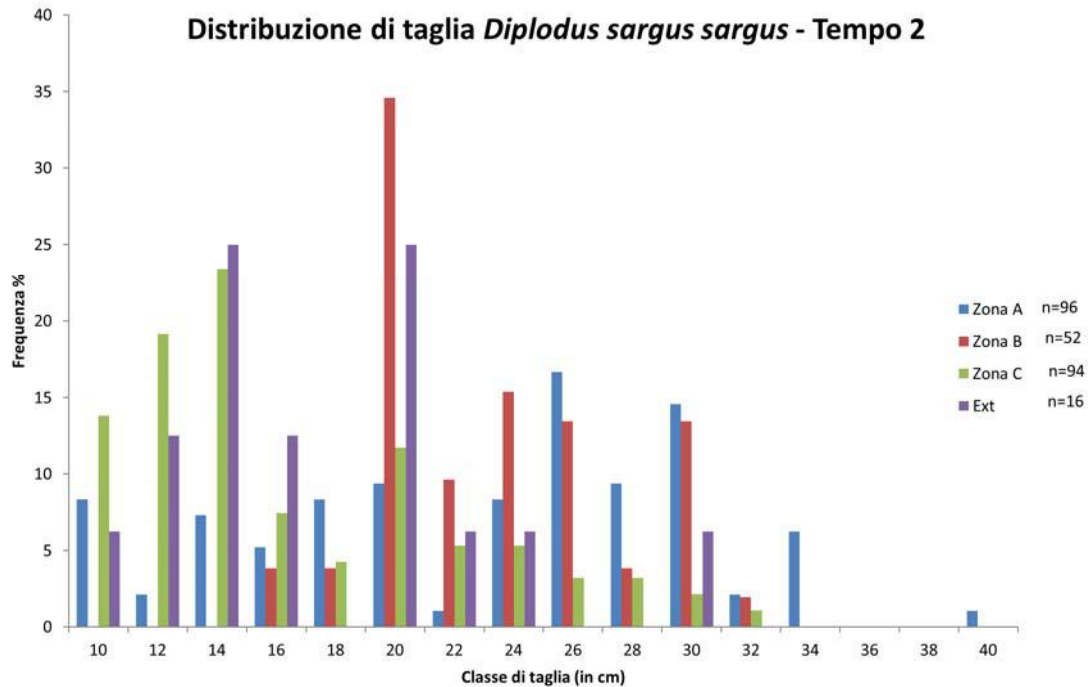
**Figura 3.1.14.** Biomassa media del sarago maggiore *Diplodus sargus sargus* ( $\pm SE$ ) nel tempo 1(a) e nel tempo 2 (b) per zona a diverso livello di protezione.

Considerando il tempo 1, si può osservare che gli individui di *Diplodus sargus sargus* con taglia maggiore di 30 cm sono stati censiti esclusivamente in zona A e zona B. La taglia massima riscontrata è stata di 40 cm (sia in zona A, sia in zona B) (Fig. 3.1.15).



**Figura 3.1.15.** Distribuzione di taglia del sarago maggiore *Diplodus sargus sargus* (tempo 1) in ognuna delle 4 zone considerate. Per ogni zona è riportato il numero di individui censito per costruire la distribuzione di frequenza.

Nel tempo 2, individui di taglia superiore ai 32 cm sono stati censiti soltanto in zona A, con individui di taglia massima di 40 cm (Fig. 3.1.16).



**Figura 3.1.16.** Distribuzione di taglia del sarago maggiore *Diplodus sargus sargus*, nel tempo 2, in ognuna delle 4 zone considerate. Per ogni zona è riportato il numero di individui censito per costruire la distribuzione di frequenza.

Per quel che concerne il sarago fasciato *Diplodus vulgaris* (Fig. 3.1.17), l'analisi dei dati di densità ha mostrato differenze significative tra zone nel Tempo 2 e non per il Tempo 1 (Tab 3.1.20, Tab 3.1.21). In nessuno dei due tempi di campionamento è stata riscontrata una variabilità statisticamente significativa alla scala di sito.



**Figura 3.1.17.** Esempio di sarago fasciato.

**Tabella 3.1.20.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di densità del sarago fasciato *Diplodus vulgaris* nel tempo 1. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	10548	3516.1	2.4202	0.2107
Si(Zo)	4	5811.3	1452.8	1.0403	0.423
Res	24	33518	1396.6		
Total	31	49878			

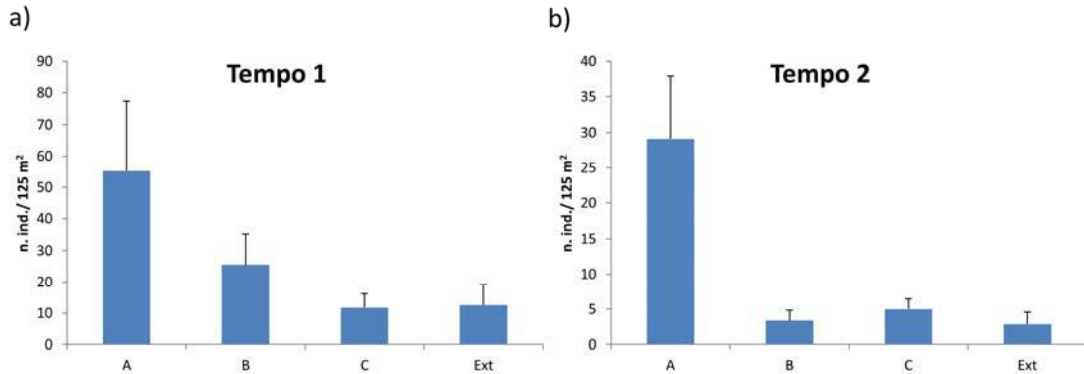
**Tabella 3.1.21.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di densità del sarago fasciato *Diplodus vulgaris* nel tempo 2. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	3883.1	1294.4	32.899	<b><u>0.0022</u></b>
Si(Zo)	4	157.37	39.344	0.20733	0.9375
Res	24	4554.3	189.76		
Total	31	8594.7			

L'analisi visuale del grafico evidenzia come, in entrambi i tempi di campionamento, i valori medi di densità più elevati siano stati registrati in zona A (Fig. 3.1.18 a,b).

Per quanto riguarda il tempo 2, il test a posteriori *pairwise* ha evidenziato densità medie significativamente più elevate nella zona A rispetto a tutte le altre zone. Nessuna differenza è invece stata riscontrata tra le altre zone.

### Densità *Diplodus vulgaris*



**Figura 3.1.18.** Densità media del sarago fasciato *Diplodus vulgaris* ( $\pm$ SE) nel tempo 1(a) e nel tempo 2 (b) per zona a diverso livello di protezione.

Le analisi sulla biomassa di *Diplodus vulgaris* non evidenziano differenze significative tra zone sia nel tempo 1, sia nel tempo 2 (Tab 3.1.22, Tab. 3.1.23; da segnalare il valore di p è prossimo alla significatività nel tempo 1).

**Tabella 3.1.22.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di biomassa del sarago fasciato *Diplodus vulgaris* nel tempo 1. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	6.216E8	2.072E8	5.9553	0.058
Si(Zo)	4	1.3917E8	3.4793E7	0.76689	0.5867
Res	24	1.0888E9	4.5368E7		
Total	31	1.8496E9			

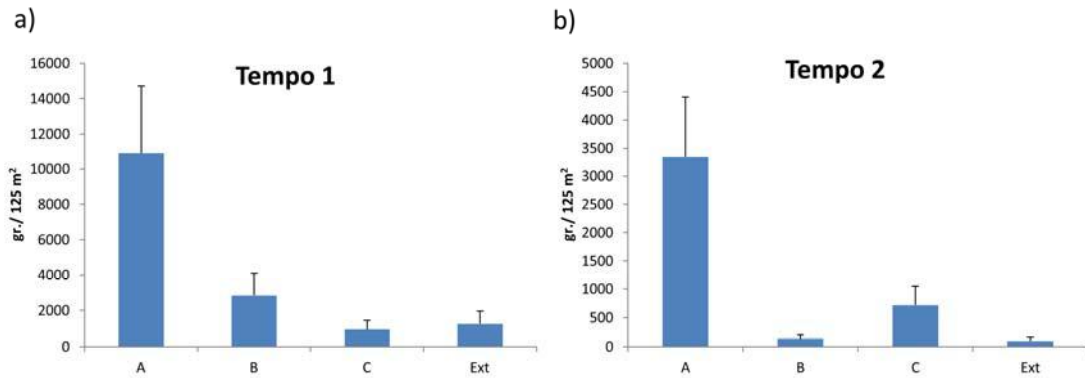
**Tabella 3.1.23.** PERMANOVA univariata condotta sui dati di biomassa del sarago fasciato *Diplodus vulgaris* nel tempo 2. Fattori: Zo=zona; Si=sito. In grassetto-sottolineato sono riportati i valori di P statisticamente significativi.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zo	3	5.7133E7	1.9044E7	3.5379	0.1231
Si(Zo)	4	2.1532E7	5.383E6	2.7226	<b>0.035</b>
Res	24	4.7452E7	1.9772E6		
Total	31	1.2612E8			

L'analisi visuale del grafico evidenzia come, in entrambi i tempi di campionamento, i valori medi di biomassa più elevati siano stati registrati in zona A (Fig 3.1.19a,b).

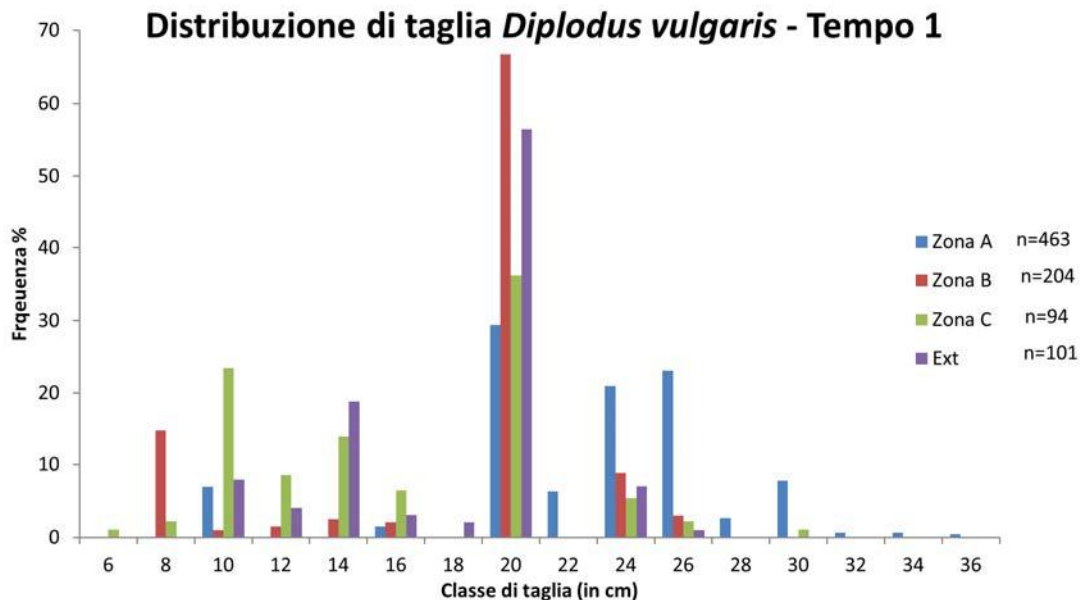


### Biomassa *Diplodus vulgaris*



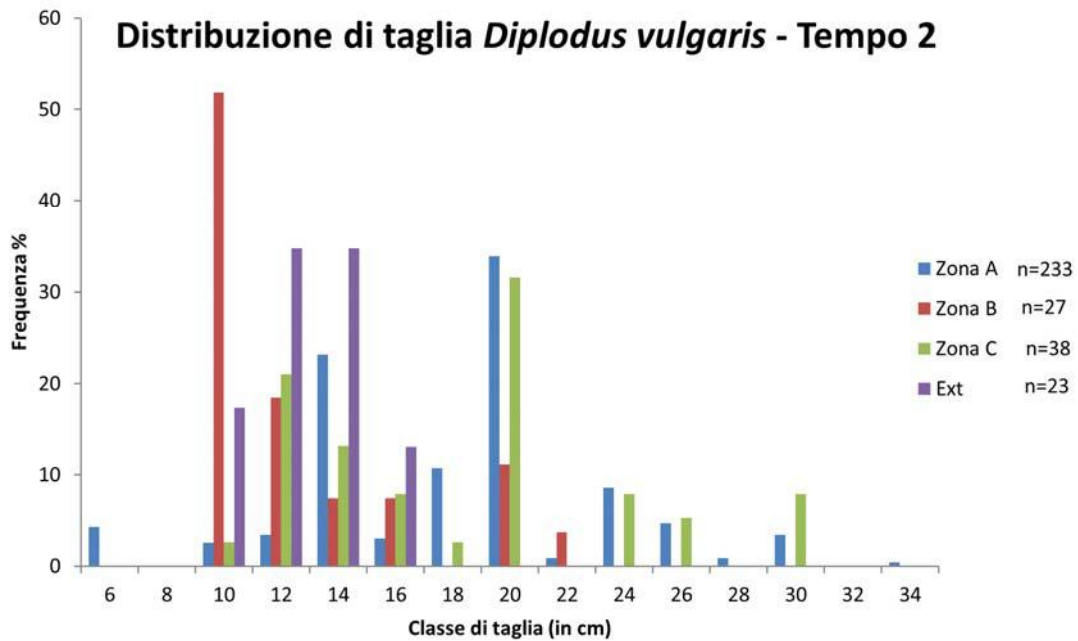
**Figura 3.1.19.** Biomassa media ( $\pm$ SE) del sarago fasciato *Diplodus vulgaris* nel tempo 1(a) e nel tempo 2 (b) per zona a diverso livello di protezione.

Considerando il tempo 1, si può osservare che gli individui con taglia maggiore di 26 cm sono stati censiti esclusivamente in zona A e zona C. Individui di taglia maggiore ai 30 cm sono stati individuati esclusivamente in zona A, dove la taglia massima riscontrata è stata di 36 cm (Fig. 3.1.20).



**Figura 3.1.20.** Distribuzione di taglia del sarago fasciato *Diplodus vulgaris*, nel tempo 1, in ognuna delle 4 zone considerate. Per ogni zona è riportato il numero di individui censito per costruire la distribuzione di frequenza.

Nel tempo 2 individui di taglia superiore ai 22 cm sono stati censiti soltanto in zona A e zona C. La taglia massima registrata è stata di 34 cm, per individui presenti in zona A (Fig. 3.1.21).



**Figura 3.1.21.** Distribuzione di taglia del sarago fasciato *Diplodus vulgaris*, nel tempo 2, in ognuna delle 4 zone considerate. Per ogni zona è riportato il numero di individui censito per costruire la distribuzione di frequenza.

### 3.2 Caratterizzazione del popolamento ittico della grotta marina di Bergeggi

All'interno della grotta marina di Bergeggi sono stati identificati 17 taxa appartenenti alla fauna ittica (Tab. 3.2.1).

**Tabella 3.2.1.** Lista dei *taxa* della fauna ittica censiti presso la grotta marina dell'AMP Isola di Bergeggi. L'abbondanza delle diverse specie censite è indicata secondo tre classi: + bassa; ++ media; +++elevata.

Famiglia	
<i>Genere specie</i>	
Apogonidae	Mugilidae +
<i>Apogon imberbis</i> +++	
	Phycidae
Blennidae	<i>Phycis phycis</i> +
<i>Parablennius rouxi</i> +	
	Sciaenidae
Bythitidae	<i>Sciaena umbra</i> ++
<i>Grammonus ater</i> +	
	Scorpaenidae
Congridae	<i>Scorpaena notata</i> +
<i>Conger conger</i> +	
	Serranidae
Gobiidae	<i>Serranus cabrilla</i> ++
<i>Corcyrogobius liechtensteini</i> +	
<i>Didogobius splechnai</i> +	
<i>Gammogobius steinitzi</i> +	Sparidae
<i>Gobius paganellus</i> +	<i>Diplodus vulgaris</i> +
	<i>Oblada melanura</i> +
Labridae	Tripterygiidae
<i>Coris julis</i> +	<i>Tripterygion melanurum</i> +

Alcuni dei taxa osservati in grotta non sono stati censiti al di fuori ed in particolare si tratta di specie cripto bentoniche, alcune delle quali note per essere associate agli ambienti di grotta sommersa: *Corcyrogobius liechtensteini*, *Didogobius splechnai*, *Gammogobius steinitzi*, *Grammonus ater*, *Tripterygion melanurum*. Il popolamento ittico all'interno della grotta è

numericamente dominato dal re di triglie, *Apogon imberbis*. La corvina, *Sciaena umbra*, non è mai stata osservata presso l'AMP di Bergeggi se non in grotta, dove risulta essere relativamente frequente.



**Figura 3.2.1.** Esempio di ghiozzetto di Marsiglia (*Gammogobius steinitzi*). Foto: M. Corradi.

### 3.3 Caratterizzazione del popolamento ittico delle secche profonde

La caratterizzazione del popolamento ittico associato alle secche profonde è stata effettuata presso 3 secche: la Secca del Corallo Nero (profondità 35-37 metri), la Secca Garage (25-30 metri) e la Secca Ramoni (42-51 metri), ritenute rappresentative del sistema di secche rocciose presenti nell'area circostante l'AMP indagata. Complessivamente nelle 3 secche sono state censite 20 specie della fauna ittica (Tab. 3.3.1).

**Tabella 3.3.1.** Lista dei *taxa* della fauna ittica censiti presso le tre secche profonde (Corallo Nero, Garage e Ramoni) indagate nei pressi dell'AMP Isola di Bergeggi. L'abbondanza delle diverse specie censite è indicata secondo tre classi: + bassa; ++ media; +++ elevata.

Famiglia	
<i>Genere specie</i>	
Blennidae	Muraenidae
<i>Parablennius rouxi</i> +	<i>Muraena helena</i> +
Centracanthidae	Pomacentridae
<i>Spicara smaris</i> ++	<i>Chromis chromis</i> ++
Congridae	Scombridae
<i>Conger conger</i> +	<i>Scomber scombrus</i> +
Gobiidae	Scorpaenidae
<i>Gobius bucchichi</i> +	<i>Scorpaena scrofa</i> +
<i>Gobius geniporus</i> +	
<i>Gobius vittatus</i> +	Serranidae
	<i>Anthias anthias</i> +++
Labridae	<i>Epinephelus marginatus</i> +
<i>Coris julis</i> +	<i>Serranus cabrilla</i> ++
<i>Symphodus doderleini</i> ++	
<i>Symphodus mediterraneus</i> ++	Sparidae
	<i>Diplodus vulgaris</i> ++
Mullidae	<i>Spondyliosoma cantharus</i> ++
<i>Mullus surmuletus</i> ++	
	Zeidae
	<i>Zeus faber</i> +

Tre specie ittiche censite presso le secche (*Anthias anthias*, *Scomber scombrus* e *Zeus faber*) sono state osservate esclusivamente in ambiente di secca e non sono registrate né in ambiente di infralitorale roccioso superiore, né in grotta. Da segnalare che alla secca "Garage" è stato censito un esemplare di cernia bruna *Epinephelus marginatus* di 60 cm LT.

## 4. Considerazioni conclusive

Il presente intervento effettuato presso l'AMP Isola di Bergeggi si poneva come obiettivi:

- 1) la progettazione e l'attuazione di un piano di monitoraggio della fauna ittica attraverso l'impiego di tecniche non-distruttive (censimenti visuali in immersione) per la valutazione dell'effetto riserva (ER);
- 2) l'effettuazione di valutazioni tese alla caratterizzazione dei popolamenti ittici associati ad ambienti di grotta e di secca profonda, per valutare il loro contributo alla diversità biologica della fauna ittica costiera nell'area di studio.

I dati raccolti per la valutazione dell'ER hanno messo in evidenza un chiaro effetto della protezione sui popolamenti ittici. Questo *pattern*, particolarmente marcato in zona A, è rilevato da praticamente tutti gli indicatori utilizzati in questo studio (multi- ed univariati).

Le analisi multivariate sull'intero popolamento ittico, hanno chiaramente evidenziato una struttura (composizione in specie e densità/biomasse relative ai *taxa* censiti) diversa tra zona A rispetto a tutto il resto (B, C ed esterno).

Considerando le variabili singole, il risultato più rilevante è nuovamente quello relativo alla chiara tendenza della zona A rispetto a tutte le altre zone considerate. Le seguenti variabili hanno infatti mostrato valori medi più elevati in zona A: 1) numero di *taxa*, 2) densità totali, 3) biomasse totali, 4) densità, biomasse e taglie massime delle specie 'bersaglio' usate come indicatori (la cernia bruna, il sarago maggiore ed il sarago fasciato).

Dal punto di vista formale e statistico, va detto che i dati relativi alle specie bersaglio non hanno a volte mostrato differenze statisticamente rilevabili. Questo può essere tecnicamente attribuibile ad una serie di ragioni legate alla meccanica dell'analisi della varianza. Al di là dell'aspetto formale, tuttavia, è importante sottolineare che anche per le 3 specie bersaglio i valori medi di densità e biomassa registrati sono sempre risultati più elevati in zona A rispetto alle altre zone considerate. Allo stesso modo gli individui di taglia massima

sono stati incontrati sempre all'interno della zona A.

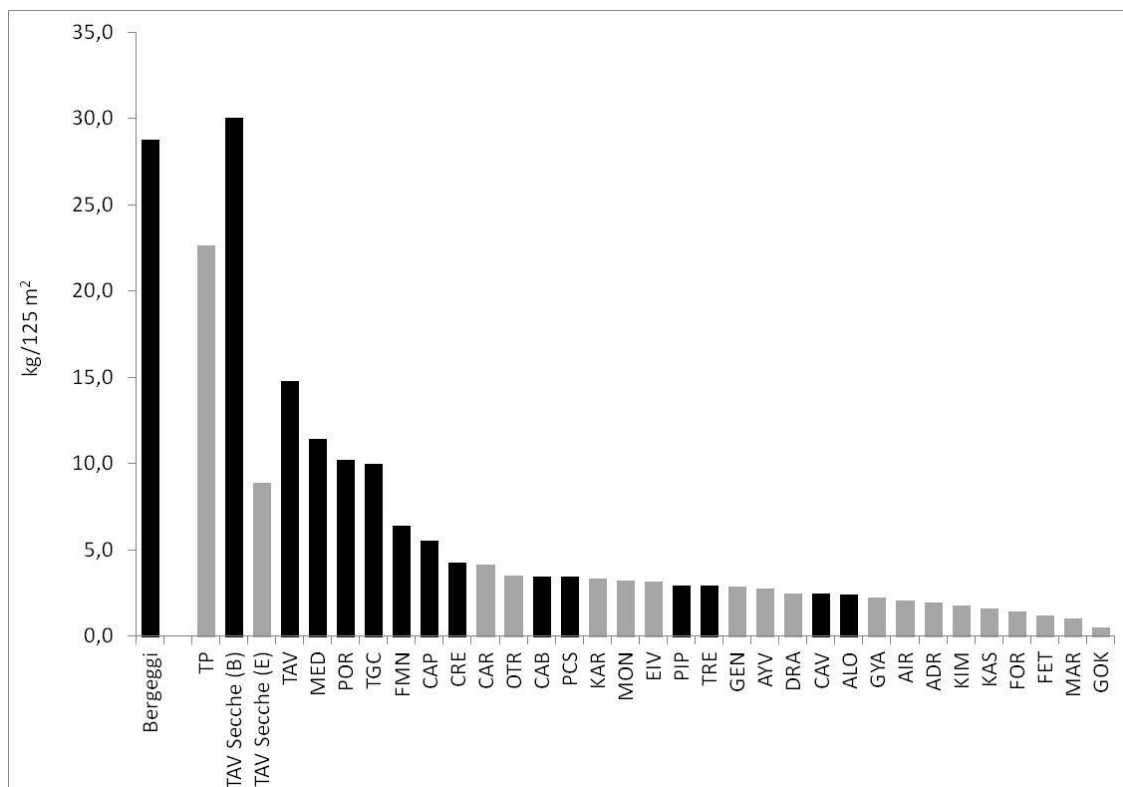
Come detto in precedenza, i dati suggeriscono che le differenze più marcate emergano tra la zona A dell'AMP e tutte le altre zone (B, C ed esterno). Oltre a questo è tuttavia da mettere in evidenza il fatto che alcune delle variabili misurate (si vedano per esempio i dati di biomassa dei saraghi) suggeriscono anche l'esistenza di un gradiente tra zona A, B, C ed esterno, quindi di una gradualità dell'ER in relazione al regime di tutela.

I risultati del presente studio sono di particolare importanza per l'AMP Isola di Bergeggi, soprattutto in considerazione dei dati relativi ad una precedente indagine svolta nel 2010, dalla quale non emersero evidenze lampanti dell'efficacia della protezione. E' quindi da ritenere che la gestione intercorsa dal 2010 ad oggi abbia favorito il realizzarsi dell'ER messo in evidenza nel presente studio.

Queste conclusioni sono da ritenersi più che sufficientemente robuste e affidabili dal momento che scaturiscono da un piano di campionamento (sperimentale) elaborato *ad hoc* per l'AMP Isola di Bergeggi, basato su una formale comparazione di dati multi- ed univariati e su una appropriata replicazione spaziale (siti multipli per ogni livello di protezione) e temporale (due campagne di campionamento). Un tale disegno di campionamento potrà essere replicato in futuro, al fine di costruire una serie temporale che consenta di avere una idea dell'evoluzione degli effetti della protezione presso l'AMP Isola di Bergeggi.

Al di là della comparazione locale tra zone, è interessante collocare i dati dell'AMP Isola di Bergeggi in un contesto più ampio, per comprenderne meglio la rilevanza. A tal fine, in Fig. 4.1, sono stati riportati i dati medi di biomassa totale della fauna ittica provenienti da diverse zone del Mediterraneo, sia da AMP, sia da aree aperte alla pesca.





**Fig. 4.1** Biomassa ittica totale registrata in zone *no-take* di AMP (indicate con le barre nere) e siti aperti alla pesca, in zone B/C di AMP o al di fuori (barre grigie). ADR = Adrasan, AIR = Illa de l'Aire, ALH = Al-Hoceima (unprotected), ALO = Alonissos, ALP = Al-Hoceima MPA, AYV = Ayvalik, CAB = Cabrera, CAP = Capo Caccia, CAR = Carloforte, CAV = Cap de Cavalleria, CRE = Cap de Creus, DRA = Dragonera, EIV = Eivissa, FET = Fethiye, FMN = Formentera-Espardell, FOR = Cap Formentor, GEN = Genoa, GOK = Go' kova, GYA = Gyaros, KAR = Karpathos, KAS = Kas, KIM = Kimolos-Polyaigos, MAR= Maratea, MED= Medes Islands, MON= Montgrí, OTR = Otranto, PCS = Porto Cesareo, PIP = Piperi, POR = Portofino, TAV = Tavolara, TAV Secche (B) = Secche del Papa, zona B dell'AMP Tavolara, TAV (E) = secche all'esterno dell'AMP Tavolara, TGC = Torre Guaceto, TP = Tor Paterno, TRE = Tremiti. Dati tratti da Sala et al., 2012, Guidetti et al., 2014a, b.

Il dato relativo a Bergeggi è tra i più elevati in assoluto in contesto Mediterraneo (Sala et al., 2012, Guidetti et al., 2014a, b). Vanno fatte a tal proposito due considerazioni. In primo luogo sarà necessario verificare se in futuro tali dati saranno confermati ed in che termini, sebbene resti il fatto che la biomassa ittica totale a Bergeggi è chiaramente elevata. Il valore medio registrato durante

la prima campagna (una media di oltre 40 kg di pesce per 125 m<sup>2</sup>) è così elevato, anche rispetto alla seconda campagna (circa 15 di pesce per 125 m<sup>2</sup>), da far pensare forse a condizioni eccezionali durante la finestra temporale in cui è stato svolto il campionamento. La seconda considerazione è interessante dal punto di vista della politica generale sulle AMP in Italia. Questi dati, infatti, sottolineano quanto una AMP di piccole dimensioni possa produrre effetti rilevanti in termini di risposte alla protezione, con più che probabili effetti positivi non solo dal punto di vista ecologico, ma anche socio-economico. Una tale biomassa ittica, a cui contribuiscono specie di pregio e carismatiche (cernie e soprattutto saraghi, tra cui la costante presenza di tre individui di sarago faraone, *Diplodus cervinus*, di grandi dimensioni; Fig. 4.2), può produrre, infatti, un effetto di attrazione per il turismo subacqueo, che è alla base di una economia locale del tutto sostenibile. L'aumento della fauna ittica e la presenza di specie carismatiche e, di conseguenza, l'aumento dei frequentatori sub è stato chiaramente notato ed a noi riferito dai gestori dei principali centri sub locali.



**Fig. 4.2** Esemplare di sarago faraone (*Diplodus cervinus*). Foto: M. Corradi.

La presente indagine, in secondo luogo, ha consentito di ottenere una lista aggiornata della fauna ittica presente presso l'AMP Isola di Bergeggi e le secche circostanti, ampliando il numero di *taxa* dai 32 censiti nel 2010

(Cattaneo-Vietti et al., 2010) ai 63 censiti nel presente studio. A questo significativo aumento ha contribuito anche la caratterizzazione della fauna ittica presente in ambienti di grotta e di secca profonda. Alcune specie (7 censite in grotta e 3 sulle secche, queste ultime al di fuori dell'AMP), infatti, sono state censite esclusivamente in questi due ambienti e non durante i campionamenti volti alla valutazione dell'effetto riserva nell'infralitorale roccioso superiore (Tab. 4.1).

**Tabella 4.1.** Lista dei *taxa* della fauna ittica censiti nel corso del presente studio. Per le specie censite esclusivamente in ambiente di grotta o di secca (e non durante i censimenti finalizzati alla valutazione dell'ER svolti nell'infralitorale roccioso superiore) l'indicazione dell'habitat è riportata in grassetto tra parentesi.

Famiglia	
<i>Genere specie</i>	
Apogonidae <i>Apogon imberbis</i>	Mugilidae
Bythitidae <i>Grammonus ater</i> ( <b>Grotta</b> )	Phycidae <i>Phycis phycis</i>
Belonidae <i>Belone belone</i>	Mullidae <i>Mullus surmuletus</i>
Blennidae <i>Parablennius gattorugine</i> <i>Parablennius pilicornis</i> <i>Parablennius rouxi</i> <i>Parablennius zvonimiri</i>	Muraenidae <i>Murena helena</i>
Carangidae <i>Seriola dumerili</i>	Pomacentridae <i>Chromis chromis</i>
Centracanthidae <i>Spicara maena</i> <i>Spicara smaris</i>	Scorpaenidae <i>Scorpaena notata</i> ( <b>Grotta</b> ) <i>Scorpaena porcus</i> <i>Scorpaena scrofa</i>
Clupeidae <i>Sardina pilchardus</i>	Scombridae <i>Scomber scombrus</i> ( <b>Secca</b> )
Congridae <i>Conger conger</i>	Serranidae <i>Anthias anthias</i> ( <b>Secca</b> ) <i>Epinephelus marginatus</i> <i>Serranus cabrilla</i> <i>Serranus scriba</i>

Gobiidae	Sparidae
<i>Corcyrogobius liechtensteini</i> ( <b>Grotta</b> )	<i>Boops boops</i>
<i>Didogobius splechnai</i> ( <b>Grotta</b> )	<i>Dentex dentex</i>
<i>Gammogobius steinitzi</i> ( <b>Grotta</b> )	<i>Diplodus annularis</i>
<i>Gobius cobitis</i>	<i>Diplodus cervinus</i>
<i>Gobius cruentatus</i>	<i>Diplodus puntazzo</i>
<i>Gobius geniporous</i>	<i>Diplodus sargus sargus</i>
<i>Gobius paganellus</i> ( <b>Grotta</b> )	<i>Diplodus vulgaris</i>
<i>Gobius vittatus</i>	<i>Lithognathus mormyrus</i>
<i>Gobius xanthocephalus</i>	<i>Oblada melanura</i>
	<i>Pagrus pagrus</i>
Labridae	<i>Sarpa salpa</i>
<i>Coris julis</i>	<i>Sparus aurata</i>
<i>Labrus merula</i>	<i>SpondylIOSoma cantharus</i>
<i>Symphodus cinereus</i>	
<i>Symphodus doderleini</i>	Sphyraenidae
<i>Symphodus mediterraneus</i>	<i>Sphyraena viridensis</i>
<i>Symphodus melanocercus</i>	
<i>Symphodus ocellatus</i>	Tripterygiidae
<i>Symphodus roissali</i>	<i>Tripterygion delaisi</i>
<i>Symphodus rostratus</i>	<i>Tripterygion melanurum</i> ( <b>Grotta</b> )
<i>Symphodus tinca</i>	
<i>Thalassoma pavo</i>	Zeidae
	<i>Zeus faber</i> ( <b>Secca</b> )
Lophiidae	
<i>Lophius</i> sp.	

---

Questi dati relativi alla diversità della fauna ittica dell'AMP Isola di Bergoggi permettono di fare alcune considerazioni. Il fatto che vi siano 7 specie ittiche (di cui alcune notoriamente speleofile come alcuni gobidi o la brotula nera, *Grammonus ater*) esclusivamente associate alla grotta sommersa già mette in evidenza il contributo di quest'ultima (di piccola di dimensioni, ma unica in zona) alla biodiversità locale, in questo caso della fauna ittica (Bussotti e Guidetti, 2009). La grotta di Bergoggi, inoltre, così come per le grotte sommerse in generale, ospita organismi particolarmente fragili (soprattutto bentonici) o timidi (soprattutto pesci) ed è bene, quindi, che sia protetta integralmente dalle attività umane che possono produrre effetti nefasti o disturbo (Di Franco et al. 2010; Guarnieri et al. 2012).

Anche i rilevamenti condotti sulle secche relativamente profonde al di fuori

dell'AMP sono risultati estremamente interessanti. Tre specie ittiche, da questo punto di vista, non sono state censite in AMP, ma esclusivamente presso le secche indagate. Questo implica che sarebbe auspicabile l'inclusione all'interno dei confini dell'AMP, almeno di una parte delle secche esistenti lungo il litorale bergantino, al fine di preservare il massimo della diversità locale, secondo un criterio di rappresentatività locale. Tale operazione implicherebbe un allargamento dei confini dell'AMP (quindi un ampliamento della superficie di quest'ultima) e potrebbe avere effetti ecologici positivi (visto il ruolo ecologico degli ambienti di secca rocciosa; Sayhoun et al., 2013, Guidetti al., 2014b). Presso tali secche, un recupero del popolamento ittico, in particolare delle specie carismatiche come i dentici e le cernie, potrebbe produrre in aggiunta anche un ritorno economico rilevante sul medio-lungo termine, giacché gli ambienti di secca sono particolarmente apprezzati dai turisti subacquei per la bellezza del paesaggio, soprattutto se a questo si associano esemplari numerosi e di grossa taglia della fauna ittica ad esso associato.

In conclusione, questo studio ha permesso:

- 1) di mettere a punto e attuare un piano di campionamento della fauna ittica che ha messo in evidenza un chiaro ER;
- 2) di raccogliere informazioni utili a sottolineare il ruolo importante della grotta sommersa e delle secche profonde circostanti l'AMP in termini di rappresentatività della biodiversità locale della fauna ittica costiera.

## Letteratura citata

- Agardy T, Bridgewater P, Crosby MP, Day J, Dayton PK, Kenchington R, Laffoley D, McConney P, Murray PA, Parks JE, Peau L (2003) Dangerous targets? Unresolved issues and ideological clashes around marine protected areas. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 13: 353-367
- Agardy T, Notarbartolo di Sciara G, Christie P (2011) Mind the gap: addressing the shortcomings of marine protected areas through large scale marine spatial planning. *Marine Policy* 35: 226–232
- Anderson MJ (2001) A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.
- Bart D (2006) Integrating local ecological knowledge and manipulative experiments to find the causes of environmental change. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4: 541–546.
- Bussotti S., Guidetti P., 2009. Do Mediterranean fish assemblages associated with marine caves and rocky cliffs differ? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81: 65-73.
- Cattaneo-Vietti R, Tunesi L (2007) *Le aree marine protette in Italia - Problemi e prospettive*. Aracne editrice srl, Roma
- Chapman MG, Bulleri F (2003) Intertidal seawalls – new features of landscape in intertidal environments. *Landscape and Urban Planning* 62: 159-172.
- Claudet J, Pelletier D, Jouvenel JY, Bachet F, Galzin R (2006) Assessing the effects of marine protected area (MPA) on a reef fish assemblage in a northwestern Mediterranean marine reserve: Identifying community-based indicators. *Biological Conservation* 130: 349-369.
- Claudet J, Osenberg CW, Benedetti-Cecchi L, Domenici P, García-Charton J-A, Pérez-Ruzafa Á, Badalamenti F, Bayle-Sempere J, Brito A, Bulleri F, Culioli J-M, Dimech M, Falcón JM, Guala I, Milazzo M, Sánchez-Meca J, Somerfield PJ, Stobart B, Vandeperre F, Valle C, Planes S (2008) Marine reserves: Size and age do matter. *Ecology Letters* 11: 481-489
- Di Franco A, Bussotti S, Navone A, Panzalis P, Guidetti P (2009) Evaluating

- effects of total and partial restrictions to fishing on Mediterranean rocky-reef fish assemblages. *Marine Ecology Progress Series* 387: 275-285.
- Di Franco A, Ferruzza G, Baiata P, Chemello R, Milazzo M (2010) Can recreational scuba divers alter natural gross sedimentation rate? A case study from a Mediterranean deep cave. *Ices J Mar Sci* 67: 871-874.
- Di Franco A, Coppini G, Pujolar JM, De Leo GA, Gatto M, Lyubartsev V, Melià P, Zane L, Guidetti P (2012) Assessing Dispersal Patterns of Fish Propagules from an Effective Mediterranean Marine Protected Area. *PLoS ONE* 7: e52108. doi: 10.1371/journal.pone.0052108
- Di Franco A, Di Lorenzo M, Guidetti P (2013) Spatial patterns of density at multiple life stages in protected and fished conditions: An example from a Mediterranean coastal fish. *Journal of Sea Research* 76: 73-81.
- Di Lorenzo M, D'Anna G, Badalamenti F, Giacalone VM, Starr R, Guidetti P (in press). Fitting the size of marine reserves to movement patterns of protected species: a case study on the white seabream (*Diplodus sargus sargus*) in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, in press.
- FAO (2010) The state of the world fisheries and aquaculture. FAO Rome, pp. 218
- Friedlander AM, DeMartini EE (2002) Contrasts in density, size, and biomass of reef fishes between the northwestern and the main Hawaiian islands: the effects of fishing down apex predators. *Marine Ecology-Progress Series* 230: 253-264.
- Gabrié C, Lagabrielle E, Bissery C, Crochelet E, Meola B, Webster C, Claudet J, Chassanite A, Marinesque S, Robert P, Goutx M, Quod C (2012) The Status of Marine Protected Areas in the Mediterranean Sea. MedPAN & CAR/ASP. Ed: MedPAN Collection. 260 pp.
- Graham JE et al. (2014) Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature* 506: 216–220.
- Guarnieri G, Terlizzi A, Bevilacqua S, Frascchetti S (2012) Increasing heterogeneity of sensitive assemblages as a consequence of human impact in submarine caves. *Marine Biology* 159: 1155-1164.

- Guidetti P (2002) The importance of experimental design in detecting the effects of protection measures on fish in Mediterranean MPAs. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 12: 619-634.
- Guidetti P (2006) Marine reserves reestablish lost predatory interactions and cause community changes in rocky reefs. *Ecological Applications*, 16: 963-976.
- Guidetti P, Bussotti S, Boero F (2005) Evaluating the effects of protection on fish predators and sea urchins in shallow artificial rocky habitats: a case study in the northern Adriatic Sea. *Marine Environmental Research*, 59: 333-348.
- Guidetti P, Sala E (2007) Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 335: 43-56.
- Guidetti P, Milazzo M, Bussotti S, Molinari A, Murenu M, Pais A, Spano N, Balzano R, Agardy T, Boero F, Carrada G, Cattaneo-Vietti R, Cau A, Chemello R, Greco S, Manganaro A, Notarbartolo di Sciara G, Russo GF, Tunesi L (2008) Italian marine reserve effectiveness: Does enforcement matter? *Biological Conservation* 141: 699-709.
- Guidetti P, Beck MW, Bussotti S, Ciccolella A, D'Ambrosio P, Lembo G, Spedicato MT, Boero F (2009) Nursery habitats for Mediterranean coastal fishes: the need for a quantitative approach. *Biologia Marina Mediterranea*, 16 (1): 197-200.
- Guidetti P, Bussotti S, Pizzolante F, Ciccolella A (2010) Assessing the potential of an artisanal fishing co-management in the Marine Protected Area of Torre Guaceto (southern Adriatic Sea, SE Italy). *Fisheries Research* 101: 180-187.
- Guidetti P, Claudet J (2010) Co-management practices enhance fisheries in marine protected areas. *Conservation Biology* 24: 312 – 318
- Guidetti P, Micheli F (2011) Ancient art serving marine conservation. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9: 374-375
- Guidetti P, Bava S, Bussotti S, Cattaneo-Vietti R, Ciccolella A, D'Ambrosio P, De Lucia G, Fai S, Mascia L, Massaro G, Navone A, Odorico R, Piron M, Pitzianti G, Pizzolante F, Spoto M (2011) La pesca artigianale e le Aree



- Marine Protette nel contesto italiano. Studi Trentini di Scienze Naturali 89: 51-54.
- Guidetti P, Baiata P, Ballesteros E, Di Franco A, Hereu B, Macpherson E, Micheli F, Pais A, Panzalis A, Rosenberg AA, Zabala M, Sala E (2014a). Large-scale assessment of Mediterranean Marine Protected Areas effects on fish assemblages. Plos One, in press.
- Guidetti P., Di Franco A., Di Lorenzo M., Psomadakis P. (2014b) Monitoraggio della fauna ittica demersale e dei crostacei e molluschi di interesse commerciale nell'area marina protetta Secche di Tor Paterno - Relazione finale. AMP Secche Tor Paterno-Ente Roma Natura: pp 77.
- Halpern B (2003) The impact of marine reserves: do reserves work and does reserve size matter? *Ecological Applications* 13: S117-S137
- Harmelin-Vivien ML, Harmelin JG, Chauvet C, Duval C, Galzin R, Lajeune P, Barnabé G, Blanc F, Chevalier R, Duclerc J, Lasserre G (1985) Evaluation des peuplements et populations de poissons. Méthodes et problèmes. *Revue Ecologie (Terre Vie)* 40: 467-539.
- Harmelin-Vivien M, Le Diréach L, Bayle-Sempere J, Charbonnel E, García-Charton JA, Ody D, Pérez-Ruzafa A, Reñones O, Sánchez-Jerez P, Valle C (2008) Gradients of abundance and biomass across reserve boundaries in six Mediterranean marine protected areas: Evidence of fish spillover? *Biological Conservation* 141: 1829-1839
- Huntington HP (2000) Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications. *Ecological Applications*, 10(5): 1270–1274
- Jackson JBC, Kirby MX, Berger WH, Bjorndal KA, Botsford LW, Bourque BJ, Bradbury RH, Cooke R, Erlandson J, Estes JA, Hughes TP, Kidwell S, Lange CB, Lenihan HS, Pandolfi JM, Peterson CH, Steneck RS, Tegner MJ, Warner RR (2001) Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293: 629-637
- Jacquet JL, Pauly D (2007) The rise of seafood awareness campaigns in an era of collapsing fisheries. *Marine Policy* 31: 308–313.
- Kellner JB, Tetreault I, Gaines SD, Nisbet RM (2007) Fishing the line near marine reserves in single and multispecies fisheries. *Ecological*

Applications 17: 1039–1054

- Lloret J, Zaragoza N, Caballero D, Riera V (2008) Impacts of recreational boating on the marine environment of Cap de Creus (Mediterranean Sea). *Ocean and Coastal Management* 51: 749-754
- Lousy P (2006) Guida all'identificazione dei pesci marini d'Europa e del Mediterraneo. Il Castello, 430 pp.
- McGoodwin JR (2001) Understanding the Cultures of Fishing Communities: A Key to Fisheries Management and Food Security. FAO Fisheries Technical Paper 401. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 287 pp.
- Micheli F, Halpern BS, Walbridge S, Ciriaco S, Ferretti F, Fraschetti S, Lewison R, Nykjaer L, Rosenberg AA (2013) Cumulative Human Impacts on Mediterranean and Black Sea Marine Ecosystems: Assessing Current Pressures and Opportunities. *PLoS ONE* 8(12): e79889. doi:10.1371/journal.pone.0079889
- Pelc RA, Warner RR, Gaines SD, Paris CB (2010) Detecting larval export from marine reserves. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107: 18266-18271 doi 10.1073/pnas.0907368107
- Relini G (a cura di, 2009) Biocostruzioni marine. Elementi di architettura naturale. Quaderni Habitat, n. 22. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare in collaborazione con il Museo Friulano di Storia Naturale.
- Rocklin D, Tomasini J, Culioli J, Pelletier D, Mouillot D (2011) Spearfishing Regulation Benefits Artisanal Fisheries: The ReGS Indicator and Its Application to a Multiple-Use Mediterranean Marine Protected Area. *PLoS ONE* 6(9): e23820. doi:10.1371/journal.pone.0023820
- Sahyoun R, Bussotti S, Di Franco A, Navone A, Panzalis P, Guidetti P (2013) Protection effects on Mediterranean fish assemblages associated with different rocky habitats. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 93(2), 425–435.
- Sala E, Boudouresque CF, Harmelin-Vivien M (1998) Fishing, trophic cascades,

and the structure of algal assemblages: evaluation of an old but untested paradigm. *Oikos* 82: 425-439.

Sala E, Ballesteros E, Dendrinos P, Di Franco A, Ferretti F, Foley D, Fraschetti S, Friedlander A, Garrabou J, Guclusoy H, Guidetti P, Halpern BS, Hereu B, Karamanlidis AA, Kizilkaya Z, Macpherson E, Mangialajo L, Mariani S, Micheli F, Pais A, Riser K, Rosenberg AA, Sales M, Selkoe KA, Starr R, Tomas F, Zabala M (2012) The Structure of Mediterranean Rocky Reef Ecosystems across Environmental and Human Gradients, and Conservation Implications. *PLoS ONE* 7 doi e32742-10.1371/journal.pone.0032742

Stelzenmüller V, Maynou F, Martín P (2007) Spatial assessment of benefits of a coastal Mediterranean Marine Protected Area. *Biological Conservation* 136: 571-583

UNEP (2007) Approaches to the assessment of the eutrophication in Mediterranean coastal waters. Review Meeting of MED POL Monitoring Activities and the use of indicators. Athens, 12-14 December 2007

White C, Kendall BE, Gaines S, Siegel DA, Costello C (2008) Marine reserve effects on fishery profit. *Ecology Letters* 11: 370-379 doi 10.1111/j.1461-0248.2007.01151.x

Worm B, Barbier EB, Beaumont N, Duffy JE, Folke C, Halpern BS, Jackson JBC, Lotze HK, Micheli F, Palumbi SR, Sala E, Selkoe KA, Stachowicz JJ, Watson R (2006) Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314: 787-790.

WoRMS Editorial Board (2013) World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2013-12-24.

# Appendice 1

## Autori

**Paolo Guidetti:** nato a Genova il 31 Maggio 1969, è attualmente professore ordinario di ecologia presso l'Università di Nizza (Francia) e ricercatore afferente del CoNISMa (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare). E' stato ricercatore in Zoologia presso l'Università del Salento dal 2007 al 2012. Si è laureato in Scienze Biologiche presso l'Università di Genova ed ha ottenuto il Ph.D. in Ecologia Fondamentale presso l'Università di Lecce. E' stato *visiting scientist* nel 2003 e 2004 presso il prestigioso *Scripps Institution of Oceanography* (University of California, San Diego, USA) ed ha svolto attività di ricerca presso la Stazione Zoologica 'A. Dohrn' di Napoli. Ha tenuto corsi universitari riguardanti 1) l'ecologia e biodiversità, 2) la biologia e diversità marina, 3) la biologia e gestione della pesca, 4) la conservazione in ambiente marino, 5) la fauna ittica presso le Università di Genova, Lecce/Salento (Italia) e Nizza (Francia). E' stato responsabile scientifico di oltre 30 progetti nazionali ed internazionali sulle aree marine protette, con particolare riguardo per la conservazione dei popolamenti ittici e la gestione sostenibile della piccola pesca artigianale. E' autore di oltre 160 contributi scientifici, di cui oltre 90 pubblicati su riviste internazionali.

**Antonio Di Franco:** nato a Palermo il 24 Ottobre 1983, è attualmente contrattista per conto del Conisma, e *visiting researcher* presso l'Università di Nizza (Francia). Si è laureato in Risorse Biologiche Marine (laurea specialistica) presso l'Università di Palermo ed ha ottenuto il Ph.D. in Ecologia Fondamentale presso l'Università del Salento. E' stato *visiting student* nel 2008 presso il CEAB-CSIC di Blanes (Spagna) e nel 2011 presso il *Southern Seas Ecology Laboratory* di Adelaide (Australia). Ha partecipato a numerosi progetti nazionali ed internazionali sulle aree marine protette, con particolare riguardo per l'effetto riserva su specie ittiche e bentoniche e sull'effetto della frequentazione turistica sui popolamenti biologici e sulla connettività tra popolazioni ittiche costiere. E' autore di oltre 40 contributi scientifici, di cui 19 su riviste ISI.

**Simona Bussotti:** nata a Genova il 25 Aprile 1967, è attualmente ricercatrice CoNISMa a contratto presso l'Università di Nizza (Francia). Si è laureata a Genova in Scienze Biologiche ed ha ottenuto il Ph.D. in Biologia Ambientale presso l'Università di Siena. E' stata assegnista di ricerca presso l'Università del Salento (Lecce). Ha partecipato a numerosi progetti nazionali ed internazionali, anche con incarichi di responsabilità, nell'ambito di ricerche riguardanti studi di biocenosi di substrato duro (comprese le grotte marine) e *Posidonia oceanica*, valutazione dell'effetto riserva e *spillover* presso Aree Marine Protette, reclutamento di specie ittiche litorali in ambiente di fondo duro ed a fanerogame marine. Ha tenuto numerosi seminari presso l'Università del Salento nell'ambito di argomenti inerenti le sue ricerche. E' autrice di oltre 60 pubblicazioni, 27 delle quali pubblicate a livello internazionale.

# La fauna ittica costiera e l'*effetto riserva* presso l'Area Marina Protetta 'Isola di Bergeggi'

## Coastal fish fauna and the *reserve effect* at the Marine Protected Area 'Isola di Bergeggi'



Italiano



English

Questo libretto, frutto della collaborazione tra Area Marina Protetta 'Isola di Bergeggi' e CoNISMa (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare), con il supporto del MATTM (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare), ha il fine di presentare le attività di studio condotte sulla fauna ittica ed il cosiddetto *effetto riserva* presso l'Area Marina Protetta 'Isola di Bergeggi'.

The present booklet is the result of a partnership between the Marine Protected Area 'Isola di Bergeggi' and CoNISMa (Interuniversity National Consortium of Marine Sciences), supported by MATTM (Italian Ministry of the Environment, and of the Protection of Territory and Sea). It aims at presenting the scientific activities carried out on the fish fauna and the so-called *reserve effect* at the 'Isola di Bergeggi' Marine Protected Area.

**Responsabile scientifico:** Paolo Guidetti

**Collaboratori scientifici:** Antonio Di Franco, Simona Bussotti.

**Referenti AMP Isola di Bergeggi:** Simone Bava, Federico Betti.

**Foto:** Federico Betti, Simone Bava, Mario Pesce, Massimo Corradi, Ivano Benedetti.

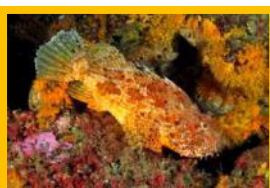
**Ringraziamenti:** il Comune di Bergeggi (ente gestore) per aver sostenuto la presente ricerca. Pino Di Luccia (detto Rudy; Bergeggi Diving School) e Silvano Mongiardino (Beluga Diving School) per il supporto logistico e per tutte le informazioni sui fondali che hanno con noi condiviso.





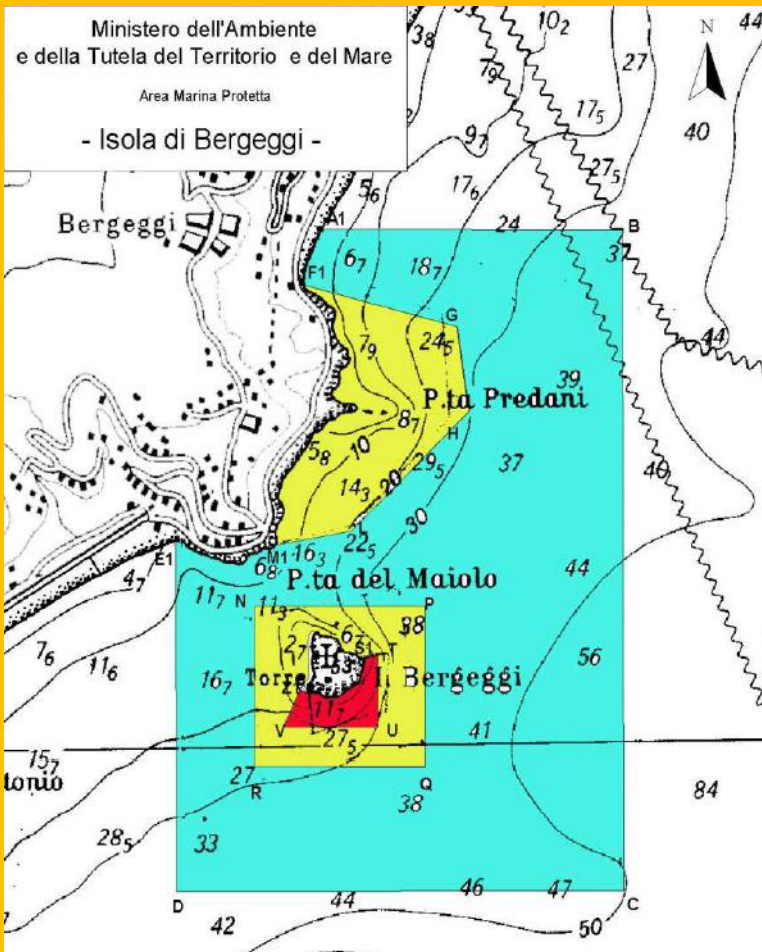
**Visione d'insieme:** molte specie marine, i loro habitat e gli ecosistemi di cui fanno parte sono stati alterati, su scala globale, dalle attività umane, in particolare dalla pesca. Le Aree Marine Protette (AMP) sono aree in cui la pesca e le altre attività umane impattanti sono vietate o regolamentate. Le AMP (quelle in cui le regole sono applicate e rispettate) producono benefici all'interno ed all'esterno dei loro confini. All'interno avviene il recupero di specie (che spesso aumentano in abbondanza e taglia), habitat ed ecosistemi (il cosiddetto *effetto riserva*). Verso l'esterno emigra una parte di individui adulti (anche di specie commerciali, il cosiddetto *effetto spillover*), così come avviene l'esportazione di uova e larve prodotti nelle AMP, a beneficio della pesca e della biodiversità. Questo libretto presenta le attività di studio condotte sulla fauna ittica (quale indicatore dell'*effetto riserva*) presso l'AMP 'Isola di Bergeggi'.

**Overview:** many marine species, habitats and ecosystems worldwide have been altered by human activities, especially fishing. Marine protected areas (MPAs) are sea zones where fishing and other potentially impacting human activities are forbidden or regulated. MPAs (where rules are enforced and complied with) can produce benefits inside and outside their borders. Species, habitats and ecosystems impacted elsewhere, may undergo recovery inside (the so-called *reserve effect*). Adult individuals (of commercial species too) may increase in abundance and size inside and then spillover outside. Eggs and larvae produced within MPAs can be exported elsewhere. All this may produce benefits to fishing and biodiversity. This booklet presents the studies carried out on the fish fauna (as an indicator of the *reserve effect*) at 'Isola di Bergeggi' MPA.



**Area di studio:** Area Marina Protetta 'Isola di Bergeggi', Italia, Mar Ligure.

**Study area:** Marine Protected Area 'Bergeggi Island', Italy, Ligurian Sea.






- Zona A/Zone A
- Zona B/Zone B
- Zona C/Zone C



Sintesi delle principali attività vietate, autorizzate e consentite in relazione alla zonazione dell'AMP 'Isola di Bergeggi'.

Synthesis of main activities forbidden, authorized or allowed in relation to the 'Isola di Bergeggi' MPA zonation.

Attività/Activity	Zona A Zone A	Zona B Zone B	Zona C Zone C	
Ricerca scientifica/Scientific research	☹️	😊	😊	 Vietato/Forbidden
Balneazione e snorkeling/Bathing and snorkeling	☹️	😊	😊	
Navigazione a vela e motore (<25m lft)/ Sailing and motorized navigation (<25m loa)	☹️	😊	😊	
Ancoraggio/Anchoring	☹️	☹️	☹️	 Autorizzato-Consentito con restrizione /Authorized-Allowed with restrictions
Attività sub con autorespiratore/Scuba diving	☹️	☹️	☹️	
Apnea/Free-skin diving	☹️	☹️	☹️	 Permessso/Allowed
Pesca artigianale/Artisanal fishing	☹️	☹️	☹️	
Pesca ricreativa/Recreational fishing	☹️	☹️	☹️	
Pesca subacquea/Spearfishing	☹️	☹️	☹️	



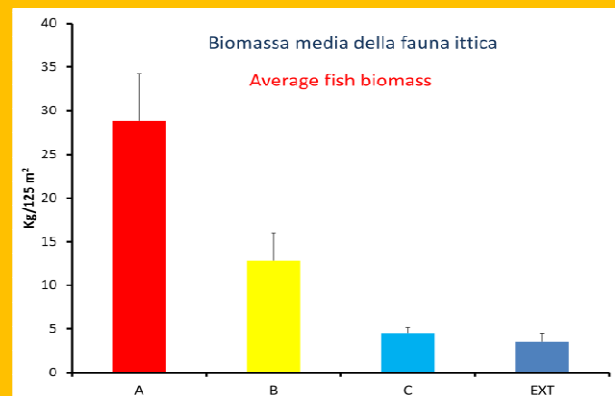
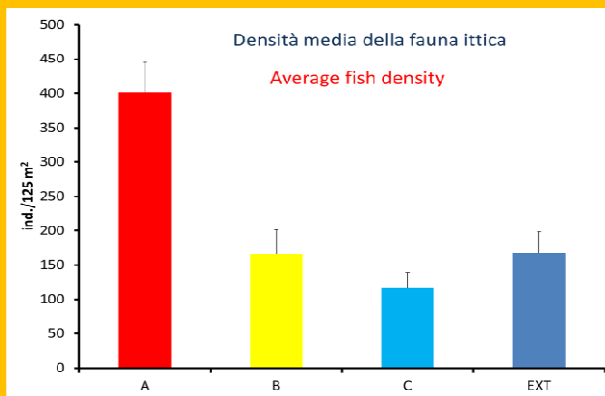


Presso l'AMP 'Isola di Bergeggi' è stato condotto, nel 2013 e nel 2014, un monitoraggio scientifico della fauna ittica costiera utilizzando un metodo non-distruttivo chiamato *visual census*. Il metodo consente ai ricercatori di raccogliere, in immersione, dati quantitativi (lungo corridoi di 25 x 5 m chiamati 'trasetti') sulle specie ittiche, la loro abbondanza e taglia.

At the 'Isola di Bergeggi' MPA a scientific monitoring of the coastal fish fauna has been carried out, in 2013 and 2014, using a non-destructive method called *visual census*. It allows scientists to get quantitative data (along corridors 25 m long and 5 m wide, called 'transects'), using SCUBA, on fish abundance and size.

I dati raccolti nelle diverse zone (A, B e C) dell'AMP ed all'esterno (EXT) dell'AMP hanno consentito di evidenziare chiaramente un effetto della protezione: densità e biomasse della fauna ittica sono più elevate all'interno dell'AMP ed in particolare in zona A.

Data collected in the different zones (A, B, C) of the MPA and in unprotected external areas (EXT) allowed to highlight a clear reserve effect: fish density and biomass were higher within the MPA, particularly within the zone A.



Ulteriori osservazioni in ambienti di grotta e di secche profonde hanno consentito, complessivamente, di censire oltre 60 specie ittiche a Bergeggi, di cui 7 specie esclusive delle grotte e 3 delle secche.

Additional observations within caves and in deep rocky banks allowed to record, on the whole, more than 60 fish species at Bergeggi, with 3 species exclusives of caves and 3 of rocky banks.

**Conclusioni:** i dati raccolti hanno messo in evidenza un chiaro effetto della protezione sui popolamenti ittici. Questa evidenza è di particolare importanza per l'AMP Isola di Bergeggi, soprattutto in considerazione dei dati relativi ad una precedente indagine svolta nel 2010, dalla quale non emersero evidenze così chiare dell'efficacia della protezione. E' quindi da ritenere che la gestione intercorsa dal 2010 ad oggi abbia favorito gli effetti positivi della protezione. Questa indagine ha inoltre consentito di evidenziare l'importanza degli ambienti di grotta e di secca nel determinare la biodiversità della fauna ittica dell'area di studio.

**Conclusions:** data collected showed a clear reserve effect on fish assemblages. This evidence is of particular relevance to the MPA 'Isola di Bergeggi', especially considering that in a previous survey carried out in 2010 no clear evidence of protection effectiveness emerged. Therefore, it is likely that the management carried out since 2010 up to date has favored a positive effects of protection. This survey also allowed to highlight the importance of caves and rocky bank habitats in contributing to the overall fish biodiversity of the study area.

### Contatti/Contacts:



Ente Gestore: Area Marina Protetta  
"Isola di Bergeggi"  
Via De Mari 28/D 17028 Bergeggi (SV)  
Telefono +39 019.25790219  
Fax +39 019.25790220  
E-mail: direttore@ampisolabergeggi.it



CoNISMa (Consorzio Nazionale  
Interuniversitario per le Scienze del  
Mare)  
ECOMERS lab., Université de  
Nice-Sophia Antipolis.  
Paolo Guidetti (responsabile scientifico)  
E-mail: guidetti@unice.fr

