



UNIONE EUROPEA



REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE PUGLIA

**PO FEAMP
ITALIA 2014/2020
Mis. 2.47 “Innovazione”**

**RELAZIONE FINALE
del progetto
Diversificazione Produttiva degli Impianti di Molluschicoltura in
Associazione con Oloturie
(DIPRIMAO)**

Codice progetto 0004/INA/17

Arnold Rakaj, Luca Grosso, Davide Pensa, Alessandra Fianchini e Michele Scardi

Indice

Premessa.....	3
1 Quadro generale.....	4
1.1 L'acquacoltura: Contesto globale.....	4
1.2 L'acquacoltura Europea e Italiana.....	5
1.3 L'acquacoltura degli invertebrati marini.....	5
2 Obiettivi specifici del Progetto.....	7
3 Descrizione delle attività.....	7
4 Materiali e metodi.....	10
4.1 Descrizione del sito.....	10
4.2 Raccolta delle Oloturie selvatiche.....	11
4.3 Trasporto e acclimatazione.....	12
4.4 Realizzazione del sistema di cattura dei sedimenti.....	12
4.5 Immersione del sistema di raccolta dei sedimenti.....	14
4.6 Monitoraggio del sistema di allevamento su fondale.....	15
5 Risultati.....	17
5.1 Prove di accrescimento e sopravvivenza di <i>H. tubulosa</i> in gabbie di allevamento.....	17
5.2 Risultati relativi alla capacità di biorimediazione di <i>H. tubulosa</i>	18
6 Conclusioni.....	18
Bibliografia.....	19

Nota: I risultati degli esperimenti qui descritti sono in corso di pubblicazione su riviste scientifiche pertanto si richiede un uso interno ai fini amministrativi di questa relazione tecnica fino a quando non sarà perfezionata la pubblicazione dei dati

Premessa

Il presente rapporto descrive le attività svolte dal Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" nell'ambito del progetto **"Diversificazione Produttiva degli Impianti di Molluschicoltura in Associazione con Oloturie"** (DIPRIMAO) che ha avuto l'obiettivo di valutare, attraverso un approccio multidisciplinare, l'applicabilità di tecniche innovative per la coltura di Oloturie associata ad un impianto di mitilicoltura *off-shore*.

Considerata la complessità del programma e le diverse tematiche affrontate il progetto ha previsto il partenariato tra tre Istituti di ricerca: l'A.GE.I. soc. coop., il Dipartimento di Biologia dell'Università di Roma "Tor Vergata", il CREA-AN, e la ITTIMAR soc. coop. di Lesina (FG), che gestisce un impianto di molluschicoltura long-line.

Il programma attraverso una stretta collaborazione tra Istituti di Ricerca e un'azienda produttiva dedita all'allevamento dei mitili ha perseguito diverse linee d'indagine finalizzate a raccogliere molteplici informazioni quali:

- studio per la messa a punto di sistemi di accrescimento su fondale per l'allevamento dell'Oloturia;
- valutazione delle performance di accrescimento di Oloturie autoctone in associazione con impianti di molluschicoltura long-line;
- studio delle capacità dell'Oloturia nella utilizzazione dei sedimenti organici prodotti dalla molluschicoltura off-shore;
- studio delle principali caratteristiche chimico-nutrizionali della *Holothuria tubulosa* raccolta in due differenti aree marine.

Nei paragrafi successivi sono descritte le attività svolte ed i risultati conseguiti dalla linea d'indagine svolta dal Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" volta a valutare la capacità di biorimediazione delle Oloturie nel particolare contesto produttivo ed ambientale dove opera l'impianto di mitilicoltura off shore della ITTIMAR. Tenuto conto delle strette sinergie tra le diverse unità operative, in particolare per quanto riguarda le sperimentazioni condotte dai ricercatori dell'Università di Roma "Tor Vergata" e dell'A.GE.I. soc. coop., al fine di una trattazione più organica e completa dei risultati si è scelto di armonizzarli e condividerli, mantenendo separate le parti che descrivono le modalità con cui sono state svolte le diverse sperimentazioni.

1 Quadro generale

1.1 L'acquacoltura: Contesto globale

Con la crescita esponenziale della popolazione mondiale, il settore della pesca e dell'acquacoltura ha assunto un'importanza progressivamente maggiore negli anni. Dal 1960 al 2016, la richiesta media di prodotti acquicoli è aumentata del 3,2% annuo, superando quella della carne (FAO, 2018). Il consumo pro-capite medio è salito da 9 kg (1960) a 20,2 kg annui (2016) costituendo il 17% di tutte le proteine animali consumate. Nel 2050 sarà necessario garantire risorse alimentari per 9 miliardi di persone e, secondo le previsioni della Banca Mondiale (Msangi et al., 2013), nel 2030 vi sarà una richiesta di 261.000.000 t di prodotti ittici. Le attività di pesca storicamente hanno soddisfatto il fabbisogno di prodotti ittici, con l'aumentare della domanda, tuttavia, la forte pressione della pesca sulle popolazioni naturali, ha portato ad un rapido declino di molti stock selvatici. Si stima infatti che attualmente il 33% degli stock in natura sia collassato, il 60%, sia sfruttato al massimo livello sostenibile e solo il 7% sia al di sotto del loro potenziale biologico (FAO, 2018). Questa situazione ha portato ad una stagnazione delle risorse alieutiche derivate dalla pesca nonostante l'aumento dello sforzo di pesca registrato negli ultimi anni.

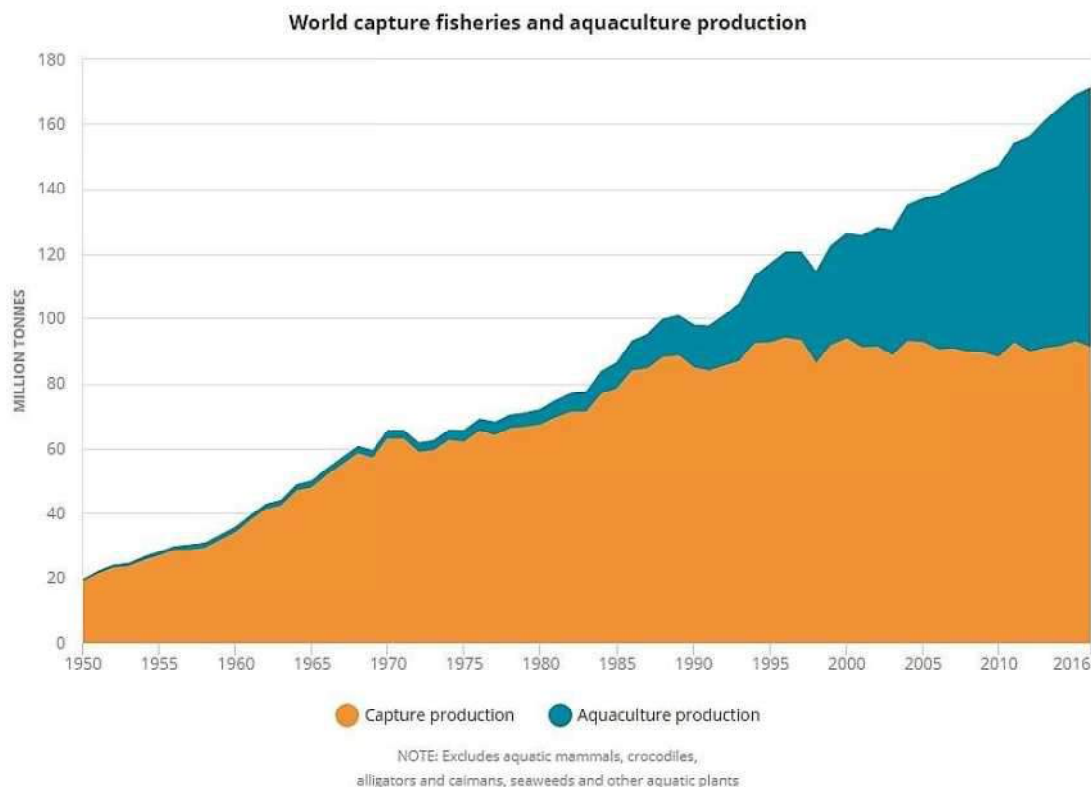


Figura 1. Produzione globale di prodotti acquicoli dal 1950 al 2016 (FAO, 2018)

Il quadro è dunque allarmante se si considera la domanda globale crescente che nel 2016 ha raggiunto un consumo record di 171 milioni di tonnellate di prodotti acquicoli (fig.1), solo lo sviluppo dell'acquacoltura può permettere di soddisfare il crescente trend di richiesta. Infatti, questo settore è passato, da una produzione dell'1% sul totale delle risorse consumate negli anni '60, ad una produzione del 45% nel 2016 risultando essere il settore alimentare a più rapida crescita (FAO, 2018).

A partire dal 2020, si è assistito al superamento della quantità di prodotti acquicoli allevati rispetto ai prelievi in natura e secondo le previsioni FAO i prodotti di allevamento provvederanno sempre più al fabbisogno di alimenti ittici nel futuro, arrivando al 60% entro il 2050 (FAO, 2016).

Attualmente i prodotti dell'attività d'acquacoltura a livello mondiale ammontano a 80 milioni di tonnellate, con valore di 243,5 miliardi di USD (FAO, 2018). Alla luce di tutto ciò, l'acquacoltura si fa carico di un ruolo socio-economico preminente, in questo settore infatti non solo sono impiegati più di 19,3 milioni di lavoratori, ma le possibilità di creare nuovi posti di lavoro sono in crescita.

1.2 L'acquacoltura Europea e Italiana

In termini economici l'Unione Europea è il più vasto mercato interno di prodotti acquicoli del mondo, seguito da Stati Uniti d'America e Giappone (FAO, 2018). Tuttavia nello stesso anno il deficit del saldo commerciale (esportazioni/importazioni) è stato il più alto mai registrato. Per soddisfarne la richiesta interna, le risorse acquicole hanno costituito il 20% delle importazioni alimentari, con una spesa netta di 17,8 miliardi di euro. Questi dati dimostrano che l'Europa è ancora lontana dal raggiungere l'autosufficienza produttiva nonostante gli investimenti finanziari a favore di questo settore (COM/2002/0511). I principali produttori in Europa sono Norvegia, Spagna, Regno Unito e Francia. L'Italia attualmente è quinta con il 14 % della produzione complessiva europea per un totale di circa 149.000 tonnellate annue (CSConfagricoltura, 2017).

In Italia la filiera produttiva acquicola gode di una lunga e consolidata tradizione, risultato di una forte interazione tra potenzialità ambientali e capacità di sfruttamento delle realtà locali (Cataudella et al., 2001). Questo settore ha tutte le potenzialità di competere sul mercato per soddisfare la domanda dei consumatori italiani e esteri, considerando anche la crescente attenzione del grande pubblico verso il marchio "made in Italy" (MiPAFF, 2014). Tuttavia, le attività d'acquacoltura ancora non riescono a svolgere la funzione vicariante alla pesca, infatti il fabbisogno nazionale è coperto per l'80% da prodotti importati (MiPAFF, 2014). In Italia sono allevate più di 30 specie, ma il 93% della produzione è rappresentato principalmente da 5 specie: trota, spigola, orata, cozze e vongole. La scarsa diversificazione produttiva conduce ad una fragilità complessiva del settore, a causa della concorrenza estera che si fa garante di prodotti assenti o poco rappresentati sul territorio nazionale.

In Italia è in corso l'esplorazione di metodologie di riproduzione e di allevamento di nuove specie dove il pre-requisito fondamentale per il passaggio dalla fase sperimentale a quella commerciale, è l'ampliamento delle conoscenze di biologia di base, fisiologia, ecologia e comportamento dei principali stadi vitali (Pelusi, 2011). La ricerca non ha quindi il solo scopo di sviluppare un settore, per superare le difficoltà di approvvigionamento alimentare, attraverso l'offerta di prodotti ad alto consumo o di nicchia, ma anche quello di offrire anche nuovi sbocchi produttivi per il futuro.

1.3 L'acquacoltura degli invertebrati marini

Per riuscire a soddisfare una domanda in costante crescita, ma in una situazione deficitaria di risorse, è necessario incentivare le pratiche di acquacoltura, caratterizzate da un grado di sostenibilità elevato, per incrementare le produzioni (MiPAAF, 2014).

Secondo il modello "blue growth", basato sulla crescita sostenibile nel settore produttivo marino, l'acquacoltura è impegnata in una serie di sfide: diversificare le produzioni, limitare gli impatti ambientali, fornire prodotti di qualità tracciabili e certificati e aumentare la produzione ecosostenibile.

Il maggiore limite per la crescita dell'acquacoltura è rappresentato infatti dalla dipendenza da materie prime, con funzioni nutrizionali essenziali, quali la farina e l'olio di pesce. La costante crescita dell'acquacoltura tradizionale, incombe quindi pesantemente sugli stock ittici selvatici i quali, sono ampiamente sovrasfruttati

anche a causa delle grandi richieste di farine di pesce. Tra l'altro, in questo contesto, sembra del tutto inevitabile un insostenibile aumento dei prezzi di questo prodotto che potrebbe finire per deprimere lo sviluppo e la crescita dell'acquacoltura stessa. Lo sviluppo dei sistemi di acquacoltura tradizionali sono infatti vincolati da elevati costi energetici e producono inoltre inquinamento organico sotto forma di feci e residui di mangime che rappresentano uno dei principali fattori di eutrofizzazione e di inquinamento nelle aree produttive (Lamprianidou et al., 2015; Chopin et al., 2001).

In questo scenario, gli invertebrati marini sono ottimi candidati sui quali sviluppare tecniche di allevamento innovative finalizzate alla sostenibilità delle produzioni grazie alla appartenenza, di questi organismi, a bassi livelli trofici. Questo fa sì che siano meno esigenti all'impiego delle farine e olio di pesce nei mangimi, con conseguenti benefici sull'ambientale e sulla salute degli stock ittici nonché sui costi di produzione.

Per di più molte specie di invertebrati presentano un alto valore di mercato e al contempo ottime proprietà organolettiche, caratteristiche queste che li rendono un promettente "cibo del futuro".

L'impiego di questi organismi è inoltre alla base di una nuova visione ecosistemica dell'acquacoltura che tenta di superare i limiti dell'approccio tradizionale attraverso un'acquacoltura multitrofica integrata (IMTA). È un modello di acquacoltura di nuova generazione che consente di ridurre l'impatto dei sistemi tradizionali integrando in un unico sistema produttivo più specie dal valore commerciale e appartenenti a diversi livelli trofici (Fig. 2). In questo modello vengono alimentati artificialmente solo gli organismi al più alto livello trofico, invece le altre sono specie "estrattive" (Neori et al., 2007; Chopin, 2008), ovvero in grado di convertire la materia organica e inorganica di scarto dall'attività di allevamento, in biomassa dal valore economico. In questo modo le sostanze di scarto e l'energia dispersa della produzione principale reggono la produzione di specie secondarie, senza la necessità di ulteriori contributi alimentari ma al contrario recuperandoli dall'ambiente (Troell, 2003). Questi impianti incentivano la sostenibilità delle produzioni, tutelano l'ambiente (biorimediazione), stabilizzano l'economia (diversificazione del prodotto e riduzione del rischio) e ottengono consenso sociale (migliori pratiche di gestione e riduzione degli spazi) (Chopin and Robinson, 2004).

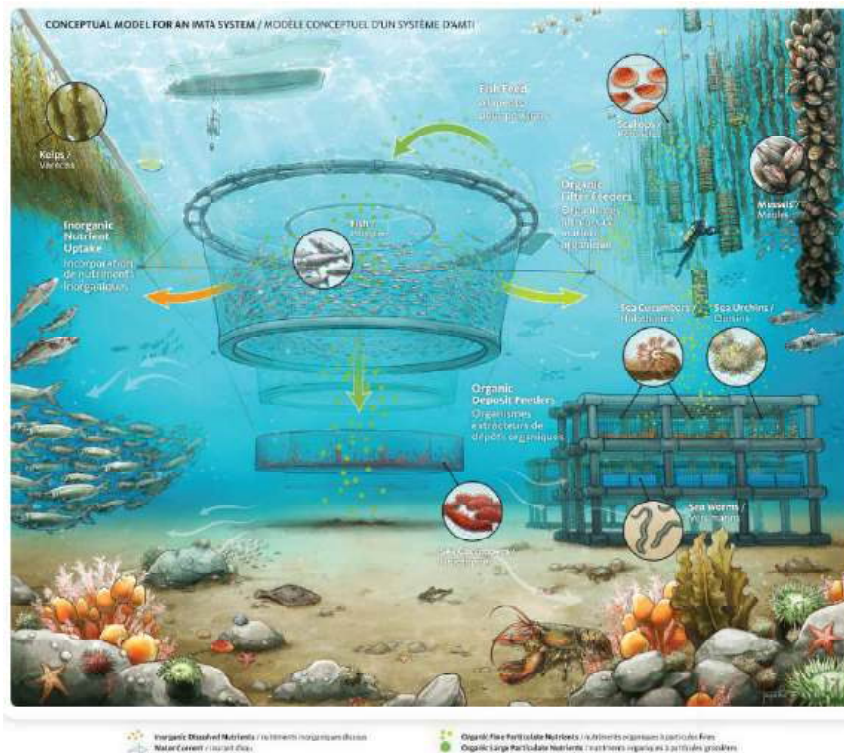


Figura 2 Modello di acquacoltura multi-trofica integrata

In questo scenario è dunque auspicabile ampliare il numero di specie da allevare considerando nuovi gruppi tassonomici di pregio commerciale (FAO, 2018). La produzione di molluschi e crostacei è ormai una realtà consolidata. Ma, grazie alle condizioni ambientali particolarmente favorevoli, una valida alternativa all'acquacoltura tradizionale potrebbe essere rappresentata anche dagli Echinodermi, in particolare le oloturie, il cui interesse economico è globale. Gli Oloturoidei essendo organismi prevalentemente detritivori possono giocare un ruolo chiave nello sviluppo dell'acquacoltura multitrofica integrata di nuova generazione potendo ridurre altresì le esternalità negative degli impianti ittici.

Il loro impiego integrato in sistemi IMTA ha generato un forte interesse sia economico sia nell'ambito della ricerca scientifica, dando vita a diversi progetti pilota soprattutto nei paesi asiatici dove le Oloturie costituiscono una vera prelibatezza alimentare. Oggi esiste una pesca globale di Oloturie, che interessa più di 60 specie, e questo trend è rapidamente in crescita. Nuove attività di pesca di oloturie si sono sviluppate anche nella regione mediterranea interessando in particolar modo Italia e Grecia con effetti negativi sulle popolazioni naturali. E' evidente quindi come lo sviluppo di un'acquacoltura innovativa risulti essere un'esigenza primaria per il nostro Paese che deve indirizzare le sue ricerche verso l'allevamento di questi organismi in combinazioni multitrofiche.

L'obiettivo principale del presente studio è dunque quello di testare l'allevamento in IMTA di una delle specie più diffuse di Oloturie mediterranee, *Holothuria tubulosa*, il cui valore di mercato è stabilito dall'alta richiesta del prodotto nei mercati asiatici e che, allo stesso tempo, il suo allevamento è potenzialmente in grado di mitigare la dispersione di materiale organico prodotto dall'allevamento di mitili in sospensione.

2 Obiettivi specifici del Progetto

Le attività sperimentali che hanno visto coinvolti i ricercatori del Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" in sinergia con i ricercatori dell'AGEI soc. coop. hanno avuto lo scopo di realizzare su scala pilota un sistema di allevamento impiegando prototipi di gabbie di accrescimento per *Holothuria tubulosa* e moduli per la cattura del sedimento ormeggiati al di sotto dei filari dove sono sospese le reste che contengono i mitili in accrescimento. Lo scopo è di raccogliere informazioni utili per valutare differenti aspetti d'interesse per il settore dell'acquacoltura multitrofica integrata, impiegando le oloturie come specie estrattive. Le finalità nello specifico sono:

- a) valutazione delle performance di accrescimento di *H. tubulosa* confinata in gabbie ormeggiate sul fondale sottostante l'impianto di allevamento nel contesto ambientale considerato;
- b) valutazione della capacità delle oloturie di utilizzare i prodotti di scarto della mitilicoltura per il loro accrescimento, costituiti principalmente da pseudo-feci, unito al loro ruolo nella biorimediazione dei fondali;
- c) raccolta dati utili alle successive valutazioni tecnico-economiche.

3 Descrizione delle attività

I protocolli d'indagine sono stati messi a punto antecedentemente la fase operativa con il coinvolgimento dei responsabili scientifici indicati dagli Istituti di ricerca coinvolti dal progetto:

- ✓ Prof. Michele Scardi e Dr. Arnold Rakaj e dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata",
- ✓ Dr.ssa Gabriella Di Lena del CREA-AN,
- ✓ Dr. Massimo Rampacci dell'A.GE.I.,
- ✓ Dr. Giuseppe Schiavone della ITTIMAR soc. coop, coordinatore del progetto.

I protocolli scientifici hanno tenuto conto di quanto riportato nel progetto presentato e di eventuali aggiornamenti e miglioramenti.

Nella tabella successiva sono riportate le attività espletate dai ricercatori del Dipartimento di Biologia in riferimento agli specifici WP.

WP		Partner/Descrizione	Variazioni	Stato di attuazione
WP1 Pianificazione del programma	WP1a1 Pianificazione delle attività	Nel corso del progetto sono state organizzati, tra i Partner diversi incontri per la pianificazione e il coordinamento delle attività		Conclusa
	WP1a2 Accordi commerciali	In questa fase sono stati perfezionati gli acquisti di materiali di consumo e svolte le formalità per l'Assegno di ricerca con decreto rettorale n. 2626 del 31.10.2019, con validità di 12 mesi a partire dal mese di febbraio 2020	Il progetto ha previsto un minor impegno in mesi dell'Assegno di ricerca	Conclusa
WP2 Organizzazione del sistema di allevamento sperimentale	WP2a1 Realizzazione delle casse per il confinamento delle oloturie e del sistema di ormeggio su fondale	n.p.		Conclusa
	WP2a2 Realizzazione delle casse per la cattura del sedimento prodotto dall'impianto e del sistema di ormeggio su fondale	La Ittimar ha provveduto all'acquisto dei materiali ed alla realizzazione dei moduli sperimentali. Il Dip. di Biologia dell'Univ. di Roma Tor Vergata ha supervisionato le fasi di realizzazione dei moduli sperimentali.		Conclusa
	WP2a3 Reperimento di Oloturie selvatiche	La Ittimar ha provveduto al reperimento delle Oloturie selvatiche con la collaborazione di pescatori professionali della marineria di Fasano. I ricercatori dell'AGEI e dell'Università di Roma "Tor Vergata" hanno partecipato e supervisionato alle operazioni di reperimento delle Oloturie svolte dai pescatori professionali.		Conclusa
	WP2a4 Analisi biometriche sulle oloturie selvatiche prima dell'avvio del programma produttivo	I ricercatori i dell'Università di Roma "Tor Vergata", hanno collaborato al rilevamento dei parametri biometrici delle Oloturie prima dell'avvio delle prove sperimentali.		Conclusa



WP3 Monitoraggi scientifici nel corso delle prove di allevamento	WP3a1 Immersione del sistema di allevamento	I ricercatori i dell'Università di Roma "Tor Vergata", hanno collaborato alle attività condotte dai ricecatori dell'AGEI soc. coop. col supporto dei mezzi e del personale della ITTIMAR soc. coop.		Conclusa
	WP3a2 Analisi ambientale	n.p.		Conclusa
	WP3a3 Monitoraggio dell'accrescimento delle oloturie	I ricercatori del Dipartimento di Biologia e della AGEI Soc. Coop hanno collaborato alle fasi di monitoraggio del pool di Oloturie utilizzato nelle diverse prove sperimentali		Conclusa
	WP3a4 Monitoraggio del sistema di allevamento su fondale	n.p.		Conclusa
	WP3a5 Elaborazione dati	I ricercatori del Dipartimento di Biologia hanno collaborato alle fasi di elaborazione dei dati in collaborazione con i ricercatori dell'AGEI soc. coop.		Conclusa
WP4 Analisi chimico nutrizionali su Oloturie	WP4a1 Reperimento di campioni biologici di Oloturie e sedimenti marini	I ricercatori dell'AGEI hanno svolto le attività di raccolta di campioni di Oloturie in collaborazione con i ricercatori dell'Univ. di Roma "Tor Vergata". Le operazioni hanno richiesto il prelievo su fondale di campioni biologici di Oloturie e di sedimenti marini.		Conclusa
	WP4a2 Analisi di laboratorio	n.p.		Conclusa
	WP4a3 Elaborazione dati	I ricercatori del Dipartimento di Biologia hanno collaborato con i ricercatori del CREA/AN, fornendo informazioni tecnico-scientifiche utili nella fase di elaborazione dei dati.		Conclusa
WP5 Raccolta di sedimento e analisi	WP5a1 Immersione del sistema di raccolta dei sedimenti	La ITTIMAR sotto la supervisione dei ricercatori del Dipartimento di Biologia ha svolto le attività di immersione di n. 9 moduli sperimentali per la cattura del sedimento e le prove di biorimediazione.		Conclusa
	WP5a2 Monitoraggi sul sistema di raccolta dei sedimenti	I ricercatori del Dipartimento di Biologia hanno svolto le attività di monitoraggio secondo i protocolli scientifici adottati. Alle attività ha fornito supporto l'AGEI. Soc. coop. per le operazioni subacquee.		Conclusa
	WP5a3 Elaborazione dati	I dati collezionati sono stati elaborati dai ricercatori del Dipartimento di Biologia dell'Univ. di Roma Tor Vergata tramite l'ausilio di supporti informatici.		Conclusa
WP6 Coordinamento e	WP6a1 Coordinamento interno	Nel corso del progetto è stato mantenuto un rapporto costante con il Dr. Giuseppe Schiavone, coordinatore del progetto.		Conclusa

	WP6a2 Coordinamento tra gli Istituti di ricerca	Nel corso del progetto sono stati svolti ripetuti incontri tra i referenti degli Istituti di ricerca, al fine di programmare e monitorare le diverse attività, anche in relazione al verificarsi di eventi emergenziali, dovuti a cause diverse.		Conclusa
WP7 Divulgazione dei risultati		I ricercatori del Dipartimento di Biologia hanno partecipato alle attività di divulgazione, sia collaborando alla predisposizione di materiale divulgativo, che partecipando al seminario finale organizzato dalla ITTIMAR soc. coop.		Conclusa
WP8 Rapporti		Nel corso del progetto i ricercatori del Dipartimento di Biologia hanno collaborato alla redazione dei documenti seguenti: a) Rapporto intermedio relativo al 1° SAL – agosto 2020; b) Rapporto finale.		Conclusa

4 Materiali e metodi

4.1 Descrizione del sito

Le attività sperimentali sono state svolte presso l'impianto di mitilicoltura off-shore della Ittimar soc. coop. realizzato su una concessione marina che ha una forma rettangolare e copre un'estensione di circa 206 Ha.

La mitilicoltura della Ittimar è inserita lungo la fascia costiera a Nord del Gargano (Regione Puglia) caratterizzata dalla presenza di numerosi impianti di maricoltura dediti alla produzione di molluschi ed in particolare della cozza (*Mytilus galloprovincialis*). La presenza di queste strutture produttive nell'area, che determinano una produzione ormai consolidata negli anni, testimoniano la vocazione del sito per la produzione di molluschi lamelibranchi, ed in particolare all'utilizzo della tipologia di impianto long-line monoventia per l'allevamento del mitilo.

Il tratto di mare dove è ubicato l'impianto è indicato nell'immagine con le coordinate dei punti marginali (fig. 3), ed è caratterizzato da un fondale sabbioso compreso tra i -14 m ed i -20 m.



Figura 3 Ubicazione dell'impianto di mitilicoltura della ITTIMAR soc. coop.

L'impianto della Ittimar é del tipo flottante sommerso long-line monoventia, ed é composto da 10 filari da 2.000 m ciascuno a loro volta costituiti da 12 campate ancorate a 13 corpi morti. I filari sono posizionati parallelamente l'uno all'altro e distanziati circa 70 metri tra loro.

La tipologia di impianto, essendo sommerso, oppone una minore resistenza alle forze del mare permettendo, con un semplice sistema di ancoraggio, un elevato grado di sicurezza delle strutture produttive.

L'impianto, secondo le prescrizioni della Capitaneria di Porto competente (Capitaneria di Porto di Manfredonia), è segnalato da n. 4 boe perimetrali radarabili.

L'impianto, inoltre è dotato di un natante di servizio per lo svolgimento delle attività in mare, equipaggiato con le attrezzature utili per svolgere le operazioni di monitoraggio in mare previste dal progetto.

4.2 Raccolta delle Oloturie selvatiche

La raccolta delle oloturie è stata effettuata lungo la costa pugliese adriatica e specificatamente nell'area di Torre Canne/Fasano (BR)

Il sito è localizzato nel Mar Adriatico meridionale ed è caratterizzato da una ampia zona subtidale, a debole inclinazione, con fondali mobili intervallati da affioramenti rocciosi. L'eterogeneità abiotica del substrato e l'alta produttività dovuta alle praterie di fanerogame rendono questi siti molto ricchi in echinoidei e quindi ottimali per la raccolta degli esemplari necessari per lo svolgimento dello studio.

Il campionamento di *H. tubulosa* è stato eseguito da pescatori subacquei professionali, sotto la supervisione dei ricercatori coinvolti nel progetto.

La raccolta delle oloturie è stata effettuata in una sola uscita nel corso della quale sono stati campionati un totale di circa 1.000 esemplari di *H. tubulosa* composti da adulti e sub-adulti. Gli animali raccolti sul fondale sono stati trasportati in contenitori plastici posti sul natante nel porto di Fasano dove sono stati successivamente posti in lanterne (fig. 4a e 4b), utilizzate normalmente per l'allevamento delle ostriche, sospese all'interno del porto per favorire lo svuotamento del contenuto intestinale prima del trasporto.

4.3 Trasporto e acclimatazione

Dopo il campionamento, le oloturie raccolte sono state collocate in vasca di trasporto riempita con acqua di mare, per il trasferimento presso il porto di Lesina Marina dove staziona il natante di servizio della ITTIAMR soc. coop..

Il trasferimento delle oloturie ha previsto la loro distribuzione in cassette plastiche sovrapposte (fig. 4c), inserite nel contenitore adibito al trasporto (4d), ciò al fine di evitarne lo scuotimento nel corso del trasporto. Ciò ha permesso un trasporto ottimale dello stock evitando che lo stress eccessivo ne inducesse l'eviscerazione durante il viaggio.

Giunti al porto di Lesina Marina lo stock è stato trasferito sul natante di servizio della mitilicoltura (fig. 4e) ed è stato sottoposto ad acclimatazione, eseguendo progressivi ricambi parziali dell'acqua del contenitore con acqua di mare.

4.4 Realizzazione del sistema di cattura dei sedimenti

Il progetto ha previsto l'acquisto delle attrezzature e dei materiali da parte della ITTIMAR soc. coop. per la realizzazione del sistema di cattura del sedimento su fondale.

Il progetto, in particolare, ha previsto la realizzazione di n. 9 moduli sperimentali attraverso l'acquisto dei materiali seguenti:

- 1) n. 9 casse costituite da telaio in acciaio saldato dimensioni 100x100x35 h9;
- 2) 18 mq di rete elettrosaldato maglia 10 cm spessore 6 mm;
- 3) n. 40 corpi morti del peso di 10 kg/cad.;
- 4) n. 81 secchi del volume di 22 l/cad. completi di coperchio;
- 5) cordame per la trave di immersione e recupero moduli.

I moduli sperimentali (fig. 5a) sono stati allestiti dal personale della ITTIMAR sotto la supervisione dei ricercatori dell'Università di Roma "Tor Vergata".

La bocca di ciascun secchio è stata serrata con una rete di maglia 0.5 cm che ha consentito la precipitazione del particolato dall'alto ed il suo accumulo all'interno della trappola, ma non la fuoriuscita delle oloturie confinate.



Foto 4a - Oloturie selvatiche raccolte nelle aree marine lungo la fascia costiera di Sevelletri (Fasano-BR)



Foto 4b - Mantenimento in vivo del lotto di Oloturie prima del trasporto



Foto 4c - Sistemazione delle Oloturie su contenitori sovrapposti



Foto 4d - Sistemazione dei contenitori nella cisterna posta sul mezzo di trasporto



Foto 4e - Trasferimento delle Oloturie sul natante di servizio della ITTIMAR

Figura 4 Fasi di raccolta, mantenimento e trasporto delle oloturie

4.5 Immersione del sistema di raccolta dei sedimenti

La ITTIMAR sotto la supervisione dei ricercatori dell'Università di Roma "Tor Vergata" ha svolto le attività di immersione dei moduli sperimentali per la cattura del sedimento e le prove di biorimediazione (fig. 5). Alle attività hanno collaborato anche i ricercatori dell'AGEI soc. coop. che ha fornito anche l'opportuna assistenza per le operazioni subacquee (fig. 6).

Le operazioni in particolare hanno previsto quanto segue:

- assemblamento dei n. 9 moduli sperimentali, costituiti da telai metallici contenenti n. 9 secchi da 20 l/cad.;
- preparazione dei cavi di ormeggio e segnalazione;
- smistamento di n. 1 oloturia all'interno di n. 6 secchi, previa raccolta dei parametri biometrici;
- immersione di file composte da n. 3 moduli in tre diverse aree dell'impianto;
- ormeggio ai corpi morti dell'impianto;
- segnalazione dei moduli attraverso boe di superficie.



Fig 5a moduli sperimentali per la raccolta del sedimento



Fig. 5b fase di immersione dei moduli

Figura 5 Moduli sperimentali per la cattura del sedimento



Figura 6 Sistemazione dei moduli per la cattura del sedimento su fondale

Il protocollo scientifico adottato per le prove di biorimediazione, infine, ha previsto l'inserimento di n. 1 oloturia in n. 6 secchi/ modulo, lasciando n. 3 secchi vuoti per il controllo (fig. 7), previa raccolta del peso individuale rilevato attraverso una bilancia di precisione con sensibilità 0,01 g.



Figura 7 pianificazione delle prove di biorimediazione

4.6 Monitoraggio del sistema di allevamento su fondale

Durante le diverse fasi di reperimento e di smistamento delle Oloturie nei diversi moduli sperimentali i ricercatori del Dipartimento di Biologia hanno raccolto dati riguardanti il peso delle Oloturie previa sgocciolatura ed asciugatura.

Le operazioni di monitoraggio hanno previsto, con cadenza trimestrale, il recupero dal fondale di n. 1 modulo per ognuna delle n. 3 repliche immerse in tre diverse aree dell'impianto (fig. 8). I moduli per la cattura del sedimento sono stati recuperati con l'ausilio del natante di servizio della ITTIMAR soc. coop. e con l'assistenza degli operatori subacquei dell'AGEI soc. coop., che hanno svolto in immersione le diverse operazioni di distacco dei moduli dall'ormeggio dell'impianto. Le fasi di recupero sono state condotte sotto la supervisione dei ricercatori del Dipartimento di Biologia.

I campioni di sedimento e le oloturie contenute nei secchi (fig. 9) sono stati quindi trasferiti presso il laboratorio del Dipartimento di Biologia dell'Università di Roma "Tor Vergata" per le successive analisi.



Fig. 8 Fasi di recupero dei moduli di cattura del sedimento.



Figura 9 Secchi con il sedimento recuperato a fine progetto

Con i dati raccolti è stato possibile valutare la sopravvivenza e l'accrescimento di *H. tubulosa* nel corso dell'esperienza. Nel corso del progetto non era prevista la somministrazione di alimento in quanto l'obiettivo del programma è stato quello di valutare la capacità di *H. tubulosa* di utilizzare il residuo organico prodotto dall'allevamento di mitili e quindi di valutare le sue performance di accrescimento in IMTA.



Fig. 10 Misurazione del volume del sedimento.

Le analisi svolte in laboratorio hanno previsto la misurazione del volume di sedimento raccolto in ciascun secchio, attraverso cilindri graduati applicando il "metodo della sedimentazione" (fig. 10), e la raccolta dei dati sul peso delle oloturie introdotte nei rispettivi secchi.

Infine è stata analizzata la sostanza organica per ciascuna replica con lo scopo di valutarne l'abbattimento da parte delle oloturie. Tale analisi ha previsto il prelievo di un'aliquota del sedimento raccolto che è stata trattata in stufa a 65°C per 48 ore su foglio di alluminio e, dopo la disidratazione, il rilevamento del peso secco con bilancia analitica (Kern ALS - ALJ) (fig. 11). Infine il sedimento secco è stato bruciato con il "metodo dell'incenerimento" (perdita in peso a 400 °C) e con i dati ottenuti, è stato possibile calcolare la differenza di sostanza organica tra le condizioni con oloturie e la condizione di bianco.



Figura 11 Analisi della sostanza organica attraverso la combustione in muffola dei campioni

5 Risultati

5.1 Prove di accrescimento e sopravvivenza di *H. tubulosa* in gabbie di allevamento.

Nel grafico (fig. 12) è illustrato l'accrescimento ponderale di esemplari sub-adulti (peso compreso tra 50 e 100 g) e adulti (peso compreso tra 100 e 200 g) di *H. tubulosa*, allevati per 4 mesi (Giugno-Ottobre) in gabbie di rete al di sotto dell'impianto di mitilicoltura off-shore della ITTIMAR soc. coop. Per entrambe le classi di taglia è stato registrato un accrescimento positivo al termine della sperimentazione, sebbene gli esemplari sub-adulti abbiano mostrato un accrescimento medio significativamente superiore al valore registrato negli esemplari adulti.

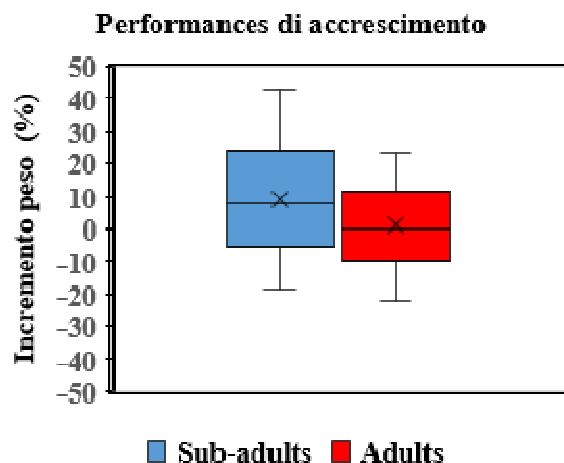


Figura 12 Incrementi nel peso di diversi lotti di Oloturie

Nei sub-adulti dove si è registrato un accrescimento ponderale più elevato, il carico di biomassa iniziale pari a circa 670,0 g/m² è aumentato del 9,40 % dopo circa 4 mesi di allevamento, raggiungendo un carico finale medio pari a circa 732,98 g/m². Migliore è stato l'incremento ponderale osservato nelle prove di allevamento

a minore densità di carico iniziale (280g/m^2), dove è stato osservato un aumento del peso pari a circa il 13,59%, con una biomassa finale media pari a circa $318,05\text{ g/m}^2$.

La sopravvivenza rilevata al termine delle prove è stata alta in entrambe le classi di taglia (100% e 89% rispettivamente in adulti e sub-adulti), dimostrando la buona compatibilità dell'allevamento integrato di *H. tubulosa* con *M. galloprovincialis*.

5.2 Risultati relativi alla capacità di biorimediazione di *H. tubulosa*.

I risultati relativi alla capacità di biorimediazione di esemplari di *H. tubulosa*, allevati singolarmente in trappole di sedimento al di sotto dell'impianto di mitilicoltura off-shore, durante tre periodi sperimentali successivi sono illustrati in fig. 13. Nel grafico, al lato di ciascuno cilindro è stato riportato il peso medio in chilogrammi di sedimento in ciascuna trappola dopo tre, sei e nove mesi di sperimentazione, e l'abbattimento percentuale della sostanza organica da parte di esemplari adulti (tra i 100 e i 200 g) di *H. tubulosa*.

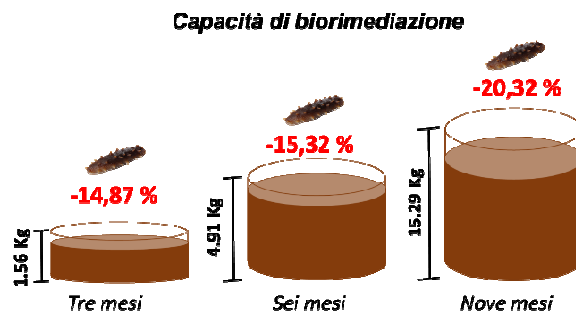


Figura 13 Abbattimento della sostanza organica da parte di *H. tubulosa* nel corso del progetto.

Durante le tre fasi dell'esperimento è stato registrato un significativo abbattimento della sostanza organica da parte di *H. tubulosa*, la cui capacità di biorimediazione ha avuto un progressivo incremento nel tempo, passando da un abbattimento del 14,87% nel corso del primo trimestre di sperimentazione, al 15,32% dopo sei mesi ed al 20,32% dopo nove mesi di allevamento.

6 Conclusioni

I risultati delle prove svolte nel corso del progetto hanno dimostrato la fattibilità dell'integrazione dei processi di allevamento tra *H. tubulosa* e un impianto di molluschicoltura.

Durante l'esperienza è stata registrata una mortalità contenuta con buoni tassi di sopravvivenza sia per le prove svolte con individui subadulti che adulti, dimostrando quindi che il sistema di mantenimento e le condizioni biotiche e abiotiche sono compatibili con l'allevamento a lungo termine di *H. tubulosa*. Inoltre i dati registrati sull'accrescimento di *H. tubulosa* indicano che alcuni dei trofismi analizzati sono favorevoli all'allevamento della specie in IMTA.

L'esperienza, tuttavia, ha posto in evidenza la criticità legata alla tenuta del sistema di allevamento in mare aperto. Infatti, nel corso della fase di allevamento coincidente con il periodo invernale, in occasione di una forte mareggiata che ha sottoposto tutto l'impianto a condizioni particolarmente gravose, sono stati rilevati danni ai moduli sperimentali con la conseguente perdita delle oloturie. La migliore soluzione per ovviare a

questi problemi resta la scelta del sito marino, favorendo quelli protetti dalle mareggiate più violente che evitano l'esposizione delle strutture e del prodotto allevato a condizioni estreme.

Sulla base degli incrementi di biomassa osservati nelle prove di co-produzione di mitili ed oloturie, nelle specifiche condizioni ambientali dove opera l'impianto della ITTIMAR soc. coop., è possibile fare delle stime sulla potenzialità produttiva in base agli accrescimenti ponderali osservati. In tal senso ipotizzando la realizzazione di gabbie per il contenimento delle oloturie nelle aree marine sottostanti l'impianto, per una copertura complessiva di circa 20 ha, corrispondenti alla occupazione di circa il 10% della concessione totale, è possibile stimare con cicli produttivi di 4 mesi: a) una potenzialità produttiva pari a circa 146,6 tonnellate di Oloturie fresche non eviscerate con densità di carico iniziali di 670 g/m²; b) una potenzialità produttiva pari a circa 63,6 tonnellate di prodotto fresco non eviscerato con densità di carico iniziali di 318 g/m².

Per quanto riguarda la biorimediazione del sedimento sottostante l'impianto di mitilicoltura della ITTIMAR soc. coop., *H. tubulosa* risulta essere efficiente nell'abbattimento della sostanza organica, con una capacità di utilizzazione compresa tra il 14,9% ed il 20,3% del totale. Questi risultati suggeriscono che i sistemi integrati di acquacoltura multi-trofica (IMTA), combinando l'allevamento di molluschi con oloturie, possono fornire sottoprodotti dall'alto valore economico, alle aziende di acquacoltura senza costi di alimentazione supplementari.

Il progetto amplia quindi la gamma di specie della acquacoltura, con effetti di diversificazione di mercato e crescita delle opportunità di esportazione verso i mercati asiatici, potenzialmente offrendo prodotti certificati dal punto di vista ambientale. La possibilità di ampliare le gamme produttive ha ricadute importanti sugli aspetti sociali ed economici generando nuove opportunità occupazionali. Inoltre, dal punto di vista ambientale si potrà delineare un quadro complessivo che permetterà di inquadrare non solo gli aspetti produttivi ma anche quelli ecologici.

Questo è emerso dallo studio che ha sperimentato per la prima volta la possibilità di allevare oloturie sul fondale sottostante un impianto di molluschicoltura off shore nel Mare Adriatico, indica la necessità di studi futuri indirizzati ad ampliare gli studi su altre specie di oloturie e a valutarne le performance di accrescimento in diverse condizioni ambientali.

Bibliografia

González-Wangüemert, M., Domínguez-Godino, J.A., Cánovas, F., 2018. The fast development of sea cucumber fisheries in the Mediterranean and NE Atlantic waters: From a new marine resource to its over-exploitation. *Ocean Coast. Manag.* 151, 165–177.

Purcell S. W., Conand C., Uthicke S., Byrne M., 2016. Ecological roles of exploited sea cucumbers. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 54, 367-386.

Rakaj A., Fianchini A., Boncagni P., Lovatelli A., Scardi M., Cataudella S., 2017. Preliminary results on spawning and rearing of *Holothuria Tubulosa*. Larvi Ghent, Belgium.

Rakaj, A., Fianchini, A., Boncagni, P., Lovatelli, A., Scardi, M., Cataudella, S., 2018. Spawning and rearing of *Holothuria tubulosa*: A new candidate for aquaculture in the Mediterranean region. *Aquaculture Research*, 49(1), 557-568.

Toral-Granda V., Lovatelli A., Vasconcellos M., 2008. Sea cucumbers: A global review of fisheries and trade. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 516*. pp. 331. Rome.

Yokoyama, H., 2013. Growth and food source of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* cultured below fish cages potential for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture*, 372, 28–38.

Han, Q., Keesing, J. K., Liu, D., 2016. A review of sea cucumber aquaculture, ranching, and stock enhancement in China. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 24, 326–341.

PO FEAMP ITALIA 2014/2020
Mis. 2.47 "Innovazione"

Progetto
Diversificazione Produttiva degli Impianti di Molluschicoltura in Associazione con Oloturie
(DIPRIMAO)

Codice progetto 0004/INA/17

RELAZIONE SCIENTIFICA FINALE

14 Marzo 2022

Responsabile Scientifico: Dott.ssa Gabriella Di Lena



Partecipanti alla ricerca:

Gabriella Di Lena	Ricercatore, Responsabile scientifico
Ginevra Lombardi Boccia	Dirigente di ricerca
Massimo Lucarini	Ricercatore
Altero Aguzzi	Collaboratore tecnico
Stefano Ferrari Nicoli	Collaboratore tecnico
Irene Casini	Collaboratore tecnico
Paolo Gabrielli	Collaboratore tecnico
Roberto Caproni	Collaboratore tecnico

Indice

Indice delle tabelle	2
Indice delle figure	3
Premessa.....	4
1. Introduzione	5
2. Materiali e Metodi	6
2.1 Campionamento e trattamento dei campioni.....	6
2.2 Analisi chimiche	8
2.2.1 <i>Macronutrienti</i>	8
2.2.2 <i>Acidi grassi</i>	8
2.2.3 <i>Minerali</i>	8
2.2.4 <i>Mercurio</i>	8
2.3 Trattamento dei dati ed elaborazione statistica	9
3 Risultati e discussione	9
3.1 Macronutrienti.....	10
3.2 Profilo minerale	10
3.3 Profilo lipidico	11
3.4 Mercurio.....	11
4 Considerazioni conclusive	12
5 Riferimenti bibliografici	38

Indice delle tabelle

Tabella 1 Contenuto in macro-nutrienti e valore energetico di oloturie <i>H. tubulosa</i> prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Fasano (valori per 100 g peso fresco).....	14
Tabella 2 Contenuto in macro-nutrienti e valore energetico di oloturie <i>H. tubulosa</i> prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Taranto	14
Tabella 3 Contenuto in macro-nutrienti e valore energetico di oloturie <i>H. polii</i> prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Fasano	15
Tabella 4 Contenuto in macro-nutrienti e valore energetico di oloturie <i>H. polii</i> prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Taranto	15
Tabella 5 Macro-minerali ed elementi in traccia in oloturie <i>H. tubulosa</i> prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Fasano (mg/100 g peso fresco).	17
Tabella 6 Macro-minerali ed elementi in traccia in oloturie <i>H. tubulosa</i> prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Taranto (mg/100 g peso fresco).....	17
Tabella 7 Macro-minerali ed elementi in traccia in oloturie <i>H. polii</i> prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Fasano (mg/100 g peso fresco).....	18
Tabella 8 Macro-minerali ed elementi in traccia in oloturie <i>H. polii</i> prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Taranto (mg/100 g peso fresco).....	18

Tabella 9 Profilo degli acidi grassi in oloturie <i>H. tubulosa</i> prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Fasano .	22
Tabella 10 Profilo degli acidi grassi di oloturie <i>H. tubulosa</i> prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Taranto .	23
Tabella 11 Profilo degli acidi grassi in oloturie <i>H. polii</i> prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Fasano .	27
Tabella 12 Profilo degli acidi grassi in oloturie <i>H. polii</i> prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Taranto .	28
Tabella 13 Livelli di mercurio totale e relative biometrie in oloturie <i>H. tubulosa</i> e <i>H. polii</i> prelevate dai siti di Fasano e Taranto in stagione estiva ed autunnale e nei relativi sedimenti marini: media, deviazione standard (ds) e range dei valori rilevati sui singoli individui di ogni tipologia.	35

Indice delle figure

Figura 1 Schema di campionamento di oloturie <i>H. tubulosa</i> e <i>H. polii</i> per le analisi chimico-nutrizionali	7
Figura 2 Procedura di campionamento della parte edibile delle oloturie <i>H. polii</i> e <i>H. tubulosa</i> per le analisi chimico-nutrizionali.	7
Figura 3 Procedura seguita per l'analisi del contenuto di mercurio nella parte edibile di oloturie.	9
Figura 4 Composizione chimica di base di oloturie: confronto fra siti e specie con elaborazione statistica (medie annuali).	16
Figura 5 Profilo minerale di oloturie <i>H. tubulosa</i> e <i>H. polii</i> : confronto fra specie e siti.	19
Figura 6 Profilo minerale di oloturie: confronto fra siti (medie annuali).	20
Figura 7 Profilo minerale di oloturie: confronto fra specie (medie annuali).	21
Figura 8 Classi di acidi grassi in <i>H. tubulosa</i> da Fasano e Taranto : confronto fra stagioni con elaborazione statistica.	24
Figura 9 Profilo degli acidi grassi in <i>H. tubulosa</i> da Fasano : confronto fra stagioni con elaborazione statistica.	25
Figura 10 Profilo acidi grassi in <i>H. tubulosa</i> da Taranto : confronto fra stagioni con elaborazione statistica.	26
Figura 11 Classi di acidi grassi in <i>H. polii</i> da Fasano e Taranto : confronto fra stagioni con elaborazione statistica.	29
Figura 12 Profilo acidi grassi in <i>H. polii</i> da Fasano : confronto fra stagioni con elaborazione statistica.	30
Figura 13 Profilo acidi grassi in <i>H. polii</i> da Taranto : confronto fra stagioni con elaborazione statistica.	31
Figura 14 Classi di acidi grassi in <i>H. tubulosa</i> e <i>H. polii</i> : confronto fra siti con elaborazione statistica (medie annuali).	32
Figura 15 Profilo degli acidi grassi in <i>H. tubulosa</i> : confronto fra siti con elaborazione statistica (medie annuali).	33
Figura 16 Profilo acidi grassi in <i>H. polii</i> : confronto fra siti con elaborazione statistica (medie annuali).	34
Figura 17 Correlazione fra livelli di mercurio totale e taglia delle oloturie <i>H. tubulosa</i> campionate a Fasano e a Taranto in estate ed in autunno.	36
Figura 18 Correlazione fra livelli di mercurio totale e taglia delle oloturie <i>H. polii</i> campionate a Fasano e a Taranto in estate ed in autunno.	37

Premessa

Il progetto ha l'obiettivo di valutare, con approccio multidisciplinare, la possibilità di diversificare la produzione di impianti di mitilicoltura *off-shore* attraverso prove di allevamento di Oloturie svolte in gabbie ancorate sul fondale sottostante i parchi di allevamento. Il progetto, parallelamente alle prove di allevamento, ha previsto indagini volte da un lato a valutare la capacità delle Oloturie di svolgere un ruolo di biorimediazione, dall'altro ad ampliare le conoscenze sulla qualità nutrizionale di questi Echinodermi.

In riferimento a quanto indicato nel progetto approvato, il gruppo di ricerca CREA-Alimenti e Nutrizione (CREA-AN) si è occupato della valutazione chimico-nutrizionale di Oloturie prelevate in due diversi periodi dell'anno da due diversi siti. La finalità è stata quella di evidenziare le principali caratteristiche chimico-nutrizionali della parte edibile delle Oloturie, studiandone la composizione in macronutrienti, il profilo degli acidi grassi ed il profilo minerale.

L'attività è stata svolta collaborando con i ricercatori degli altri Istituti di ricerca partner del progetto e con il coordinatore locale del programma nominato dalla ITTIMAR, capofila del partenariato.

Per l'espletamento delle attività il CREA-AN ha utilizzato strumentazione scientifica presente nei propri laboratori ed impegnato ricercatori e tecnici in capo all'Istituto, il cui costo non è stato attribuito al presente Progetto, mentre sono stati previsti acquisti di materiali per l'esecuzione delle specifiche analisi di laboratorio.

1. Introduzione

Gli organismi marini sono una preziosa fonte di nutrienti e molecole bioattive importanti per la crescita ed il mantenimento in buona salute del nostro organismo. I prodotti della pesca e dell'acquacoltura sono componenti fondamentali di una dieta equilibrata e salutare, rappresentando una buona fonte di proteine, vitamine, minerali e l'unica fonte significativa di acidi grassi polinsaturi a lunga catena della serie omega-3.

Nel modello alimentare Mediterraneo i prodotti ittici occupano un posto di rilievo, con ricette, usanze e tradizioni legate ai territori. Al di là delle specie intensamente sfruttate e commercializzate, gli organismi marini sono una fonte ricca e poco conosciuta di ingredienti funzionali che possono trovare applicazione a diversi livelli per la formulazione di prodotti nel settore alimentare e nutraceutico. L'elevata biodiversità dell'ambiente marino e la complessità degli habitat e delle condizioni ambientali a cui gli organismi si devono adattare, creano le condizioni affinché in essi si concentrino una grande varietà di molecole bioattive.

Uno dei temi attuali della ricerca in campo di nutrizione ed alimentazione è l'identificazione di fonti sostenibili di nutrienti e di molecole bioattive, in grado di rispondere alle aumentate esigenze di una popolazione mondiale in crescita. In particolare, in campo alimentare e biomedico vi è un crescente interesse per fonti naturali e sostenibili di nutrienti e molecole bioattive con effetti protettivi sulla salute.

Oltre all'importante ruolo ecologico di biorimediazione e ricircolo dei nutrienti nei fondali, le oloturie sono una risorsa di elevato interesse economico, gastronomico e nutrizionale. Particolarmente apprezzate nel mercato internazionale e nell'Est asiatico, dove sono vendute essiccate e considerate cibo di lusso, le oloturie sono ricercate sia per le particolari proprietà organolettiche che per quelle terapeutiche. Nonostante il loro consolidato consumo fra le popolazioni asiatiche, le informazioni disponibili sul profilo chimico-nutrizionale di questi echinodermi non sono molte. In particolare, per le specie diffuse nel Mediterraneo, si hanno poche informazioni. Per tale motivo un'indagine relativa al profilo chimico delle due specie più diffuse nelle aree adriatiche oggetto di studio in questo progetto, *Holoturia polii* e *Holoturia tubulosa*, è di particolare interesse sia in funzione dei loro utilizzi in campo alimentare, che per le potenziali applicazioni in campo nutraceutico e biomedico.

Le proprietà terapeutiche attribuite a diverse specie di oloturie sono principalmente dovute alla presenza di molteplici composti bioattivi fra cui vitamine, composti fenolici, polisaccaridi, saponine e collagene sono solo alcuni fra quelli conosciuti. Le virtù terapeutiche attribuite alle oloturie e loro estratti sono riconducibili principalmente a proprietà anti-angiogeniche ed antiproliferative, antitumorali, anticoagulanti, antiinfiammatorie, antiossidanti, antimicrobiche ed antitrombotiche (Bordbar et al. 2011, Khotimchenko 2018).

Pertanto, la conoscenza del profilo chimico delle oloturie rappresenta la base di partenza per l'esplorazione delle loro potenzialità sia in campo alimentare che in campo biomedico e nutraceutico.

E' riportato in letteratura che le caratteristiche chimico-nutrizionali delle oloturie variano non solo in relazione alla specie di appartenenza, ma anche in relazione al sito di origine, alla ricchezza in sostanza organica dei fondali ed alla fase del ciclo riproduttivo (Neto et al. 2006).

Dal punto di vista nutrizionale, le oloturie sono caratterizzate da un ridotto contenuto lipidico e da un tenore proteico relativamente elevato. Pur avendo nei propri tessuti un contenuto di acqua mediamente superiore a quello di altri organismi marini, l'oloturia, il cui principale uso culinario è dopo essiccazione, è considerata infatti una buona fonte proteica. Fra queste, oltre a proteine ricche in glicina, acido glutammico ed arginina, amminoacidi importanti per il sistema immunitario, di notevole interesse è il collagene, che trova applicazioni in campo alimentare, nutraceutico e cosmeceutico.

Nonostante sia presente in ridotte quantità, la componente lipidica è di interesse per le proprietà anti-infiammatorie e tessuto-riparatrici che conferiscono alle oloturie. Infatti, oltre che alla componente glico-polisaccaridica, presente anch'essa nei tessuti delle oloturie (glucosaminoglicani, saponine), tali proprietà sono attribuibili anche agli acidi grassi polinsaturi a lunga catena delle serie omega-3 ed omega-6.

In questo progetto, l'attività del gruppo di ricerca del CREA Alimenti e Nutrizione si è focalizzata sulla caratterizzazione chimica relativa a macronutrienti (umidità, lipidi, proteine, carboidrati, ceneri, azoto non proteico), profilo minerale (macro elementi: Ca, Mg, P, K, Na; elementi in traccia: Fe, Zn, Cu, Mn), e profilo degli acidi grassi di oloturie appartenenti alle specie *H. polii* e *H. tubulosa*. Infatti, in seguito al reperimento nei siti della sperimentazione oltre che della specie *Holoturia tubulosa*, indicata nella proposta progettuale, anche della specie *H. polii*, di concerto con gli altri partner del progetto si è ritenuto opportuno e di interesse scientifico estendere le analisi di caratterizzazione chimica anche a quest'ultima specie.

Infine, in considerazione delle abitudini alimentari delle oloturie e del loro diretto contatto con i fondali, nei quali può accumularsi un metallo pesante altamente tossico per gli organismi viventi come il mercurio, si è analizzato il contenuto in mercurio delle oloturie e del sedimento marino circostante.

I risultati di questo studio sono presentati e discussi in questa relazione.

2. Materiali e Metodi

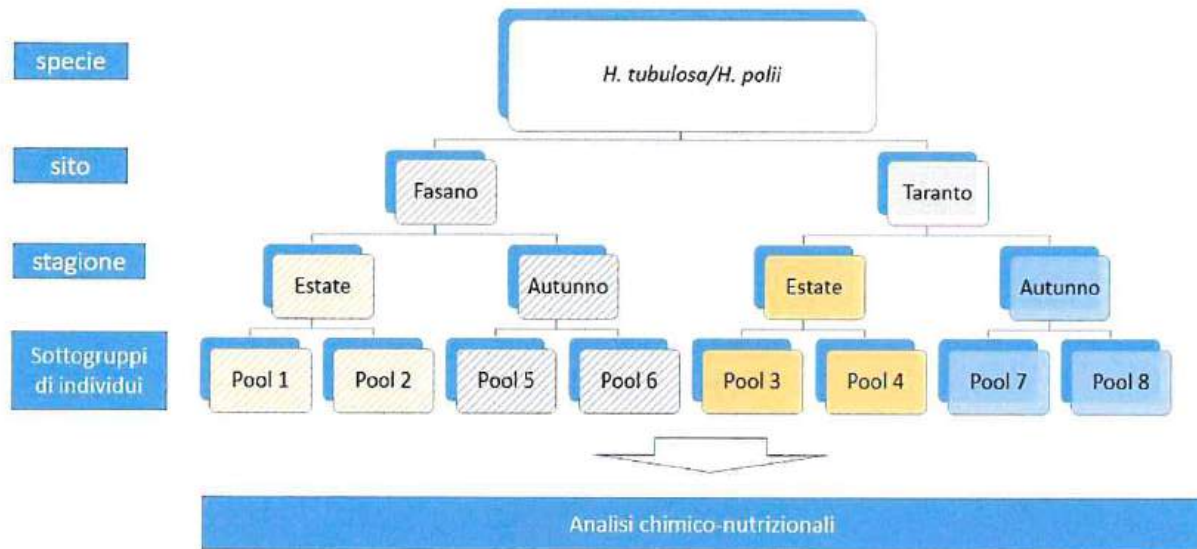
2.1 Campionamento e trattamento dei campioni

Oloturie appartenenti alle specie *Holoturia tubulosa* e *Holoturia polii*, prelevate in stagione estiva (*pre-spawning*: Giugno-Luglio 2020) ed autunnale (*post-spawning*: Ottobre-Novembre 2020) dai due siti della costa Adriatica e Jonica oggetto di studio, rispettivamente Torre Canne di Fasano (Brindisi) e Mar Grande di Taranto, sono pervenute allo stato congelato presso i laboratori del CREA-Alimenti e Nutrizione.

Di ogni individuo, prima della preparazione del campione è stato effettuato il rilievo biometrico (peso prima e dopo evisceramento). La preparazione del campione ha previsto il lavaggio degli individui, lo sgocciolamento ed il successivo evisceramento effettuato previa apertura della parete del corpo con bisturi. Laddove necessario, il peso prima dell'evisceramento è stato corretto sottraendo il peso dell'acqua presente nella cavità celomatica, allontanata al momento dell'evisceramento.

Gli esemplari sono quindi stati raggruppati in pools costituiti da un numero di individui sufficiente a costituire un campione di 150-250 g utile alle diverse determinazioni analitiche. Ogni pool era costituito da 5 individui per la specie *H. tubulosa* e da 7 individui per la specie *H. polii*, generalmente di taglia inferiore. Per ogni combinazione specie/sito/stagione sono stati analizzati 2 pools, per un totale di 40 individui per la specie *H. tubulosa* e 56 individui per la specie *H. polii* (Figura 1).

Figura 1 Schema di campionamento di oloturie *H. tubulosa* e *H. polii* per le analisi chimico-nutrizionali



Su ciascun pool di individui le analisi chimico-nutrizionali della parte edibile sono state effettuate previa preparazione del campione come illustrato in Figura 2.

Figura 2 Procedura di campionamento della parte edibile delle oloturie *H. polii* e *H. tubulosa* per le analisi chimico-nutrizionali.



Per la specie *H. polii* si è provveduto alla triturazione manuale con bisturi e successiva omogenizzazione in Waring Blendor (model 8010E, Waring® Products Division, New Hartford, CT, USA). Per la specie *H. tubulosa*, data la particolare consistenza dei tessuti, al fine di ottenere un

campione omogeneo e rappresentativo, è stato necessario procedere alla liofilizzazione (Labogene, Scanvac Coolsafe), seguita da ulteriore omogenizzazione del liofilizzato in Waring blender. Tutte le analisi sono state effettuate in triplo. I dati che si riportano sono espressi per 100 g di parte edibile (peso fresco).

Per l'analisi del mercurio si è seguita una procedura di campionamento differente, descritta di seguito nel paragrafo 2.2.4.

2.2 Analisi chimiche

2.2.1 *Macronutrienti*

Le analisi di umidità, proteine, lipidi e ceneri sono state condotte seguendo i metodi ufficiali di analisi (AOAC, 2012). L'umidità è stata calcolata gravimetricamente dopo essiccazione in stufa a 105°C per 24 ore. I lipidi sono stati estratti con etere di petrolio con sistema Soxhlet. L'azoto non proteico è stato determinato con metodo Kjeldahl previa precipitazione delle proteine con acido tricloroacetico al 10% p/v. I carboidrati sono stati determinati per differenza. Le ceneri sono state determinate in muffola a 550 °C.

2.2.2 *Acidi grassi*

Per l'analisi gascromatografica degli acidi grassi, i lipidi totali sono stati estratti a freddo con cloroformio-metanolo-acqua, in presenza di tert-butilidrochinone (TBHQ) come agente antiossidante, con successiva filtrazione, centrifugazione, evaporazione del solvente secondo il metodo di Bligh & Dyer (1959). Su un'aliquota dell'estratto lipidico è stata effettuata la transesterificazione degli acidi grassi con trifluoruro di boro metanolico/metanolo 1:1 (v/v) (Metcalf & Schmitz, 1961). La separazione e quantificazione degli esteri degli acidi grassi è stata eseguita su un Gascromatografo Agilent 7890A, equipaggiato con FID e detector di massa (7890A Series-Agilent Technologies Santa Clara, CA, USA). Le separazioni degli acidi grassi sono state eseguite su colonna Megawax (30 m x 0.32 mm i.d., 0.25 film thickness). L'identificazione degli acidi grassi è stata effettuata tramite standards certificati (FAME Mix C4-C24, Supelco, Bellefonte PA, USA) e la NIST08 Mass Spectral Library (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA). Tutte le analisi sono state effettuate in triplo. Il profilo degli acidi grassi è espresso in % degli acidi grassi totali.

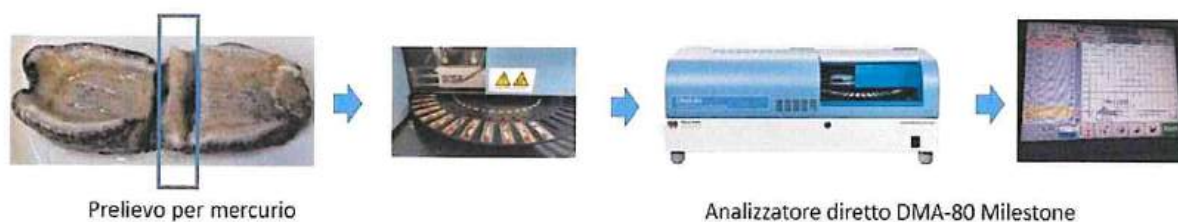
2.2.3 *Minerali*

Sono stati determinati sia i macro-elementi (Ca, Mg, Na, K, P) che gli elementi in traccia (Fe, Zn, Cu, Mn). Aliquote dei campioni sono state sottoposte a digestione acida (6 mL HNO₃ + 1 mL H₂O₂) utilizzando un sistema a microonde (1200 Mega, Milestone srl, Italy). Successivamente le analisi sono state eseguite mediante ICP-Plasma (Optima 8000™ ICP-OES, Perkin-Elmer, Waltham, MA, USA) equipaggiato di autocampionatore ASX-500 (Cetac Technologies). L'accuratezza delle analisi è stata verificata mediante l'utilizzo di standards certificati: Bovine muscle (BCR 184, Community Bureau of Reference, Brussels) e Bovine liver (NBS 1577; National Bureau of Standards, Gaithersburg, MD, USA). Le analisi sono state eseguite in quadruplo. I dati sono stati normalizzati per peso fresco del campione.

2.2.4 *Mercurio*

L'analisi del mercurio è stata effettuata sulle singole oloturie. Prima della costituzione dei pools per le analisi chimico-nutrizionali, dalla parte mediana della parete del corpo di ogni individuo, contraddistinto da una numerazione per poterne risalire alle biometrie, è stata prelevata per l'analisi del mercurio un'aliquota incisa trasversalmente con il bisturi (Figura 3).

Figura 3 Procedura seguita per l'analisi del contenuto di mercurio nella parte edibile di oloturie.



Complessivamente sono state analizzate per il mercurio n. 28 (estate) + n. 28 (autunno) oloturie per la specie *H. polii* e n. 20 (estate) + n. 20 (autunno) oloturie per la specie *H. tubulosa*. Di ogni individuo sono state analizzate 3-5 aliquote prelevate dalla porzione mediana della parete del corpo come indicato in Fig.3.

La determinazione del mercurio totale è stata effettuata sui campioni di parte edibile utilizzando l'Analizzatore Diretto di Mercurio DMA-80 (Milestone Inc, Shelton, CT, USA).

La calibrazione dello strumento e le procedure analitiche sono state condotte secondo il Metodo 7473 della US Environmental Protection Agency (USEPA 2007) come descritto in Di Lena et al. (2017). Lo strumento è stato calibrato nel range 0.5-300 ng Hg preparando appropriate diluizioni di HgCl_2 (1 mg ml^{-1} , Carlo Erba, Milan, Italy) in HCl 1% p/v.

Per valutare l'accuratezza e la precisione del metodo, in parallelo ai campioni sono stati analizzati due materiali certificati: CRM 463, Tuna fish muscle (BCR Community Bureau of Reference, European Commission, Luxembourg) e SRM 1570a, Spinach Leaves (NIST National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA). I valori ottenuti dall'analisi in triplo dei materiali di riferimento hanno dato i seguenti risultati: CRM 463, valore certificato 2.85 ± 0.16 mg kg^{-1} , valore sperimentale 2.67 ± 0.05 mg kg^{-1} , recupero 93.6%; SRM 1570a, valore certificato 0.030 ± 0.003 mg kg^{-1} , valore sperimentale 0.029 ± 0.002 mg kg^{-1} , recupero 97.3%.

2.3 Trattamento dei dati ed elaborazione statistica

I dati di composizione sono riportati come media e deviazione standard di determinazioni analitiche effettuate in triplo su almeno 2 pools di individui per ogni stagione e sito di raccolta. Ogni pool era costituito da 5-7 oloturie. Per le valutazioni chimico-nutrizionali sono stati analizzati complessivamente 56 individui per la specie *H. polii* e 40 individui per la specie *H. tubulosa*. Le differenze fra stagioni e fra specie sono state valutate con il test-t di Student. Per il mercurio, oltre alle differenze fra campioni prelevati in diverse stagioni, è stata valutata la correlazione esistente fra la taglia dei singoli individui, espressa in termini di peso corporeo totale corretto dopo eliminazione dell'acqua contenuta in cavità celomatica, e la concentrazione di mercurio totale nella parete del corpo tramite il calcolo del coefficiente di Pearson. Per l'analisi statistica è stato utilizzato il software Microsoft Excel, versione 2013.

3 Risultati e discussione

Il profilo compositivo di macronutrienti, minerali ed acidi grassi di oloturie *H. tubulosa* e *H. polii* prelevate in stagione estiva ed autunnale dai siti di Fasano e Taranto è riportato nelle Tabelle 1-12.

3.1 Macronutrienti

Entrambe le specie mostrano il profilo chimico-nutrizionale tipico del genere *Holothuria*, caratterizzato da elevata umidità (80-85 g/100 g), buon contenuto proteico (6-8 g/100 g peso fresco, corrispondente al 40-55% del peso secco), elevato contenuto minerale (4-7 g/100 g peso fresco, corrispondenti al 32-37% del peso secco), carboidrati (2-4 g/100 g peso fresco, 12-20% peso secco) e tenore lipidico molto ridotto (< 0.5 g/100 g peso fresco, equivalente a 1-3% peso secco).

Nelle Tab. 1-4 sono riportate le biometrie, i profili dei macronutrienti ed il valore energetico di campionature delle specie *H. tubulosa* e *H. polii* prelevate dai due siti nei diversi periodi stagionali: estate (periodo pre-riproduttivo) ed autunno (periodo post-riproduttivo).

Per entrambe le specie, nonostante una taglia sempre significativamente maggiore nei campionamenti estivi, non sono emerse nette differenze stagionali del contenuto in nutrienti. Anche per il tenore lipidico, negli organismi acquatici fortemente influenzato dal periodo riproduttivo, non si sono osservate differenze significative fra le due stagionalità ad eccezione della campionatura di *H. polii* – Taranto nella quale si sono osservati tenori lipidici superiori per la stagione estiva (0.59 g vs 0.29 g/100 g, $P \leq 0.01$, Tab.4).

Nel complesso i profili compositivi sono risultati essenzialmente simili fra le due specie.

Si è evidenziata una lieve ma significativa differenza fra Oloturie della stessa specie campionate nei due siti per quanto riguarda il tenore proteico, risultato sempre lievemente inferiore negli individui provenienti dal sito di Taranto rispetto a quelli provenienti dal sito di Fasano. Tale differenza può essere messa in relazione con un diversa disponibilità dei nutrienti nell'ambiente circostante ed un diverso idrodinamismo nei due siti.

3.2 Profilo minerale

Entrambe le specie si caratterizzano per un elevato contenuto minerale, come evidenziato dall'analisi delle ceneri. Il profilo dei singoli minerali nelle oloturie *H. tubulosa* e *H. polii* prelevate nei siti di Fasano e Taranto in estate ed in autunno è riportato nelle Tabelle 5-8 e nei relativi istogrammi (Fig. 5-7). In particolare si può notare come le oloturie *H. polii*, che sono dotate di un dermascheletro ricco di spicole costituite di carbonato di calcio (Ca) e magnesio (Mg), si distinguono per un contenuto in calcio particolarmente elevato (2000-2600 mg/100 g parte edibile), con i valori più alti corrispondenti alla stagione autunnale. I livelli di calcio riscontrati in *H. polii* sono fino a 5 volte superiori a quelli riscontrati nella specie *H. tubulosa* (500-680 mg/100 g). Tale differenza fra le due specie risulta essere statisticamente significativa ($P \leq 0.001$, Fig. 7).

Altri minerali presenti in elevata quantità e significativamente superiori in *H. polii* rispetto a *H. tubulosa* sono il sodio (Na, 700-730 mg/100 g contro i 250-350 mg/100 g, valori oltre 2 volte superiori in *H. polii*), ed il magnesio (230-280 mg/100 g vs 54-74 mg/100 g, valori oltre 3 volte superiori in *H. polii*). Tutti i valori specificati sono espressi per 100 g di peso fresco di campione.

Gli elementi in traccia analizzati (Fe, Zn, Mn, Cu) tendono anch'essi ad essere più elevati in *H. polii*, sebbene un' elevata variabilità inter-individuale non abbia permesso sempre di confermare la significatività statistica delle differenze (Fig- 7).

Per entrambe le specie si sono inoltre evidenziati elevati livelli di ferro (Fe) nelle campionature provenienti dal sito di Taranto, in particolare nella stagione estiva, in corrispondenza della quale sono stati riscontrati livelli superiori al doppio rispetto ai corrispettivi campioni autunnali (*H. tubulosa*: 0.96 vs 0.44 mg/100 g; *H. polii*: vs 1.60 vs 0.63 mg/100 g) ed a campioni provenienti da Fasano in ogni stagione (*H. tubulosa* 0.36-0.41 mg/100 g; *H. polii*: 0.19-0.33 mg/100 g, Fig. 5). Anche i livelli di ferro più elevati riscontrati nelle oloturie non rappresentano però un rischio per il consumo, sono anzi interessanti dal punto di vista nutrizionale raggiungendo il 16% delle quantità giornaliere raccomandate (valore di riferimento per maschi 30-59 anni pari a 10 mg/giorno, LARN 2016) se si ipotizza il consumo di una porzione di oloturie pari 100 g (peso fresco).

3.3 Profilo lipidico

Nonostante il loro ridotto tenore lipidico, l'analisi qualitativa del profilo degli acidi grassi delle oloturie è di interesse sia per l'attività biologica che per la rilevanza di alcuni di essi come indicatori trofici ed ambientali.

Nelle tab. 9-12 e Fig. 8-16 sono riportati i profili dei singoli acidi grassi per specie, provenienza e stagione di prelievo.

Nel complesso, per entrambe le specie, si osserva un sostanziale equilibrio fra acidi grassi saturi, monoinsaturi e polinsaturi, con una leggera prevalenza dei polinsaturi (36.8-39.7% *H. tubulosa*, 36.3-37.3% *H. polii*), in particolare nella stagione autunnale.

Una caratteristica comune ad entrambe le specie è l'elevata percentuale di acido arachidonico, acido grasso polinsaturo della serie n-6 (C20:4), le cui percentuali arrivano a superare il 20% dei totali per la specie *H. tubulosa* (in stagione autunnale: 21% Taranto, 26% Fasano). Questo acido grasso è quello prevalente su tutti i 36 acidi grassi rilevati nelle 2 specie di oloturie (Fig. 8-13).

Altra caratteristica comune ad entrambe le specie è la presenza di una percentuale non trascurabile di acidi grassi saturi ramificati (>5% dei totali). Si tratta di una classe particolare di acidi grassi sintetizzati da microrganismi marini presenti nei sedimenti dei quali le oloturie si alimentano e per questo considerati marcatori trofici (Ruess and Müller-Navarra 2019, Svetashev 2022). La percentuale di acidi grassi ramificati è risultata significativamente maggiore in tutte le campionature provenienti da Taranto (fino al 9% degli acidi grassi totali, Fig. 14-16).

Fra gli acidi grassi saturi, i più rappresentati in entrambe le specie sono l'acido palmitico (C16:0), seguito dall'acido stearico (C18:0), e dal miristico (C14:0).

Una caratteristica delle oloturie, comune anche ad altri organismi che vivono e si alimentano sui fondali, è la presenza di acidi grassi saturi a catena dispari (C13:0-C15:0-C17:0-C19:0), anch'essi considerati marcatori trofici di organismi presenti sui fondali. L'analisi statistica dei dati ha evidenziato livelli significativamente superiori di acidi grassi a catena dispari nelle Oloturie di Taranto rispetto a quelle di Fasano: 7.6% vs 5.5% in *H. poli* e 7.9 vs 5.2% in *H. tubulosa* (Fig. 15-16). Tra i monoinsaturi (MUFA), sia in *H. tubulosa* che in *H. polii*, l'acido esadecenoico (C16:1 n-9 + n-7) è quello presente in maggiore concentrazione in estate, seguito da C20:1 n-9, C18:1 n-7 e acidi grassi monoinsaturi a lunga catena (fino a C24) presenti in minore percentuale. Nella stagione autunnale l'acido grasso monoinsaturo prevalente è il C20:1 n-9.

Fra gli acidi grassi polinsaturi (PUFA), per entrambe le specie e provenienze, gli acidi grassi prevalenti sono risultati l'arachidonico (C20:4 n-6, 16-26 % acidi grassi totali), sempre maggiore in autunno che in estate, e l'acido eicosapentaenoico (C20:5 n-3, 7-11% degli acidi grassi totali) generalmente maggiore in estate che in autunno. Queste differenze fra stagioni possono essere attribuite alla diversa disponibilità di risorse nell'ambiente circostante e/o al periodo riproduttivo. L'acido arachidonico e l'acido eicosapentaenoico sono acidi grassi presenti nelle membrane cellulari e precursori di molecole con importanti ed opposte attività biologiche fra cui la regolazione della pressione arteriosa, i processi di coagulazione, le reazioni immunitarie.

3.4 Mercurio

In questo studio la quantificazione dei livelli di mercurio totale è stata effettuata per valutare l'eventuale accumulo di questo metallo pesante, potenzialmente presente nell'ambiente marino, nella parte edibile delle oloturie.

Negli ambienti acquatici il mercurio inorganico proveniente da fonti naturali ed antropogeniche è convertito dai microrganismi presenti nei sedimenti marini in metilmercurio, forma organica molto tossica che si accumula lungo la catena trofica a seguito del fenomeno di biomagnificazione. La concentrazione di mercurio negli organismi acquatici è molto variabile, essendo dipendente da diversi fattori: biotici (specie, attitudini alimentari, livello trofico, età dell'individuo) ed abiotici (contaminazione antropica, correnti, sedimenti), (Vieira et al. 2011; Koenig et al. 2013).

Per evidenziare la variabilità inter-individuale dell'accumulo di mercurio nelle oloturie, anche in relazione alla taglia degli individui, la determinazione del mercurio è stata effettuata singolarmente sugli individui campionati. Per escludere il più possibile fonti di variabilità, si è proceduto con l'analizzare per ogni individuo una porzione prelevata sempre nello stesso punto della parete del corpo, come descritto nei Materiali e Metodi ed in Fig. 3.

La Tabella 13 riporta i livelli di mercurio totale in oloturie *H. tubulosa* e *H. polii* prelevate dai siti di Fasano e Taranto in stagione estiva ed autunnale e nei relativi sedimenti marini. I dati rappresentano la media e deviazione standard dei valori rilevati nei singoli individui campionati.

I valori medi di mercurio rilevati sono risultati molto bassi, sia per le oloturie *H. polii* provenienti da Fasano (0.0030-0.0043 mg/kg di parte edibile) che per quelle provenienti da Taranto (0.0041-0.0061 mg/kg di parte edibile). Anche per la specie *H. tubulosa*, nonostante la taglia generalmente superiore, i livelli di mercurio rilevati sono risultati molto bassi sia negli individui provenienti da Fasano (0.0036-0.0041 mg/kg) che da Taranto (0.0031-0.0050 mg/kg), pur essendo stati registrati in alcuni individui provenienti da questo ultimo sito valori leggermente superiori (0.0073-0.0096 mg/kg). L'analisi statistica delle differenze fra valori stagionali (*t*-test) ha evidenziato in alcuni casi livelli maggiori nella stagione estiva, pur configurandosi sempre come livelli molto bassi.

Infatti, nonostante lo stretto contatto con i fondali, i valori rilevati nella parte edibile delle oloturie (parete del corpo) sono trascurabili e di molto inferiori ai limiti massimi consentiti nei prodotti della pesca dal Regolamento Europeo n. 1881/2006 (Commissione Europea, 2006) il cui livello più basso, corrisponde a 0.5 mg/kg. Ciò si deve al loro basso livello trofico, che non le espone al rischio di bioaccumulo.

La correlazione fra livelli di mercurio e taglia (peso totale) delle oloturie ha infatti evidenziato una correlazione molto debole o assente fra i due parametri (Fig. 17-18).

Pertanto possiamo concludere che il mercurio non rappresenta un rischio per il consumo della parete del corpo di oloturie *H. polii* e *H. tubulosa* campionate nei siti e nelle stagioni oggetto di questo studio.

Ciononostante, si evidenzia che l'analisi del mercurio totale effettuata sui sedimenti (Tab. 13) ha rilevato nel sito di Taranto concentrazioni di mercurio quasi 400 volte superiori a quelle rilevate nel sito di Fasano (1.53 mg vs 0.0039 mg/kg sedimento secco).

4 Considerazioni conclusive

Le indagini condotte sulle caratteristiche chimico-nutrizionali di oloturie *H. tubulosa* e *H. polii* prelevate dai siti di Fasano e Taranto in periodo estivo ed autunnale hanno evidenziato, per entrambe le specie, un profilo caratterizzato da un elevato contenuto proteico e minerale ed un ridotto tenore lipidico.

Pur avendo nei suoi tessuti un contenuto di acqua mediamente superiore a quello di altri organismi marini, l'Oloturia, la cui principale forma di commercializzazione è dopo essiccazione, può essere considerata una buona fonte proteica.

I profili compositivi delle due specie sono risultati molto simili. Tuttavia, per la specie *H. polii*, si è evidenziata una densità in nutrienti maggiore rispetto alla specie *H. tubulosa*, soprattutto per quanto riguarda il contenuto minerale, in particolare calcio e magnesio, presenti in concentrazioni molto elevate.

Non sono emerse nette differenze fra campionature estive ed autunnali per il contenuto in macro-nutrienti ad eccezione del tenore lipidico, superiore in estate nella campionatura *H. polii* di Taranto. Per entrambe le specie provenienti da Taranto, si sono evidenziati livelli più elevati di ferro, in particolare nelle campionature estive.

Per quanto riguarda il profilo lipidico, sia in *H. tubulosa* che in *H. polii*, si osserva un sostanziale equilibrio fra acidi grassi saturi, monoinsaturi e polinsaturi, con una leggera prevalenza dei polinsaturi. Questi ultimi sono principalmente rappresentati dall'acido arachidonico, generalmente maggiore in autunno, seguito dall'acido eicosapentaenoico, generalmente maggiore in estate. Gli acidi grassi saturi ramificati e quelli a catena dispari caratterizzano il profilo degli acidi grassi delle oloturie e ne rispecchiano le attitudini alimentari. Questi acidi grassi sono infatti considerati marcatori trofici di microrganismi presenti nel sedimento, nel quale le oloturie vivono e si alimentano.

Le differenze fra profili qualitativi degli acidi grassi nelle Oloturie prelevate nelle diverse stagioni e siti possono essere correlate al diverso idrodinamismo ed alla diversa disponibilità di risorse nei due siti, oltre che alle fasi del ciclo riproduttivo.

Infine, il mercurio non rappresenta un contaminante di rilievo per le oloturie, almeno per la parte edibile esaminata, nella quale si è evidenziato che questo metallo pesante non viene accumulato.

I risultati di questo studio rappresentano una base di partenza per proseguire l'esplorazione delle elevate potenzialità delle oloturie come riserva di nutrienti e molecole bioattive che possono trovare piena valorizzazione in campo alimentare e nutraceutico.

Tabella 1 Contenuto in macro-nutrienti e valore energetico di oloturie *H. tubulosa* prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Fasano (valori per 100 g peso fresco).

	estate						autunno						t-test
	pool 1		pool 2		MEDIA	DS	pool 5		pool 6		MEDIA	DS	
	media	ds	media	ds			media	ds	media	ds			
Peso totale (g)	315,57	59,58	375,37	72,50	345,47	42,29	73,55	25,05	74,72	24,17	74,13	0,83	***
Peso eviscerato (g)	124,39	27,05	156,89	47,50	140,64	22,98	40,68	13,76	43,55	11,18	42,12	2,03	***
Residuo secco (g)	15,95	0,00	14,44	0,00	15,20	1,07	14,02	0,00	13,45	0,00	13,74	0,40	ns
Umidità (g)	84,05	0,00	85,56	0,00	84,81	1,07	85,98	0,00	86,55	0,00	86,27	0,40	ns
Proteine (g)	7,99	0,06	7,28	0,11	7,63	0,50	7,98	0,05	8,41	0,10	8,19	0,31	ns
Lipidi (g)	0,23	0,01	0,21	0,01	0,22	0,01	0,19	0,01	0,16	0,03	0,17	0,02	ns
Ceneri (g)	4,87	0,05	4,81	0,08	4,84	0,04	4,25	0,09	4,44	0,01	4,35	0,14	*
N non proteico (g)	0,06	0,00	0,06	0,01	0,06	0,00	0,05	0,00	0,06	0,01	0,06	0,00	ns
Carboidrati (g)	2,90	0,08	2,15	0,02	2,52	0,53	1,57	0,05	0,44	0,08	1,00	0,80	ns
Energia (kcal)	45,55	0,14	39,55	0,28	42,55	4,24	39,86	0,33	36,82	0,20	38,34	2,15	ns
(kj)	190,59	0,58	165,48	1,15	178,04	17,75	166,77	1,40	154,06	0,83	160,42	8,98	ns

t-test: significatività delle differenze estate-autunno: ns= non significativo, * P ≤ 0,05, *** P ≤ 0,001

Tabella 2 Contenuto in macro-nutrienti e valore energetico di oloturie *H. tubulosa* prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Taranto (valori per 100 g peso fresco).

	estate						autunno						t-test
	pool 3		pool 4		MEDIA	DS	pool 7		pool 8		MEDIA	DS	
	media	ds	media	ds			media	ds	media	ds			
Peso totale (g)	143,80	36,27	129,44	42,09	136,62	10,15	72,07	36,24	62,65	11,24	67,36	6,66	***
Peso eviscerato (g)	71,84	22,63	71,57	19,91	71,71	0,19	36,35	5,77	38,41	9,41	37,38	1,46	***
Residuo secco (g)	13,24	0,00	13,16	0,00	13,20	0,06	13,82	0,00	12,85	0,00	13,34	0,69	ns
Umidità (g)	86,76	0,00	86,84	0,00	86,80	0,06	86,18	0,00	87,15	0,00	86,67	0,69	ns
Proteine (g)	6,67	0,32	5,91	0,05	6,29	0,54	6,15	0,06	5,74	0,05	5,94	0,29	ns
Lipidi (g)	0,24	0,01	0,18	0,00	0,21	0,04	0,20	0,01	0,19	0,02	0,19	0,01	ns
Ceneri (g)	4,58	0,06	4,63	0,01	4,61	0,04	4,57	0,07	4,63	0,01	4,60	0,04	ns
N non proteico (g)	0,07	0,00	0,07	0,01	0,07	0,00	0,06	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00	ns
Carboidrati (g)	1,77	0,41	2,44	0,04	2,10	0,47	2,94	0,10	2,30	0,03	2,62	0,45	ns
Energia (kcal)	35,85	0,29	34,98	0,03	35,41	0,61	38,10	0,25	33,82	0,12	35,96	3,02	ns
(kj)	149,99	1,23	146,36	0,14	148,18	2,56	159,39	1,06	141,50	0,52	150,44	12,65	ns

t-test: significatività delle differenze estate-autunno: ns= non significativo, *** P ≤ 0,001

Tabella 3 Contenuto in macro-nutrienti e valore energetico di oloturie *H. polii* prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Fasano (valori per 100 g peso fresco).

	estate						autunno						t-test
	pool 1		pool 2		MEDIA	DS	pool 5		pool 6		MEDIA	DS	
	media	ds	media	ds			media	ds	media	ds			
Peso totale (g)	171,78	35,20	157,18	27,10	164,48	10,32	52,74	9,01	56,21	10,95	54,47	2,45	***
Peso eviscerato (g)	81,09	14,33	76,65	11,71	78,87	3,14	39,43	7,05	37,96	5,96	38,70	1,03	***
Residuo secco (g)	18,93	0,12	18,35	0,17	18,64	0,41	19,59	0,27	19,40	0,36	19,49	0,13	ns
Umidità (g)	81,09	0,14	81,65	0,17	81,37	0,40	80,41	0,27	80,60	0,36	80,51	0,13	ns
Proteine (g)	8,20	0,52	7,29	0,25	7,74	0,65	8,97	0,07	7,94	0,80	8,45	0,73	ns
Lipidi (g)	0,44	0,01	0,31	0,01	0,37	0,09	0,64	0,03	0,25	0,01	0,44	0,28	ns
Ceneri (g)	6,97	0,21	6,60	0,27	6,79	0,26	7,10	0,09	6,64	0,34	6,87	0,32	ns
N non proteico (g)	0,11	0,02	0,07	0,01	0,09	0,02	0,07	0,01	0,06	0,00	0,06	0,01	ns
Carboidrati (g)	3,02	0,59	4,27	0,12	3,64	0,88	2,83	0,34	4,82	0,65	3,83	1,41	ns
Energia (kcal)	49,32	0,22	48,99	0,64	49,15	0,23	52,96	1,33	53,23	0,53	53,09	0,19	**
(kj)	206,33	0,92	204,97	2,66	205,65	0,96	221,58	5,56	222,69	2,22	222,14	0,78	**

t-test: significatività delle differenze estate-autunno: ns= non significativo, **P ≤ 0.01, *** P ≤ 0.001

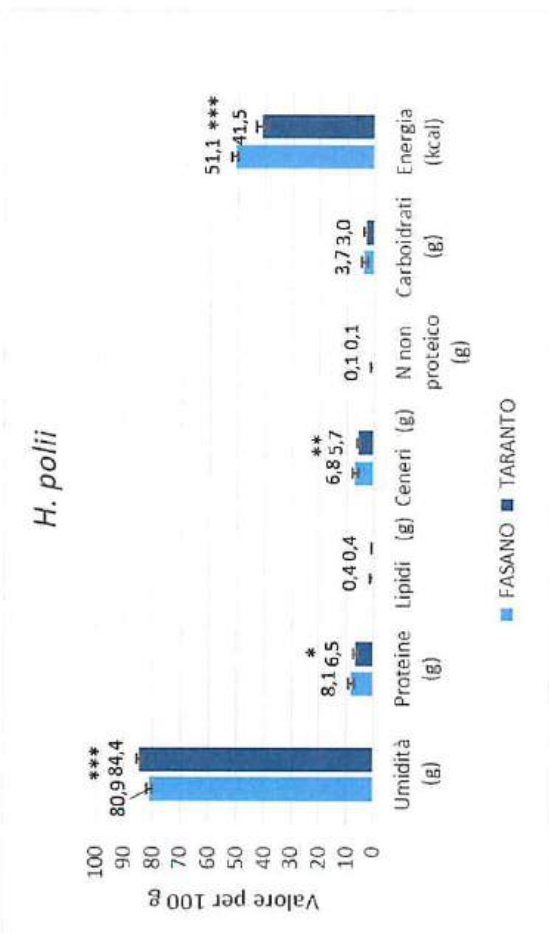
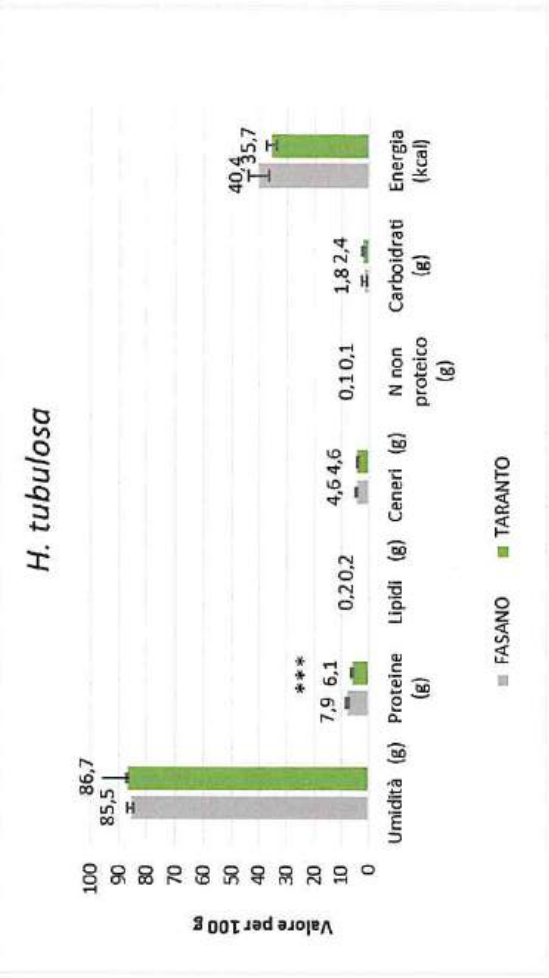
Tabella 4 Contenuto in macro-nutrienti e valore energetico di oloturie *H. polii* prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Taranto (valori per 100 g peso fresco).

	estate						autunno						t-test
	pool 3		pool 4		MEDIA	DS	pool 7		pool 8		MEDIA	DS	
	media	ds	media	ds			media	ds	media	ds			
Peso totale (g)	103,27	43,82	88,29	24,41	95,78	10,60	39,99	11,95	37,22	8,46	38,61	1,96	***
Peso eviscerato (g)	53,37	19,80	45,80	7,25	49,59	5,35	23,22	4,33	21,18	3,79	22,20	1,44	***
Residuo secco (g)	15,48	0,12	16,75	0,30	16,12	0,90	14,55	0,07	15,56	0,17	15,05	0,72	ns
Umidità (g)	84,52	0,12	83,25	0,30	83,88	0,90	85,45	0,07	84,44	0,17	84,95	0,72	ns
Proteine (g)	6,88	0,24	7,39	0,20	7,14	0,36	5,28	0,28	6,35	0,07	5,81	0,76	ns
Lipidi (g)	0,61	0,03	0,57	0,07	0,59	0,03	0,27	0,02	0,31	0,01	0,29	0,03	**
Ceneri (g)	5,76	0,19	6,20	0,27	5,98	0,31	5,16	0,16	5,81	0,14	5,49	0,46	ns
N non proteico (g)	0,11	0,01	0,10	0,01	0,10	0,01	0,08	0,00	0,09	0,01	0,09	0,00	ns
Carboidrati (g)	2,10	0,08	2,78	0,69	2,44	0,48	3,96	0,21	3,01	0,33	3,48	0,67	ns
Energia (kcal)	41,95	0,51	44,43	2,39	43,19	1,75	39,31	0,09	40,23	1,46	39,77	0,65	ns
(kj)	175,52	2,13	185,90	10,00	180,71	7,34	164,45	0,38	168,32	6,09	166,39	2,74	ns

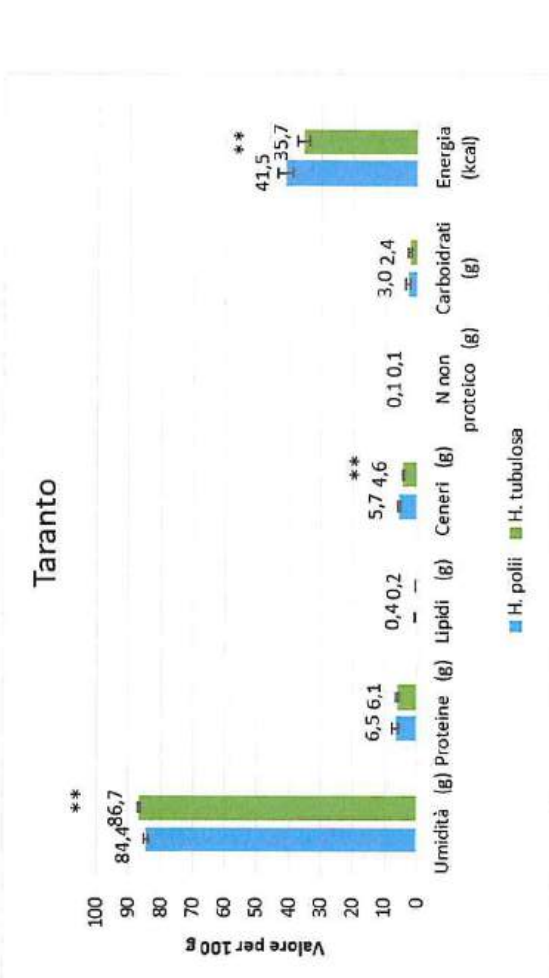
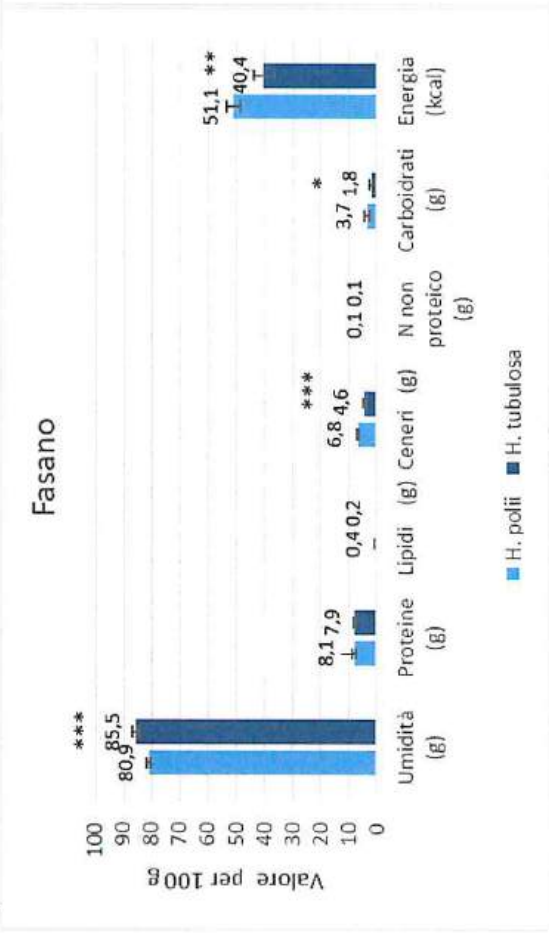
t-test: significatività delle differenze estate-autunno: ns= non significativo, ** P ≤ 0.01, *** P ≤ 0.001

Figura 4 Composizione chimica di base di oloturie: confronto fra siti e specie con elaborazione statistica (medie annuali).

a)



b)



t-test: significatività * P ≤ 0.05, ** P ≤ 0.01, *** P ≤ 0.001.

Tabella 5 Macro-minerali ed elementi in traccia in oloturie H. tubulosa prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Fasano (mg/100 g peso fresco).

	Estate						Autunno						t-TEST
	Pool 1		Pool 2		MEDIA	DS	Pool 5		Pool 6		MEDIA	DS	
	media	ds	media	ds			media	ds	media	ds			
K	134,62	0,52	123,03	8,76	128,82	8,19	130,09	0,44	116,44	1,12	123,26	9,65	ns
P	9,58	0,11	11,19	0,11	10,39	1,136	8,07	0,20	8,28	0,05	8,18	0,15	ns
Na	310,97	12,74	248,29	48,77	279,63	44,32	450,05	18,39	260,09	6,70	355,07	134,322	ns
Mg	62,21	1,69	51,28	8,99	56,75	7,73	96,07	5,55	52,19	1,19	74,13	31,029	ns
Ca	523,92	4,90	504,80	37,10	514,36	13,52	574,09	0,52	458,91	16,20	516,50	81,444	ns
Fe	0,34	0,02	0,37	0,02	0,36	0,02	0,40	0,00	0,42	0,04	0,41	0,016	ns
Zn	0,14	0,00	0,16	0,00	0,15	0,01	0,14	0,00	0,14	0,00	0,14	0,002	ns
Mn	0,07	0,00	0,08	0,00	0,07	0,01	0,14	0,00	0,10	0,00	0,12	0,028	ns
Cu	0,01	0,00	0,02	0,01	0,02	0,006	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,001	ns

t-test: significatività delle differenze estate-autunno: ns, non significativo

Tabella 6 Macro-minerali ed elementi in traccia in oloturie H. tubulosa prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Taranto (mg/100 g peso fresco).

	Estate						Autunno						t-TEST
	Pool 3		Pool 4		MEDIA	DS	Pool 7		Pool 8		MEDIA	DS	
	media	ds	media	ds			media	ds	media	ds			
K	146,82	6,81	132,84	5,21	139,83	9,884	130,15	0,96	120,80	6,73	125,48	6,61	ns
P	13,79	0,73	14,25	0,14	14,02	0,324	13,87	0,33	11,43	0,66	12,65	1,72	ns
Na	284,63	29,11	239,85	23,95	262,24	31,663	277,03	7,63	257,51	22,87	267,27	13,80	ns
Mg	57,93	4,60	50,71	4,39	54,32	5,103	59,40	1,90	55,23	2,77	57,31	2,95	ns
Ca	546,19	9,30	575,77	27,53	560,98	20,922	699,72	24,42	670,38	49,38	685,05	20,75	*
Fe	0,95	0,03	0,96	0,01	0,96	0,006	0,47	0,00	0,41	0,07	0,44	0,05	*
Zn	0,22	0,01	0,22	0,00	0,22	0,000	0,20	0,00	0,15	0,01	0,18	0,03	ns
Mn	0,03	0,00	0,04	0,00	0,03	0,003	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	ns
Cu	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,001	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	ns

t-test: significatività delle differenze estate-autunno: ns, non significativo, *, $P \leq 0.05$

Tabella 7 Macro-minerali ed elementi in traccia in oloturie *H. polii* prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Fasano (mg/100 g peso fresco).

	Estate						Autunno						t-TEST
	Pool 1		Pool 2		MEDIA	DS	Pool 5		Pool 6		MEDIA	DS	
	media	ds	media	ds			media	ds	media	ds			
K	132,52	4,80	137,89	5,34	135,21	3,79	111,82	4,59	137,52	0,41	124,67	18,18	ns
P	9,48	0,36	9,52	0,21	9,50	0,03	9,69	0,03	8,02	0,03	8,86	1,18	ns
Na	745,56	20,85	710,72	1,01	728,14	24,64	712,79	12,45	695,15	6,20	703,97	12,47	ns
Mg	259,01	3,55	257,36	38,29	258,18	1,16	307,48	21,13	254,33	5,36	280,91	37,58	ns
Ca	1914,88	283,04	1930,06	378,28	1922,47	10,74	2518,23	347,05	2657,05	149,19	2587,64	98,16	*
Fe	0,33	0,02	0,34	0,03	0,33	0,01	0,14	0,02	0,25	0,06	0,19	0,07	ns
Zn	0,09	0,02	1,06	0,10	0,57	0,69	0,13	0,00	0,17	0,01	0,15	0,03	ns
Mn	0,11	0,00	0,16	0,02	0,13	0,03	0,19	0,02	0,18	0,01	0,19	0,01	ns
Cu	0,03	0,00	0,64	0,05	0,33	0,43	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	ns

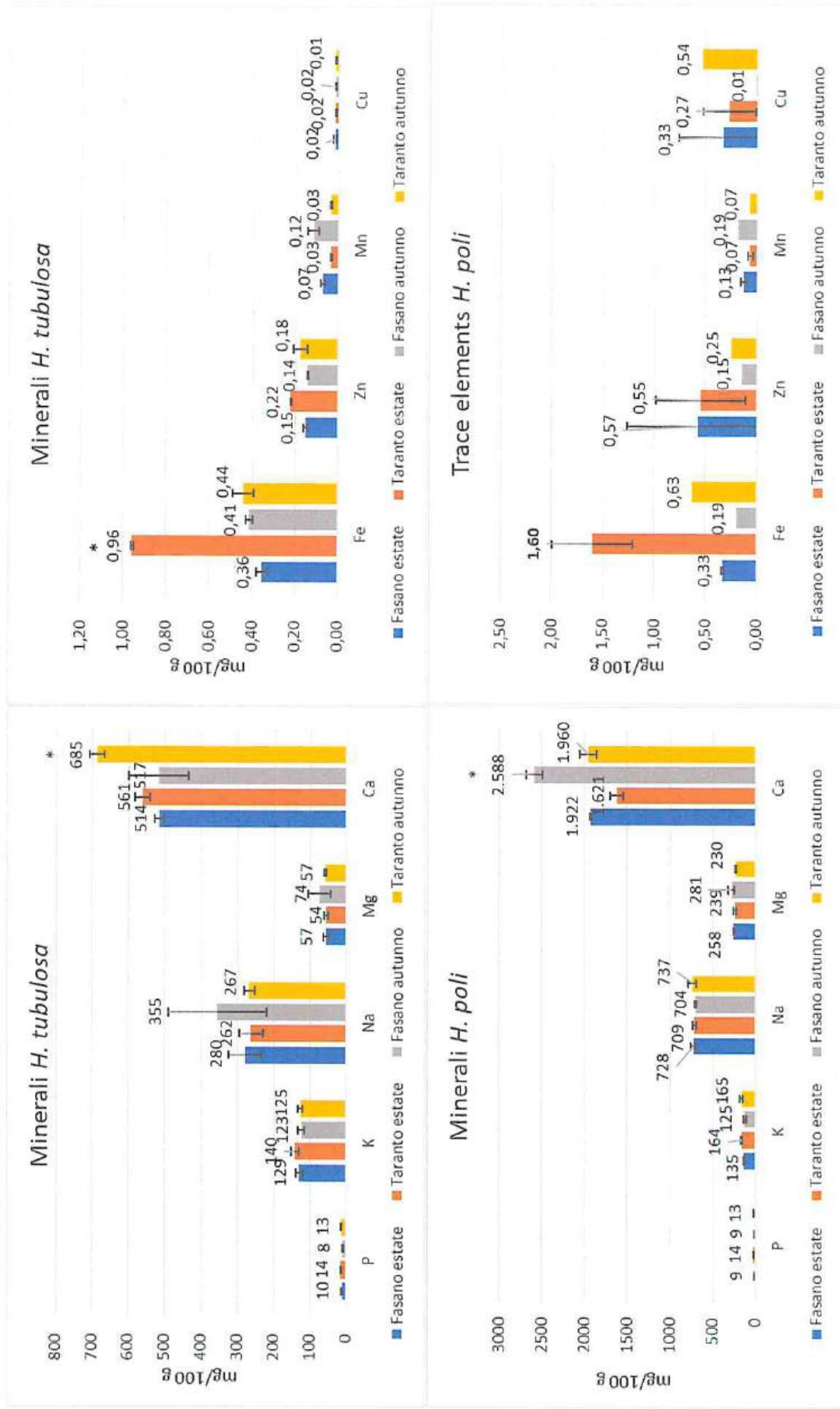
t-test: significatività delle differenze estate-autunno: ns, non significativo, * P ≤ 0,05

Tabella 8 Macro-minerali ed elementi in traccia in oloturie *H. polii* prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Taranto (mg/100 g peso fresco).

	Estate						Autunno						t-TEST
	Pool 3		Pool 4		MEDIA	DS	Pool 7		Pool 8		MEDIA	DS	
	media	ds	media	ds			media	ds	media	ds			
K	169,12	0,92	158,84	1,93	163,98	7,271	151,65	6,59	179,03	2,07	165,34	19,356	ns
P	13,76	0,54	14,06	0,55	13,91	0,211	13,62	0,43	11,95	1,00	12,78	1,177	ns
Na	725,41	19,67	692,61	8,37	709,01	23,195	704,22	25,83	770,11	10,08	737,17	46,596	ns
Mg	248,47	24,90	229,98	5,62	239,22	13,071	235,50	10,90	224,24	1,96	229,87	7,966	ns
Ca	1672,89	115,94	1568,49	24,74	1620,69	73,824	2029,05	123,53	1891,82	7,22	1960,43	97,032	ns
Fe	1,32	0,11	1,88	0,03	1,60	0,396	0,85	0,04	0,41	0,01	0,63	0,312	ns
Zn	0,24	0,00	0,86	0,00	0,55	0,435	0,26	0,01	0,24	0,01	0,25	0,013	ns
Mn	0,05	0,00	0,08	0,00	0,07	0,023	0,08	0,01	0,07	0,00	0,07	0,004	ns
Cu	0,09	0,00	0,46	0,01	0,27	0,260	0,84	0,01	0,24	0,00	0,54	0,423	ns

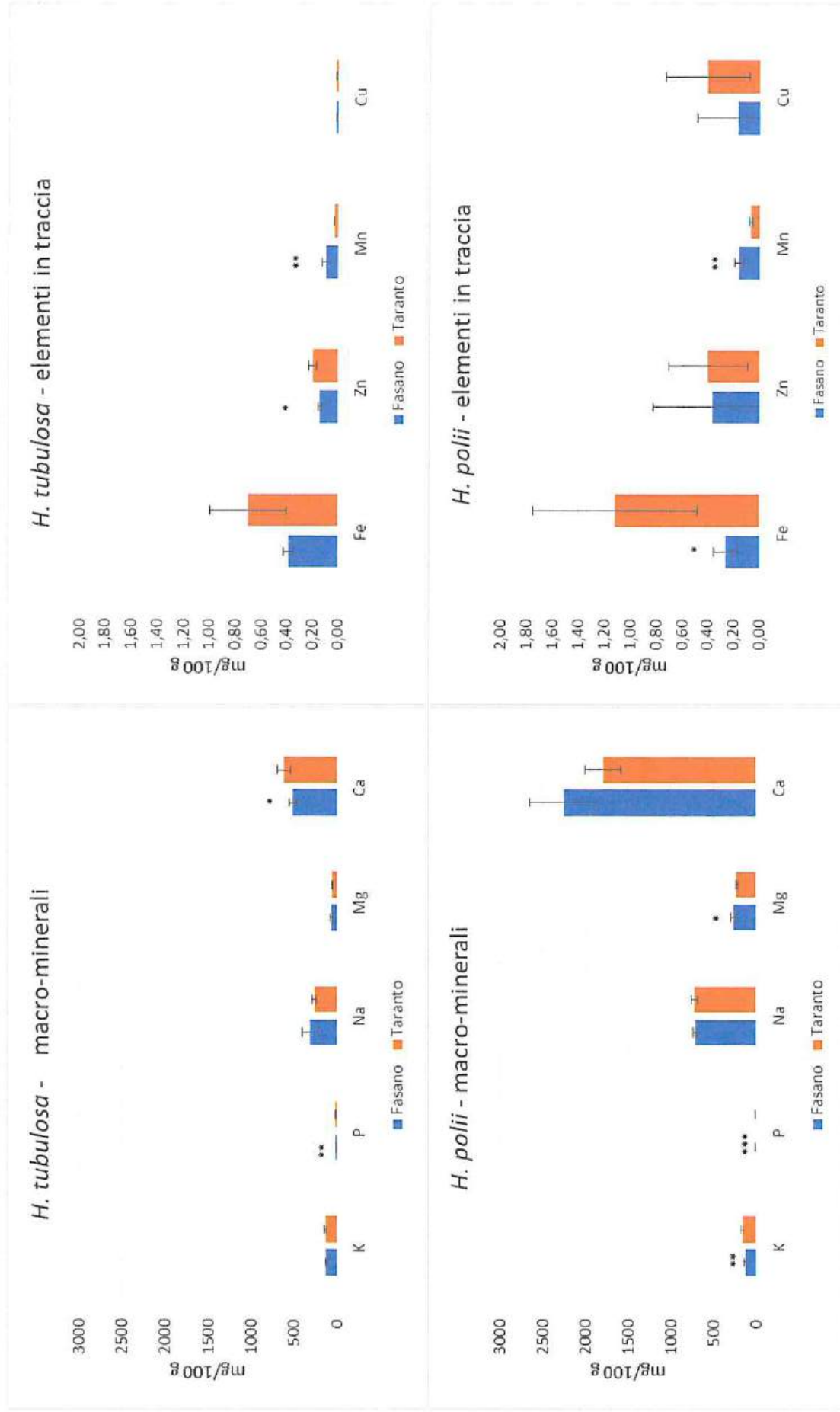
t-test: significatività delle differenze estate-autunno: ns, non significativo

Figura 5 Profilo minerale di oloturie *H. tubulosa* e *H. polii*: confronto fra specie e siti.



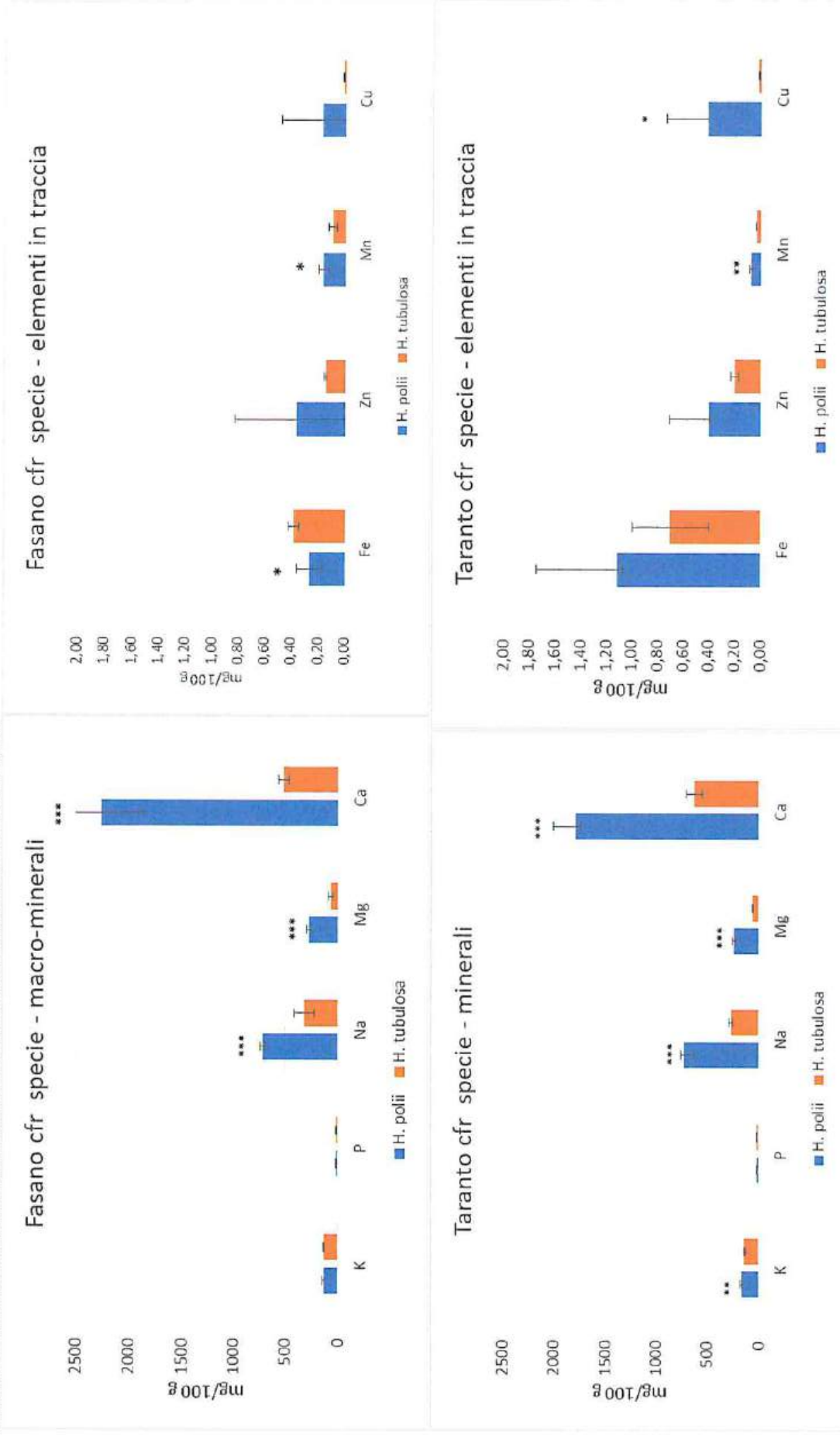
t-test: significatività * P ≤ 0.05, ** P ≤ 0.01, *** P ≤ 0.001.

Figura 6 Profilo minerale di oloturie: confronto fra siti (medie annuali).



t-test: significatività * $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$, *** $P \leq 0,001$.

Figura 7 Profilo minerale di oloturie: confronto fra specie (medie annuali).



t-test: significatività * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$.

Tabella 9 Profilo degli acidi grassi in oloturie *H. tubulosa* prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Fasano.

	<i>H. tubulosa</i> - Fasano				t-test (P)	
	estate		autunno			
	media	ds	media	ds		
C12:0	-	-	-	-	-	
12-Methyl-C13:0	0,41	0,01	0,44	0,03	0,205	ns
C14:0	3,72	0,36	2,43	0,18	0,045	*
13-Methyl-C14:0	1,46	0,08	1,57	0,10	0,355	ns
12-Methyl-C14:0	0,86	0,03	0,77	0,03	0,104	ns
C15:0	0,64	0,06	0,53	0,11	0,347	ns
14-Methyl-C15:0	0,61	0,00	0,65	0,02	0,123	ns
C16:0	12,72	0,36	11,11	0,45	0,058	ns
15-Methyl-C16:0	1,61	0,01	1,91	0,32	0,321	ns
14-Methyl-C16:0	0,35	0,01	0,35	0,01	0,694	ns
C17:0	0,48	0,02	0,76	0,03	0,008	ns
C18:0	7,17	0,69	5,85	0,00	0,115	ns
Methyl-C18:0	1,04	0,00	0,55	0,06	0,007	**
C19:0	0,64	0,13	0,84	0,01	0,166	ns
C20:0	1,30	0,16	1,69	0,12	0,112	ns
C22:0	0,41	0,38	1,26	0,04	0,086	ns
C16:1 (n-9+n-7)	14,27	0,89	8,25	0,97	0,023	*
C18:1 n-9	1,34	0,16	1,16	0,05	0,259	ns
C18:1 n-7	4,01	0,10	3,31	0,17	0,036	*
C20:1 n-9	6,92	0,23	10,24	0,69	0,023	*
C20:1 n-7	2,81	0,45	1,32	0,02	0,043	*
C22:1 n-9	1,23	0,10	1,97	0,06	0,013	*
C24:1 n-9	2,17	0,01	3,31	0,58	0,109	ns
C16:2	0,76	0,16	0,32	0,01	0,061	ns
C16:3	0,88	0,03	0,70	0,04	0,035	*
C18:2 n-6	0,45	0,07	0,37	0,02	0,258	ns
C18:3 n-6	-	-	-	-		
C18:3 n-3	0,51	0,47	0,23	0,09	0,503	ns
C20:2 n-6	1,19	0,29	1,64	0,04	0,167	ns
C20:3 n-6	0,37	0,03	0,44	0,05	0,219	ns
C20:4 n-6	16,91	0,12	25,82	0,96	0,006	**
C20:4 n-3	-	-	-	-	-	
C20:5 n-3	11,12	0,62	8,60	0,04	0,029	*
C22:5 n-6	0,91	0,20	1,15	0,06	0,241	ns
C22:6 n-3	0,73	0,06	0,45	0,00	0,024	*
Sum SFA	27,07	0,99	24,47	0,61	0,087	ns
Sum Methyl-SFA	6,34	0,14	6,25	0,57	0,842	ns
Sum SFA+methyl-SFA	33,41	0,85	30,72	1,18	0,120	ns
Sum MUFA	32,75	0,51	29,57	0,01	0,012	*
Sum PUFA	33,84	0,35	39,72	1,17	0,021	*
n-3 PUFA	13,27	0,02	10,43	0,11	0,001	***
n-6 PUFA	18,92	0,46	28,26	1,03	0,007	**
n-3/n-6	0,70	0,02	0,37	0,01	0,002	**

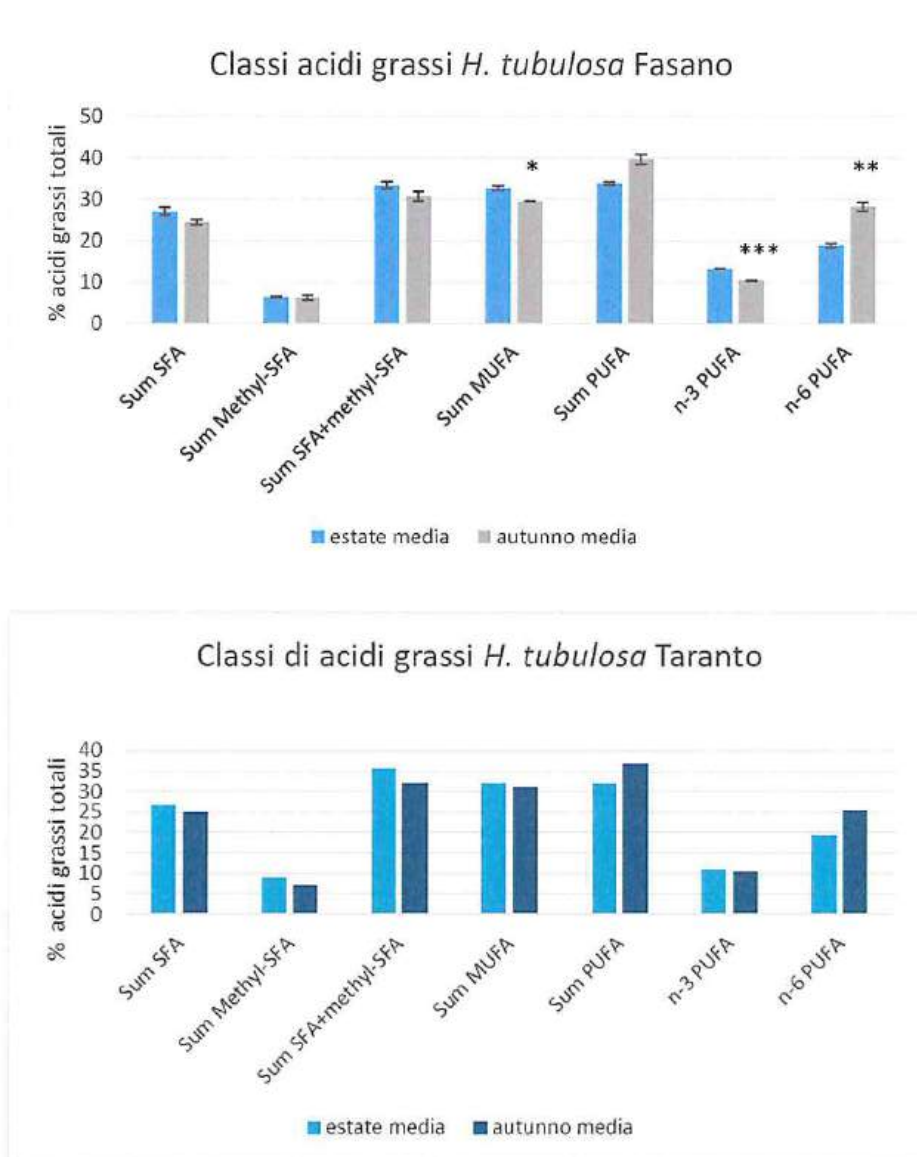
t-test: significatività delle differenze estate-autunno: ns= non significativo, * P ≤ 0.05, ** P ≤ 0.01, *** P ≤ 0.001

Tabella 10 Profilo degli acidi grassi di oloturie *H. tubulosa* prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Taranto.

	<i>H. tubulosa</i> - Taranto			
	estate		autunno*	
	media	ds	media	ds
C12:0	-	-	-	
12-Methyl-C13:0	0,82	0,08	0,59	
C14:0	3,18	0,03	2,82	
13-Methyl-C14:0	2,40	0,10	1,77	
12-Methyl-C14:0	1,73	0,15	0,99	
C15:0	1,46	0,14	1,10	
14-Methyl-C15:0	0,91	0,06	0,73	
C16:0	10,46	0,40	10,97	
15-Methyl-C16:0	2,08	0,28	2,19	
14-Methyl-C16:0	0,74	0,20	0,42	
C17:0	0,96	0,02	0,96	
C18:0	6,63	0,66	4,83	
Methyl-C18:0	0,47	0,03	0,39	
C19:0	1,33	0,21	1,24	
C20:0	1,59	0,08	1,75	
C22:0	1,05	0,14	1,27	
C16:1 (n-9+n-7)	9,89	0,41	7,03	
C18:1 n-9	1,78	0,13	1,36	
C18:1 n-7	6,09	0,09	4,56	
C20:1 n-9	8,10	0,46	10,49	
C20:1 n-7	1,12	0,08	1,92	
C22:1 n-9	2,21	0,20	2,39	
C24:1 n-9	2,92	0,12	3,39	
C16:2	0,56	0,18	0,30	
C16:3	0,83	0,09	0,47	
C18:2 n-6	1,34	0,35	0,53	
C18:3 n-6	-	-	-	
C18:3 n-3	0,45	0,17	0,56	
C20:2 n-6	1,63	0,09	1,82	
C20:3 n-6	0,25	0,04	0,35	
C20:4 n-6	15,92	1,28	21,47	
C20:4 n-3	-	-	-	
C20:5 n-3	9,89	0,40	9,24	
C22:5 n-3	0,49	0,06	1,34	
C22:6 n-3	0,72	0,09	0,77	
Sum SFA	26,66	1,18	24,94	
Sum Methyl-SFA	9,16	0,85	7,08	
Sum SFA+methyl-SFA	35,82	2,03	32,02	
Sum MUFA	32,10	0,33	31,13	
Sum PUFA	32,08	1,70	36,85	
n-3 PUFA	11,56	0,38	11,91	
n-6 PUFA	19,14	1,59	24,17	
n-3/n-6	0,61	0,03	0,49	

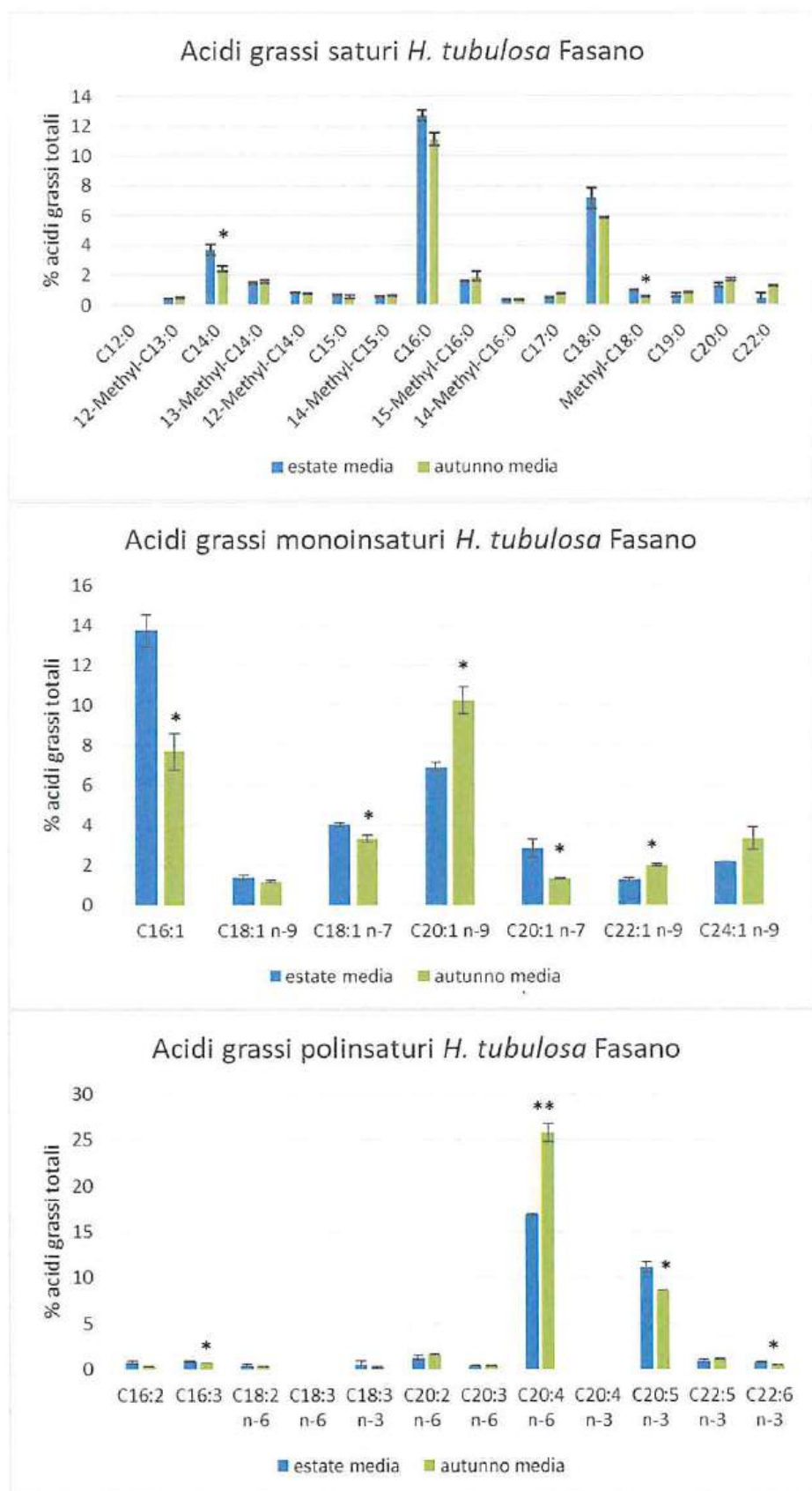
*analisi effettuata su un solo pool di individui

Figura 8 Classi di acidi grassi in *H. tubulosa* da Fasano e Taranto: confronto fra stagioni con elaborazione statistica.



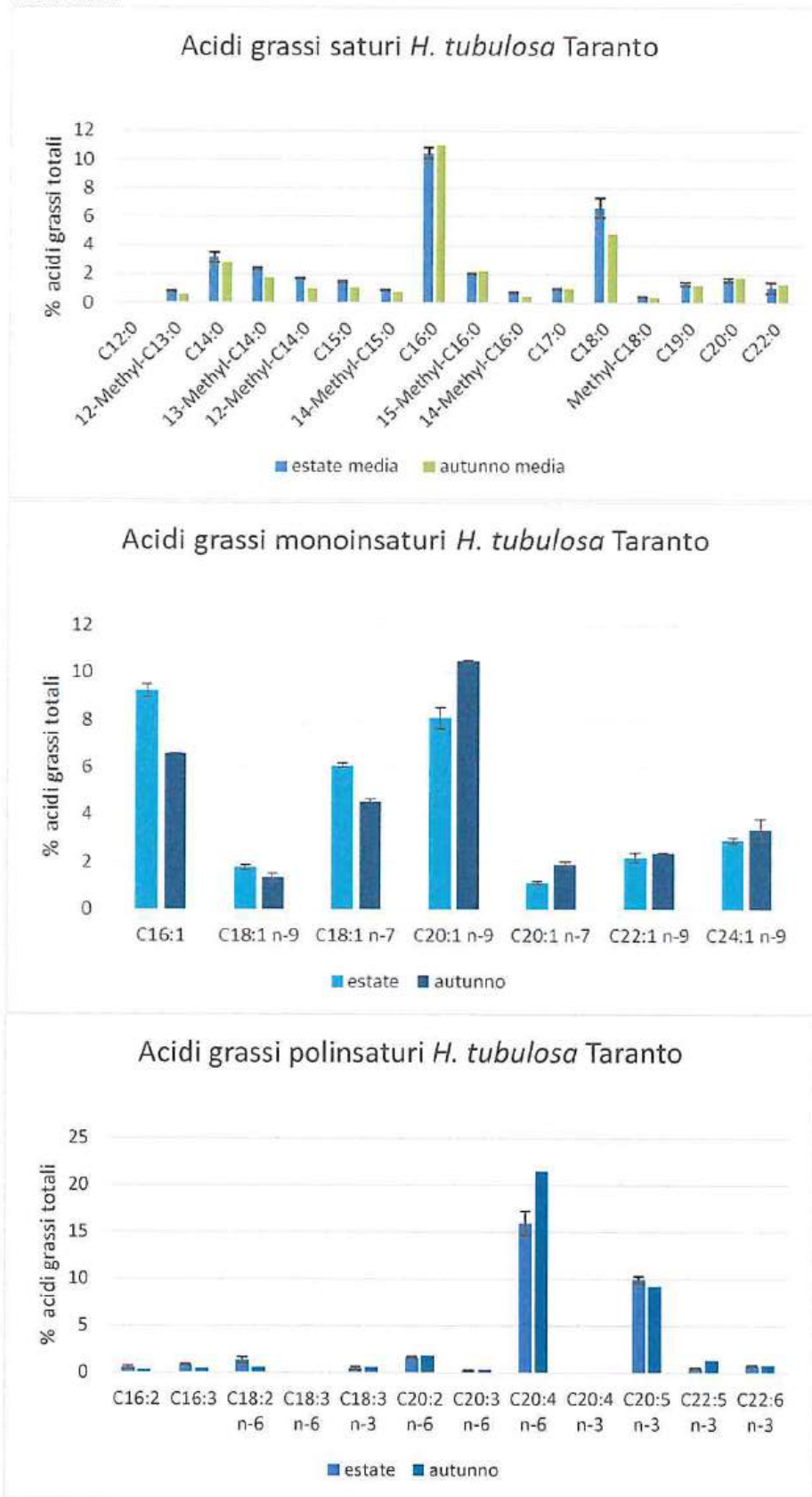
t-test: significatività * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$.

Figura 9 Profilo degli acidi grassi in *H. tubulosa* da Fasano: confronto fra stagioni con elaborazione statistica.



t-test: significatività * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$.

Figura 10 Profilo acidi grassi in *H. tubulosa* da Taranto: confronto fra stagioni con elaborazione statistica.



t-test: significatività * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$.

Tabella 11 Profilo degli acidi grassi in oloturie *H. polii* prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Fasano.

	<i>H. polii</i> - Fasano					
	estate		autunno			
	media	ds	media	ds	t-test (P)	
C12:0	0,08	0,01	0,10	0,03	0,369	ns
12-Methyl-C13:0	0,51	0,01	0,57	0,02	0,083	ns
C14:0	3,26	0,26	3,39	0,07	0,568	ns
13-Methyl-C14:0	1,70	0,02	1,94	0,15	0,165	ns
12-Methyl-C14:0	1,03	0,03	0,91	0,09	0,220	ns
C15:0	0,70	0,18	0,63	0,02	0,663	ns
14-Methyl-C15:0	0,70	0,01	0,77	0,06	0,283	ns
C16:0	10,48	0,70	11,43	0,70	0,305	ns
15-Methyl-C16:0	1,48	0,02	1,94	0,10	0,023	*
14-Methyl-C16:0	0,50	0,01	0,52	0,02	0,337	ns
C17:0	0,56	0,03	0,60	0,02	0,242	ns
C18:0	5,57	0,29	5,30	0,56	0,604	ns
Methyl-C18:0	1,10	0,04	0,96	0,04	0,080	ns
C19:0	0,68	0,02	0,86	0,09	0,113	ns
C20:0	1,44	0,09	1,42	0,05	0,804	ns
C22:0	1,27	0,09	1,29	0,04	0,760	ns
C16:1 (n-9+n-7)	10,80	0,80	9,59	0,15	0,173	ns
C18:1 n-9	2,71	1,44	1,96	0,00	0,536	ns
C18:1 n-7	4,34	0,23	4,29	0,10	0,828	ns
C20:1 n-9	8,14	0,83	8,23	0,18	0,897	ns
C20:1 n-7	1,20	0,07	1,59	0,09	0,041	*
C22:1 n-9	1,59	0,19	1,76	0,04	0,339	ns
C24:1 n-9	3,63	0,61	3,61	0,03	0,960	ns
C16:2	0,65	0,04	0,62	0,01	0,376	ns
C16:3	0,73	0,09	0,92	0,04	0,109	ns
C18:2 n-6	1,49	1,19	1,37	0,06	0,895	ns
C18:3 n-6	0,95	0,01	1,07	0,15	0,375	ns
C18:3 n-3	0,41	0,09	0,43	0,03	0,887	ns
C20:2 n-6	1,29	0,02	1,64	0,02	0,003	**
C20:3 n-6	0,40	0,07	0,55	0,02	0,113	ns
C20:4 n-6	18,05	1,55	19,17	0,19	0,418	ns
C20:4 n-3	0,27	0,11	0,24	0,07	0,748	ns
C20:5 n-3	10,23	0,10	8,33	0,31	0,015	*
C22:5 n-3	1,22	0,06	1,27	0,00	0,326	ns
C22:6 n-3	0,84	0,04	0,72	0,02	0,064	ns
Sum SFA	24,03	0,25	25,03	0,04	0,030	*
Sum Methyl-SFA	7,02	0,00	7,61	0,41	0,178	ns
Sum SFA+methyl-SFA	31,05	0,24	32,65	0,37	0,036	*
Sum MUFA	32,41	0,77	31,04	0,13	0,131	ns
Sum PUFA	36,54	0,53	36,32	0,50	0,708	ns
n-3 PUFA	12,97	0,23	10,99	0,43	0,029	*
n-6 PUFA	22,19	0,43	23,80	0,02	0,034	*
n-3/n-6	0,58	0,00	0,46	0,02	0,010	**

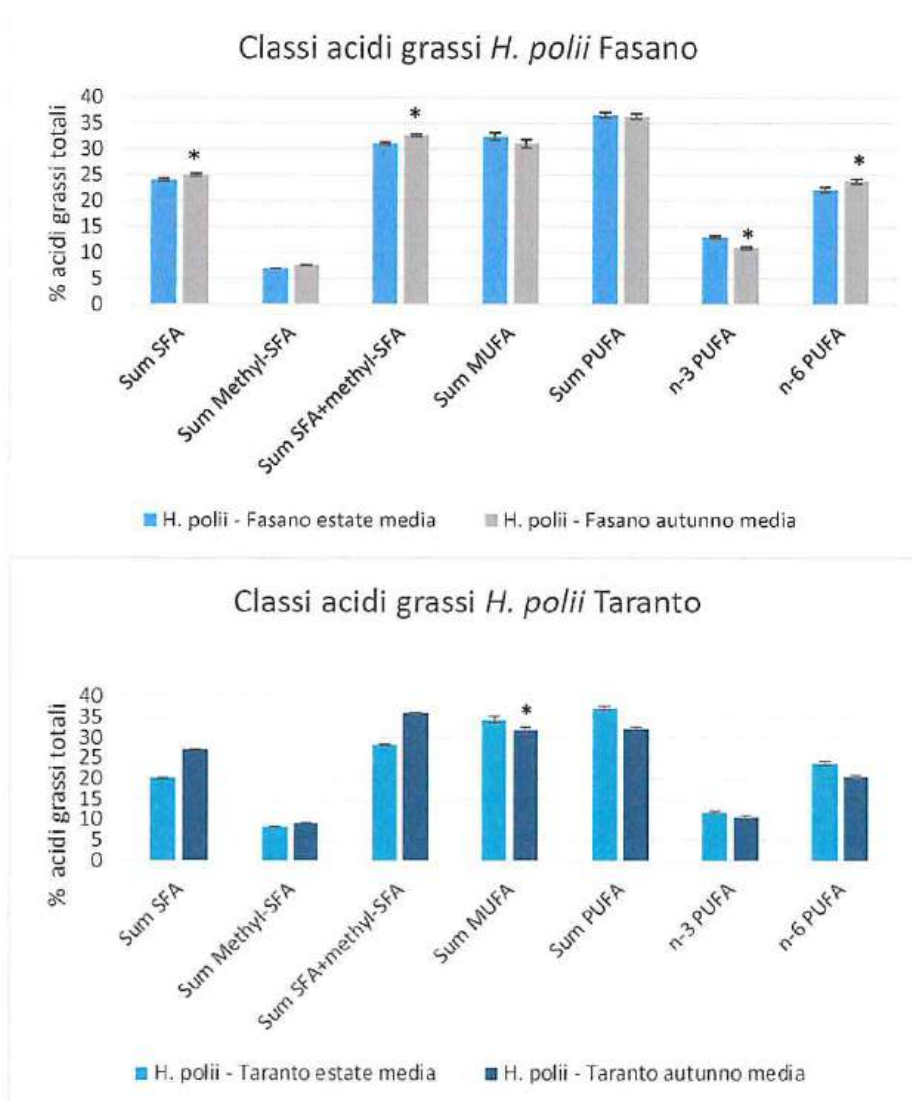
t-test: significatività delle differenze estate-autunno: ns= non significativo, * $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$

Tabella 12 Profilo degli acidi grassi in oloturie *H. poli* prelevate in stagione estiva ed autunnale dal sito di Taranto.

	<i>H. poli</i> - Taranto					
	estate		autunno		t-test(P)	
	media	ds	media	ds		
C12:0	0,04	0,01	0,09	0,05	0,292	ns
12-Methyl-C13:0	0,67	0,07	0,88	0,05	0,079	ns
C14:0	2,58	0,42	3,31	0,08	0,137	ns
13-Methyl-C14:0	1,83	0,11	2,32	0,01	0,023	*
12-Methyl-C14:0	1,34	0,10	1,32	0,06	0,863	ns
C15:0	1,42	0,17	1,17	0,22	0,332	ns
14-Methyl-C15:0	0,87	0,08	1,04	0,04	0,118	ns
C16:0	8,44	0,19	12,07	0,95	0,033	*
15-Methyl-C16:0	2,07	0,35	2,27	0,18	0,546	ns
14-Methyl-C16:0	0,80	0,06	0,71	0,06	0,307	ns
C17:0	1,01	0,15	0,92	0,09	0,556	ns
C18:0	3,18	3,55	5,42	0,66	0,472	ns
Methyl-C18:0	0,66	0,07	0,55	0,09	0,298	ns
C19:0	1,09	0,08	1,05	0,12	0,698	ns
C20:0	1,03	0,62	1,49	0,01	0,407	ns
C22:0	1,27	0,05	1,43	0,16	0,299	ns
C16:1 (n-9+n-7)	9,50	0,54	8,38	0,35	0,132	ns
C18:1 n-9	3,75	2,94	1,88	0,19	0,464	ns
C18:1 n-7	3,87	2,78	5,38	0,16	0,524	ns
C20:1 n-9	5,33	5,29	8,61	0,39	0,474	ns
C20:1 n-7	5,50	5,14	1,71	0,01	0,407	ns
C22:1 n-9	2,63	0,02	2,02	0,23	0,063	ns
C24:1 n-9	3,80	0,24	3,82	0,21	0,938	ns
C16:2	0,69	0,02	0,53	0,01	0,006	**
C16:3	0,93	0,21	0,65	0,06	0,206	ns
C18:2 n-6	3,32	2,93	1,34	0,12	0,441	ns
C18:3 n-6	1,90	1,28	0,85	0,13	0,371	ns
C18:3 n-3	0,98	0,45	0,71	0,01	0,492	ns
C20:2 n-6	1,53	0,33	1,64	0,05	0,666	ns
C20:3 n-6	1,14	0,92	0,43	0,01	0,393	ns
C20:4 n-6	16,00	0,35	16,09	0,45	0,833	ns
C20:4 n-3	0,28	0,04	0,25	0,02	0,445	ns
C20:5 n-3	9,06	0,07	7,43	0,17	0,006	**
C22:5 n-3	0,90	0,02	1,31	0,07	0,015	*
C22:6 n-3	0,60	0,03	0,94	0,15	0,085	ns
Sum SFA	20,06	4,46	26,96	1,49	0,174	ns
Sum Methyl-SFA	8,24	0,13	9,08	0,30	0,067	ns
Sum SFA+methyl-SFA	28,30	4,33	36,04	1,19	0,135	ns
Sum MUFA	34,40	0,78	31,79	0,44	0,054	*
Sum PUFA	37,31	5,11	32,17	0,75	0,294	ns
n-3 PUFA	11,82	0,43	10,63	0,07	0,062	ns
n-6 PUFA	23,87	4,46	20,36	0,76	0,386	ns
n-3/n-6	0,50	0,08	0,52	0,02	0,746	ns

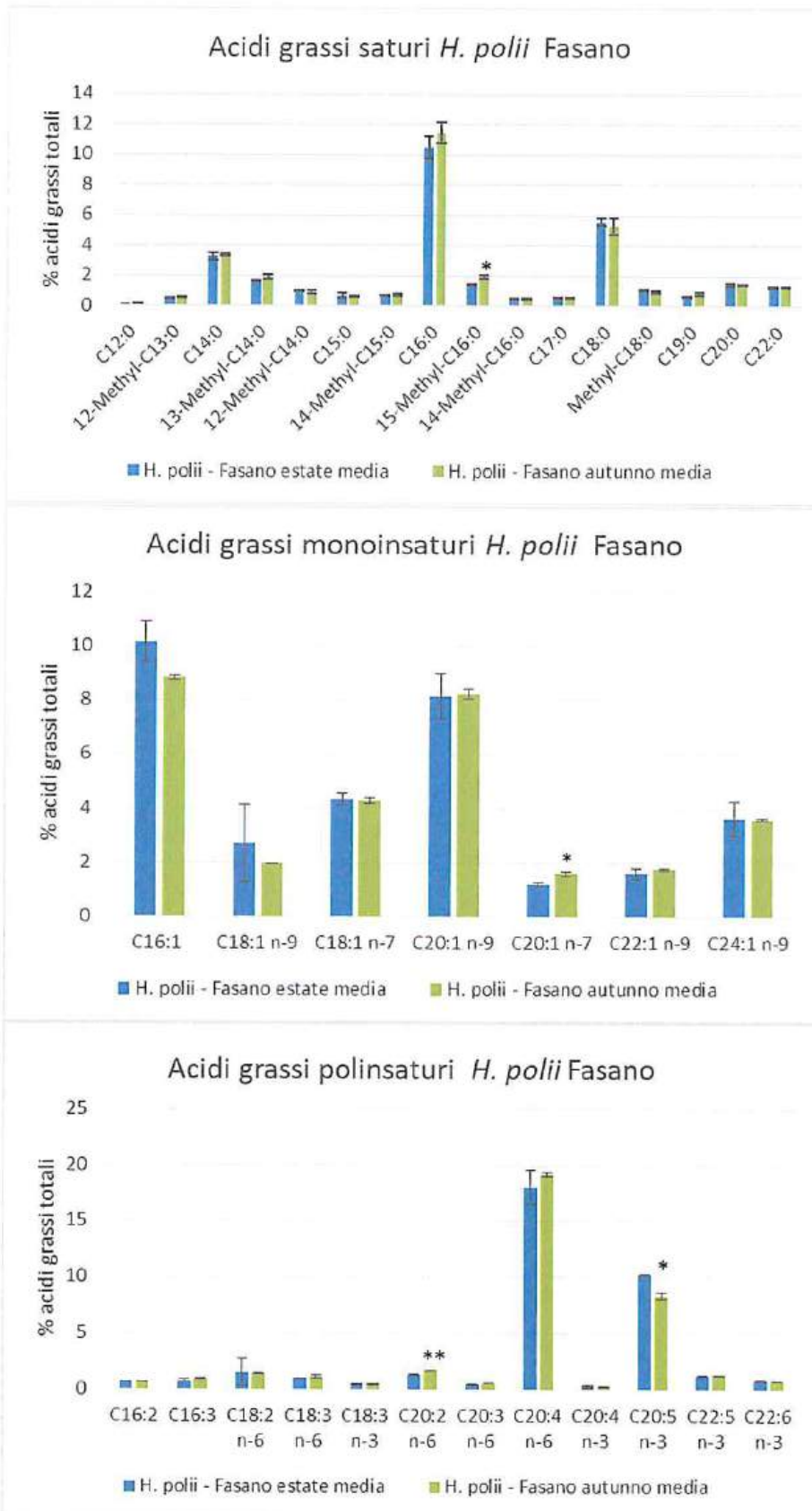
t-test: significatività delle differenze estate-autunno: ns= non significativo, * $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$

Figura 11 Classi di acidi grassi in *H. polii* da Fasano e Taranto: confronto fra stagioni con elaborazione statistica.



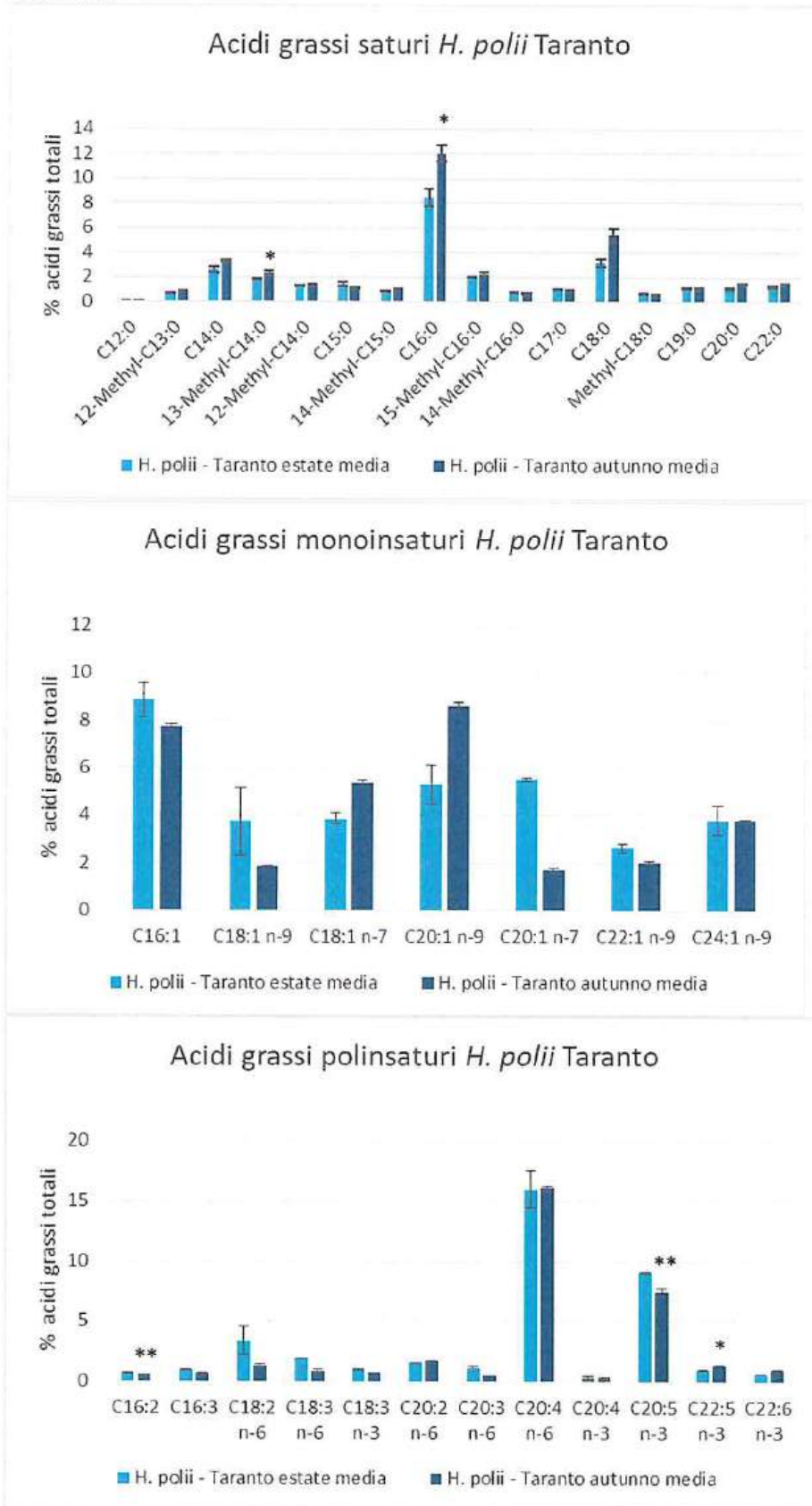
t-test: significatività * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$.

Figura 12 Profilo acidi grassi in *H. polii* da Fasano: confronto fra stagioni con elaborazione statistica.



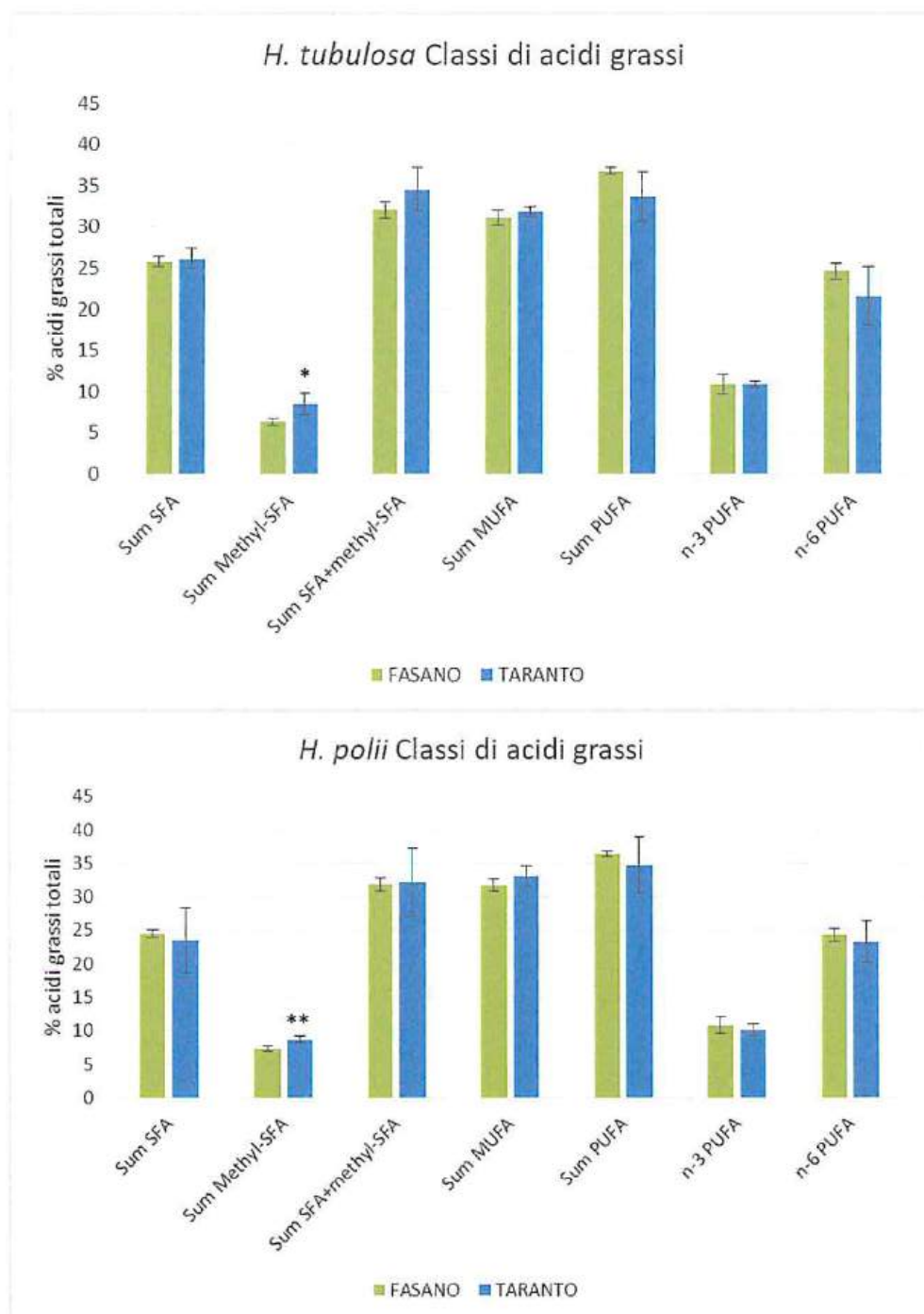
t-test: significatività * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$.

Figura 13 Profilo acidi grassi in *H. polii* da Taranto: confronto fra stagioni con elaborazione statistica.



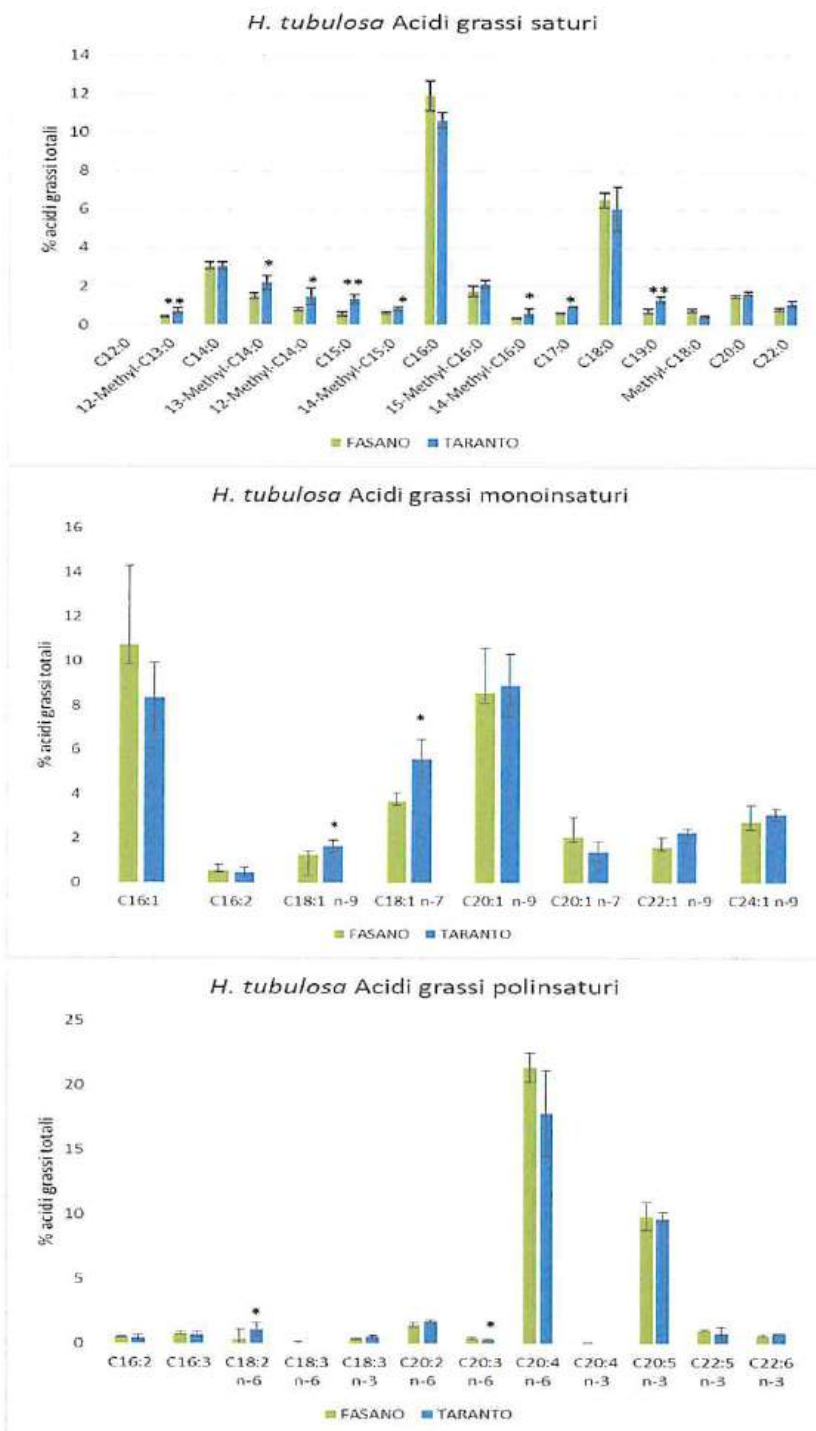
t-test: significatività * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$.

Figura 14 Classi di acidi grassi in *H. tubulosa* e *H. polii*: confronto fra siti con elaborazione statistica (medie annuali).



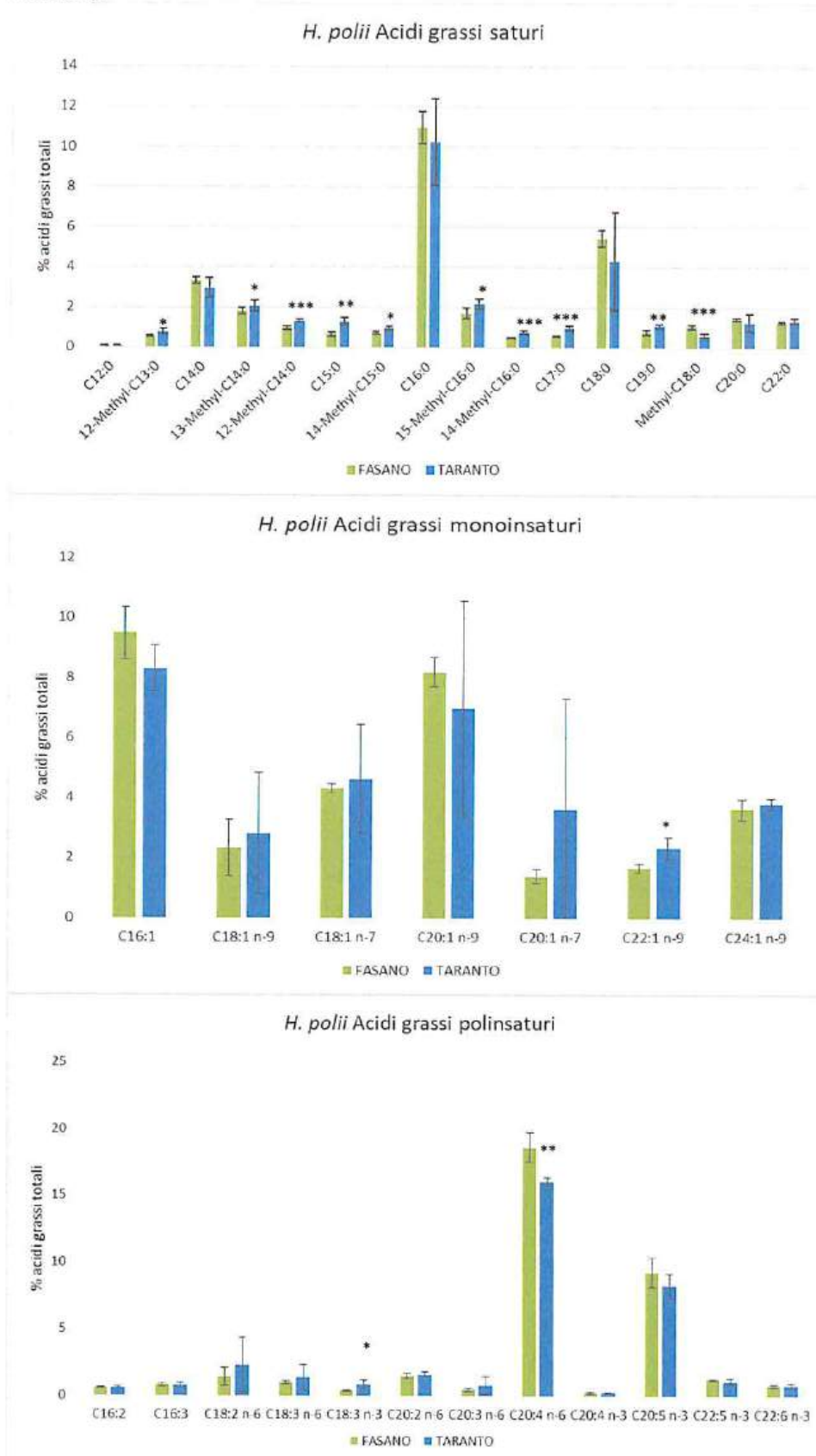
t-test: significatività * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$.

Figura 15 Profilo degli acidi grassi in *H. tubulosa*: confronto fra siti con elaborazione statistica (medie annuali).



t-test: significatività * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$.

Figura 16 Profilo acidi grassi in *H. polii*: confronto fra siti con elaborazione statistica (medie annuali).



t-test: significatività * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$.

Tabella 13 Livelli di mercurio totale e relative biometrie in oloturie *H. tubulosa* e *H. polii* prelevate dai siti di Fasano e Taranto in stagione estiva ed autunnale e nei relativi sedimenti marini: media, deviazione standard (ds) e range dei valori rilevati sui singoli individui di ogni tipologia.

Specie	sito	stagione	n ^a	Peso totale(g)			Peso eviscerato (g)				Mercurio totale (mg kg ⁻¹ peso fresco)				t-test ^b
				media	ds	range	media	ds	range	media	ds	Min	Max	P (est-aut.)	
<i>H. tubulosa</i>	Fasano	estate	10	345	70	249-464	141	40	89-209	0.0036	0.0007	0.0024	0.0050	ns	
		autunno	10	62	19	34-91	42	12	26-60	0.0041	0.0007	0.0032	0.0052		
<i>H. tubulosa</i>	Taranto	estate	14	137	38	74-204	72	20	43-113	0.0050	0.0017	0.0032	0.0096	**	
		autunno	7	64	20	42-101	37	16	13-60	0.0031	0.0004	0.0024	0.0034		
<i>H. polii</i>	Fasano	estate	14	164	31	110-234	79	13	62-110	0.0043	0.0017	0.0024	0.0084	*	
		autunno	14	54	10	39-72	39	6	29-52	0.0030	0.0005	0.0022	0.0039		
<i>H. polii</i>	Taranto	estate	14	96	35	53-179	50	15	29-80	0.0061	0.0038	0.0023	0.0146	ns	
		autunno	14	36	7	18-44	22	4	16-29	0.0041	0.0017	0.0023	0.0088		

Mercurio totale (mg kg⁻¹ peso secco.)

Sedimento	Fasano	estate	media ds	
			0.0039	0.003
	Taranto	estate	1.5328	1.044

^a numero di individui analizzati singolarmente

^b t-test: significatività delle differenze estate-autunno fra campioni della stessa specie e prelevati nello stesso sito: ns= non significativo, * P ≤ 0.05, ** P ≤ 0.01

Figura 17 Correlazione fra livelli di mercurio totale e taglia delle oloturie *H. tubulosa* campionate a Fasano e a Taranto in estate ed in autunno.

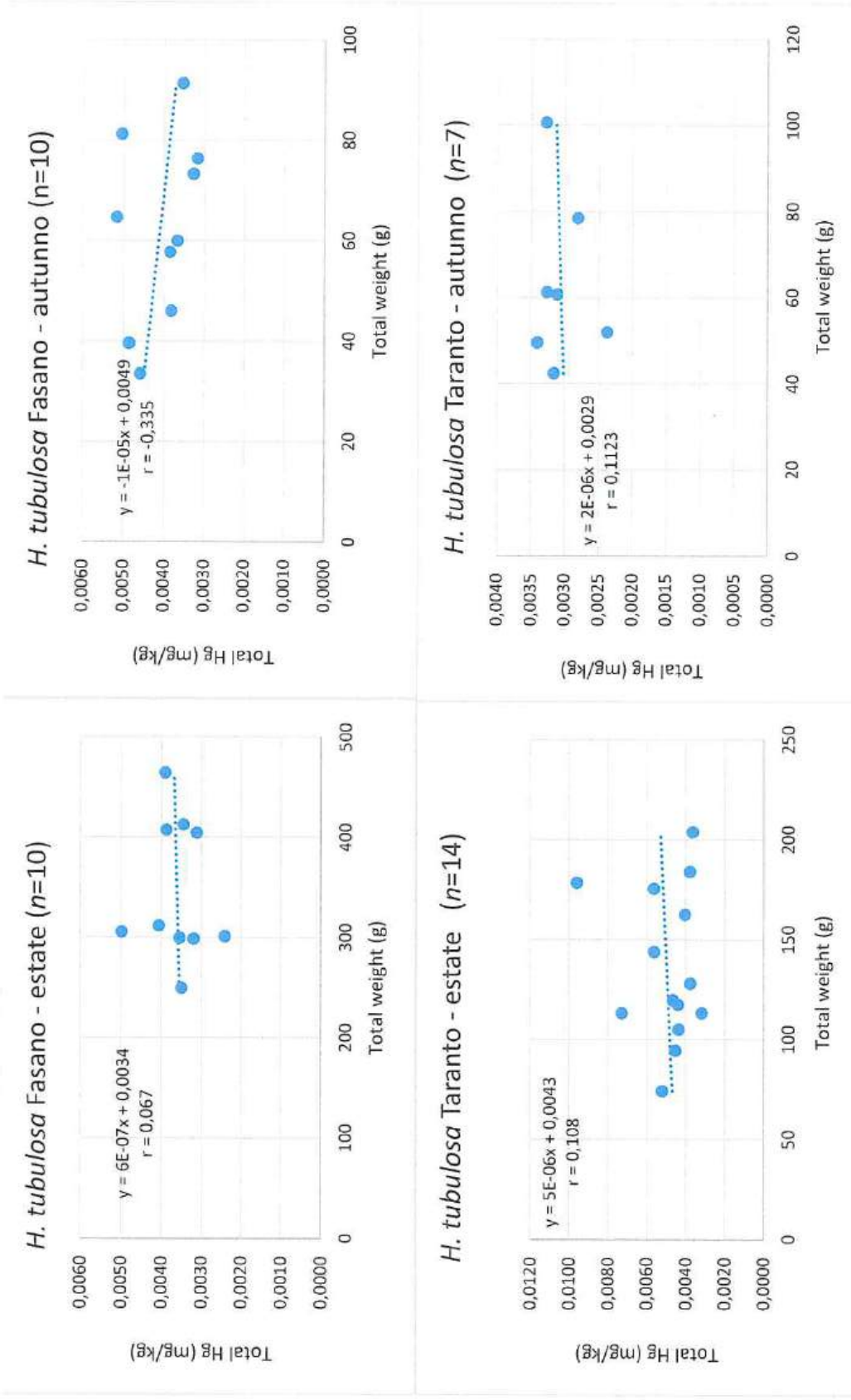
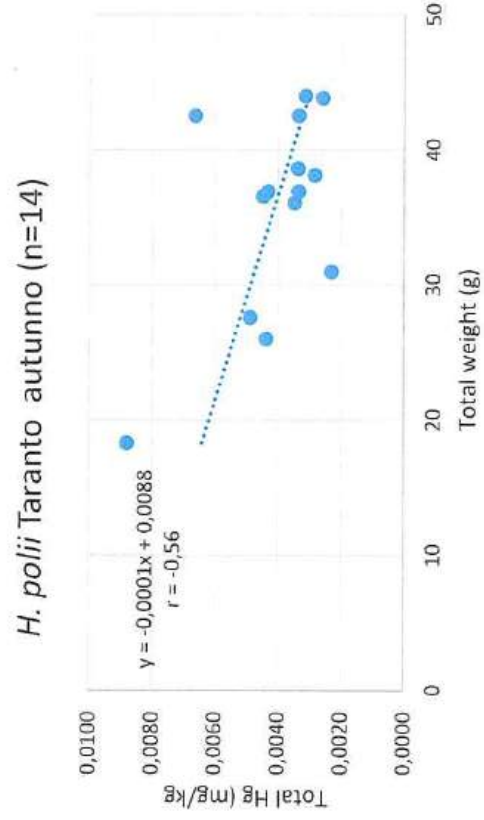
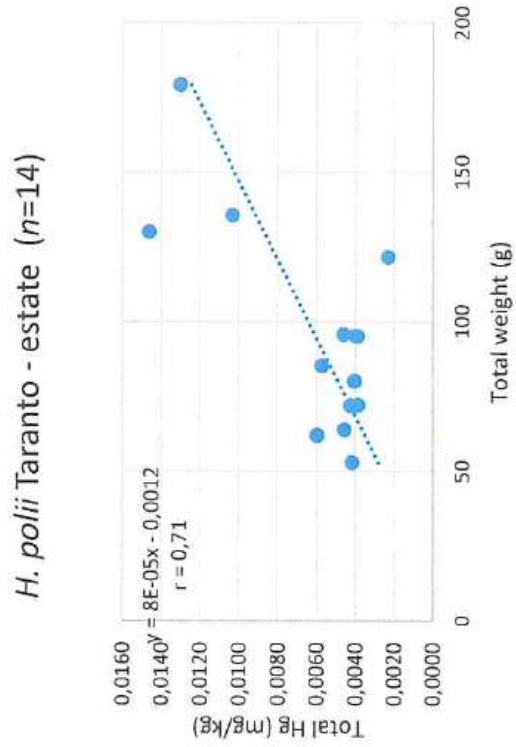
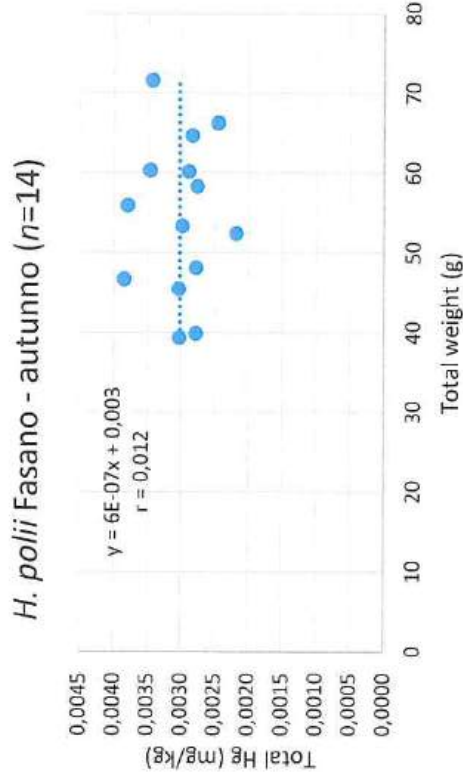
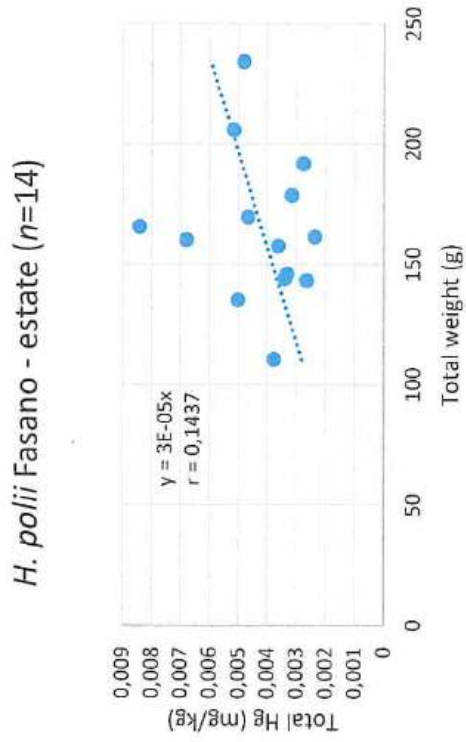


Figura 18 Correlazione fra livelli di mercurio totale e taglia delle oloturie *H. polii* campionate a Fasano e a Taranto in estate ed in autunno.



5 Riferimenti bibliografici

- AOAC (2012) Official Methods of Analysis, 19th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Arlington.
- Bligh EG, Dyer WJ (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37:911-917.
- Bordbar, S., Anwar, F., Saari, N. High-value components and bioactives from sea cucumbers for functional foods - A review. (2011) *Marine Drugs*, 9 (10), pp. 1761-1805. DOI: 10.3390/md9101761
- Commissione Europea, 2006. Commission Regulation (EC) No. 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels of certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Communities*, 20/12/2006 L 364/5. Brussels, Belgium.
- Di Lena, G., Casini, I., Caproni, R., Fusari, A., Orban, E. Total mercury levels in commercial fish species from Italian fishery and aquaculture. (2017) *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 10 (2), pp. 118-127. DOI: 10.1080/19393210.2017.1281353
- Khotimchenko, Y. Pharmacological potential of sea cucumbers. (2018) *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (5), art. no. 1342, . DOI: 10.3390/ijms19051342
- Koenig S, Solé M, Fernández-Gómez C, Díez S. (2013). New insights into mercury bioaccumulation in deep-sea organisms from the NW Mediterranean and their human health implications. *Sci Total Environment*. 442: 329-335.
- Metcalf LD, Schmitz AA (1961) The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis. *Anal Chem* 33:363–364.
- Neto, R.R., Wolff, G.A., Billett, D.S.M., Mackenzie, K.L., Thompson, A. (2006). The influence of changing food supply on the lipid biochemistry of deep-sea holothurians. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 53 (3), pp. 516-527. DOI: 10.1016/j.dsr.2005.12.001
- Ruess, L., Müller-Navarra, D.C. Essential biomolecules in food webs. (2019) *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, art. no. 269. DOI: 10.3389/fevo.2019.00269
- Svetashev, V.I. Investigation of deep-sea ecosystems using marker fatty acids: Sources of essential polyunsaturated fatty acids in abyssal megafauna. (2022) *Marine Drugs*, 20 (1). DOI: 10.3390/md20010017
- USEPA, U.S. Environmental Protection Agency 2007. Mercury in solids and solutions by thermal decomposition, amalgamation, and atomic absorption spectrophotometry: U.S. Environmental Protection Agency, EPA Method 7473 (SW-846), last accessed July 27, 2016, available at <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/.../7473.pdf>
- Vieira C, Morais S, Ramos S, Delerue-Matos C, Oliveira MBPP. (2011). Mercury, cadmium, lead and arsenic levels in three pelagic fish species from the Atlantic Ocean: Intra- and inter-specific variability and human health risks for consumption. *Food Chem Toxicol*. 49: 923-932.



UNIONE EUROPEA



REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE PUGLIA

**PO FEAMP
ITALIA 2014/2020
Mis. 2.47 “Innovazione”**

**RELAZIONE FINALE
del progetto
Diversificazione Produttiva degli Impianti di Molluschicoltura in
Associazione con Oloturie
(DIPRIMAO)**

Codice progetto 0004/INA/17

IL PRESIDENTE
Massimo Rampacci
A.G.E.I.
Coop.
Soc. Coop. AGRICOLTURA e GESTIONE ITTICA
- ROMA - FUGLIANI

A.G.E.I. 
AGRICOLTURA GESTIONE ITTICA

A.G.E.I. soc. Coop. – Via Orti della Farnesina, 116 – 00135 Roma
e-mail: info@agei.it PEC: ageiscrl@pec.it

Cod.fisc. 05127860582 - P.IVA 01359881008 - Trib. Roma n. 7195/81 - C.C.I.A.A. n. 483415

Indice

Premessa	3
1 Introduzione	4
2 Lo stato dell’acquacoltura delle oloturie.....	5
3 Descrizione delle attività	6
4 Materiali e metodi	9
4.1 Descrizione del sito	9
4.2 Caratteristiche fisiche dell’ambiente marino.....	11
4.2.1 I venti	11
4.2.2 Le correnti.....	11
4.2.3 Le maree	13
4.2.4 La batimetria.....	13
4.3 Realizzazione dei moduli sperimentali per le prove di allevamento su fondale.....	14
4.4 Raccolta delle oloturie	14
4.5 Trasporto e acclimatazione.....	15
4.6 Condizioni di co-cultura	18
5 Risultati.....	20
5.1 Prove di accrescimento	20
5.2 Parametri chimico-fisici delle acque	21
6 Conclusioni	23
Bibliografia.....	24

Allegati

Poster divulgativo
Opuscolo divulgativo

Premessa

Il presente rapporto descrive le attività svolte dall'A.GE.I. soc. coop. nell'ambito del progetto **“Diversificazione Produttiva degli Impianti di Molluschicoltura in Associazione con Oloturie” (DIPRIMAO)** che ha avuto l'obiettivo di valutare, attraverso un approccio multidisciplinare, l'applicabilità di tecniche innovative per la coltura di Oloturie associata ad un impianto di mitilicoltura *off-shore*.

Considerata la complessità del programma e le diverse tematiche affrontate il progetto ha previsto il partenariato tra tre Istituti di ricerca:

- l' A.GE.I. soc. coop.,
 - il Dip. di Biologia dell'Università di Roma “Tor Vergata”,
 - il CREA-AN,
- e la ITTIMAR soc. coop. di Lesina (FG), che gestisce un impianto di molluschicoltura long-line.

Il programma attraverso una stretta collaborazione tra Istituti di ricerca e un'azienda produttiva dedita all'allevamento dei mitili ha perseguito diverse linee d'indagine finalizzate a raccogliere molteplici informazioni quali:

- studio per la messa a punto di sistemi di accrescimento su fondale per l'allevamento dell'Oloturia;
- valutazione delle performance di accrescimento di Oloturie autoctone in associazione con impianti di molluschicoltura long-line;
- studio delle capacità dell'Oloturia nella utilizzazione dei sedimenti organici prodotti dalla molluschicoltura off-shore;
- studio delle principali caratteristiche chimico-nutrizionali della *Holothuria tubulosa* raccolta in due differenti aree marine.

Il progetto proposto, pertanto, si integra pienamente con gli obiettivi della mis. 2.47 “Innovazione” del PO FEAMP 2014-2020, inoltre, risponde pienamente al conseguimento degli obiettivi indicati nel Piano Strategico dell'Acquacoltura 2014-2020, in linea con la Strategia Europea del 2020, la Crescita Blu e la Politica Comune della Pesca che promuovono lo sviluppo di una acquacoltura sostenibile basata sulla conoscenza e l'innovazione.

Come descritto in dettaglio nella Relazione tecnica della Ittimar soc. coop., Capofila del partenariato, il programma è stato condotto in un periodo caratterizzato dal prolungarsi dell'emergenza dovuta alla pandemia COVID-19 che ha fortemente limitato le attività nel corso del biennio 2020-2021, tuttavia tutte le sperimentazioni una volta avviate sono state condotte secondo il disegno tecnico-scientifico originario.

Nei paragrafi successivi sono descritte le attività svolte ed i risultati conseguiti dalla linea d'indagine svolta dalla A.GE.I. soc. coop. volta a valutare le performance di accrescimento di uno stock selvatico di Oloturie in associazione con una mitilicoltura off-shore. Tenuto conto delle strette sinergie tra le diverse unità operative, in particolare per quanto riguarda le sperimentazioni condotte dai ricercatori dell'Università di Roma “Tor Vergata” e dell'A.GE.I. soc. coop., al fine di una trattazione più organica e completa dei risultati si è scelto di armonizzarli e condividerli, mantenendo separate le parti che descrivono le modalità con cui sono state svolte le diverse sperimentazioni.

1 Introduzione

Le oloturie conosciute col nome comune di “cetrioli di mare” sono un alimento tradizionale e principalmente di lusso in Cina, dove vengono raccolti da stock naturali e allevati (Chen, 2003). Sul mercato, sono conosciuti come "beche-de-mer", "trepang" o "haisom" (Conand, 1990) e sono prodotti da Oloturie fresche sottoposte a processi di trasformazione che possono prevedere la bollitura, quindi l'essiccazione al sole ed infine la cottura sul fuoco (Huizeng, 2001; Zhong et al., 2007). Le abitudini di preparazione dei piatti locali variano in base alle usanze e alle pratiche di preparazione distinte a livello regionale (Ferdouse, 2004). Le oloturie vengono anche raccolte per estrarre principi farmaceutici, nutraceutici e cosmetici.

Lo stato e l'importanza del commercio mondiale della pesca e dell'acquacoltura di cetrioli di mare sono stati ampiamente riportati in diversi rapporti della FAO durante l'ultimo decennio (Lovatelli et al., 2004; Purcell, 2010a,b; Toral-Granda et al., 2008). Sebbene l'allevamento di cetrioli di mare sia una pratica limitata alla Cina ed in pochi altri paesi asiatici, un gran numero di comunità costiere in tutto il mondo sta sfruttando risorse locali di oloturie per l'esportazione.

La pesca del cetriolo di mare produce circa 80.000 tonnellate di oloturie fresche ogni anno nel Pacifico meridionale e in Asia per la trasformazione in beche-de-mer. (Purcell, 2010b). La raccolta si concentra principalmente su circa 60 specie (Purcell, 2010b) e vengono utilizzate diverse tecniche di pesca basate sulle tradizioni locali e culturali (Purcell, 2010b). In Cina la produzione stimata di cetrioli di mare ha raggiunto le 100.000 tonnellate nel 2010, il maggior produttore è la provincia di Lianoning, dove sono attuate anche pratiche di allevamento basate sul restocking in ambiente naturale, su aree con un'estensione complessiva di circa 51.000 ettari e con produzioni stimate tra le 135.000 e 202.500 tonnellate di peso fresco (Chen, 2004). I cetrioli di mare sono allevati in diverse regioni dell'Asia e del Pacifico, con metodiche che si basano essenzialmente su un'acquacoltura estensiva, prevalentemente in colture di fondo e stagni.

Nell'emisfero settentrionale, la pesca del cetriolo di mare avviene principalmente in quattro paesi: Canada, Stati Uniti (Bradbury, 1994), Federazione Russa e Islanda. I loro raccolti si concentrano su quattro specie principali (*Parastichopus californicus*, *P. parvimensis*, *Cucumaria frondosa* e *C. japonica*) (Hamel et al., 2008a, b), ma sono molto più numerose le specie raccolte (Akamine, 2004). Nell'Atlantico settentrionale, in Norvegia la pesca è stata regolamentata per *Stichopus tremulus* (Therkildsen e Petersen, 2006). Montserrat e collaboratori (2010) hanno evidenziato il grande interesse per il cetriolo di mare reale (*Stichopus regalis*) in Spagna, dove la specie è considerata una prelibatezza, dove può raggiungere il valore di 130 €/kg.

In Italia, dalla seconda guerra mondiale, i cetrioli di mare sono stati consumati in Puglia e in altre regioni dell'Italia meridionale, le diverse specie, inoltre, sono state utilizzate come esche sia dalla pesca professionale, per l'innesco dei palangari, che dai pescatori dilettanti. Le specie di oloturie più comuni nel Mar Mediterraneo sono *Holothuria tubulosa*, *H. forskalii* e *H. poli* (Ocana e Sanchez Tocino, 2005). La Turchia è il principale paese mediterraneo che raccoglie attivamente queste e altre specie di oloturia per esportarle nei mercati asiatici, prevalentemente Singapore, Hong Kong e Giappone (Aydin, 2008; Cakly et al., 2004). Anche in Italia si è osservato un interesse crescente dei pescatori professionali che più di recente hanno avviato la raccolta e la lavorazione su piccola scala di cetrioli di mare per l'esportazione in Cina e Hong Kong. Proprio l'aumentato sfruttamento delle oloturie e la mancanza di una regolamentazione specifica per il prelievo hanno indotto la Direzione della Pesca e dell'Acquacoltura del MIPAAF ad emanare dal 2018 (D.M. del 16/04/2018, n. 156) successivi provvedimenti che prevedono il “Divieto di pesca, detenzione a bordo, trasbordo ovvero sbarco di esemplari della classe Holothuroidea (oloturia)”.

2 Lo stato dell'acquacoltura delle oloturie

A livello globale, l'allevamento delle Oloturie o cetrioli di mare è diffuso principalmente lungo le fasce tropicali aree dove sono nate strutture per la riproduzione ed aziende di allevamento su scala commerciale.

Con l'aumento della domanda di prodotti a base di oloturie, è stata presa in considerazione la coltura di nuove specie (Conand, 2004), comprese le specie della fascia temperata, che stanno lentamente guadagnando popolarità sul mercato. L'allevamento delle oloturie è stato considerato come potenziale attività di acquacoltura in Tanzania, Papua Nuova Guinea, nel Territorio del Nord dell'Australia, Madagascar, Filippine (Gamboa et al., 2004) e Indonesia (Conand, 2008).

Tuttavia, l'acquacoltura industriale è stata sviluppata solo per poche specie, le specie più pregiate, tra cui l'Oloturia giapponese (*Apostichopus japonicus*) e il "sandfish" (*Holothuria scabra*) diffusa nelle aree della regione Indo-pacifica (Huiling et al. 2004; Renbo & Yuan 2004; Xiyin et al. 2004; Duy 2012; Gamboa et al. 2012).

Ci sono più di 134 specie commestibili di oloturie che sono di interesse commerciale in Cina. L'*Apostichopus japonicus* è la specie più diffusa per l'allevamento, ma più di 30 specie (23 Holothuriidae; 6 Stichopodidae) sono potenzialmente candidate per l'acquacoltura futura. Nella Cina settentrionale, i cetrioli di mare raggiungono le taglie commerciali tra 10 e 18 mesi, con tassi di sopravvivenza molto variabili e compresi tra il 10 e il 90% (Yaqing e Changqing, 2004). La densità ottimale di coltura delle oloturie (*A. japonicus*) è di 100-150.000 capi/ha, con rese produttive annuali di 4.000-7.000 kg/ha (Yaqing e Changqing, 2004).

Benchè si osservi un crescente interesse sui sistemi di allevamento il consolidamento di queste pratiche produttive richiede ancora la messa a punto di diverse fasi del ciclo di produzione prima di renderli interessanti ai fini industriali per l'acquacoltura.

L'interesse diffuso e crescente per questo prodotto è stata la spinta per il decollo di numerosi progetti sperimentali incentrati a mettere a punto tecnologie di riproduzione e primo allevamento delle Oloturie, ma anche verso sistemi di accrescimento per la produzione di soggetti commerciali (Zamora et al., 2014).

Poiché le oloturie sono organismi che si nutrono di sedimento e sono in grado di utilizzare i cataboliti di altri organismi acquatici allevati, la maggior parte degli attuali sforzi in acquacoltura sono diretti alla coltura con specie che occupano diversi livelli trofici, come i bivalvi filtratori (Slater & Carton 2007; Stenton-Dozey 2007; Maxwell et al. 2009). L'acquacoltura multitrofica che vede l'associazione di oloturie con altre specie quali: mitili, ostriche, capesante, abalone, gamberi e pesci in sistemi di allevamento sia a terra che in mare aperto è stata testata in tutto il mondo, con vari gradi di successo (Ahlgren 1998; Kang et al. 2003; Zhou et al. 2006; Bell et al. 2007; Paltzat et al. 2008; Ren et al. 2012; Yokoyama 2013).

Ad esempio in Australia alcune industrie dell'allevamento di molluschi hanno sperimentato la possibilità di coltivare *Australostichopus mollis* negli allevamenti di mitili con risultati incoraggianti riguardo gli accrescimenti (Slater & Carton 2007, 2009, 2010; Slater et al. 2009; Zamora & Jeffs 2011, 2012a, b; MacTavish et al. 2012), dimostrando anche la capacità delle oloturie di contribuire a contenere l'arricchimento organico del sedimento bentonico dovuto all'attività di mitilicoltura (Zamora & Jeffs 2013).

In tal senso, lo scopo di questo studio è stato quello di acquisire informazioni sulle performance di accrescimento e sopravvivenza di uno stock selvatico di *Holothuria tubulosa* confinato in gabbie poste a contatto del fondale, in un'area marina interessata da un impianto off-shore di allevamento dei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) nel nord della Puglia.

3 Descrizione delle attività

I protocolli d'indagine sono stati messi a punto antecedentemente la fase operativa con il coinvolgimento dei responsabili scientifici indicati dagli Istituti di ricerca coinvolti dal progetto:

- ✓ Prof. Michele Scardi dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata",
- ✓ Dr.ssa Gabriella Di Lena del CREA-AN,
- ✓ Dr. Massimo Rampacci dell'A.GE.I., e

dal coordinatore della ITTIMAR soc. coop. dr. Giuseppe Schiavone.

I protocolli scientifici hanno tenuto conto di quanto riportato nel progetto presentato e di eventuali aggiornamenti e miglioramenti.

Nella tabella successiva sono riportate le attività espletate dai ricercatori dell'AGEI soc. coop. in riferimento agli specifici WP.

WP		Partner/Descrizione	Variazioni	Stato di attuazione
WP1 Pianificazione del programma	WP1a1 Pianificazione delle attività	Nel corso del progetto sono state organizzate differenti riunioni di coordinamento tra i Partner	Nessuna	Conclusa
	WP1a2 Accordi commerciali	In questa fase sono stati perfezionati gli incarichi al personale coinvolto	Nessuna	Conclusa
WP2 Organizzazione del sistema di allevamento sperimentale	WP2a1 Realizzazione delle casse per il confinamento delle oloturie e del sistema di ormeggio su fondale	La Ittimar ha provveduto all'acquisto dei materiali ed alla realizzazione del sistema di allevamento. I ricercatori dell'AGEI. Soc. coop. hanno supervisionato le fasi di realizzazione dei moduli sperimentali.	Nessuna	Conclusa
	WP2a2 Realizzazione delle casse per la cattura del sedimento prodotto dall'impianto e del sistema di ormeggio su fondale	n.p.		Conclusa
	WP2a3 Reperimento di Oloturie selvatiche	La Ittimar ha provveduto al reperimento delle oloturie selvatiche con la collaborazione di pescatori professionali della marineria di Fasano. I ricercatori dell'AGEI e dell'Università di Roma "Tor Vergata" hanno partecipato e supervisionato alle operazioni di reperimento delle oloturie svolte dai pescatori professionali.	nessuna	Conclusa

	WP2a4 Analisi biometriche sulle oloturie selvatiche prima dell'avvio del programma produttivo	I ricercatori dell'AGEI soc. coop. in collaborazione con I ricercatori dell'Università di Roma "Tor Vergata", hanno collaborato al rilevamento dei parametri biometrici delle Oloturie prima dell'avvio delle prove sperimentali.	Nessuna	Conclusa
WP3 Monitoraggi scientifici nel corso delle prove di allevamento	WP3a1 Immersione del sistema di allevamento	I ricercatori i dell'AGEI soc. coop. hanno collaborato alle operazioni di immersione del sistema di allevamento sperimentale svolte dal personale della ITTIAMR soc. coop..	Nessuna	Conclusa
	WP3a2 Analisi ambientale	L'AGEI soc. coop. ha fornito la strumentazione per il rilevamento dei principali parametri ambientali. Le rilevazioni sono state successivamente eseguite dal personale imbarcato della ITTIAMR soc. coop..	Nessuna	Conclusa
	WP3a3 Monitoraggio dell'accrescimento delle oloturie	I ricercatori dell'AGEI soc. coop. hanno condotto le fasi di monitoraggio dello stock di oloturie utilizzato nelle diverse prove sperimentali.	Nessuna	Conclusa
	WP3a4 Monitoraggio del sistema di allevamento su fondale	I ricercatori dell'AGEI soc. coop. hanno svolto in collaborazione con il personale della ITTIMAR soc. coop. le fasi di monitoraggio delle strutture utilizzate nelle diverse prove sperimentali.	Nessuna	Conclusa
	WP3a5 Elaborazione dati	I ricercatori dell'AGEI soc. coop. hanno svolto l'elaborazione dei dati in collaborazione con i ricercatori del Dipartimento di Biologia dell'Università di Roma Tor Vergata	Nessuna	Conclusa
WP4 Analisi chimico nutrizionali su Oloturie	WP4a1 Reperimento di campioni biologici di Oloturie e sedimenti marini	I ricercatori dell'AGEI hanno svolto le attività di raccolta di campioni di Oloturie in collaborazione con i ricercatori dell'Univ. di Roma "Tor Vergata". Le operazioni hanno richiesto il prelievo su fondale di campioni biologici di Oloturie e di sedimenti marini.	Nessuna	Conclusa
	WP4a2 Analisi di laboratorio	n.p.		Conclusa
	WP4a3 Elaborazione dati	n.p.		Conclusa
WP5 Raccolta di sedimento e analisi	WP5a1 Immersione del sistema di raccolta dei sedimenti	La ITTIMAR sotto la supervisione dei ricercatori del Dipartimento di Biologia ha svolto le attività di immersione dei n. 9 moduli sperimentali per la cattura del sedimento e le prove di biorimediazione. I ricercatori dell'AGEI soc. coop. hanno fornito il supporto per le operazioni subacquee.	Nessuna	Conclusa
	WP5a2 Monitoraggi sul sistema di raccolta dei sedimenti	I ricercatori del Dipartimento di Biologia hanno svolto le attività di monitoraggio secondo i protocolli scientifici adottati. Alle attività ha fornito supporto l'AGEI. Soc. coop. per le operazioni subacquee.	Nessuna	Conclusa
	WP5a3 Elaborazione dati	n.p.		Conclusa

WP6 Coordinamento e monitoraggio del programma di ricerca	WP6a1 Coordinamento interno	Nel corso del progetto è stato mantenuto un rapporto costante con il Dr. Giuseppe Schiavone, coordinatore locale del progetto.	Nessuna	Conclusa
	WP6a2 Coordinamento tra gli Istituti di ricerca	Nel corso del progetto sono stati svolti ripetuti incontri tra i referenti degli Istituti di ricerca, al fine di programmare e monitorare le diverse attività, anche in relazione al verificarsi di eventi emergenziali, dovuti a cause diverse.	Nessuna	Conclusa
WP7 Divulgazione dei risultati		L'AGEI soc. coop. ha svolto le attività di divulgazione che hanno previsto: a) Elaborazione e stampa di poster; b) Elaborazione e stampa di opuscolo divulgativo in collaborazione con i ricercatori del CREA e dell'Università di Roma Tor Vergata; c) Partecipazione ad un evento divulgativo finale.	Nessuna	Conclusa
WP8 Rapporti		Nel corso del progetto i ricercatori dell'AGEI soc. coop. hanno collaborato nella redazione dei documenti seguenti: a) Rapporto intermedio relativo al 1° SAL – agosto 2020; b) Rapporto finale.	Nessuna	Conclusa

4 Materiali e metodi

4.1 Descrizione del sito

Le attività sperimentali sono state svolte presso l'impianto di mitilicoltura off-shore della Ittimar soc. coop. realizzato su una concessione marina che ha una forma rettangolare e copre un'estensione di circa 206 Ha.

La mitilicoltura della Ittimar è inserita lungo la fascia costiera a Nord del Gargano (Regione Puglia) caratterizzata dalla presenza di numerosi impianti di maricoltura dediti alla produzione di molluschi ed in particolare della cozza nera (*Mytilus galloprovincialis*). La presenza di queste strutture produttive nell'area, che determinano una produzione ormai consolidata negli anni, testimoniano la vocazione del sito per la produzione di molluschi lamellibranchi, ed in particolare all'utilizzo della tipologia di impianto long-line monoventia per l'allevamento del mitilo.

Il tratto di mare dove è ubicato l'impianto è indicato nella foto georeferenziata (fig. 1), ed è caratterizzato da un fondale sabbioso compreso tra i -14 m ed i -20 m.



Fig. 1 - Ubicazione dell'impianto di mitilicoltura della ITTIMAR soc. coop.

L'impianto della Ittimar è del tipo flottante sommerso long-line monoventia, ed è composto da 10 filari da 2.000 m ciascuno a loro volta costituiti da 12 campate ancorate a 13 corpi morti.

I filari sono posizionati parallelamente l'uno all'altro e distanziati circa 70 metri tra loro.

La scelta tecnica di questo tipo di soluzione impiantistica appare pienamente giustificata non solo alla luce dei dati meteorologici e sullo stato del mare che si registrano nell'area, ma anche dalle ormai collaudate strutture produttive analoghe presenti nelle zone circostanti ed in particolare nelle acque di Varano e Termoli. La tipologia di impianto infatti, essendo sommerso, oppone una minore resistenza alle forze del

mare permettendo, con un semplice sistema di ancoraggio, un elevato grado di sicurezza delle strutture produttive.

L'elemento modulare di base è costituito da una campata della lunghezza totale di circa 160 m, composta da una trave, fissata a due ormeggi ancorati a corpi morti distanti l'uno dall'altro all'incirca 160 metri.

Il sistema di ormeggio è quello adottato localmente dagli altri impianti di mitilicoltura e costituito da:

- corpo morto in cemento armato dal peso di 10 tonnellate c.ca, completo di maniglione di ancoraggio;
- doppia treccia in poliestere ad alta tenacità diam. 40 mm, alla quale è collegata una boa di profondità (diam. cm 50,0), per mantenerla in tensione nella parte prossima al corpo morto. La treccia termina con un nodo a cappio (gassa d'amante doppia) posizionata a circa -6 metri dalla superficie;
- galleggiante capotesta con un volume di 180 VG/10 kg, ancorato alla gassa attraverso uno spezzone di doppia treccia ad alta tenacità diam. 22 mm della lunghezza di 6 m, realizzato in poliestere ad alta tenacità.

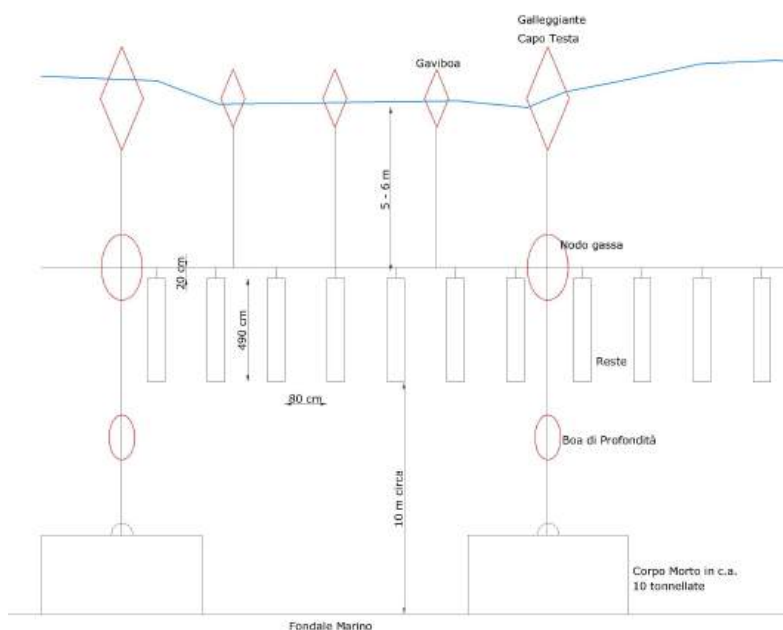


Fig. 2 - Schema dell'impianto di mitilicoltura della ITTIMAR soc. coop.

All'ormeggio (in corrispondenza della gassa), sono annodate le travi per la sospensione delle reste. Le travi sono realizzate con 120 spezzoni di corda Polysteel a 4 trefoli, vari diametri da 32 mm a 38 mm, da 180 metri l'uno.

Tale soluzione tecnologica consente di mantenere in immersione l'allevamento delle cozze ad una profondità variabile prossima ai 6 metri circa e di garantirne la giusta elasticità.

Il posizionamento delle reste avviene per agganciamento manuale (annodamento) delle stesse alla trave, che viene man mano sollevata dall'acqua per mezzo dell'apposita attrezzatura montata sulla motobarca che procede affiancata alla trave per tutta la sua lunghezza.

Per permettere il galleggiamento della trave, una volta appese le reste, vengono collocati dei dispositivi di galleggiamento (gaviboa).

L'impianto, secondo le prescrizioni della Capitaneria di Porto competente (Capitaneria di Porto di Manfredonia), è segnalato da n. 4 boe perimetrali radarabili, di cui due luminose.

Il dimensionamento di ciascun componente del modulo produttivo è dimensionato, oltreché per resistere al moto ondoso, per sorreggere il peso determinato dal prodotto in accrescimento. Il galleggiamento del prodotto allevato, in particolare, viene garantito attraverso la legatura progressiva di un numero maggiore di galleggianti con un volume di 127 litri/cad..

L'impianto, inoltre è dotato di un natante di servizio per lo svolgimento delle attività in mare, equipaggiato con le attrezzature utili per svolgere le operazioni di monitoraggio in mare previste dal progetto.

4.2 Caratteristiche fisiche dell'ambiente marino

4.2.1 I venti

Tra i venti prevalgono, durante il semestre autunno-inverno, quelli che spirano verso terra. Nel restante periodo si instaura un regime di brezza. Per lo più soffiano da NE d'inverno e da NW d'estate, ma non sono infrequenti il ponente, lo scirocco ed il libeccio.

Pressoché in tutte le stagioni, particolarmente in estate, cessano di spirare del tutto la sera e la notte per riprendere la mattina e rinforzare fino a raggiungere la massima velocità nel pomeriggio. Le velocità registrate dall'anemometro della stazione meteorologica del Fortore variano mediamente da 2 a 2,4 m/s e sono maggiori nei mesi invernali. Durante l'estate la velocità è minima dalle ore 24.00 alle 03.00 con velocità media 1,3 m/s e massima dalle 15.00 alle 18.00, con 3,4 m/s.

Nei grafici riportati nelle figure 3 e 4 in calce al paragrafo (in De Angelis, 1964) sono evidenziati i quadranti più soggetti all'azione dei venti relativi alle due stazioni di rilevamento più vicine a Lesina.

Sebbene la zona di Vieste sia notevolmente più perturbata di quella di Termoli, con 43,2 giorni di calma annuali contro i 73,5 di quest'ultima, a causa della posizione geografica più esposta, i rispettivi regimi eolici sono caratterizzabili, in linea di massima, nello stesso modo: il settore dei <<venti regnanti>> (63,3 giornate con vento di ponente a Termoli e 69,1 di maestrale a Vieste) è il IV, cui seguono gli altri quadranti in senso antiorario; relativamente al totale di giornate ventose quelle con vento forte sono poche in ogni direzione (36,7/291,7 a Termoli e 37,6/322 a Vieste) e quasi tutte concentrate nel IV quadrante (76,4% e 68,1%, rispettivamente), seguito a gran distanza dal I (12,8% e 14,6%).

Il tratto di costa considerato è orientato approssimativamente lungo l'asse che va da levante a ponente, pertanto i venti, caldo-umidi, del II e III quadrante (SE: scirocco; SSW: libeccio o favonio) sono di terra ed hanno scarso effetto, oltre ad essere poco frequenti. I venti provenienti da W e NW sono radenti o quasi, mentre quelli da NNW e NNE risultano talvolta particolarmente intensi, ma hanno una frequenza trascurabile. Anche il vento da N (la bora, determinante sensibili abbassamenti di temperatura anche d'estate) ha frequenza di poco inferiore.

4.2.2 Le correnti

Lungo la costa occidentale dell'Adriatico esiste una corrente costiera proveniente da settentrione, che gira su se stessa prima del fiume Fortore, ed un'altra che, specialmente dopo Ortona, si sviluppa radendo la costa. Questa corrente incontrando poi il Gargano, devia verso est, ma nel tratto considerato è parallela

4.2.3 Le maree

La marea lungo tutta la costa pugliese presenta escursioni di modesta entità. La componente astronomica è caratterizzata da un ciclo prevalentemente semidiurno con escursione di circa 32 cm alle sigizie e di 9 cm alle quadrature. Nelle stazioni mareografiche più prossime all'area interessata dal progetto, l'altezza sigiziale è di 20 cm ad Ortona, 38 cm alle isole Tremiti e di 26 cm a Vieste, sicché lungo il litorale che fronteggia la laguna di Lesina le massime incursioni sono evidentemente comprese tra i valori predetti e non debbono quindi superare i 30 cm.

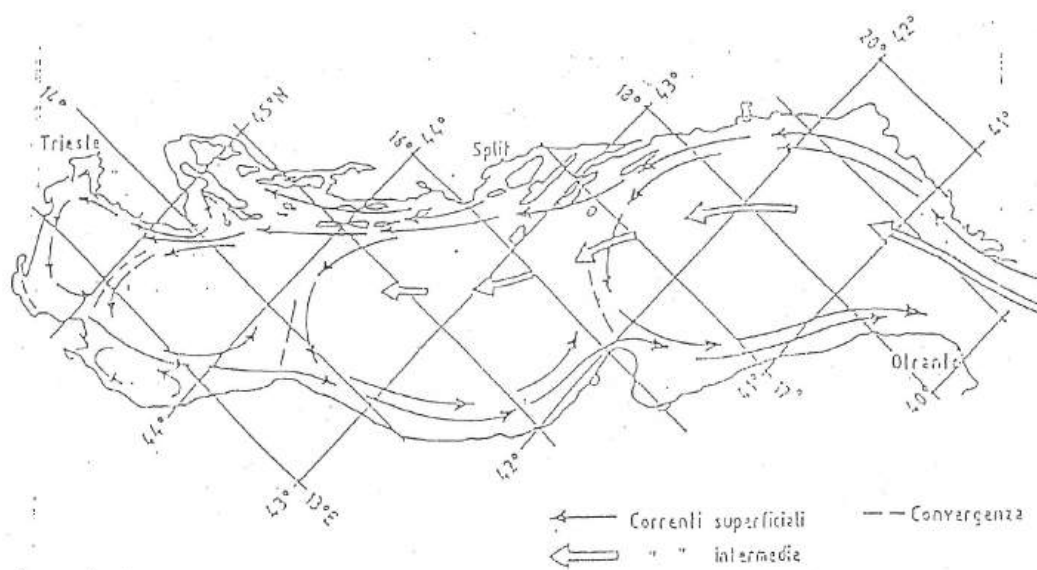


Fig. 5 – Schema della circolazione dell'Adriatico con le correnti superficiali, andamento superficiale e circuitazioni secondarie ed indicazioni delle correnti intermedie (da Mosetti, 1984).

4.2.4 La batimetria

Il profilo costiero dell'area, dal fiume Fortore a Torre Mileto, si presenta bassa e sabbiosa e dà luogo a fondali sabbiosi a lieve declivio. In corrispondenza dell'Isola di Lesina, tra punta Pietre Nere e Torre Mileto, il profilo della costa forma un'ampia baia per cui nell'area centrale di questa, l'isobata dei 10 metri si trova quasi sulla linea immaginaria che congiunge le due località.

La laguna di Lesina è separata dal mare da una duna sabbiosa che va da Punta Pietre Nere a Torre Mileto e lungo questa duna si ha uno scanno sabbioso che si protende sino a 400-500 m dalla battigia.

Di fronte alle due sporgenze i fondali presentano un gradino, che però non supera l'altezza di qualche metro.

La pendenza media del fondo marino, sino alla distanza di 10 miglia, è uguale per le tre località: Punta Pietre Nere, Foce Schiapparo e Torre Mileto, e risulta di circa il 4 ‰.

A Punta Pietre Nere, dove è presente un breve sperone roccioso, l'isobata dei 12 m si raggiunge a 580 m dalla costa, dopo di che la pendenza scende al 2,4 ‰, per poi oltrepassare il 5 ‰ a circa 8 km dalla costa.

Viceversa nelle altre due località la pendenza tra l'isobata -12 m e l'isobata -20 m è appena dell'1 ‰, ma poi a Schiapparo sale ad un valore più alto (6,8 ‰) che non a Torre Mileto (5,3 ‰).

4.3 Realizzazione dei moduli sperimentali per le prove di allevamento su fondale

Il personale della ITTIMAR soc. coop., sotto la supervisione dei ricercatori dell'AGEI, ha provveduto all'allestimento dei moduli sperimentali (fig. 6) con le specifiche tecniche seguenti:

- a) Strutture in acciaio inox quadrangolari con dimensione di c.ca 100x70x40 cm,
- b) Rete metallica plastificata con maglia 10 mm utilizzata per avvolgere la cassa su 5 lati;
- c) Rete in nylon per la creazione di una apertura che permette la manipolazione delle oloturie;
- d) Materiali per la legatura della rete;
- e) Materiali per la legatura delle casse al calamento e per l'ancoraggio e la segnalazione dei calamenti.



6a – Materiali utilizzati per la realizzazione delle casse in acciaio inox



6b – Fasi di realizzazione e dettaglio del modello di gabbia definitivo

Fig. 6 – Realizzazione dei moduli di allevamento.

4.4 Raccolta delle oloturie

La ITTIMAR ha provveduto al reperimento delle Oloturie selvatiche con la collaborazione di pescatori professionali della marineria di Fasano. Ciò ha richiesto un'indagine per identificare le aree di reperimento ed i pescatori professionali in grado di garantire il supporto per la raccolta del lotto di Oloturie selvatiche.

Le aree marine di reperimento del campione biologico sono localizzate nel Mar Adriatico meridionale, caratterizzate da una ampia zona subtidale, a debole inclinazione, con fondali mobili intervallati da affioramenti rocciosi. L'eterogeneità abiotica del substrato e l'alta produttività dovuta alle praterie di fanerogame rendono questi siti molto ricchi in echinoidei e quindi ottimali per la raccolta degli esemplari necessari per lo svolgimento dello studio.

Le attività di reperimento, trasporto e detenzione delle oloturie sono state oggetto di specifica autorizzazione rilasciate alla A.GE.I. soc. coop. dalla DG PEMAQ del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali. Le operazioni di raccolta delle oloturie selvatiche sono state svolte lungo la fascia costiera di Sevelletri (BR), nei giorni immediatamente successivi al lockdown dovuto al COVID-19, più precisamente dal 17 al 19 Giugno 2020, sotto la supervisione dei ricercatori dell'AGEI e dell'Università di Roma Tor Vergata. La raccolta del contingente è stata effettuata attraverso una uscita con natante nel corso della quale sono stati campionati un totale di circa 1.000 esemplari di oloturia composti da individui adulti e sub-adulti.

Le diverse operazioni hanno previsto quanto segue:

- supervisione alle attività di raccolta in mare;
- controllo del prodotto all'arrivo nel porto di Fasano (BR);
- riconoscimento delle specie;
- predisposizione del sistema di stoccaggio prima del trasferimento;
- organizzazione del trasporto, identificando soluzioni innovative;
- controllo del prodotto durante il trasporto dal porto di Fasano (BR) al porto di Lesina Marina (FG).

Le Oloturie raccolte sono state mantenute per circa 24 ore a digiuno in lanterne (fig. 7b), del tipo utilizzato per l'allevamento dell'ostrica. Le lanterne sono state mantenute in immersione lungo il molo del porto di Fasano, ciò al fine di favorire lo svuotamento ed evitare l'inquinamento dell'acqua dovuto alle deiezioni degli Echinodermi durante il trasporto.

4.5 Trasporto e acclimatazione

Per evitare l'eccessivo accumulo di oloturie sul fondo del contenitore per il trasporto è stato messo a punto un sistema di sospensione, costituito da cassette plastiche sovrapposte, dove sono state adagiati diversi individui di oloturia in relazione alla taglia.

Le oloturie, mantenute per circa 24 ore nelle lanterne al fine di favorirne lo svuotamento, sono state sistemate su cassette plastiche sovrapponibili (fig. 7c), ciò al fine di evitarne lo scuotimento nel corso del trasporto.

Le pile di cassette sono state successivamente inserite in una cisterna in polietilene da 1.000 litri, dotata di valvola per lo svuotamento dell'acqua, installata su un furgone (fig. 7d).

La cisterna adibita al trasporto del contingente di oloturie è stata parzialmente riempita con acqua di mare ed equipaggiata con un sistema di diffusione di ossigeno gassoso contenuto in una bombola.

Ciò ha permesso un trasporto ottimale dello stock evitando che lo stress eccessivo ne inducesse l'eviscerazione durante il viaggio.

Giunti al porto di Lesina Marina lo stock è stato trasferito sul natante di servizio della mitilicoltura (fig. 7e) ed è stato sottoposto ad acclimatazione, eseguendo progressivi ricambi parziali dell'acqua del contenitore con acqua di mare.



Foto 7a - Oloturie selvatiche raccolte nelle aree marine lungo la fascia costiera di Sevelletri (Fasano-BR)



Foto 7b - Mantenimento in vivo del lotto di oloturie prima del trasporto



Foto 7c – Sistemazione delle oloturie su contenitori sovrapposti



Foto 7d - Sistemazione dei contenitori nella cisterna posta sul mezzo di trasporto



Foto 7e - Trasferimento delle oloturie sul natante di servizio della ITTIMAR

Fig. 7 - Fasi di raccolta, mantenimento e trasporto delle oloturie

4.6 Condizioni di co-cultura

Le oloturie introdotte in ciascun modulo sono state pesate singolarmente dopo sgocciolatura ed asciugatura (fig.8), inoltre, il modulo è stato contrassegnato con l'inserimento di un'etichetta plastica numerata. Il contingente è stato separato in 2 classi di taglia: lotto a) con peso compreso tra 50 e 100 grammi; lotto b) con peso compreso tra 101 e 200 grammi, sono state ripartite in modo casuale nelle casse per raggiungere una biomassa iniziale di c.ca 280 g/m² e c.ca 670 g/m² (fig. 9).



Fig. 8 – Rilevamento del peso delle oloturie

Le casse con le oloturie sono state quindi legate al calamento attraverso due braccioli. A ciascun calamento sono state legate n. 20 moduli di allevamento distanziati circa 10 metri l'uno dall'altro. I calamenti sono stati immersi ed ancorati sul fondale tra due filari (fig. 9) entro una batimetrica compresa tra 17 e 18 metri.



Fig. 9 – Pianificazione delle prove di allevamento

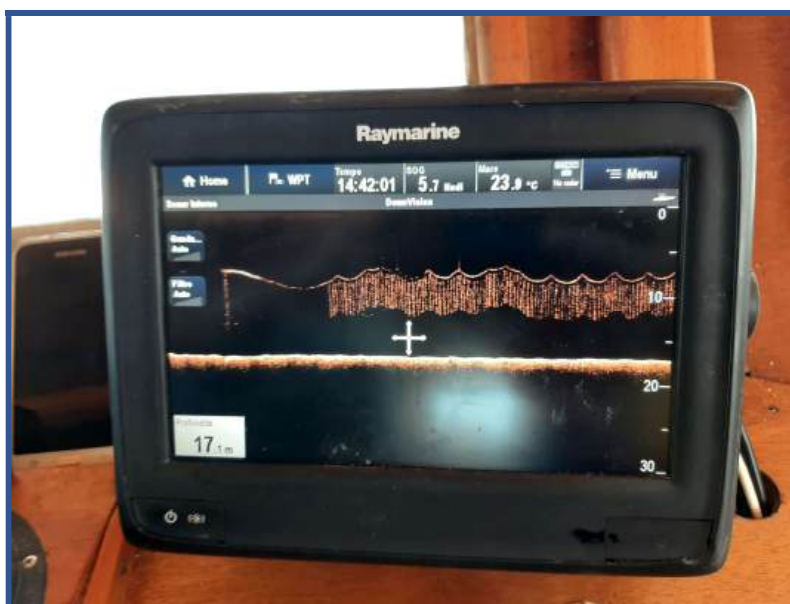


Fig. 10 – Immagine dell’ecoscandaglio col filare di mitili sovrastante i moduli di allevamento.

▶ Allestimento e posizionamento delle gabbie sperimentali



Figura 11 – Immersione dei moduli sperimentali per le prove di allevamento dell’oloturia.

L'esperimento è iniziato nel mese di giugno 2020 e si è concluso alla fine di febbraio 2021.

Nel corso della prova i calamenti sono stati periodicamente sollevati e reimmersi da parte del personale della ITTIMAR soc. coop., al fine di evitarne l'eccessivo insabbiamento e per svolgere interventi di manutenzione.

Le oloturie sono state pesate nuovamente dopo circa 120 giorni dall'inizio dell'esperimento nel mese di ottobre 2020. Nel corso del monitoraggio, inoltre, si è provveduto a rilevare la mortalità ed il peso individuale.

La prova è quindi proseguita fino al termine del programma che ha previsto il recupero dei moduli dopo ulteriori 4 mesi di allevamento nel mese di marzo 2021.

Nel corso delle prove sono stati rilevati dal personale della ITTIMAR soc. coop. i valori di Temperatura, Salinità e Ossigeno disciolto.

5 Risultati

5.1 Prove di accrescimento

In questo studio abbiamo dimostrato che individui di *H. tubulosa* a diversi stadi di sviluppo possono crescere e sopravvivere quando sono confinati sotto gli allevamenti di mitili in condizioni off shore lungo la fascia costiera del Gargano Nord.

Gli accrescimenti rilevati nel corso della prima fase della prova di allevamento associati alle prove condotte dal Dipartimento di Biologia dell'Università di Roma Tor Vergata, inoltre, prova che *H. tubulosa* è in grado di utilizzare il sedimento organico prodotto dall'allevamento di mitili. I risultati indicano che i sedimenti arricchiti dai rifiuti organici della molluschicoltura, costituiti principalmente da pseudofeci, sono adatti alla crescita della specie utilizzata per le prove, e forniscono indicazioni importanti anche in relazione alle diverse densità di stoccaggio.

Nel grafico (fig. 12) è illustrato l'accrescimento ponderale di esemplari sub-adulti (peso compreso tra 50 e 100 g) e adulti (peso compreso tra 100 e 200 g) di *H. tubulosa*, allevati per circa 4 mesi (Giugno-Novembre) in gabbie di rete al di sotto dell'impianto di mitilicoltura off-shore della ITTIMAR soc. coop.

Per entrambe le classi di taglia è stato registrato un accrescimento positivo al termine della sperimentazione, sebbene gli esemplari sub-adulti abbiano mostrato un accrescimento medio significativamente superiore al valore registrato negli esemplari adulti.

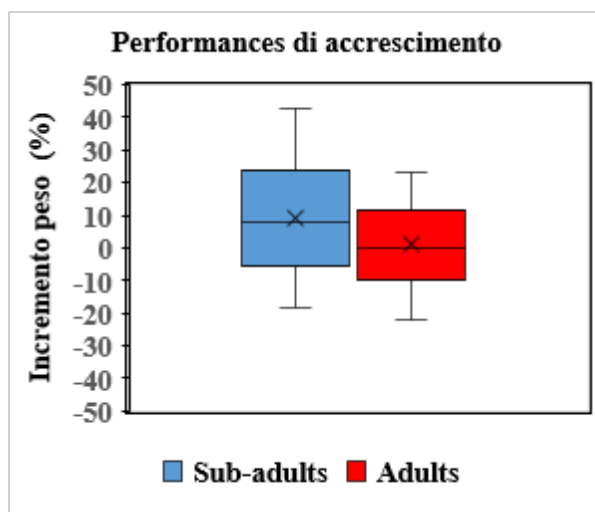


Fig. - 12 Incrementi nel peso di diversi lotti di Oloturie

Nei sub-adulti dove si è registrato un accrescimento ponderale più elevato, il carico di biomassa iniziale paria a circa 670,0 g/m² è aumentato del 9,40 % dopo circa 4 mesi di allevamento, raggiungendo un carico medio finale di circa 732,98 g/m². Migliore è stato l'incremento ponderale osservato nelle prove di allevamento a minore densità di carico iniziale (280g/m²), dove è stato osservato un aumento del peso pari a circa il 13,59%, con una biomassa media finale di circa 318,05 g/m².

Al termine dei 134 giorni di sperimentazione, sono stati evidenziati tassi di accrescimento giornaliero (SGR %) significativamente diversi sia confrontando le diverse classi di taglia che le densità di allevamento (tab. 1). In entrambe le condizioni di allevamento gli esemplari sub-adulti hanno ottenuto un SGR %

significativamente più alto degli adulti, confermando il maggior investimento in accrescimento somatico degli esemplari di minori dimensioni rispetto agli individui più grandi, il cui investimento invece è soprattutto riproduttivo.

Inoltre il tasso di accrescimento giornaliero ottenuto negli esemplari sub-adulti che adulti (rispettivamente di 0,11 % e 0,01 %) è stato significativamente più alto che in esemplari delle stesse classi di taglia mantenuti a densità maggiori (670 g/m²) (rispettivamente di 0,06 % e 0,001%). Questo risultato evidenzia come la densità di allevamento delle oloturie sia un fattore chiave da tenere in considerazione per massimizzare le performance di crescita in un sistema multitrofico integrato con militi, riducendo al minimo la competizione per spazio e risorse all'interno dei sistemi produttivi.

Tabella 1 - Tassi di accrescimento giornaliero rilevati nel corso delle diverse prove di allevamento.

Densità 670 g/m ²		
SGR %	Sub-adulti	Adulti
		0,06

Densità 280 g/m ²		
SGR %	Sub-adulti	Adulti
		0,11

La sopravvivenza rilevata al termine delle prove è stata alta in entrambe le classi di taglia (100% e 89% rispettivamente in adulti e sub-adulti), dimostrando la buona compatibilità dell'allevamento integrato di *H. tubulosa* con *M. galloprovincialis*.

Nel corso della sperimentazione non sono state rilevate fughe, pertanto è possibile considerare validi i moduli sperimentali adottati per le prove di confinamento delle oloturie in relazione alle classi di taglia considerate. Tuttavia è stato anche verificato che le condizioni meteomarine del paraggio marino, dove è ubicato l'impianto della ITTIMAR soc. coop., possono presentare eventi di mareggiata in grado di causare danni alle strutture sommerse, fino alla profondità di 18 metri, causa della rottura della rete di alcuni moduli e la perdita delle oloturie in essi confinati.

5.2 Parametri chimico-fisici delle acque

I valori medi e le deviazioni standard dei parametri ottenuti durante il periodo di osservazione, differenziati tra superficie e fondo, sono riportati in Tabella 2.

Tabella 2 – Valori medi dei parametri ambientali considerati (T°C, Salinità e Saturazione di ossigeno).

Parametro	Superficie		Fondo	
	media	dev.st.	media	dev.st.
T°C	17.90	6.74	18.77	5.64
S (PSU)	34.03	1.82	37.50	0.61
%O₂	94.63	5.97	95.58	11.56

Al fine di acquisire dati più precisi sull'andamento dei valori dei parametri considerati nel corso del progetto, sono stati considerati i dati rilevati dal mareografo di Vieste (ISPRA) ai quali è stata apportata una correlazione lineare tra le temperature medie rilevate nella colonna d'acqua tra 0 e – 6 m di profondità in impianto (dati campionari con cadenza mensile da giugno a marzo) e le temperature medie giornaliere rilevate dal mareografo di Vieste nella medesima giornata di campionamento, i risultati sono illustrati nella tabella 3.

Tab. 3 – T°C medie giornaliere Vieste e T°C medie rilevate in impianto tra 0 e – 6 m.

DATA	T Vieste °C media giorno	T impianto °C media 0-6 m
14/01/2020	10,4	11,3
03/02/2020	11,9	13,1
24/06/2020	23,6	20,5
22/07/2020	26,2	23,5
22/08/2020	27,9	27,4
30/09/2020	21,4	23,4
04/11/2020	18,1	19,2
25/11/2020	15,1	15,8
22/12/2020	13,3	13,5
29/01/2021	9,7	10,7
26/02/2021	12,2	12,9

Le acque sono state caratterizzate da un range salino di 34-39 psu con valori medi più elevati ($37,50 \pm 0,94$ psu) misurati a luglio 2020 e minimi di 34,5 psu nel corso del mese di novembre 2020.

La saturazione di ossigeno è risultata essere compresa tra 87% e 108% per l'intero periodo di osservazione e valori omogenei compresi in questo intervallo sono stati ottenuti per tutta la colonna d'acqua.

6 Conclusioni

I risultati delle prove svolte nel corso del progetto hanno dimostrato la fattibilità dell'integrazione dei processi di allevamento tra *H. tubulosa* e un impianto di molluschicoltura. Durante l'esperienza è stata registrata una mortalità contenuta con buoni tassi di sopravvivenza sia per le prove svolte con individui subadulti che adulti, dimostrando quindi che il sistema di mantenimento e le condizioni biotiche e abiotiche sono compatibili con l'allevamento a lungo termine di *H. tubulosa*. Inoltre i dati registrati sull'accrescimento di *H. tubulosa* indicano che alcuni dei trofismi analizzati sono favorevoli all'allevamento della specie in IMTA.

L'esperienza, tuttavia, ha posto in evidenza la criticità legata alla tenuta del sistema di allevamento in mare aperto. Infatti, nel corso della fase di allevamento coincidente con il periodo invernale, in occasione di una forte mareggiata che ha sottoposto tutto l'impianto a condizioni particolarmente gravose, sono stati rilevati danni ai moduli sperimentali con la conseguente perdita delle oloturie. La migliore soluzione per ovviare a questi problemi resta la scelta del sito marino, favorendo quelli meno esposti a mareggiate provenienti dalla traversia principale, da cui provengono le onde più violente, che evitano l'esposizione delle strutture e del prodotto allevato a condizioni estreme.

Sulla base degli incrementi di biomassa osservati nelle prove di allevamento a maggiore carico ed ipotizzando di destinare una superficie totale del fondale sottostante all'impianto di molluschicoltura pari al 10% del totale (c.ca 20 ha), è possibile stimare una potenzialità produttiva pari a circa 146,6 tonnellate di oloturie fresche non eviscerate con cicli di circa 4 mesi.

Per quanto riguarda la biorimediazione del sedimento sottostante l'impianto di miticoltura della ITTIMAR soc. coop., *H. tubulosa* risulta essere efficiente nell'abbattimento della sostanza organica, con una capacità di utilizzazione compresa tra il 14,9% ed il 20,3% del totale.

Questi risultati suggeriscono che i sistemi integrati di acquacoltura multi-trofica (IMTA), combinando l'allevamento di molluschi con oloturie, possono fornire sottoprodotti dall'alto valore economico, alle aziende di acquacoltura senza costi di alimentazione supplementari.

Il progetto amplia quindi le conoscenze per nuove specie potenzialmente idonee per l'acquacoltura, con effetti di diversificazione di mercato e crescita delle opportunità di esportazione verso i mercati asiatici, potenzialmente offrendo prodotti certificati dal punto di vista ambientale. La possibilità di ampliare le gamme produttive ha ricadute importanti sugli aspetti sociali ed economici generando nuove opportunità occupazionali. Inoltre, dal punto di vista ambientale si potrà delineare un quadro complessivo che permetterà di inquadrare non solo gli aspetti produttivi ma anche quelli ecologici.

Questo emerso dallo studio che ha sperimentato per la prima volta la possibilità di allevare oloturie sul fondale sottostante un impianto di molluschicoltura off shore nel Mare Adriatico, indica la necessità di studi futuri indirizzati ad ampliare le esperienze su altre specie di oloturie e a valutarne le performance di accrescimento in diverse condizioni ambientali.

Bibliografia

- Akamine, J. 2004. The status of the sea cucumber fisheries and trade in Japan: past and present, pp. 39–48. In: Advances in sea cucumber aquaculture and management (Lovatelli, A. [comp./ed.], C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.-F. Hamel, and A. Mercier, Eds.). FAO Fisheries Technical Paper 463.
- Aydin, M 2008. The commercial sea cucumber fishery in Turkey. SPC Beche de Mer Inf. Bull., 28: 40–41.
- Ahlgren, M. Composition and assimilation of salmon net pen fouling debris by red sea cucumber *Parastichopus californicus*: Implications for polyculture. J. World Aquacult. Soc., 29: 133–139 (1998).
- Baine, M 2004. From the sea to the market place: an examination of the issues, problems and opportunities in unravelling the complexities of sea cucumber fisheries and trade, pp. 119–128. In: Advances in sea cucumber aquaculture and management (Lovatelli, A. [comp./ed.], C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.-F. Hamel, and A. Mercier, Eds.). FAO Fisheries Technical Paper 463.
- Bell JD, Agudo NN, Purcell SW, Blazer P, Simutoga M, Pham D et al. 2007. Grow-out of sandfish *Holothuria scabra* in ponds shows that co-culture with shrimp *Litopenaeus stylirostris* is not viable. Aquaculture 273: 509–519.
- Bradbury, A 1994. Sea cucumber dive fishery in Washington State: An update. SPC Beche-de-mer Inf. Bull., 6: 15–16.
- Chen, J. 2003. Overview of sea cucumber farming and sea ranching practices in China. SPC Beche-de mer Inf. Bull., 18: 18–23.
- Chen, J. 2004. Present status and prospects of sea cucumber industry in China, pp. 25–38. In: Sea cucumber aquaculture and management (Lovatelli, A., C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J. F. Hamel, and A. Mercier, Eds.). Fisheries Technical Paper 463.
- Conand, C. 1990. The fishery resources of Pacific island countries. Part 2: Holothurians. FAO Fisheries Technical Paper 272 (2). Rome: FAO, 143 pp.
- Conand, C. 2008. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Africa and the Indian Ocean, pp. 143–193. In: Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade (Toral-Granda, V., A. Lovatelli, and M. Vasconcellos, Eds.). FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 516.
- Conand, C. 1996. Asexual reproduction by fission in *Holothuria atra*: variability of some parameters in populations from the tropical Indo-Pacific. Oceanologia Acta, 19(3-4), 209-216.
- Conand, C. 200). Present status of world sea cucumber resources and utilisation: an international overview. In: Lovatelli, A., Conand, C., Purcell, S., Uthicke, S., Hamel, J.F., Mercier, A. (Eds.), Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management. FAO, Rome, pp. 13 - 24. FAO Fisheries Technical Paper, No. 463.
- Ferdouse, F. 2004. World markets and trade flows of sea cucumber/beche-demer, pp. 101–114. In: Advances in sea cucumber aquaculture and management (Lovatelli, A. [comp./ed.], C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J. F. Hamel, and A. Mercier, Eds.). Fisheries Technical Paper 463.
- Gamboa RU, Aurelio RM, Ganad DA, Concepcion LB, Abreo NA 2012. Small-scale hatcheries and simple technologies for sandfish (*Holothuria scabra*) production. In: Hair CA, Pickering TD, Mills DJ eds. Asia–Pacific tropical sea cucumber aquaculture. Proceedings of an international symposium held in Noumea, New Caledonia. Canberra, ACIAR Proceedings No. 136. Pp. 63–74.
- Gamboa, R., A. Luzviminda Gomez, and M. Frances Nievaes 2004. The status of sea cucumber fishery and mariculture in the Philippines, pp. 69–84. In: Advances in sea cucumber aquaculture and management (Lovatelli, A. [comp./ed.], C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.-F. Hamel, and A. Mercier, Eds.). FAO Fisheries Technical Paper 463.
- González-Wangüemert, M., Aydin, M., & Conand, C. 2014. Assessment of sea cucumber populations from the Aegean Sea (Turkey): First insights to sustainable management of new fisheries. Ocean & Coastal Management, 92, 87-94.
- Jimmy RA, Pickering TD, Hair CA 2012. Overview of sea cucumber aquaculture and stocking research in the Western Pacific region. In: Hair CA, Pickering TD, Mills DJ eds. Asia–Pacific tropical sea cucumber aquaculture. Proceedings of an international symposium held in Noumea, New Caledonia. Canberra, ACIAR Proceedings No. 136. Pp. 12–21.

- Hamel, J. F., and A. Mercier 2008a. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in temperate areas of the Northern Hemisphere, pp. 257–291. In: Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade (Toral-Granda, V., A. Lovatelli, and M. Vasconcellos, Eds.). FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 516.
- Hamel, J. F., and A. Mercier 2008b. Precautionary management of *Cucumaria frondosa* in Newfoundland and Labrador, Canada, pp. 293–306. In: Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade (Toral-Granda, V., Lovatelli, A., and Vasconcellos, M., Eds.). FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 516.
- Kang KH, Kwon JY, Kim YM 2003. A beneficial coculture: charm abalone *Haliotis discus hannai* and sea cucumber *Stichopus japonicus*. *Aquaculture* 216: 87–93.
- Lavitra T, Rasolofonirina R, Eeckhaut I 2010. The effect of sediment quality and stocking density on survival and growth of the sea cucumber *Holothuria scabra* reared in nursery ponds and sea pens. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science* 9: 153–164.
- Lovatelli, A. (comp./ed.); Conand, C.; Purcell, S.; Uthicke, S.; Hamel, J.-F.; Mercier, A. (eds.) *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 463. Rome, FAO. 2004. 425p.
- MacTavish T, Stenton-Dozey J, Vopel K, Savage C 2012. Deposit-feeding sea cucumbers enhance mineralization and nutrient cycling in organically enriched coastal sediments. *PLoS ONE* 7: 1–11.
- Montserrat, R., L. Jordi, and E. Massut'í 2010. Royal cucumber (*Stichopus regalis*) in the northwestern Mediterranean: Distribution pattern and fishery. *Fish. Res.*, 105: 21–27.
- Nelson EJ, MacDonald BA, Robinson SMS 2012. A review of the northern sea cucumber *Cucumaria frondosa* (Gunnerus, 1767) as a potential aquaculture species. *Reviews in Fisheries Science* 20: 212–219.
- Ocana, A., and L. Sanchez Tocino 2005. Spawning of *Holothuria tubulosa* (Holothurioidea, Echinodermata) in the Alboran Sea (Mediterranean Sea). *Zool. Baetica*, 16: 147–150.
- Paltzat DL, Pearce CM, Barnes PA, McKinley RS 2008. Growth and production of California sea cucumbers (*Parastichopus californicus* Stimpson) co-cultured with suspended Pacific oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg). *Aquaculture* 275: 124–137.
- Purcell, S.W. 2014. Value, Market Preferences and Trade of Beche-De-Mer from Pacific Island Sea Cucumbers. *PLoS ONE* 9(4), e95075.
- Purcell SW, Samyn Y, Conand C 2012. Commercially important sea cucumbers of the world. FAO species catalogue for fishery purposes No 6. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 150 p.
- Purcell, S.W., Mercier, A., Conand, S., Hamel, J.F., Toral-Granda, M.V., Lovatelli, A. & Uthicke, S. 2011. Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. *Fish and Fisheries*, 14, 34-59.
- Purcell, S. W. 2010a. Managing sea cucumber fisheries with an ecosystem approach (Lovatelli, A., M. Vasconcellos, and Y. Yimin, Eds.). FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 520. Rome: FAO, 157 pp.
- Purcell, S. W. 2010b. Putting into practice an ecosystem approach to managing sea cucumber fisheries. FAO Fisheries Technical Paper, Rome: FAO. 81 pp.
- Purcell SW, Simutoga M 2008. Spatio-temporal and size-dependent variation in the success of releasing cultured sea cucumbers in the wild. *Reviews in Fisheries Science* 16: 204–214.
- Ren Y, Dong S, Chuanxin Q, Wang F, Tian X, Gao Q 2012. Ecological effects of co-culturing sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) with scallop *Chlamys farreri* in earthen ponds. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 30: 71–79.
- Renbo W, Yuan C 2004. Breeding and culture of the sea cucumber, *Apostichopus japonicus*. Liao. In: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel J-F, Mercier A eds. *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO Fisheries technical paper No. 463. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Pp. 277–286.
- Robinson G, Pascal B 2012. Sea cucumber farming experiences in south-western Madagascar. In: Hair CA, Pickering TD, Mills DJ eds. *Asia-Pacific tropical sea cucumber aquaculture*. Proceedings of an international symposium held in Noumea, New Caledonia. Canberra, ACIAR Proceedings No. 136. Pp. 142–145.

- Sicuro, B., & Levine, J. 2011. Sea Cucumber in the Mediterranean: A Potential Species for Aquaculture in the Mediterranean. *Reviews in Fisheries Science*, 19 (3), 299-304.
- Sicuro, B., Piccinno, M., Gai, F., Abete, M.C., Danieli, A., Dapra, F., & Vilella, S. 2012. Food Quality and Safety of Mediterranean Sea Cucumbers *Holothuria tubulosa* and *Holothuria polii* in Southern Adriatic Sea. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(9), 851-859.
- Slater MJ, Carton AG 2009. Effect of sea cucumber (*Australostichopus mollis*) grazing on coastal sediments impacted by mussel farm deposition. *Marine Pollution Bulletin* 58: 1123–1129.
- Slater MJ, Jeffs AG 2010. Do benthic sediment characteristics explain the distribution of juveniles of the deposit-feeding sea cucumber *Australostichopus mollis*? *Journal of Sea Research* 64: 241–249.
- Slater, M. J., and A. G. Carton 2007. Survivorship and growth of the sea cucumber *Australostichopus (Stichopus) mollis* (Hutton 1872) in polyculture trials with green-lipped mussel farms. *Aquaculture*, 272: 389–398.
- Slater MJ, Jeffs AG, Carton AG 2009. The use of the waste from green-lipped mussels as a food source for juvenile sea cucumber, *Australostichopus mollis*. *Aquaculture* 292: 219–224.
- Stenton-Dozey J 2007. Finding hidden treasure in aquaculture waste. *Water Atmosphere* 15: 9–11.
- Therkildsen, N. O., and C. W. Petersen 2006. A review of the emerging fishery for the sea cucumber *Cucumaria frondosa*: Biology, policy, and future prospects. *SPC Beche-de-mer Inf. Bull.*, 23: 16–25.
- Toral-Granda V, Lovatelli A, Vasconcellos M Editors. 2008. Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade. *Fisheries and aquaculture technical paper No 516*. Rome, FAO. 317 p.
- Tortonese, E. (1965). *Fauna d'Italia, Echinodermata*. Ed. Calderini, Bologna, pp. 419.
- Uthicke, S 2004. Overfishing of holothurians: Lessons from the Great Barrier Reef, pp. 163–172. In: *Advances in sea cucumber aquaculture and management* (Lovatelli, A. [comp./ed.], C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.-F. Hamel, and A. Mercier, Eds.). FAO Fisheries Technical Paper 463.
- Yaqing, C., and Y. Changqing 2004. Pond culture of sea cucumbers, *Apostichopus japonicus*, in Dalian, pp. 269–274. In: *Advances in sea cucumber aquaculture and management* (Lovatelli, A. [comp./ed.], C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.-F. Hamel, and A. Mercier, Eds.). FAO Fisheries Technical Paper 463.
- Yokoyama H 2013. Growth and food source of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* cultured below fish cages – potential for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture* 372–375: 28–38.
- Xilin, S. The progress and prospects of studies on artificial propagation and culture of the sea cucumber, *Apostichopus japonicus*, pp. 273–281. In: *Advances in sea cucumber aquaculture and management* (Lovatelli, A. [comp./ed.], C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.-F. Hamel, A. Mercier, Eds.). FAO Fisheries Technical Paper 463.
- Zamora LN, Dollimore J and Jeffs AG 2014. Feasibility of co-culture of the Australasian sea cucumber (*Australostichopus mollis*) with the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in northern New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 2014. Vol. 48, No. 3, 394–404
- Zamora LN, Jeffs AG 2011. Feeding, selection, digestion and absorption of the organic matter from mussel waste by juveniles of the deposit-feeding sea cucumber, *Australostichopus mollis*. *Aquaculture* 317: 223–228.
- Zamora LN, Jeffs AG 2012a. The ability of the deposit-feeding sea cucumber *Australostichopus mollis* to use natural variation in the biodeposits beneath mussel farms. *Aquaculture* 326–329: 116–122.
- Zamora LN, Jeffs AG 2013. A review of the research on the Australasian sea cucumber *Australostichopus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) (Hutton 1872) with emphasis on aquaculture. *Journal of Shellfish Research* 32: 613–627.
- Zhou Y, Yang H, Liu S, Yuan X, Mao Y, Liu Y et al. 2006. Feeding and growth on bivalve biodeposits by the deposit feeder *Stichopus japonicus* Selenka (Echinodermata: Holothuroidea) co-cultured in lantern nets. *Aquaculture* 256: 510–520.
- Zhong, Y., M. Ahmad Khan, and S. Fereidoon 2007. Compositional characteristics and antioxidant properties of fresh and processed sea cucumber (*Cucumaria frondosa*). *J. Agric. Food Chem.*, 55: 1188–1192.